ICUS ACTIVITY REPORT

Summarizing the Activities of a Quinquennium

(2001-2005)

By

ICUS

ICUS Report No.15

December 2006

International Center for Urban Safety Engineering, IIS, The University of Tokyo

ICUS の活動の記録
設立から５年間の活動を振り返って
(2001-2005)

ICUS

ICUS Report No.15

2006.12

東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

要約

東京大学生産技術研究所では、大学の研究機関として国際的な視野から都市基盤設備の整備と維持管理を含めた安全工学を研究する国際研究センター（都市基盤安全工学国際研究センター ICUS）を設立しました。これまでに生産技術研究所で蓄積された研究成果を融合することによって、21 世紀の安全な都市の実現に向けて活発な研究活動を展開しています。ICUS は次の３つの研究部門を立ち上げ、研究課題として、「サステナブル・エンジニアリング部門」では、構造物の材料から構造全体までの基盤設備等の経年劣化による構造安全性の評価と維持管理技術を開発するための研究を、「都市防災・安全工学部門」では、地震や洪水等による基盤設備の構造安全性、ならびに災害時の使用安全性確保のための管理技術の開発を、「都市情報ダイナミクス部門」では、都市基盤に関する様々な情報を常にモニタリングし、常時及び非常時の都市基盤施設の安全な運用を確保するための動的制御技術の開発と評価を行っています。

このたび、設立５周年にあたり、今までの５年間の活動と研究成果を中間報告としてまとめました。今後も ICUS の活動に対し、御理解と御協力をお願いします。

The International Center for Urban Safety Engineering (ICUS) was established at IIS, The University of Tokyo, in response to a need of a center for studying urban safety engineering including maintenance and management of urban infrastructure from an international viewpoint. Based on the research results accumulated until now at IIS, comprehensive research activities are being implemented towards the realization of safer cities in the 21st century. Within ICUS, three divisions have been created namely: Sustainable Engineering, Urban Safety and Disaster Mitigation and Infrastructure Information Dynamics. Sustainable Engineering Dvision targets development of new technologies for maintenance and management and for the evaluation of structural safety, considering deterioration of both material and structure. Urban safety and Disaster Mitigation Division develops management technologies to ensure the structural safety of urban infrastructure during natural disasters such as earthquake, flood, etc. and their safety for use at the time of a disaster. Infrastructure Information Dynamics Division develops and evaluates technologies for monitoring information of urban infrastructure, ensuring their safety for daily use and in case of emergency.

This report summarizes the first 5 years of ICUS, looking at activities, what have been done and how much have been achieved.

東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

センター長 魚本 健人

ICUS の活動の記録

－設立から 5 年間を振り返って－

目次

1. はじめに……1
2. ICUS 設立の事由……1
3. 大学における都市基盤安全工学と ICUS……2
4. ICUS の取り組んでいる活動……3
4.1 ICUS の設立から 5 年間の活動年表……4
4.2 都市基盤安全工学に向けた研究活動……8
4.2.1 ICUS 活動分野とメンバー……8
4.2.2 各部門および ICUS のとしての活動……12
4.2.2.1 サステナブル・エンジニアリング部門……12
4.2.2.2 都市防災・安全工学部門……17
4.2.2.3 都市基盤情報ダイナミクス部門……20
4.2.3 産学連携研究の活動……25
4.2.3.1 RC39……25
4.2.3.2 多分野交流防災研究会……29
4.2.3.3 防災マニュアル－消防庁……33
4.2.3.4 防災マニュアル－和歌山市……35
4.2.3.5 防災マニュアル－東大病院……35
4.3 ICUS としての災害情報の共有化……37
4.3.1 自然災害の調査……37
4.3.1.1 地震……37
4.3.1.2 水害……39
4.3.1.3 コンクリート橋梁……39
4.3.2 インターネットを活用した都市基盤安全工学情報の発信……41
4.3.3 公開講演会……42
4.3.4 国際シンポジウムの開催……47
4.3.5 ICUS の刊行物……69
4.4 グローバル連携活動……92
4.4.1 研究協力協定の締結……93
4.4.2 RNUS……94
4.4.2.1 RNUS 設立と目的……94
4.4.2.2 研究テーマ……95

4.4.2.3 設備 ……95
4.4.2.4 プロジェクト ……95
4.4.2.5 ワークショップとセミナー……96
4.4.3 スタッフ海外出張記録……98
4.4.4 受賞記録 ……108

付録 ICUS の活動を振り返る関連資料

A. 業績リスト……113
B. 研究論文リスト……214
C. MOU ……368
D. 新聞への掲載記事および記者会見 ……375
E. 予算……390
F. 人事一覧 ……393
G. ICUS の歩み……395

1. はじめに

20 世紀の我が国は，欧米諸国に追いつくことを最大目標に，産業に育成，設備の拡充，新製品の製造・輸出などに全力を尽くしてきた．その結果，経済は，高度に成長し，我が国は世界的に見ても裕福な国に変貌した．しかしバブルがはじけ，1999 年から 2000 年の間にマスコミが盛んに報道したように，原子力発電所での事故，新幹線のコンクリート剥落事故，車両の脱線事故など，国民の大多数が日々生活している都市やインフラの安全性を脅かす事故が多発するようになってきた．これらの原因を調査した結果，担当者への教育の不備，現場での実際の管理とマニュアル等との不整合，従来は問題がないとされていた検査・処置の誤りなど，いずれの場合にも管理が不十分であったことが明らかになった．このまま従来と同じ管理法を継続すると，21 世紀には我が国の社会の根幹を揺るがすもっと大きな事故が生じる可能性が高い．これからの社会の要求は技術者が考えている「安全」だけでなく，毎日を「安心」して生活できる基盤を整えることであるといっても過言ではない．

また目を海外に転じれば，発展途上国では従来都市基盤（インフラ）が貧弱であったが，近年になって盛んにその整備が進められている．中でもアジア諸国は，現在世界で最も活発にその整備活動が展開されている地域である．建設時からの適切な配慮が十分でなかったために，今日我が国が直面している上記のような問題を生じさせないためには，建設ラッシュの今からの適切な対応が不可欠である．欧米には見られない地域環境や文化に根ざしたアジアの都市基盤の安全性に関する研究成果は，同様の問題を抱えている南米やアフリカ諸国にも適用可能であり，日本の科学技術の国際貢献にもつながる．

このような状況を背景に，東京大学生産技術研究所では，2001 年 3 月末日まで活動を続けた「国際災害軽減工学研究センター」を改組し，大学の研究機関として国際的な視野から都市基盤設備と維持管理を含めた安全工学を研究する「都市基盤安全工学国際研究センター」を 2001 年 4 月 1 日に設立した．

ここに，ICUS 設立以来 5 年間の活動内容の概要と，わが国における都市基盤安全工学研究の国際的な重要性をまとめる．なお, 別途, ICUS ホームページ（http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/）に活動内容の概要等を記載している．

2. ICUS 設立の事由

都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）は，10 年間の時限付で，設立当時，教授 2, 助教授 3, 助手 2, 客員教授 2, 外国人客員教授 1 の合計 10 名で構成され，これまでに生産技術研究所で蓄積された研究成果を融合することによって，上記の目的を達成できる研究センターとして具体化されることになった．

新センターでは，(1)サステナブル・エンジニアリング分野(サステナブル・エンジニアリング部門)，(2)都市防災安全工学分野(都市防災・安全工学部門)，(3)都市情報ダイナミクス分野(都市基盤情報ダイナミクス部門)を掲げ，21 世紀の安全かつ安心して生活できる都市の実現に向けて活発な研究活動を展開していく．具体的には，「サステナブル・エンジニアリング分野」では，構造物の材料から構造全体までの基盤設備等の経年劣化による構造安全性の評価と維持管理技術を開発するための研究を，「都市防災安全工学分野」では，地震や洪水等により基盤設備の構造安全性，ならびに災害時の使用安全性を確保するための管理技術の開発を目指す．また，「都市情報ダイナミクス分野」は，都市基盤に関する様々な情報を常にモニタリングし，常時及び非常時の都市基盤施設の安全な運用を確保するための動的制御技術の開発と評価を行う．

また，国際研究センターとして主にアジア諸国との連携をはかり，アジア工科大学院等との安全性に関する共同研究を行うとともに，アジア共通のモデルコードの作成等を行う予定である．

3　大学における都市基盤安全工学と ICUS

現在社会は，環境問題・少子化・社会基盤の整備や管理・高度情報化による格差など，様々な問題を内包している．これらの問題は，国民全体に影響を与える問題から個人のみに影響を与える問題まで存在し，異なったスケールの問題が複雑に絡み合った結果，さらに新しい問題を発生させている．そのため，都市基盤の安全性に関しても，従来の考え方・対応方法では解決が困難になってきている．

安全･安心かつ豊かな社会を実現しようと，中央省庁の直轄付置研究所，民間機関，NGO，NPO などの組織が活動を始めているが，短期的な研究成果だけでなく，教育を通して社会に貢献する人材の育成・輩出を行う大学に対して，特に，社会の期待も高い．

他の研究組織と大学が異なる点は，人材の育成だけはない．基礎的な研究成果や実社会に反映させる応用研究も，長い時間スケールで進めるべきものである．多くの直轄付置研究所が，短期的な解決や時代の政策に沿った研究課題の解決を求められるのに対し，大学は，中立な立場で長期的なテーマに関する研究を進めることが出来る．この点は，都市基盤の安全や安心を考える分野では特に重要である．さらに，応用研究，例えば，耐震設計の考え方の統一に関わるような複数の研究分野を横断するような研究分野であり成果を求められた場合，縦割り社会の直轄付置研究所のような組織ではすばやく成果まとめることは難しい．けれども，中立的な立場である大学ならは，より早く成果をまとめることが可能である．

しかしながら，都市基盤の安全・安心を実現するためには，大学だけの活動では不可能である．研究者と実務者，研究機関と防災組織など協力体制が不可欠であること，都市基

盤の安全・安心に関する知識者が社会のさまざまな分野で活躍することなどの必要がある．

東京大学生産技術研究所　都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）は，大学に期待されることに対して応える組織体制を有しており，基礎から応用までの研究を進めるだけでなく，社会が求める人材を育成し，輩出すことを使命とし活動している．

4. ICUS の取り組んでいる活動

4.1 ICUS の設立から 5 年間の活動年表

ICUS が設立されてから現在に至る 5 年間の学内，学外活動を示す．ICSU では，都市基盤の安全・安心に関する最新の研究報告や一般の方々への情報提供，さらに，海外の研究者との情報交換や人的ネットワークの構築のため，国内において年に数回，公開講演会（オープンレクチャ），国外において，アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウムを年に 1 回開催している．下記に ICUS 設立からの 5 年間の活動年表を示す．

ICUS 設立からの 5 年間の活動

2001 年	・東京大学生産技術研究所　都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）設立 (2001/4/01) ・第 1 回 ICUS/INCEDE オープンレクチャ (2001/5/22) ・2001 年度生研公開 (2001/6/7-8) ・ICUS 都市安全ワークショップ（アジア工科大学） (2001/9/21-22) ・都市安全工学セミナー（東京大学生産技術研究所）(2001/12/11)
2002 年	・第 2 回 ICUS/INCEDE オープンレクチャ (2002/1/24) ・第 3 回 ICUS/INCEDE オープンレクチャ (2002/10/7) ・2002 年度生研公開 (2002/6/6-7) ・第 1 回アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム (2002/10/28) ・アジア工科大学に Regional Network Office(RNUS)開設 (2002/10/29)
2003 年	・BUET との研究協力式　(2003/2/21) ・BES との研究協力式　(2003/2/21) ・第 4 回 ICUS/INCEDE オープンレクチャ (2003/3/11) ・2003 年度生研公開 (2003/6/5-6) ・第 5 回 ICUS/INCEDE オープンレクチャ (2003/7/3) ・第 2 回アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム (2003/10/30-31)
2004 年	・第 6 回 ICUS オープンレクチャ (2004/4/9) ・2004 年度生研公開 (2004/6/6-7) ・第 7 回 ICUS オープンレクチャ (2004/9/4) ・第 3 回アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム (2004/10/18-19) ・インド工科大学・カンプール校との協力協定式　(2004/10/20)
2005 年	・第 8 回 ICUS オープンレクチャ (2005/2/28) ・シンガポール国立大学・ナンヤン工科大学との協力協定式 (2005/4/20) ・2005 年度生研公開 (2005/6/2-3) ・第 9 回 ICUS オープンレクチャ(2005/9/29/) ・第 4 回アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム (2005/10/18-19) ・千葉実験所公開 (2005/11/11) ・メンテナンス・テクノショー2005 に出展(2005/11/15－18) ・港湾技術研究所との協力協定式 (2006/1/3) ・震災対策技術展に出展 (2006/2/2-3)

ICUS 設立メンバー

第 1 回国際シンポジウム（タイ王国）

RNUS の開設

第 1 回国際シンポジウムにご出席された
米田副大臣とスーリア大臣

第 2 回国際シンポジウム終了後の集合写真
（日本）

第 2 回国際シンポジウムで受付を手伝う
魚本センター長

第３回国際シンポジウム前夜のウェルカムパーティー（インド）

第３回国際シンポジウムでの開会式の光景

第３回国際シンポジウムで訪れたタージマハール宮殿

第３回国際シンポジウムにてTVインタビューを受ける魚本センター長

第４回国際シンポジウムの集合写真（シンガポール）

国外の研究者と防災談義に熱中する目黒教授

フランス公共事業連盟による視察風景

中央アジアからの視察団

フランス公共事業連盟による視察風景

魚本センター長と AIT Armand 学長との MOU 締結

RNUS 開設時に主催されたセミナー風景

RC39 での会議風景

生産技術研究所　千葉実験場公開における ICUS ブースの概況

生研公開における ICUS ブースの概況

メンテナンス・テクノショー2005 に出展

ICUS で行った救急医療講習会の風景

4.2　都市基盤安全工学に向けた研究活動

4.2.1　ICUS 活動分野とメンバー

ICUS は国際的な視点から都市基盤技術の整備および維持管理を含めた安全工学に関する研究を戦略的に進めるため，研究課題別に 3 部門に分かれている．また，学際的な研究を迅速に進めるため，ICUS の研究者以外に国内・国外から第一線の研究者を招聘している．ここに，各部門別の設立時からの現在に至る構成員とそれぞれの在籍期間を示す．

各部門の位置づけ

1)　サステナブル・エンジニアリング部門

・魚本　健人	教授　センター長	(2001/04/01－)
・天野　玲子	客員教授	(2004/03/01－)
・加藤　佳孝	助教授	(2002/04/01－)
	2006/04/01 より助教授	
・徳田　稔夫	客員研究員	(2005/05/01－)
・Sudhir Misra	客員教授	(2001/09/01－2001/12/01, 2002/07/15－2003/07/20)

魚本　健人

天野　玲子

加藤　佳孝

徳田　稔夫

Sudhir Misra

2)　都市防災・安全工学部門

・林　省吾　　客員教授　　(2004/07/01－2006/09/30)
・目黒　公郎　　教授　　(2001/04/01－
　　2004/12/01 より教授
・吉村　美保　　助手　　(2003/06/01－
・Dutta Dushmannata　　助教授　　(2001/04/01－2005/07/21)
・高橋　健文　　客員教授　　(2001/12/01－2003/11/30)
・Ansary Mehedi Ahmed　　特任助教授　　(2006/01/16－2006/03/15)

目黒　公郎

林　省吾

吉村　美保

Dutta Dushmannata

高橋　健文

Ansary Mehedi Ahmed

3)　都市基盤情報ダイナミクス部門

・沖　大幹　　助教授　　(2005/04/01－
・大岡　龍三　　助教授　　(2001/04/01－
・須崎　純一　　講師　　(2004/08/01－
・遠藤　貴宏　　助手　　(2003/04/01－
・安岡　善文　　教授　　(2001/04/01－2004/10/30)
・瀬戸島　正博　客員教授　　(2002/04/01－2004/06/30)
・越智　士郎　　助手　　(2001/04/01－2003/03/31)

沖　大幹

大岡　龍三

須崎　純一

遠藤　貴宏

安岡　善文

瀬戸島　正博

越智　士郎

4) 研究員

・金田　尚志　　特任助手　　(2005/08/01－

・ Raktipong Sahamitmonkol　　研究員　　(2005/10/01－

金田　尚志

Raktipong Sahamitmonkol

5) 秘書

吉本　英子	(2002/09/01－
志内　典子	(2001/04/01－2002/06/30)
Vasanthadevi Aravinthan	(2001/04/01－2001/12/31)
村上　千春	(2001/08/01－2002/09/30)
越智　由里子	(2002/09/01－2003/05/30)
Shaveni Hazarika	(2003/06/01－2003/11/30)
藤田　智子	(2003/09/01－2005/08/15)
Rasimi Iyengar	(2005/04/01－2006/03/31)

吉本　英子

村上　千春

志内　典子

越智由里子

藤田　智子

4.2.2　各部門および ICUS としての活動

4.2.2.1　サステナブル・エンジニアリング部門

1）魚本研究室　（都市基盤安全工学）

都市基盤を支えているコンクリート構造物の安全性は非常に重要であるが，昨今，コンクリートの早期劣化や，耐震強度偽造問題などコンクリート構造物への不信が拡大している．これらの問題を解決するためには正確な診断とその診断結果を踏まえて適切な対応を行う必要がある．当研究室では，既設コンクリート構造物の検査･診断技術，補修･補強に関する研究を行っており，構造物のモニタリング技術，新しい非破壊検査手法の開発，補修･補強技術の評価を行っている．

魚本研究室所有の計測機器の概要

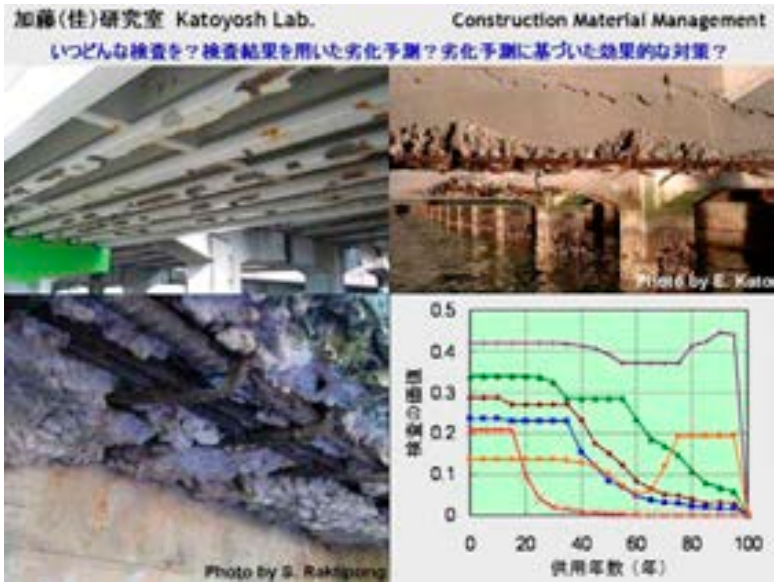
2）Misra 研究室　（コンクリート工学）

ミスラ研究室では，コンクリート構造物の劣化機構，特に塩害や中性化によって鉄筋が腐食する機構についての研究と劣化構造物の補修補強方法や合理的な維持管理について検討を行っている．また，長期における構造物の劣化が都市の安全性に及ぼす影響を把握するために，劣化による品質の低下が構造安全性や耐震性に及ぼす影響について検討を行っている．さらに，アジア地域における共通のモデルコードの制定に向けて，構造物の施工と耐久性に関して草案を作成している．その一環として，コンクリート標準示方書（英語版）土木学会編の出版に関わる活動を主に行った．

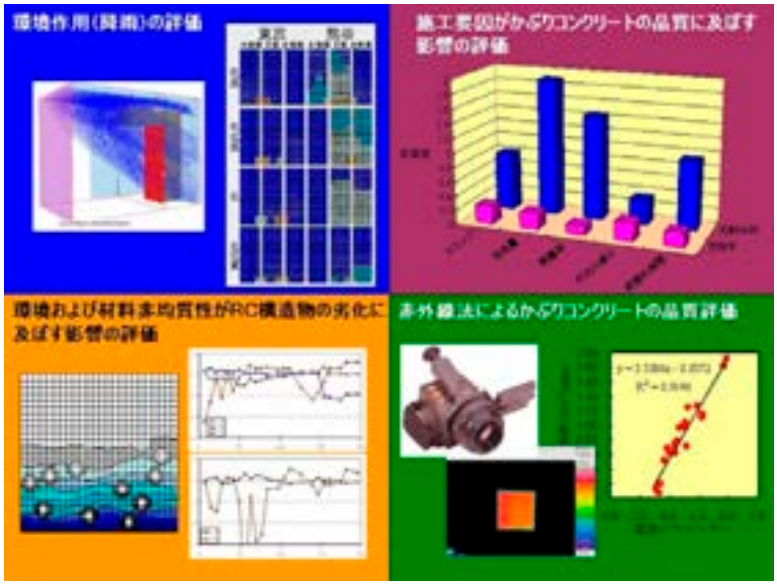
コンクリート標準示方書（英語版）

3）加藤研究室　（建設材料マネジメント）

加藤研究室では，膨大な都市基盤ストックを戦略的に維持管理するために必要な技術開発，現象の解明，計画論に関する研究を行っている．都市基盤施設の劣化（エイジング）は，地震や台風に代表される災害のように，局所的な時空間軸で甚大な被害をもたらす現象ではないが，全ての施設で必ず生じる現象である．都市基盤施設にとって，災害をフィニッシュブローに例えれば劣化はボディーブローに，また，事故死に例えれば病死に例えることができる．人間の健康管理と同じように，施設の維持管理も，検査，診断，将来予測，対策等の様々なアクションを適切な時期に実施することが極めて重要である．特に，都市基盤施設において主要なコンクリート構造物の劣化は，環境，施工，材料非均質性などの影響による不確定性が多いため，適切な維持管理を実施することが難しいとされている．我々の研究室では，リスク評価による効率的な維持管理計画論，劣化外力評価，施工の定量評価，劣化機構解明とモデル化，効果的な検査手法の開発等の検討を実施している．



加藤研究室の研究対象



研究成果の一例

4）天野研究室　（都市防災工学）

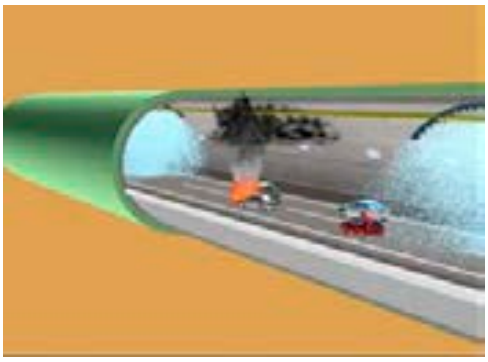
天野研究室は，東京大学生産技術研究所で蓄積された研究成果をより効果的に社会に還元する目的で，産官学連携の場として，2004 年 3 月～2007 年 3 月に設立された研究室である. 都市基盤の安全に関する研究開発として, 以下の 3 項目を行っている.

1. 水幕式火災防災システムの開発

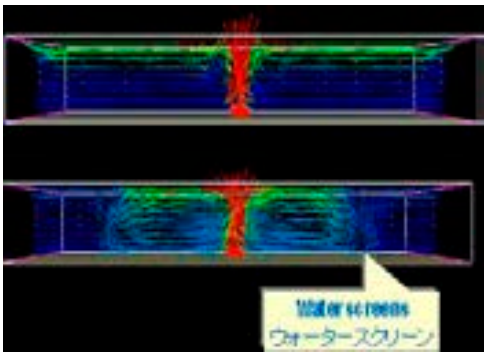
大深度地下利用法の施行や都市再生の進展に伴い，地下空間は，人間の利用空間として，より重要なものとなっている．そのため，水の幕(ウォータースクリーン)を用いて火災を区画化して，熱や煙の拡散を抑制し，有害浮遊粒子を補足・洗浄することによって，被災者の避難経路を確保して避難安全性を向上させた火災防災システムを開発している.

火災実験状況

ウォータースクリーン



道路トンネルへの適用例

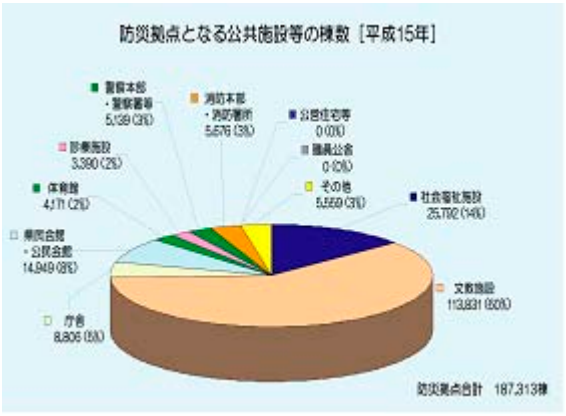


熱流解析結果

2. 防災拠点の耐震化促進資料作成

2004 年 10 月に発生した新潟県中越地震では，防災拠点となるべき施設の耐震化の必要性が示された．そのため，産官学連携事業の先駆けとして，総務省消防庁・鹿島建設と連携して，地方公共団体担当者のための「防災拠点の耐震化促進資料」をまとめた．これは，総務省ホームページに掲載されている．更に，この資料を用いて，具体的に和歌山市へ適用した．

総務省 HP 掲載資料



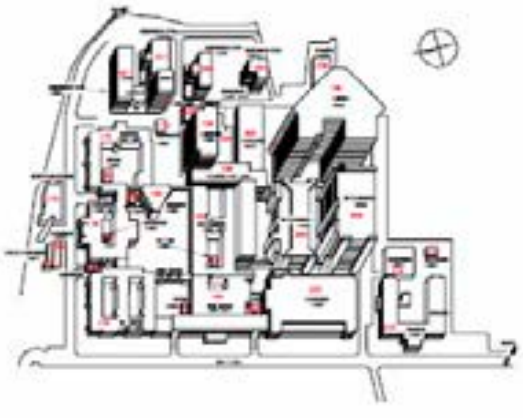
防災拠点となる公共施設

3. 東大病院の災害拠点病院としてのあり方の検討

東大病院は災害拠点病院に指定されており，東京大学は災害時の広域避難場所にも指定されている．よって，東大病院は，防災拠点病院としての機能を担うとともに，広域避難場所内の医療施設という特殊な機能も合わせ持っている．

そこで，ICUS が参加している「防災対策マニュアル及び地震時の東大病院の防災拠点としてのあり方」WG のメンバーとして検討した．

検討のフロー



東大病院配置図

4.2.2.2　都市防災・安全工学部門

1）目黒研究室　（都市震災軽減工学）

目黒研究室では，地震を中心としたハザードを原因として発生する人的・物的な被害や社会機能の障害を，ハード的な対策とソフト的な対策とをバランス良く講じることによって，最小限に抑えるための戦略について研究している．兵庫県南部地震をはじめとして，最近の内外の地震被害の最大の教訓は，人的な被害の軽減はハードな対策なしには実現できないこと，最近盛んな「リアルタイム地震防災システム」などのソフトな対策は，社会機能の迅速な復旧と復興を主眼としている点である．この教訓と，「現場を見る」「実践的な研究」「最重要課題からタックル」を研究上のモットーに，地震による構造物被害のコンピュータ解析から，都市ライフラインの災害対策，災害時の避難行動，リアルタイム地震防災，既存不適格構造物の耐震補強推進政策，地震予知情報の工学的活用，次世代型防災マニュアル，災害時最適人材運用法など，様々な視点から都市の安全と災害軽減に向けた研究を行っている．多数の途上国の地震防災の立ち上げ運動にも参加し，世界の地震防災上の最重要課題である組積造建物を世界中で入手可能な安い材料(荷造り紐)と対応可能な工法で耐震補強する工法（100ドル耐震補強法）の研究にも取り組み，内外の注目を集めている．

http://risk-mg.iis.u-tokyo.ac.jp/index2.htm

危機管理/防災ステーション

組積造の簡便で効果的な耐震補強法の研究と普及に関する研究
（パキスタン北部地震の被災地で実施した公開振動台実験の様子(左)と提案手法で補強した実構造物(右)，補強費用は 30US ドル）

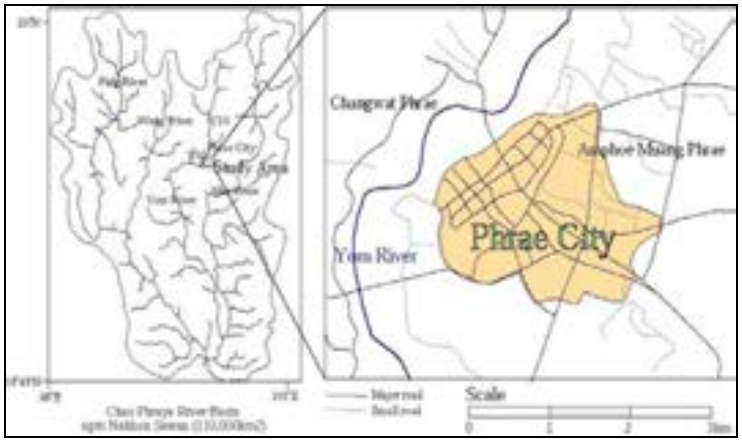
2）林研究室　(防災行政学)

林研究室では，都市の安全や防災力の向上と，危機管理体制の充実を実現するために，関連施策や制度設計と，その効果的な実現に向けた研究と教育を行っている．研究テーマは，1）効果的な防災対策の立案と実施方法，2）災害対応の実践的なマニュアル化，3）防災行政と学術調査機関の効果的な連携スタイル，4）防災行政と防災 NGO との効果的なスタイルの 4 点である．これらに注目し，研究が推進するよう活動しています．例えば，天野研究室と共同で，防災拠点の耐震化促進資料作成やその結

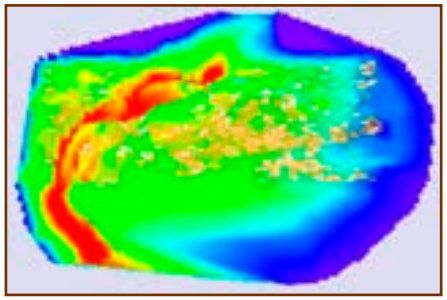
果を地方自治体である和歌山市に適用するなどを行っている．

3）Dutta 研究室　(水文気象学)

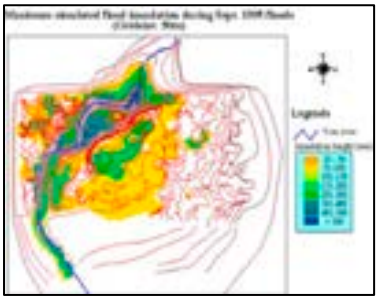
ダッタ研究室では，1）洪水氾濫モデルの開発と都市河川流域への適用，2）洪水被害予測手法の開発と適用，3）リモートセンシングデータによる土地被覆分類を利用した，広域の洪水氾濫モデルの開発を主なテーマとして研究を進めています．また，発展途上国の研究者・関係機関の方々の学術的な能力開発も重要な課題と考えています．そのため，タイの国家評議会にデータサーバを設置し，日本の研究者とデータを共有しりことにより，タイの研究者がタイ政府とともに研究を進めことを可能にするシステムを構築しました．



タイ王国のチャオプラヤ川流域における洪水予測に関する研究の一例　(対象エリア)



新規に堤防を作成した場合における，浸水深シミュレーション結果の一例



新規に堤防を作成した場合における，建物被害結果の一例

4）高橋研究室　（都市防災工学）

高橋研究室では，都市防災のあり方を研究している．災害が頻発するわが国では，避けることが出来ない災害に対する備えを平素からしておくことが，被害を最小限に

抑えるために不可欠である．そのためには，災害に関する観測情報や学術研究成果を防災政策に的確に反映させていくことが求められている．そのため，研究機関と行政の連携をより一層深めていくことが重要課題だと考えている．そこで，それぞれ立場の異なった機関の担当者間の情報交換を行う場として，多分野交流防災研究会を立ち上げ，2 ヶ月に一度のペースで．セミナーを開催している．

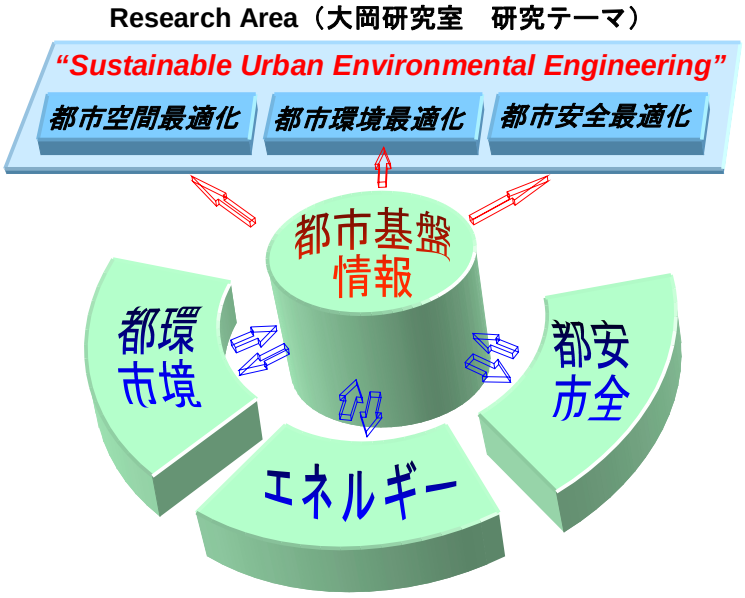
5）Ansary 研究室

Ansary 研究室では，バングラディシュ人民共和国の首都ダッカ市の都市の安全に関して研究を進めている．ダッカ市が地震に襲われた場合，その影響は国全土に長期に渡って及ぶことは明らかである．ダッカ市周辺の小さな町や村からの移住民とまったく不十分な都市計画，さらに低品質に建物ストックによって，最近の数十年で急激に巨大がしている．人口の 6 割は，スラム街の違法な低品質な建物に住んでいるし，スラム街以外の地域でも住環境のレベルは非常に低い．そのため，ダッカ市は，人的災害，自然災害の両面に対する適正な対策が迫られている状況であります．そこで，本研究では，ダッカ市の災害危険度マップを作成し，この結果を基に地震被害解析を行うことに主眼をおいて，研究を進めている．具体的には， 市内各地の地形データや地質データ，人口分布，建物分布とその特性，道路ネットワーク，ライフラインデータ，そして過去の地震履歴データなどを収集する．次に，構造物の地震被害特性を分析する．そして，シナリオ地震を作成し，被害評価を行う．

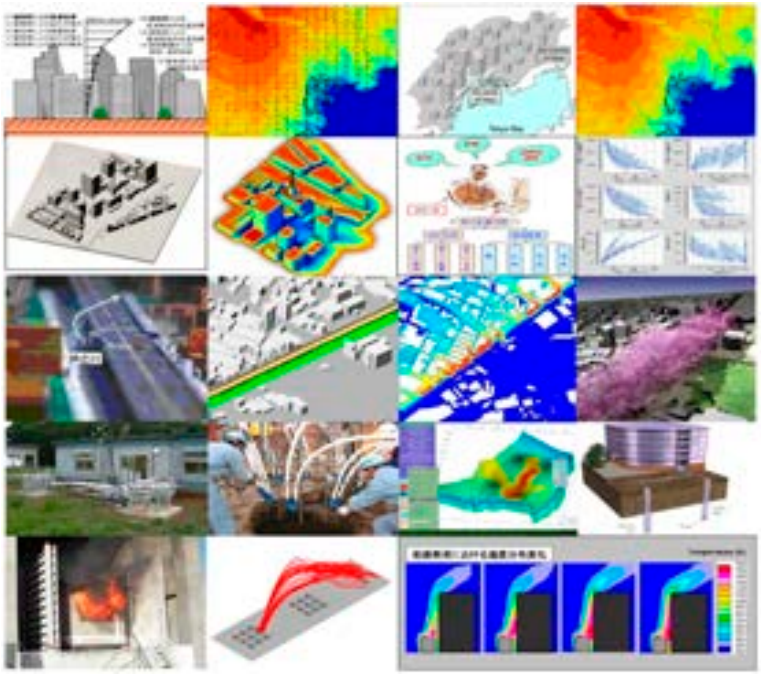
4.2.2.3　都市基盤情報ダイナミクス部門

1）大岡研究室　（サステナブル都市環境工学）

近年，都市化の進行に伴い，ヒートアイランド現象，都市火災を含め都市安全問題等様々な環境・社会・安全問題を深刻化しており，都市環境の改善が急務な課題になっている．そこで，当研究室では，サステナブル都市を達成することを目指し，実験とコンピュータシミュレーションの両方に基づく都市・建築環境工学分野において，特に 1）都市温熱環境，2)都市エネルギー代謝，3)都市火災を含め都市安全等のテーマについて研究を行っている．



大岡研のテーマ

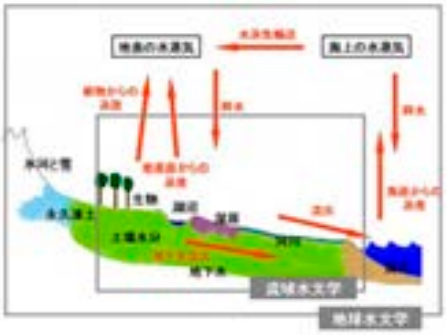


研究設備及び解析結果

2）沖研究室　（地球水循環システム工学）

自然界における水の循環を水文学的循環(hydrologic cycle), 縮めて水文的 循環または水循環といいます. この水循環を中心概念とする学問分野が水文学(hydrology) です. 水文学が扱う研究分野は降水研究，雪氷，蒸発散，地表水，侵食と堆積，水質，　水

資源システムとその相互作用などです．降水や蒸発散は，かつて気象学の中心的なテーマでしたが，今ではいずれも 水循環の重要な過程として，水文学の中に含められています．雨・雪などの降水から流出までの，主に流域を扱う分野を流域水文学，地球規模での降水， 蒸発散，水蒸気輸送なども含めた領域を扱う分野を地球水文学とわけることができます． 当研究室の研究内容は大きく流域水文学と地球水文学とに分けられます．



水循環と学問分野

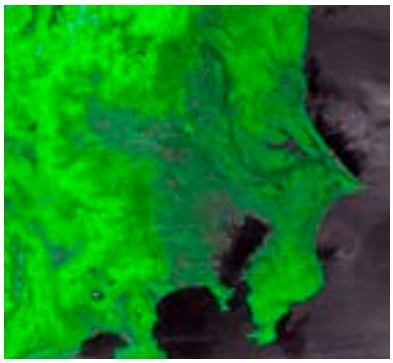
水文学・水資源工学分野に関係する他の学問分野

水文学・水資源工学は多くの学問と密接な関わりがあります．その理由は水文学が狭義の陸地の水のありかた， 循環，分布，特質を自然科学的に研究する学問分野である事だけでなく，水資源の開発，水の適正な利用， 水と環境との関係，水文環境の管理など，人間と水との係わりあいに関する研究を含む，水に関する総合科学であるからです．

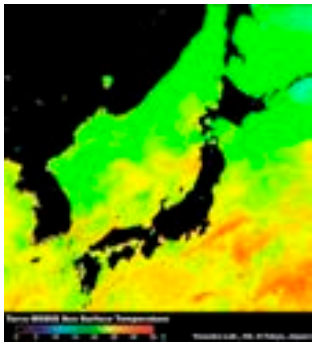
3）安岡研究室　(空間情報工学)

我々は，環境のモニタリング・モデリング手法の開発とその応用を行っています．特に，リモートセンシングおよび GIS といった新しい手法による環境計測と評価が中心的な課題です．今日の我々は，地域レベルから地球レベルまでの様々な環境問題を抱えています．モニタリングとモデリングは，より良い環境を創出するための第一歩であり，我々の研究を通して環境問題の解決に役に立ちたいと望んでいます．我々の研究室では，1）衛星リモートセンシング，2）陸域生態系モデルと衛星データの統合化，3）ハイパースペクトルリモートセンシング，4）都市の３Ｄモデリングの分野で研究を進めています．衛星リモートセンシングでは，東京大学生産技術研究所で受信をしている NOAAA/AVHRR，Terra・Aqua /MODIS を中心として様々な地球観測衛星データを用い，解析の前処理手法や変化抽出のためのモデルの開発をしています．東南アジアにおける水田マップの作成や，北東アジアにおける植生生物季節モニタリン

グが現在の主なテーマです．過去にも，シベリアの森林火災モニタリングやメタン発生量の推定，東京都市圏の潜熱マップの作成，産業廃棄物の不法投棄モニタリングなどの研究を行ってきました．陸域生態系モデルと衛星データの統合化では，生物圏モデルは様々な時間・空間スケールでの炭素循環を理解する上で欠かすことができません．しかし，広域を対象とした場合，モデルへのインプットパラメータの集積は非常に困難です．そこで，衛星データから計測した生態系パラメータを生態系プロセスモデルで利用するための研究をしています．ハイパースペクトルリモートセンシングでは，ハイパースペクトルセンサは対象物を高い波長分解能で計測することができ，波長分解能が粗い従来のマルチスペクトルセンサでは計測することが不可能であった新たなパラメータを計測できる可能性があります．このセンサを用いて，植物のクロロフィル量の推定や生物多様性が豊かな地域での生物物理パラメータの推定，コンクリートの劣化評価などに取り組んでいます．都市の３Ｄモデリングでは，近年，都市気候解析や交通ナビゲーション，景観計画など様々な分野で都市の３Ｄモデルが必要とされてきています．本研究室では高解像度衛星と航空機搭載型のレーザースキャナデータを用いて，都市域における人工物の３Ｄモデルのみならず，樹木の抽出・３Ｄモデル化も試みています．



衛星から見た関東エリア

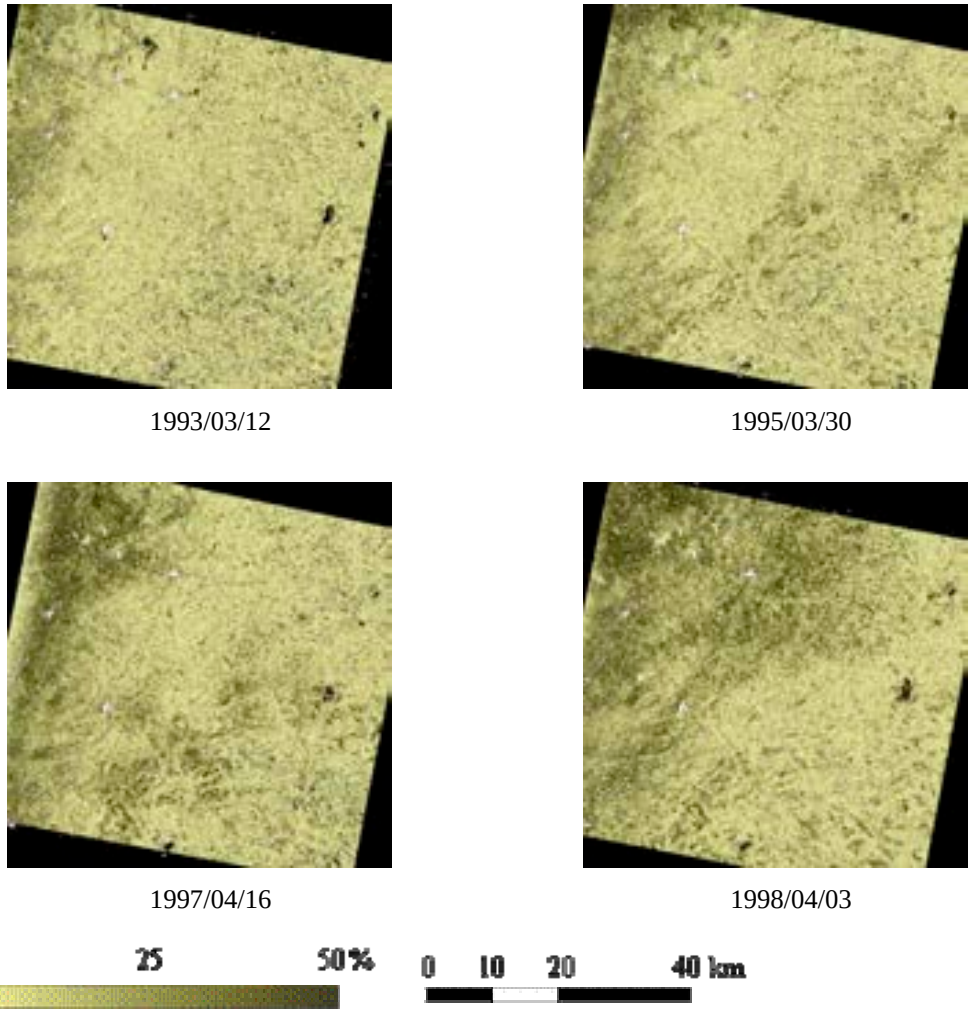


日本周辺域の海水温温度分布

4）須崎研究室　（都市基盤情報工学）

地球観測センサの発展に加え，コンピュータの処理速度やネットワークの通信速度の向上に伴い，大量の衛星画像を使って，物理的に意味のある定量的な情報が求められるようになっています．例えば，昔は都市域の分布が把握できれば十分であったものが，都市域内の細かい地表面温度分布，さらに１度以内の推定精度も求められています．このように地表面での物理量を精度高く推定するには，幾つかの段階が必要になります．(1)地上での継続的な計測，(2)推定モデルを通じて得られた物理量と地上計測データとの比較，(3)推定モデルの物理的な意味を理解した上でのモデルの改良，という段階です．(3)では，地表から上空のセンサまで電磁波が大気を通過する様子を再

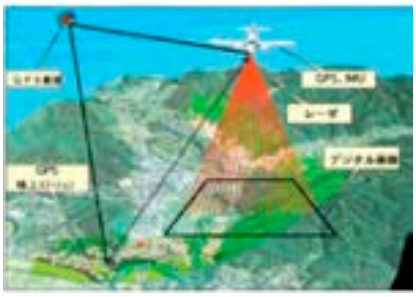
現した放射伝達モデル，地表面での複雑な散乱を近似するモデルの改良等が挙げられます．また衛星センサは，光の領域の電磁波を利用した光学センサと，雲の影響を受けにくいマイクロ波センサに大別され，目的に応じて使い分けられます．当研究室では，光学センサもマイクロ波センサも対象にして，地上計測に始まり衛星画像処理に至る一連の過程を通じた，物理量推定に関する研究を行っています．



旱魃の影響評価のためにマイクロ波データから推定された土壌水分の経年変化
（タイ東北部ブリラム県の水田の体積土壌水分）

5）瀬戸島研究室

瀬戸島研究室では，GPS や航空機レーザ測量などの新しい計測技術を利用して，社会基盤の維持・管理手法の高度化を行っています．例えば，斜面防災を含めた広い意味での社会基盤の維持・管理を高度化するためには，面的に広範な変位を安定して長期間にわたり精密に計測ができ，耐久性に優れた手法が求められます．しかしながら，現状は，地形や地物の計測に，多大な時間と労力を投入しているのが現状です．その解決策として，GPS の利用と航空機によるレーザスキャナ計測の適用があります．



最新の航空機測量技術（レーザプロファイラー）

レーザプロファイラ技術を利用した都市域の３Ｄモデル

レーザプロファイラ技術を利用した土石流シミュレーション結果の一例

4.2.3　産学連携研究の活動

4.2.3.1　RC39

ICUS では(財)生産技術研究奨励会の特別研究会として「RC39 サステナブル都市システム研究委員会」を発足し，民間企業 15 社(平成 17 年度)とともに平成 14 年度から活動を開始しました.

20 世紀の我国は欧米諸国に追いつくことを最大目標に，産業の育成，設備の拡充，新製品の製造等に全力を尽くしてきた. その結果，経済は高度に成長し，我国は世界的に見ても裕福な国に変貌した. 都市基盤設備のストック状況として，橋梁を例にとると，1950 年からピーク時の 1970 年頃まで年平均約 2500 の橋梁が新設され，現在約 13.6 万橋のストックが存在しているといわれている. これは，日本の全人口で考えれば，約 1000 人に 1 橋の割合で存在していることとなる. 年平均2500橋が新設されてきたということは，今後，同程度の割合で維持管理(長寿命化)あるいは更新をすることを物語っており，更新は大量の建設廃棄物が発生することに直結してくる. 更に，高度経済成長の代償として地球温暖化に代表される環境破壊が問題視され，温室効果ガスの大幅な削減，最終処分場の逼迫や天然資源の消費抑制のために循環型社会形成が急務であるとされている. 今後，日本の人口が減少していく状況で，これまで

の大量生産･大量消費型から脱却し，全く異なる視点で膨大な社会資本ストックを管理していかなければならない．

都市基盤設備は，大量の資源(天然，リサイクル)が投入され，製造･施工過程を経て建造されるサービスを開始する．このとき，全ての場面において環境負荷が発生すると考えられる．例えば，天然資源を利用すること，製造･施工時の環境汚染，都市基盤設備を利用することによる環境負荷，更新時に発生する産業廃棄物など．また，都市基盤設備は，供用期間中に様々な環境作用(荷重，炭酸ガス，塩化物イオンなど)を受けることにより，構造性能が低下し，社会情勢の変化に伴いユーザーニーズに合致しなくなるなど，その機能は経時的に変化する．更に，地震，洪水，火災などの突発的に発生する環境作用によって，その機能が著しく低下することがある．

このように，都市基盤の観点から考えると，「都市基盤設備自体に関する問題」とそれが与える「環境インパクトに関する問題」を解決していくことが，持続的な生存を可能とするためには必要不可欠であるといえる．そこで，本委員会では，都市基盤設備自体の問題として「老朽化構造物」，「防災」，「環境」を取り上げ，検討している．都市基盤設備自体の問題は，膨大な社会資本ストックの有効活用および災害に強い社会システムの形成により，常時･非常時への対策を検討し，環境インパクトは，都市基盤設備のライフサイクルにおける環境への影響を検討している．平成 17 年度は，「老朽化構造物 WG」，「防災 WG」，「環境 WG」の 3 つワーキングを軸に以下の研究テーマに取り組んできた．

①老朽化構造物の寿命予測，簡易で精度の高い管理手法の構築

②災害情報データベースの構築，耐震補強推進のための地震リスクファイナンス金融商品の開発

③都市環境指標の調査，持続可能な都市形成のための環境総合評価指標

各年度にその成果を報告書にまとめ，また，その研究成果を学会等で発表している．それに合わせ，情報交換を目的に各分野の方に講演をして頂いています．ここに，過去 5 年間に行った RC39 での特別講演の講演者，講演題目および参加企業一覧を示します．

研究報告会　(その１)

研究報告会　(その２)

RC39 で取りまとめた都市の持続性に関する報告書

参加企業一覧

平成 14 年度

アジア航測 株式会社	清水建設 株式会社
鹿島建設 株式会社	西武建設 株式会社
基礎地盤コンサルタンツ 株式会社	株式会社 竹中土木
株式会社 計測リサーチコンサルタント	株式会社 千代田コンサルタント
株式会社 建設企画コンサルタント	東京電力 株式会社
株式会社 建設技術研究所	東電設計 株式会社
国際航業 株式会社	株式会社 東横エルメス
三協 株式会社	中日本航空 株式会社

16 社

平成 15 年度

アジア航測 株式会社	首都高速道路公団
鹿島建設 株式会社	西武建設 株式会社
基礎地盤コンサルタンツ 株式会社	株式会社 竹中土木
株式会社 計測リサーチコンサルタント	株式会社 千代田コンサルタント
株式会社 建設企画コンサルタント	東京電力 株式会社
株式会社 建設技術研究所	東電設計 株式会社
国際航業 株式会社	株式会社 東横エルメス
三協 株式会社	中日本航空 株式会社
清水建設 株式会社	三井住友建設 株式会社

18 社

平成 16 年度

アジア航測 株式会社	清水建設 株式会社
鹿島建設 株式会社	株式会社 竹中土木
基礎地盤コンサルタンツ 株式会社	株式会社 千代田コンサルタント
株式会社 計測リサーチコンサルタント	東京電力 株式会社
株式会社 建設企画コンサルタント	東電設計 株式会社
株式会社 建設技術研究所	株式会社 東横エルメス
国際航業 株式会社	三井住友建設 株式会社
三協 株式会社	

15 社

平成 17 年度

アジア航測 株式会社	清水建設 株式会社
鹿島建設 株式会社	大成建設 株式会社
基礎地盤コンサルタンツ 株式会社	株式会社 竹中土木
株式会社 計測リサーチコンサルタント	株式会社 千代田コンサルタント
株式会社 建設企画コンサルタント	東京電力 株式会社
株式会社 建設技術研究所	東電設計 株式会社
国際航業 株式会社	株式会社 東横エルメス
三協 株式会社	三井住友建設 株式会社

16 社

講演題目と講演者所属

日時	氏名・所属	講演題目
2003 年 12 月	高橋健文 ICUS 客員教授･首都高速道路公団	首都高速道路の防災対策
	天野玲子 鹿島建設	水幕式火災防災システム
2004 年 2 月	大岡龍三 ICUS 助教授	建物モデルと都市気候モデルを連成した都市の温熱環境評価手法の研究
	安岡善文 ICUS 教授	サステナブル都市システムの構築の為の情報基盤とは
3 月	加藤佳孝 ICUS 講師	研究グループ紹介
	目黒公郎 ICUS 助教授	研究グループ紹介

9 月	林 省吾 ICUS 客員教授･総務省消防庁長官	地域防災力
12 月	須崎純一 ICUS 講師	衛星リモートセンシングにより環境モニタリングの動向
	目黒公郎 ICUS 教授	新潟県中越地震に関して
2005 年 3 月	岡田敬一 清水建設(株)	構造物におけるモニタリングシステムの展開
	小林　裕 大成建設(株)	建築･土木分野における耐火研究の現況
4 月	目黒公郎 ICUS 教授	スマトラ島沖地震津波調査報告
7 月	安藤尚一 (財)日本建築センター	我が国の防災対策
10 月	魚本健人 ICUS センター長	石綿(アスベスト) および石綿製品の現状と問題点
12 月	松田　隆 大林組技術研究所 土木構造研究室	土木構造物の簡易地震被害予測及び復旧費用算定システム
2006 年 3 月	Suvit Vibulsresth IIS 客員教授(GISTDA)	タイ国における都市サステナビリティのモニタリング
	松本由美子 (株)竹中土木 技術本部技術グループ	スマトラ沖地震･津波災害現場について

4.2.3.2　多分野交流防災研究会

ICUS では，防災の実務に携わる行政職員と工学・法学・社会学等の多分野の研究者との意見交換を図るため，2003 年 2 月に ICUS 多分野交流防災研究会を発足した．研究会では，防災に関わる様々な分野の実務者を招き，最新の動向に関する話題を提供してもらった後に,参加者全員による討議を行っている.2003 年度から 2005 年度にかけて，計 27 回の研究会を開催した．各会の議題ならびにゲスト講師は以下の通りである.

表　2003 年度に開催した研究会一覧

No.	日時	議題	話題提供者	
1	2 月 4 日 18:00-20:00	自己紹介		
		行政における意思決定の流れ	前内閣府政策統括官（防災担当）	高橋健文先生
2	2 月 27 日 18:00-20:00	防災気象情報の改革について	気象庁長官	山本孝二氏
3	3 月 6 日 18:00-20:00	今後の地震防災の課題について	東京大学生産技術研究所助教授	目黒公郎先生
4	3 月 28 日 18:00-20:00	内閣官房の役割について	内閣副長官補（安全保障・危機管理担当）付参事官	足立敏之氏
5	4 月 17 日 18:00-20:00	我が国の砂防事業について	国土交通省砂防部長	岡本正男氏
6	5 月 26 日 18:00-20:00	被災者の生活再建支援の現状と課題について	内閣府政策統括官付防災総括担当参事官	田中裕司氏
7	6 月 26 日 18:00-20:00	防災分野の若手研究者に対する法学者からのメッセージ	学習院大学法学部教授	櫻井敬子先生
8	8 月 21 日 18:00-20:00	三宅島噴火災害への対応について	前東京都副知事	青山やすし氏
9	9 月 11 日 18:00-20:00	最近の中央防災会議の審議状況を踏まえた防災行政の課題と最新の動向	内閣府政策統括官付防災総括担当参事官	田中裕司氏
10	10 月 10 日 18:30-20:30	富士山、雲仙普賢岳、有珠山、三宅島等における火山防災政策について	国土交通省河川局河川計画課長	布村明彦氏
11	11 月 18 日 18:00-20:00	住宅政策と防災について	国土交通省住宅局住宅政策課長	佐々木基氏
12	2 月 9 日 19:00-21:00	危機管理行政と政治のリーダーシップ	内閣府大臣政務官 参議院議員	森元恒雄氏
13	3 月 5 日 19:00-21:00	三位一体改革について	消防庁長官	林省吾氏
14	3 月 11 日 18:00-20:00	日本文明と今後の行方	前国土交通省河川局長	竹村公太郎氏

表　2004 年度に開催した研究会一覧

No.	日時	議題	話題提供者	
1	5 月 13 日 19:00-21:00	我が国の安全保障	前防衛事務次官	伊藤康成氏
2	6 月 9 日 18:00-20:00	立法作業の実態	内閣法制局参事官	山崎篤男氏
3	6 月 28 日 18:00-20:00	長良川河口堰と吉野川第十堰	国土交通省河川局 事業監理室長	森北佳昭氏
4	11 月 8 日 18:00-20:00	政府の都市再生政策全般について	内閣都市再生本部 事務局長	澤井英一氏
5	11 月 24 日 18:00-20:00	河川情報の提供と危機管理	(財)河川情報センター 理事長	藤井友竝氏
6	2 月 10 日 18:00-20:00	官庁施設の耐震性確保の 取り組み	社団法人公共建築協会 副会長兼専務理事	春田浩司氏
7	3 月 1 日 18:00-20:00	災害現場における建設機械	国土交通省総合政策局 建設施工企画課長	関克巳氏

表　2005 年度に開催した研究会一覧

No.	日時	議題	話題提供者	
1	6 月 15 日 18:00-20:00	日本の統治システムにおける政策決定過程…永田町と霞が関	月刊「論座」編集長	薬師寺克行氏
2	7 月 6 日 18:00-20:00	水をめぐる現在の諸問題について ～第３回世界水フォーラムの体験を踏まえて～	日本水フォーラム 事務局長	尾田栄章氏
3	8 月 3 日 18:00-20:00	首都高速におけるトンネル防災について	首都高速道路公団理事 （工務、保全施設担当）	日月俊昭氏
4	10 月 31 日 18:00-20:00	都市防災対策の課題	国土交通省都市・地域整備局技術審議官	斎藤親氏
5	11 月 14 日 18:00-20:00	首都直下型地震対策	内閣府（政策統括官防災担当）付総括参事官	山本徳治氏
6	3 月 1 日 18:00-20:00	国土技術政策から見た防災	国土交通省国土技術 政策総合研究所長	望月常好氏

ICUS 多分野交流防災研究会の様子

4.2.3.3　防災マニュアルー消防庁

ICUS は，総務省消防庁と共同で，関係建築事務所・建築事業者のご協力を得て，「防災拠点の耐震化促進資料」を作成しました．これまでも，多くの建物耐震化事例集が出版・公表されておりますが，この「防災拠点の耐震化促進資料」は，災害時に防災拠点としての機能を果たすことが期待されている市町村庁舎，学校校舎・体育館，消防署等の特徴的な構造を持つ建物を対象とし，耐震診断・改修工事が必要かどうかの判断，耐震診断・改修工事の効果的な実施方法について，代表的な工法の解説，工事の効果，必要な費用・工期，工法の選定等についてわかりやすく記述するとともに，実際に耐震補強工事が行われた事例を収録しています．

地方公共団体　担当者のための防災拠点の耐震化促進資料

URL: http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/taishin/index-j.html

第１章　防災拠点になぜ耐震改修を？

第２章　耐震診断を進めるためには？

第３章　耐震改修の方法と実例は？

4.2.3.4　防災マニュアルー和歌山市

ICUS と総務省消防庁は，産官学の連携事業として，地方公共団体の防災拠点の耐震化を進めるために，2004～2005 年度に「地方公共団体担当者のための防災拠点の耐震化促進資料」を作成し，その資料を総務省消防庁のホームページ上に公開した．2006 年度には，更なる連携事業として，和歌山市を事例として，「地方公共団体担当者のための防災拠点の耐震化促進資料」に基づいた検討を行い，和歌山市職員への教育および防災拠点の具体的な耐震化促進策を提案した．

4.2.3.5　防災マニュアルー東大病院

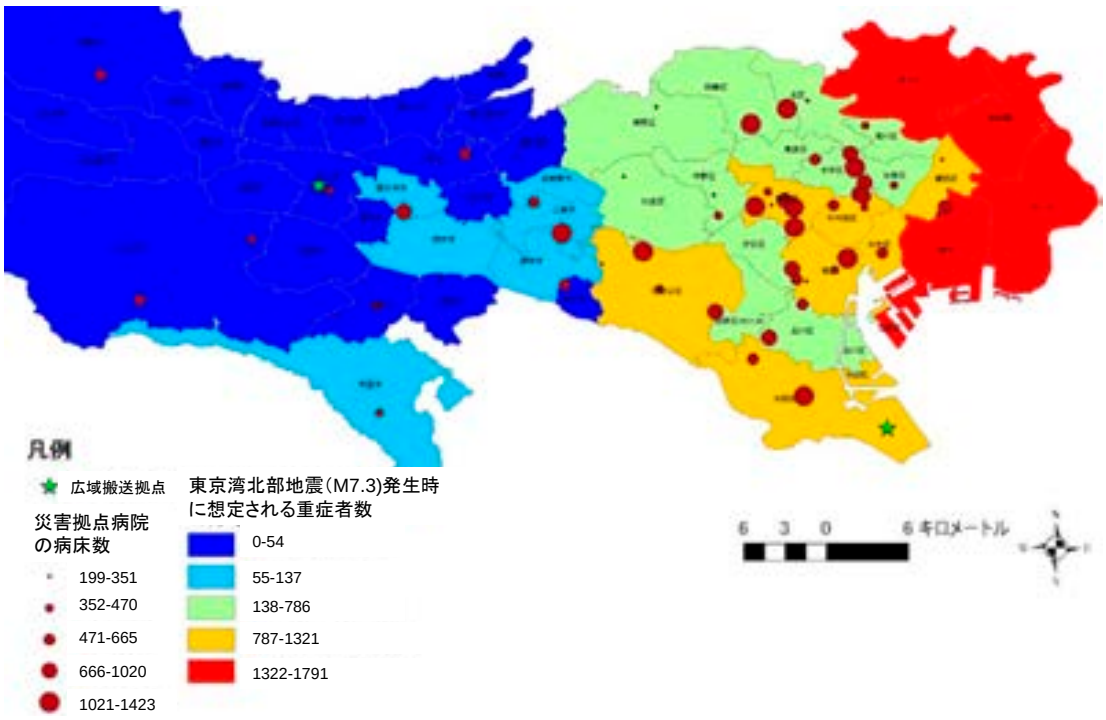
ICUS は、医学部付属病院（以下、東大病院と記す）と協力し、平成 17 年 10 月に「防災対策マニュアル及び地震時の東大病院の防災拠点としてのあり方」WG を結成し、2 年間（1 次計画）の共同検討を開始した。本 WG は、東京大学安全管理委員会防火・防災対策部会の下に設置され、平成 17 年度には「①地震時の東大病院の防災拠点としてのあり方に関する検討」を実施し、平成 18 年度後半からは「②東大病院の防災対策マニュアルに関する検討」も行う予定である。

東大病院は災害拠点病院に指定されており、東京大学は災害時の広域避難場所にも指定されている。よって、東大病院は防災拠点病院としての機能を担うとともに、広域避難場所内の医療施設という特殊な機能も合わせ持っている。地震時の東大病院の防災拠点としてのあり方を考えるにあたっては、文京区・東京都・国の防災計画に基づき、周

辺地域からのニーズを整理する必要があるが、その際には災害時の東大病院の機能を考えるとともに、発災前からの入院患者のケアやケアできない患者の病院外への搬送なども考慮する必要がある。

WG では、まずは東京都福祉保健局、文京区、消防庁、厚生労働省、内閣府等の関係各所へのヒアリング調査を行い、現状の法制度において定められている各機関の平常時・急性期(直後 48 時間以内)での対応計画を把握した。また首都直下地震被害想定結果に基づき、直下地震発生時に東大病院に来院することが想定される重症患者数の推計も行った。さらに災害発生後の受入れ可能患者数を推定するため、現状での東大病院の人的(マンパワー)・物的(施設面)の評価にも着手した。マンパワーに関しては、東大病院の組織別・フロア別スタッフ数の整理を行い、災害時の医療行為ならびに災害対応に従事できるスタッフ数の推計に着手した。施設に関しては、ライフライン・医療機器・治療室・病床・医薬品・貯蓄食糧の現状を把握した。今後はさらにこれらの定量化を図ることにより、患者対応におけるボトルネックやクリティカルポイントの把握が可能になるとともに、災害対策の優先順位づけや他病院への患者搬送計画の立案が可能になると考えられる。

今後は、上で述べたような検討結果を踏まえながら、災害発生後の情報連絡手段、広域医療搬送活動時における病院内での意思決定プロセスや病院外との連携プロセス、避難民滞留時の病院の対応等について、より詳細な検討を行い、平成 18 年度後半からは新しい防災マニュアルシステムに関する検討も開始する予定である。



首都直下地震時に想定される重症者数と災害拠点病院の分布状況

4.3 ICUS としての災害情報の共有化

4.3.1 自然災害の調査

4.3.1.1 地震

日本ならびに海外で災害が発生した際には，被害状況に関する情報収集と現地への研究成果の普及を目的として，災害被害調査を実施している．2001 年度から 2005 年度にかけて実施した災害調査の実施期間，対象地域，調査参加者は以下の通りである．

特に新潟県中越地震後には，ICUS メンバーらによる調査結果を ICUS ニュースレター特集号としてまとめ，諸外国へ向けて調査結果の情報発信を行った．

調査内容	調査期間	対象地域	参加者
インド・グジャラート地震被害調査	2001.3.4-3.11	インド・グジュラート州	目黒公郎
ペルー地震被害調査	2001. 7.14-7.22	ペルー	目黒公郎
WTC テロ被害調査	2002.2.24-3.3	米国　ニューヨーク市	目黒公郎・吉村美保
アルジェリア・ブーメルダス地震被害調査	2003. 7.13-7.22	アルジェリア・ブーメルダス地域	目黒公郎
イラン・バム地震被害調査	2004.2.16-2.26	イラン・バム市・テヘラン市	目黒公郎・吉村美保
新潟中越地震被害調査	2004.10.25-10.26	新潟県中越地方	目黒公郎
新潟中越地震被害調査	2004.10.23	新潟県中越地方	魚本健人・加藤佳孝
スマトラ地震津波被害調査	2005.2.17-2.25	スリランカ	目黒公郎
スマトラ地震津波被害調査	2005.3.9-3.13	タイ・プーケット県・パンガー県	目黒公郎
インド・パキスタン国境カシミール地震被害調査	2005.10.22-11.01	パキスタン	目黒公郎
アルジェリア・首都アルジェ圏の地震　マイクロゾーニング調査	2006.3.17-3.21	アルジェリア	目黒公郎
インド・パキスタン国境カシミール地震被害復旧・復興調査	2006.3.22-3.26	パキスタン	目黒公郎

アルジェリア・ブーメルダス地震による
RC ビルの崩壊被害（写真撮影：目黒公郎）

イラン・バム地震によるアドベ(日干し煉瓦)
建物の崩壊被害（写真撮影：目黒公郎）

スマトラ地震津波によって削られたスリランカの海岸の自然堤防（写真撮影：目黒公郎）

スマトラ地震津波によって被災したタイのリゾートホテル（写真撮影：目黒公郎）

パキスタン北部地震によって壊滅的な被害を受けた集落（写真撮影：目黒公郎）

新潟県中越地震によって被災した新幹線の
RC 橋脚（写真撮影：目黒公郎）

4.3.1.2　水害

既存の容易に得られる地理情報データをベースとして，メコン川流域を対象とした分布型水文流出モデルを開発した．この分布型水文流出モデルを用いた流量シミュレーション値を観測値と比較した結果，様々な開発シナリオ下での影響評価に用いるためには，既存のデータセットを相当程度，改良することが必要であることが判明した．そのため本研究では，流域の水文データ，気象データ，地形データなど現地においてしか得られない物理データの取得に力を注ぐこととした．これらデータ収集の結果としてメコン流域全体の水文流出シミュレーションのための地理情報データセットの改良が行われ，また，入力となる 90 地点の流量観測データ，99 地点の雨量観測データもデータベース化された．土地利用，標高，土壌特性のデータも流域全体において整理された．特に標高データに関しては，ホートン係数を様々な流出寄与域密度に対して計算し，妥当性の検証を行った．これらの修正，構築されたデータセットおよび開発されたモデルを用いて，過去 20 年にわたるメコン川の流量特性の変化を算定した．その結果として，流域の流量特性が水関連社会基盤の開発によって大きく変化してきたことが判明した．低水は一般に増加し，高水は一般に減少している．一方で，一般的傾向はそうであるものの，過去の記録を超えるような極端な高水や極端な低水も見られるようになった．また，場所によっては，水需要が当該地域の流出を上回り，本流の水資源を減らす方向に働いていることも示された．また，加えて，洪水浸水とその被害予測の数値モデリング研究も行った．さらに，将来の水需要アセスメントを行う際の大きな障害は水関連社会基盤の情報が得られないことであるが，email ベースのデータ収集システムを開発した．

4.3.1.3　コンクリート橋梁

少子高齢化社会の到来に伴う投資余力の減少と維持･管理業務に携わる技術者の不足が予想される中で，建設分野における既存ストックの有効活用が議論されており，道路橋など，既存コンクリート構造物の維持管理の重要性が高まっている．現存する膨大な数のコンクリート構造物の維持管理を効率的に行っていくためには，モニタリング技術などを活用しながら構造物の健全度を定量的に評価していくことが重要であると考えられる．

ICUS では，既設コンクリート道路について，モニタリングによる健全度評価システムを開発した. 対象としたコンクリート道路橋は架設から 35 年が経過した RC T 桁道路橋で，自動車荷重に対する主桁の応答，地震時の橋脚の応答モニタリングを試験的に実施している．

モニタリング・システムの概要

上図に示すように，常時設置したセンサによる現地での対象橋の計測，光ケーブルを用いた計測データの伝送，ICUS でのデータ監視・収録，計測データの処理・評価を行っている．

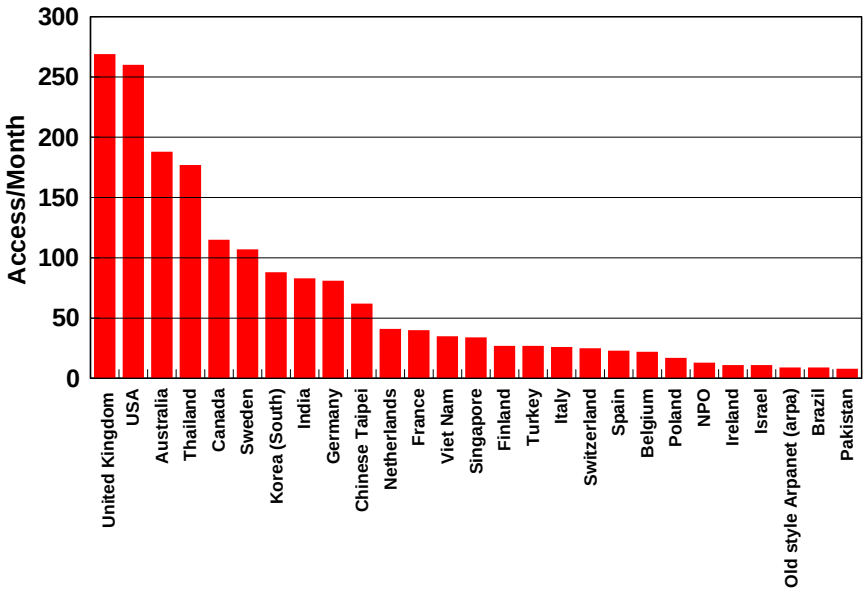
橋梁の一次点検としてまず目視点検が行われる．コンクリート構造物の劣化診断は，専門的な知識や経験を要するため，エンジニアの裁量に依存するところが大きい．点検対象となる構造物の増加により，点検結果，診断データ量も膨大となり，また，点検者の交代等により，後任者へ点検履歴の引継ぎが確実に行われていないのが現状である．このような現状を支援するため，コンクリート構造物の劣化診断プログラムの開発をした．本システムは，専門家でなくとも，簡単に劣化診断が行えるように，サンプル等を提供し，入力しやすいユーザーインターフェースを提供している．

劣化診断プログラムの概要

4.3.2　インターネットを活用した都市基盤安全工学情報の発信

ICUS の Activities を Web サイトで公開している．日本語版と英語版が準備されており，国内外で災害が発生した際の情報提供，各種行事の案内，活動報告，出版物の案内，Newsletter の配布を行っている． RNUS の Web サイトともリンクし，海外拠点での成果も閲覧可能となっている．ICUS のホームページ：http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/，RNUS のホームページ：http://www.sce.ait.ac.th/rnus/．一ヶ月の国別アクセス数の例を下記に示す．国別アクセス数に示すとおり，日本国外から多数のアクセスがある．アジアはもちろんであるが，欧米諸国からの注目が高いことが確認できる．

ICUS のホームページの英語版



一ヶ月の国別アクセス統計

4.3.3　公開講演会

2001 年 5 月 22 日に，ICUS として最初の ICUS 公開講座を生産技術研究所にて開催しました．　公開講座は，ICUS の前身である INCEDE の時代に開始されたもので，10 年間の継続されていたプログラムです．　公開講座の目的は，一般の市民と直接知識と情報を共有することです．INCEDE の時代，主要なテーマは，天災に関する知識を共有し，何が危険であるのか，災害の後何が起こるのかを理解することでした．　ICUS　では，さらにその考えを進め，我々の生活圏として，特に都市の安全に関する問題を取り上げ，年に　2　回の頻度で公開講座を続けています．

第 1 回 ICUS 公開講座で講演する魚本センター長

ここに，今までに開催されたICUS公開講座の講演題目および講演者リストを示します.

日時	主催タイトル	講演者氏名	所属	題目
2001年5月22日	都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS/INCEDE）発足のご挨拶	須藤　研	元INCEDEセンター長	INCEDEの活動を振り返って　―ICUS/INCEDEに期待すること―
		目黒　公郎	ICUS/助教授	都市の安全と防災対策
		安岡　善文	ICUS/教授	リモートセンシングによる都市基盤の計測と評価
		大岡　龍三	ICUS/助教授	都市気候を考慮した持続可能な都市開発
		魚本　健人	ICUS/教授	コンクリート構造物の劣化と診断技術
2002年1月24日	都市の安全を考える　―21世紀の安全な都市をめざして―	片山　恒雄	(独)防災科学技術研究所理事長	我が国の地震防災研究の方向性
		瀬戸島　政博	国際航業㈱地球環境事業室長	リモートセンシングによる都市環境の評価
		高橋　健文	内閣府政策統括官（防災担当）	我が国の防災対策
		村井　俊治	慶応大学大学院教授	都市災害・環境評価のためのリモートセンシング・GIS

2002年10月7日	都市の熱環境　―ヒートアイランドはどのような災害をもたらすか―	大岡　龍三	ICUS/助教授	ヒートアイランドモデル
		三上　岳夫	東京都立大学教授	ヒートアイランドの計測と評価
		竹村　公太郎	前国土交通省河川局長	温暖化と都市災害
		稲葉　裕	順天堂大学教授	ヒートアイランドと熱中症
2003年3月11日	21世紀　アジアの巨大都市における水問題	Prof.Ashim Das Gupta	Asian Institute of Technology	アジア発展途上国の成長中の巨大都市における水供給需要の直面する問題に対する新たな挑戦
		虫明　功臣	東京大学生産技術研究所教授	都市河川流域の総合的水管理に向けての展開
		Prof.Tawatchai Tingsanchali	Asian Institute of Technology	バンコクの洪水災害に対する対処方法　―タイ政府の計画―
		Prof.A.W.Jayawardena	University of Hongkong	香港の水供給の持続可能な発展とその管理に向けて
		竹内　邦良	山梨大学教授	統合型都市水管理への水文予測の重要性について
2003年7月3日	都市火災とその安全対策　―都市火災の教訓と対策を考える―	北里　敏明	地域振興・防災研究会主宰(前消防庁次長)	わが国の都市火災の現状と安全対策
		日月　俊昭	首都高速道路公団理事	首都高速道路におけるトンネル防火対策

		辻本　誠	名古屋大学教授	韓国大邱(テグ)市地下鉄火災での課題
		目黒　公郎	ICUS/助教授	都市火災と避難対策
2004年4月9日	世界と日本　平和と防災	福和　伸夫	名古屋大学教授	守りから攻めへ，官から市民へ，研究から啓発・実践へ，地域での巨大地震との戦い方～名古屋圏での実践を通して～
		須藤　研	CTBTO	より安全で平和な地空のために取り組んできた私の活動
		岡田　弘	北海道大学教授	直撃を避けることができた自然災害・・・映像で見る有珠山噴火と安心・安全の支援科学
2004年9月29日	地球規模災害の予測と対策　ーアジアー	木本　昌秀	東京大学気候システム研究センター教授	地球規模での気候の変動とその予測
		寶　馨	京都大学防災研究所教授	風水害の地球規模での監視と対策
		川津　拓幸	気象庁防災企画調整官	地震，火山の国際監視ネットワーク
		河村　宏	国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所,障害福祉研究部長	障害者の視点から見た災害
2005年2月28日	地震・台風・火災ー災害現場からのメッセージー	林　省吾	総務省消防庁長官，ICUS客員教授	2004年度に発生した大規模災害への消防庁の取り組みと今後の課題
		鶴田　俊	独立行政法人消防研究所基盤研究部特殊火災研究グループ長･消化研究グループ長	特殊災害事例と教訓

		関　克巳	国土交通省総合政策局建設施工企画課長	災害現場から見る危機管理
		田村昌三	東京大学名誉教授，横浜国立大学大学院安心･安全の科学研究教育センター客員教授	最近の安全問題と 21 世紀の安全
2005 年 9 月 29 日	我国の構造物と安全性	石橋忠良	東日本旅客鉄道株式会社，理事，建設工事部担当部長兼構造技術センター所長	地震の被害復旧と耐震補強について
		金氏 眞	鹿島建設㈱土木管理部土木技術部リニューアルグループ長	道路橋アセットマネジメントと安全性確保
		藤森 照信	東京大学生産技術研究所 教授	歴史から見た我国の構造物の安全性に対する考え方
2006 年 3 月 16 日	科学・安全技術のコミュニケーション	大島まり	東京大学生産技術研究所 教授	研究における科学技術コミュニケーションの重要性
		吉川肇子	慶應義塾大学商学部 助教授	リスクをどう伝えるか
		田中弥生	東京大学大学院工学系研究科 助教授	ここがおかしい，技術者のコミュニケーション

4.3.4　国際シンポジウムの開催

ICUS は，2002 年から毎年，アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウムを幾つかの学術的な研究機関と共に開催しています. シンポジウムは，より安全な都会の環境の実現をため，都市計画と開発，新技術の適用，構造や補強技術に対する非破壊評価などの多様な領域における意思決定者，実務担当者，そして研究者に情報を共有し，議論する場を提供することを目指しています．なぜならば，世界の人口の半分以上が世界の表面の約 4 パーセントを占める都市部に集中していると考えるならば，そのような議論の場の必要性は明白です．特に，巨大都市(1000 万の人口を超える)は，高い人口密度と都市基盤への強大な負荷が特徴です．急速な市街化と経済開発は，物凄い人口増加率を伴います． 2015 年までには，アジアが世界の巨大都市の 50%以上を有する地域になるのが見積もられます．これらの都市において，建物の高層化や他の社会基盤の整備が驚異的な速度で進められることが見通されているけれども, 整備と保守とのバランスが，成り立つかどうかは分かりません.

リモートセンシング，地理的情報システム，GPS，および他のコンピュータツールを含む様々な技術の最近の進展は, 災害時の構造物への被害を低減することや都市の資産管理に新しい技術として利用できる可能性があると考えられます. アジアにおける巨大都市が, 社会基盤の健全性という点で危機的な状況であることは明白であり, より安全な社会を提供するために，開発から学ぶべき点があります．研究者，実務担当者，意思決定者を含むグループ間で関心と専門後術を共有できた時だけ，これを達成することが出来ます.

幾つかの仕組みを通して，本シンポジウムは，アジアの巨大都市の安全性の様々な問題を扱うアジア人の研究者，実務担当者および意思決定者の人的交流ネットワークを確立するのを助けます．シンポジウムの話題は，以下の幅の広い領域をカバーする都市の安全とセキュリティのための先進技術を含んでいます：

- Urban Disaster Mitigation
- Safety and Security Assessment of Urban Infrastructure
- Space Technologies and GIS for Monitoring and Assessment of Urban Safety
- Planning and development of urban infrastructure
- Threat reduction and consequence management
- Environmental impact assessment of urbanization
- Rehabilitation and retrofitting of structures against natural and manmade disasters

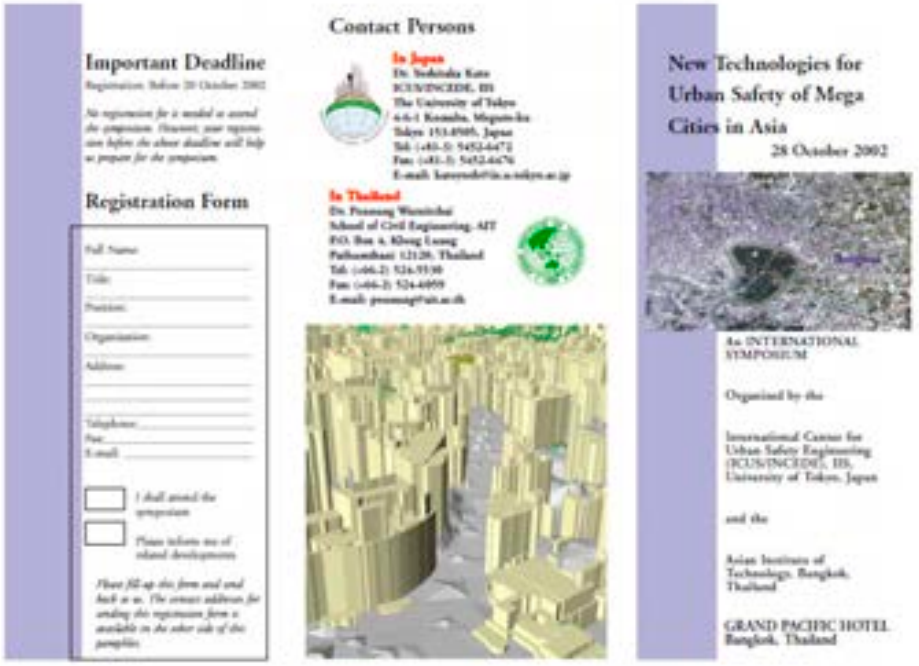
以下に，過去に開催したシンポジウムの概要を記します.

・2002 年

・概要

第 1 回　アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム	
Venue	Grand Pacific Hotel, Bangkok, Thailand
Date	Oct. 28, 2002
Co-organizers	・School of Civil Engineering Asian Institute of Technology ・The University of Tokyo
Sponsors	
Features	・More than 20 technical papers were presented by participants from Thailand, Japan, Singapore and Hong Kong.

・第 1 回　ICUS シンポジウム開催案内パンフレット



Important Deadline

Registration: Before 20 October 2002

No registration fee is needed to attend the symposium. However, your registration before the above deadline will help us prepare for the symposium.

Registration Form

Full Name:

Title:

Position:

Organization:

Address:

Telephone:

Fax:

E-mail:

☐ *I shall attend the symposium*

☐ *Please inform me of related developments*

Please fill up this form and send back to us. The contact addresses for sending this registration form is available on the other side of this pamphlet.

Contact Persons

In Japan

Dr. Yoshiaki Kato
ICUS/INCEDE, IIS
The University of Tokyo
4-6-1 Komaba, Meguro-ku
Tokyo 153-8505, Japan
Tel: (+81-3) 5452-6471
Fax: (+81-3) 5452-6476
E-mail: katoyosh@iis.u-tokyo.ac.jp

In Thailand

Dr. Pennung Warnitchai
School of Civil Engineering, AIT
P.O. Box 4, Klong Luang
Pathumthani 12120, Thailand
Tel: (+66-2) 524-5530
Fax: (+66-2) 524-6059
E-mail: pennung@ait.ac.th

New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia

28 October 2002

An INTERNATIONAL SYMPOSIUM

Organized by the

International Center for Urban Safety Engineering (ICUS/INCEDE), IIS, University of Tokyo, Japan

and the

Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand

GRAND PACIFIC HOTEL
Bangkok, Thailand

New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia

Introduction

With the rapid economic development in the last few decades, there has been a phenomenon growth of high-rise buildings and urban infrastructures in Mega cities in Asia. However, this growth of infrastructure is not adequately balanced by the appropriate measures for their maintenance and management and this has led to a deterioration of urban infrastructures and resulted in urban disasters in many cities.

The recent developments of various advanced technologies including Remote sensing (RS), GIS, GPS and other computational tools have generated scope and motivation to focus on devising appropriate methodologies for management and maintenance of urban buildings and infrastructures for sustainable development of the Asian mega cities with adequate safety and security.

Recognizing the importance of advanced tools in urban safety, the International Center for Urban Safety Engineering (ICUS/INCEDE) is organizing a one-day international symposium jointly with the Kasetsart Community in Thailand on October 28, 2002 on use of advanced technologies for development and management of urban building and infrastructural resources in Mega cities in Asia.

Symposium Objectives and Themes

The prime objective of the symposium is to bring together decision makers, practitioners and researchers involved in these fields to share their expertise, knowledge and experiences for tackling the critical issues of urban safety with advanced technologies. It is supposed that the symposium would be a foundation for establishing a network of Asian researchers and practitioners for future collaboration in various issues of urban safety of the Asian Mega Cities.

The topics of the symposium include various issues related to advanced technologies for development, management and applications of building and infrastructure inventory for urban safety including the following topics:

1. Data acquisition technologies
2. Monitoring and sensing
3. Database management and modeling

Schedule

9:00	- 9:50	Opening Remarks
9:50	- 10:10	Coffee Break
10:10	- 11:50	Keynote addresses
11:50	- 12:20	Special Lectures
12:20	- 12:40	Vote of thanks
12:40	- 14:00	Lunch
14:00	- 15:30	Technical Session
15:30	- 16:00	Coffee Break
16:00	- 17:30	Technical Session (continued)
17:30	- 17:40	End of Symposium

Distinguished Speakers

Keynote Addresses

Professor Shunji Murai : Executive Professor, University of Tokyo and Professor, Keio University

Dr. Worika Jarukitt : Chairman, Executive Board, Geo-Informatics and Space Technology Development Agency of Thailand, GISTDA

Special Lectures

Professor Hiroaki Kuroki-Nishikiori : Dean of School of Civil Engineering, AIT

Dr. Surat Vibulsresth : Director, Geo-Informatics and Space Technology Development Agency of Thailand, GISTDA

Supported by

- University of Tokyo, Japan
- Cabinet Office, Government of Japan
- Asian Institute of Technology (AIT), Thailand
- Chulalongkorn University (CU), Thailand
- King Mongkut's International Institute of Technology (KMIT), Thailand

Organizing Committee Chairs

- Takeo Uomoto, Director, ICUS/INCEDE (Chairman)
- Worsak Kanok-Nukulchai, Dean, SCE/AIT (Co-Chairman)

Contact Persons

- Pennung Warnitchai, SCE/AIT
- Yoshiaki Kato, ICUS/INCEDE

Organizing Committee Members

- Yoshifumi Tanaka, IIS, University of Tokyo
- Kimiro Meguro, ICUS/INCEDE
- Yoshiaki Kato, ICUS/INCEDE
- Fumio Yamazaki, SCE/AIT
- Pennung Warnitchai, SCE/AIT
- Ryuta Takeyama, ACE/AIT
- Xiaoqing Chen, STAR/AIT
- Somsak Tangtermsirikul, AIT
- Boonchai Stitmannaithum, CU

・国別参加者内訳　総参加人数：314 名

Cambodia：1 名　　Japan：16 名　　Singapore： 1 名

Thailand：296 名

・キーノートスピーチの概要

Shunji Murai

Professor Emeritus, University of Tokyo

Professor, Graduate School of Media and Governance, Keio University

Advanced Technologies in Geoinformatics

Advanced technologies such as High Resolution Satellite Image, Hyper Spectral Remote Sensing, Geographic Information System/Science/Service(GIS), Global Positioning System(GPS) and Digital Photogrammetry are so called Geoinformatics, Geoinformatics is defined as a Multi-Disciplinary of science to acquire, store, Process, analyze and visualize geo-spatial data/information for decision support of location based project.

In the keynote address, the trend of advanced technologies in Geoinformatics is introduced, and the functions of AIT or Asian organizations for promoting this field of study for study for Urban Infrastructure Management and Urban Safety are discussed. The presentation uses many slides for high resolution satellite imageries, advanced airborne sensors, integrated sensors with surveying instrument, GPS and Modile Telephone System for Navigation and Mapping.

Wicha Jiwalai

Chairman of the Executive Board, The Geoinformatics and Space Technology Development Agency

Information Needs for Urban Safety Assessment

Monitoring turban infrastructures and establishing urban information system is essential to the proper management of urban safety of sustainability. However, it requires the measurement and the collection of wide variety of parameters form social to social to physical aspects. Furthermore it needs to monitor spatial and temporal characteristics of parameters covering from local to regional scale and form short to long time scale. It is, therefore, not easy to collect information for urban safety and sustainability only with conventional survey methods. In order to establish effective information system for urban

infrastructure management it is necessary to introduce new technologies including remote sensing or geographic information system (GIS).

In this presentation information needs for urban safety and sustainability assessment are surveyed form science/technology aspects and from administrative aspects as well. In particular, requirements for the urban information system for Asia mega-cities are discussed with special emphasis on new information technologies.

Suvit Vibulsresth

Director, Geo-Information and Space Technology Development Agency

Satellite Observation Programs in Asia

After the first earth resource monitoring satellite launched in 1972 by NAS/USA, Remote sensing technology has contributed in many fields of our society. The satellite data such as LANDSAT and SPOT has been mainly utilized for natural resource management and hazard monitoring in regional scale.

The trend of recent advanced satellite technology focuses on the following directions; 1) high spatial resolution sensor: IKONOS and QuickBird provide 1m or less spatial resolution satellite images of any place to anyone on the earth. The data can contribute to the field of survey and mapping of urban areas as well as the natural resource management in local scale. 2) medium spatial and high frequent monitoring sensor: MODIS on TERRA and AQUA, NOAA/AVHRR and SPOT vegetation can observe the earth surface in several times per day per spot with 250m-1000m spatial resolution. The data can contribute for monitoring earth environment for sustainable development. 3) hyper spectral sensor: HYPERION on EO-1 satellite, OrbView-4(but failed in 2001), and MODIS/1km data, those have about 30-200 spectral bands, have potential to monitor various parameters of objects on the earth such as air/water pollution, bio-physical/bio-chemical functions of vegetation. 4) small satellite: satellite technology is now available without huge budget by small/micro satellite. Thai Micro-satellite (TMSAT) was launched in 1988 with the effort of Thai scientist and engineers in collaboration with Univ. of Surrey, U.K. Both of the acquired images and the technology of satellite development are quite useful for the country. Korea also own small satellite (KOMSAT) in 1990's.

In the presentation, the status of Remote Sensing and its mission in Asia are introduced. Furthermore the Remote Sensing program in Asia and its functions for urban safety are discussed.

Worsak Kanok-Nukulcahl

Dean and Professor of Structural engineering, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology

Activities for Urban Safety at AIT

The civil engineering profession has been a subject of critical debate. One of the major concerns is the ensuing negative image of engineers, brought about by the undesired impacts of engineering products on public safety. As premier educational institute in the region, Asian Institute of Technology strives to alter the roles of civil engineers in the public perception from disturbance to promotion of urban safety. Its School of Civil Engineering has prepared a new generation of civil engineers to be conscious of their roles in public safety through technological decision-making and policy-setting. This requires modernization of civil engineering curriculum by combining the elements of traditional technology-based engineering education with new technologies. This lecture serves to describe all the endeavors at AIT promote urban safety.

・2003 年

・概要

第二回　アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム	
Venue	Sanjo Kaikan Conference Hall, The University of Tokyo, Japan
Date	Oct. 30-31, 2003
Co-organizers	・21st Century COE Program “Center of Excellence for Sustainable Urban Regeneration” of The University of Tokyo
Sponsors	・Center for Sustainable Urban Regeneration, The University of Tokyo ・21st Century Center of Excellence Program, The University of Tokyo
Features	・A total of 72 papers were presented in ten technical sessions. Additionally two plenary sessions were held. ・126 participants from 13 countries around the world joined the symposium.

・第２回　ICUS シンポジウム開催案内パンフレット

CONTACT ADDRESS

Secretariat
Second International Symposium on
New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
ICUS, IIS, The University of Tokyo
4-6-1 Komaba, Meguro-ku
Tokyo 153-8505, Japan

Tel: (+81-3) 5452-6472
Fax: (+81-3) 5452-6476
E-mail: icus@iis.u-tokyo.ac.jp

SYMPOSIUM WEB SITE

http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/icus03/

STEERING COMMITTEE

- Tomoo Katayama, NIED/WUS, Japan
- Xila S. Liu, Tsinghua University, China
- Shunji Murai, Keio University, Japan
- Shigefumi Nishio, IIS, University of Tokyo, Japan
- Toshio Ojima, Waseda University, Japan
- Kazuyoshi Takeuchi, Yamanashi University/IASRI, Japan
- Suvit Vibulsresth, GISTDA, Thailand

TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE

- Yoshimitsu Fukusawa, DRI, Japan
- A. W. Jayawardena, Hong Kong University, Hong Kong
- Worsak Kanok-Nukulchai, AIT, Thailand
- Ananda Nanayakkara, University of Moratuwa, Sri Lanka
- Kwan Joo Byun, Yonsei University, Korea
- Jeffrey C. L. Chiang, Monash University, Malaysia
- Nguyen Tien Dich, IBST, Vietnam
- Ekasit Limsuwan, Chulalongkorn University, Thailand
- Yew-Chaye Loo, Griffith University, Australia
- Sudhir Misra, IIT Kanpur, India
- Kenji Okazaki, UNCRD, Japan
- Kiang Hwee Tan, NUS, Singapore
- Makoto Tsugawa, Nagoya University, Japan
- Taketo Uomoto, ICUS, Japan
- Ryosuke Yokoyama, ACRoRS, AIT, Thailand

ORGANIZING COMMITTEE

- Taketo Uomoto (Chairman)
- Ryuzo Ooka (Secretary)
- Yasufumi Yanaka
- Yozo Fujino
- Kimiro Meguro
- Boonchai Stitmannaithum
- Somnuk Tangtermsirikul
- Pennung Warnitchai
- Taikan Oki
- Yoshitake Kato
- Shinjiro Kanae
- Dushmanta Dutta
- Takahiro Endo
- Miho Yoshimura

First Announcement and Call for Papers

Second
International Symposium on

Organized By

International Center
for Urban Safety Engineering (ICUS)
Institute of Industrial Science, University of Tokyo

Venue
Sanjo Kaikan, University of Tokyo
Tokyo, Japan

INTRODUCTION

Over half of the world's population is concentrated in urban areas covering just 4 percent of the world's surface. Mega cities (exceeding a population of ten millions) in particular are characterized by a high population density and high material demands. Rapid urbanization is a distinctive feature of Asia with a tremendous rate of population growth. It is estimated that by 2015, more than 50% of the mega-cities are going to be in Asia. Due to rapid economic development, there has been a phenomenal growth of high-rise buildings and other infrastructure in Mega cities. However, this growth of infrastructure is not adequately balanced by the appropriate measures for their maintenance and management and that has led to a deterioration of urban infrastructures and resulted in urban disasters in many cities. Moreover, dense concentrations of populations are leading to high rates of water-related illnesses from lack of safe drinking water or adequate sanitation or environmental problems.

The recent developments of various advanced technologies including Remote sensing (RS), GIS, GPS and other computational tools have generated scopes and motivation to focus on devising appropriate methodologies for management and maintenance of urban buildings, infrastructures, mitigation of urban disasters and environmental problems for sustainable development of the Asian mega cities with adequate safety and security.

As a large number of population is under potential risk, safety and security of Asian mega cities deserve increased attention of various concerned groups including the researchers and decision makers. With this realization and recognition of the importance of advanced tools in urban safety, the International Center for Urban Safety Engineering (ICUS) of the Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, is organizing a 2-day international symposium during October 30-31, 2003 on the use of advanced technologies towards development of methodologies for safety and security of Mega cities in Asia.

OBJECTIVES

The prime objective of the symposium is to bring together decision makers, practitioners and researchers involved in these fields to share their expertise, knowledge and experience for tackling the critical issues of urban safety with advanced technologies.

Through the First International Symposium on New Technologies for Urban Safety in Mega Cities of Asia jointly organized by ICUS/INCEDE and Asian Institute of Technology (AIT), Thailand in October 2002, a network of Asian researchers and practitioners was established for collaboration in various issues of urban safety of the Asian Mega Cities. It is strongly expected that this symposium would be a platform for strengthening this network for future collaboration towards safety and security of the Asian Mega Cities.

SYMPOSIUM THEMES

The topics of the symposium include various issues related to advanced technologies for urban safety and security covering the following broad areas:

- **Urban Disaster Mitigation**
- **Safety and Security Assessment of Urban Infrastructure**
- **Environmental Impact Assessment of Urbanization**
- **Space Technologies and GIS for Monitoring and Assessment of Urban Safety**

LANGUAGE

The official language of the Symposium is English. It will be adopted in all the publications and presentations.

SUBMISSION OF ABSTRACT

Authors are invited submit abstract for review and selection by the Technical Advisory Committee. Please submit your abstract with your contact details by e-mail (icus@iis.u-tokyo.ac.jp) or fax (+81-3-5452-6476) to the conference secretariat. The abstract of maximum 300 words should state clearly the aims and conclusions of the work to be described in the final paper.

IMPORTANT DEADLINES

- **Submission of Abstract: June 15, 2003**
- **Notification of Acceptance: July 15, 2003**
- **Submission of Full Paper: August 31, 2003**

REGISTRATION

Registration for participation in the Symposium should be done by August 31, 2003. The registration fee is US$100. A discount of 50% is available for students. Registration fee after August 31 is US$200. The registration fee will cover the symposium proceedings and a welcome dinner on the first day of the symposium.

REGISTRATION FORM

Full Name: ____________________
Title: ____________________
Position: ____________________
Organization: ____________________
Address: ____________________
____
____
Telephone: ____________________
Fax: ____________________
E-mail: ____________________

☐ I shall attend the symposium.
☐ I plan to present a paper at the symposium.

Title of my paper : ____________________
____
____
____

Please fill-up this form and send back to us by air-mail or fax to the address available at the other side of this pamphlet. The URL for on-line registration of the symposium is http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/icus03/

・国別参加者内訳　総参加人数：126 名

Bangladesh：1 名	China：1 名	India：1 名	Iran：1 名
Japan：102 名	Korea：2 名	Nepal：1 名	Philippine：2 名
Singapore：2 名	Sri Lanka：2 名	Thailand：6 名	Turkey：2 名
Uganda：2 名	UK：1 名		

・キーノートスピーチの概要

Worsak Kanok-Nukulcahl

Dean and Professor of Structural engineering, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology

Health Monitoring of Highway Bridges

Structures such as bridges, buildings and infrastructure are constructed to serve the society over an expected long period of time. After some time, many of them become decaying due to age, deterioration, misuse, lack of proper maintenance. It is important to be able to identify and monitor the health status of these structures to prevent potential sudden structural failures. The objective of this study is to find the effective indication of the present health of existing structures. An index, known as “the flexibility matrix norm”, will be proposed as it is highly sensitive to the health deterioration of existing structures. This index is therefore useful for a decision on appropriate maintenance action. In this study, a pilot laboratory example is used to demonstrate the sensitivity of the proposed index with respect to variable levels of controlled damage that is imposed on the structure. Then, an actual field test is conducted to confirm the effectiveness of this flexibility matrix norm.

Sudhir Misra

Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur

A Case Report on Quality control in Concrete Construction

With better understanding of cement hydration, and developments in the field of chemical and mineral admixtures, concrete construction has become more complicated and requires strict measures for quality control. In several countries, including India, use of concrete mixed at site, often using primitive means of batching and construction is still quite common. This is especially true in building construction, where the volume of concrete involved is often small, and the job is carried out by smaller contractors.

This paper presents the results of some of the work carried out to highlight the importance of some of the aspects related to quality control in concrete construction. A survey was carried out using data from some building and industrial projects in the neighborhood. The results from a series of experiments carried out to study the implications of placing concrete through the reinforcement, in terms of the effect on its compressive strength, are also reported. It was found that the variations in the compressive strength values obtained in cases when strict measures for mixing, batching, etc. are not adopted, could be greater than those assumed in the codes. Further, it was found that there could be significant reduction in the compressive strength of concrete if it passes through congested reinforcement, on account of segregation and lack of proper vibration.

T. C. Pan

Professor and Director, Protective Technology Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University

Building Protection against Multiple Hazard

Located off the southern tip of Malay Peninsula, Singapore is an island city-state. It has a land area of around 600 sq km and a population of about 3.2 millions. Although small in size, the country's gross domestic product per capita was about US$29,800 in 2002, among the highest in Asia. Most people live in high-rise residential buildings due to the land shortage. Being a metropolis with highly active trades and commerce, Singapore has also seen in recent years many modern high-rise commercial buildings constructed in her central business district.

This paper looks into the protective technologies for these modern high-rise residential and commercial buildings against multiple hazards. The hazards discussed here include both natural and man-made hazards. They are the effects resulting from the long-distance major Sumatra earthquakes, ground shocks induced by underground explosions, and blast loading from terrorist bombings. The consequences from any extreme event of the multiple hazards could be devastating to the society at large due to the high concentration of population as well as the high-value commercial and financial activities housed in these modern high-rise building structures.

W. C. Fan

State Key Laboratory of Fire Science, University of Science & Technology of China

Urban Fire Safety Research in China

Urban fire research is becoming more and more important for city safety based on the characteristics of city development and current status of urban fire in China. In this paper, the progress of urban fire safety researches, such as dynamics of city fire growth, fire smoke toxicity, movement and its effect on human evacuation, performance-based fire safety design and risk assessment, structure response of building in fire, city fire decision-making system base on GIS and so on in China are introduced.

Suvit Vibulsresth

Director, Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, Thailand

Urban Land Use Study with High Resolution Satellite Imagery

Multi temporal data of LANDSAT and SPOT recorded in 1988 and 2002 and IRS recorded in 2001 were used for a study site of Bangkok Metropolitan and its vicinity. The Pan-sharpened image of LANDSAT and high resolution IRS data revealed many different urban land use categories based on color differences and could be used for land use change detection on an operational basis. The urban land use can be grouped into 5 main types as follows: agriculture, forest land, water body, urban and built up land and miscellaneous land. It was found that during the 15 year period (1988 – 2001) the urban and built up land increased 1,222 sq.km. or 115 % while the agriculture areas and forest land decreased 1,242 sq.km. or 20 % and 37 sq.km. or 32 % respectively.

Pennung Warnitchai

Asian Institute of Technology, Thailand

Development of Seismic Design Requirements for Buildings in Bangkok Against the Effects of Distant Large Earthquakes

Even though Bangkok is located at a remote distance from seismic sources, a recent seismic hazard study shows that Bangkok is still at risk from damaging ground motions induced by distant large earthquakes. The risk is primarily caused by the ability of thick soft surficial deposits in Bangkok to amplify earthquake ground motions about 3

to 4 times. Furthermore, by the near-periodic, long-period, and long-duration nature of the amplified ground motions, tall buildings with fundamental periods near the predominant period of ground motions are likely to be significantly affected due to the resonant amplification of building responses. Three research studies are currently being carried out with an aim to develop appropriate seismic design requirements for buildings in Bangkok against the effects of distant large earthquakes. The first study is a preliminary seismic microzonation of Bangkok and neighboring provinces. Ambient vibrations on the ground surface at more than 150 sites are measured and analyzed by the Nakamura's H/V method. The results show that the predominant period of ground motions varies from notably high values (1.0 s to 1.2 s) at sites near the gulf of Thailand to low values (around 0.4 s) at the boundary of the Bangkok basin. The second study is an ambient vibration survey of nearly 40 buildings with heights varying from 20 m to 150 m in order to identify their dynamic properties. A Bangkok-specific empirical formula for estimating building period is proposed. The third study is an evaluation of inherent seismic capacity of several typical non-seismically designed buildings in Bangkok by pushover analysis. A special care is given to the modeling of non-ductile RC columns, beam-column joints, flat slab-column connections, and pile foundations. The results from all these three studies will be critical ingredients for the development of Bangkok-specific seismic design criteria in the near future.

Tawatchai Tingsanchali And Natchapon Vongvisessomjai
School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand

Effect of Wastewater Pumping Operation of Sewer System on Sedimentation and Overflowing of Wastewater from Sewer Pipes

Wastewater pumping operation has significant impact to flow in sewer pipes and sedimentation in sewer systems. Sedimentation in sewer systems reduces flow carrying capacity of sewer pipes and induces overflowing of wastewater from sewer pipes over land area. Frequency and magnitude of wastewater overflowing increase with the amount of sedimentation deposit. In calculation of flow in complicated sewer systems, normally exist in mega cities, traditional hand calculation seems to be impossible. With the use of powerful computers nowadays, mathematical and numerical models can compute and simulate flow hydraulic and characteristic including sedimentation in complicated sewer systems.

Many mathematical models for flow simulation in sewer systems are available. In this study the MOUSE ST model is used in computing and simulating flow and sedimentation during low flow in the wastewater collection system of the proposed Samut

Prakarn Wastewater Project, in the eastern suburban of Bangkok. By the fact that the Samut Prakarn wastewater project has not yet been complete, the MOUSE ST model has been verified with the Pattaya urban catchment in the east of Thailand to ensure the capability of modeling sediment transport in the sewer system. In the verification, various methods of sediment deposit predictions were used such as velocity criteria, bed shear stress criteria, dimensionless bed shear stress criteria, sediment transport capacity criteria and the use of sediment transport equation together with sediment continuity equation. The selection of prediction method is based on the input data requirement and the accuracy of results required.

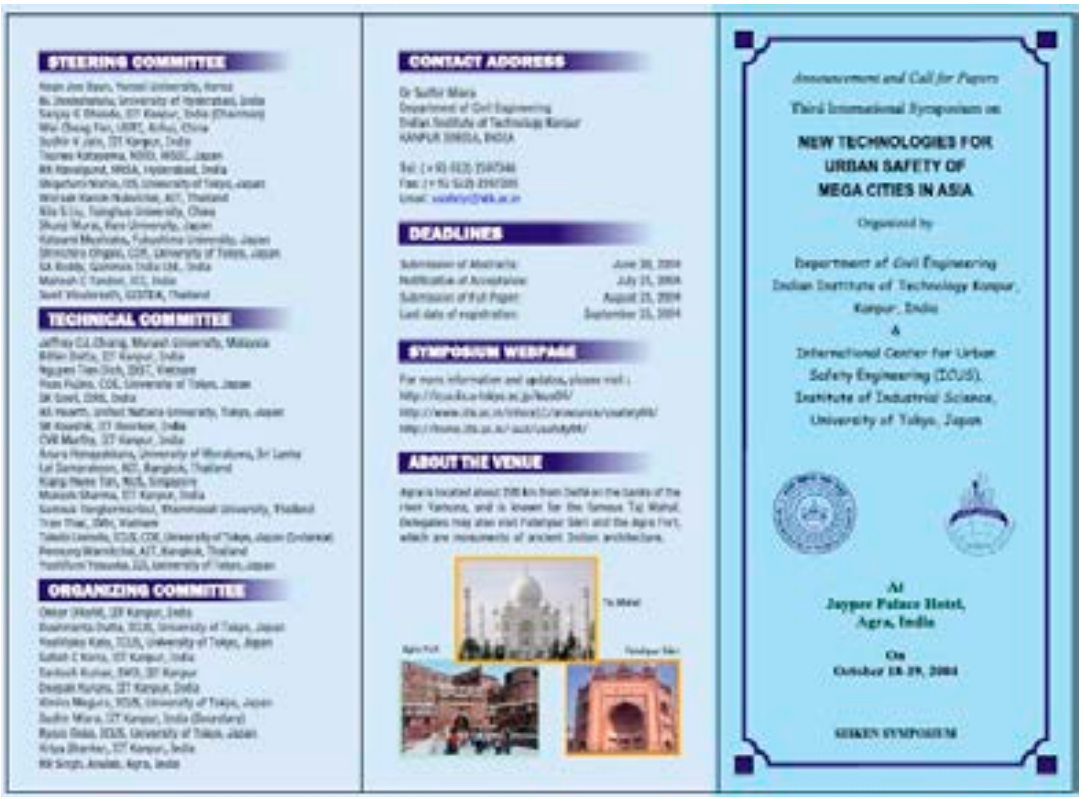
For Samut Prakarn province, by considering the self-cleansing criteria based on the critical velocity and the critical bed shear stress, the MOUSE ST is used to compute potential sedimentation locations in the sewer system. From the results of simulation, it was found that the self-cleansing criteria were not satisfied. The velocity in some branches was less than the critical flow velocity and the bed shear stress were less than the critical bed shear stress. The potential sedimentation in these branches was found to be nearly the same for both criteria. Various pumping operation schemes were also studied in the sewer system. It was found that with a proper pumping operation scheme, there would be no sedimentation in the sewer system. In case of pumping operation failure, overflowing of wastewater from the sewer system will occur and result in unacceptable environmental impacts to the project area.

・2004 年

・概要

第三回　アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム	
Venue	Jay Pee Palace Hotel Agra India
Date	Oct. 18-19, 2004
Co-organizers	Indian Institute of Technology Kanpur, India
Sponsors	・Center for Sustainable Urban Regeneration, The University of Tokyo ・21st Century Center of Excellence Program, The University of Tokyo
Features	・Approximately 60 technical papers were presented in oral and poster sessions. ・About 150 delegates from India and 36 delegates from other countries participated in the symposium.

・第 3 回　ICUS シンポジウム開催案内パンフレット



STEERING COMMITTEE

TECHNICAL COMMITTEE

ORGANIZING COMMITTEE

CONTACT ADDRESS

Dr Sudhir Misra
Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur
KANPUR 208016, INDIA

DEADLINES

SYMPOSIUM WEBPAGE

ABOUT THE VENUE

Announcement and Call for Papers

Third International Symposium on

NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA

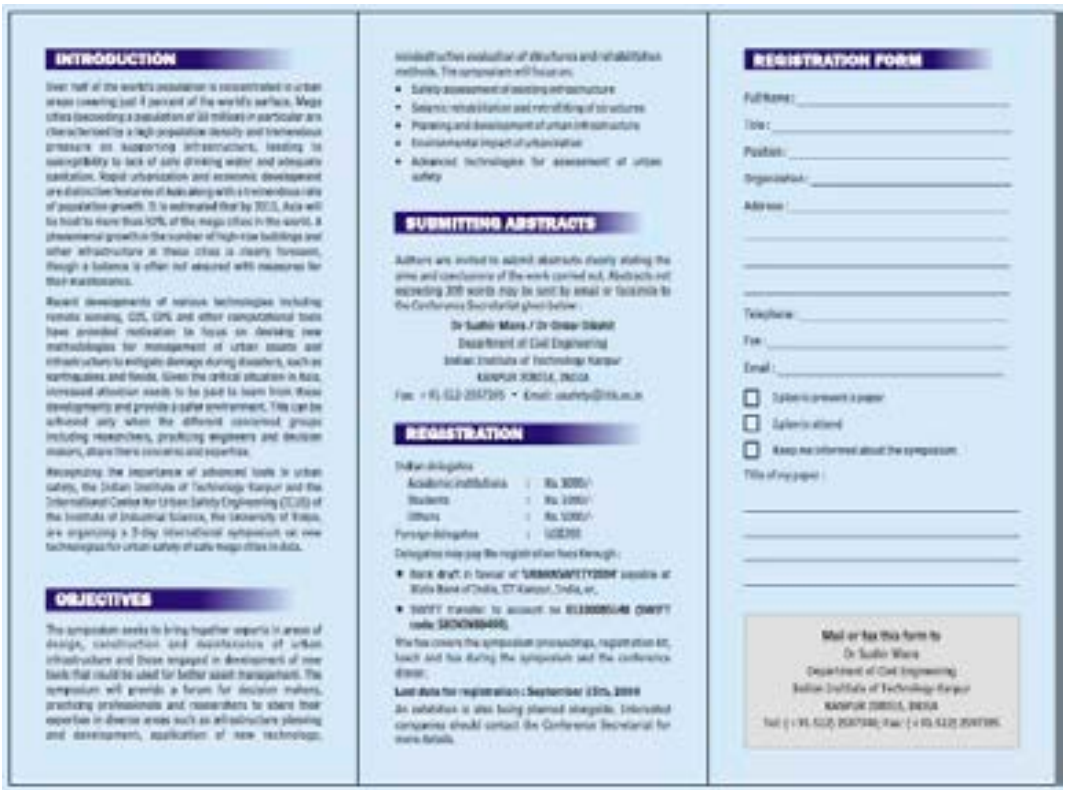
Organized by

Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur
Kanpur, India
&
International Center for Urban Safety Engineering (ICUS)
Institute of Industrial Science
University of Tokyo, Japan

At
Jaypee Palace Hotel,
Agra, India

On
October 18-19, 2004

SEIKEN SYMPOSIUM



INTRODUCTION

OBJECTIVES

SUBMITTING ABSTRACTS

Dr Sudhir Misra / Dr Onkar Dikshit
Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur
KANPUR 208016, INDIA

REGISTRATION

REGISTRATION FORM

Full Name:
Title:
Position:
Organization:
Address:
Telephone:
Fax:
Email:

☐ I plan to present a paper
☐ I plan to attend
☐ Keep me informed about the symposium

Title of my paper:

Mail or fax this form to
Dr Sudhir Misra
Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur
KANPUR 208016, INDIA

・国別参加者内訳　総参加人数：142 名

Bangladesh：1 名　India：106 名　Japan：24 名　Korea：1 名

Singapore：3 名　Thailand：4 名　Vietnam：3 名

・キーノートスピーチの概要

MAHESH TANDON

Tandon Consultants Pvt Ltd, New Delhi, INDIA

Technical Hurdles of Implementing Infrastructure Project

The current infrastructure scenario boasts of fast-track projects, many of which are in the process of being constructed with still others in the pipeline. While they are indicators of urban development and progress, they are not without their attendant ills: ugly dug-up trenches, diminished road-widths, crawling traffic, frequent bottle-necks, short-tempered commuters, etc.

More often than not the implant of an infrastructure project in an urban landscape is in the nature of a fire-fighting exercise facilitating pedestrian cross-over at one intersection or removing vehicular congestion at another or providing a signal-free stretch elsewhere. Symptomatic solutions such as these however, pose technical hurdles that include construction technology, land acquisition, traffic diversions and disturbances, effect on environment, to name a few. This paper highlights the technical hurdles that challenge the implementation of infrastructure projects.

R.N. IYENGAR

Department of Civil Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore, INDIA

Seismic Hazard in Urban India with Delhi As A case Study

Strong earthquakes are rare events, rarer than cyclones, windstorms and tidal waves. Nevertheless, India has seen quite a few earthquakes in the recent past. It is not that the frequency has suddenly increased. Earthquakes have been known in this country from pre-historic times, more or less in the same regions, where they are presently felt. The present, apparent heightened awareness towards earthquake disaster mitigation in the country is attributable to large loss of life and property suffered during the Khillari (30th September 1993), Jabalpur (22nd May 1997) and Bhuj (26th January 2001) earthquakes. Post-event analysis of the regions affected by these earthquakes show that the pre-event seismic risk to structures was very high, and they were already in highly vulnerable conditions. It is well recognized that the seismic hazard of a city or a region is a natural

property that cannot be altered. Human intervention in a habitat is possible to the extent the vulnerability of the built environment can be reduced leading to decreased risk levels and hence mitigation of a foreseen disaster.

Indian cities have grown unplanned and uncontrolled in recent years. In 1947 the population of the country was 33 Crores, of which 14% was urban. Presently, it is estimated that about 33-35% of the total population of 100 Crores (one billion) is concentrated in some 25-30 urban centers. Apart from the active migration of rural population to urban areas, it is observed that Indian cities have a tendency to expand and capture nearby villages into their territory. Thus, about 25% of urban population in the country lives in slums. In addition, there is always shortage in urban housing, which was estimated at 66.4 Lakh units in 2001. Hence, we have a situation where the quality of life shows dramatic spatial variation in a city than in a village. The same can be said about the vulnerability of constructions and infrastructures in big cities. With reference to residential buildings; Kutcha (informal), Semi-Pucca (semi-formal) and Pucca (formal) houses in our cities are roughly in the proportion 8:16:76, whereas this figure is 34:35:31 for rural areas. The above classification approximately corresponds to A-type, B-type and C-type buildings of the seismic code IS-1893. The 76% C-type houses in urban areas are not necessarily built to high standards of safety. They are particularly constrained by limits of affordability and acceptability. Thus, it is the social and economic rather than technological, issues that govern the safety of our cities during natural calamities. It is with these points in the background we have to discuss seismic hazard, vulnerability and risk to Indian cities. Success of disaster mitigation strategies depends on how well the stakeholders are sensitized to the necessity for reducing the vulnerability of their structures. Since earthquakes are rare and unpredictable, there is always a tendency among the less informed persons, in the local administration, to deny the importance of risk mapping of cities as a pro-active step in the right direction. In recent years, it has been well recognized that national level seismic zone maps are at best preliminary estimates. They are useful as guides but cannot be substitutes for micro-zones of cities existing near active faults. Microzonation, which maps the hazard, vulnerability and risk to the built environment in a city, targets the building owners, local administrators and elected representatives responsible for the welfare of a ward of the size of approximately one square kilometer. The challenge one faces here, is to scientifically compute the basic hazard on small scales of the order of 1km x 1km, with faults that are hundreds of kilometers long at unknown depths, spread randomly in the contributing seismo-tectonic region of about 300,000 sq. km. Municipal engineers who like to evaluate the vulnerability or safety of existing buildings, need to know how the ground will vibrate in

future at their sites within the city. This ground motion lasting for a few seconds is due to the release of energy stored for centuries at the fault level, but is nonetheless strongly influenced by the local soil conditions at the site. By superposing the building typology descriptions on the hazard map one can construct the vulnerability map, provided the damage probability matrices or motion-damage relationships are available. Damage statistics can be converted into financial loss estimates to create a risk map also for a city. Ultimately, seismic risk reduction achieved by a city habitat depends on how well the three key subjects namely engineering, earth sciences and social sciences are made to converge by the metropolitan administration.

In this article, the focus would be on how the seismo-tectonic knowledge of a region can be converted into a city level hazard map for engineering purposes. Delhi, the capital city of the country is taken as an example. In a city like Delhi founded on the banks of a river, that has brought several million tonnes of sediments from Himalayas, surface level ground motion can vary dramatically within short distances. A case study of mapping seismic hazard of Delhi through probabilistic seismic hazard analysis methods is presented with some limited and qualitative results on soil amplification.

T. C. Pan

Protective Technology Research Centre, School of Civil and Environment alEngineering, Nanyang Technological University, Singapore

From Ground Shocks to Air Blasts-Multiple-Hazard Protections

Singapore is an island city-state, located off the southern tip of Malay Peninsula. It has a land area of around 700 sq km and a population of about 3.5 millions of residents. Although small in size, the country's gross domestic product per capita was about US$22,500 in 2003, among the highest in Asia. Most people live in high-rise residential buildings due to the land shortage. Being a metropolis with highly active trades and commerce, Singapore has also seen in recent years many modern high-rise commercial buildings constructed in her central business district.

This paper looks into the protective technologies for these modern high-rise residential and commercial buildings against multiple hazards. The hazards discussed here include both natural and man-made ones. They are the effects resulting from the long-distance major Sumatra earthquakes, ground shocks induced by underground explosions, and blast loading from terrorist bombings. The consequences from any extreme event of the multiple hazards could be devastating to the society at large due to the high concentration

of population as well as the high-value commercial and financial activities housed in these modern high-rise building structures. This paper summarizes the experiences that have been gained in Singapore dealing with protection requirements against the multiple hazards.

・2005 年

・概要

第四回　アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム	
Venue	Nanyang Technological University Exective Centre, Singapore
Date	Oct. 18-19, 2005
Co-organizers	Protective Technology Research Centre of the School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, Singapore.
Sponsors	・Center for Sustainable Urban Regeneration, The University of Tokyo ・21st Century Center of Excellence Program, The University of Tokyo ・Ministry of Home Affairs (Singapore) ・Shimizu Corporation ・CPG Corporation Pte Ltd ・Surbana International Consultants Pte Ltd.
Features	・Seven keynote papers and 63 technical papers were presented. ・97 delegates from 12 countries participated in the symposium.

・第４回　ICUS シンポジウム開催案内パンフレット

ABOUT SINGAPORE

STEERING COMMITTEE

TECHNICAL COMMITTEE

ORGANISING COMMITTEE

REGISTRATION FEES

CALL FOR PAPERS

4th International Symposium on

NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA (USMCA 2005)

18 & 19 October 2005

Nanyang Executive Centre
Nanyang Technological University
Singapore

Organised by

Co-Sponsored by

INTRODUCTION

SUBMISSION PROCEDURE

IMPORTANT DATES

CONTACT

OBJECTIVES

SYMPOSIUM VENUE

・国別参加者内訳　総参加人数：97 名

Australia：2 名	Bangladesh：1 名	China：5 名
India：3 名	Indonesia：1 名	Iran：2 名
Japan：31 名	Nigeria：1 名	Singapore：3 名
Taiwan：3 名	Vietnam：1 名	

・キーノートスピーチの概要

Yoshifumi Yasuoka
Professor, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Satellite Observation Network for Environment and Disaster

The Institute of Industrial Science, University of Tokyo (IIS/UT) established a satellite data receiving network, SEASON (Southeast and East Asia Satellite Observation Network), for monitoring environment and disaster in Asian regions. The SEASON receives satellite data from TERRA/MODIS and AQUA/MODIS as well as NOAA/AVHRR at Tokyo (IIS/UT Campus) and at Bangkok (Asian Institute of Technology; AIT Campus). The data from two receiving stations cover Southeast and East Asian regions. Although MODIS and AVHRR have coarse spatial resolution (MODIS; 1km, 500m and 250m, AVHRR; 1km) their frequent observation function (around twice a day at one point) enables us to monitor land/ocean surface in almost near-real time manner. Also their wide observation swath (more than 2000km) enables to observe regional to global scale phenomena such as deforestation, urbanization or land degradation. It is also expected that they may provide data for urban safety assessment in Asian mega-cities. This presentation introduces overview of the SEASON, and demonstrates its application examples.

Kimoro Meguro
Professor, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Shaking Table Test of 1/4 Scaled Masonry Models Retrofitted with PP-band Meshes

Retrofitting of low earthquake-resistant masonry structures is the key issue for earthquake disaster mitigation in developing countries as only that can reduce the probable casualty significantly. Promotion of retrofitting is possible only if the retrofitting technique

considers issues of economical affordability and social acceptability together with technical feasibility. An appropriate PP-band retrofitting technique, which considers all these issues, has been developed and being studied at Meguro Laboratory, ICUS, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo since some years. Shaking table experiment of two masonry building models was carried out in this year to test the effectiveness of the newly developed technique. The test reveled that the technique is very effective which could enhance the seismic capacity of masonry buildings by 10 times in terms of maximum base displacement and 4 times in terms of maximum velocity. The retrofitted model survived with life safety level damage until 15 more shakings than the shaking at which the non-retrofitted building model was totally collapsed. The result suggested that the technique can enhance safety of existing masonry buildings to survive even in worst case scenario of earthquake ground motion like JMA 7. This paper describes the process and preliminary outcomes of the experiment conducted.

Teddy Boen

Senior Advisor of WSSI (World Seismic Safety Initiative)

Reconstruction of Houses in Ache Seven Months after the Earthquake & Tsunami, December 26, 2004

The Dec 26, 2004 earthquake of M 9.0 that shook Aceh and the subsequent Tsunami catastrophe was one of the worst natural disasters in modern history. The world - governments and people – responded with unprecedented generosity in solidarity with the rescue and relief efforts of the affected communities and local and national authorities. This has been very useful in reducing or mitigating the consequences of the disaster, and particularly in speeding the current recovery and reconstruction efforts. In the wake of the recovery and reconstruction of houses in Aceh, many NGOs and donors tried to re-invent the wheel in earthquake resistant houses by introducing house types that are not compatible with the local culture and also neglect social problems.

FAN Weicheng

State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China

Progress in Emergency Management Research for a Mega-city in China

The accident to the public safety of a mega-city could result in large-scale loss of

life and major economic impact. In order to improve the public safety for a mega-city, a series of emergency management research is ongoing in China. The emergency management research is structured around the science, engineering, and technology that support all emergency response plan and activities. Now research progress focuses on continuously improving city-level response plan, designing the prototype of emergency response platform and putting it in practice, and developing the key technology of emergency management activities.

In this paper, encompassing the emergency management and response process, the several study themes would be introduced as follows:

1) Developing no-obstacle, auto-locating, and self-diagnosing detection and sensor systems.

2) Exploring multi-scale disaster modeling, simulation, and forecasting in emergency response platform, building a fully integrated capability across all different disaster sectors and the key factors.

3) Advancing risk assessment and decision support systems based on spatial technique, including information sharing and analysis on the critical public safety information found within massive data sets.

4) Initiating a double nested city evacuation model considering the big region of urban and large quantity of people.

5) Establishing the method and standard of alert response level about emergency event.

6) Improving the response plan, and studying the techniques that could make the response plan more active and more optimizing.

These research progresses are involved in the whole emergency response process, including monitoring and control, forecast and alert, command and decision-making, as well as analysis and assessment before and after the events.

Pennung Warnitchai

Professor, Asian Institute of Technology

Lessons Learned form the 26 December 2004 Tsunami Disaster in Thailand

Triggered by a massive earthquake (Mw =9.3) in the area off the western coast of northern Sumatra, a series of destructive tsunami waves propagated through out the Indian Ocean and devastated communities along thousands of kilometers of exposed coastline. In Thailand, all provinces facing Andaman Sea were seriously attacked by tsunami waves, where the total death toll including missing of more than 8000 was reported. An international survey team, comprising members from Thailand, Japan, and USA, spent

four days from 8 to 11 January 2005 in several hard-hit areas to collect information on tsunami inundation, building damage characteristics, ground and foundation failures, and associated data from eyewitnesses and survivors. The areas investigated include Khao Lak (Phang-Nga), Phi Phi Island, and Phuket Island. Many lessons learned from this post-tsunami reconnaissance survey are briefly summarized in this paper.

John Harrison
International Centre for Political Violence and Terrorism Research

The Changing Face of Urban Terrorism: From Politics to Warfare

Dr John Harrison will be providing the context for the profound shift the world community has seen in terrorism over the last decade. While this has been seen most dramatically since 9/11 the shift has been occurring since the mid-1990s where a paradox developed; while the number of terrorist incidents was declining their lethality was increasing. This is primarily attributed to the introduction, or reintroduction, of religion as a primary motivation for extremist violence. The constraints on mass causality attacks common to the secular groups of the 1960s and 70s, who used terrorism as political theater, were replaced by an almost sacred duty to kill anyone who did not follow the true faith. This desire for mass attacks has been aided by the access to weapons and the target rich environment offered by the world's mega cities. The concentration of people, media, and targets has always made cites a target for extremists groups wanting to use violence to attract attention to a particular cause. It was only comparatively recently that much of the world, and Asia particularly, shifted from a predominantly diffuse rural society to a compact urban one. Well into the 1980s terrorism in this region was associated with rural insurgents, the only notable exception was the Japanese Red Army who shared the same ideological goals as their urban based European and North American counterparts. With the rise of the Asian mega city national attention has shifted from rural issues and insurgency urban issues and their violent political manifestations. Various extremists for their own ends are exploiting the richness of economic opportunities and cultural experiences that have attracted humans to cities since the rise of urbanizations. The large rapidly growing populations of various ethnic and religious groups and the anonymity common to urban environments provide ample opportunities to find recruits, infrastructure, financing, weapons, and targets for a terrorist to exploit. This potentially toxic mix, when wedded to the wide range of weapons available to terrorists, means that cities, particularly megacities, will remain prime targets for the foreseeable future. The case study is the Al

Qaeda Network, who recognized the above issues, as well as the disproportionate role megacities play in the world economy, to shift terrorism from an act of political theater to a battlefield in their war with the non-Islamic world. This rather bleak picture does not mean to imply that cities are undefendable or deathtraps. Technology, intelligence, policing, and most importunately public vigilance, can decrease the threat. The public must realize that while the threat posed by terrorism can never be eliminated it can be managed.

4.3.5 ICUS の刊行物

ICUS では，国内外のより多くの研究者と最新の情報を共有するために，多くの刊行物を発行している．その中でも 1 年に 4 回発行される ICUS Newsletter と不定期の研究レポートは，世界 150 余ケ国，在日本大使館・領事館および約 3000 の研究者と研究機関に送付しています．それらは，ICUS のホームページ（http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/）からもダウンロードすることができます.

また，ICUS の活動を直感的に理解して頂くために ICUS パンフレット（日本語版／英語版）および ICUS 紹介ビデオ（日本語版／英語版）を作成しました．さらに，ICUS を表敬訪問された方々へのプレゼントとして ICUS カレンダーを作成しています.

以下に過去 5 年間に発行した刊行物のリストを記します.

・ICUS Newsletter Vol.1(1)－Vol.5.(4)
・ICUS Report
・SEIKIEN SYMPOSIUM
・RC39
・Annual Report
・ICUS パンフレット
・ICUS カレンダー
・その他
  - Know Risk
  - 比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう
  - ICUS 紹介ビデオ（日本語／英語）

・**ICUS Newsletter**

2001

VOLUME 1 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2001	
Towards Safer Urban Cities in the 21st Century	Taketo Uomoto
VOLUME 1 NUMBER 2 JULY - SEPTEMBER 2001	
Traditional Architecture in Saint Lucia and Seismic Responses	Anne L. D. French, Deputy National Disaster Coordinator, Saint Lucia
VOLUME 1 NUMBER 3 OCTOBER - DECEMBER 2001	
Earthquake Safety of Existing Dams for Irrigation and Water Supply in Rural Areas	Martin Wieland, Chairman, Committee on Seismic Aspects of Dam Design, ICOLD
Analyzing "Heat Island" from Space	Yoshifumi Yasuoka
Bridging between Policy and Research	Takefumi Takahashi, Director General for Disaster Management at the Cabinet Office of the Government of Japan, ICUS Visiting Professor
VOLUME 1 NUMBER 4 JANUARY - MARCH 2002	
Maintenance of Concrete Infrastructure - A New Challenge for Civil Engineers -	Taketo Uomoto and Sudhir Misra
Safety vs. Disaster	Shunji Murai, Green Bench Research Group-Chairman

ICUS/INCEDE NEWSLETTER

International Center for Urban Safety Engineering

Institute of Industrial Science
The University of Tokyo

VOLUME 1 NUMBER 1
APRIL - JUNE 2001

TOWARDS SAFER URBAN CITIES IN THE 21ST CENTURY

By
Taketo UOMOTO

I take pleasure in greeting you on behalf of the International Center for Urban Safety Engineering (ICUS) created at the Institute of Industrial Science of the University of Tokyo in April, 2001 with the objective of carrying out research and disseminating information related to different aspects related to urban safety engineering and creating a safe urban environment in the 21st Century. The Center was created after the International Center for Disaster-Mitigation Engineering (INCEDE) completed its ten-year term, during which it served as a major driving force in international cooperation in areas related to disaster mitigation engineering, disaster preparedness, and field surveys, especially in the aftermath of floods and earthquakes.

There is an urgent need to develop a more responsive system for urban safety that comprehensively encompasses areas such as, evaluation of urban infrastructure, management of disasters such as earthquakes or floods, and effective utilization of available information for preparedness. Besides seeking cooperation from researchers from other countries, efforts are being made to involve the Japanese Government agencies, consultants and construction companies, and local bodies, in the research activities of the center.

The central objective of the International Center for Urban Safety Engineering (ICUS) is to develop new technologies for evaluation of safety and integrity of structures taking into account the deterioration of the materials used and changes in the required performance levels, in-service maintenance and management systems for structures to ensure the safety of urban infrastructure in the event of natural disasters such as earthquake, flood, etc., long term implications of urbanization, and use of techniques such as Remote Sensing in creating a safe urban environment.

Professor Taketo Uomoto
Director of ICUS/INCEDE

The following three groups have been created at the ICUS to promote research work in different related areas:

Sustainable Engineering Group for the development of new technologies for in-service maintenance and management systems for evaluation of structural safety, repair and rehabilitation measures.

Urban Safety and Disaster Mitigation Group for the development of management technologies to ensure the structural safety of urban infrastructure in the event of natural disasters such as earthquake, flood, etc., development and dissemination of information relating to prediction of disasters and their effects on social and economic activities.

Infrastructure Information Dynamics Group for the development and evaluation of technologies for monitoring information related to urban infrastructure. The group

VOLUME 1 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2001 の例

2002

VOLUME 2 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2002	
September 11 2001 Event and Lessons for Disaster Reduction	Kimiro Meguro
VOLUME 2 NUMBER 2 JULY - SEPTEMBER 2002	
Urban Warming and its ControlSeismic Responses	Ryozo Ooka
Expert Systems in Visual Inspection of Concrete Structures	Sudhir Misra
VOLUME 2 NUMBER 3 OCTOBER - DECEMBER 2002	
Remote Sensing Activities in India	R. S. Tiwari, Adjunct Professor in the Dept of CE at Indian Institute of Technology, Kanpur and Onkar Dikshit, Associate Professor at Dept of CE at Indian Institute of Technology, Kanpur.
Analyzing "Heat Island" from Space	Yoshifumi Yasuoka
VOLUME 2 NUMBER 4 JANUARY - MARCH 2003	
Creation of DEMs for Urban Areas from Airborne Laser Scanner Data and Their Applications	Masahiro Setojima, Visiting Professor at ICUS from Kokusai Kogyo Co., Ltd., Tokyo, Japan.
Eight Years after the Kobe Earthquake - Its impact on Earthquake Disaster Reduction Strategies in Japan -	Kimiro Meguro

ICUS/INCEDE NEWSLETTER

International Center for Urban Safety Engineering

Institute of Industrial Science
The University of Tokyo

VOLUME 2 NUMBER 1
APRIL -JUNE 2002

SEPTEMBER 11 2001 EVENT AND LESSONS FOR DISASTER REDUCTION

By
Kimiro MEGURO

On the morning on September 11, 2001, terrorists destroyed the World Trade Center Buildings 1 and 2 using two hijacked airplanes as missiles. Over 2800 people were killed and 135 million m³ of office space destroyed. Rescue operations were carried out for several days and demolishing activities at Ground Zero lasted eight months. Though this event was not caused naturally, the response activities after the event, including rescue and relief operations, information collection, actions for prevention of secondary damage, etc. were very similar to those usually carried out after a large-scale urban natural disaster. The economic damage inflicted by this event was the worst in US history. Besides structural damage, the effects due to the disruption of operations and businesses at the organizations and companies that had offices in the collapsed structures were considerably large. Indices such as the NASDAQ and Dow Jones were affected. Considering the situation explained above, we identified this event as a new type of urban disaster, which was brought by the concentrated vulnerability of complicated urban functions. We visited New York to go over the lessons learnt and study the methods of using them for better future preparedness. Over 40 members having various specialties from many organizations joined the survey team. This article gives a brief outline of the findings of the group A, which I had the opportunity to lead and also

WTC Complex, Lower Manhattan, New York, Before (Left) and After (Right) September 11 2001 Attack

ICUS/INCEDE Newsletter Vol. 2, No. 1

VOLUME 2 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2002 の例

2003

VOLUME 3 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2003	
Flood Disaster Trends in Asia in the Last 30 Years	Dushmanta Dutta
VOLUME 3 NUMBER 2 JULY - SEPTEMBER 2003	
Issues Raised by Recent subway Fire in South Korea	Matoko TSUJIMOTO, Professor, Department of Environment Studies, Nagoya University, Japan
Study of Making a Database for Deteriorated Concrete Bridges	Yoshitaka Kato and Somnuk Tangtermsirikul
VOLUME 3 NUMBER 3 OCTOBER - DECEMBER 2003	
Protecting Buildings Against Multiple Hazards	Tso-Chien PAN, Professor, Director of Protective Technology Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, Singapore
VOLUME 3 NUMBER 4 JANUARY - MARCH 2004	
Structural Damage to Buildings due to Bam Earthquake of December 26, 2003, Iran	Kooroush NASROLLAHZADEH NESHELI, Scientific Board Member, Building and Housing Research Center (BHRC), Iran
Proposal of a New Economic Retrofitting Method for Masonry Structures	Paola MAYORCA
A Study on Approaches toward Building Disaster Resistant Communities in California	Miho YOSHIMURA

ICUS/INCEDE NEWSLETTER
International Center for Urban Safety Engineering
Institute of Industrial Science
The University of Tokyo
VOLUME 3 NUMBER 1
APRIL -JUNE 2003

FLOOD DISASTER TRENDS IN ASIA IN THE LAST 30 YEARS

By

Dushmanta Dutta

Few years before, the Director General of the United Nations Environment Program said that war over water would be a distinct possibility in the 21st century. Similar view is reflected by many other experts from the United Nations and other international organizations highlighting the seriousness of the problem of "water too little" in the 21st century. Another equally important and pressing water issue is "Water too much" - the floods, although that do not lead to a war but kill millions and cause big hindrance in socio-economic development. Floods are a constant threat to life and property. It has been observed that more and more people have been affected by riverine floods in the recent years. From 1990 to 1996, there were six major floods throughout the world in which the number of fatalities exceeded 1,000 and 22 floods with losses exceeding US$1 billion each. The majority of these recent

Devastating floods in Central Vietnam in November 1999

VOLUME 3 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2003 の例

2004

VOLUME 4 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2004	
Working at International Organizations	Ken SUDO, Professor, CTBTO, Preparatory commission for the comprehensive nuclear-test-ban treaty organization, Vienna
VOLUME 4 NUMBER 2 JULY - SEPTEMBER 2004	
Earthquakes do not Wait Let's Construct a Bridge between The Research Offices and the Real Society	Nobuo FUKUWA, Professor, Environmental and Safety Management, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University
VOLUME 4 NUMBER 3 OCTOBER - DECEMBER 2004	
Disaster Preparedness of Persons with Disabilities	Hiroshi KAWAMURA, Director of Department of Social Rehabilitation, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities(NRCD)
Central Part of Niigata Prefecture was Striken by M 6.8 Earthquake on October 23, 2004	Kimiro MEGURO
SPECIAL ISSUE January 2005	
Central Part of Niigata Prefecture, Japan was Striken by M 6.8 Earthquake on October 23, 2004	Kimiro MEGURO
VOLUME 4 NUMBER 4 JANUARY - MARCH 2005	
Sumatra Earthquake and Tsunami, 26 December 2004	Teddy BOEN, ICUS Network Member from Indonesia
A Report on UN World Conference on Disaster Reduction in Kobe, Japan	D. Dutta

ICUS NEWSLETTER

International Center for Urban Safety Engineering

Institute of Industrial Science
The University of Tokyo

VOLUME 4 NUMBER 1
APRIL -JUNE 2004

WORKING AT INTERNATIONAL ORGANIZATIONS

By

Ken SUDO*

I worked at four international institutes for 27 years, including International Center for Disaster-Mitigation Engineering(INCEDE) which was a ten-year program, from 1991 to 2001, by the Institute of Industrial Science (IIS), University of Tokyo. All organizations are/were aiming to make our Earth safer from natural disaster and safer from nuclear weapon. In this short article, my observation and experiences at these organizations are mentioned.

IISEE

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE) was established in 1962 jointly by the Japanese Government and the United Nations. The establishment was based on a resolution of the General Assembly of the United Nations. This resolution was a follow-up of the initiative by International Association of Earthquake Engineering which took place in 1960 at the IIS. Prominent professors of IIS such as the late Professors Shunzo Okamoto and Keizaburo Kubo devoted themselves to this initiative as their contribution to earthquake disaster reduction in the world.

The objective of the IISEE is to foster engineers and seismologists in the field of earthquake disaster mitigation, in particular, in the developing world. Since its inception, more than 1,000 participants from 105 countries have reportedly finished courses which were programmed by international well-known experts. Nowadays large alumni of IISEE are playing the central role in earthquake disaster management in the respective countries. IISEE is still active in conducting its mission. I was involved in diversity programs of IISEE for 15 years.

Shaking test of actual 7-story apartment house at the Almaty city

VOLUME 4 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2004 の例

2005

VOLUME 5 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2005	
Fire and Disaster Management Agency Activities in 2004 and an Approach to the Future	Shogo HAYASHI, ICUS Visiting Professor, Commissioner of the FDMA, Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan
VOLUME 5 NUMBER 2 JULY - SEPTEMBER 2005	
WHY ARE YOU AFRAID OF ONLY EARTHQUAKES?	Taikan OKI
After ten years of my affiliation with INCEDE/ICUS - Greetings from the Monash University, Australia -	Dushmanta Dutta, Lecturer, School of Applied Sciences Engineering, Monash University
International Collaboration Between Asia-Pacific Space Agencies for Disaster Reduction	Junichi Susaki
Current Status and Countermeasures for Asbestos Problem	Ryozo Ooka
VOLUME 5 NUMBER 3 OCTOBER - DECEMBER 2005	
From Ground Shocks to Air Blasts:Multiple-Hazards Protection of Buildings	TSO-CHIEN PAN, Director, Protective Technology Research Centre, Nanyang Technological University, Singapore
Pakistan and India was Struck by a M 7.6 Earthquake on October 8, 2005	Shinya Kondo, Researcher of Disaster Reduction and Human Renovation Institution
Potential of Coastal Industry in Tsunami Disaster Reduction	Masasuke Takashima, Lecturer of FujiTokoha University
VOLUME 5 NUMBER 4 JANUARY – MARCH 2006	
Recent Earthquake Related Activities in Bangladesh	Mehedi Ahmed Ansary, Professor, BUET, Dhaka, Bangladesh & Secretary General, Bangladesh Earthquake Society
Comparative Study on Urban Earthquake Disaster Management	Kimiro Meguro

ICUS NEWSLETTER

International Center for Urban Safety Engineering

Institute of Industrial Science
The University of Tokyo

VOLUME 5 NUMBER 1
APRIL-JUNE 2005

FIRE AND DISASTER MANAGEMENT AGENCY ACTIVITIES IN 2004 AND AN APPROACH TO THE FUTURE

By

*Shogo HAYASHI**

Large-scale disasters in 2004 and response activities by the Fire and Disaster Management Agency (FDMA) of the Ministry of Internal Affairs and Communications as well as FDMA future plans are reported in this article.

With regard to the existing fire defense situations in Japan, all cities, towns and villages (hereafter referred to as municipalities) take administrative responsibility for their own fire defense activities.

The FDMA is a government agency which manages fire defense organizations in all parts of the country. The FDMA, as a national organization, is in charge of fire fighting and emergency medical and rescue services as disaster preparedness and first response for emergency under the assumption of damage caused by severe earthquakes and floods.

DISASTERS – 2004

The year of 2004 was remarkable for a number of natural catastrophes like torrential rains

Large-scale disasters in 2004

A glimpse of the activities at Fire, Disaster and Risk Management Center

VOLUME 5 NUMBER 1 APRIL - JUNE 2005 の例

- **ICUS Report**

  2002

  ICUS/INCEDE REPORT2002-01

  “URBAN SAFETY ENGINEERING 2001”

2003

ICUS/INCEDE REPORT2003-01

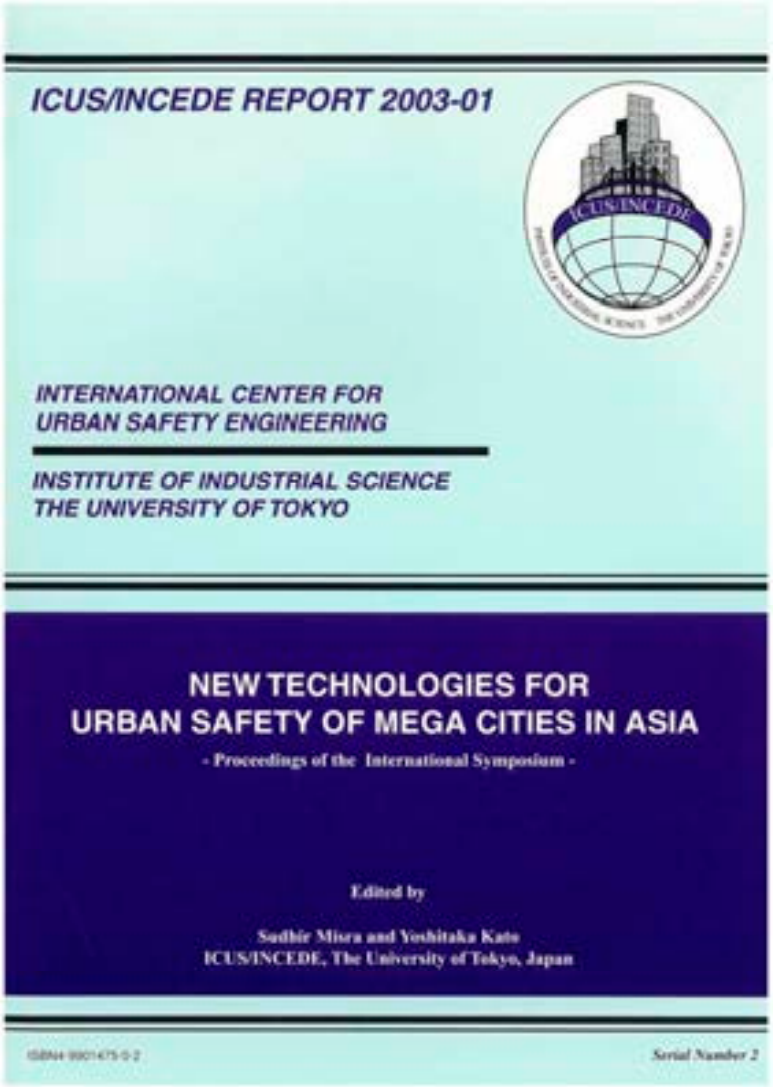
"NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA"

ICUS/INCEDE REPORT2003-02

"CONSTRUCTION OF A DATABASE FOR DETERIORATED CONCRETE BRIDGES"

ICUS REPORT2003-03

"2003 NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA"



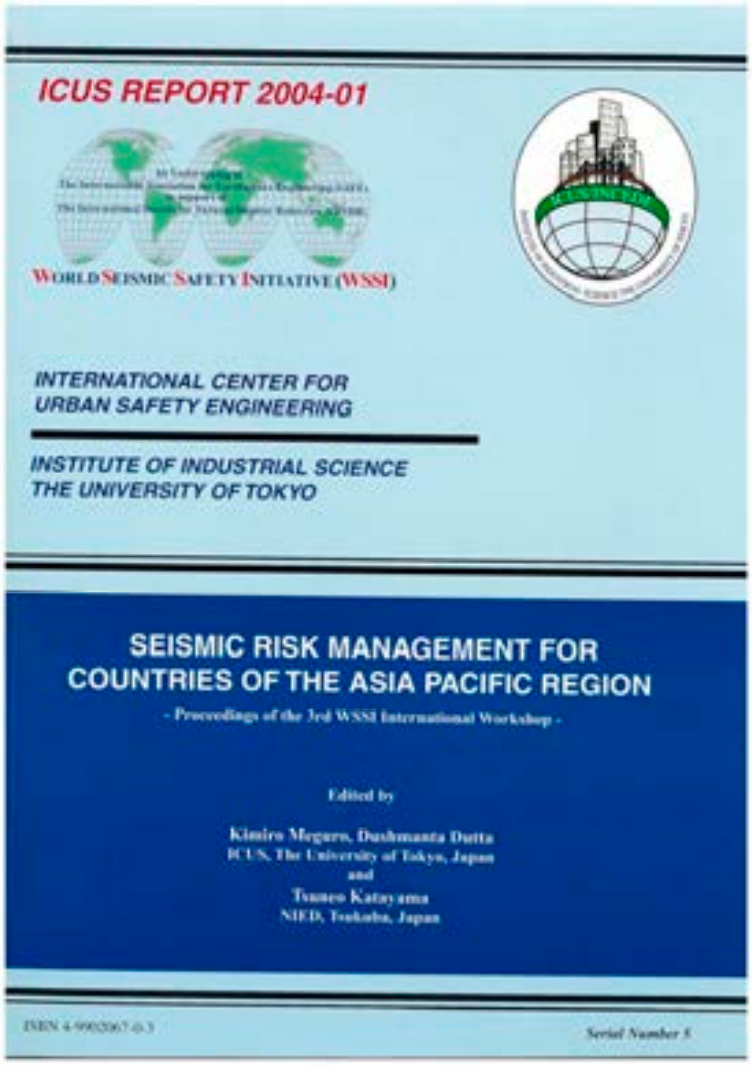
2004

ICUS REPORT2004-01

"SEISMIC RISK MANAGEMENT FOR COUNTRIES OF THE ASIA PACIFIC REGION"

ICUS REPORT2004-02

"2004 NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA"



2005

ICUS REPORT2005-01

"REPORT ON THE 2004 SUMATRA EARTHQUAKE AND TSUNAMI DISASTER"

ICUS REPORT2005-02

"コンクリート道路橋の健全度モニタリング・システムの開発（HEALTH MONITORING SYSTEM)"

ICUS REPORT2005-03

"第８回 ICUS オープンレクチャ講演記録"

ICUS REPORT2005-04

"PROCEEDINGS OF THE FORTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA"

ICUS REPORT2005-05

"第９回 ICUS オープンレクチャ講演記録"

・**SEIKIEN SYMPOSIUM**

2003

SEIKIEN SYMPOSIUM

"PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA"

2004

SEIKIEN SYMPOSIUM 37

"PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA"

2005

SEIKIEN SYMPOSIUM 42

"PROCEEDINGS OF THE FORTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA (USMCA2005)"

・**RC39**

2002

ICUS/INCEDE COMMITTEE REPORT2002-1

"サステナブル構造システム研究委員会"

2003

ICUS/INCEDE COMMITTEE REPORT2003-1

"サステナブル構造システム研究委員会"

ICUS/INCEDE COMMITTEE REPORT2003-2

"老朽化構造物のサステナビリティに関する研究"

ICUS/INCEDE COMMITTEE REPORT2003-03

"多様化する都市型災害の低減に関する研究"

ICUS/INCEDE COMMITTEE REPORT2003-4

"リモートセンセイングデータを用いた阪神地区の都市気候数値シミュレーション"

ICUS/INCEDE COMMITTEE REPORT2003-05

"環境低負荷型都市のあり方に関する研究"

2004

ICUS COMMITTEE REPORT 2004-01

"サステナブル都市システム研究委員会"

2005

ICUS COMMITTEE REPORT 2005-01

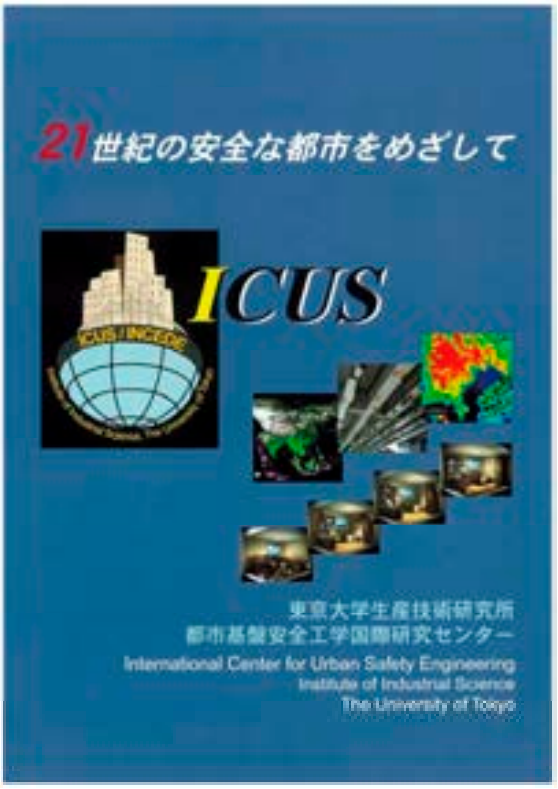
"サステナブル都市システム研究委員会"

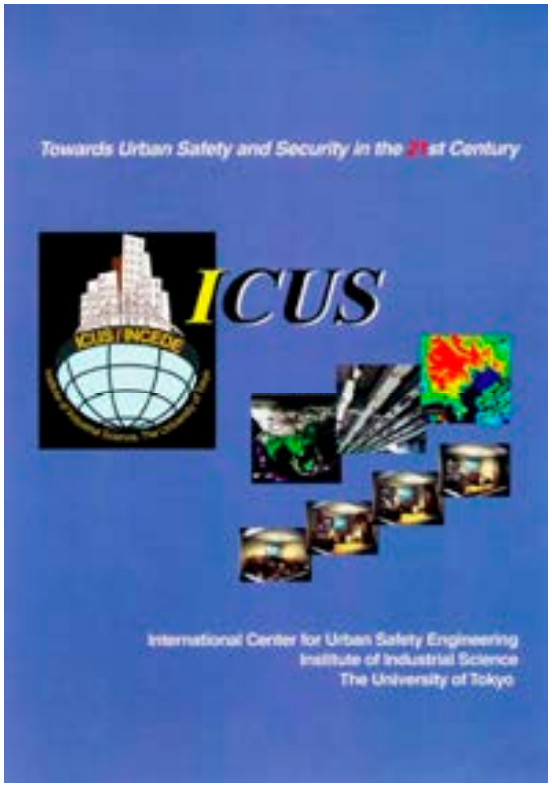
・**Annual Report**

Annual Report 2001 年度 日本語版

Annual Report 2001 年度 英語版

・**ICUS** パンフレット


21世紀の安全な都市をめざして
ICUS
東京大学生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター
International Center for Urban Safety Engineering
Institute of Industrial Science
The University of Tokyo

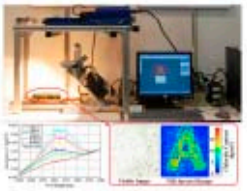

Towards Urban Safety and Security in the 21st Century
ICUS
International Center for Urban Safety Engineering
Institute of Industrial Science
The University of Tokyo

都市基盤安全工学国際研究センターの概要
インフラと都市の安全にかかわる世界の人的ネットワーク
都市インフラの安全性向上に関する先端研究
情報の発信基地として

・**ICUS カレンダー**

ICUS Calendar 2007
International Center for Urban Safety Engineering
IIS, The University of Tokyo
2007 ICUS Calendar
1
2
3
4
5
6
7
8

2007 ICUS Calendar



Newly developed non-destructive inspection method using near-infrared spectroscopy

9

S	M	T	W	T	F	S
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

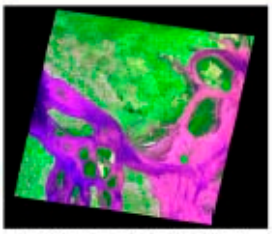
2007 ICUS Calendar

Global hydrological cycle (Oki and Kanae, Science, 2006)

10

S	M	T	W	T	F	S
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

2007 ICUS Calendar



Flood of Ganges river mouth at Bangladesh, 7 Nov. 2003

11

S	M	T	W	T	F	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

2007 ICUS Calendar

Delegates of ICUS attending USRCA 2006 on November 19-07, in Phuket Thailand

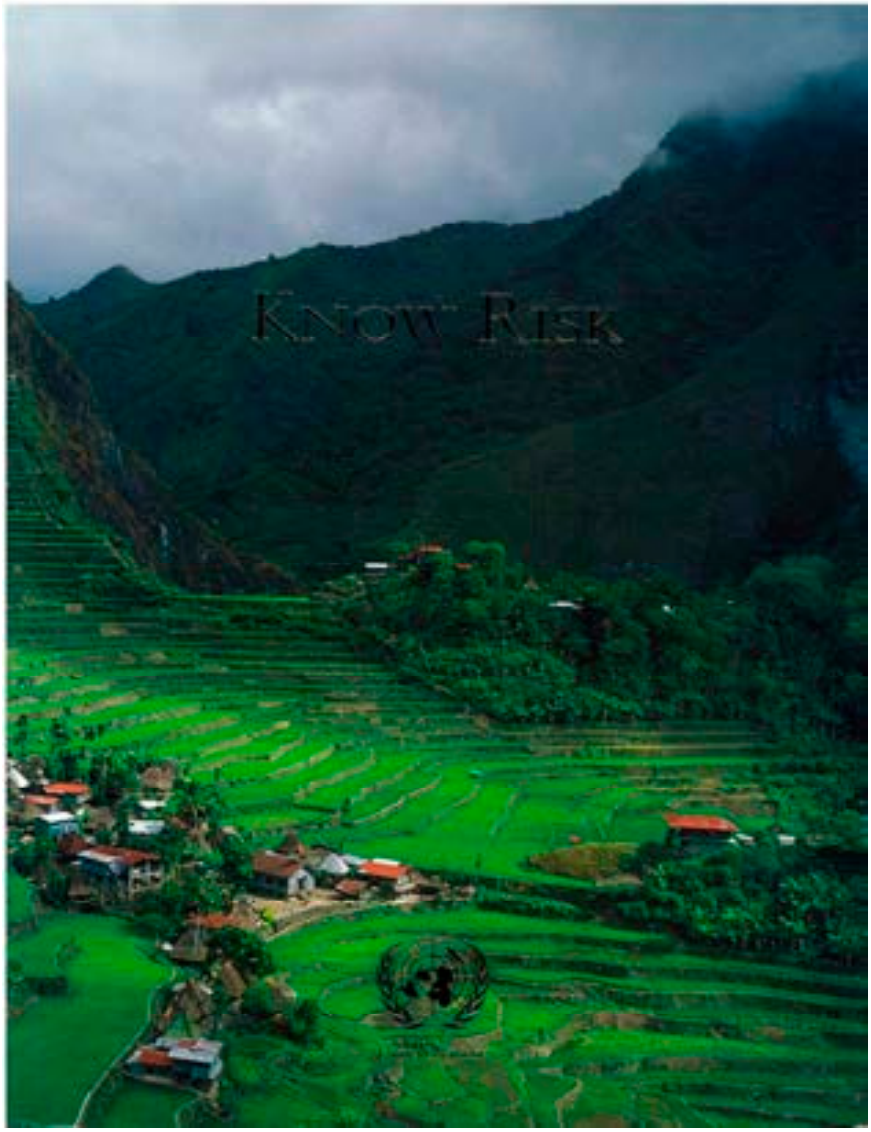
12

S	M	T	W	T	F	S
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

・その他

2004

- Know Risk



- 比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう

2001

第１回比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう

(1st Workshop for “Comparative Study on Urban earthquake Disaster Management”)

2002

第２回比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう

(2nd Workshop for “Comparative Study on Urban earthquake Disaster Management”)

2003

第３回比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう

(3rd Workshop for “Comparative Study on Urban earthquake Disaster Management”)

2004

第４回比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう

(4th Workshop for “Comparative Study on Urban earthquake Disaster Management”)

2005

第５回比較防災学ワークショップ　みんなで防災の知恵を共有しよう

(5th Workshop for “Comparative Study on Urban earthquake Disaster Management”)

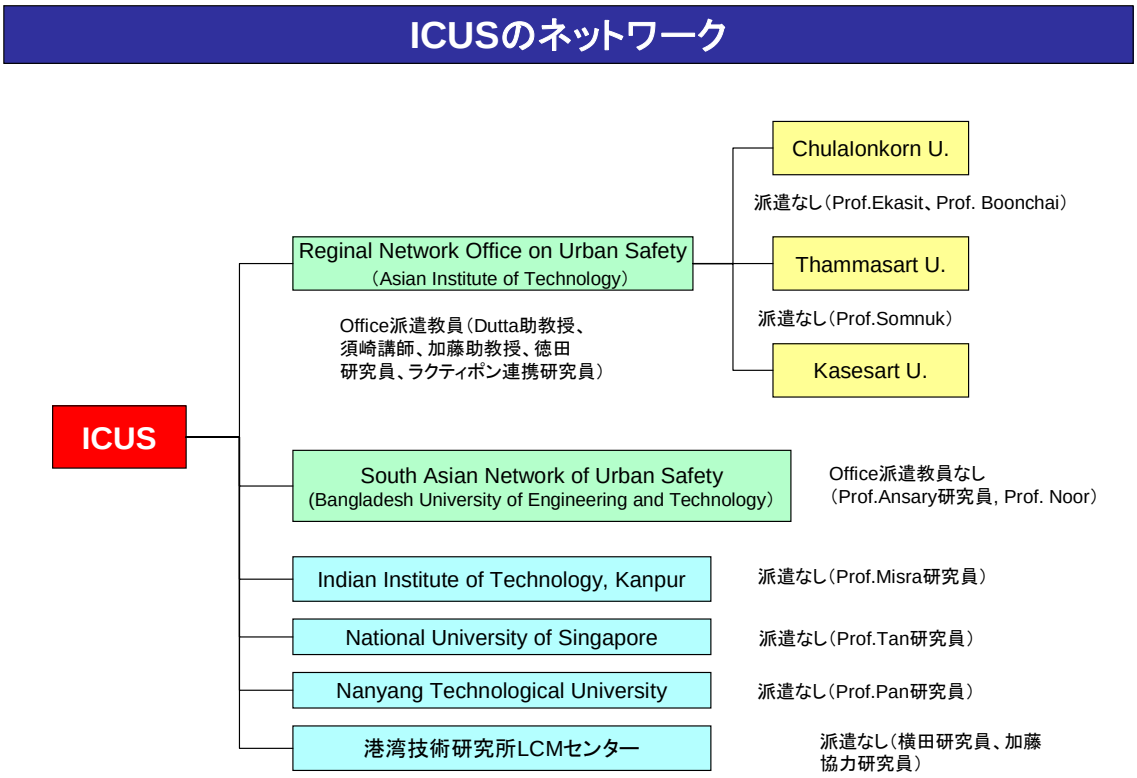
- ICUS 紹介ビデオ（日本語／英語）

ICUS 紹介ビデオ

4.4　グローバル連携活動

ICUS は，インフラと都市の安全性にかかわる世界の人材ネットワーク（ICUS ネットワーク）を構築し，関連情報の活発な交換を行っています．また，国内外の関係研究機関との研究協力協定の締結や国際共同プロジェクトも実施しています.

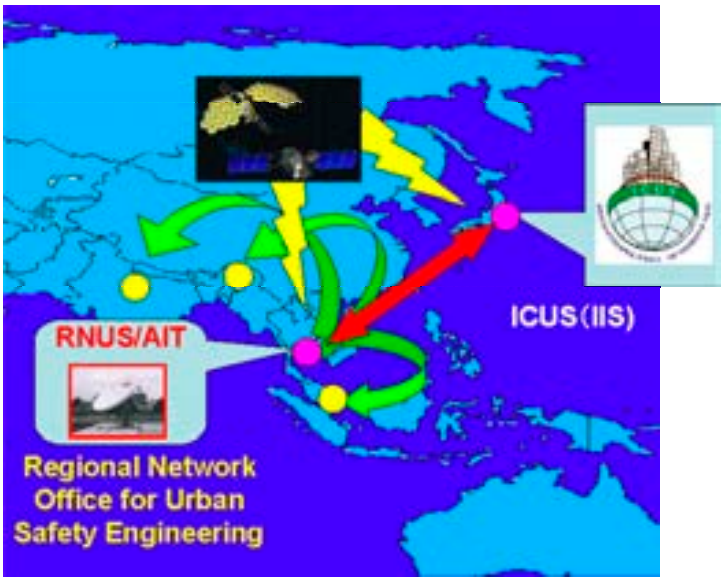
具体的には，2002 年にタイ・バンコク市にあるアジア工科大学院（AIT）にアジアでの活動拠点として Regional Network office for Urban Safety（RNUS）を開設しまいた．RNUS を通じてアジアの巨大都市の安全性に関する研究を実施しています．例えば，「アジア諸国の都市化地域を対象とした構造物を含めた地域脆弱性の恵贈的定量手法の提案とそのためのデータベースの構築」に関する研究を進めています.



ICUS のネットワーク

4.4.1　研究協力協定の締結

現在 ICUS は，AIT（タイ），シンガポール大学（シンガポール），ナンヤン工科大学（シンガポール），インド工科大学・カンプール校（インド），港湾技術研究所 LCM センター（日本），バングラディシュ工科大学（バングラディシュ）と研究協力協定を締結している．



ICUS の研究協力協定先

4.4.2 Regional Network Office for Urban Safety (RNUS)

4.4.2.1 RNUS 設立の目的

RNUS は，アジア諸国の都市化地域を対象とした構造物を含めた地域脆弱性の継続的定量評価手法の提案とそのためのデータベースの構築という研究を効果的に進めるため，2002 年 10 月 AIT 内に設立されました. 本研究の対象エリアである東アジアや東南アジア地域では，設計基準の不備，不十分な施工管理や維持管理等を理由として，都市を構成する各種の構造物の脆弱性が大きな問題となっています．この問題の重要性は，地震などの特別な外力が作用しない状態でも構造物が崩壊してしまう事故が多発している事実からもはっきりしています．また，これらの地域では急激な地域開発が行われていることが多く，品質に問題のある構造物が建設ラッシュ期に集中的に造られていることから，近い将来に時期を同じくして問題が顕在化してくる可能性が高く．早急にこの問題に対する解決策を提示しない限り，今後，これがアジア諸国に対して社会的・財政的に大きな問題を与えることは自明であります.

この問題に対処するには，構造物をはじめとする地域データ整備が不可欠であるが，アジア地域でこれが整備されているところは少なく，建物一棟ずつ調べてデータベース化するなどの手段は現実的ではありません．そこで本研究では，これらの地域をカバーできる地球観測衛星データを活用して，地域における市街地化の時系列情報を収集するとともに，現地調査に基づいて市街地化の進行時期ごとの建築構造物をはじめとする地域のデータベース化をはかります．さらに，このデータを活用して脆弱性評価モデルを構築すします.

このモデルにより，アジア諸都市の，どの地区が，将来のどの時期に構造的な危険が生ずるかを予測することが可能となります．この調査研究は，アジア諸国の中でも問題の切迫性の高いタイのバンコク市を対象として開始し，順次その対象を拡大します.

AIT に設置するオフィスを活動拠点として, 宇宙の視点と地上の視点からアジア諸都市の構造物をはじめとする地域特性の情報をベータベース化するとともに，これらを活用した地域の脆弱性評価モデルを構築します.

RNUS のホームページ　（http://www.sce.ait.ac.th/rnus/）

4.4.2.2　研究テーマ

- Development and applications of advanced technologies and tools on prediction of urban flood inundation.
- Urban flood risk mapping using GIS, RS and mathematical model
- Urban flood inundation modeling using physically based distributed hydrological model
- Health monitoring of urban infrastructure.

4.4.2.3　設備

- Advanced computing facilities
- Expertise in application of GIS and Remote Sensing software
- Distributed hydrologic model for real time urban flood inundation analysis
- Expertise on urban safety research

4.4.2.4　プロジェクト

RNUS では，タイを中心にプロジェクトを通して，東南アジア諸国の研究機関，研究

者と協力して研究を進めています.

下記に設立からのプロジェクトを示します.

・Catastrophic Flood Risk Analysis in Bangkok, Thailand. (United Nations University core research fund)

・Flood Forecasting and Decision Support System for Chao Phraya River Basin, Thailand. (Grant-in-aid research project funded by National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC), Thailand)

・An Assessment of the Socio-economic Impacts of Floods under Climate Change Conditions in Large Coastal Cities in South and Southeast Asia", (Grant-in-Aid research project funded by National Science Foundation (NSF) of USA under CAPaBLE Programme, Asia-Pacific Network for Global Change Research (APN))

- "Study on Application o Fly Ash as Concrete Ingredient in Thailand" – CERES
- "Application of Ground Penetrating Radar Method to Inspect Post-tensioned Tendon" – Khongthon Limited, co.
- "Preliminary Canal Bridges Inspection in Bangkok Metropolitan Administration Area" – (with Prof.Somnuk Tangtermsirikul – SIIT, Thammasat)

4.4.2.5　ワークショップとセミナー

ワークショップリスト

- International Symposium on Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management, Ubon Ratchathani, Thailand, March 2005.
- Brainstorming Workshop "An Assessment of the Socio-economic Impact of Floods under Climate Change Conditions in Large Coastal Cities in South and South-east Asia". AIT, Thailand, March 2005.
- International Symposium on "Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions". AIT, Thailand, June 2005

セミナーリスト

- Physics and Integrated Enclosed Bay Model in Tokyo Bay, March 2005
- Advanced Technology for Urban safety against disasters and hazardous environment, October, 2005
- RNUS Seminar – Oct 20th, 2005

"Advanced Technology for Urban Safety – Againt Disasters and Harzarous Environment"

Prof. Taketo Uomoto, Prof. Reiko Amano, Prof. Kimiro Meguro, Associate professor Ryozo Ooka

- RNUS Seminar – Jan 17th, 2006

"Advanced Technologies toward Sustainable Concrete Structure"

Prof.Toyoharu Nawa, Prof.Somnuk Tangtermsirikul, Dr.Pipat Termkhajornkit

• Special Seminar – March 15th,2006

“Niigata-Tyuetsu Earthquake on October 23, 2004”

Prof. Hiroshi Mutsuyoshi

4.4.3　スタッフ海外出張記録

・2001 年度

教官名	期間	場所	用向き
魚本 健人	7/15-7/20	Cambridge/ UK	International Conference on Fibre Reinforced Plastic for Reinforced Concrete Structures
	8/16-8/21	California,/USA	2nd International Conference on Engineering Materials
	12/3-12/4	Kuala Lumpur/Malaysia	The International Commission on Concrete Model Code for Asia(ICCMC)
安岡 善文	7/23-7/25	Kuala Lumpur/ Malaysia	The Eighth Asia-Pacific Regional Space Agency Forum
	11/5-11/9	Singapore	The 22nd Asian Conference on Remote Sensing
	3/21-3/23	Bangkok/Thai	research meeting
越智 士郎	12/3-12/5	Kathmandu/ Nepal	The 1st Asian Eco-Seminar
目黒 公郎	7/19-7/20	Lima/ Peru	Peru-Japan Joint Workshop on Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation in the Asia and Pacific Region
	2/24-3/3	New York/ USA	Study the on-going rehabiliation activities aftermath of the WTC disaster
Dutta. D	11/18-11/20	Hanoi/Vietnam	International Hydrological Programme(IHP-5)
	3/4-3/9	Bern/ Switzerland	The International Conference on Flood Estimation
	3/13-3/17	Thailand	field survey for flood modeloing

・2002 年度

教官名	期間	場所	用務
魚本健人	6/5-6/8	Montreal, Canada	30th Annual Conference-Canadian Society of Civil Engineering
	9/5-9/11	Dundee/UK	International Congress on Challenges of concrete Construction
	10/31-11/4	Seoul/Korea	ISO panel TC 71 on concrete
Misra S.	10/31-11/5	Seoul/Korea	International Concrete Committee for Model Code and the Asian Concrete Forum

安岡善文	4/8-4/12	Buenos Aires/ Argentina	29th Intl Symp on Remote Sensing of Environment
	6/23-6/27	Toronto/ Canada	2002 Intl Geoscience and Remote Sensing Symp
	10/22-10/27	Hangzhou/ China	3rd International Asia-Pacific Symposium on Remote Sensing of the Atmosphere Ocean Environment and Spae
	3/13-3/14	Brussels/ Belgium	2nd EU-Japan Symposium on Climate Research
越智士郎	9/10-9/12	Dehradun/ India	2nd Regional Seminar on Geo-Informatics for Asian Eco-System Management
	8/7-8/9	Bangkok/ Thailand	Map Asia 2002
	2/26-2/28	Bangkok/ Thailand	Regional Conference on Digital GMS
目黒公郎	7/3-7/8	St. Petersburg/Russia	Earthquake Related Insurance and Financial Risk Management
	7/14-7/19	Boulder/ USA	27th Annual Hazards Research and Applications Workshop
	3/23-3/26	Maui, Hawaii/USA	US-Japan workshop on Urban Earthquake Disaster Mitigation
大岡龍三	10/13-10/17	Shanghai/ China	2nd International Workshop on Energy and Environment of Residential Building China
Dutta D.	5/5-5/22	Australia	Joint Research Studies on Urban Flood Risk Management and Improvement of Topography Data for Hydrological Modeling
	8/25-8/28	Hanoi/ Vietnam	International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2002
	2/16-2/20	Thailand	field survey in the Pak-Mun River
加藤佳孝	3/11-3/14	Bangkok/ Thailand	Field experiment and demonstration related to urban infrastructure health monitoring

・2003 年度

教官名	期間	場所	用務
魚本健人	7/7-7/12	Singapore/Singapore	FRPRCS-6
	7/20-7/24	Australia/Sydney	ISO/T71 on concrete
	9/14-9/21	Germany/Berlin	NDT-CE 2003
	12/15-12/19	Indonesia/Bali	EASEC-9
安岡善文	5/28-5/31	Bangkok/Thailand	Meeting on MODIS Satellite Receiving Station
	7/9-7/21	Buenos Aires/ Argentine Republic	Training for monitoring of the global environment（requested by JICA ）
	9/25-9/27	Seoul/Korea	International Academic Symposium
	11/5-11/7	Busan/Korea	Asian Conference on Remote Sensing 2003
目黒公郎	7/13-7/22	Rome/Italy, Algeria/Algeria	A damage investigation of Algeria Earthquake
	10/5-10/9	Istanbul/Turkey	The Study on A Disaster Prevention / Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation
	12/3-12/5	Singapore/Singapore	Board Meeting of WSSI
	12/6-12/8	Bangkok/Thailand	Seismic Risk Management for Countries of the Asia Pacific Region
	12/20-12/26	Teheran/Iran	Study on the. Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area
大岡龍三	8/30-9/6	Warsaw/Poland	5th International Conference on Urban Climate
	9/19-21	Hanoi/Vietnam	Development of Urban and Building Models for Densely Populated Area with Minimized Environmental Load in Hot and Humid Climate
遠藤貴宏	11/5-11/7	Busan/Korea	Asian Conference on Remote Sensing 2003
吉村美保	7/13-7/18	Denver/U.S.A.	28th Annual Hazards Research and Applications Workshop
	11/5-12/5	Berkley/U.S.A	Urban Damage due to Earthquake
Dutta D.	6/8-6/17	Bangkok/Thailand	RNUS

・2004 年

教官名	期間	場所	用務
魚本健人	6/12-6/20	Zurich/Switzerland, Munchen,Berlin,Koln / Germany	Research on shotcrete
	7/20-7/24	Calgary/Canada	4th International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures
	8/16-8/20	Seoul/Korea	3rd Civil Engineering Conference in the Asian Region
	9/19-9/24	Istanbul/Turkey	ISO/TC71- Concrete, Reinforced Concrete and Pre-stressed Concrete
	10/15-10/21	Agra,Kanpur/India	3rd International Symposium on "New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	10/22-10/23	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	10/27-10/31	Chiang Mai/Thailand	1st International Conference of Asian Concrete Federation
	12/1-12/3	Kaohsiung/Taiwan	Event of International Activities, CICHE2004 (Selected for Joint-Seminar Speakers)
	3/27-3/30	Singapore	MOU with Nanyang Technological University, National University of Singapore
安岡善文	2/24-2/28	Sri Samrong /Thailand	Lectured at AIT in Thailand, and carried out a field survey
	6/23-6/26	Thailand/Bangkok	Holding the 8th MODIS meeting with GISTDA and AIT for the management and utilization of MODIS data
	7/16-7/23	Turkey/Istanbul	20th International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
	10/15-10/20	Agra/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	11/8-11/13	Honolulu/Hawaii	SPIE Fourth International Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symposium
	11/21-26	Chiang Mai/Thailand	25th Asian Conference on Remote Sensing

天野玲子	10/15-10/21	Agra,Kanpur/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	10/22-10/23	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
目黒公郎	2/16-2/26	Tehera n ,Bam/Iran	Damage investigation and an investigation report of Bam earthquake
	8/1-8/8	Vancouver/Canada	13th World Conference on Earthquake Engineering
	10/15-10/21	Agra,Kanpur/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	10/22-10/23	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	12/5-12/8	Singapore	WSSI meeting at Nanyang University
	2/17-2/25	Sri Lanka	Damage investigation and an investigation report of Sumatra Earthquake
	3/27-3/30	Singapore	MOU with Nanyang Technological University, National University of Singapore
大岡龍三	3/20-3/28	Göteborg,Gavle /Sweden	Attend an annual meeting on AGS and announces about The research result about earth environment and city environment.
	6/15-6/18	Hanoi/Vietnam	Development of Urban and Building Models for Densely Populated Area with Minimized Environmental Load in Hot and Humid Climate
	6/26-7/2	Nashville/USA	Attended the annual meeting of ASHRAE
	8/21-8/28	Vancouver/Canada	5th Conference on the Urban Environment
	10/15-10/21	Agra/India	Third International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	11/21-11/25	Bangkok/Thailand Tainan/Taiwan	Celebration of the 60th anniversary of the Department of Architecture in National Cheng Kung University
	2/5-2/11	Orland/USA	ASHRAE Winter Meeting
	3/16-3/19	Vancouver/Canada	Geo Exchange meeting
	3/20-3/24	Boston/USA	Annual meeting on AGS

加藤佳孝	3/11-3/13	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	3/14-3/17	Delhi,Agra/India	Investigation for research at ICUS,RNUS
	5/17-5/29	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	6/7-6/25	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	6/26-7/1	Soeul/Korea	4th International Conference on Concrete under Severe Conditions
	7/2-7/23	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	10/15-10/21	Agra/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	10/27-10/31	Chiang Mai/Thailand	1st International Conference of Asian Concrete Federation
Dutta D.	2/10-3/31	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	2/14-2/22	Colombo/SriLanka	Investigation for research at ICUS,RNUS
	4/2-5/30	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	6/15-8/31	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	7/4-7/9	Singapore	2nd APHW CONFERENCE
	9/7-11/27	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	9/13-9/18	Hanoi/Vietnam	GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Science: GIS-IDEAS2004
	10/16-10/21	Agra/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
須崎純一	8/15-8/27	Bangkok/Thailand	Meeting on the operation of the MODIS receiving station and the research about MODIS data
	10/11-10/14	Bangkok/Thailand	JICA, RNUS
	10/15-10/21	Agra/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	10/22-10/23	Bangkok/Thailand	JICA, RNUS
	11/22-11/27	Chiang Mai/Thailand	25th Asian Conference on Remote Sensing
	2/1-07/1/31	Bangkok/Thailand	Secondment to AIT as a JICA expert of remote sensing

遠藤貴宏	2/24-2/28	Sri Samrong /Thailand	Lectured at AIT in Thailand, and carried out a field survey
	3/11-3/13	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	3/14-3/17	Delhi,Agra/India	Investigation for research at ICUS, RNUS
	3/21-3/29	Chile	Field survey of a eucalyptus
	6/23-6/26	Thailand/Bangkok	Holding the 8th MODIS meeting with GISTDA and AITfor the management
	10/15-10/21	Agra/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "
	11/22-11/28	Chiang Mai/Thailand	25th Asian Conference on Remote Sensing
	3/13-17	Huay Kha Khaeng /Thailand	Research for forest fire in Hauy Kha Khaeng Wildlife Sanctuary
吉村美保	2/16-2/26	Iran/Tehera n /Bam	Damage investigation and an investigation report of Bam earthquake
	3/11-3/13	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	3/14-3/17	Delhi,Agra/India	Investigation for research at ICUS,RNUS
	10/15-10/21	Agra/India	3rd International Symposium on " New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia "

・2005 年度

教官名	期間	場所	用務
魚本健人	5/2-5/4	Bangkok/Thailand	Meeting at ICUS, RNUS
	8/21-8/26	Vancouver/Canada	ConMat'05Third International Conference. Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications
	9/3-9/5	Jeju/Korea	Korea-Japan Joint Workshop on the Assessment of Infrastructures
	9/21-9/26	Mumbai/India	2nd ICI- Asian Conference on Ecstacy in Concrete
	10/17-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia

魚本健人	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
	11/27-30	Seoul/Korea	ISO/TC71－Concrete, Reinforced Concrete and Prestressed Concrete
	2/17-2/20	Bangladesh	Visit BUET, field research
	3/20-3/22	Bangkok/Thailand	Sign of Chula Unisearch
天野玲子	9/18-23	Beijing/the People's Republic of China	8th International Symposium on Fire Safety Science (IAFSS)
	10/17-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
目黒公郎	4/24-4/27	LakeTahoe/USA	Earthquake Summit
	6/24-6/26	Bangkok/Thailand	International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions
	9/15-9/19	Colmbo/Sri Lanka	Take part in Workshop on 2004 Tsunami Impact
	10/17-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
	10/22-11/1	Pakistan	To investigate into restoration and revival of the northern part of Pakistan
		Singapore	To take part in World Seismic Safety Initiative board meeting
	2/19～2/23	中華人民共和国（北京）	To take part in Earthquake Summit
大岡龍三	5/30-6/4	Lasvegas/USA	Global Advances in Heat Pump Technology Applications, and Markets
	6/25-6/30	Denver/USA	ASHRAE Annual Meeting

大岡龍三	9/11-9/14	Soul/Korea	6th Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-VI)
	9/18-9/23	Beijing/the People's Republic of China	8th International Symposium on Fire Safety Science (IAFSS)
	10/16-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
	11/23-27	Xian/the People's Republic of China	International Symposium on Subtainable Development of Asia City Environment 2005
沖　大幹	4/1-4/11	Iguassu/Brazil	IAHS Hydrology 2020 Working Group Workshop
	7/24-27	Phisanulok/Thailand	Visiting TMD,RID, Phitsanulok site for Meeting
	8/20-25	Stockholm/Sweden	Attends Hydrology 2020Meeting
	11/4-7	Kanchanaburi/Thailand	2nd Post-GAME Planning Workshop
	11/19-24	Chiangmai/Thailand	2nd Post-GAME Research Meeting
	1/14-21	Melida/Mexico	IPCC AR4 WG 2　Conference
	3/18-22	Bangkok/Thailand	AGS Annual　Conference
	3/22-26	Oaha/Mexico	Global Water System Project/Scientific Steering Committee
Dutta D.	1/22-3/29	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	2/7-2/15	Delhi, Guwahati/India	Map India 2005 International Conference(Delhi),field survey and meeting in Guwahati towards developing a project on urban flood risk management(Guwahati)
	4/2-5/21	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	4/5-4/12	Iguassu Falls/Brazil	7th IAHS Scientific Assembly
	6/3-7/11	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
加藤佳孝	5/2-5/4	Bangkok/Thailand	Meeting at　ICUS, RNUS
	5/24-7/21	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	8/1-9/8	Bangkok/Thailand	Research at ICUS, RNUS
	9/18-12/9	Bangkok/Thailand	Research at RNUS for ICUS

加藤佳孝	10/15-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
	10/26-31	Qingdao/the People's Republic of China	Durability of Reinforced Concrete under Combined Mechanical and Climatic Loads
	1110-13	Hanoi/Vietnam	Vietnam Institute for Building Science& Technology
	1/10-1/18	Bangkok/Thailand	Research at RNUS for ICUS
	2/27-3/22	Bangkok/Thailand	Research at RNUS for ICUS
	3/26-3/31	Bangkok/Thailand	Research at RNUS for ICUS
須崎純一	10/17-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
	11/06-10	Hanoi/Vietnam	Attend and make a presentation at "The 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)"
	12/16-22	Tokyo/Japan	Accompany AIT President and Vice President to visit universities, ministries and research organizations in Japan
	2/15-17	Hanoi/Vietnam	Attend The ASEAN Subcommittee on Space Technology and Applications (SCOSA)
	3/12-19	Tokyo, Kyoto/Japan	Meeting with Prof. Masayuki Tamura, Kyoto Univ.; attend and make a presentation at "The 15th Forum on Monitoring of Global Environment from Space"
遠藤貴宏	10/16-21	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	3/4-3/14	Bangkok/Thailand	Data processing of ANHRR & MODIS

吉村美保	10/16-20	Singapore	4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/20-21	Bangkok/Thailand	RNUS Seminar on Advance Technology for Urban Safety Against Disasters and Hazardous Environment
	2/28-3/7	Istanbul/Turkey	To make arrangements about joint workshop in September with Istanbul Institute of technology and to investigate into urban construction of Garata area.
金田尚志	10/16-21	Singapore	4h International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
Raktipong S.	10/5-12/18	Bangkok/Thailand	Research at RNUS for ICUS
	10/16-20	Singapore	4h International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
	10/25-26	Rayong/Thailand	1st Annual Concrete Conference
	12/29-3/28	Bangkok	Research at RNUS for ICUS
Ansary M. A.	2/17-2/20	Bangladesh	Field research

4.4.4　受賞記録

名前	研究室	年月	受賞名	受賞の対象	授与機関名
竹内　渉	安岡研	2001.2.	論文奨励賞	第8回リモートセンシングフォーラム	計測自動制御学会
塚原　絵万	魚本研	2001.5.	吉田研究奨励賞	土木学会賞	(社)土木学会
塚原　絵万	魚本研	2001.5.	奨励賞	コンクリート工学協会賞	(社)日本コンクリート工学協会
竹内　渉	安岡研	2001.6.	優秀論文賞	平成 13 年度春季年次講演会	日本写真測量学会
塚原　絵万	魚本研	2001.7.	優秀講演賞	第 23 回コンクリート工学講演会	(社)日本コンクリート工学協会

蔵重　勲	魚本研	2001.7.	優秀講演賞	第 23 回コンクリート工学講演会	(社)日本コンクリート工学協会
塚原　絵万	魚本研	2001.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
沼田　宗純	目黒研	2001.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
藤田　卓	目黒研	2001.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
榎本　美咲	目黒研	2001.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
石関　嘉一 細川　佳史 西村　次男 魚本　健人	魚本研	2002.5	技術賞	日本コンクリート工学協会賞	(社)日本コンクリート工学協会
杉山　知巳	魚本研	2002.6.	年次論文奨励賞	年次論文奨励賞	(社)日本コンクリート工学協会
宮本　一成	魚本研	2002.6.	年次論文奨励賞	年次論文奨励賞	(社)日本コンクリート工学協会
Pandey Bishunu Hari	目黒研	2002.8.	優秀講演賞	第 4 回 International Summer Symposium	(社)土木学会
Mayorca Paola	目黒研	2002.8.	優秀講演賞	第 4 回 International Summer Symposium	(社)土木学会
杉山　知巳	魚本研	2002.9.	優秀講演者賞	セメント技術大会	セメント協会
金田　尚志	魚本研	2002.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
竹内　渉	安岡研	2002.11.	優秀論文賞	平成 14 年度秋季年次講演会	日本写真測量学会
Mayorca Paola	目黒研	2002.11	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
榎本　美咲	目黒研	2002.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
藤田　卓	目黒研	2002.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
吉村　美保	目黒研	2002.11	論文奨励賞	平成 14 年度地域安全学会講演会	地域安全学会
蔵重　勲	魚本研	2003.6.	奨励賞	日本コンクリート工学協会賞	(社)日本コンクリート工学協会
金田　尚志	魚本研	2003.7.	年次論文奨励賞	第 25 回コンクリート工学講演会	(社)日本コンクリート工学協会
吉國 美涼	魚本研	2003.7.	年次論文奨励賞	第 25 回コンクリート工学講演会	(社)日本コンクリート工学協会

金田　尚志	魚本研	2003.9.	Young Researchers Award	Non-Destructive Testing in Civil Engineering 2003	(社)土木学会
白勢　和道	魚本研	2003.9.	優秀講演賞	土木学会年次学術講演会	(社)土木学会
奥山 康二	魚本研	2003.9.	優秀講演賞	土木学会年次学術講演会	(社)土木学会
杉山 知巳	魚本研	2003.9.	優秀講演賞	土木学会年次学術講演会	(社)土木学会
金田 尚志	魚本研	2003.9.	優秀講演賞	土木学会年次学術講演会	(社)土木学会
織田　浩平	目黒研	2003.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
菅野　有美	目黒研	2003.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
吉村　美保	目黒研	2003.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
山口　紀行	目黒研	2003.11.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
Pakawat Sancharoen	魚本研	2004.5.	優秀講演賞	第 58 回セメント技術大会	セメント協会
白勢和道	魚本研	2004.5.	優秀講演賞	第 58 回セメント技術大会	セメント協会
大吉　慶	安岡研	2004.6.	優秀論文賞	写真測量学会年次講演会	日本写真測量学会
近藤　伸也	目黒研	2004.9.	優秀講演賞	年次学術講演会	(社)土木学会
根澤淳志	加藤研	2004.9.	優秀講演賞	第 59 回土木学会年次学術講演会	(社)土木学会
竹下　直樹	加藤研	2004.9.	優秀講演賞	第 59 回土木学会年次学術講演会	(社)土木学会
沖　大幹	沖研	2005.5.	バーチャルウォーターに関する一連の研究と社会への普及活動	土木学会賞：環境賞	(社)土木学会
大岡龍三	大岡研	2005.5.	空気調和･衛生工学会振興賞技術振興賞		空気調和・衛生工学会

伊藤 正憲	魚本研	2005.6.	年次論文奨励賞	第 27 回コンクリート工学講演会	(社)日本コンクリート工学協会
魚本　健人	魚本研	2005.7.	功労賞		(社)日本コンクリート工学協会
Said A. Elkholy	目黒研	2005.7.	優秀講演賞	第 7 回　International Summer Symposium	(社)土木学会
Said A. Elkholy	目黒研	2005.12.	優秀論文賞	第 28 回地震工学論文集論文奨励賞	(社）土木学会地震工学委員会
大岡龍三	大岡研	2005.9.	優秀講演賞(ポスター)	第 3 回人間生活環境系国際会議	人間生活環境系学会
竹下　直樹	加藤研	2005.12	優秀講演者賞	優秀講演者	(社)土木学会
伊藤大輔	目黒研	2005.12	優秀講演者賞	優秀講演者	(社)土木学会
南條孝文	目黒研	2005.12	優秀講演者賞	優秀講演者	(社)土木学会
沖大幹 鼎信次郎 平林由希子	沖研	2006.3.	土木学会水工学論文賞	平成 17 年度土木学会	(社)土木学会
目黒公郎	目黒研	2006.5.	「土と基礎」年間優秀賞	年間優秀論文	社団法人　地盤工学会
Pakawat Sancharoen	魚本研	2006.7.	年次論文奨励賞	第 28 回コンクリート工学講演会	(社)日本コンクリート工学協会

付録　　ICUS の活動を振り返る関連資料

A. 業績リスト

B. 研究論文

C. MOU

D. 新聞への掲載記事および記者会見

E. 過去 5 年間の ICUS 予算の内訳

A. 業績リスト

2001

1. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2001)，ひび割れを有する鉄筋コンクリートの腐食に関する基礎的研究（２）～ひび割れ間隔に関する一考察～: 生産研究，53，11，12，pp.99-102.
2. 高羅信彦，魚本健人，(2001)，温度解析に基づいたサーモグラフィー法によるコンクリート中のひび割れの検査方法に関する基礎的研究: 生産研究，53，11，12，pp.87-90.
3. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，硫酸腐食環境におけるコンクリートの劣化特性（４）: 生産研究，53，11，12，pp.103-106.
4. 宮本一成，魚本健人，(2001)，ホーン型レーダによるコンクリート構造物の欠陥探査方法に関する基礎研究: 生産研究，53，11，12，pp.91-94.
5. 魚本健人，(2001)，21 世紀の安全な都市をめざしてー新研究センター「都市基盤安全工学，国際研究センター」についてー: 生産研究，53，11，12，pp.53-54.
6. 魚本健人，(2001)，コンクリートの劣化診断: 生産研究，53，11，12，pp.55-59.
7. 横澤祐希，加藤佳孝，魚本健人，(2001)，Damage Investigation on RC Beam Specimens Subjected to Static and Fatigue Loading Utilizing Laser Dopp.ler Vibrometer(LDV): 生産研究，53，11，12，pp.95-98.
8. 野村謙二，魚本健人，(2001)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その５）－床版防水工上のアスファルト混合物の空隙率と透水性状ー: 生産研究，53，11，12，pp.107-110.
9. 伊代田岳史，魚本健人，(2001)，初期乾燥を受けたセメントペーストの水和・細孔組織に与える高炉スラグの影響: 生産研究，53，3，pp.38-41.
10. 石関嘉一，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの特性に関する基礎的研究（１７）－混和材が吹付けコンクリートの施工性およびリバウンドに及ぼす影響ー: 生産研究，53，3，pp.42-45.
11. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波法によるコンクリート構造物のひび割れ調査に関する研究（２）－コンクリート内部の空隙の測定精度ー: 生産研究，53，3，pp.46-49.
12. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，硫酸腐食環境におけるコンクリートの劣化特性(2)－侵食および中性化の進行ー: 生産研究，53，3，pp.50-53.
13. 野村謙二，魚本健人，(2001)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その１）－アスファルト舗装の締固め作業が床版防水工に及ぼす影響ー: 生産研究，53，3，pp.54-57.
14. 野村謙二，魚本健人，(2001)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その２）－床版防水工と鉄筋コンクリート床版の付着切れが与える影響ー: 生産研究，53，3，pp.58-61.

15. 高羅信彦，魚本健人，(2001)，温度解析に基づいたサーモグラフィー法によるコンクリート中の空隙の検査方法に関する基礎的研究: 生産研究，53，3，pp.62-65.
16. 許賢太郎，魚本健人，(2001)，水セメント比の違いが高流動コンクリートのコールドジョイントの性質に与える影響: 生産研究，53，3，pp.66-69.
17. 魚本健人，(2001)，21 世紀の安全な都市をめざしてー新研究センター「都市基盤安全工学，国際研究センター」設立ー: 生産研究，53，4，1
18. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，硫酸腐食環境におけるコンクリートの劣化特性（３）～硬化体中の細孔空隙の影響～: 生産研究，53，5，pp.69-72.
19. 伊代田岳史，魚本健人，(2001)，乾燥による水和停止後の水分再供給による水和進行と細孔径分布の形成: 生産研究，53，5，pp.46-49.
20. 平間昭信，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの特性に関する基礎的研究(18)ー急結剤の種類が吹付けコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響ー: 生産研究，53，5，pp.50-53.
21. 野村謙二，魚本健人，(2001)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その３）ー床版防水工と鉄筋コンクリート床版の付着切れが与える影響の検証ー: 生産研究，53，5，pp.65-68.
22. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波法によるコンクリート内部空隙の高精度探査法: 生研リーフレット，308.
23. 高羅信彦，魚本健人，(2001)，赤外線によるコンクリートの剥離検出のための解析手法の提案: 生研リーフレット，310.
24. 魚本健人，(2001)，コンクリート剥落とメンテナンス: 生産研究，53，7/8，pp.81-89.
25. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2001)，欠陥を有するモルタル試験体の透気性に関する一考察: 生産研究，53，7/8，pp.91-94.
26. 野村謙二，魚本健人，(2001)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その４）ーアスファルト舗装の締固めおよび輸荷重載荷が床版防水工に与える損傷の観察ー: 生産研究，53，9，10，pp.81-85.
27. 魚本健人，(2001)，21 世紀におけるコンクリート構造物のメンテナス: 物理探査・特集，号. 53，6，pp.499-506.
28. 魚本健人，(2001)，維持管理時代とコンクリートの技術者教育: セメント・コンクリート，656，pp.1-5.
29. 石関嘉一，細川佳史，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの高品質化技術の開発: コンクリート工学，39，10，pp.25-33.
30. 魚本健人，(2001)，コンクリート構造物の劣化と診断士: コンクリート工学，39，12，pp.3-7.
31. T. Ohno，and T. Uomoto,(2001)，Prediction of Cracks Caused by Autogenous Shrinkage and Drying Shrinkage: Concrete Library of JSCE，38，pp.137-156.

32. 伊代田岳史，魚本健人，(2001)，若材齢時に連続乾燥を受けるセメント硬化体の水和進行と内部水分量: セメント・コンクリート論文集，54，pp.167-173.
33. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，コンクリートの硫酸腐食劣化に関する考察: セメント・コンクリート論文集，54，pp.383-389.
34. 細川佳史，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートにおける急結剤特性の定量的評価に関する研究: セメント・コンクリート論文集，54，pp.147-152.
35. 山口明伸，西村次男，魚本健人，(2001)，繊維の破壊確率理論に基づく FRP ロッドのクリープ破壊モデル: 土木学会論文集，V-50，669，pp.39-49.
36. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波法によるコンクリートひび割れ深さの測定精度: セメント・コンクリート論文集，54，pp.562-567.
37. 魚本健人，(2001)，コンクリート構造物の維持管理とコンクリート診断士: コンクリート工学，39，4，pp.10-13.
38. 伊代田岳史，魚本健人，(2001)，早期脱型による乾燥と水分の再供給がコンクリートの内部組織構造に与える影響: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.787-792.
39. 加藤佳孝，塚原絵万，魚本健人，(2001)，細孔構造に立脚したコンクリートの拡散性状のモデル化に関する一提案: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.811-816.
40. 塚原　絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2001)，欠陥を有するモルタル試験体の透気性に関する実験的考察: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.823-828.
41. 平間昭信，大森啓史，西村次男，魚本健人，(2001)，繊維補強吹付けコンクリートの強度特性に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1339-1344.
42. 石関嘉一，駒田憲司，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付け速度が吹付けコンクリートの諸性状に及ぼす影響: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1327-1332.
43. 細川佳史，大野俊夫，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの品質管理手法に関する検討: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1375-1380.
44. 荒木昭俊，安藤慎一郎，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリート中の急結剤濃度に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1333-1338.
45. 小林裕二，岡田喬，保岡哲治，魚本健人，(2001)，湿的吹付けコンクリートの壁面における衝撃力と品質の関係: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1345-1350.
46. 清水哲史，伊藤正憲，田中斉，魚本健人，(2001)，繊維補強吹付けコンクリートの配合設計手法に関する一提案: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1369-1374.
47. 田中徹，松浦誠司，坂本淳，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの耐久性に関する実験的研究: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1363-1368.
48. 磯部哲，杉山律，白根勇二，魚本健人，(2001)，繊維補強吹付けコンクリートの施工性に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1351-1356.
49. N. Christianto and T.Uomoto,(2001)，Overall Damage Investigation on Structure Using Laser Dopp.ler Vibrometer (LDV) and Time-Domain System Identification Algorithm for the

Analysis: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.517-522.
50. 宮本一成，魚本健人，(2001)，コンクリート構造物の電磁波レーダによるリモート検査方法に関する基礎研究: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.505-510.
51. 高羅信彦，魚本健人，(2001)，温度解析に基づいたサーモグラフィー法によるコンクリート中の空隙および斜めひび割れの検査方法に関する基礎的研究: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.613-618.
52. 許賢太郎，宮原建治，魚本健人，(2001)，コンクリートのコールドジョイント発生防止・抑制策の提案: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.769-774.
53. 小森大育，魚本健人，(2001)，トンネル背面空洞に対する裏込め注入グラウトの充填方法に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.463-468.
54. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，コンクリート中の水和物及び微細構造が耐硫酸性に及ぼす影響: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp469-474.
55. 野村謙二，魚本健人，(2001)，床版防水工とコンクリート床版の付着性状がもたらす影響: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1303-1308.
56. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波法によるコンクリート内部のひび割れ形状の測定: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.565-570.
57. 星野富夫，魚本健人，(2001)，ひび割れに樹脂注入したコンクリート梁の強度性状と耐久性に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.451-456.
58. 飯塚康弘，西村次男，魚本健人，(2001)，ひび割れを有するコンクリートに塗布した表面保護材料の 100 万回及び 1000 万回疲労実験: コンクリート工学，年次論文集，23，1，pp.427-432.
59. Quoc H，D. Phan and T.Uomoto，(2001)，Three-dimensional Simulation of Shotcrete using Distinct Element Method: コンクリート工学，年次論文集，23，2，pp.1357-1362.
60. 魚本健人，(2001)，コンクリートを守る: 橋梁と基礎（(株）建設図書）35，8，pp.54-57.
61. 魚本健人，(2001)，都市の安全と建設技術者: 橋梁と基礎，36.，1，pp.1.
62. 魚本健人，(2001)，都市の安全とリモートセンシング: 写真測量とリモートセング（(社）日本写真測量学会），40，6， pp.1.
63. Akira Ohta，T.Sugiyama，and T.Uomoto，(2001)，A study of the dispersing effects of polyearboxylate-based dispersant on fine particles: 6th CANMET/ACI 国際会議　高性能減水剤と他の混和剤，pp.211-227.
64. T. Uomoto，(2001)，Durability of FRP Reinforcement as Concrete Reinforcement: Proceedings of the International Conference on FRP Composites in Civil Engineering，Vol.1，pp.85-96.
65. T. Uomoto and S. Misra，(2001)，Role of Engineers to Improve the Quality of Concrete Structures: Proceedings of the Eighth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. Paper No.:Ple3

66. Y.Hosokawa, Quoc H.D. Phan, Y.Kobayashi, and T.Uomoto, (2001), Prediction of Shotocrete Quality Using Neural Network: ICCMC/IBST2001 International Conference on Advanced Technologies in Design. Construction and Maintenance of Concrete Structrues, pp.276-282.
67. Phan Quoc H.D., Y.Ishizeki, Y.Hosokawa, and T.Uomoto, (2001), Effect of Admixture on Shooting Process and on The Properties of Shotcrete: ICCMC/IBST2001 International Conference on Advanced Technologies in Design. Construction and Maintenance of Concrete Structrues, pp.600-606.
68. Park. S. K, and Uomoto. T., (2001), Simulation Analysis of Radar Responses with Frequencies on Voids in Concrete: ICCMC/IBST2001 International Conference on Advanced Technologies in Design. Construction and Maintenance of Concrete Structrues, pp.336-342.
69. Phan Quoc H.D. and Uomoto. T., (2001), Three-dimensional Simulation of Shotcrete using Distinct Element Method: ICCMC/IBST2001 International Conference on Advanced Technologies in Design. Construction and Maintenance of Concrete Structrues, pp.343-349.
70. Sugiyama. R. and Uomoto. T., (2001), Fundamental Study on Characteristics of Shotcrere Pumping: ICCMC/IBST2001 International Conference on Advanced Technologies in Design. Construction and Maintenance of Concrete Structrues, pp. 377-382.
71. T.Iyoda and T.Uomoto, (2001), Development of a system for evaluation deterioration of existing concrete structures by visual inspection: CONSEC'01, 2, pp.1900-1907.
72. I.Kurashige and T.Uomoto, (2001), Deterioration of Concrete Due to Sulfuric Acid Attack: CONSEC', 01, 1, pp.285-292.
73. T.Uomoto, (2001), Performance-based Design on Durability of Concrete Structures by Standard Specification of JSCE: CONSEC'01, 1, pp.50-62.
74. T.Uomoto, (2001), Utilization of Non-destructive Inspection for Existing Concrete Structures: CONSEC'01, 2, pp.2167-2174.
75. Quoc H.D. Phan, and J.Sakamoto, S.Matsuura, A.Hirama, and T.Uomoto, (2001), Fundamental Study on Durability of Shotcrete: CONSEC'01, 2, pp.1481-1488.
76. T. Uomoto, (2001), Durability considerations for FRP reinforcements: Proceedings of the fifth international conference on fibre-reinforced plastics for reinforced concrete structures, Vol.1, pp.17-32.
77. H. Mutsuyoshi, A. Sumida and T. Uomoto, (2001), Alkali Resistance of Fibers. FRP Rods and Epoxy Resins: Proceedings of the fifth international conference on fibre-reinforced plastics for reinforced concrete structures, Vol.1, pp.479-488.
78. Y.Kato, E.Tsukahara, and T.Uomoto, (2001), Evaluation of Characteristics of Transition Zone Existing at Aggregate-cement Paste Interface: Second International Conference on Engineering Materials(ＥＭ２００１), 1, pp.621-628.

79. E. Tsukahara，Y. Kato，and T.Uomoto，(2001)，Elastic Property of Mortar Considering at Aggregate-cement Paste Interface: Second International Conference on Engineering Materials(ＥＭ２００１)，1，pp.589-596.
80. T. Uomoto，(2001)，Maintenance and Non-destructive Inspection of Concrete Structures in Japan: Second International Conference on Engineering Materials(ＥＭ２００１)，1，pp.33-50.
81. 許賢太郎，魚本健人，(2001)，高流動コンクリートのコールドジョイント防止策に関する数値解析的検討: 土木学会年次学術講演会講演概要集，56，V，pp.988-989.
82. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波によるコンクリートのひび割れ深さ測定における鉄筋の影響: 鉄筋コンクリート構造物の計測と表面探傷のシンポジウム　日本非破壊検査協会，pp.27-30.
83. 宮本一成，勝木太，魚本健人，(2001)，レーダ法によるコンクリート構造物の内部探査: 鉄筋コンクリート構造物の計測と表面探傷のシンポジウム　日本非破壊検査協会，pp.55-58.
84. 星野富夫，魚本健人，(2001)，コンクリート抵抗による耐久性評価に関する実験的検討: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.850-851.
85. 宮本一成，勝木太，魚本健人，(2001)，走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究（その１）－ホーンアンテナを用いたレーダ法によるコンクリートの内部性状調査一: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.824-825.
86. 奥山康二，勝木太，魚本健人，(2001)，ハイパースペクトルを用いたコンクリート表面の劣化物質の判別に関する基礎的研究: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.846-847.
87. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2001)，内部欠陥を有するモルタルの透気性に関する一考察: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.534-535.
88. 魚本健人，(2001)，「基準の国際化と土木・建築コンクリート基準統一の方向」－コンクリート材料と施工に関して一: 平成 13 年土木学会全国大会　研究討論会
89. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，近似手法を用いたコンクリートの超音波電波伝播速度解析: コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム論文報告集，日本材料学会，1，pp.209-212.
90. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，セメント系材料の耐硫酸侵食性を評価する一指標: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.574-575.
91. 野村謙二，魚本健人，(2001)，アスファルト舗装の締固め作業が床版防水工に及ぼす影響: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.24-25.
92. Quoc H. D. Phan，魚本健人，(2001)，3-D Simulation of Shotcrete with Single-Phase Particles: Effect of shooting Velocity and Mortar by Coase Aggregate Raatio: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.474-475.

93. 石関嘉一，駒田憲司，小林裕二，西村次男，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの速度分布測定: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.478-479.
94. 平間　昭信，岡田　喬，大森啓至，保岡哲治，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートの初期強度試験方法に関する基礎的実験: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.482-483.
95. 細川佳史，荒木昭俊，安藤慎一郎，大野俊夫，魚本健人，(2001)，水和の観点から評価した吹付けコンクリートの強度に関する急結剤特性: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.500-501.
96. 伊代田岳史，伊藤一聡，魚本健人，(2001)，セメントペーストを用いた等温吸脱着曲線に与える各種要因の影響とその評価: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.540-541.
97. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波法によるコンクリート内部の空隙形状の探査精度: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.772-773.
98. 高羅信彦，足立一郎，魚本健人，(2001)，サーモグラフィ法によるコンクリート内部空隙の検出精度に関する研究: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.842-843.
99. 佐藤大輔，魚本健人，(2001)，近赤外スペクトルを利用した NaCl 分布計測に関する研究: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.844-845.
100. 飯塚康弘，西村次男，魚本健人，(2001)，コンクリート表面保護塗膜材料の疲労特性に関する実験的研究: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.1228-1229.
101. 清水哲史，伊藤正憲，田中　斉，魚本健人，(2001)，鋼繊維補強吹付けコンクリートの最適配合選定方法について: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.480-481.
102. 田中徹，松浦誠司，坂本淳，魚本健人，(2001)，鋼繊維補強吹付けコンクリートの耐久性に関する実験的研究: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, V, pp.488-489.
103. 小森大育，魚本健人，(2001)，トンネル背面空洞へのグラウト充填方法の実験的検討: 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.992-993.
104. 平田隆祥，魚本健人，(2001)，超音波法によるコンクリート内部のひび割れ形状の可視化: 第 55 回セメント技術大会講演要旨，pp.118-119.
105. 細川佳史，魚本健人，(2001)，吹付けコンクリートにおける各種急結剤の特性評価に関する基礎的研究: 第 55 回セメント技術大会講演要旨，pp.258-259.
106. 蔵重勲，魚本健人，(2001)，硫酸腐食によるコンクリートの侵食および中性化の進行: 第 55 回セメント技術大会講演要旨，pp.164-165.
107. 杉山知巳，太田晃，魚本健人，(2001)，セメント硬化体の空隙構造に及ぼす化学混和剤の影響: 第 55 回セメント技術大会講演要旨，pp.56-57.
108. 伊代田岳史，魚本健人，(2001)，乾燥による水和停止後の水分再供給による水和挙動:

第 55 回セメント技術大会講演要旨，pp.16-17.
109. 宮本一成，魚本健人，(2001)，コンクリート内部欠陥検出用レーダ装置の開発ーコンクリート表面から 1 m離れた距離からの測定ー: 生研リーフレット，309,
110. 魚本健人，(2001)，社会資本整備における維持管理の重要性: 日経コンストラクション，293，pp.8-9.
111. Pradeep Kumar Ramancharla and Kimiro Meguro，(2001)，A Study on Ground Surface Deformation over Dip-slip Faults using Applied Element Method: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集（CD-ROM），2p.
112. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，既存建物の耐震補強に対する費用対効果評価に関する地震予知情報の利用法: 生産研究，Vol.53，pp.16-20.
113. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，応用要素法による RC 柱弱点個所の補強前後の損傷挙動解析: 生産研究，第 53 巻 11・12 号
114. 秦康範，目黒公郎，(2001)，電力供給量の変化に着目した継続的リアルタイム地震災害状況把握システムの構築に向けて.: 生産研究，第 53 巻，11・12 号，pp.21-24.
115. 目黒公郎，石原祐紀，(2001)，災害対応業務の効率化と最適人材運用法に関する基礎的研究: 生産研究，第 53 巻，11・12 号，pp.74-77.
116. Pradeep Kumar Ramancharla and Kimiro Meguro，(2001)，A Study on the Attenuation Characteristics of Peak Responses in the Near-Fault Region using Applied Element Method: 生産研究，第 53 巻，11・12 号，pp.11-15.
117. 目黒公郎，(2001)，破壊をシミュレーションする応用要素法（ＡＥＭ）：地震時水平保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発，pp.337-359.
118. 目黒公郎，(2001)，都市の安全と防災対策: 228 ページ，(株)応用地質
119. 目黒公郎，(2001)，応用要素法（Applied Element Method. AEM）-連続体から非連続体までの挙動を高精度に追跡する次世代構造解析法-: 平成 13 年実務者のための耐震設計入門別冊，pp.A-1-A-19.
120. 目黒公郎，(2001)，世界の地震災害からの教訓：建設系技術者の説明責任とそれを支える最新技術: 特別講義テキスト，23 ページ.
121. 目黒公郎，(2001)，世界の地震災害からの教訓：建設系技術者の説明責任とそれを支える最新技術: 「群馬で学ぶ耐震設計・地震防災」に関する講習会テキスト， 23 ページ.
122. 目黒公郎，(2001)，切迫性が指摘される東海地震を睨んで，地震対策のハードとソフト: 土木工学研究会，都市の安全工学，(財）総合研究奨励会，東京大学工学部土木教室，H13，Vol.8，pp.73-96.
123. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，応用要素法による鉄道構造物の損傷度評価と地震時被害把握システムへの応用: 土木学会鉄道力学論文集， Vol.5， pp.25-30.
124. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，RC 橋脚段落し部の損傷挙動と補強効果に関する非線

形構造解析: 土木学会応用力学論文集，Vol.4，pp.433-443.
125. Kimiro MEGURO and Hatem Tagel-Din，(2001)，Applied Element Simulation of RC Structure under Cyclic Loading: Journal of Structural Engineering. ASCE.，Vol. 127，No. 11，pp.1295-1305.
126. 目黒公郎，高橋健，(2001)，既存不適格建物の耐震補強推進策に関する基礎研究: 地域安全学会論文集， No. 3，pp.81-86.
127. 目黒公郎，(2001)，大規模地震の動的被害予測モデル: 地学雑誌，Vol.110，No.6，pp.900-914.
128. R. Pradeep Kumar and K. Meguro，(2001)，Applied Element Simulation of Non-linear Behavior of Dip-slip Faults for Studying Ground Surface Deformation: Proceedings of A Workshop on Seismic Fault-induced Failures JSPS， pp.109-114.
129. Kimiro Meguro and Yasunori Hada，(2001)，Evaluation of Building and Dwelling Damages due to Earthquake. Proceedings of EQTAP Workshop: Lima. Peru，10 pages
130. P. Mayorca and K. Meguro，(2001)，Strengthening of Masonry Structures -An ongoing research: Proceedings of EQTAP Workshop， Lima-Peru， 8 pages
131. Pradeep Kumar Ramancharla and Kimiro Meguro，(2001)，Dynamic Simulation of Fault Motion for Studying Ground Surface Deformation: Proceedings 3rd International Summer Symposium， pp.97-100.
132. Shigeaki Okada， Kimiro Meguro et al.，(2001)，"Mutual Help System among Local Governments during Earthquake DisasterProceedings of US-Japan Joint Workshop on Cooperative Research on Urban Earthquake Disaster Mitigation": Monbu-Kagaku-sho and NSF，pp.539-546.
133. Kimiro MEGURO，(2001)，What are the most Important features for Reducing Earthquake Disaster？ Real Lessons Learnt from Recent Damaging Earthquakes in the World: Proceedings on Seismic Risk Seminar， Kuala Lumpur，Malaysia， 5p.
134. Kimiro MEGURO and Hatem Tagel-Din，(2001)，Introduction of Applied Element Method: As a New Efficient Tool for Design of Structure Considering Its Failure Behavior: Proceedings of International Seminar and Workshop on New Direction for Enhancement of Structural Performance, pp.53-69.
135. 秦康範，目黒公郎，(2001)，電力供給の変動を利用した地震による建物被害評価の可能性について: 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集，pp. 1425-1428.
136. Hisada. Y. and K. Meguro，(2001)，Macroseismic intensity distribution of the 2001Gujarat. India. earthquake estimated from the building damage: 日本地震学会講演予稿集.2001 年度秋季大会，pp.23.
137. 久田嘉章，目黒公郎，(2001)，建物被害調査から推定される地震動分布: 2001 年インド西部グジャラート地震被害調査報告会資料集，pp.17-25.

138. 久田嘉章，目黒公郎，(2001)，建物被害調査から推定される地震動分布: 日本地震学会講演予稿集， 2001 年度秋季日本地震学会，pp.23.
139. 目黒公郎，(2001)，ユニバーサル地震環境シミュレータ構想　その 1：地震発生直後編: 比較防災ワークショッププロシーディング，pp.71-76.
140. 目黒公郎，(2001)，緊急調査の課題と展望: 土木学会平成 13 年度全国大会研究討論会資料，pp.9-14.
141. 目黒公郎，(2001)，ユニバーサル地震環境シミュレータ構想，その 1：地震発生直後編: 比較防災ワークショッププロシーディング，pp.71-76.
142. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，鋼板補強 RC 構造物の損傷による固有振動数変化のシミュレーション: 第 2 回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集，pp. 213-218.
143. Pradeep Kumar Ramancharla and Kimiro Meguro，(2001)，Non-Linear Numerical Modelling of Dip-Slip Faults for Studying Ground Surface Deformation: Proceedings Second Symposium on the Fracture Process of the Structures for Earthquake Disaster Mitigation，第 2 回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集，pp.213-218.
144. 須藤研，目黒公郎，林春男，(2001)，「日米共同研究による都市地震災害の軽減」－マルティメディアによる地震災害の事後対応過程の検討－: 文部科学省特定領域研究(B)「日米共同研究による都市地震災害の軽減」第 1 回国内ワークショッププロシーディング，pp.83-86.
145. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，固有振動数と振動モードの変化を利用した構造物損傷度評価の試み: 第 26 回地震工学研究発表会論文集，第 2 分冊，pp. 1349-1352.
146. 近藤伸也，濱田俊介，目黒公郎，(2001)，総合的な防災対策を可能とする次世代型防災マニュアルの提案: 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1481-1484.
147. 山崎文雄，目黒公郎，小桧山雅之，Gabriel D. Calle，(2001)，東大駒場キャンパスにおける地盤・建物の地震観測システム: 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集，pp.781-784.
148. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，長期地震予知情報を利用した既存不適格住宅の耐震補強促進策について: 第 26 回地震工学研究発表会，pp.1357-1360.
149. 目黒公郎，(2001)，緊急調査の課題と展望: 土木学会平成 13 年度全国大会研究討論会(研-15)資料，pp.9-14.
150. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，鋼板補強された実大高架橋の損傷度判定に関する基礎的検討: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集（CD-ROM），2p.
151. 秦康範，目黒公郎，(2001)，早期建物被害推定に向けた電力供給量データの利用可能性の検討: 土木学会第 56 回年次学術講演会，2p.
152. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，既存不適格住宅の耐震補強促進のための長期地震予知

情報の利用について: 土木学会第 56 回年次学術講演会，2p.
153. 濱田俊介，目黒公郎，(2001)，事前対策型防災システムの提案: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集，2p.
154. 近藤伸也，目黒公郎，(2001)，総合的防災力の向上に貢献する次世代型防災マニュアルの提案: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集，2p.
155. 榎本美咲，目黒公郎，(2001)，三次元拡張個別要素法を用いた家具の動的挙動シミュレーション: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集，2p.
156. 目黒公郎，吉村美保，(2001)，長期地震予知情報の防災への利用法に関する基礎検討: 第 20 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.43-44.
157. 目黒公郎，石原祐紀，(2001)，災害対応業務の効率化と最適人材運用に関する基礎的検討: 第 20 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.105-106.
158. P. Mayorca and K. Meguro，(2001)，Simulation of the Dynamic Behavior of Masonry Structures using the Applied Element Method: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集（CD-ROM），2p
159. 藤田卓，目黒公郎，(2001)，リアルタイム最適避難誘導に向けた避難効率評価: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集（CD-ROM），CS8-016，pp.506-507.
160. 沼田宗純，目黒公郎，(2001)，拡張個別要素法による河床地盤の運動を考慮した土石流シミュレーション: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集（CD-ROM），III-B342，pp.684-685.
161. 石原祐紀，目黒公郎，(2001)，地震後の災害対応業務の効率化に向けた基礎的研究: 土木学会第 56 回年次学術講演会概要集（CD-ROM），IV-237，pp.474-475.
162. 新倉一郎，目黒公郎，(2001)，応用要素法(AEM)におけるせん断応力・ひずみの精度向上に関する研究: 土木学会第 56 回年次学術講演概要集，I-B254，pp.508-509.
163. 近藤伸也，濱田俊介，目黒公郎，(2001)，総合的防災力を向上させる新しい防災マニュアルの姿: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，pp.198.
164. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，兵庫県南部地震の被害データによる建築年別建物被害関数の構築: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，pp.196.
165. 目黒公郎，石原祐紀，(2001)，災害状況下における最適人材運用法に関する基礎研究: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，pp.197.
166. 目黒公郎，プラディープK.クマール，(2001)，直上から少しはずれた地表断層付近の構造物被害が軽微なことがある理由: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，pp.247.
167. 目黒公郎，高橋健，(2001)，既存不適格構造物の耐震改修に関する新制度提案のための意識調査: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，pp.2.
168. 秦康範，目黒公郎，(2001)，電力需要カーブの細分化と電力供給量の変動を利用したリアルタイム地域評価: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，p.199.

169. 上半文昭，目黒公郎，(2001)，固有振動数と振動モードを利用した RC 構造物の損傷度評価: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，p.166.
170. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，既存家屋の耐震補強促進のための長期地震予知情報の活用法について: 第 24 回土木計画学研究発表会，4p.
171. 目黒公郎，(2001)，世界の地震災害殻の教訓:建設系技術者の説明責任とそれを支える最新技術: 群馬で学ぶ耐震設計・地震防災」に関する講習会テキスト，23 ページ.
172. Hisada. Y. and K. Meguro, (2001), Macroseismic intensity deduced from the building damage. A comprehensive survey of the 26 January 2001 earthquake (Mw7.7) in the state of Gujarat. India. edited by T. Sato. 2001: Japanese Ministry of Education. Culture. Sports. Science and Technology. pp. 56-63.
173. 目黒公郎, (2001), 一般住家の耐震補強の普及を目的とした政策についての一考察: 地域安全学会調査企画委員会 A-Group.－被害予測と緊急対応－活動報告書，pp.1-12.
174. 目黒公郎, (2001), 一般住家の耐震補強の普及を目的とした政策についての一考察: 地域安全学会調査企画委員会 A-Group.－被害予測と緊急対応－活動報告書，pp.1-12.
175. 濱田政則，目黒公郎.他，(2001)，2001 年インド西部地震被害調査報告(日本語概要版): 10p.
176. 目黒公郎，上半文昭，クマール，プラディープ，(2001)，組積造建物の被害: 2001 年インド西部グジャラート地震被害調査報告会講演集，pp.48-59.
177. 久田嘉章，目黒公郎，(2001)，建物被害調査から推定される地震動分布: 2001 年インド西部グジャラート地震被害調査報告会講演集，pp.17-25.
178. Kazuo KONAGAI. Kimiro MEGURO. et. Al，(2001)，Provisional Report on the June 23.2001 Atico. Peru Earthquake: 20 pages.Japan Society of Civil Engineers
179. Kimiro Megro， Fumiaki Uehan，and Pradeep K. Ramancharla，(2001)，Damage to Masonry Structures: Report on the 26 January 2001 Earthquake in the State of Gujarat. India. pp.89-100.
180. M. Hamada. K. Meguro. et al，(2001)，Quick Report on the 2001 Kutch Earthquake. Gujarat State. India. -Investigation into Damage to Civil Engineering Structures- 15March 2001 ～ 24 March 2001: 102 p.
181. 上半文昭，富田健司，目黒公郎，(2001)，RC ラーメン高架橋の地震時損傷度把握手法に関する基礎的研究: 鉄道総研報告，第 15 巻，2 号，pp.33-38.
182. F. Uehan and K. Meguro，(2001)，Non-linear Numerical Simulation of Natural Frequency of Damaged RC Structure Reinforced by Steel Jacket: Bulletin of earthquake resistant structure research center，No. 34，pp.109-116.
183. Pradeep Kumar Ramancharla and Kimiro Meguro，(2001)，Numerical modelling of dip-slip faults for studying ground surface deformation: Bulletin of earthquake resistant structure research center. ERS，No. 34，pp.107-112.

184. K. Meguro and N. Ravichandran，(2001)，3-Dimensional Distinct Element Simulation of Liquefaction Phenomena: Bulletin of earthquake resistant structure research center. ERS，No. 34，pp.99-106.
185. 吉田伸治，原山和也，村上周三，大岡龍三，持田　灯，(2001)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO に関する研究（その 2)，CRO を用いた街区の温熱環境構造の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.637-640.
186. 原山和也，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2001)，非定常な屋外温熱環境予測への対流・放射連成解析の適用: 日本建築学会関東支部研究報告集　，pp.429-432.
187. 沢田宜之，大岡龍三，(2001)，福井県の戸建住宅における住まい方とエネルギー消費に関する研究，福井県在住者の住まいとエネルギー消費に関するアンケート調査: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-2，pp.209-210.
188. Mohamed F. Yassin，加藤信介，村上周三，大岡龍三，高橋岳生，大津朋博，(2001)，Wind Tunnel Study on Prediction Method of Wind Characteristics over Local Topography for Suitable Site of Wind Power Station (Part3)，Turbulence Characteristics of Flow over Two-Dimensional Step Model: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-2，pp.757-758.
189. 大橋えり，大岡龍三，(2001)，スギ花粉による室内空気汚染(2)，スギ花粉粒子の粒径・重量の実測と空気力学特性について: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-2，pp.939-940.
190. 大岡龍三，(2001)，福井県の伝統的民家の温熱空気環境制御手法に関する研究（その 3)，丸岡町坪川家住宅における温熱環境実測と囲炉裏の温熱環境形成効果の解明: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-1，pp.1067-1068.
191. 河田祐二，大岡龍三，(2001)，街路樹による暑熱環境緩和効果に関する研究，街路樹のモデル化と日射低減効果の同定: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-2，pp.269-270.
192. 加賀久宣，宮本重信，西畑正一，多田幹男，小林一郎，竹内正紀，大岡龍三，(2001)，基礎杭利用地熱空調システムの研究開発（その 1)，実大実験システムによる性能検証: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.345-348.
193. 宮本秀和，大岡龍三，竹内正紀，加賀久宣，宮本重信，(2001)，基礎杭利用地熱空調システムの研究開発（その 2)，数値シミュレーションによる採熱水温と地盤蓄熱能力の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.349-352.
194. 大橋えり，大岡龍三，(2001)，スギ花粉による室内空気汚染（3)，スギ花粉粒子の空気力学特性について: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1237-1240.
195. 陳　宏，大岡龍三，原山和也，村上周三，吉田伸治，(2001)，CFD による建物表面緑化の屋外環境緩和効果の検討: 第 15 回 数値流体力学シンポジウム，pp.159.
196. 吉田伸治，大岡龍三，村上周三，原山和也，(2001)，人工排熱が都市のヒートアイラ

ンドに及ぼす影響の CFD 解析: 第 15 回 数値流体力学シンポジウム，pp.164.
197. 原山和也，吉田伸治，村上周三，大岡龍三，持田　灯，(2001)，非定常な対流・放射・伝導を考慮した屋外温熱環境予測評価手法に関する研究（その 1)，実在街区を対象とした非定常の放射・伝導解析の精度検証: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-1，pp.925-926.
198. 吉田伸治，原山和也，村上周三，大岡龍三，持田灯，(2001)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO に関する研究（その 1)，CRO の提案と CRO3 を用いた都市の熱交換効率の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-1，pp.931-932.
199. 陳　宏，大岡龍三，村上周三，(2001)，建物形状・配置の変化が都市の空気齢に及ぼす影響の検討，換気効率指標（流入空気の空気齢）を用いた都市空間の空気環境評価に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D-1，pp.933-934.
200. 原山和也，吉田伸治，村上周三，大岡龍三，持田灯，(2001)，非定常な対流・放射・伝導を考慮した屋外温熱環境予測評価手法に関する研究（その 2)，非定常伝熱解析への対流計算の組み込みと実在街区を対象とした予測手法の精度検証: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.645-648.
201. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，既存建物の耐震補強に対する費用対効果評価に関する地震予知情報の利用法: 生産研究，Vol.53，pp.16-20.
202. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，長期地震予知情報を利用した既存不適格住宅の耐震補強促進策について: 第 26 回地震工学研究発表会，pp.1357-1360.
203. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，既存不適格住宅の耐震補強促進のための長期地震予知情報の利用について: 土木学会第 56 回年次学術講演会，2p.
204. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，兵庫県南部地震の被害データによる建築年別建物被害関数の構築: 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，pp.196.
205. 吉村美保，目黒公郎，(2001)，既存家屋の耐震補強促進のための長期地震予知情報の活用法について: 第 24 回土木計画学研究発表会，4p，CD-ROM.
206. Tsuruoka, M., Shibasaki, R., Yasuoka, Y., Murai, S., & Tsuruoka, Y., (2001), Analysis of Impulse Response on Walking Stability: Proc. of 14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, pp.348-353, N.I.H. Bethesda, Maryland, USA
207. Yasuoka, Y., (2001), Assessment of Urban Sustainability and Environment with Remote Sensing and GIS: The 1st Joint Workshop on Urban Safety Engineering
208. Yasuoka, Y., Takeuchi, W., Ochi, S., & Tamura, M., (2001), Estimation of Methane Emission from Wetland with Sub-pixel Level Landcover Characterization of Remotely Sensed Data: Proceeding of the 10th Annual Workshop of Environmental Monitoring in South East Asia
209. Yasuoka, Y., & Shafer, S. (Co-editors), (2001), Japan-U.S. Workshop on Global Change Report of the Co-Convenors: Proceeding of the 9th US-Japan Workshop (Invited Chairman)
210. Yasuoka, Y., Takeuchi, W., & Tamura, M., (2001), Estimation of Methane Emission from

Wetland with Sub-pixel Level Land Cover Characterization of Remotely Sensed Data: Proceedings of the CEReS International Symposium on Remote Sensing of the Atmosphere and Validation of Satellite Data, pp.121-123. (Invited Speech)

211. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2001), Integrating Spatial Statistics and GIS for Regional Studies in Thailand: The Proceedings of the 6th International Conference on Geo-Computation (Geo-Computation 2001)
212. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2001), Remote Sensing to Assess Regional Climatic Effects of Urban Expansion in Northern Bangkok, Thailand: The 7th International Conference on Computer in Urban Planning and Urban Management (CUPUM 2001)
213. Tsuruoka, M., Shibasaki, R., Yasuoka, Y., Murai, S., & Tsuruoka, Y., (2001), Analysis of Impulse Response on Walking Stability: Proceedings of 14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, pp.348-353.
214. Arita, J., Sasaki, K., Endo, T., & Yasuoka, Y., (2001), Assessment of Concrete Degradation with Hyperspectral Remote Sensing: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Vol.1, pp.760-764.
215. Endo, T., Yasuoka, Y., & Tamura, M., (2001), Spatial Estimation of Biochemical Parameters of Leaves with Hyperspectral Imager: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Vol.1, pp.730-735.
216. Kucera, J., & Yasuoka, Y., (2001), Regional Monitoring of Forest Disturbances and Their Effects to Carbon Cycle: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Vol. 1, pp.510-515.
217. Tran, H., Ochi, S., Nemoto, T., Kitsuregawa, M., & Yasuoka, Y., (2001), Modis Data Acquisition: Processing and the Scientific Utilization Framework at the Institute of Industrial Science , University of Tokyo, Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Vol.1, pp.488-492.
218. Nakagawa, T., & Yasuoka, Y., (2001), Environmental Impact Assessment with Remote Sensing at Isahaya Land Reclamation Site: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Vol.1, pp.433-438.
219. Takeuchi, W., Tamura, M., & Yasuoka, Y., (2001), Estimation of Methane Emission from Paddy Fields in Central Plan of Thailand by Scaling Technique: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Vol.1, pp.422-427.
220. Yasuoka, Y., (2001), Integrated Monitoring System for Environment and Disaster Management with Earth Observation Satellite: Proceedings of The Asia-Pacific Regional Space Agency Forum 2001, pp.45-50. (Invited Speech)
221. 安岡善文，越智士郎，トラン・フン，根本利弘，喜連川 優，(2001)，TERRA/MODIS 受信システムの運用，生産研究, Vol.53 (11), pp.592-595.

222. 有田　淳，遠藤貴宏，奥山康二，越智士郎，安岡善文，(2001)，ハイパースペクトルリモートセンシングによるコンクリート劣化評価手法の研究，生産研究，Vol.53 (11), pp.615-618.
223. 鶴岡政子，　安岡善文，　柴崎亮介，　鶴岡百合子，(2001)，歩行の安定性，医用電子と生体工学, Vol.39, pp.482.
224. 沖　一雄，　安岡善文，　田村正行，(2001)，高濃度水域における水質リモートセンシング：日本リモートセンシング学会誌，Vol.21，(5)，pp.449−457.
225. Dutta, D. and S. Herath, (2001), Effect of DEM Accuracy in Flood Inundation Simulation using Distributed Hydrological Models: Seisan-Kenkyu, Journal of Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Vol. 53, No. 11, pp. 602-605.
226. Dutta, D. and S. Herath, (2001), Analysis of impact of topography data on flood inundation modelling: Proceedings of the Indian Geophysical Union 38th Annual Convention meeting on "Natural Hazards and Disaster Management - Role of Earth System Scientists', National Institute of Oceanography, Visakhapatnam, Andhra Pradesh, December 18-20, 2001.
227. Dutta, D., S. Herath, K. Sudo and K. Meguro, (2001), Natural Hazard Loss Estimation Methodology for Disaster Management: Proceedings of the Conference on Disaster Management, Birla Institute of Technology and Science, Pilani, India, March, 10 pages (in press),.
228. Dutta, D. and S. Herath, (2001), Flood Modelling Experiences in Mekong River Basin: Proceedings of the International Symposium on Achievements of IHP-V in Hydrological Research, Hanoi, Vietnam, IHP-V Technical Document in Hydrology No. 8, pp.51-52.
229. Raghavan, V., S. Herath and D. Dutta, (2001), An Internet Based Water Infrastructure Inventory System: Proceedings of the International Symposium on Achievements of IHP-V in Hydrological Research, Hanoi, Vietnam, IHP-V Technical Document in Hydrology No. 8, pp.345-352.
230. Dutta, D. and S. Herath, (2001), GIS Based Flood Loss Estimation Modelling in Japan: Proceedings of the US-Japan 1st Workshop on Comparative Study on Urban Disaster Management, Port Island, Kobe, Japan, pp. 151-161, February.
231. Koudelova, P., T. Koike, S. Herath, D. Dutta and S-X. Li, (2001), Testing and Modifications of the SiB2 Land Surface Model for the Purpose of its Use for Hydrological Modelling in the Tibetan Plateau: Proceedings of the 5th International Study Conference on GEWEX in Asian and GAME, (2), 470-475, Nagoya, Japan.
232. Sudhir Misra, Harsha P. Sooriyaarachchi，Tsugio Nishimura，Taketo Uomoto，(2001), Behaviour of Repaired RC Beams Under Cycle Loading: 生産研究,Vol.55,No.4, pp.373-376.
233. 高橋健文，(2001)，最近の自然災害の特徴と国土の整備：刊建設オピニオン 2001 年

10 月号，建設公論社，pp.8-11.

2002

1. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，欠陥を有するモルタル試験体の透気性に関する一考察－その２－: 生産研究，54，1.2，pp.103-106.
2. 蔵重勲，魚本健人，(2002)，硫酸腐食環境におけるコンクリートの劣化特性(5)－劣化シミュレーションに関する検討－: 生産研究，54，1.2，pp.107-110.
3. 蔵重勲，魚本健人，(2002)，硫酸腐食環境におけるコンクリートの劣化特性(6)－ひび割れへの硫酸進入－: 生産研究，54，1.2，pp.111-114.
4. 宮本一成，高羅信彦，林田博明，西村次男，魚本健人，(2002)，既設 30 年以上のコンクリート建築物の劣化調査: 生産研究，54，3，pp.62-65.
5. 石関嘉一，西村次男，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの特性に関する基礎的研究(19)－吹付けコンクリートの粒子速度が吹付け性状に及ぼす影響－: 生産研究, 54, 3, pp.66-69.
6. 大野俊夫，細川佳史，石関嘉一，西村次男，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの特性に関する基礎的研究(20)－トンネル施工現場における吹付けコンクリートの強度特性－: 生産研究，54，3，pp.70-72.
7. 藤井剛，細川佳史，石関嘉一，西村次男，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの特性に関する基礎的研究(21)－トンネル施工現場における吹付けコンクリートの施工時の圧送性－: 生産研究，54，3，pp.74-77.
8. 横澤祐希，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの特性に関する基礎的研究(22)－ニューラルネットワークによる吹付けコンクリートの品質推定手法の現場適用性－: 生産研究，54，3，pp.78-81.
9. 高羅信彦魚本健人，(2002)，サーモグラフィー法によるコンクリート構造物の検査手法の開発: 生産研究，54，3，pp.82-85.
10. 渡部聡子，魚本健人，(2002)，24 年間供用した鉄筋コンクリート壁高欄の劣化・耐久性調査.: 生産研究，54，3，pp.86-89.
11. 星野富夫, 魚本健人, (2002), 損傷を付与したエポキシ樹脂塗装鉄筋の電気化学特性: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， 1035-1036
12. 野村謙二魚本健人，(2002)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その 6）－基層アスファルト混合物のひびわれ追従性の検討－ : 生産研究，54，5 pp.351-354.
13. 野村謙二，魚本健人，(2002)，道路橋における鉄筋コンクリート床版の防水工に関する研究（その 7）－基層アスファルト混合物の耐流動性・防水性の確保方策－: 生産研究，54，5，pp.355-358.
14. Harsha Prinyankara SOORIYAARACHCHI，Tugio NISHIMURA，Sudhir MISRA，and Taketo

UOMOTO, (2002), An Experimental Study to Evaluate Failure Surface of the Concrete-Repaire Material Interface2002.11：生産研究，54，6，pp.56-59.
15. 関島謙蔵，魚本健人，(2002)，光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強材の破壊予知センサー機能（1）：生産研究，54，6，pp.60-63.
16. Quoc Huu Duy Phan and Taketo Uomoto，(2002)，Prediction of Rheoloigical Properties of Mortar Using Neural Network: 生産研究，54，6，pp.64-65.
17. 杉山知巳，魚本健人，(2002)，化学混和材がセメント硬化体の空隙構造に及ぼす影響: 生産研究，54，6，pp.66-69.
18. 伊代田岳史，魚本健人，(2002)，若材齢時における乾燥後の水分再供給による水和進と細孔径分布の関係: 生産研究，54，6，pp.70-73.
19. 伊代田岳史，魚本健人，(2002)，配合と養生環境の違いが質量変化と水和反応.内部組織構造に与える影響: 生産研究，54，6，pp.74-77.
20. 杉山基美，魚本健人，(2002)，新しいガラス繊維を用いた GFRP ロッドの強度と耐久性に関する研究: 生産研究，54，6，pp.78-81.
21. 魚本健人，(2002)，コンクリート構造物の劣化度調査技術の現状と展望: 土木構造・材料論文集，　第 18 号
22. 杉山知巳，太田晃，魚本 健人，(2002)，セメント硬化体の空隙構造に及ぼす化学混和剤の影響: セメント・コンクリート論文集，55，pp.49-53.
23. Taketo Uomoto，Hirooshi Mutsuyoshi，Futoshi Katsuki　and Sudhir Misra，(2002)，Use of Fiber Reinforced Polymer Composites as Reinforcing Material for Concrete: JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING. 191-209. American Society of Civil Engineers
24. 魚本健人，河野広隆，十河茂幸，野口貴文，(2002)，委員会報告「コンクリート構造物の高信頼性施工システム研究委員会報告」：コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.1-8.
25. 杉山知巳，魚本 健人，(2002)，化学混和剤の特性がセメント硬化体の空隙構造に与える影響: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.141-146.
26. 大野俊夫，坂本淳，荒木昭俊，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの強度特性に関する一考察: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.297-302.
27. 伊藤一聡，岸利治，魚本健人，(2002)，種々の養生温度下で形成されたセメント硬化体の空隙構: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.489-494.
28. 石関嘉一，船川勲，西村次男，魚本健人，(2002)，実施工における吹付けコンクリートの充填性および硬化物性: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.525-530.
29. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，塩化物イオンの移動評価におけるひび割れのモデル化: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.573-578.
30. 蔵重勲，魚本健人，(2002)，硫酸の作用を受けるセメント硬化体の劣化予測手法に関する検討: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.615-620.

31. 藤井剛，清水哲史，伊藤正憲，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの圧送性に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.873-878.
32. 宮本一成，魚本健人，勝木太，(2002)，各種要因が PC グラウトの充填性に及ぼす影響: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.1041-1046.
33. 細川佳史，松浦誠司，田中徹，魚本健人，(2002)，ニューラルネットワークによる吹付けコンクリートの施工最適化システムの構築: コンクリート工学, 年次論文集, 24, 1, pp.1059-1064.
34. Quoc Huu Duy Phan，Koji BABA，Taketo UOMOTO，(2002)，PREDICTION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MORTAR FOR SHOTCRETE USING NEURAL NETWORK2002.6C : コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.1065-1070.
35. 野村謙二，魚本健人，(2002)，床版防水工がアスファルト舗装に及ぼす影響: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.1089-1094.
36. 赤坂雄司，安藤慎一郎，杉山律，魚本健人，(2002)，実施工における吹付けコンクリートの施工性: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.1293-1298.
37. 渡部聡子，魚本健人，(2002)，非破壊検査による 24 年供用した鉄筋コンクリート壁高欄の調査: コンクリート工学，年次論文集，24，1，pp.1467-1272.
38. 魚本健人，河野広隆，十河茂幸，野口貴文，(2002)，コンクリート構造物の高信頼性施工システム: コンクリート工学，Vol.40， No.12， pp.17-22.
39. Taketo UOMOTO，(2002)，App.lication of Non-destructive Inspection to Concrete Structures: URBAN STAFETY ENGINEERING 2001
40. Taketo Uomoto，(2002)，Utilization of Used and Recycled Products for Concrete in Japan: CSCE2002(Canada)
41. Kenji NOMURA and Taketo UOMOTO，(2002)，Study on Water-proof-layer for Reinforced Concrete Slabs in Road Bridges : fib2002(Osaka)
42. Yoshifumi Hosokawa and Taketo Uomoto，(2002)，Fundamental study on quantitative evaluation of accelerator properties]: SHORCRETE FOR UNDERGROUND SUPP.ORT IX, pp.112-117.
43. Akinobu Hirama，Tsugio Nishimura and Taketo Uomoto，(2002)，Effect of accelerator on quality of shotcrete2002.11 : SHORCRETE FOR UNDERGROUND SUPP.ORT IX, pp.118-129.
44. Yoshikazu Ishizeki，Tsugio Nishimura and Taketo Uomoto，(2002)，Effect of shorcreting velocity on various properties of shotcrete: SHORCRETE FOR UNDERGROUND SUPP.ORT IX，pp.130-137.
45. Quoc Huu Duy Phan and Taketo Uomoto，(2002)，Simulation of shotcrete using distinct element method to predict the variation of rebound ratio with mix proportion and shooting volume: SHORCRETE FOR UNDERGROUND SUPP.ORT IX，pp.170-177.

46. 杉山知巳，魚本健人，(2002)，化学混和剤を使用したセメント硬化体の空隙構造に関する研究: 第 56 回セメント技術大会講演要旨，pp. 78-79.
47. 細川佳史，魚本健人，(2002)，急結剤の急結特性に関する基礎的研究: 第 56 回セメント技術大会講演要旨，pp.92-93.
48. 渡部聡子，魚本健人，(2002)，既設鉄筋コンクリート壁高欄の劣化調査及び耐久性予測に関する一考察: 第 56 回セメント技術大会講演要旨， pp.126-127.
49. 奥山康二，西村次男，魚本健人，本村均，(2002)，コンクリート用表面コーティング材の防水性に関する研究 ： 第 56 回セメント技術大会講演要旨，pp.340-341.
50. 平田隆祥，魚本健人，十河茂幸，(2002)，超音波伝播解析による積層コンクリートのひび割れ深さ測定精度の検討: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， ，pp.367-368.
51. 高羅信彦，魚本健人，(2002)，サーモグラフィー法による空隙部の簡易検査手法の提案: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.419-420.
52. 金田尚志，魚本健人，(2002)，鉄筋コンクリート構造物のライフサイクルコストと維持管理計画: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.523-524.
53. 渡部聡子，魚本健人，(2002)，既設鉄筋コンクリート壁高欄の中性化の進行に関する一考察: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.541-542.
54. 奥山康二，西村次男，本村均，魚本健人，(2002)，コンクリート用表面コーティング材の防水性に関する研究: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.575-576.
55. Harsha Sooriyaarachchi，Taketo Uomoto，and Tsugio Nishimura，(2002)，Performance of Mechanically Repaired RC-Beams: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.593-594.
56. 伊藤一聡，岸利治，魚本健人，(2002)，種々の養生温度下で形成されたセメント硬化体の空隙構造に関する一考察: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.949-950.
57. 赤坂雄司，安藤慎一郎，坂本淳，杉山律，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの圧送空気性状と施工特性: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.961-962.
58. 藤井剛，大野一昭，清水哲史，栗林勇司，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの圧送性に関する一考察: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.963-964.
59. 石関嘉一，船川勲，西村次男，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの充填性および硬化物性: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.965-966.
60. 平間昭信，伊藤正憲，荒木昭俊，魚本健人，(2002)，吹付けコンクリートの初期材齢における強度発現性に関する研究: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集， V，pp.967-968.
61. Quoc Huu Duy Phan and Taketo Uomoto，(2002)，Using DEM Simulation to Observe the Variation of Shotcrete Mix Proportion and Rebound Ratio during Shooting: 土木学会第 57 回

年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.987-988.
62. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，ひび割れを有するコンクリート中の塩化物イオン移動のモデル化：土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1063-1064.
63. 白勢和道，渡部聡子，魚本健人，(2002)，付着した窒素酸化物が RC 道路橋の耐久性に及ぼす影響評価: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1075-1076.
64. 畑中菜穂子，蔵重勲，魚本健人，(2002)，各種混和材によるコンクリートの耐硫酸性向上: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1077-1078.
65. 蔵重勲，畑中菜穂子，魚本健人，(2002)，各種酸によるセメント硬化体侵食に関する実験的検討: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1083-1084.
66. 樫村能成，魚本健人，(2002)，シース及び PC 鋼材の径の違いが PC グラウトの充填性に及ぼす影響: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1241-1242.
67. 杉山知巳，魚本健人，(2002)，化学混和剤がセメント硬化体の空隙構造形成に及ぼす影響に関する基礎的研究: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1453-1454.
68. 細川佳史，松浦誠司，田中徹，魚本健人，(2002)，急結剤の水和と急結特性の関係に関する基礎的検討: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ，pp.1463-1464.
69. 野村謙二，魚本健人，(2002)，道路橋における鉄筋コンクリート床板上のアスファルト混合物の吸水性: 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，.CS4，pp.189-190.
70. 加藤絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，ひび割れがコンクリート中の塩化物イオン移動性状に及ぼす影響: コンクリートの耐久性データベースフォーマットに関するシンポジウム論文集，pp.1-4.
71. 蔵重勲，魚本健人，(2002)，硫酸によるセメント硬化体劣化に関する影響要因: コンクリートの耐久性データベースフォーマットに関するシンポジウム論文集，pp.47-50.
72. 小長井一男，目黒公郎，他，(2002)，地震断層に対する社会基盤施設の防災性の向上への課題: 生産研究.東京大学生産技術研究所，Vol.54，No.6，pp.3-9.
73. 上半文昭，目黒公郎，(2002)，RC 柱の耐震補強前後の損傷挙動シミュレーション: 鉄道総研報告，第 16 巻，第 8 号，pp.17-22.
74. Pradeep Kumar Ramancharla and Kimiro Meguro，(2002)，3D Numerical Simulation of Faults Using Applied Element Method: Proceedings 4th International Summer Symposium. JSCE, pp.65-68.
75. 上半文昭，目黒公郎，(2002)，微動測定を利用した地震時構造物損傷度検査手法: 生産研究.東京大学生産技術研究所，Vol.54，No.6，pp.38-42.
76. 目黒公郎，藤田卓，(2002)，ポテンシャルと VR を組み合わせた新しい避難シミュレーションツールの開発: 生産研究.東京大学生産技術研究所，Vol.54， No.6，pp.43-46.
77. 目黒公郎，(2002)，応用要素法（Applied Element Method. AEM）-連続体から非連続体までの挙動を高精度に追跡する次世代構造解析法-: 平成 13 年実務者のための耐震設計入門別冊　土木学会，19 ページ（pp.特 A-1～A-19）

78. Kimiro MEGURO and Hatem Sayed TAGEL-DIN，(2002)，Applied Element Method Used for Large Displacement Structural Analysis: Journal of Natural Disaster Science， Vol. 24， No. 1，pp.25-34.
79. 秦康範，目黒公郎，(2002)，電力供給量の変化に着目した建物被害評価に関する基礎研究: 土木学会論文集 I 巻　土木学会，第 696 巻，58 号，pp.185-195.
80. 目黒公郎，(2002)，わが国の地震防災上の最重要課題の解決に向けてー既存不適格構造物の耐震改修を促進させる環境整備についてー: オペレーションズ・リサーチ.社団法人　日本オペレーションズ・リサーチ学会，第 47 巻，7 号，pp.417-423.
81. 秦康範，目黒公郎，(2002)，発生時刻と継続時間を考慮した年停電の影響度評価: 土木学会論文集 I 巻　土木学会，第 717 巻，61 号，pp.107-117.
82. Pradeep K.RAMANCHARA，Kimiro MEGURO，(2002)，NON-LINEAR STATIC MODELING OF DISP-SLIP FAULTS FOR STUDYING GROUND SURFACE DEFORMATION USING APPLIED ELEMENT METHOD: Structural Eng./Earthquake Eng..JSCE，Vol. 9，No.2，pp.169-178.
83. 秦康範，目黒公郎，(2002)，地震直後からの被害把握を目的とした電力需要のミクロ評価の試み: 地域安全学会論文集，地域安全学会，No.4，pp.79-86.
84. 吉村美保，目黒公郎，(2002)，公的費用の軽減効果に着目した木造住宅耐震補強助成制度の評価: 地域安全学会論文集，地域安全学会，No.4，pp.247-254.
85. 近藤伸也，目黒公郎，(2002)，実効性の高い防災対策を実現できる災害情報データベースの構築: 地域安全学会論文集，地域安全学会，No.4，pp.261-266.
86. 上半文昭，目黒公郎，(2002)，微動測定を利用した地震時構造物損傷度検査手法に関する実験的研究: 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, 地盤工学会他関連 7 学協会，pp.1975-1980.
87. 秦康範，目黒公郎，(2002)，電力供給量を利用した被災地のリアルタイム復旧・復興モニタリング: 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集，地盤工学会他関連 7 学協会，pp.2335-2338.
88. 目黒公郎，(2002)，使えないマニュアルから使えるマニュアルへ，実行力のある次世代マニュアルの提案: 土木学会誌，Vol.87，No.12，pp.40-42.
89. Pradeep Kumar RAMANCHARLA and Kimiro MEGURO，(2002)，NUMERICAL STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF THE GROUND RESPONSES IN THE NEAR-FAULT REGIONS: 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集，地盤工学会他関連 7 学協会，pp.397-400.
90. 新倉一郎，目黒公郎，(2002)，応用要素法における RC 構造のせん断破壊機構の改善と崩壊シミュレーション: 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集，地盤工学会他関連７学協会，pp.1411-1416.
91. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2002)，Evaluation of Financial Support System

for Retrofitting of Low Earthquake-Resistant Timber Houses Based on Reduction in Governmental Expenses: 27th Annual Hazards Research and Applications Workshop. Colorado

92. Kimiro MEGURO，(2002)，Development of A New Generation Disaster Manual for Implementation of Efficient Disaster Countermeasures: 27th Annual Hazards Research and Applications Workshop. Colorado
93. Kimiro MEGURO，(2002)，Financial Losses Due to Kobe Earthquake: Proceedings. WSSI Workshop on Earthquake Related Insurance and Financial Risk Management. 10pages. World Seismic Safety Initiative (WSSI) & North-West Regional Foundation Supporting President's Programs. St. Petersburg. Russia
94. Paola Mayorca and Kimiro Meguro，(2002)，Extension of the Applied Element Method for the Analysis of Masonry Structures: Proceedings 4th International Summer Symposium. JSCE, pp.41-44.
95. Bishnu Hari Pandey Kimiro Meguro，(2002)，Applied Element Simulation of Masonry Wall Behavior Under In-Plane Lateral Loading: Proceedings 4th International Summer Symposium. JSCE，pp.77-80.
96. Fumiaki Uehan. Kimiro Meguro，(2002)，Damage Assessment of Railway Structures Using Numerical Simulation and Vibration Measurement: . Proceedings of the 8th workshop on earthquake resistant design of lifeline facilities and countermeasures against liquefaction，11p.
97. Kimiro Meguro and Pradeep Kumar Ramancharla，(2002)，Dynamic Simulation of Base Fault Motion for Studying Ground Surface Deformation: Proceedings of the 8th workshop on earthquake resistant design of lifeline facilities and countermeasures against liquefaction，11p.
98. Kimiro MEGURO，(2002)，Licensing Issues in Japan for Architect. Engineers & Contractors: Proceedings. WSSI Workshop on Professional Issues for Earthquake Safety of Built Environment. 10pages. World Seismic Safety Initiative (WSSI). Mumbai. India
99. 秋本里恵，目黒公郎，(2002)，地震リスクを加味した不動産評価の実用に向けての一考察: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 I 部門，I-743，pp.1485-1486.
100. Mayorca Paola, 目黒公郎, (2002), Modeling of Masonry Structures using the Applied Element: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 I 部門，I-786，pp.1571-1572.
101. 目黒公郎，新倉一郎，(2002)，応用要素法(AEM)における RC 構造のせん断破壊機構の改善と崩壊シミュレーション: 第 11 回日本地震工学シンポジウムアブストラクト集.地盤工学会他関連 7 学協会，pp.261.
102. 上半文昭，目黒公郎，(2002)，微動測定を利用した地震時構造物損傷度検査手法に関する実験的研究: 第 11 回日本地震工学シンポジウムアブストラクト集　地盤工学会他関連 7 学協会，pp.364.
103. 目黒公郎，近藤伸也，(2002)，災害対応を含めた総合的な防災対策を実現するための次世代型の災害情報データベースと防災マニュアルについて: 第 3 回システムインテグ

レーション部門講演会講演論文集（ ），3P52-02，pp.203-204.
104. 黒田武大，目黒公郎，(2002)，応用要素法(AEM)を用いた軸方向鉄筋の座屈を考慮したRC 柱曲げ破壊解析: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-064，pp.127-128.
105. 西之谷香奈，目黒公郎，(2002)，応用要素法における要素寸法依存性の改善に関する研究: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-065，pp.129-130.
106. 長島浩，目黒公郎，(2002)，応用要素法（AEM）における地中構造物の破壊シミュレーションについて: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-711，pp.1421-1422.
107. 吉村美保，目黒公郎，(2002)，既存不適格住宅の耐震補強補助制度の評価: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-741，pp.1481-1482.
108. 榎本美咲，目黒公郎，(2002)，三次元拡張個別要素法を用いた地震時の家具の動的挙動シミュレーション: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-747，pp.1493-1494.
109. Pandey Bishnu Hari，目黒公郎，(2002)，Simulation of Masonry Shear Wall Behavior by Applied Element Method: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 I 部門, I-785, pp.1569-1570.
110. Ramancharla PradeepKumar，目黒公郎，(2002)，A Study on Response of Soil Deposits in the Near-Fault Regions using Applied Element Method: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-884，pp.1767-1768.
111. 濱田俊介，目黒公郎，(2002)，総合的防災対策支援システムの開発: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 IV 部門，IV-294，pp.587-588.
112. 近藤伸也，目黒公郎，(2002)，防災対策に効果的に利用できる災害情報データベースの構築: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 IV 部門，IV-296，pp.591-592.
113. 秦康範，目黒公郎，(2002)，2000 年東海豪雨における電力供給量の変動と浸水被害の関係.: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 IV 部門，IV-311，　pp.621-622.
114. 新倉一郎，目黒公郎，(2002)，コンクリート構造の応用要素法(AEM)解析におけるせん断破壊機構の改善と崩壊シミュレーション: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 V 部門，V-086，pp.171-172.
115. 藤田卓，目黒公郎，(2002)，ポテンシャルモデルと VR を組み合わせた新しい避難シミュレーションツールの開発: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，共通セッション，CS1-022，pp.43-44.
116. 杉本太一，目黒公郎，(2002)，楕円形個別要素法を用いた人間の避難行動解析に関する基礎的研究: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-062，pp.123-124.
117. 目黒公郎，藤田卓，(2002)，ポテンシャルモデルと VR を組み合わせた避難シミュレー

ションモデルの開発: 第 21 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集　日本自然災害学会，pp.75-76.
118. 目黒公郎，Bishnu H.Pandey，(2002)，組積構造物の破壊挙動解析への応用要素法適用の試み: 第 21 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集　日本自然災害学会， pp.77-78.
119. 目黒公郎，秦康範，(2002)，電力供給量の変動を利用した浸水被害の推定に関する基礎的検討: 第 21 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集　日本自然災害学会，pp.97-98.
120. 目黒公郎，Pradeep Kumar RAMANCHARA，(2002)，Numerical Study on The Characteristics of The Ground Responses in The Near-Fault Regions: 第 11 回日本地震工学シンポジウムアブストラクト集　地盤工学会他関連 7 学協会，pp.77.
121. 秦康範，目黒公郎，(2002)，電力供給量を利用した被災地のリアルタイム復旧・復興モニタリング: 第 11 回日本地震工学シンポジウムアブストラクト集　地盤工学会他関連７学協会，pp.431.
122. 目黒公郎，(2002)，切迫する地震と君たちの将来―巨大地震から自分と自分の最も大切なものを守るためにー: 6p.
123. 目黒公郎, (2002), 効果的な防災対策を実現するために―ハードとソフト.事前と事後―: 2002 年災害研究フォーラム:巨大地震の災害シナリオ，東海・東南海・南海地震―そのとき何が起こるか―要旨集，25p.
124. 目黒公郎，(2002)，防災力・危機管理力を向上させる使えるマニュアルとは: TRIGGER １月号,
125. K.Meguro and T.Takahashi，(2002)，System for Promotion of Retrofitting of Existing Pre-code Revision Structures: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science，No.35， pp.145-154.
126. K.Konagai，K.Meguro，J.Koseki，K.Ohi，H.Sato，J.Kohiyama，M.Estrada，J.Johansson，P.Mayorca，R.Guzman， andT.Kimera，(2002)，Provisional Report of the June 23. 2001. Atico Earthquake: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. The University of Tokyo.　No.35. pp.3-19.
127. P.K.Ramencharla and K.Meguro，(2002)，Effect of Seismic Base Fault Motion on Stress　and Deformations in Soil Deposit-a 3D Numerical Approach-: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. The University of Tokyo，No.35，pp.105-113.
128. F.Uehan and K.Meguro，(2002)，Simulation of Failure Mechanism of Vulnerable RC Column before and after Seismic Strengthening: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. The University of Tokyo.，No.35，pp.115-123.
129. M.Yoshimur and K.Meguro，(2002)，Use of Earthquake Prediction Data for Cost-Benefit Evaluation of Retrofitting Existing Houses: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research

Center. Institute of Industrial Science，No.35，pp.125-133.
130. K.Meguro and Y.Hada，(2002)，Application of Power Demand Changes to Evaluate Building and Dwelling Damages due to Earthquake: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science，No.35. pp.135-144.
131. 目黒公郎，(2002)，既存不適格構造物の耐震補強推進策についての提言: 震災予防，No.185，pp.33-35.
132. 土屋直也，村上周三，加藤信介，大岡龍三，(2002)，非等温室内気流の LES データベースを用いた ASM. WET モデル, 渦粘性モデルの評価: 生産研究，54 巻 1･2 号, pp.18-23.
133. 陳宏，大岡龍三，原山和也，村上周三，吉田伸治，(2002)，対流・放射連成解析による建物表面緑化の屋外環境緩和効果の検討: 生産研究，54 巻 1・2 号， pp.84-88.
134. 吉田伸治，大岡龍三，村上周三，原山和也，(2002)，CFD 解析による人工排熱が都市のヒートアイランドに及ぼす影響の検討: 生産研究， 54 巻 1・2 号， pp.79-83.
135. 図説テキスト 建築環境工学 第 3 章 熱と空気，(2002)，加藤信介，土屋義郎，大岡龍三: 彰国社， pp.63-92.
136. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，(2002)，対流・放射連成解析による建物表面緑化の屋外環境緩和効果の検討: 第 18 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス， pp.1-4.
137. M. F. Yassin, S. Kato, R. Ooka, S. Murakami, T. Takahashi, T. Ohtsu, and R. Kouno, (2002), Wind Tunnel study on Prediction Method of Wind Characteristics over Local Topography for Suitable site of Wind Power Station (Part 6). Properties of Flow over a Three-Dimensional Ridge Crossing Hill: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2， pp.503-504.
138. 河野良坪, 加藤信介, 大岡龍三, 高橋岳生, 村上周三, 大津朋博, M. F. Yassin, (2002), 風力発電用風車建設最適地検討用の局所風況予測モデルに関する風洞模型実験（その 7）. 風車後流の風速分布に関する検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.505-506.
139. 菅健太郎，加藤信介，大岡龍三，金泰延，齊藤義明，池澤広和，(2002)，複雑形状を有する大空間の温熱環境解析. ガラス建築の大空間の対流放射連成解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2， pp.257-258.
140. 上原瞳，加藤信介，村上周三，大岡龍三，伊香賀俊治，白石靖幸，平野智子，(2002)，ポーラス型居住区の環境工学的特性の解明 （その 12）ハノイ実験住宅におけるボイド配置が通風性状に及ぼす影響の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.1025-1026.
141. 河田祐二，吉田伸治，大岡龍三，(2002)，街路樹による暑熱環境緩和効果に関する研究（その 2）樹冠の工学的深さ，葉面積密度の簡易推定方法の提案: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1， pp.961-962.
142. 大岡龍三，吉田伸治，原山和也，村上周三，持田灯，(2002)，都市の熱代謝に基づく熱

環境評価に関する研究（その 1）都市の熱代謝モデルの提案と東京都区部の熱環境評価への適用: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1， pp.901-902.
143. 大津朋博, 加藤信介, 村上周三, 高橋岳生, 大岡龍三, M. F. Yassin, 河野良坪, (2002), 風力発電用風車建設最適地検討用の局所風況予測モデルに関する風洞模型実験（その 5）3 次元丘陵模型周囲の各種乱流統計量の測定: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2， pp.501-502.
144. 吉田伸治，原山和也，大岡龍三，村上周三，(2002)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO に関する研究（その 4）NCRO1 を利用した屋上緑化・地上緑化の効果の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1， pp.927-928.
145. 宮本英和，吉田伸治，大岡龍三，(2002)，基礎杭利地熱空調システムの研究開発（その 3）基礎杭利地熱空調を事務所建築に適用した場合の省エネルギー効果の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2， pp.1197-1198.
146. 足永靖信，村上周三，森川泰成，持田灯，大岡龍三，吉田伸治，大黒雅之，小野寛也，(2002)，CFD による川風の熱空気環境改善効果の解析（その 2）建物配置変更による川風の制御: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.881-882.
147. 大橋えり，大岡龍三，吉田伸治，(2002)，スギ花粉粒子の空気力学径について（その 2）. アンダーセンサンプラーを用いた野外実測結果より: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2， pp.971-972.
148. 鈴木淳一，吉田伸治，大岡龍三，黒谷靖雄，(2002)，CFD 解析による出雲地方の築地松が有する防風効果の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1， pp.871-872.
149. 吉田伸治，大岡龍三，竹内正紀，宮本重信，加賀久宣，宮本英和，(2002)，基礎杭利用地熱空調システムの研究開発. 福井県の事務所ビルへの基礎杭利用地熱空調システムの導入効果の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1257-1260.
150. 陳宏，大岡龍三，原山和也，加藤信介，(2002)，中国・深せんの屋外環境共生空間に関する研究（その 2）. 対流・放射連成解析を用いた建物形状・植栽配置の改変による屋外温熱環境改善効果の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1029-1032.
151. 上原瞳，村上周三，加藤信介，大岡龍三，伊香賀俊治，白石靖幸，平野智子，(2002)，ポーラス型居住区の環境工学的特性の解明(その 10) CFD 解析に基づく換気効率指標を用いたハノイ実験住宅の換気計画: 日本建築学会関東支部研究報告集， ，pp.685-688.
152. 大黒雅之，村上周三，森川泰成，持田灯，足永靖信，大岡龍三，吉田伸治，小野浩史，(2002), 建物配置変更による川風の制御に関する CFD 解析: 日本建築学会関東支部研究報告集， Ⅰ，pp.669-672.
153. 大黒雅之，村上周三，森川泰成，持田灯，足永靖信，大岡龍三，吉田伸治，小野浩史，(2002)，CFD による川風の熱空気環境改善効果の解析: 日本建築学会関東支部研究報告

集， ， pp.665-668.
154. 平野智子，加藤信介，村上周三，大岡龍三，伊香賀俊治，白石靖幸，上原瞳，水石仁，(2002)，ポーラス型居住区の環境工学的特性の解明 （その 11）ポーラス型住棟モデルにおける冷房負荷と CO2 排出量の削減効果の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1， pp.1023-1024.
155. 原山和也，大岡龍三，吉田伸治，村上周三，(2002)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO に関する研究（その 3）．都市の温熱環境設計を評価するための新しい CRO の提案: 日本建築学会大会学術講演梗概集， D-1， pp.925-926.
156. 陳宏，大岡龍三，原山和也，加藤信介，(2002)，中国・深せんの屋外環境共生空間に関する研究（その 1）CFD 解析による建物形状・植栽配置の変化が屋外温熱環境改善効果に及ぼす検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集， D-1， pp.929-930.
157. 大黒雅之，村上周三，森川泰成，持田灯，足永靖信，大岡龍三，吉田伸治，小野寛也，(2002)，CFD による川風の熱空気環境改善効果の解析－その 1. 河川の有無による温熱環境の変化: 日本建築学会大会学術講演梗概集， D-1， pp.879-880.
158. 高橋岳生，加藤信介，大岡龍三，村上周三，大津朋博，河野良坪，M．F．Yassin，(2002)，風力発電用風車建設最適地検討用の局所風況予測モデルに関する風洞模型実験（その 8）．抗力測定からみた風車の配置計画に関する検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集， D-2， pp.507-508.
159. 上原瞳，加藤信介，村上周三，大岡龍三，伊香賀俊治，白石靖幸，平野智子，(2002)，ポーラス型居住区の環境工学的特性の解明 （その 13）．ハノイ実験住宅のモデル概要及び CFD 解析に基づくボイドの通風性状評価: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集， pp.801-804.
160. 大橋えり，吉田伸治，大岡龍三，宮沢博，(2002)，スギ花粉による室内空気汚染（4）．アンダーセンサンプラーを用いた野外実測より: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集， pp.1397-1400.
161. 足永靖信，村上周三，森川泰成，持田灯，大岡龍三，吉田伸治，大黒雅之，(2002)，河川岸に建つ住宅団地の屋外温熱環境に対する屋上緑化および保水性舗装の効果に関する数値解析（その 2）夏期昼間弱風時の解析結果: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1021-1024.
162. 大岡龍三，吉田伸治，原山和也，村上周三，持田灯，(2002)，都市の熱代謝に基づく熱環境評価に関する研究（その 2） 都市の熱代謝モデルによる東京都区部の熱環境評価: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集， pp.1001-1004.
163. 大黒雅之，村上周三，森川泰成，持田灯，足永靖信，大岡龍三，吉田伸治，(2002)，河川岸に建つ住宅団地の屋外温熱環境に対する屋上緑化および保水性舗装の効果に関する数値解析（その 1）計算概要および夏期昼間平均風速時の解析結果: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集， pp.1017-1020.

164. 原山和也，大岡龍三，吉田伸治，村上周三，(2002)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO に関する研究（その 5）都市の対流・放射環境を評価するための新しい指標 NCRO の提案: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1025-1028.
165. 吉田伸治，大岡龍三，竹内正紀，宮本重信，加賀久宣，宮本英和，(2002)，基礎杭利用地熱空調システムの研究開発 数値解析による最適基礎杭利用空調システムの検討: 日本冷凍空調学会学術講演会講演論文集，pp.37-40.
166. 加賀久宣，竹内正紀，宮本重信，大岡龍三，(2002)，基礎杭利用地中熱空調システムの研究開発 実際の建物へのシステム導入と導入効果の検討: 日本冷凍空調学会学術講演会講演論文集，pp.41-44.
167. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，村上周三，Mohamed F， Yassin，(2002)，風車模型後流の流れ性状に関する風洞模型実験: 第 18 回風工学シンポジウム，pp.149-154.
168. 原山和也，大岡龍三，吉田伸治，村上周三，(2002)，都市の対流・放射環境を評価するための新しい指標 NCRO の提案: 第 18 回風工学シンポジウム， pp.77-82.
169. 吉田伸治，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2002)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO を用いた街区の風系と温熱環境評価に関する研究: 第 18 回風工学シンポジウム，pp.71-76.
170. Mohamed F.Yassin，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2002)，市街地における汚染拡散の流れ場・拡散場の予測モデルに関する風洞模型実験: 第 18 回風工学シンポジウム，pp.65-70.
171. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，原山和也，(2002)，対流・放射連成解析を用いた中国・深圳市の集合住宅の屋外温熱環境に関する研究: 第 16 回数値流体シンポジウム講演論文集
172. 原山和也，吉田伸治，大岡龍三，村上周三，持田灯，(2002)，都市の熱代謝モデルに基づく都市気候解析に関する研究（その 1） 都市の熱代謝モデルの提案と東京都区部の熱環境評価: 第 16 回数値流体シンポジウム講演論文集
173. 木村敦子，持田灯，吉野博，大岡龍三，吉田伸治，(2002)，植生 Canopy モデルを用いた築地松の防風効果の数値予測: 第 16 回数値流体シンポジウム講演論文集
174. 吉田伸治，大岡龍三，村上周三，原山和也，(2002)，人工排熱が都市のヒートアイランド現象に及ぼす影響の CFD 解析: 福井大学工学部研究報告，第 50 巻，第 1 号， 5pp.
175. 吉田伸治，原山和也，大岡龍三，村上周三，持田灯，(2002)，屋外温熱環境形成寄与率 CRO を用いた街区の温熱環境評価に関する研究: 福井大学工学部研究報告，第 50 巻，第 1 号， 5pp.
176. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，欠陥を有するモルタル試験体の透気性に関する一考察 -その 2-: 生産研究，Vol.54，No.1，pp.103-106.
177. 加藤佳孝，(2002)，構成材料の空間的特性を考慮したコンクリートの拡散性状のモデル

化: 生産研究，Vol.54，No.5，pp.45-48.
178. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，ひび割れを有するコンクリート中の塩化物イオン移動のモデル化: 土木学会年次学術講演会概要集 第 5 部，Vol.57，pp.1063-1064.
179. コンクリートの耐久性に関する研究の現状とデータベース構築のためのフォーマットの提案，コンクリートライブラリー109 号，土木学会，2002
180. コンクリート構造物の高信頼性施工システム研究委員会報告書，日本コンクリート工学協会，2002
181. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，（2002），塩化物イオンの移動評価におけるひび割れのモデル化: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.24，pp.573-578.
182. 加藤絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2002)，ひび割れがコンクリート中の塩化物イオン移動性状に及ぼす影響: コンクリートの耐久性データベースフォーマットに関するシンポジウム論文集，コンクリート技術シリーズ 46，pp.1-4.
183. 加藤佳孝，田中芳光，西野仁，島崎敏一，(2002)，建設分野における技術評価手法の提案: 建設マネジメント研究論文集，2002
184. 吉村美保，目黒公郎，(2002)，公的費用の軽減効果に着目した木造住宅耐震補強助成制度の評価: 地域安全学会論文集，地域安全学会，No.4，pp.247-254.
185. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO, (2002), Evaluation of Financial Support System for Retrofitting of Low Earthquake-Resistant Timber Houses Based on Reduction in Governmental Expenses: 27th Annual Hazards Research and Applications Workshop. Colorado
186. 吉村美保，目黒公郎，(2002)，既存不適格住宅の耐震補強補助制度の評価: 第 57 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-741，pp.1481-1482.
187. M.Yoshimur and K.Meguro，(2002)，Use of Earthquake Prediction Data for Cost-Benefit Evaluation of Retrofitting Existing Houses: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science，No.35，pp.125-133.
188. Kucera, J., Yasuoka, Y., & Ito, A., (2002), Monitoring of Forest Fires and Description of Post-fire Succession Using Terrestrial Ecosystem Model: In Proceeding of the ISPRS Commission VII Symposium. Resource and Environmental Monitoring, Hyderabad, India
189. Takeuchi, W., Nakano, T., Ochi, S., & Yasuoka, Y., (2002), Monitoring of Fire-affected Area in West Siberia Using Spectral Mixture analysis ISPRS TC VII International Symposium on Resource and Environmental Monitoring. Hyderabad, India
190. Yasuoka, Y., (2002), Monitoring and Modeling of Global Environment, International Symposium on Resource and Environmental Monitoring, International Society of Photogrametry and Remote Sensing (ISPRS), Hyderabad, India. (Lead Talk)
191. Hazarika, K. M., & Prof. Y. Yasuoka., (2002), Estimation of Terrestrial Carbon Fluxes by

Integrating Remote Sensing with Ecosystem Modeling: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal

192. Nakajima, T., Guo, T., Ochi, S., & Yasuoka, Y. , (2002), Simulated Recovery of Information in Shadow Areas on IKONOS Image by Combining Airborne Laser Scanner (ALS) Data: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal
193. Oshiro, K., Takeuchi, W., & Yasuoka, Y., (2002), Short-term Change Detection with Precise Geometric Correction and Sub-pixel Land-cover Characterization of MODIS: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November (2002), Katmandu, Nepal
194. Ishihara, N., Ochi, S., Tamura, M., & Yasuoka, Y., (2002), Monitoring of Illegal Dumping Using Satellite Images: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal
195. Nakamura, M., Hirano, Y., Ochi, S., & Yasuoka, Y., (2002), Characterization of Urban Heat Radiation Flux Using Remote Sensing Imagery: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal
196. Tachizuka, S., Hung, T., Ochi, S., & Yasuoka, Y., (2002), Monitoring of Long-term Urban Expansion by the Use of Remote Sensing Images from Different Sensors: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal
197. Takahashi, T., Fujii, T., & Yasuoka, Y., (2002), Hyperspectral Remote Sensing of Riparian Vegetation and Leaf Chemistry Contents: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal
198. Guo, T., & Yasuoka, Y., (2002), Snake-based Approach for Building Extraction from High-resolution Satellite Images and Height Data in Urban Areas: The 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 25-29 November 2002, Katmandu, Nepal
199. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2002), Remote Sensing to Analyze the Changes of Biophysical Parameters in Vietnam's Urbanized Area: Proceedings of the 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 24-29 November 2002, Katmandu, Nepal
200. Yasuoka, Y., (2002), Monitoring and Modeling of Land Cover Processes, International Symposium on Evaluation and Terrestrial Carbon Storage and Dynamics by In-situ and Remote Sensing, Gifu, Japan. (Invited Keynote Speech)
201. Takeuchi, W., Nemoto, T., Baruah, J. P., Ochi, S., & Yasuoka, Y., (2002), Development of Terra MODIS Data Pre-processing System on WWW: International Symposium on Remote Sensing. Sokcho, Korea
202. Guo, T., & Yasuoka, Y., (2002), Data Fusion of High-resolution Satellite Images and Airborne Laser Scanning Data for Building Detection in Urban Environment: SPIE 3rd International Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symposium 2002. Remote Sensing of the Atmosphere, Ocean, Environment, and Space. Conference 4898/ Image Processing and Pattern

Recognition in Remote Sensing.27 Oct. 2002

203. Takeuchi, W., Nakano, T., Ochi, S., & Yasuoka, Y., (2002), Estimation of Methane Emission from West Siberian Lowland with Sub-pixel Land Cover Characterization: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium ,Toronto, Canada
204. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2002), MODIS Data for Terrestrial Ecosystem Monitoring in Indochina Region . A Study with Temperature-Vegetation Dryness Index (TDVI): Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics (GISIDEAS), 25-28 September 2002, Hanoi, Vietnam
205. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2002), Monitoring Urban Surface from Space. Case Study of Hochiminh City and Surrounding Region: Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics(GISIDEAS),25-28 September 2002, Hanoi ,Vietnam
206. Tsuruoka, M., Tsuruoka, Y., Shibasaki, R., Yasuoka, Y., & Murai, S., (2002), Analysis of Time-Space Effects of walking using Accelerometers and a Gyro Sensor System: Proc. of the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing Com. V Symposium, Close Range Imaging, Long-range Vision, Vol. XXXIV, Part B5, Com. V, pp.151-156, Corfu, Greece
207. Guo, T., & Yasuoka, Y., (2002), Combining High Resolution Satellite Imagery and Airborne Laser Scanning Data for Generating Bare Land DEM in Urban Areas: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.XXX IV part No. 5/W3.In CD, 25 Mar. 2002
208. Kucera, J., Ito, A., & Yasuoka, Y., (2002), Regional Monitoring and Modeling of Forest Fire Disturbance: In Proceedings of the 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Buenos Aires, 2002
209. Oki, K., & Yasuoka, Y., (2002), Estimation of Chlorophyll Concentration in Lakes and Inland Seas Using Field Spectroradiometer above Water Surface: Applied Optics, Vol.41 (30), pp.6463-6469.
210. 平野勇二郎，安岡善文，柴崎亮介，(2002)， 都市域を対象とした NDVI による実用的な緑被率推定: 日本リモートセンシング学会誌, Vol.22, (2), pp.163-174.
211. 鶴岡政子，安岡善文，柴崎亮介，鶴岡百合子，(2002)，立位時における姿勢バランスへの影響に関する時空間的解析: 生体医工学, Vol.40, pp.129.
212. Stephen,G.U.,Shiyi, M., & Yasuoka,Y. (eds.), (2002), Image Processing and Pattern Recognition in Remote Sensing: Proceedings of SPIE (共編)
213. 安岡善文, (2002), リモートセンシングと人工衛星からのモニタリング, 地球環境ハンドブック（分担執筆）, pp.1010-1021.
214. 瀬戸島政博，赤松幸生，船橋学，今井靖晃，天野正博，(2002)，航空機レーザスキャナによる森林域の計測とその適用性：写真測量とリモートセンシング，日本写真測量学会，41 巻，2 号，pp. 15－26.

215. 瀬戸島政博，赤松幸生，今井靖晃，重松敏則，朝廣和夫，児玉滋彦，(2002)，
カラー航空写真上の季節の色調変化からみた里山構成樹種の識別に関する研究:
ランドスケープ研究，日本造園学会誌，65 巻，5 号，pp. 679-684.
216. 瀬戸島政博，今井靖晃，船橋学，岡崎亮太，(2002)，森林計測への航空機レーザスキャナの利用-落葉前後の航空機レーザスキャナデータを用いた地盤高・樹高の計測-:
写真測量とリモートセンシング，41 巻，4 号，pp. 41-45.
217. 瀬戸島政博，赤松幸生，今井靖晃，朝廣和夫，重松敏則，(2002)，時系列なカラー画像の色調変化に基づく里山構成樹種の区分について: 環境情報科学論文集，環境情報学センター，No. 16，pp. 177-180.
218. 瀬戸島政博，(2002)，里山とその保存(83)，里山林の持つ公益的機能(84)，里山保全のための植生情報整備(85)，リモートセンシング・GIS を用いた里山林の公益的な機能評価(86)，環境 GIS とその利用(99): 生態系読本「暮らしと緑の環境学」，地盤工学会，
pp. 167-168，pp. 169-170，pp. 171-172，pp. 173-174，pp. 199-200
219. 瀬戸島政博，(2002)，森林域における航空機レーザスキャナの利用に関する検証(1. 2)，事例系なオルソフォト画像を用いた里山林の常緑広葉樹区分(1. 8)，高分解能衛星を用いた常緑樹・落葉樹の区分(1. 10): 日本写真測量学会，「空間情報技術の実際」，pp. 3-10，
pp. 54-59，pp. 67-74.
220. 瀬戸島政博，(2002)，リモートセンシング（第 9 編第 2 章第 3 節）: 「地球環境調査計測事典 第 2 巻 陸域編②」，pp. 759-764.
221. 今井靖晃，瀬戸島政博，赤松幸生，船橋学，岡崎亮太，天野正博，勝木俊雄，(2002)，森林域における航空機レーザスキャナの計測特性に関する検討: 日本リモートセンシング学会，日本リモートセンシング学会第 32 回学術講演会論文集，pp. 105-106.
222. 船橋学，瀬戸島政博，赤松幸生，今井靖晃，岡崎亮太，天野正博，勝木俊雄，福田未来，(2002)，航空機レーザスキャナの複数コースデータによる森林計測-効率的なデータ取得に関する検討—: 日本写真測量学会，日本写真測量学会平成 14 年度年次学術講演会発表論文集，pp. 313-316.
223. 船橋学，瀬戸島政博，赤松幸生，今井靖晃，岡崎亮太，天野正博，勝木俊雄，福田未来，(2002)，航空機レーザスキャナの複数コースデータによる森林計測—森林域データ取得密度と DEM 精度に関する検討—: 日本写真測量学会，日本写真測量学会平成 14 年度秋季学術講演会発表論文集，pp. 109-112.
224. 岡崎亮太，瀬戸島政博，赤松幸生，舟橋学，今井靖晃，天野正博，勝木俊雄，福田未来，(2002)，森林域における航空機レーザスキャナを用いた効率的なデータ取得に関する検討: 日本リモートセンシング学会，日本リモートセンシング学会，第 33 回学術講演論文集，pp. 275-276.
225. Dutta, D., S. Herath and K. Musiake, (2002), Direct Flood Damage Modelling towards Urban Flood Risk Management: Proceedings of the Joint Workshop on Urban Safety Engineering

2001, ICUS Report 1, University of Tokyo, Japan, pp. 127-143.

226. Dutta, D., S. Herath and S. W Wijesekera, (2002), Understanding the Impacts of Spatial Data Resolution In Flood Risk Modelling - A Case Study In Yom River Basin, Thailand: Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Science, Hanoi, Vietnam, September 2002, pp. 141-150.
227. Herath, S., D. Dutta and S. Wijesekara, (2002), Use of Spatial Information in Flood Disaster Mitigation - Case study of Phrae City of Yom river basin, Thailand: Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Science, Hanoi, Vietnam, September 2002, pp. 157-163.
228. Wijesekara, S., S. Herath, D. Dutta and K. Honda, (2002), Incorporating a Flood Modelling Field Application in a GIS Training Module for Mid Career Professionals: Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Science, Hanoi, Vietnam, September 2002, pp.258-264.
229. Dutta, D. and S. Herath, (2002), Modeling of Flood Inundation and Effect of DEM on Model Outputs: Proceedings of the International Conference on Flood Estimation, International Commission for the Hydrology of the Rhine River, Berne, Switzerland, pp. 93-99. (peer reviewed),
230. Herath, S., R. Jha and D. Dutta, (2002), Flood Forecasting Experiences in Asian River Basins: Proceedings of the International Conference on Flood Estimation, International Commission for the Hydrology of the Rhine River, Berne, Switzerland, pp. 113-121. (peer reviewed)
231. Dutta, D. and S. Herath, (2002), GIS based Mathematical Model for Flood Disaster Response: Proceedings of the US-Japan 2nd Workshop on Comparative Study on Urban Disaster Management, Port Island, Kobe, Japan, February (in press)
232. Herath, S. and D. Dutta, (2002), Assessing Lead Time in Flood Forecasting for Better Emergency Response, Proceedings of the US-Japan 2nd Workshop on Comparative Study on Urban Disaster Management, Port Island, Kobe, Japan (in press)
233. Dutta, D. and T. Uomoto (ed.), (2002), Urban Safety Engineering 2001: Proceedings of the Joint Workshop, ICUS/INCEDE Report 1, University of Tokyo, Japan, October.
234. Dutta, D. and S. Herath, (2002), Flood Inundation Modelling and Need of High Resolution DEM: Asian-Pacific Remote Sensing and GIS Journal, UNESCAP, Volume 15, pp. 1-10.
235. 高橋健文，(2002)，わが国の地震対策と学校施設について：季刊文教施設 2002 秋号
236. 高橋健文，(2002)，危機管理への取り組み vol.2：時評 2002 年 3 月号，時評社，pp.55-59.
237. 高橋健文，(2002)，自助・共助を支える「情」と「理」：広報ぼうさい.
238. Harsha P. Sooriyaarachchi，Tsugio Nishimura，Sudhir Misra,Taketo Uomoto，(2002)，An experimental study to evaluate failure surface of the concrete-repair material interface:Journal

of the Institute of the Industrial Science,University of Tokyo. Vol.54, No.6, pp.56-59.

239. Sudhir Misra, (2002), Some comments on provisions related to durabiliyty in IS 456-2000: Indian Concrete Journal. April 2002.

240. Uomoto. Mutsuyoshi. Katsuki. Misra, (2002), Use of Fibre Reinforced Polymer Composites as Reinforcing Material for Concrete:ASCE Journal of Material in Civil Engineering, June 2002, pp191-209.

241. Khanna. Dikshit. Misra, (2002), Some Applications of Infrared Thermography in Concrete Engineering:Indian Concrete Journal, Vol.76. No.10, pp644-649.

242. Kumar. Rao. Misra, (2002), Chloride Penetration Resistance of Concrete Containing Blast Furnace Slag: Indian Concrete Journal, pp745-P751.

2003

1. 関島謙蔵・魚本健人, (2003), 光ファイバーを配置した連続炭素繊維補強材の破壊予知センサー機能（２）: 生産研究, Vol.55, No.1, pp.105-108.
2. 村瀬豊･魚本健人, (2003), 可視画像と赤外線画像によるコンクリート建築物の調査報告: 生産研究, Vol.55, No.1, pp.113-116.
3. 魚本健人, (2003), 巨大都市の安全性向上をめざして: 生産研究, Vol.55, No.2, pp.185-186.
4. 魚本健人,(2003),非破壊試験を活用したコンクリート構造物の劣化診断の高度化: 生産研究, Vol.55, No.2, pp.187-192.
5. 伊代田岳史・魚本健人, (2003), 原産国の異なる普通ポルトランドセメントを用いた養生方法の違いによる物理特性: 生産研究, vol.55, Ｎｏ.3, pp.313-316.
6. 伊代田岳史・魚本健人, (2003), 若材齢時の乾燥履歴を受けたセメント硬化体の内部組織構造のモデル化: 生産研究, Ｖｏｌ55, Ｎｏ.3, pp.317-320.
7. 横澤祐希, 加藤佳孝, 魚本健人, (2003), Ｂehaviour of Ｒepaired ＲＣ Ｂeams Ｕnder Ｃycle Ｌoading: 生産研究, Ｖｏｌ.55, Ｎｏ.4, pp.373-376.
8. 宮本一成・魚本健人, (2003), PC グラウトの充填性に影響を与える各種要因に関する基礎研究: 生産研究, Ｖｏｌ.55, Ｎｏ.4, pp.377-380.
9. 奥山康二・西村次男・魚本健人, (2003), 凍結防止剤が播かれる環境下での樹脂系塗膜材がコンクリート床版へ与える影響: 生産研究, Ｖｏｌ.55, Ｎｏ.4, pp.381-384.
10. 槙島修・宇野祐一・元売正美・松田敏・弘中義昭・魚本健人, (2003), 各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（１）－研究概要－ : 生産研究, Ｖｏｌ.55, Ｎｏ.4, pp.385-388.
11. 金田尚志･魚本健人, (2003), コンクリート構造物の劣化診断プログラムの開発（１）: 生産研究, Ｖｏｌ.55, Ｎｏ.4, pp.389-392.
12. 松田敏・槙島修・伊藤正憲・北澤英宏・小川彰一・魚本健人, (2003), 内陸環境下にお

ける補修を施したコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-107，pp.213-214.
13. 魚本健人，(2003)，コンクリートのすばらしさと難しさ: コンクリート工学，Ｖｏｌ．41，Ｎｏ．9，pp.１.
14. 魚本健人，(2003)，これからのコンクリート材料への期待: プレストレスト・コンクリート，Vol.45，No.2，pp.24-27.
15. 伊代田岳史，魚本健人，(2003)，若材齢における乾燥がセメント硬化体の内部組織構造に及ぼす影響: 土木学会論文集，No.732/ -59，pp.17-26.
16. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2003)，ひび割れを有するコンクリート中の塩化物イオン移動評価手法の提案: 土木学会論文集，No.732/ -59，pp.109－120.
17. 伊代田岳史，魚本健人，(2003)，若材齢時の乾燥がセメント硬化体の内部組織形成と物理特性に与える影響: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.551-556.
18. 杉山基美，魚本健人，(2003)，新しいガラス繊維を用いたＧＦＲＰロッドの強度と耐久性に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.323-328.
19. 吉國美涼，加藤佳孝，星野公秀，魚本健人，(2003)，個別要素法を用いたコンクリート運搬システムの基礎理論の解明: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1097-1102.
20. 金田尚志，魚本健人，(2003)，マルチスペクトル法を用いたコンクリート構造物の塩害調査: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1709-1714.
21. 槙島修，魚本健人，(2003)，吹付け施工による断面修復材の耐久性に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1529-1534.
22. 宇野祐一，魚本健人，元売正美，松田敏，(2003)，各種要因が補修後の再劣化に及ぼす影響: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1559-1564.
23. 村瀬豊，加藤佳孝，勝木太，魚本健人，(2003)，ひび割れを有する鉄筋コンクリート壁部材の光ファイバによるモニタリング: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1703-1708.
24. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2003)，赤外線法を用いたコンクリート部材内の材料分布評価に関する基礎的研究: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1751-1756.
25. 宮本一成，勝木太，矢島哲司，魚本健人，(2003)，PC グラウトの充填性に影響を与える各種要因に関する基礎研究: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1103-1108.
26. 中井裕司，酒井博士，西村次男，魚本健人，(2003)，各種連続繊維補強材を用いた PC はりの暴露試験の中間報告: コンクリート工学，年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1103-1108.
27. Ｔ.Ｕomoto，(2003),Ｄevelopment of new technologies to sustain existing concrete structures : Ｓtructual Ｈealth Ｍnitoring and Ｉntelligent Ｉnfrastructure Vol.173-78

28. M.Sugiyama and T.Uomoto，(2003)，Research on strength and durability of GFRP rods for prestressed concrete tendons : EASEC-9
29. Hisashi Kanada and Taketo Uomoto，(2003)，Application of Multi-Spectral Method for Inspection of Concrete Structures : EASEC-9
30. Ｔaketo Uomoto，(2003),Ｕtilization of NDT to Inspect Internal Ｄefects in Reinforced Ｃoncrete Structures : NDT-CE2003
31. Ｈ.Ｈamasaki,Ｔ.Ｕomoto, Ｍ.Ｏhtsu, Ｈ.Ikenaga, Ｈ.Tanaka, Ｋ.Kishi and Ａ.Yoshimura ，(2003),Identification of Reinforced in Concrete by Ｅlectro-Magnetic Methods: NDT-CE2003
32. M.Asano，Ｎ.Miura，Ｓ.Sudo,Ｙ.Shinyasiki, Yagihara,M.Shiotsubo，Ｙ.Kato，Ｔ.Uomoto,Ｍ.Ａｒｉｎｏ,Ｔ.Tokunaga，Ｋ.Noto，Ｓ.Tsuda, and Ｗ.Kimura，(2003)，Dielectric Ｒｅｌａｘａｔｉｏｎ Spectroscopy to Ｉnvestigate Structured Ｗａｔｅｒ in Ｍｏｒｔａｒ : NDT-CE2003
33. Ｈ.Kanada，Ｈ.Yamashita，Ｔ.Shimizu，and Ｔ.Uomoto，(2003)，Development of Inspection Softwarefor for Deteriorated Concrete Structures: NDT-CE2003
34. Satoko Watanabe，Sudhir Misra，and Taketo Uomoto，(2003)，Nondestructive evaluation of concrete structures -A case study in detailed inspection using 24-year-old reinforced concrete-: NDT-CE2003
35. Hiroshi Haya，Xiu Luo，and Taketo Uomoto ，(2003)，Study on Impact Acoustic Method and System Development Based on Wavelet Analysis: NDT-CE2003
36. M. Yoshikuni，Y. Kato，and T. Uomoto，(2003)，Performance OF Concrete Transportation System using Demanalysis: New Tecnologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.271-276.
37. T.Iyoda，Y.K a to，and T.Uomoto ，(2003)，A Study of Making a Database for the Deteriorated Concrete Bridges : New Tecnologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia，pp.141-148.
38. H.Kanada and T. Uomoto，(2003)，Application of Multi-spectral Method for Inspection of Concrete Structures : New Tecnologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.255-262.
39. Taketo UOMOTO and Misra Sudhir ，(2003)，Maintenance of Concrete Structures; Recent Efforts in Japan - : EASEC-9
40. 伊代田岳史，魚本健人，(2003)，初期材齢時の環境の違いがセメント硬化体の物理特性に与える影響: 第 57 回セメント技術大会講演論文集,
41. 杉山知巳，魚本健人，(2003)，各種化学混和剤がセメント硬化体の微細構造に与える影響 ：第 57 回セメント技術大会講演論文集,
42. 白勢和道，畑中菜穂子，魚本健人，(2003)，各種セメントの耐酸性に関する基礎的研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集， V-026，pp.51-52.
43. 伊代田岳史，魚本健人，(2003)，走査電子顕微鏡を用いた内部組織構造評価に関する一

考察: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-215，pp.429-430.
44. 杉山基美，西村次男，魚本健人，(2003)，ＧＦＲＰロッドの耐アルカリ性の改善: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-587，pp.1171-1172.
45. 吉國美涼，加藤佳孝，魚本健太，(2003)，個別要素法を用いたコンクリート運搬システムの性能評価に関する研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-337，pp.673-674.
46. 樫村能成，岸利治，上田洋，魚本健人，(2003)，円形プレキャスト製品における軸方向微細ひび割れの発生要因に関する検討: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-142，pp.283-284.
47. 金田尚志，魚本健人，(2003)，マルチスペクトル法を用いたコンクリート表面の塩化物量の推定: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-419，pp.837-838.
48. 槙島修，魚本健人，(2003)，吹付け施工した断面修復材の品質変動に関する研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-125，pp.249-250.
49. 元売正美，斉藤仁，里隆幸，深津章文，岸利治，魚本健人，(2003)，コンクリート構造物の補修後の再劣化に及ぼす各種要因の影響: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-109，pp.217-218.
50. 榊原弘幸，戸田勝哉，伊藤学，星野富夫，魚本健人，(2003)，補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-108，pp.215-216.
51. 弘中義昭，加藤佳孝，森本丈太郎，渡部正，平間昭信，魚本健人，(2003)，海洋環境下における補修を施したコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-106，pp.211-212.
52. 宇野祐一，勝木太，椎名貴快，竹田宣典，河原崎広，魚本健人，(2003)，補修を施した鉄筋コンクリート中の塩化物イオンの移動と鉄筋腐食に関する研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-110，pp.219-220.
53. 村瀬豊，加藤佳孝，勝木太，魚本健人，(2003)，光ファイバーセンサーによるひび割れを有した壁部材の長期連続モニタリング: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-098，pp.195-196.
54. 小根沢淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2003)，赤外線法を用いたコンクリートの物質移動抵抗性の評価に関する基礎的研究: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-413，pp.825-826.
55. 佐藤大輔，西川忠，山下英俊，魚本健人，(2003)，既存橋梁の劣化診断ソフト開発: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-083，pp.165-166.
56. 星野富夫，大城武，山田義智，魚本健人，(2003)，エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いたコンクリートの防食効果に関する研究 -気象環境が異なる沖縄ならびに伊豆半島での暴露実験結果-: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-022，pp.43-44.

57. 奥山康二，勝木太，西村次男，魚本健人，(2003)，凍結防止剤が播かれる環境下での樹脂系塗膜材がコンクリート床版へ与える影響: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-116，pp.231-232.
58. 宮本一成，勝木太，魚本健人，(2003)，PC グラウトの充填性に与える影響要因に関する検討: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集， V-622，pp.1241-1242.
59. 杉山知巳，魚本健人，(2003)，ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用いたモルタルの強度発現性および空隙構造: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，V-337，pp.673-674.
60. 坂本浩幸，武井明彦，渋谷和俊，川嵜透，片桐誠，名和豊春，魚本健人，(2003)，高強度高緻密モルタルを用いた放射性廃棄物処廃棄体の開発（3） -硬化収縮によるひび割れ防止策の検討-: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，CS7-001，pp.279-280.
61. 坂本浩幸，武井明彦，渋谷和俊，川嵜透，片桐誠，名和豊春，魚本健人，(2003)，高強度高緻密モルタルを用いた放射性廃棄物処廃棄体の開発（4） -セメント水和による温度応力ひび割れ評価解析と検証試験-: 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，CS7-001，pp.281-282.
62. 上半文昭，目黒公郎，(2003)，構造物診断を目的とした非接触微動測定法: 生産研究，Vol.55，6 号，pp.127-132.
63. 目黒公郎，高島正典，吉村美保，黒田武大，菅野有美，(2003)，２００３年５月２６日三陸南地震における東北新幹線高架橋橋脚の損傷と局所的な地盤震動特性の関係: 生産研究，Vol.55，4 号，pp.68-70.
64. 吉村美保，目黒公郎，高橋健文，(2003)，既存不適格建物の耐震補強奨励制度の検討: 生産研究，Vol.55，2 号，pp.113-117.
65. 秦　康範，目黒公郎，高橋健文，(2003)，電力供給量の変動を利用した浸水被害の推定に関する基礎的検討: 生産研究，Vol.55，2 号，pp.84-87.
66. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，既存不適格建物の耐震補強奨励制度の検討　－トルコ共和国イスタンブール県におけるケーススタディー－: 生産研究，Vol.55，11 号，pp.113-117.
67. 目黒公郎，(2003)，大正関東地震から８０年を経て，地震工学研究の最先端: 生産研究，Vol.55，6 号，pp.63-65.
68. 目黒公郎，柳田充康，高橋健文，(2003)，関東地震の延焼火災に与えた建物被害の影響について: 生産研究，Vol.55，6 号，pp.119-122.
69. 小長井一男，目黒公郎.ヨハンソン-ヨルゲン.片桐俊彦.伊藤寛倫，(2003)，電柱・街灯基礎部の開口分布と地震被害　－2003 年アルジェ・ブーメルダス地震および十勝沖地震から: 生産研究，Vol.55，6 号，pp.67-70.
70. P. Mayorca and K. Meguro，(2003)，Modeling masonry structures using the Applied Element Method: 生産研究，Vol.55，6 号，pp.123-126.

71. 目黒公郎(共著)，(2003)，都市デザイン.日本の産業システム 8: NTT 出版，256ｐ.
72. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，長期地震予知情報を利用した既存不適格住宅の耐震補強促進策について: 社会技術論文集，2003
73. 目黒公郎，(2003)，防災研究の国際協力: 学術月報，Vol.56，No. 7，pp.61-66.
74. 目黒公郎, (2003), 地震後の消防活動に与える耐震補強対策の効果: 消防防災, 夏季号(５号)，pp.71-79.
75. 上半文昭，目黒公郎，(2003)，微動の非接触測定による高架橋損傷度の診断手法，: 鉄道総研報告，Vol.17，No.8，pp.13-18.
76. 目黒公郎，(2003)，地震防災への実践的アプローチ: 科学，特集 : 地震防災と危機管理，Vol.73，　No.９，pp.952-960.
77. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，既存不適格構造物の耐震改修を推進させるインセンティブ導入制度に関する一考察: 構造物の安全性および信頼性，JCOSSAR2003 論文集，Vol.5，pp.83-90.
78. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，トルコ共和国における耐震補強推進制度の基礎的検討: 地域安全学会論文集，No.5，pp.169-176.
79. 近藤伸也，目黒公郎，(2003)，効果的な防災対策の立案を支援する諸問題の多角的分析/評価システムの構築: 地域安全学会論文集，　No.5，pp.335-341.
80. S Elkholy，　H. Tagel-din，and K.Meguro，(2003)，Structural Failure Simulation due to Fire by Applied Element Method: JCOSSAR2003. The Fifth Japan Conference on Structural Safety and Reliability. Tokyo. Japan
81. 黒田武大，目黒公郎，(2003)，ポストピーク挙動に着目した RC 橋脚の繰返し破壊挙動解析: 土木学会地震工学論文集，第 27 号
82. 目黒公郎，長島浩，(2003)，実大 RC ボックスカルバートの破壊解析への応用要素法の適用: 土木学会地震工学論文集，第 27 号
83. 杉本太一，目黒公郎，(2003)，楕円形個別要素法を用いた避難行動解析に関する基礎的研究: 土木学会地震工学論文集，第 27 号
84. 上半文昭，目黒公郎，(2003)，鉄道構造物の振動診断を目的とした非接触微動測定法の開発: 土木学会地震工学論文集，第 27 号
85. S Elkholy and K.Meguro，(2003)，Progressive Failure Analysis of High-rise steel Buildings: Proceedings of the 5th International Summer Symposium (JSCE). Tokyo. Japan，　pp. 53-56.
86. P. Mayorca and K. Meguro，(2003)，Numerical simulation of masonry structures using the Applied Element Method. : Proc. of the 6th International Symposium on Computer Methods in Structural Masonry. Italy.2003.09
87. Kimiro MEGURO，(2003)，My Understanding of an Integrated Urban Earthquake Disaster Management System: Proceedngs of the Asian Conference on Disaster Reduction 2003. ---Living with Risk: Towards Disaster Resilient Societies---

88. Shinya Kondo and Kimiro MEGURO, (2003), A New Disaster Management Manual for Improvement of Comprehensive Disaster Prevention: Proceedings of the 7th U.S./Japan Workshop on Urban Earthquake Hazard Reduction. Hawaii
89. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO, (2003), Proposal of Retrofitting Promotion System (RPS) for Low Earthquake-resistant Structures in Shizuoka Prefecture. Japan: Proceedings of the 7th US/Japan Workshop on Urban Earthquake Hazard Reduction. Hawaii. USA
90. Kimiro Meguro, (2003), Efficient Use of Information and Guidelines for Integrated Urban Disaster Management: Proceedings of the International Symposium on New Technologies for Uraban Safety of Mega Cities in Asia. pp. 81-88.
91. "Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO", (2003), Proposal of New System for Promotion of Retrofitting of Low Earthquake-Resistant Structures: Proceedings of the Fifth National Conference on Earthquake Engineering. Istanbul. Turkey
92. Kimiro MEGURO and P.K. Ramancharla, (2003), Dynamic Simulation of Base Fault Motion for Studying Ground Surface Deformation Motion. : Proceedings of the 8th US-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Liquefaction. pp.239-250.
93. Fumiaki UEHAN and Kimiro MEGURO, (2003), Damage Assessment of Railway Structures Using Numerical Simulation and Vibration Measurement: Proceedings of the 8th US-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures against Liquefaction. pp.315-326.
94. P.Mayorca and K.Meguro, (2003), Efficiency of polypropylene bands for the strengthening of masonry structures in developing countries. : Proc. of the 5th International Summer Symposium
95. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO, (2003), New Retrofitting Promotion System for Low Earthquake-Resistant Structures in Earthquake Prone Countries. : Proceedings of the 28th Annual Hazards Research and Applications Workshop. Colorado. USA
96. Fumiaki UEHAN and Kimiro MEGURO, (2003), Application of numerical simulation and vibration measurement for seismic damage assessment of railway structures: Proceedings of international symposium on speed-up and service technology for railway and Maglev system. pp. 51-58.
97. S Elkholy and K.Meguro, (2003), Progressive Failure Analysis of High-rise steel Building: Proceedings of Second Korea -Japan Workshop on New Direction for Enhancement of Structural Performance
98. S Elkholy and K.Meguro, (2003), "Dynamic Progressive collapse of High-Rise Buildings": Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.323-330.

99. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2003)，New Retrofitting Promotion System for Low Earthquake-Resistant Structures in Earthquake Prone Countries　-Case Study in Istanbul. Turkey-. : Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.415-422.
100. Rei TAKADA，　Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2003)，Business Model for Promotion of Retrofitting Existing Low Earthquake-Resistant Structures. : Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.399-406.
101. Kimiro MEGURO，　Miho YOSHIMURA，Yutaka TAKASE. Bujin GOH and Atsushi SONE，(2003)，Development of Integrated Information System for Total Disaster Management. : Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.339-344.
102. P.Mayorca and K.Meguro，(2003)，Proposal of a new economic retrofitting method for masonry structures: Proc. of the 27th JSCE Symposium of Earthquake Engineering
103. 上半文昭，目黒公郎，(2003)，地震時の破壊現象を考慮した RC 構造物の耐震補強法の合理的な選択に関する考察: 第６回地震時保有耐力に基づく橋梁等構造物の耐震設計に関するシンポジウム
104. 目黒公郎，(2003)，既存不適格構造物の耐震改修を促進させる環境整備について: 第 3 回比較防災ワークショッププロシーディング，pp.35-40.
105. 目黒公郎，(2003)，"次世代型防災マニュアルの提案": 第 2 回国土セイフティネットシンポジウム，日本地震工学会，リアルタイム地震情報利用協議会，pp. 25-42.
106. P.Mayorca and K.Meguro，(2003)，Strengthening of masonry structures using polypropylene bands: Proceedings of JSCE’s 58th annual meeting. Japan
107. S Elkholy and K.Meguro，(2003)，A Study on Progressive Failure Analysis of High-Rise Steel Building Using Improved Applied Element Method: Proceedings of JSCE’s 58th annual meeting. Japan
108. K. Worakanchana，　P. Warnitchai，and K. Meguro，(2003)，Cyclic Behavior of Reinforced Concrete Columns in Thailand. JSCE’s 58th annual meeting. Japan. V-346. pp. 691-692. 2003.9.: Proceedings of JSCE's 58th annual meeting. Japan
109. 中戸川佳正，目黒公郎，(2003)，"応用要素法(AEM)における RC 梁のせん断破壊挙動の改善，第": 58 回年次学術講演会講演概要集 土木学会，第 I 部門，　V-277，　pp.553-554.
110. 長島浩，目黒公郎，(2003)，応用要素法による RC ボックスカルバートの破壊挙動シミュレーション: 第 58 回年次学術講演会講演概要集 土木学会　第 I 部門，I-180，pp.359-360.
111. 榎本美咲，目黒公郎，(2003)，３次元拡張個別要素法を用いた地震時の家具の動的シミュレータの開発: 第 58 回年次学術講演会講演概要集 土木学会 第 I 部門，I-363，

pp.725-726.
112. 上半文昭，目黒公郎，(2003)，非接触微動測定による構造物振動特性同定に関する基礎的検討: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 I 部門，I-641, pp.1281-1282.
113. 織田浩平，目黒公郎，(2003)，災害要因を考慮したリアルタイム最適避難誘導法の検討: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　共通セッション，CS12，006, pp.553-554.
114. 國吉隆博，目黒公郎，(2003)，地価関数の推定結果を用いた不動産価格評価に関する研究: 第 58 回年次学術講演会講演概要集，土木学会　第 IV 部門，IV-344，pp.687-688.
115. 近藤伸也，目黒公郎，(2003)，実効的な防災対策の立案に貢献できる新しいスタイルの発想支援システムの提案: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 IV 部門，IV-345，pp.689-690.
116. 大山宗則，目黒公郎，(2003)，災害状況イマジネーション支援システムの構築: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 I 部門，I-341，pp.681-682.
117. 山口紀行，秦康範，目黒公郎，(2003)，電力供給量の変動を利用した地震直後からの被害把握の試み: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 I 部門，I-346, pp.691-692.
118. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，イスタンブールにおける既存不適格建物の耐震補強推進策: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第　部門，CD－ROM
119. 菅野有美，目黒公郎，(2003)，応用要素法（AEM）を用いた砂質地盤中における杭基礎の破壊挙動解析: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会　第 I 部門，I-309, pp.617-618.
120. 秦康範，目黒公郎，(2003)，電力供給量の変動を利用した地震直後からの被害把握手法の構築に向けた試み: 日本建築学会学術講演概要集，B-2，pp.95-96.
121. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，既存不適格構造物の耐震補強推進制度に関する検討 -トルコ・イスタンブール市を対象とした検討-: 第 22 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.33-34.
122. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，イスタンブールにおける既存不適格建物の耐震補強推進策: 第 58 回年次学術講演会講演概要集　土木学会，第 IV 部門，CD－ROM
123. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，耐震補強性能保証に基づく補強奨励制度に関する基礎的検討: 第 2 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集
124. 上半文昭，目黒公郎，(2003)，鉄道構造物の振動診断を目的とした非接触微動測定法の開発: 第 27 回地震工学研究発表会講演概要集
125. 目黒公郎，(2003)，世界貿易センタービル(WTC)地区の都市環境被害の実態とその後の復旧課程の分析: シンポジウム 2002 大阪「明日を目指す科学技術」科学技術振興調整費の成果を中心として講演要旨集，　文部科学省，pp.10-11.
126. S Elkholy and K.Meguro，(2003)，Numerical Modeling of the Progressive Collapse of Framed

Structure by using Improved Applied Element Method. : Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. The University of Tokyo, No.36, pp.165-175.

127. Fumiaki UEHAN and Kimiro MEGURO, (2003), Damage inspection method of RC rigid frame viaduct using natural frequency and mode shape: Bulletin of earthquake resistant structure research center, Vol. 36, pp.195-204.
128. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO, (2003), Proposal of Retrofitting Promotion System for Low Earthquake-Resistant Structures in Istanbul. Turkey. : Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo, No.36, pp.155-164.
129. M.A. Ansary and K. Meguro, (2003), Economic Consequences of Large Earthquakes for Dhaka. Bangladesh. : Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo, No.36, pp.177-194.
130. S. Kondo and K. Meguro, (2003), A New Disaster Management Manual for Improvement of Comprehensive Disaster Prevention: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo, No.36, pp.149-154.
131. 目黒公郎, (2003), 人的被害と救出活動の検証: THE 地震展, pp.18-19. 読売東京新聞社
132. 目黒公郎, (2003), ライフラインの被害と復旧: THE 地震展, p.20.
133. 陳宏, 大岡龍三, 原山和也, 加藤信介, (2003), 対流・放射連成解析を用いた中国・深セン市の集合住宅の屋外温熱環境に関する研究: 生産研究, 第 55 巻, 第 1 号, pp.68-74.
134. 原山和也, 大岡龍三, 吉田伸治, 村上周三, (2003), 都市の熱代謝モデルの提案と東京都区部の熱環境評価: 生産研究, 第 55 巻, 第 1 号, pp.75-80.
135. 黄弘, 大岡龍三, 加藤信介, 林吉彦, 大竹宏, (2003), 市街地火災における燃焼モデリングと火の粉の飛散性状の CFD 解析: 生産研究, 第 55 巻, 第 2 号, pp.226-230.
136. 黄弘, 大岡龍三, 加藤信介, 大竹宏, 林吉彦, (2003), 市街地火災における燃焼モデリングと火の粉の飛散性状の CFD 解析: 第 18 回生研 NST シンポジウム講演論文集, pp.7-12.
137. Hong CHEN, Ryozo OOKA, Kazuya HARAYAMA, Shinsuke KATO, Xiaofeng Li, (2003), Study on outdoor thermal environment of apartment block in Shenzhen. China with coupled simulation of Convection. Radiation and Conduction: Energy and Building, pp.1-11.
138. Kiyoshi UEHARA, Shinji WAKAMATSU, Ryozo Ooka, (2003), Studies on Critical Reynolds Number Indices for Wind-tunnel Experiments on Flow within Urban Areas: Boundary-Layer Meteorology, 107, pp.353-370.
139. Takeo Takahashi, Shinsuke Kato, Shuzo Murakami, Ryozo Ooka, Mohamed Fassy Yassin, Ryohei Kono, (2003), Wind Tunnel Tests of Effects of Atmospheric Stability on Turbulence Flow Over a Tree-dimensional Hill: 11th International Con. on Wind Engineering, 8p.

140. M.F. Yassin，S. Kato，R. Ooka，T. Takahashi， and R. Kono，(2003)，Prediction of Pollutant Diffusion in an Urban Environment: Full-Scale Field Wind Tunnel Experiments: 11th International Con. on Wind Engineering，8p.
141. Shuzo Murakami，Akashi Mochida，Ryozo Ooka，Shinji Yoshida，Hiroshi Yoshino，Kiyoshi Sasaki，and Kazuya Harayama，(2003)，Evaluation of the Impacts of Urban Tree Planting in Tokyo Based on Urban Heat Balance Model: 11th International Con. on Wind Engineering，8p.
142. M.F. Yassin，S. Kato，R. Ooka，T. Takahashi，and R. Kouno，(2003)，Study on effects of fluctuations in the wind direction on pollutant diffusion in urban areas: Air Pollution 2003，10p.
143. Changzhi YANG，Ryozo OOKA，Shinsuke KATO，Xiaoli DAI，Qiaoling DENG，Xiaozhen DAI，and Shengcong YAO，(2003)，The Experimental Study on Operating Characteristic of Ground Source Heat Pump System Utilizing Ground Water: FUTURESTOCK 2003.9th International Conference on Thermal Energy Storage，pp.89-94.
144. Kazuya HARAYAMA, Ryozo OOKA, and Shuzo MURAKAMI, (2003), Study on the Structure of Urban Heat Island in Tokyo Metropolitan Area by Meteorological Mesoscale Model Incorporated with the Urban Canopy Model: ICUC-5.Fifth International Conference on Urban Climate，pp.93.
145. Kiyoshi SASAKI， Shuzo MURAKAMI， Akashi MOCHIDA， Ryozo OOKA， Shinji YOSHIDA， Hiroshi YOSHINO， and Kazuya HARAYAMA，(2003)，Evaluation of the Impacts of Urban Tree Planting in Tokyo Based on Thermal Metabolism Model: ICUC-5.Fifth International Conference on Urban Climate，pp.122.
146. HONG HUANG，RYOZO OOKA，SHINSUKE KATO，HIROSHI OTAKE，and YOSHIHIKO HAYASHI，(2003)，CFD Simulation of Thermal Plume and Firebrands Scattering in Urban Fire: Proceedings of the Second International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities In Asia，pp.111－118.
147. KENJI TAKAGI, KENSUKE KITADA, RYOZO OOKA, YOUICHI KAWAMOTO, HITOSHI WATANABE，and SATOSHI MIYASAKA，(2003)，Numerical Simulation of Urban Climate in Hanshin District Using Remote Sensing Data: Proceedings of the Second International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities In Asia，pp.353-362.
148. 吉田伸治，大岡龍三，村上周三，原山和也，持田灯，(2003)，都市の熱代謝モデルに基づく都市熱環境の分析(その 1) 都市の熱代謝モデルの提案と東京都区部の熱環境評価: 第 19 回エネルギーシステム･経済･環境コンファレンス講演論文集，pp.641-646.
149. 大岡龍三，加賀久宣，竹内正紀，宮本重信，吉田伸治，(2003)，基礎杭利用地熱空調システムの研究開発 （その 5） 中小規模オフィスビルに導入した場合の省エネルギー効果とライフサイクルコストの検討: 第 19 回エネルギーシステム･経済･環境コンファレンス講演論文集，4pp.
150. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2003)，気象観測用風向風速器の性能比較

実験: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.5-6.
151. 大岡龍三，加藤信介，黄弘，林吉彦，大竹宏，(2003)，市街地火災における燃焼モデリングに関する研究: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.41-42.
152. 加藤信介，黄弘，大岡龍三，林吉彦，大竹宏，(2003)，市街地火災における火の粉の飛散性状の CFD 解析: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.43-44.
153. 吉岡英樹，林吉彦，大宮喜文，加藤信介，大岡龍三，野口貴文，(2003)，有風下における火災家屋からの火の粉の発生性状に関するスケール火災風洞実験: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.43-44.
154. 林吉彦，大宮喜文，岩見達也，佐賀武司，後藤伸寿，加藤信介，大岡龍三，吉岡英樹，野口貴文，(2003)，火の粉の飛散範囲に関する数値シミュレーション（その１） 数値解析手法: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.47-48.
155. 林吉彦，大宮喜文，岩見達也，佐賀武司，後藤伸寿，加藤信介，大岡龍三，吉岡英樹，野口貴文，(2003)，火の粉の飛散範囲に関する数値シミュレーション（その 2） 計算結果と実地調査結果の比較: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.49-50.
156. 岩田達明，木村敦子，持田灯，吉野博，大岡龍三，吉田伸治，(2003)，出雲地方の築地松の防風効果の数値予測: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.65-66.
157. 佐々木澄，持田灯，大岡龍三，吉田伸治，村上周三，吉野博，(2003)，都市の熱代謝モデルに基づく緑化に伴う東京の熱収支構造の変化の評価: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.67-68.
158. Mohamed Yassin，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，河野良坪，(2003)，大気安定度が街区汚染拡散に及ぼす影響に関する風洞実験: 年次研究発表会日本風工学会誌，No.95，pp.73-74.
159. 吉岡英樹，林吉彦，大宮喜文，野口貴文，加藤信介，大岡龍三，(2003)，有風下における火災家屋からの火の粉の発生性状に関する実スケール火災風洞実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.117-118.
160. 黄弘，大岡龍三，加藤信介，林吉彦，大竹宏，(2003)，市街地火災における燃焼モデリングと火の粉の飛散性状の数値解析　その 1 火災気流モデルと燃焼モデリング: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.127-128.
161. 大竹宏，黄弘，大岡龍三，加藤信介，林吉彦，(2003)，市街地火災における燃焼モデリングと火の粉の飛散性状の数値解析（その 2） 火の粉の飛散性状の数値解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.129-130.
162. 後藤伸寿，林吉彦，大宮喜文，岩見達也，佐賀武司，加藤信介，大岡龍三，野口貴文，吉岡英樹，(2003)，火の粉の飛散範囲に関する数値シミュレーション（その 1） 数値解析手法: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.131-132.
163. 林吉彦，大宮喜文，岩見達也，佐賀武司，後藤伸寿，加藤信介，大岡龍三，野口貴文，吉岡英樹，(2003)，火の粉の飛散範囲に関する数値シミュレーション（その 2） 計算結

果と実地調査結果の比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.133-134.
164. 石橋一樹，大岡龍三，(2003)，東京都における人工排熱に関する調査研究　―清掃工場および事業所排熱特性の推定と検討―: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.505-506.
165. 李暁鋒，大岡龍三，陳宏，原山和也，朱清宇，河野良坪，大竹宏，加藤信介，(2003)，Experimental Research on the Outdoor Microclimatic Characteristic of a Residential Building Cluster in Shenzhen City in China: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.593-594.
166. 吉田伸治，大岡龍三，原山和也，村上周三，(2003)，CFD 解析による河川風の防風・利風を図るための樹木帯・フェンスの配置に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.605-606.
167. 下條正貴，大岡龍三，吉田伸治，(2003)，街路樹による市街地の暑熱環境緩和効果に関する研究　その 3 街路樹の樹冠についての光学的深さ，葉面積密度，入射角度特性の実測: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.609-610.
168. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2003)，遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた屋外温熱環境設計ための樹木の最適配置に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.611-612.
169. 市川徹，大岡龍三，加藤信介，黄弘，原山和也，鳴海大典，李海峰，小島弘，大森敏明，(2003)，空調排熱が屋外温熱環境に与える影響に関する研究　その 1 解析手法と排熱位置の影響: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.617-618.
170. 小島弘，大岡龍三，加藤信介，黄弘，原山和也，鳴海大典，李海峰，市川徹，大森敏明，(2003)，空調排熱が屋外温熱環境に与える影響に関する研究　その 2 排熱形態の影響: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.619-620.
171. 原山和也，大岡龍三，村上周三，(2003)，東京都心のヒートアイランド現象のメカニズム解析　その 1 東京都の都市計画情報を利用した都市気候解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.649-650.
172. 大岡龍三，吉田伸治，加藤信介，原山和也，鳴海大典，黄弘，李海峰，市川徹，小島弘，大森敏明，(2003)，東京都区部の空調排熱形態がヒートアイランドに及ぼす影響の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.651-652.
173. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，原山和也，近藤裕昭，(2003)，ヒートアイランド緩和方策が夏季と冬季の首都圏の熱環境へ及ぼす影響の数値解析　その 1 計算概要及び冬季解析の精度検証: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.653-654.
174. 原田雄介，村上周三，佐藤大樹，大岡龍三，吉田伸治，原山和也，持田灯，(2003)，ヒートアイランド緩和方策が夏季と冬季の首都圏の熱環境へ及ぼす影響の数値解析　その 2 都市の熱収支モデルを用いた熱環境変化の構造分析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.655-656.
175. 上原瞳，加藤信介，村上周三，大岡龍三，伊香賀俊治，白石靖幸，(2003)，ポーラス型

居住区の環境工学的特性の解明　その 14 ハノイ実験住宅における自然換気性状評価及び環境負荷削減効果の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.923-924.
176. 丸山純, 加藤信介, 大岡龍三, 宋斗三, 佐古井智紀, 岩瀬静雄, 小林晋, 大橋悟, (2003), 自然換気システムを導入した都心型ビルに関する研究　その 2　実測による定風量型自然換気システムの性能調査: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.927-928.
177. 佐古井智紀，富永正道，朱晟偉，加藤信介，大岡龍三，(2003)，非定常，不均一温熱環境場における人体熱モデルに関する研究　その 3 SMITH Model による人体の温度分布予測とその特性分析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.491-492.
178. 富永正道，佐古井智紀，高橋岳夫，加藤信介，大岡龍三，(2003)，非定常，不均一温熱環境場における人体熱モデルに関する研究　その 4 一様流れ空間における SMITH Model による人体温度分布の予測と検証: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.493-494.
179. 朱晟偉，佐古井智紀，宋斗三，加藤信介，大岡龍三，(2003)，非定常，不均一温熱環境場における人体熱モデルに関する研究　その 5 不均一放射場における人体の生理・心理応答: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.495-496.
180. 高橋岳生，加藤信介，大岡龍三，村上周三，Yassin Mohamed Fathy，河野良坪，(2003)，風力発電用風車建設最適地検討用の局所風況予測モデルに関する風洞模型実験　その 9 実在地形模型(潮岬)を用いた複雑地形上の風速分布の測定: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.693-694.
181. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，村上周三，(2003)，風力発電用風車建設最適地検討用の局所風況予測モデルに関する風洞模型実験　その 10 気象観測用風向風速計の性能比較実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.695-696.
182. 木村敦子，岩田達明，持田灯，吉野博，大岡龍三，吉田伸治，(2003)，樹木の流体力学的効果の再現のための植生 Canopy モデルの最適化　その 1 既往のモデルと Green 型のモデルの比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.721-722.
183. 岩田達明，木村敦子，持田灯，吉野博，大岡龍三，吉田伸治，(2003)，樹木の流体力学的効果の再現のための植生 Canopy モデルの最適化　その 2 Green 型モデルに含まれる新たなモデル係数 Cpε2 の最適化: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.723-724.
184. 浦野明，Mohamed Yassin，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，村上周三，宋斗三，森川泰成，金坂利雄，河野良坪，(2003)，Study on Pollutant Diffusion with Fluctuations of Wind Direction over Built up Area　Part I. Full-Scale Field Experiments: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.765-766.
185. Mohamed Yassin, 加藤信介, 大岡龍三, 高橋岳生, 河野良坪, 浦野明, 金坂利雄, (2003), Study on Pollutant Diffusion with Fluctuation of Wind Directions over Built up Area　Part II.. Wind Tunnel Experiments: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.767-768.
186. 大橋えり，吉田伸治，大岡龍三，(2003)，スギ花粉アレルゲン粒子の粒径分布について

（その 1） 目視により花粉と認識できないアレルゲン小粒子の個数について：野外実測より: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.841-842.
187. 関根賢太郎，横井睦己，村上正吾，深尾仁，立原敦，大岡龍三，(2003)，基礎杭利用による地中熱空調システムの経済的導入可能性の調査研究 中規模事務所ビルをモデルとしたフィージビリティスタディ: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.1231-1232.
188. 朱晟偉，佐古井智紀，宋斗三，加藤信介，大岡龍三 ，(2003)，非定常，不均一温熱環境における人体モデルに関する研究 （第 6 報） 不均一放射環境における顕熱伝達量分布: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.137-140.
189. 佐古井智紀，朱晟偉，加藤信介，大岡龍三，(2003)，非定常，不均一温熱環境場における人体熱モデルに関する研究 (その 7)SMITH Model の特性分析と 3 次元的血液混合の組み込みに対する模索: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.141-144.
190. 中出晃司，吉田伸治，大岡龍三，加藤信介，原山和也，鳴海大典，黄弘，李海峰，市川徹，小島弘，大森敏明，(2003)，数値気候モデルによる東京都区部の空調排熱形態がヒートアイランドに及ぼす影響の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.697-700.
191. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2003)，都市の熱収支モデルを用いた東京首都圏の夏季と冬季の都市気候解析: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.705-708.
192. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2003)，対流・放射連成解析と遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた樹木の最適配置による 屋外温熱環境の改善に関する研究: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.729-732.
193. 大岡龍三，竹内正紀，宮本重信，加賀久宣，吉田伸治，佐々木龍二，(2003)，基礎杭利用地熱空調システムの研究開発(その 5)：空気調和･衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1041-1044.
194. 関根賢太郎，大岡龍三，深尾仁，立原敦，横井睦己，村上正吾，(2003)，基礎杭利用による地中熱空調システムの経済的導入可能性の調査研究 中規模事務所ビルをモデルとしたフィージビリティスタディ: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1045-1048.
195. 吉田伸治，秋田知良，大岡龍三，原山和也，(2003)，CFD 解析による屋上緑化の温熱環境緩和効果を誘引する街区形状の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1425-1428.
196. 大竹宏，黄弘，大岡龍三，加藤信介，林吉彦，(2003)，有風下における市街地火災シュミレーション: 第 17 回数値流体力学シンポジウム，E2-2. 6pp.
197. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，(2003)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候解析: 日本リモートセ

ンシング学会学術講演会，4pp.
198. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2003)，ヒートアイランド緩和方策が夏季と冬季の都市熱環境へ及ぼす影響の数値解析: 第17回数値流体力学シンポジウム, E1-2, 6pp.
199. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，(2003)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候解析: 第 17 回数値流体力学シンポジウム，E1-3，6pp.
200. 大岡龍三, (2003), 建物基礎杭を利用した地中熱空調システム: 地熱エネルギー, No.101, pp.81-85.
201. 大岡龍三，(2003)，空気調和・衛生工学における数学の利用（６）ベクトル解析の基礎: 空気調和・衛生工学，Vol. 77，No.6，pp.71-78.
202. 大岡龍三，(2003)，風の道とそのアセスメント手法について: 緑の読本.シリーズ 66, pp.38-41.
203. 大岡龍三，(2003)，パラメトリックスタディ: IBEC，No.138，Vol.24-3，pp.51-55.
204. 魚本健人，加藤佳孝，（2003）非破壊検査研究会：コンクリート構造物の検査・診断－非破壊検査ガイドブック－: 理工図書.
205. 小根澤淳志，加藤佳孝，(2003)，コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する研究(3)－赤外線法を用いたコンクリート構造物のひび割れ角度推定に関する解析的検討－: 生産研究，Vol.55， No.6，pp.133-136.
206. 加藤佳孝，小根澤淳志，(2003)，コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する研究(2)－赤外線法による硬化コンクリートの水セメント比の判定法の提案－: 生産研究，Vol.55，No.3，pp.69-72.
207. 加藤佳孝，小根澤淳志，(2003)，コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する研究(1)－コンクリートの熱特性値と塩化物イオンの見かけの拡散係数の関係－: 生産研究，Vol.55， No.2，pp.80-83.
208. 吉國美涼，加藤佳孝，魚本健人，(2003)，個別要素法を用いたコンクリート運搬システムの性能評価に関する研究: 第 58 回年次学術講演会講演概要集,
209. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2003)，赤外線法を用いたコンクリートの物質移動抵抗性の評価に関する基礎的研究: 第 58 回年次学術講演会講演概要集,
210. 村瀬豊，加藤佳孝，勝木太，魚本健人，(2003)，光ファイバーセンサーによるひび割れを有した壁部材の長期連続モニタリング: 第 58 回年次学術講演会講演概要集,
211. 弘中義昭，加藤佳孝，森本丈太郎，渡部正，平間昭信，魚本健人，(2003)，海洋環境下における補修を施したコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究: 第 58 回年次学術講演会講演概要集,
212. Yoshitaka Kato and Atsushi Onezawa, (2003), Proposal for Prediction of Water-Cement Ratio of Hardened Concrete By Using Infrared Thermograph: The ninth east Asia-pacific conference

on structural engineering and construction, pp.CMT-130-135.
213. Yoshitaka Kato and Taketo Uomoto, (2003), Utilization of NDI to evaluate Concrete Structures: Proceeding International Joint Seminar of the KSCE and the JSCE, pp.83-94.
214. M. Yoshikuni, Y. Kato and T. Uomoto, (2003), Performance of Concrete Transportation System Using DEM Analysis: Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.271-276.
215. Takeshi Iyoda, Yoshitaka Kato and Taketo Uomoto, (2003), A Study of Making A Database for the Deteriorated Concrete Bridges: Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.141-148.
216. Hidenori Hamada, Shin-ichi Miyazato, Masami Ishikawa, Hiroshi Kasai,Y oshitaka Kato, Takashi Habuchi, Tsuyoshi Maruya, Toshinobu Yamaguchi，(2003), A Study on Environmental Conditions Affecting Long-Term Deterioration of Concrete Structures in Japan: OWICS, 2003
217. Yoshitaka Kato, (2003), Proposal of the Format for Durability Database of Concrete: Proceedings of the International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.15-20.
218. 加藤佳孝，伊代田岳史，(2003)，宮城県沖地震により損傷したコンクリート構造物の修復状況を観る: 土木施工，Vol.44，No.8，pp.82-85.
219. Yoshitaka Kato, Somnuk Tangtermsirikul and Taketo Uomoto, (2003), Construction of A Database for Deteriorated Concrete Bridges: ICUS/INCEDE REPORT 2003-02,
220. Ryozo Ooka and Yoshitaka Kato, (2003), : Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia，ICUS/INCEDE REPORT 2003
221. Sudhir Misra and Yoshitaka Kato, (2003), :Proceedings of the International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia，ICUS/INCEDE REPORT 2003
222. 吉國美涼，加藤佳孝，星野公秀，魚本健人，(2003)，個別要素法を用いたコンクリート運搬システムの基礎理論の解明: コンクリート工学年次論文報告集,
223. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2003)，赤外線法を用いたコンクリート部材内の材料分布評価に関する基礎的研究: コンクリート工学年次論文報告集,
224. 村瀬豊，加藤佳孝，勝木太，魚本健人，(2003)，ひび割れを有する鉄筋コンクリート壁部材の光ファイバによるモニタリング: コンクリート工学年次論文報告集,
225. エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]，コンクリートライブラリー112 号，土木学会，(2003)
226. Endo, T., Yonekawa, S., Tamura, M., & Yasuoka, Y.　(2003), Study on Estimation Method for CO2 Uptake of Vegetation Using Airborne Hyperspectral Remote Sensing: the 24th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
227. Nakajima, T., Endo, T., & Yasuoka, Y. (2003), Study on Concrete Surface Damage Using Hyper-spectral Remote Sensing: the 24th Asian Conference on Remote Sensing and

International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM
228. 目黒公郎，高島正典，吉村美保，黒田武大，菅野有美，(2003)，２００３年５月２６日三陸南地震における東北新幹線高架橋橋脚の損傷と局所的な地盤震動特性の関係: 生産研究，Vol.55，4 号，pp.68-70.
229. 吉村美保, 目黒公郎, 高橋健文, (2003), 既存不適格建物の耐震補強奨励制度の検討: 生産研究，Vol.55，2 号，pp.113-117.
230. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，既存不適格建物の耐震補強奨励制度の検討　ートルコ共和国イスタンブール県におけるケーススタディーー: 生産研究，Vol.55，11 号，pp.113-117.
231. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，長期地震予知情報を利用した既存不適格住宅の耐震補強促進策について: 社会技術論文集，2003
232. 吉村美保，目黒公郎，(2003)，既存不適格構造物の耐震改修を推進させるインセンティブ導入制度に関する一考察: 構造物の安全性および信頼性，JCOSSAR2003 論文集，Vol.5，pp.83-90.
233. 吉村美保, 目黒公郎, (2003), トルコ共和国における耐震補強推進制度の基礎的検討: 地域安全学会論文集，No.5，pp.169-176.
234. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2003)，Proposal of Retrofitting Promotion System (RPS) for Low Earthquake-resistant Structures in Shizuoka Prefecture. Japan: Proceedings of the 7th US/Japan Workshop on Urban Earthquake Hazard Reduction. Hawaii. USA
235. "Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO"，(2003)，Proposal of New System for Promotion of Retrofitting of Low Earthquake-Resistant Structures: Proceedings of the Fifth National Conference on Earthquake Engineering. Istanbul. Turkey
236. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2003)，New Retrofitting Promotion System for Low Earthquake-Resistant Structures in Earthquake Prone Countries.：Proceedings of the 28th Annual Hazards Research and Applications Workshop. Colorado. USA
237. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2003)，New Retrofitting Promotion System for Low Earthquake-Resistant Structures in Earthquake Prone Countries -Case Study in Istanbul. Turkey-.：Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.415-422.
238. Rei TAKADA，Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO，(2003)，Business Model for Promotion of Retrofitting Existing Low Earthquake-Resistant Structures.：Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.399-406.

239. Kimiro MEGURO, Miho YOSHIMURA, Yutaka TAKASE. Bujin GOH and Atsushi SONE, (2003), Development of Integrated Information System for Total Disaster Management.：Proceedings of the 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.339-344.
240. 田中聡, 玉置泰明, 永井博子, 鈴木三四郎, 堀江啓, 吉村美保, 吉川正隆, 林春男, (2003), 発展途上国における Non-Engineered 住宅の地震防災に関する基礎的考察 －フィリピン・マリキナ市における Non-Engineered 住宅を事例として－: 地域安全学会論文集, No.5, pp.11-20.
241. 吉村美保, 目黒公郎, (2003), イスタンブールにおける既存不適格建物の耐震補強推進策: 第 58 回年次学術講演会講演概要集 土木学会 第Ⅳ部門, CD－ROM
242. 吉村美保, 目黒公郎, (2003), 既存不適格構造物の耐震補強推進制度に関する検討 -トルコ・イスタンブール市を対象とした検討-: 第 22 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, pp.33-34.
243. 吉村美保, 目黒公郎, (2003), イスタンブールにおける既存不適格建物の耐震補強推進策: 第 58 回年次学術講演会講演概要集 土木学会, 第Ⅳ部門, CD-ROM.
244. 吉村美保, 目黒公郎, (2003), 耐震補強性能保証に基づく補強奨励制度に関する基礎的検討: 第 2 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集
245. Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO, (2003), Proposal of Retrofitting Promotion System for Low Earthquake-Resistant Structures in Istanbul. Turkey.：Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo, No.36, pp.155-164.
246. Takahashi, T., & Yasuoka, Y., (2003), Remote Sensing of Riparian Leaf Area Index Based on Vegetation Index Approach Using Hyperspectral Data: International Archives of Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXIV. Part. 7/W14 International Workshop on Monitoring and Modeling of Global Environmental Change. E-1.pp.1-6.
247. Takeuchi, W., & Yasuoka, Y., (2003), Algorithm Development for Paddy Field Mapping in South East Asia Using Remote Sensing Data: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2003). Toulouse. France
248. Takeuchi, W., Tamura, M., & Yasuoka, Y., (2003), Estimation of Methane Emission from West Siberian Wetland by Scaling Technique between NOAA AVHRR and SPOT HRV: Remote Sensing of Environment, Vol.85 (1), pp.21-29.
249. 竹内 渉, 根本利弘, P.J.Baruah, 越智士郎, 安岡善文, (2003), WWW を利用した Terra MODIS データ前処理システムの構築: 写真測量とリモートセンシング, Vol.42 (2), pp.21-27.
250. 竹内 渉, 越智士郎, 安岡善文, (2003), Terra ASTER のシステム幾何補正と精度検証:

写真測量とリモートセンシング, Vol.42 (4), pp.38-41.

251. 竹内 渉，越智士郎，安岡善文，(2003)， MODIS と ASTER のスペクトル分解による地表面温度分布図の作成: 写真測量とリモートセンシング, Vol.42 (5), pp.27-39.
252. 平野勇二郎，安岡善文，一ノ瀬俊明，(2003)， 東京都心部における夏季の植生の暑熱環境緩和効果の評価: 水工学論文集，Vol.47, pp.7-12.
253. Takeuchi, W., Tamura, M., & Yasuoka, Y.， (2003)， Estimation of Methane Emission from West Siberian Wetland by Scaling Technique between NOAA AVHRR and SPOT HRV: Remote Sensing of Environment, Vol.85, pp.21-29.
254. Pranab, J. Baruaha., Manzul, K. Hazarika., & Yasuoka, Y., (2003), Sensitivity of Key Climatic Variables to Estimated NPP by Sim-CYCLE Integrating Remote Sensing Data: 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment
255. Yasukawa, M.,Takagi, M., & Yasuoka, Y. , (2003)， A Selection Method of Residual Errors for GMS Geometric Correction Using Ground Control Points: the 24th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM
256. Endo, T., Yonekawa, S.,Tamura, M., & Yasuoka, Y., (2003), Study on Estimation Method for CO2 Uptake of Vegetation Using Airborne Hyperspectral Remote Sensing: the 24th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
257. Nakajima, T., Endo, T., & Yasuoka, Y., (2003), Study on Concrete Surface Damage Using Hyper-spectral Remote Sensing: the 24th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM
258. Guo, T., & Yasuoka, Y.， (2003), Reconstruction of Buildings from Satellite Image and LIDAR Data: the 24th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM
259. Tran. H., & Yasuoka, Y., (2003), Remote Sensing to Study Urban Heat Island Effects in Bangkok Metropolitan Region, the 24th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM
260. Tran, H., Uchihama, D., Ochi, S. & Yasuoka, Y., (2003), The Use of MODIS Data for Assessment of the Urban Heat Island Effects in Asian Megacities, ISPRS WG VII/6 International Workshop on “Monitoring and Modeling of Global Environmental Change”. CD-ROM
261. Takeuchi, W., & Yasuoka, Y., (2003), Estimating Spatio-temporal Patterns of Continuous Paddy Fields Cover Using MODIS Time Series, ISPRS WG VII/6 International Workshop on “Monitoring and Modeling of Global Environmental Change”. CD-ROM
262. Guo, T., & Yasuoka, Y., (2003), Extraction of Buildings from Satellite Image and Laser Ranging Data, The 2nd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega-cities in Asia. pp.363-370.

263. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2003), Assessment of the Urban Heat Island Effects in Asian Megacities with Satellite Data: The 2nd International Symposium “New Technologies for Urban Safety of Mega-cities in Asia”
264. Tran, H., & Yasuoka, Y., (2003), MODIS Applications in Environmental Change Researches at the Institute of Industrial Science. University of Tokyo: 1st International GISTDA-MODIS Seminar
265. Takeuchi, W., & Yasuoka, Y., (2003), Development of Aqua/Terra MODIS Pre-processing System for IIS and AIT Direct Broadcasting System: IIS-GISDA-AIT MODIS Workshop 2003
266. Yasuoka, Y., (2003), New Technical Trends in Remote Sensing -Applications in Japan-: The 10th Anniversary of Korean Society of Geo-spatial Information System (招待講演)
267. Yasuoka, Y., (2003), What is MODIS?- MODIS Applications-: IIS-GISDA-AIT MODIS Workshop 2003
268. Kucera, J., Yasuoka, Y., & Dye, G. D. , (2003, Creating a Forest Fire Date Base for the Far East of Asia using NOAA/AVHRR: Joint International Workshop of EARSeLSpecial Interest Group on Forest Fire
269. Hirano, Y., Yasuoka, Y., & Ichinose, T., (2003), Numerical Simulation of Vegetation Effect on Urban Climate by Coupling of Satellite Remote Sensing Data and Local Meteorological Model: 8th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality
270. 安岡善文，(2003)，リモートセンシング技術の新たな展開：土木学会誌，Vol.89, pp.6-7.
271. Guo, T., & Yasuoka, Y., (2003), Building Detection in Urban Areas by Fusing High-resolution Satellite Images and Airborne Laser Scanning Data: Journal of Institute of Industrial Science. The University of Tokyo, Vol.55 (2), pp.92-97.
272. 瀬戸島政博，(2003)，異なる時期に観測した航空機レーザスキャナデータを用いた都市近郊の樹林計測，生産研究，vol. 55-no. 2，pp. 98-103.
273. 瀬戸島政博，今井靖晃，船橋学，岡崎亮太，天野正博，(2003)，落葉前後の航空機レーザスキャナデータを用いた里山の樹高計測と落葉広葉樹の林分把握に関する基礎的検討：日本造園学会誌ランドスケープ研究，vol. 66. no. 5，pp. 503-508.
274. 瀬戸島政博，今井靖晃，天野正博，(2003)，落葉前後の航空機レーザスキャナデータを利用した林分構造の推定：日本森林技術協会誌，森林航測，199 号，pp. 6-11.
275. 岡崎亮太，瀬戸島政博，船橋学，今井靖晃，天野正博，勝木俊雄，福田未来，(2003)，航空機レーザスキャナを用いた森林パラメータ計測の検討：日本林学会，第 114 回日本林学会大会学術講演集，pp. 436.
276. 岡崎亮太，瀬戸島政博，船橋学，今井靖晃，赤松幸生，天野正博，勝木俊雄，福田未来，(2003)，航空機レーザスキャナの異なる FootPrint による樹冠把握の検討：日本リモートセンシング学会，日本リモートセンシング学会，第 34 回学術講演論文集，pp. 177-178.

277. 岡崎亮太，瀬戸島政博，船橋学，今井靖晃，(2003)，航空機レーザスキャナの異なる FootPrint による樹冠抽出：日本写真測量学会，日本写真測量学会平成 15 年度次学術講演会発表論文集，pp. 199-202.
278. 山手規裕，瀬戸島政博，船橋学，今井靖晃，岡崎亮太，小熊宏之，(2003)，航空機レーザスキャナのレーザ入射角が森林計測に及ぼす影響について：日本写真測量学会，日本写真測量学会平成 15 年度秋季学術講演会発表論文集，pp. 43-46.
279. 山岸裕，藤原宣夫，今井靖晃，瀬戸島政博，(2003)，人工衛星画像を用いた都市緑地と土地条件の関連性に関する研究：土木学会，土木学会，31 回環境システム研究論文発表会講演集，pp. 379-385.
280. 岡崎亮太，瀬戸島政博，船橋学，今井靖晃，山手規裕，梅原俊彦，佐竹誠，前野英夫，灘井章嗣，森山敏文，中村和樹，浦塚清峰，(2003)，航空機搭載 SAR(Pi-SAR)の干渉とレーザスキャナで計測された森林域における樹高の比較：日本リモートセンシング学会，日本リモートセンシング学会第 35 回学術講演会論文集，pp. 189-190.
281. 船橋学，瀬戸島政博，岡崎亮太，今井靖晃，山本和広，(2003)，ASTER データを用いた都市内樹林の樹高把握に関する検討：日本リモートセンシング学会，日本リモートセンシング学会，第 35 回学術講演会論文集，pp. 199-200.
282. 瀬戸島政博，(2003)，航空機レーザスキャナではかる，シリーズ森をはかる（その 24）：森林科学，40 号，pp. 61.
283. Herath, S., D. Dutta and S. Wijesekara, (2003), A Coupled River and Inundation Modelling Scheme for Efficient Flood Forecasting: Journal of Geoinformatics, Japan Society of Geoinformatics, Vol. 14, No. 1, pp. 37-42.
284. Dutta, D., S. Herath and S. Wijesekera, (2003), Impact of Dem Horizontal Resolution in Flood Inundation Modelling: Asian Journal of Geoinformatics, ARSRIN, Thailand, Vol. 3, No. 3, pp. 41-48.
285. Dutta, D., S. Herath and K. Musiake, (2003), A Mathematical Model for Flood Loss Estimation, Journal of Hydrology, Volume 277, Issue 1-2 June, pp. 24-49.
286. Dutta, D. and S. Herath, (2003), Urban Flood Risk Analysis using Distributed Mathematical Model: A Case Study in Yom River Basin, Thailand: Seisan-Kenkyu, Journal of Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Vol. 55, No. 2, pp. 88-91.
287. Dutta, D., H. Takamura and S. Herath, (2003), A Study of Floods in Underground Facilities for Urban Risk Analysis: Proceedings of the International Conference on Water and Environment, Bhopal, India, December, pp.54-55.
288. Dutta, D., (2003), Analysis of Urban Flood Disaster trends in Asia, Watershed Hydrology: Proceedings of the International Conference on Water and Environment, Bhopal, India, December, pp.512-519.

289. Dutta, D. and S. Herath, (2003), Advanced Modelling Tool for Flood Risk Management with Integrated River Basin Approach: A Case study in Yom River Basin, Thailand: Proceedings of the First Southeast Asia Water Forum: Strengthening Regional Capacity through Best Practices in IWRM, Global Water Partnership, Volume 2, November, Chiang Mai, Thailand, pp. 515-522.
290. Dutta, D. and T. Tingsanchali, (2003), Development of Flood Loss Functions for Urban Flood Risk Analysis in Bangkok: Proceedings of the 2nd International Conference on New Technologies for Urban Safety in Mega Cities of Asia, University of Tokyo, Japan, October 30-31, pp: 229-238.
291. D. Dutta, H. Takamura and S. Herath, (2003), Understanding Flood Behaviour in Underground Facilities for Urban Flood Risk Management: Proceedings of the 2nd International Conference on New Technologies for Urban Safety in Mega Cities of Asia, University of Tokyo, Japan, October 30-31, pp: 201-212.
292. Dutta, D., S. Herath and K. Musiake, (2003), Hydrological Forecasting of Flood and Inundation Damage: Proceedings of the International Seminar on Innovative Model for Sustainable Water Resource Management – GAME-T Crystallization, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, August. (in press),.
293. Dutta, D. and S. Herath, (2003), A GIS Based System for Flood Risk Analysis for Urban Floods in Asia: Proceedings of the 28th Annual Hazards Research and Applications Workshop, Hazard Research Center, University of Colorado, Boulder, USA, PS03-11.
294. Dutta, D. and S. Herath, (2003), A GIS and Mathematical Based Urban Flood Risk Analysis System: Proceedings of the International Symposium on New Technologies for Urban Safety in Asian Mega Cities, ICUS Report 2, The University of Tokyo, Japan, pp. 113-119.
295. Dutta, D., S. Herath and S. Wijesekera, (2003), Development and Application of an Urban Flood Risk Analysis System: Proceedings of the First International Conference of Asia-Pacific Hydrology and Water Resources Association, Kyoto, Japan, pp. 821-826, March.
296. 目黒公郎，柳田充康，高橋健文，(2003)，関東大震災の延焼火災に与えた建物被害の影響について: 生産研究，第 55 巻 6 号.
297. 秦康範，目黒公郎，高橋健文，(2003)，電力供給量の変動を利用した浸水被害の推定に関する基礎的検討: 生産研究，第 55 巻，2 号.
298. Sudhir Misra，Harsha P. Sooriyaarachchi，Tsugio Nishimura，Taketo Uomoto，(2003)，Behaviour of Repaired RC Beams Under Cycle Loading: 生産研究，Vol.55，No.4，pp373-376.
299. Satoko Watanabe, Sudhir Misra, Taketo Uomoto, (2003), Nondestructive evaluation of concrete structures -A case study in detailed inspection using 24-year-old reinforced concrete-: NDT-CE2003.
300. Taketo Uomoto，Misra Sudhir，(2003)，MAINTENANCE OF CONCRETE STRUCTURES

– RECENT EFFORTS IN JAPAN -: EASEC-9.

2004

1. 吉國美涼，加藤佳孝，魚本健人，(2004)，個別要素法を用いたコンクリート運搬システムの性能評価に関する研究: 生産研究，vol.56，Ｎｏ.2，pp.34-37.
2. 村瀬 豊, 魚本健人, (2004), 光ファイバセンサによる壁部材の長期連続モニタリング: 生産研究，vol.56，Ｎｏ.2，pp.38-41.
3. 村瀬 豊，魚本健人，(2004)，超音波法によるコンクリート構造物の内部欠陥調査方法に関する研究（その 1）: 生産研究，vol.56，Ｎｏ.2，pp.42-45.
4. 魚本健人，(2004)，都市基盤の安全とＩＣＵＳの活動: 生産研究，vol.56，no.3，pp.1-2.
5. 魚本健人, (2004), コンクリートの劣化と非破壊検査の重要性: 生産研究, vol.56, no.3, pp.7-10.
6. 伊藤正憲，宇野祐一，弘中義昭，平間昭信，北澤英宏，深津章文，勝木 太，魚本健人，(2004)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（２） －補修条件の違いによる影響 -: 生産研究，vol.56，no.3，pp.67-70.
7. 横澤祐希，加藤佳孝，魚本健人，(2004)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（3） －暴露条件の影響 -: 生産研究，vol.56，no.3，pp.71-74.
8. 榊原浩幸，戸田勝哉，星野富夫，松田 敏，椎名貴快，二井谷教治，里 隆幸，岸 利治，魚本健人，(2004)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（４） －電気化学的測定 -: 生産研究，vol.56，no.3，pp.75-78.
9. 槙島 修，魚本健人，(2004)，断面修復材の耐久性の評価に関する研究（1）－ポリマーセメントモルタルの施工条件が耐久性に与える影響－: 生産研究, vol.56, no.3, pp.79-82.
10. 槙島 修，魚本健人，(2004)，断面修復材の耐久性の評価に関する研究（2）－ポリマーセメントモルタルの物性の違いが耐久性に与える影響－: 生産研究， vol.56，no.3，pp.83-86.
11. 杉山基美, 魚本健人, (2004), 耐久性に優れたＧＦＲＰロッドの開発: 生産研究, vol.56, no.3，pp.79-82.
12. 伊代田 岳史，魚本健人，(2004)，若材齢時の水分履歴がセメント硬化体の内部組織構造形成と物理特性に及ぼす影響: コンクリート工学，論文集， vol.15，pp.25-34.
13. 魚本健人，(2004)，プレストレストコンクリートと耐久性: プレストレストコンクリート，vol.46，no.4,
14. 田中泰司，西村次男，岸利治，魚本健人，(2004)，コンクリートの膨張作用を受けた鉄筋隅角部のひずみ分布: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.695－696.
15. 魚本健人，(2004)，非破壊検査に期待するもの: セメント・コンクリート
16. 金田尚志，魚本健人，(2004)，近赤外分光法によるコンクリート構造物の調査手法の開

発: セメント・コンクリート
17. 魚本健人，(2004)，本と日本文化: 土木学会誌，vol.89，no.12，
18. Taketo Uomoto，(2004)，Intoroduction to JSCE Standard Specification for Concrete Structures: 2004 NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA，pp.273-282.
19. Dushmanta Dutta　and Taketo Uomoto，(2004)，ICUS and Ait Collaboration on Urban Safety Research: 2004 NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA，pp.523-532.
20. H.Kanada，Y.Ishikawa，and T.Uomoto，(2004)，Development of NewMethod to Inspect Deteriorated Concrete Using NIR Spectroscopic Technique: 2004 NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA，　pp.335-344.
21. Taketo Uomoto and Sudhir Misra，(2004)，Importance of Maintenance Tecnologies in The Field of Concrete: ASIAN CONCRETE　FEDERATION
22. Akinobu Hirama，　Tsugio Nishimura，and Taketo Uomoto，(2004)，Evalution for Development of Strength in Shotcrete in Laboratory Tests: ASIAN CONCRETE　FEDERATION
23. Tomomi Sugiyama and Taketo Uomoto，(2004)，Influence of Dispersing Effects of Various Cement Dispersants on Micro-Structureaformation in Hardened Hardened Cement Conposites: ASIAN CONCRETE　FEDERATION
24. M. Yoshikuni，　Y. Kato，and T. Uomoto，(2004)，Fundamental Study on Mixing Perfomance of Tilting Drum Mixer: ACF
25. Yoshihumi Hosokawa and Taketo Uomoto，(2004)，Quantitative Evaluation of Accelerator Properties Based on Models with Hydration Considered: ASIAN CONCRETE FEDERATION
26. Pakawat Sancharoen　and Taketo Uomoto，(2004)，Corrosion of Reinforcing Steel in GGBS Concrete Due to Cyclic Exposure of Chloride and Carbonation: ASIAN CONCRETE FEDERATION
27. Hisashi Kanada，Yukihiro Ishikawa，and Taketo Uomoto，(2004)，Development of New Technique to Detect Deleterious Substances of Concrete Using Near - Infrared Spectral Imaging System: ASIAN CONCRETE　FEDERATION
28. Seok-Kyun Park and Taketo Uomoto，(2004)，Detecting The Shape and Orientation of Specific Voids Behind Tunnel Lining Concrete By The Microwave Polarization　Method: ASIAN CONCRETE　FEDERATION
29. Futoshi Katuki and Taketo Uomoto，(2004)，Basic Research on The App.lication of Optical Fiber Sensor for Filling Control of PC Grout: ASIAN CONCRETE　FEDERATION
30. Osamu Makishima and Taketo Uomoto，(2004)，Influence of Constructional and Environmental Condition of Polymer Cement Mortar on Durability: ASIAN CONCRETE　FEDERATION

31. Taketo Uomoto，(2004)，New Technologies on Maintenance of Concrete Structures: CICHE-JSCE Joint Seminar on Concrete Engineering pp.1-8
32. 杉山知巳，魚本健人，(2004)，種々のセメント分散剤の分散効果が微細構造形成に及ぼす影響: コンクリート工学，年次論文集， vol.26，no.1，pp.243-248.
33. 星野富夫，魚本健人，(2004)，エポキシ樹脂塗装鉄筋コンクリートの防食効果に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.26，no.891-896.
34. Shashank Bishonoi and Taketo Uomoto，(2004)，Temperature and Strain Variation in Concrete under Freeze-Thaw Conditions: コンクリート工学，年次論文集， vol.26，pp.981-986.
35. 白勢和道，魚本健人，(2004)，硫酸侵食された鉄筋コンクリートの性状に関する基礎的研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.26，no1，pp.1005-1010.
36. Pakawat Sancharoen and Taketo　Uomoto ，(2004)，Corrosion of Reinforcing Steel in GGBS Concrete Due to Cyclic Exposure of Chloride and Cabonation: コンクリート工学，年次論文集，vol.26，no.1，pp.1113-1118.
37. 吉國美涼，加藤佳孝，西村次男，魚本健人，(2004)，羽根付回転式円筒管を用いたコンクリートの練混ぜ性能に関する基礎的研究: コンクリート工学，年次論文集， vol.26，no.1，pp.1383-1388.
38. 伊藤正憲，宇野祐一，弘中義昭，魚本健人，(2004)，補修条件の違いによる補修後の再劣化に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.26，no.1，pp.1701-1706.
39. 森本丈太郎，元売正美，槙島 修，魚本健人，(2004)，曝露条件の違いによる補修後の再劣化に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.26，no.1，pp.1707-1712.
40. 槙島 修，魚本健人，(2004)，断面修復材の材料特性の違いが耐久性に与える影響: コンクリート工学，年次論文集， vol.26，no.1，pp.1713-1718.
41. 恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2004)，コンクリート構造物の劣化診断における非破壊検査の適用に関する研究: コンクリート工学, 年次論文集，vol.26, no.1, pp.1881-1886.
42. 村瀬 豊，勝木 太，魚本健人，(2004)，超音波法によるコンクリート内部空洞の可視化法: コンクリート工学，年次論文集，vol.26，no.1，pp.1923-1928.
43. 戸田勝哉，星野富夫，榊原弘幸，魚本健人，(2004)，補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究: コンクリート工学，年次論文集， vol.26，no.1，pp.1971-1976.
44. 西村次男，田中泰司，岸利治，魚本健人，(2004)，曲げ加工時における異形鉄筋のひずみ測定: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.37-38.
45. 伊藤正憲，弘中義昭，椎名貴快，深津章文，魚本健人，(2004)，海洋環境下における表面被覆材の付着特性に関する研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.57-58.
46. 槙島 修，魚本健人，(2004)，断面修復材の品質変動が耐久性に与える影響: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.117-118.
47. 谷口広樹，槙島 修，勝木 太，魚本健人，(2004)，断面修復材の耐久性に与える影響要

因に関する検討: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.119-120.
48. 森本丈太郎，槙島 修，里 隆幸，勝木 太，魚本健人，(2004)，各種補修工法を施した試験体の曝露環境下の再劣化に関する研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.121-122.
49. 豆田憲章，勝木太，紺野克昭，西村次男，魚本健人，(2004)，常時微動計・加速度計を用いた RC 梁の疲労特性評価に関する基礎的研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.167-168.
50. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2004)，コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する基礎的研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.207-208.
51. 恒国光義，西村次男，魚本健人，(2004)，PC 梁の振動計測に基づく健全性評価に関する検討: 土木学会第 59 回年次学術講演会，p.213-214.
52. 金田尚志，石川幸宏，魚本健人，(2004)，近赤外分光イメージングによるコンクリートの劣化調査: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.217-218.
53. 松山公年，清水隆史，魚本健人，金田尚志，山下英俊，(2004)，劣化診断ソフトの既設橋梁への適用性に関する研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.277-278.
54. 石川幸宏，金田尚志，魚本健人，矢嶋哲司，(2004)，近赤外分光法を用いたコンクリートの劣化因子の検出: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.301-302.
55. 星野富夫，魚本健人，(2004)，エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いたコンクリートの防食効果に関する研究　　－損傷やピンホールの影響に関する検討－: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.419-420.
56. 白勢和道，魚本健人，青木寛知，(2004)，硫酸侵食されたセメント硬化体の性状に関する基礎的研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.429-430.
57. Shashank Bishonoi and Taketo Uomoto，(2004)，Strain Variations in Concrete under Freeze-Thaw Conditions: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.469-470.
58. 榊原浩幸，戸田勝哉，松林裕二，加藤佳孝，魚本健人，(2004)，補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究 （補修形状や塩化物イオン量の違いによる電気化学的特性値）: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.509-510.
59. 伊藤 学，松田 敏，魚本健人，渡部 正，星野富夫，(2004)，補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究 （かぶり深さや照合電極の違いによる電気化学的特性値）: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.511-512.
60. 吉國美涼，加藤佳孝，魚本健人，(2004)，傾胴式ミキサの練混ぜ性能に関する検討: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.883-884.
61. 岡崎慎一郎，魚本健人，(2004)，内部振動機によるフレッシュコンクリートの締固め作用に関する研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.897-898.
62. 杉山知巳，魚本健人，(2004)，ポリカルボン酸系高性能ＡＥ減水剤の分散効果と硬化体

の細孔構造に関する研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.929-930.
63. 魚本健人，金田尚志，石川幸宏，(2004)，近赤外分光法のコンクリート調査への応用: 第２０回 非破壊計測シンポジウム講演要旨集，
64. 国吉隆博，吉村美保，目黒公郎，(2004)，地価関数の推定結果を用いた不動産価格評価に関する研究: 生産研究，Vol.56，No.3，東京大学生産技術研究所，pp.31-36.
65. 菅野有美，目黒公郎，(2004)，応用要素法を用いた杭基礎の破壊挙動に関する基礎的研究: 生産研究， Vol.56， No.3，東京大学生産技術研究所，pp.37-40.
66. 黒田武大，目黒公郎，(2004)，想定を超える地震動に対する構造物の動的挙動に関する研究: 生産研究，Vol.56，No.3，東京大学生産技術研究所，pp.41-46.
67. 杉本太一，目黒公郎，(2004)，個別要素法を用いた避難行動のシミュレーション: 生産研究，Vol.56，No.3，東京大学生産技術研究所，pp.47-50.
68. 目黒公郎，吉村美保，パオラ，マヨルカ，高島正典，(2004)，イラン・バム地震（2003 年 12 月 26 日）におけるアドベ造建物被害の特徴: 生産研究，Vol.56，No.6，東京大学生産技術研究所，pp.80-83.
69. 山口紀行，秦康範，目黒公郎，(2004)，電力供給量の変動を利用した地震被害把握手法の検討: Vol.56，No.6.東京大学生産技術研究所，pp.84-88.
70. 目黒公郎(共同監修)，(2004)，地震…その時に備えて　住宅耐震化編:
71. 目黒公郎(監修)，(2004)，地震のことはなそう (絵本): 地震のことはなそう (絵本).自由国民社，33p.
72. Seiya Uyeda and Kimiro Meguro，(2004)，Earthquake Prediction. Seismic Hazard And Vulnerability: Procedings of International Union of Geophysics and Geodesy Assembly 2003(2003 IUGG)，10p
73. F. Uehan and K. Meguro，(2004)，Proposal of a method to remotely measure microtremors for vibration diagnoses of railway structures: JSCE International Journal. Structural Engineering/Earthquake Engineering
74. F. Uehan and K. Meguro，(2004)，Application of Numerical Simulation and Vibration Measurement for Seismic Damage Assessment of Railway Structures: JSME International Journal. Vol. 47. No. 2
75. F. Uehan and K. Meguro，(2004)，Railway Structure Earthquake Damage Assessment Using Numerical Simulation and Vibration Measurement: Quarterly Report of RTRI. Vol. 45. No. 3. pp.123-130.
76. 吉村美保，目黒公郎，(2004)，兵庫県南部地震での住宅被災者に対する公助の実態分析: 日本建築学会環境系論文集，第 586 号，pp.99-106.
77. B. H. Pandey and K. Meguro，(2004)，Simulation Of Brick Masonry Wall Behavior Under In-Plane Lateral Loading Using Applied Element Method: 13th World Conference on Earthquake Engineering

78. Pradeep Kumar Ramancharla，Tagel-din Hatem，and Kimiro Meguro，(2004)，Dynamic Modeling Of Dip-Slip Faults For Studying Ground Surface Deformation Using Applied Element Method: 13th World Conference on Earthquake Engineering
79. Said Elkholy and Kimiro Meguro，(2004)，Numerical Simulation Of High-Rise Steel Buildings Using Improved Applied Element Method: 13th World Conference on Earthquake Engineering
80. T. Kuroda，K. Meguro，and K. Worakanchana，(2004)，Analysis of Confining Effect on Failure Behavior of Reinforced Concrete Structure: 13th World Conference on Earthquake Engineering
81. M. Yoshimura and K Meguro，(2004)，Proposal Of Retrofitting Promotion System For Low Earthquake-Resistant Structures In Earthquake Prone Countries: 13th World Conference on Earthquake Engineering
82. F. Uehan and K Meguro，(2004)，Assessment Of Seismic Damage To Railway Structures Using Applied Element Method And Microtremor Measurement: 13th World Conference on Earthquake Engineering
83. Paola Mayorca and Kimiro Meguro，(2004)，Proposal Of An Efficient Technique For Retrofitting Unreinforced Masonry Dwellings: 13th World Conference on Earthquake Engineering
84. Yasunori Hada, Noriyuki Yamaguchi, and Kimiro Meguro, (2004), Use Of Electric Power Supply For Development Of Disaster Monitoring System: 13th World Conference on Earthquake Engineering
85. Said Elkholy and Kimiro Meguro，(2004)，Numerical Modeling of Steel Structures in Fire Conditions using Improved Applied Element Method: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for urban Safety of Mega Cities in Asia. India. pp.121-130.
86. Kimiro Meguro and Yasunori Hada，(2004)，Application of Power Demand Changes to Evaluate Building and Dwelling damages due to Earthquake: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for urban Safety of Mega Cities in Asia. India. pp.33-42.
87. Paola Mayorca and Kimiro Meguro，(2004)，An Innovative Seismic Strengthening Method for Unreinforced Masonry Structures using PP-Band Meshes: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for urban Safety of Mega Cities in Asia. India. pp.19-26.
88. 吉村美保，近藤伸也，目黒公郎，(2004)，既存不適格構造物の耐震補強を推進する新しい制度やシステムの開発: 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト「耐震研究の地震防災対策への反映」シンポジウム
89. 目黒公郎，柳田充康，榎本美咲，(2004)，地震時の家具の動的挙動シミュレーターの開発: 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト「耐震研究の地震防災対策への反映」シンポジウム

90. 秦康範，目黒公郎，(2004)，配電用変電所を単位とした電力需要年間モデル構築に向けた基礎的研究: 日本建築学会学術講演概要集，E-2，pp.197-198.(CD-ROM)
91. 吉村美保，目黒公郎，(2004)，活断層近傍建物の地震リスク表示に関する日米比較: 2004 年度日本建築学会学術講演梗概集，F-1，pp.379.(CD－ROM)
92. 箕輪親宏（防災科学技研），坂本功，鈴木祥之，目黒公郎，岡田恒，神谷文夫，三宅辰哉，五十田博，(2004)，既存木造住宅の耐震性向上に関する総合的研究　その 15　平成 15 年度の研究概要: 日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1 分冊，165p.
93. 菅野有美，目黒公郎，(2004)，応用要素法(AEM)を用いた杭基礎の破壊挙動解析: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.58－59.
94. 黒田武大，目黒公郎，(2004)，RC 橋梁の地震時崩壊挙動に関する解析的研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.159－160.
95. Kimiro MEGURO, Miho YOSHIMURA，Masasuke TAKASHIMA, and Paola MAYORCA, (2004)，Building damage evaluation in Bam City in the aftermath of the December 26th 2003 Bam Earthquake: Proceedings of JSCE 59th Annual Conference，1，pp.177－178.
96. Said Elkholy and Kimiro Meguro，(2004)，COLLAPSE OF MULTI-STORY STEEL-BUILDINGS UNDER SEVER GROUND MOTIONS: Proceedings of JSCE 59th Annual Conference.，1，pp.293－294.
97. 伊東大輔，目黒公郎，(2004)，応用要素法による RC 高架橋の３次元崩壊挙動解析: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.294－295.
98. Kawin Worakanchana and Kimiro Meguro，(2004)，2-D ELASTIC ANALYSIS USING THE HEXAGONAL SHAPE APPLIED ELEMENT METHOD: Proceedings of JSCE 59th Annual Conference，1，pp.352－353.
99. 上半文昭，目黒公郎，(2004)，自然エネルギーを利用した構造物振動の自動観測システム: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.746－747.
100. 柳田充康，目黒公郎，(2004)，Web を利用した地震時の家具の動的挙動シミュレータの構築: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.797－798.
101. 織田浩平，目黒公郎，(2004)，高層ビルにおける避難行動シミュレーション: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.802－803.
102. 山口紀行，秦 康範，目黒公郎，(2004)，電力供給量の変動を利用した地震直後からの被害把握手法~近年の被害地震への適応の試み~: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.810－811.
103. 飯田亮一，秦康範，目黒公郎，(2004)，配電用変電所を単位とした電力需要年間モデル構築に向けた検討: 土木学会第 59 回年次学術講演会，1，pp.811－812.
104. 國吉隆博，吉村美保，目黒公郎，(2004)，不動産が潜在的に有する地震リスクの検討: 土木学会第 59 回年次学術講演会，4，pp.262－263.
105. 杉本太一，目黒公郎，(2004)，都市施設の安全性評価を目的とした群集挙動の解析的研

究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，4，pp.268－269.
106. 藤野学，吉村美保，目黒公郎，(2004)，学校建物の選択的な耐震化計画立案に関する一考察: 土木学会第 59 回年次学術講演会，4，pp.284－285.
107. 大山宗則，目黒公郎，(2004)，災害状況イマジネーション能力を向上させるシステムに関する基礎的研究: 土木学会第 59 回年次学術講演会，4，pp.285－286.
108. 近藤 伸也，目黒 公郎，(2004)，教育システム設計技法を用いた防災マニュアル作成手法の提案: 土木学会第 59 回年次学術講演会，6，pp.312－313.
109. 吉村美保，目黒公郎，(2004)，活断層近傍に立地する建物の地震リスク表示に関する一考察: 第 23 回日本自然災害学会年次学術講演会講演概要集，日本自然災害学会
110. 目黒公郎，杉本太一，(2004)，地震時の鉄道車両内の乗客の安全性確保のための基礎的検討: 第 23 回日本自然災害学会年次学術講演会講演概要集，日本自然災害学会
111. 目黒公郎，柳田充康，(2004)，1923 年関東地震による延焼火災に与えた建物被害の影響について: 第 23 回日本自然災害学会年次学術講演会講演概要集，日本自然災害学会
112. 目黒公郎，(2004)，マルチメディアによる地震災害の事後対応過程の検討，ここまで進んだ日米の都市地震防災: 第 19 回「大学と科学」公開シンポジウム，pp.51-54.
113. 宮島昌克, 目黒公郎, 伯野元彦, 幸左賢二, 飛田哲男, 吉村美保, 高島正典, Paola Mayorca, Abdolhossein Fallahi，鍬田 泰子，林 亜紀夫，(2004)，2003 年 12 月 26 日イラン・バム地震被害調査速報: 自然災害科学 69，Vol.23， No.1， pp.117-126.
114. 目黒公郎，(2004)，マルチメディアによる地震災害の事後対応過程の検討: 文部科学省科学研究補助金特定領域研究（2） 計画研究 5-2 報告書
115. 目黒公郎， 吉村美保，パオラ，マヨルカ，高島正典，(2004)，イラン・バム地震における建物被害状況: 2003 年 12 月 26 日イラン・バム地震被害調査速報会概要集，土木学会地震工学委員会地震被害調査小委員会，pp.16-19.
116. 目黒公郎，(2004)，自治体における防災と情報システムの取り組みについて: リスク対応型時空間情報システム研究委員会報告書，pp.59-60.
117. T. Kuroda and K. Meguro, (2004), Numerical Study of Collapse Behavior of RC Bridges due to Extremely high Seismic load Considering Post-Peak Behavior: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo， No.37, pp.51-60.
118. S. Bartolome, D. Quiun and P. Mayorca，(2004)，Proposal pf a Standard for Seismic Design of Confined Masonry Buildings: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo，No.37，pp.61-68.
119. F. Uehan and K. Meguro, (2004), Proposal of a Method to Remotely Measure Microtremors for Vibration Diagnoses of Railway Structures: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo， No.37， pp.69-76.
120. K. Meguro and M. Yoshimura，(2004)，Integrated information System for Total Disaster

Management: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo，No.37，pp.77-82.

121. Said Elkholy and Kimiro Meguro，(2004)，Microtremor Measurements for The Estimation of Seismic Response in Boumerdes Algeria: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo，No.37，pp.83-94.
122. K. Konagai，K. Meguro，M. Yoshimura，P. Mayorca，M. Takashima，A. Farahani，H. Tahghighi，and M. Keshavarz，(2004)，Provisional Report of the December 26. 2003 Bam Earthquake. Iran: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. Institute of Industrial Science. University of Tokyo ，No.37，pp.95-106.
123. Kimiro Meguro and Shinya Kondo，(2004)，New style disaster information database: Report on Assessment of Post-event Management Processes using Multi-media Disaster Simulation，3，pp. 1－12.
124. Yasunori Hada and Kimiro Meguro，(2004)，Introduction of an earthquake damage evaluation method for buildings and dwellings by monitoring changes of power supply: Report on Assessment of Post-event Management Processes using Multi-media Disaster Simulation，４，pp. 21－39.
125. Kimiro Meguro，(2004)，Universal simulator of earthquake disaster environment: Report on Assessment of Post-event Management Processes using Multi-media Disaster Simulation，４，pp. 81－89.
126. Miho Yoshimura and Kimiro Meguro，(2004)，Proposal of retrofitting promotion system (RPS) for low earthquake-resistant structures in Shizuoka Prefecture. Japan: Report on Assessment of Post-event Management Processes using Multi-media Disaster Simulation，4，pp. 109－121.
127. Kimiro Meguro and Shinya Kondo，(2004)，Development of a new generation manuals for total disaster management: Report on Assessment of Post-event Management Processes using Multi-media Disaster Simulation，pp. 1－10.
128. 目黒公郎，(2004)，地震対策はハードとソフトの両面から戦略的に: 日本鉄道施設協会誌，5 月号，pp. 6-7.
129. 上半文昭，目黒公郎，(2004)，構造物振動の常時観測システムとその応用: 鉄道総研報告，第 18 巻，第 9 号，pp.53-58.
130. 目黒公郎，(2004)，１２０万人が真上に住む「危ない活断層」最新マップ　目黒公郎・東大生産技術研究所教授: pp.205-207.
131. 目黒公郎，(2004)，「耐震」と「緊急速報」がキーワード.地震大国日本を救うことができるか: Being　Special 誌上ヘッドハンティング号，8p.
132. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，近藤裕昭，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候解析: 第 19 回生研 TSFD シンポジウム

133. 大岡龍三，(2004)，第 3 章 3.2.水質汚染 3.3.土壌汚染: 地域環境デザインと継承 日本建築学会編 彰国社，pp.67-73.
134. H. Huang，R. Ooka，S. Kato，H. Otake，and Y. Hayashi，(2004)，CFD Simulation of Thermal Plume and Firebrands Scattering in Urban Fire: Fire Science and Technology，Vol.23， No.2，pp.152-163.
135. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2004)，対流・放射連成解析と遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた屋外温熱環境の最適設計手法に関する研究 屋外温熱環境設計のための樹木の最適配置: 日本建築学会環境系論文集，No.576，pp.65-71.
136. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，原山和也，近藤裕昭，(2004)，ヒートアイランド緩和方策が夏季と冬季の都市熱環境へ及ぼす影響の数値解析 夏季・冬季の都市気候特性の分析及び緑化と高アルベド化の効果の検討: 日本建築学会環境系論文集，No.577，pp.55-62.
137. 大岡龍三，吉田伸治，村上周三，佐々木澄，持田灯，吉野博，(2004)，都市の熱代謝モデルの提案と緑化に係わる熱収支分析 都市気候モデルに基づく東京の都市熱環境の分析: 日本建築学会環境系論文集，No.579，pp.73-80.
138. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2004)，都市の熱収支モデルを用いた夏季の東京首都圏における大気熱収支構造の地域性の比較: 日本建築学会環境系論文集，No.586，pp.61-68.
139. S. Murakami，S. Kato，R. Ooka，and Y. Shiraishi，(2004)，Design of a porous-type residential building model with low environmental load in hot and humid Asia: Energy and Buildings，36，pp.1181-1189.
140. H. Chen，R. Ooka，K. Harayama， S. Kato，and X. Li，(2004)，Study on outdoor thermal environment of apartment block in Shenzhen. China with coupled simulation of convection. radiation and conduction: Energy and Buildings，36，pp.1247-1258.
141. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2004)，CFD 解析と遺伝的アルゴリズム(GA)を用いたピロティーの最適配置による屋外温熱環境の改善に関する研究: 第 18 回風工学シンポジウム論文集
142. Hong HUANG，R. Ooka，and S. Kato，(2004)，Study on Outdoor Thermal Environment around COOLING Towers of Large District Heating and Cooling System in Summer in Tokyo –Field Measurement and Coupled Simulation of Convection. Radiation and Conduction: Fifth Symposium on the Urban Environment，9，15，pp.1-6.
143. Ryozo Ooka，K. Harayama，S. Murakami，and H. Kondo，(2004)，Study on Urban Heat Islands in Tokyo Metropolitan Area using a Meteorological Mesoscale Model Incorporating and Urban Canopy Model: Fifth Symposium on the Urban Environment，9，15，pp.1-6.
144. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，原山和也，佐藤大樹，(2004)，空調負荷計算を組み込んだ数値気候モデルによる都市気候と建物空調排熱の解析: 日本建築学会関東支部研

究報告集　環境工学，Ⅱ，4034，pp.1-4.
145. 岩村裕也，村上周三，大岡龍三，原山和也，佐藤大樹，陳宏，(2004)，建物外皮の放射特性が屋外温熱環境･空調負荷へ及ぼす影響の検討: 日本建築学会関東支部研究報告集　環境工学，Ⅱ，4033，pp.1-4.
146. 大竹宏，黄弘，大岡龍三 ，加藤信介，蒋太鋒，(2004)，CFD による都市火災シミュレーション手法に関する研究: 日本建築学会関東支部研究報告集，防火，Ⅲ，3058，pp.1-4.
147. 黄錫鎬，大岡龍三，加藤信介，宋斗三，関根賢太郎，(2004)，場所打ち杭を利用した地中熱システム及その性能実験施設の概要: 日本建築学会関東支部研究報告集　環境工学，Ⅱ，4016，pp.1-4.
148. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2004)，高層集合住宅の換気性状に及ぼす変動風圧の影響に関する風洞実験: 日本建築学会関東支部研究報告集　環境工学，Ⅱ4025，pp.1-4.
149. 蔡耀賢，加藤信介，大岡龍三，(2004)，デシカント通風・空調によるダンプハウス対策に関する研究（その 1） システム概要: 日本建築学会関東支部研究報告集　環境工学，Ⅱ，4026，pp.1-4.
150. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2004)，都市の熱収支モデルを用いた東京首都圏における大気熱収支構造の地域性の比較: 日本建築学会関東支部研究報告集　環境工学，Ⅱ，4040，pp.1-4.
151. 小島弘，大岡龍三，川本陽一，亀谷茂樹，鳴海大典，市川徹，大森敏明，(2004)，東京都区部の空調排熱形態がヒートアイランドに及ぼす影響の検討（第 2 報）: 第 38 回空気調和・冷凍連合講演会，43，pp.1-4.
152. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，近藤裕昭，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール解析手法の開発: 第 38 回空気調和・冷凍連合講演会，42，pp.1-4.
153. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，原山和也，佐藤春樹，(2004)，空調負荷計算を組み込んだ数値気候モデルによる都市気候と建物空調排熱の解析: 第 38 回空気調和・冷凍連合講演会，43，pp.1-4.
154. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2004)，高層集合住宅の換気性状に及ぼす変動風圧の影響に関する風洞実験: 日本風工学会年次研究発表会
155. 高橋岳生，加藤信介，大岡龍三，河野良坪，渡辺壮亮，(2004)，実在市街地における自動車排気ガスの汚染濃度予測に関する風洞実験: 日本風工学会年次研究発表会
156. 大竹宏，黄弘，大岡龍三，加藤信介，林吉彦，吉岡英樹，(2004)，市街地火災における燃焼モデリングと火の粉の飛散性状の数値解析(その 3)　火の粉の流体力学的性状の測定: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.307-308.
157. 小島弘，大岡龍三，加藤信介，黄弘，原山和也，鳴海大典，李海峰，市川徹，大森敏明，(2004)，実測とシミュレーションによる新宿地域冷暖房周辺地区の温熱環境評価(そ

の 1) 地域冷暖房大型冷却塔周辺の温熱環境実測: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1，pp.649-650.
158. 黄弘，大岡龍三，加藤信介，大森敏明，原山和也，鳴海大典，李海峰，市川徹，小島弘, (2004), 実測とシミュレーションによる新宿地域冷暖房周辺地区の温熱環境評価(その 2) 複雑形状に適応する屋外温熱環境解析手法の開発と冷却塔排熱の環境影響評価: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.651-652.
159. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，近藤裕昭，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルの開発(その 1) 都市キャノピーモデルの基本構成: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.655-656.
160. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，原山和也，佐藤大樹，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルの開発(その 2) 空調排熱モデルの開発: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.657-658.
161. 大岡龍三，村上周三，原田雄介，原山和也，佐藤大樹，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルの開発(その 3) 新しいモデルを利用した東京首都圏の温熱環境解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.659-660.
162. 小野剛司，佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2004)，夏季の東京首都圏における熱環境の地域性の比較 (その 1) 解析概要と流れ場・温湿度場の比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.669-670.
163. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2004)，夏季の東京首都圏における熱環境の地域性の比較 (その 2) 都市の熱収支モデルによる大気の顕熱・潜熱収支構造の比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.671-672.
164. 高木賢二，北田健介，大岡龍三，川本陽一，古市眞，宮坂聡，天野玲子，椿治彦，(2004)，リモートセンシング.メソスケール大気シミュレーション及び地表面熱収支解析を用いた地表面温度予測精度の定量化: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.673-674.
165. 川本陽一，大岡龍三，(2004)，数値気候モデルによる東京都区部のヒートアイランドの進展に関する研究(その 1) 2020 年までの人工排熱量推移の影響に関する検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.675-676.
166. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2004)，多目的遺伝的アルゴリズム(MOGAs)を用いた樹木の最適配置による屋外環境の最適化に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1，pp.719-720.
167. 松縄堅，村上周三，丹羽英治，持田灯，森川泰成，足永靖信，大岡龍三，谷本潤，(2004)，建築物の総合環境性能評価手法(CASBEE)に関する研究(その 19) ヒートアイランド緩和対策の総合評価システム CASBEE-H の開発(2)評価システムの枠組みと評価シート: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.1103-1104.
168. 森川泰成，村上周三，谷本潤，松縄堅，持田灯，大岡龍三，足永靖信，丹羽英治，大黒雅之，(2004)，建築物の総合環境性能評価手法 CASBEE に関する研究(その 20) ヒー

トアイランド緩和対策の総合評価システム CASBEE-H の開発(3)　1 次元，3 次元数値解析による環境配慮項目の QH. LH に関する感度解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.1105-1106.
169. 岩村裕也，村上周三，佐藤大樹，大岡龍三，原山和也，(2004)，相互放射を考慮した建物群の実効日射反射率と空調負荷: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.93-94.
170. 佐古井智紀，都築和代，加藤信介，大岡龍三，宋斗三，朱晟偉，(2004)，不均一温熱環境における皮膚温と顕熱交換量の分布による快適性の表現: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.497-498.
171. 柿本理恵，大岡龍三，吉田伸治，(2004)，実測による福井市における環境共生型事務所ビルの性能評価に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.637-638.
172. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2004)，高層集合住宅の換気性状に及ぼす変動風圧の影響に関する風洞実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.789-790.
173. 高橋岳生，加藤信介，大岡龍三，河野良坪，渡辺壮亮，(2004)，市街地における汚染質拡散の予測に関する研究(その 1) 実在市街地における自動車排気ガスの汚染濃度予測に関する風洞実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.815-816.
174. 渡辺壮亮，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，河野良坪，(2004)，市街地における汚染質拡散の予測に関する研究(その 2) 点源実験結果に基づく自動車排気ガスの汚染濃度予測: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.817-818.
175. 蒋太鋒，大岡龍三，加藤信介，黄弘，高橋岳生，河野良坪，渡辺壮亮，(2004)，市街地における汚染質拡散の予測に関する研究(その 3) CFD 解析による自動車排気ガスの汚染濃度の予測: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.819-820.
176. 大橋えり，吉田伸治，大岡龍三，宮沢博，(2004)，市街地における汚染質拡散の予測に関する研究(その 3) CFD 解析による自動車排気ガスの汚染濃度の予測: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.819-820.
177. 蔡耀賢，加藤信介，大岡龍三，小金井真，生田紀夫，(2004)，デシカント通風・空調によるダンプハウス対策に関する研究(その 1) システム概要および実験結果: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.1177-1178.
178. 横井睦己，大岡龍三，関根賢太郎，黄錫鎬，加藤信介，宋斗三，(2004)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及･実用化に関する研究 (その 1)　システムおよび性能実験施設の概要: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.1379-1380.
179. 関根賢太郎，大岡龍三，横井睦己，黄錫鎬，深尾仁，(2004)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究(その 2) 夏期および冬期性能実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.1381-1382.
180. 黄錫鎬，大岡龍三，関根賢太郎，(2004)，大都市における基礎杭を利用した地中熱空調システムの普及・実用化に関する研究(その 3)　数値シミュレーションによる地中熱交換器の差異による採･放熱効果に関する検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2,

pp.1383-1384.
181. Zhang Quan，S. Kato，and R. Ooka，(2004)，The Research of the main Technique of Water Source Heat Pump System: HVAC & R Scheme Design Process of a Hot Spring Hotel: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.819-820.
182. 佐古井智紀，都築和代，加藤信介，大岡龍三，宋斗三，朱晟偉，(2004)，不均一熱環境における快・不快感の表現法に関する研究: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.641-643.
183. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，佐藤大樹，原山和也，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルによる　ヒートアイランド緩和方策の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1027-1030.
184. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，原田雄介，(2004)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール解析による都市の熱収支構造の分析: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1031-1034.
185. 岩村裕也，村上周三，佐藤大樹，大岡龍三，原山和也，(2004)，街区形状と実効日射反射率・空調負荷の関係: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1067-1070.
186. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2004)，多目的遺伝的アルゴリズム(MOGA)を用いた屋外環境設計ための樹木の最適配置に関する研究: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1091-1094.
187. 笹本太郎，加藤信介，村上周三，大岡龍三，(2004)，室内温熱環境制御に用いる放射熱分配係数 C_{ij} の開発（その 3）　強制対流の存在する閉鎖空間への適用例: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1111-1114.
188. 黄弘, 加藤信介, 大岡龍三, (2004), CFD 解析による市街地における Visitation Frequency. Purging Flow Rate の解析 高架道路周辺換気効率の評価に関する研究: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1223-1226.
189. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2004)，高層集合住宅の換気性状に及ぼす変動風圧の影響に関する風洞実験（第 2 報）: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1243-1246.
190. 蔡耀賢，加藤信介，大岡龍三，小金井真，生田紀夫，(2004)，デシカント空調・換気によるダンプハウス対策に関する研究（その 2）　実験用システムの性能試験結果: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1379-1382.
191. 柴芳郎，大岡龍三，関根賢太郎，(2004)，地中熱源対応水冷式ヒートポンプチラーの開発: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1591-1593.
192. 大岡龍三，関根賢太郎，黄錫鎬，(2004)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究(その 4) 地中採放熱量と熱源成績係数: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1655-1658.
193. 黄錫鎬，大岡龍三，関根賢太郎，池内研，(2004)，場所打ちを用いた地中熱空調システ

ムの普及・実用化に関する研究（その５） 揚水実験による土壌物性値の把握: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1659-1662.
194. 佐古井智紀，都筑和代，加藤信介，大岡龍三，宋斗三，朱晟偉，(2004)，不均一熱環境を対象とした快適性表現式の検証: 第 28 回人間－生活環境系シンポジウム，1-1，pp.4.
195. 黄弘，加藤信介，大岡龍三，蒋太峰，(2004)，CFD 解析による市街地における Visitation Frequency Purging Flow Rate の解析: 第 18 回風工学シンポジウム論文集
196. 宮坂聡，古市眞，大岡龍三，川本陽一，高木賢二，北田健介，天野玲子，椿治彦，(2004)，航空機 MSS と数値シミュレーションによる都市域の地表面温度調査: 日本リモートセンシング学会第 37 回学術講演会，A15.
197. 大岡龍三，佐々木龍二，吉田伸治，酒井良雄，(2004)，地下熱ヒートポンプ利用例 福井県教育センター 基礎杭利用地中熱ヒートポンプシステムを採用した環境共生建築: 建築設備と配管工事.554，Vol.42，No.1，pp.36-40.
198. 天野玲子，出石陽一，栗岡 均，佐藤 博臣，桑名 秀明，鶴田 俊，鈴木 健，尾川 義雄，(2004)，「水幕式火災防災システムの開発―水幕の火災区画化特性の把握―」： 平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集
199. Reiko Amano，Youichi Izushi，Hitoshi Kurioka，Hiromi Sato，Hideaki Kuwana，Takashi Tsuruda，Yoshio Ogawa，Takeshi Suzuki，(2004)，“Water Screen Fire Disaster Prevention System in Underground Space”: 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology.
200. Reiko Amano，Shigeru Hirashima，Hachiro Ukon，“Disaster Mitigation Technology in the Construction Industry”: The 3rd Civil Engineering Conference in the Asian Region.
201. Reiko Amano，Youichi Izushi，Hitoshi Kurioka，Hideaki kuwano，Takahashi Tsuruda，Takeshi Suzuki，Yoshio Ogawa，(2004)，“Water Screen Fire disaster Prevention System -Characteristics of Water Screen as Partitioning Technology-”: The 3rd International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia.
202. 栗岡均，佐藤博臣，天野玲子，(2004)，「トンネル空間でのウォータースクリーン設備作動時の放射熱遮断ならびに発熱速度の特性」： 土木学会第 9 回地下空間シンポジウム
203. 尾川義雄，鶴田俊，鈴木健，天野玲子，出石陽一，佐藤博臣，栗岡均，桑名秀明，(2004)，「水幕を有するトンネル火災実験の赤外線映像による観測」： 平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集
204. 出石陽一，天野玲子，栗岡均，佐藤博臣，桑名秀明，(2004)，「火災区画化技術としてのウォータースクリーンの特性」： 土木学会第 59 回年次学術講演会
205. Yoshitaka KATO,Ema Kato,Taketo UOMOTO, (2004), Evaluation Method of Chloride Movement in Cracked Concrete: Concrete Under Severe Conditions, pp.385-392.
206. Taketo Uomoto,Takeshi Iyoda,Yoshitaka Kato, (2004), A Study of Making a Database for The

Deteriorated Concrete Bridges Using by The Inspection Software: Concrete Under Severe Conditions, pp.626-633.

207. M. Yoshikuni,Y. Kato,T.Uomoto, (2004), Fundamental Study on Mixing Performance of Tilting Drum Mixer: First International Conference of Asian Concrete Federation,
208. Yoshitaka Kato,Taketo Uomoto, (2004), Evaluation of Value of Inspection Technique Under Uncertain Information: First International Conference of Asian Concrete Federation,
209. Yoshitaka Kato, (2004), Maintenance Management of Concrete Structures by Using Repair-Risk: New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia,
210. 吉國美涼，加藤佳孝，西村次男，魚本健人，(2004)，羽根付回転式円筒管を用いたコンクリートの練混ぜ性能に関する基礎的研究: コンクリート工学年次論文報告集,
211. 恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2004)，コンクリート構造物の劣化診断における非破壊検査の適用に関する研究: コンクリート工学年次論文集 vol.26，No.1，pp.243-248.
212. 吉國美涼, 加藤佳孝,魚本健人，(2004)，傾胴式ミキサの練混ぜ性能に関する検討,: 第 59 回年次学術講演会講演概要集,
213. 小根澤淳志, 加藤佳孝, 矢島哲司, 魚本健人，(2004)，コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する基礎的研究: 第 59 回年次学術講演会講演概要集,
214. 竹下直樹, 加藤佳孝，(2004)，明度差を考慮したコンクリート構造物の補修方法に関する基礎的研究: 第 59 回年次学術講演会講演概要集,
215. 榊原浩幸, 戸田勝哉, 松林裕二, 加藤佳孝, 魚本健人，(2004)，補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究 （補修形状や塩化物イオン量の違いによる電気化学的特性値）: 第 59 回年次学術講演会講演概要集,
216. 森本丈太郎, 槙島 修, 元売 正美, 伊藤 学, 松林裕二, 渡部 正, 加藤佳孝, 魚本健人，(2004)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（3） －暴露条件の違いによる影響 -: 生産研究，vol.56，No.3，pp.71-74.
217. 吉國美涼, 加藤佳孝, 魚本健人，(2004)，個別要素法を用いたコンクリート運搬システムの性能評価に関する研究: 生産研究，vol.56，No.2，pp.34-37.
218. 竹下直樹, 加藤佳孝，(2004)，景観性能を考慮した既設コンクリート構造物の補修設計の確立(1): 生産研究，vol56，No.3，pp.11-13.
219. 加藤佳孝，(2004)，コンクリート構造物のメンテナンスマネジメント手法の確立(1) －不確実情報下における検査情報の価値評価の試み－: 生産研究, vol56, No.1, pp.125-128.
220. Dutta, D., (2004), Soil Erosion and Sediment Yield Modeling in Large River Basins: Proceedings of the CWR-Japan Symposium, NILIM, Hayama, Japan, December 3-4, pp. 41-42.
221. Duttta, D., M.J. Alam, K. Umeda, M. Hayashi and S. Hironaka, (2004), Urban Flood Modeling in Lower Mekong Basin: A Physically Based Distributed Modeling Approach: Proceedings of the International Conference on Sustainable Water Resources Management in Changing Environment of the Monsoon, Colombo, Sri Lanka, November, pp. 407-417. (peer reviewed),

222. Bhattarai, R. and D. Dutta, D., (2004), Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield using GIS: A case study in Mun River basin: Proceedings of the International Conference on Advances in Integrated Mekong River Management, Vientiane, Lao, October, pp. 66-73.
223. Dutta, D., (2004), Flood Characteristics in Mekong River Basin and Modeling Experiences for Flood Disaster Reduction: Proceedings of the International Conference on Advances in Integrated Mekong River Management, Vientiane, Lao, October, pp. 316-323.
224. Dutta, D., M.J. Alam, K. Umeda, M. Hayashi and S. Hironaka, (2004), Physical based Distributed Modeling Approach for Urban Flood Simulation in the Lower Mekong Basin: Proceedings of the International Conference on Advances in Integrated Mekong River Management, Vientiane, Lao, October, pp. 267-275.
225. Dutta, D. and T. Uomoto, (2004), ICUS and AIT Collaboration on Urban Safety Research: Proceedings of the 3rd International Symposium on New Technologies for Urban Safety in Asian Mega Cities, Agra, India, October, pp. 1-11.
226. Serker, K., D. Dutta and P. Warnitchai, (2004), Urban Building Inventory from VHR Remote Sensing Imagery for Earthquake Risk Analysis in Bangkok: Proceedings of the 3rd International Symposium on New Technologies for Urban Safety in Asian Mega Cities, Agra, India, October, pp. 71-82.
227. Dutta, D., M.J. Alam and S. Hironaka, (2004), Urban Flood Modeling in Lower Mekong Basin Using A Distributed Surface-River Model: Proceedings of the 3rd International Symposium on New Technologies for Urban Safety in Asian Mega Cities, Agra, India, October, pp. 141-150.
228. Dutta, D. and S. Herath, (2004), Information Gathering System using Communication Technology for Distributed Hydrological Modeling: Proceedings of the Workshop on Hydroinformatics, Kasetsart University, Bangkok, September (in press),.
229. Dutta, D. and K. Serker, (2004), Development of Urban Building Inventory for Bangkok Using Very High-Resolution Remote Sensing Data for Disaster Risk Analysis: Proceedings of the Second International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2004, Hanoi, Vietnam, September, pp. 33-41.
230. Dutta, D., N. Shulian and K. Nakayama, (2004), Impacts of Urbanization in Flow Characteristics in An Urban River Basin in Japan using a GIS Based Distributed Hydrological Model: Proceedings of the Second International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2004, Hanoi, Vietnam, September, pp. 477-478.
231. Dutta, D. and S. Herath, (2004), Trend of Floods in Asia and a Proposal for Flood Risk Management with Integrated River Basin Approach: Proceedings of the Second International Conference of Asia-Pacific Hydrology and Water Resources Association, Singapore, Volume I, pp. 128-137.

232. Herath, S. and D. Dutta, (2004), Modeling of urban flooding including underground space: Proceedings of the Second International Conference of Asia-Pacific Hydrology and Water Resources Association, Singapore, Volume I, pp. 55-63.
233. Meguro, K., D. Dutta and T. Katayama, (2004), Introduction: Seismic Risk Management for Countries of Asia and Pacific: Proceedings of the 3rd International Workshop of the World Seismic Safety Initiative (WSSI),, ICUS Report 5, University of Tokyo, pp.1-4.
234. Meguro, K., D. Dutta and T. Katayama, (2004), Outcomes of the WSSI Questionnaire Survey, Seismic Risk Management for Countries of Asia and Pacific: Proceedings of the 3rd International Workshop of the World Seismic Safety Initiative (WSSI), ICUS Report 5, University of Tokyo, pp.
235. Herath, S. and D. Dutta, (2004), 3D Modelling of Urban Floods: Proceedings of the US-Japan 4th Workshop on Comparative Study on Urban Disaster Management, Port Island, Kobe, Japan, January.
236. 林省吾，(2004)，消防防災行政の課題と改革の方向 ー総点検による総合的戦略の構築ー: 消防防災　夏季号(９月）巻頭論文.

2005

1. Ito Masanori，Kato Yoshitaka，and Uomoto Taketo，(2005)，The Importance of Curing in Preventing the Spalling off of Patching Repair Materiai: 4th International Symposium on NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA,
2. Sancharoen Pakawat, and Taketo Uomoto, (2005), Effect of cyclic exposure of carbonation and chloride on corrosion of reinforcing steel in concrete: 生産研究，vol.57，Ｎｏ.2，pp.29-32.
3. 魚本健人，(2005)，災害と都市基盤の安全: 生産研究，vol.57，Ｎｏ.4，pp.93-94.
4. 恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，既設コンクリート道路橋の劣化診断における非破壊検査の適用: 生産研究，vol.57，Ｎｏ.4，pp.105-109.
5. 魚本健人，加藤佳孝，(2005)，コンクリートの劣化と構造物の安全性: 生産研究，vol.57. Ｎｏ.4，pp.29-32
6. 岡崎慎一郎，魚本健人，(2005)，ＲＣ橋梁の建設年代別構造性能の評価と常時モニタリングデータの評価: 生産研究 vol.57.Ｎｏ.4.pp.99-104.
7. 横澤祐希，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，多摩川橋梁の変状調査報告: 生産研究， vol.57. Ｎｏ.4，pp.110-113.
8. 伊藤正憲，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，乾燥環境下における断面修復材の基本物性評価に関する研究: 生産研究，vol.57 ，Ｎｏ.4 ，pp.29-32.
9. 伊藤学，戸田勝哉，早川健司，松林裕二，渡部 正，星野富夫，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（５）ー電気化学的測定　その２ー: 生産研究，vol.57，Ｎｏ.4，pp.130-133.

10. 槙島修，石関嘉一，宇野祐一，里 隆幸，二井谷教治，松田 敏，勝木　太，魚本健人，(2005)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（6）－塩分移動が鉄筋腐食に及ぼす影響－: 生産研究，vol.57，.Ｎｏ.4，pp.134-137.
11. 松浦誠司，荒木昭俊，伊藤正憲，宇野洋志城，榊原弘幸，元売正美，岸 利治，魚本健人，(2005)，各種要因が補修した鉄筋コンクリート構造物の劣化に及ぼす影響に関する研究（7）－補修条件の違いによる影響－: 生産研究，vol.57，Ｎｏ.4，pp.138-141.
12. 魚本健人, (2005), 我国のコンクリート構造物の劣化と都市の安全性: 生産研究, vol.57 ，Ｎｏ.5 ， pp.37-50
13. 加藤佳孝，魚本健人，(2005)，構成材料の空間的特性を考慮したコンクリートの有効拡散係数の予測モデル: コンクリート工学，論文集，vol.16，Ｎｏ1，pp.11-21.
14. 加藤佳孝，伊代田岳史，西村次男，魚本健人，(2005)，ひび割れを有するコンクリートに適用した表面被覆材の力学性能と耐久性能評価: 土木学会論文集，Ｎｏ.781Ｖ-66, pp.89-99.
15. 清水隆史，松山公年，金田尚志，魚本健人，(2005)，コンクリート構造物の劣化診断ソフトの開発: コンクリート工学，Vol.43，No.2
16. 細川佳史，魚本健人，(2005)，水和を考慮したモデルによる急結剤特性の定量評価と吹付けコンクリートの性能照査: 土木学会論文集，No.781，V-66，pp.1-20.
17. 金田尚志, 石川幸宏, 魚本健人, (2005), 近赤外分光法のコンクリート調査への応用: コンクリート工学，　Vol.43，No.3,
18. Yoshitaka Kato and Taketo Uomoto，(2005)，Modeling of Effective Diffusion Coefficient of Substances in Concrete Considering Spatial Properties of Composite Materials: Journal of Advanced Concrete Technology，　vol.3，Ｎｏ.2，pp.241-251.
19. 魚本健人，(2005)，40 周年を迎えた日本コンクリート工学，協会: コンクリート工学, Vol.43，No.7，　pp.1.
20. 魚本健人, (2005), アジアコンクリート連盟への期待と活動: コンクリート工学, . Vol.43, No.9，　pp.15-16.
21. 魚本健人, (2005), コンクリート診断士制度について: コンクリート工学, .Vol.43, No.9, pp.44-48.
22. Taketo Uomoto，(2005)，New Technologies on Maintenance of Concrete Structures:
23. Hisashi Kanada.，Yukihiro Ishikawa，and Taketo Uomoto，(2005)，Utilization of Near-infrared Spectral Imaging System for Inspection of Concrete Structures: 4th International Symposium on NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA
24. Tsunekuni Mitsuyoshi，　Nishimura Tsugio，　Kato Yoshitaka，and Uomoto Taketo，(2005)，Structural Performance Monitoring of Reinforced Concrete Bridges: 4th International Symposium on NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA
25. Okazaki Shinichiro and Uomoto Taketo，(2005)，Development of Monitoring System for RC

Bridge Based on Restoration Design Method: 4th International Symposium on NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA
26. Sancharoen Pakawat and Taketo Uomoto，(2005)，Allocation of Life-cycle Repairing Cost Based on Parameter Uncertainties of Deterioration Prediction Model: 4th International Symposium on NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA
27. Uomoto Taketo，(2005)，Impotance of Maintenance of Concrete Structures for Urban Safety: 4th International Symposium on NEW TECHNOLOGIES FOR URBAN SAFETY OF MEGA CITIES IN ASIA
28. 槙島修，伊藤正憲，榊原弘幸，魚本健人，(2005)，補修した構造物の塩分移動が鉄筋腐食に及ぼす影響に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.955-960.
29. 伊藤学，星野富夫，戸田勝哉，魚本健人，(2005)，補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究: コンクリート工学, 年次論文集, vol.27，Ｎｏ1，pp.961-966.
30. 伊藤正憲，魚本健人，(2005)，風環境下における吹付け補修材料の評価: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1609-1614.
31. 松浦誠司，森本丈太郎，元売正美，魚本健人，(2005)，各種補修条件が補修後の再劣化に及ぼす影響に関する研究: コンクリート工学, 年次論文集, vol.27.Ｎｏ.1, pp.1645-1650.
32. 小根澤淳史，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2005)，コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の物質拡散性状評価に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1765-1770.
33. 内田昌勝，加藤佳孝，恒国光義，魚本健人，(2005)，各種非破壊試験方法のＰＣグラウト充填検査への適用性の検証: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1795-1800.
34. 勝木太，堤洋一，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，非破壊検査手法を用いた既設ＰＣ桁の調査: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1813-1818.
35. 加藤潔，堤洋一，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，非破壊検査手法による既設ＲＣ桁・床版の劣化調査: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1819-1824.
36. 豆田憲章，勝木太，矢島哲司，魚本健人，(2005)，鉄筋コンクリート梁の疲労特性評価に関する基礎的研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1831-1836 .
37. 恒国光義，堤洋一，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，既設ＲＣ道路橋のモニタリングによる健全度評価: コンクリート工学，年次論文集，vol.2，Ｎｏ1，pp.1879-1884.
38. 岡崎慎一郎，古井敦史，魚本健人，(2005)，復元設計手法によるＲＣ道路橋の安全評価に関する研究: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.55-60.
39. 横澤祐希，佐藤貴則，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，劣化診断支援システムを使用した多摩川橋梁調査報告: コンクリート工学，年次論文集，vol.27，Ｎｏ1，pp.1609-1614.
40. 恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，ひび割れの進展に基づく RC 部材の健全度評

価に関する検討: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
41. 横澤祐希，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，劣化診断支援システムの整合性及び多摩川橋梁調査報告: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
42. 松山公年，清水隆史，魚本健人，(2005)，トンネルの変状診断支援ソフトの開発: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
43. 槙島 修，元売正美，伊藤正憲，松田 敏，魚本健人，(2005)，断面修復材の鋼材腐食限界塩化物量に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
44. 加藤佳孝，伊藤正憲，魚本健人，(2005)，補修工法の違いが鉄筋腐食に及ぼす影響に関する考察: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
45. 伊藤 学，荒木昭俊，里 隆幸，岸 利治，魚本健人，(2005)，各種条件で補修を施した試験体の再劣化に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
46. 石関嘉一，渡部 正，松林裕二，魚本健人，(2005)，各種補修工法を施した試験体の再劣化に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
47. 伊藤正憲，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，乾燥環境下における断面修復材の基本物性評価に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
48. 松浦誠司，榊原弘幸，戸田勝哉，二井谷教治，勝木 太，魚本健人，(2005)，補修を施した鉄筋コンクリート試験体の自然電位と腐食に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
49. 杉山知巳，魚本健人，(2005)，ポリカルボン酸系高性能ＡＥ減水剤のを使用したセメントペーストの細孔構造評価: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
50. 星野富夫，宇野祐一，早川健司，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，ＥＰＭＡによる補修を施した試験体の塩分移動の評価: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
51. 佐藤貴則，恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，塩害を受けたＰＣ橋梁の効率的劣化診断に関する考察: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
52. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2005)，赤外線法を用いた既設構造物の物質移動特性評価に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
53. 石川幸宏，魚本健人，矢島哲司，(2005)，近赤外イメージングによるセメントペースト表面の塩化物量の推定: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
54. 岡崎慎一郎，魚本健人，(2005)，復元設計手法に基づくＲＣ道路橋の設計年別安全性の定量化: 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集,
55. Ema Kato，Yosihtaka Kato，and Taketo Uomoto，(2005)，Development of Simulation Model of Chloride Ion Transportation in Cracked Concrete: Journal of Advanced Concrete Technology, vol.3，Ｎｏ.1，pp.85-94.
56. 金田尚志, 魚本健人, (2005), 近赤外分光法によるコンクリートの劣化調査: 検査技術, vol.10，Ｎｏ.2，pp.11-19.
57. 魚本健人, (2005), 構造物の診断・補修の現状と展望: 土木施工, vol.46, No.7, pp.078-80.

58. 魚本健人，(2005)，わが国の社会資本の維持管理のあり方: 基礎工，Vol.33，No.8，pp.1.
59. 吉村美保，小檜山雅之，目黒公郎，(2005)，住宅の耐震補強対策に対する居住者の意識調査: 生産研究，Vol.57，No.4，pp.164-356.
60. 目黒公郎，吉村美保，國吉隆博，(2005)，既存不適格建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の検討: 生産研究，Vol.57，No.4，pp.169-172.
61. 目黒公郎, 織田浩平, (2005), 津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発: 生産研究，Vol.57，No.4，pp.160-163.
62. 近藤伸也，大山宗則，目黒公郎，(2005)，テキストマイニングを用いた災害状況イマジネーション支援システムの構築に関する研究: 生産研究，Vol.57，No.4，pp.164-168.
63. N. Sathiparan，P. Mayorca， N. Nesheli， R. Guragain and K. Meguro，(2005)，“Experimental Study on In-plane and Out-of-plane Behavior of Masonry Wallettes Retrofitted by PP-Band Meshes.”: 生産研究，Vol.57，No.6，pp.26-29.
64. K. Meguro， P. Mayorca， R. Guragain， N. Sathiparan，and N. Nesheli，(2005)，“Shaking Table Experiment of Masonry Buildings and Effectiveness of PP-Band Retrofitting Technique.”: 生産研究，Vol.57，No.6，pp.30-33.
65. 阿部真理子，目黒公郎，(2005)，保育園等の防災力向上に貢献する防災ワークショップ(目黒巻ＷＳ): 生産研究，Vol.57，No.6，pp.34-38.
66. Kimiro MEGURO，(2005)，Report on the 2004 Sumatra Earthquake and Tsunami Disaster: ICUS Report No.8. International Center for Urban Safety Engineering. Institute of Industrial Science. The University of Tokyo. 140p.
67. 目黒 公郎(監修)，(2005)，東京直下大地震生き残り地図: 旬報社，123p.
68. 吉村美保，目黒公郎，(2005)，既存不適格建物の耐震補強推進策に関する日米比較研究: 日本建築学会計画系論文集，第 595 号，pp229-236.
69. 吉村美保，目黒公郎，(2005)， 自治体による保証に基づく既存住宅の耐震補強奨励制度に対する住民意識の分析: 地域安全学会論文集，No.7，pp.35-42.
70. 吉村美保，目黒公郎，小檜山雅之，(2005)，住宅の耐震補強工事に対する居住者の意識構造に関する研究: 土木学会地震工学論文集，CD-ROM
71. 福岡淳也，石田栄介，磯山龍二，菜花健一，目黒公郎，(2005)，イントラネットを利用した統合型震災対応マネジメントシステムの開発: 土木学会地震工学論文集, CD-ROM
72. 近藤伸也，目黒公郎，(2005)，既往の体制で収集できる情報を用いた災害対応評価手法の検討: 土木学会地震工学論文集，CD-ROM
73. Said Elkholy and Kimiro Meguro，(2005)，Numerical Study of Collapse Behavior of Steel Buildings due to Extremely High Seismic Load: 土木学会地震工学論文集，CD-ROM
74. 目黒公郎，(2005)，利用者の避難安全性から見た都市施設や空間の安全設計と防災対策: 54 回理論応用力学講演会（NCTAM 2005）講演論文集，4p.
75. 目黒公郎，(2005)，耐震補強のすすめ: 特集 : 防災・減災・耐震，巻頭言，建築士，Vol.54，

No.636，日本建築士会連合会，p.29.
76. 目黒公郎，(2005)，防災対策支援ツールとしての数値シミュレータの可能性: 地質と調査，05 第 4 号，土木春秋社，pp. 2-7.
77. M. Kohiyama， A. Kiremidjian， K. Meguro，and M. Yoshimura，(2005)，Evaluation of Earthquake Disaster Mitigation Programs for Homeowners in Japan. based on Effective Risk Communication: Proceedings of the First International Conference on Urban Disaster Reduction. Kobe. Japan
78. K. Meguro， M. Yoshimura， Y. Takase， B. Goh，and A. Sone，(2005)，Development of Integrated System for Total Disaster Management: Proceedings of the First International Conference on Urban Disaster Reduction. Kobe
79. M. Yoshimura， K. Meguro，and M. Kohiyama，(2005)， Survey on Residents' Attitudes for Retrofitting of Existing Vulnerable Houses.": Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.213-220. Singapore
80. S. Kondo and K. Meguro，(2005)， A Case Study of the Introduction of Disaster Management System at Islamic Republic of Iran: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.193-202. Singapore
81. N. Sathiparan， P. Mayorca，N. Nesheli，R. Guragain，and K. Meguro，(2005)，In-plane and Out-of-plane Behavior of PP-band Retrofitted Masonry Wallettes: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.231-240. Singapore
82. M. Takashima， S. Koshimura，and K. Meguro，(2005)，Development of Possible Tsunami Exposure Estimation Module for Tsunami Disaster Response: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.481-488. Singapore
83. W. Kawin and K. Meguro，(2005)，Failure Mechanism of Shih-Kang Dam by Applied Element Method: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.119-128. Singapore
84. K. Meguro， P. Mayorca， N. Sathiparan， R. Guragain，and N. Nesheli，(2005)，Shaking Table Tests of 1/4 Scaled Masonry Models Retrofitted with PP-band Meshes: Proceedings of the Third International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia. pp.9-18. Singapore
85. 吉村美保，小檜山雅之，目黒公郎，(2005)，住宅の耐震補強工事に対する居住者意識の調査: 地域安全学会梗概集，No.16，pp.25-26.
86. 月本光栄，目黒公郎，(2005)，耐震基準改正の木造建物の地震被害軽減投資効果に関する一考察: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.118－119.

87. 柳田充康, 目黒公郎, (2005), 地震時の木造軸組住宅の動的挙動シミュレータの構築: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.196－197.
88. 中嶋朋子，吉村美保，目黒公郎，(2005)，耐震補強を誘導する共済による新しい被災者支援システムの研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，202－103.
89. 岡本睦，目黒公郎，(2005)，楕円形個別要素法を用いた鉄道車輌内の危険度評価に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.210－211.
90. 飯田亮一，秦康範，目黒公郎，(2005)，電力供給量の変動を利用した地震直後からの被害把握に関する研究 -新潟県中越地震における電力供給量変化の特徴-: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.211－212.
91. 上半文昭，目黒公郎，(2005)，バラスト軌道を支持する高架橋の地震応答に関する基礎的検討: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.214－215.
92. 伊東大輔，目黒公郎，(2005)，応用要素法による連続高架橋の地震時崩壊挙動の 3 次元シミュレーション: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.230－231.
93. NAVARATNARAJAH Sathiparan， Kimiro MEGURO， MAYORCA Paola，and NESHELI Kourosh Nasrollahzadeh，(2005)，Evaluation of retrofitting masonry structures with polypropylene band meshes by means of diagonal compression tests: Proceedings of JSCE 60th Annual Conference， 1，pp.518－519.
94. Said Abd-Elfattah Said Elkholy and Kimiro MEGURO，(2005)，MODELING OF STEEL STRUCTURES IN FIRE CONDITIONS USING IAEM: Proceedings of JSCE 60th Annual Conference，1，pp.608－609.
95. 山口紀行，秦康範，目黒公郎，(2005)，電力供給量の変動を利用した被害評価手法における停電エリアの補間: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.651－652.
96. 南條孝文，目黒公郎，大保直人，天野玲子，(2005)，液体燃料タンクを対象とする総合的な地震被害予測･警報システムの構築: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，pp.656－657.
97. 織田浩平, 目黒公郎, (2005), 津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発: 土木学会第 60 回年次学術講演会，2，pp.178－179.
98. 阿部真理子，目黒公郎，(2005)，保育園の防災力向上に関する研究 ―保育園での防災ワークショップ―: 土木学会第 60 回年次学術講演会，4，pp.1－2.
99. 中島奈緒美，吉村美保，目黒公郎，(2005)，マルチハザードリスクから見た地域別潜在的災害リスク特性の評価: 土木学会第 60 回年次学術講演会，4，pp.276－277.
100. 國吉隆博，吉村美保，目黒公郎，(2005)，既存不適格建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の検討: 土木学会第 60 回年次学術講演会，4，pp.282－283.
101. 近藤伸也，目黒公郎，(2005)，防災対策の内容を容易に理解できる形で共有できる手法の提案: 土木学会第 60 回年次学術講演会，6，pp.333－334.
102. 大山宗則，目黒 郎，(2005)，テキストマイニングを用いた災害状況イマジネーション

能力支援システムの構築に関する研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会，CS12，pp. 44－45.
103. 小檜山雅之，目黒公郎，吉村美保，(2005)，住宅耐震補強の誘因・阻害要因に関するアンケート調査: 日本建築学会学術講演梗概集
104. 目黒公郎，伊東大輔，(2005)，地震時の家具転倒に関する安全性評価手法の開発: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.60-61.
105. 吉村美保，目黒公郎，小檜山雅之，(2005)，住宅の耐震補強工事に対する住民意識の分析: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.72-73.
106. 中嶋朋子，吉村美保，目黒公郎，(2005)，住宅の耐震補強を誘導する新しい共済システムの提案: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.74-75.
107. 目黒公郎，國吉隆博，吉村美保，(2005)，建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の検討: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.78-79.
108. 目黒公郎，國吉隆博，吉村美保，(2005)，既存不適格建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の提案: 第 24 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集
109. 目黒公郎，岡本睦，(2005)，楕円形個別要素法を用いた鉄道車輌内の危険度評価: 第 24 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集
110. 目黒公郎，(2005)，Non-Engineered 建物の被害と支援策: JICA パキスタン北部地震被害調査報告
111. 目黒公郎，(2005)，防災は日本の強みを生かせる協力分野: JICA フロンティア：特集● 災害に負けない社会を，No.66
112. 目黒公郎，(2005)，地震活動期に入った我が国が最近の地震被害から学ぶべきこと: リスクマネジメントジャーナル，Vol.65
113. N. Nesheli and K. Meguro，(2005)，Experimental Study on Seismic Rehabilitation of Concrete Columns by Prestressed Carbon Fiber Belts: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. No.38. pp. 135-144.
114. S. Elkholy. K. Meguro，(2005)，Simulation of Seismic Damage to Steel Buildings: Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center. No.38. pp. 145-154.
115. 目黒公郎，(2005)，“大地震”の可能性を検証する: 潮，第 556 号
116. 目黒公郎，(2005)，地震防災に「耐震補強」が急務: 潮，第 556 号
117. K. MEGURO and M. TAKASHIMA，(2005)，Proposal of a Sustainable Tsunami Disaster Mitigation System for the Indian Ocean Region: ICUS Report No.8. pp. 129-133.
118. 上半文昭，目黒公郎，(2005)，高架橋－バラスト軌道系の地震時挙動に関する基礎的検討: 鉄道総研報告，第 19 巻，第 10 号，pp.47-50.
119. 今関，栗岡，天野，大槻，(2005)，ウォータースクリーンの煤洗落し効果: 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集.
120. Osamu Imazeki, Hitoshi Kurioka, Yasushi Oka, Shinichi Takigawa, Reiko Amano, (2005),

Computational Fluid Dynamics of Hot Current from a Fire Source near a Tunnel wall: 8th International Symposium on Fire Safety Science Beijig.China 18-23.September 2005.

121. 天野玲子，(2005)，Computational Fluid Dynamics Simulation of Thermal Behavior under Working Water Screens in a Tunnel:

122. 栗岡，今関，天野，大槻，(2005)，ウォータースクリーンの煤洗落し効果と遮煙性能：土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集 第 11 巻

123. 陳宏，大岡龍三，加藤信介，(2005)，多目的遺伝的アルゴリズム(MOGA)を用いた屋外環境設計のための樹木の最適配置に関する研究: 生産研究，57 巻，1 号，pp.5-8.

124. 黄弘，大岡龍三，加藤信介，蒋太峰，(2005)，平均拡散場解析による高架道路周辺における Visitation Frequency と Purging Flow Rate の解析: 生産研究，57 巻，1 号，pp.13-17.

125. 蒋太鋒，黄弘，大岡龍三，加藤信介，(2005)，CFD 解析と固体高温熱分解モデルとの組み込みによる市街地における火災延焼予測システムの開発に関する研究: 生産研究，57 巻，4 号，pp.173-176.

126. 椿治彦，天野玲子，大岡龍三，川本陽一，高木賢二，(2005)，首都圏におけるヒートアイランド予測・対策及び効果の検証: 生産研究，57 巻，4 号，pp.182-186.

127. 川本陽一，大岡龍三，(2005)，数値気候モデルによる 2020 年の東京首都圏のヒートアイランド進展予測: 生産研究，57 巻，4 号，pp.187-191.

128. Takeo Takahashi，Shinsuke Kato，Shuzo Murakami，Ryozo Ooka，Mohamed Fassy Yassin，Ryohei Kono, (2005), Wind tunnel test of effects of atmospheric stability on turbulent flow over a three-dimensional hill: Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics，93，Issue 2，pp.155-169.

129. 吉岡英樹，林吉彦，野口貴文，菅原進一，大岡龍三，(2005)，市街地 sap 火災時の火の粉の飛散に関する数値シミュレーション　実験結果を組み込んだ火の粉飛散モデルの構築: 日本建築学会環境系論文集，No.590，pp.9-16.

130. M. F. Yassin，S. Kato，R. Ooka，T. Takahashi，and R. Kouno，(2005)，Field and wind-tunnel study of pollutant dispersion in a built-up area under various meteorological conditions: Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics，93，Issue 5，pp.361-382.

131. 原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，近藤裕昭，(2005)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候解析: 日本建築学会環境系論文集，No.592，pp.75-82.

132. 黄弘，大岡龍三，加藤信介，大竹宏，林吉彦，(2005)，市街地火災における火の粉の飛散の CFD 解析: 日本建築学会環境系論文集，No.593，pp.1-8.

133. 大橋えり，吉田伸治，大岡龍三，宮沢博，(2005)，室内空気のスギ花粉個数濃度とアレルゲン(Cry j1)濃度について　スギ花粉による室内空気汚染の防止に関する研究(1): 日本建築学会環境系論文集，No.594，pp.39-44.

134. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，原山和也，佐藤大樹，川本陽一，(2005)，空調排熱計

算を連成させた局地気候モデルによる都市気候解析　空調排熱モデルの開発とヒートアイランド緩和方策の効果に対する検討: 日本建築学会環境系論文集，No.597，pp.65-72.

135. Hong Huang，Ryozo Ooka，Shinsuke Kato，(2005)，Urban thermal environment measurements and numerical simulation for an actual complex urban area covering a large district heating and cooling system in summer: Atmospheric Environment，Volume 39，Issue 34，pp.6362-6375.
136. Taifeng Jiang，Hong Huang，Ryozo Ooka，(2005)，Study into Predictions of Fire Spread in Urban Areas Part 1. Combination of wood pyrolysis models with CFD: 2nd International Symposium on the 21st century Center of Excellence program，Center of Advanced Fire Safety Science and Technology for Building，11p.
137. Yoichi Kawamoto，Ryozo Ooka，(2005)，Forecast of Urban Heat Island in Tokyo Metropolitan Area in 2020 - Using a Meteorological Model Incorporating an Urban Canopy Model: The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-)，10p.
138. Takeo Takahashi，Shinsuke Kato，Ryozo Ooka，Ryohei Kono，Takeaki Watanabe，(2005)，Prediction of Pollutant Dispersion Caused by Automotive Exhaust - A Comparison between Field Measurements and Wind Tunnel Data -: The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-)，10p.
139. Takeaki Watanabe，Takeo Takahashi，Ryozo Ooka，Shinsuke Kato，(2005)，Wind Tunnel Test of Heat and Momentum Flux Properties under Various Thermal Stratification Conditions by Laser Doppler Velocimeter : The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-Ⅵ)，12p.
140. Hong Chen，Ryozo Ooka，Shinsuke Kato，(2005)，Study on Optimum Arrangement of Pilotis for Design of Pleasant Outdoor Wind Environment using CFD Simulation and Genetic Algorithms(GA): The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-Ⅵ)，11p.
141. Hong Huang，Shinsuke Kato，Ryozo Ooka，Taifeng Jiang，(2005)，CFD Analysis of Ventilation Efficiency around an Elevated Highway using Visitation Frequency and Purging Flow Rate: The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-Ⅵ)，10p.
142. Y. Ishida，S. Kato，H. Huang，and R. Ooka，(2005)，Study on Wind Environment in Urban Blocks by CFD Analysis - Wind Velocity over Street: The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-Ⅵ)，15p.
143. R. Kono.S. Kato.R. Ooka.T. Takahashi.T. Hasama，(2005)，Wind Tunnel Experiment on Characteristics of Ventilation with Single-side Opening in Uniform Flow: The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-Ⅵ)，10p.
144. T. Jiang.H. Huang.R. Ooka.S. Kato，(2005)，Application of CFD for Predicting Traffic Induced Air Pollution in a Built-up Urban Area?: The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-Ⅵ) .

145. Y. Tsay.S. Kato.R. Ooka.M. Koganei.N. Shoda, (2005), Study on Countermeasures of Damp House Problems by Developing Drain-Less Cooling System in Hot and Humid Climates: The 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (Indoor Air 2005), 6p.
146. Yaw-Shyan TSAY, Shinsuke KATO, Ryozo OOKA, Makoto KOGANEI, Norio SHODA, (2005), Study On The Applicability Of Combining Desiccant Cooling System With Heat Pump In Hot And Humid Climate : The 2005 World Sustainable Building Conference in Tokyo (SB05Tokyo), 6p.
147. Tomonori SAKOI, Kazuyo TSUZUKI, Shinsuke KATO, Ryozo OOKA, Doosam SONG, Shengwei ZHU, (2005), Development of a Three-Dimensional Human Thermal Model Accounting for Direction of Blood Flow: The Third International Conference on Human-Environment System (ICHES'05).
148. Hong Chen, Ryozo Ooka, Shinsuke Kato, (2005), Study on Optimum Design Method for Pleasant Outdoor Thermal Environment Using Genetic Algorithms (GA) and Coupled Simulation of Convection. Radiation and Conduction: 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005).
149. Takeaki Watanabe, Shinsuke Kato, Ryozo Ooka, Takeo Takahashi, Ryohei Kono, (2005), Prediction of Pollutant Dispersion Caused by Automotive Exhaust - A Comparison between Field Measurements and Wind Tunnel Data -: 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005), 10pp.
150. Ryozo Ooka, Yoshihumi Yasuoka, Junichi Susaki, Takahiro Endo, Yoichi Kawamoto, Hidenobu Nakai, Madoka Nakashima, Rei Takada, Masahiro Setojima, Manabu Funahashi, Keiichi Okada , (2005), Development of New Environmental Indices for Urban Sustainability: 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005).
151. Junichi Susaki, Ryozo Ooka, Yoshihumi Yasuoka, Takahiro Endo, Yoichi Kawamoto, Hidenobu Nakai, Madoka Nakashima, Rei Takada, Masahiro Setojima, Manabu Funahashi, Keiichi Okada, (2005), Extraction of Parameters form Remote Sensing Data for Environmental Indicies for Urban Sustainability: 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005).
152. Taifeng Jiang, Hong Huang, Ryozo Ooka, (2005), Application of a Coupled Simulation Method for Predicting Fire Spread in a Modeled Urban Area: 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005).
153. YOICHI KAWAMOTO, RYOZO OOKA, (2005), PREDICTION OF URBAN HEAT ISLAND IN TOKYO METROPOLITAN AREA IN 2020 : 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005), 9p.
154. HONG HUANG, RYOZO OOKA, SHINSUKE KATO, HONG CHEN, (2005), Optimal

Design of Smoke Control System in Room Fire using CFD and Genetic Algorithms: 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA 2005)，10p.

155. 蔡耀賢，大岡龍三，加藤信介，(2005)，熱・水分同時移動モデルに関する既往研究のレビュー: 日本建築学会関東支部研究報告集，4017，5p.
156. 弘瀬将光，村上周三，大岡龍三，加藤信介，安宅勇二，蔡耀賢，横田知博，(2005)，建材内の熱湿気移動解析のための水蒸気吸着等温線の測定: 日本建築学会関東支部研究報告集，4018，5p.
157. 岩村裕也，村上周三，大岡龍三，大森敏明，佐藤大樹，(2005)，実測と数値解析による屋上面の日射対策が建物へ及ぼす影響の季節別の検討: 日本建築学会関東支部研究報告集，4019，4p.
158. 蒋太鋒，黄弘，大岡龍三，加藤信介，(2005)，市街地における火災延焼予測システムの開発に関する研究（その 1）　熱分解モデルの組み込み: 日本建築学会関東支部研究報告集，4030，4p.
159. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，川本陽一，佐藤大樹，(2005)，数値気候モデルによる屋上・地上緑化の都市熱環境の緩和効果の比較: 日本建築学会関東支部研究報告集，4034，4p.
160. 小野剛司，村上周三，大岡龍三，高橋岳生，大森敏明，早乙女強，岩村裕也，(2005)，風洞実験と数値解析による屋外環境における人体表面の平均対流熱伝達率の同定: 日本建築学会関東支部研究報告集，4035，4p.
161. 渡辺壮亮，高橋岳生，大岡龍三，加藤信介，(2005)，大気安定度の異なる接近流中における熱フラックス計測: 日本風工学会年次研究発表会，pp.111-112.
162. 高橋岳生，加藤信介，大岡龍三，河野良坪，渡辺壮亮，(2005)，自動車排気ガスの汚染濃度予測　実験と風洞実験との比較: 日本風工学会年次研究発表会，pp.153-154.
163. 朱晟偉，加藤信介，大岡龍三，佐古井智紀，大森敏明，(2005)，非定常・不均一温熱環境場における人体熱モデルに関する研究（第 8 報）　対流・放射・SMITH モデルの連成解析による 不均一放射場における人体の表面皮膚温の予測: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.193-196.
164. 堀静香，村上周三，加藤信介，大岡龍三，宋斗三，(2005)，ベトナム･ハノイにおけるポーラス型住棟の温熱環境の実測: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.465-468.
165. 関根賢太郎，横井睦己，大岡龍三，柴芳郎，黄錫鎬，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 11）: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.617-620.
166. 柴芳郎，大岡龍三，関根賢太郎，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 12）: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文

集，pp.621-624.
167. 黄錫鎬，大岡龍三，関根賢太郎，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 13）　数値シミュレーションモデルの構築: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.625-628.
168. 南有鎮，大岡龍三，黄錫鎬，関根賢太郎，嶋脇與助，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 14）　採熱量予測モデルの検証と土壌物性値変化に対する感度解析: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.629-632.
169. 佐古井智紀，都築和代，加藤信介，大岡龍三，宋斗三，朱晟偉，(2005)，3 次元人体熱モデルの開発と不均一熱条件下での快適性予測: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.893-896.
170. 吉澤茂之，大岡龍三，沢崎愼祐，(2005)，屋外環境における人体温熱生理に関する研究温熱環境指数 SET*の暑熱環境での適応性: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.933-936.
171. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，(2005)，片側開口建物の横風時における換気性状に関する風洞実験: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1069-1072.
172. 小金井真，生田紀夫，加藤信介，大岡龍三，蔡耀賢，川本光一，西田耕作，(2005)，非結露型次世代空調システムに関する研究（その 4）　CO_2 ヒートポンプを併用したデシカント空調システムの提案及び実用性の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1233-1236.
173. 川本光一，加藤信介，大岡龍三，蔡耀賢，西田耕作，小金井真，生田紀夫，(2005)，非結露型次世代空調システムに関する研究（その 5）　夏期における実測及び CO_2 ヒートポンプ導入想定によるシステムの性能検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1237-1240.
174. 蔡耀賢，大岡龍三，加藤信介，小金井真，生田紀夫，川本光一，西田耕作，(2005)，非結露型次世代空調システムに関する研究（その 6）CFD を用いた対流と建材内熱･水蒸気同時移動の連成解析による解析モデルの提案: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1241-1244.
175. 弘瀬将光，村上周三，大岡龍三，加藤信介，大森敏明，(2005)，建材と室内の熱・湿気・CFD 連成解析に基づく室内カビ汚染の数値予測: 空気調和･衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.1621-1624.
176. 大岡龍三，川本陽一，(2005)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルの開発（その 5）　影面積と MRT の算出方法の改良: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2149-2152.
177. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，(2005)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール解析による都市の熱収支構造の分析（その 2）東京 23 区内の業務地区

と住宅地区の比較: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2153-2156.
178. 原田雄介，村上周三，佐藤大樹，大岡龍三，川本陽一，(2005)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルによるヒートアイランド緩和方策の検討（その2）東京 23 区内における地域別の日射対策効果の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2157-2160.
179. 川本陽一，大岡龍三，(2005)，数値気候モデルによる東京都区部のヒートアイランドの進展に関する研究(その 2)　都市形態がヒートアイランド進展に及ぼす影響の検討: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2161-2164.
180. 沢崎愼祐，大岡龍三，都築和代，佐古井智紀，(2005)，屋外暑熱環境の温熱性評価に関する研究　被験者実験および 2NM. PHS model との比較: 空気調和･衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2185-2188.
181. 陳宏，大岡龍三，黄弘，中嶋まどか，(2005)，建物壁面からの顕熱放散や建物の人工排熱の屋外温熱環境 に関する影響度の研究（その 1）屋外温熱環境への影響度の概要と均一市街地への適用: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2197-2200.
182. 中嶋まどか，陳宏，大岡龍三，黄弘，(2005)，建物壁面からの顕熱放散や建物の人工排熱の屋外温熱環境 に関する影響度の研究（その 2）人工排熱の排熱位置並びに市街地形態の不均一さによる影響に関する検討: 空気調和･衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2201-2204.
183. 小野剛司，村上周三，大岡龍三，吉田伸治，早乙女強，(2005)，屋外空間における人体表面の対流熱伝達率 αc の予測式の提案と街区における αc の分布の予測: 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.2221-2224.
184. 蒋太鋒，黄弘，大岡龍三，加藤信介，(2005)，市街地における火災延焼予測システムの開発に関する研究(その 2)　モデル街区における火災延焼シミュレーション: 日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.341-342.
185. 吉田聡，木暮大介，佐土原聡，市川徹，山城耕司，陳宏，黄弘，大岡龍三，(2005)，高密度業務集積地域における分散型エネルギーシステム導入に関する研究　その 1　各種計算条件･評価指標の設定: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.511-512.
186. 木暮大介，吉田聡，佐土原聡，市川徹，山城耕司，陳宏，黄弘，大岡龍三，(2005)，高密度業務集積地域における分散型エネルギーシステム導入に関する研究　その 2　エネルギー評価と分析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.513-514.
187. 小島弘，木暮大介，陳宏，吉田聡，黄弘，佐土原聡，大岡龍三，市川徹，(2005)，高密度業務集積地域における分散型エネルギーシステムの導入に関する研究(その 3)　屋外温熱環境解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1.
188. 三井所清史，岩村和夫，吉澤伸記，吉田聡，大岡龍三，坂倉淳，黄弘，生田目早苗，陳宏，田中俊一，(2005)，複合密集市街地更新における分散型エネルギーシステムの導入に関する研究(その 1)　三軒茶屋地区市街地更新における将来ビジョンの概要: 日本

建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.517-518.
189. 坂倉淳，岩村和夫，生田目早苗，吉田聡，田中俊一，大岡龍三，三井所清史，黄弘，吉澤伸記，陳宏，(2005)，複合密集市街地更新における分散型エネルギーシステムの導入に関する研究(その 2)　市街地更新計画に合わせた分散型エネルギーシステム導入におけるエネルギー・環境への効果検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.519-520.
190. 陳宏，吉田聡，大岡龍三，生田目早苗，吉澤伸記，坂倉淳，岩村和夫，田中俊一，三井所清史，黄弘，(2005)，複合密集市街地更新における分散型エネルギーシステムの導入に関する研究(その 3)　分散型エネルギーシステム導入に伴う市街地の屋外温熱環境に対する影響分析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.521-522.
191. 長沼慶幸，小野剛司，村上周三，大岡龍三，高橋岳生，大森敏明，早乙女強，(2005)，屋外空間における人体表面の平均対流熱伝達率の予測式の開発（その 1）　風洞実験と CFD 解析に基づく人体表面の対流熱伝達率の同定: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.651-652.
192. 小野剛司，村上周三，大岡龍三，早乙女強，(2005)，屋外空間における人体表面の平均対流熱伝達率の予測式の開発（その 2）　CFD 解析に基づく人体表面の平均対流熱伝達率の予測式の提案: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.653-654.
193. 吉澤茂之，大岡龍三，沢崎愼祐，都築和代，佐古井智紀，(2005)，屋外暑熱環境の温熱性評価に関する研究　その 1　被験者実験の概要と結果: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.655-656.
194. 沢崎愼祐，大岡龍三，都築和代，佐古井智紀，(2005)，屋外暑熱環境の温熱性評価に関する研究　その 2　実験結果と 2NM および PHS model との比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.657-658.
195. 原田雄介，村上周三，大岡龍三，川本陽一，佐藤大樹，(2005)，数値気候モデルによる屋上・地上緑化の都市熱環境の緩和効果の比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.675-676.
196. 中井敦，吉田伸治，大岡龍三，(2005)，街路樹による市街地の暑熱環境緩和効果に関する研究　その 4　樹木の成長，樹種の違いが樹冠の葉面積密度，光学的深さに及ぼす影響: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.685-686.
197. 渡辺壮亮，高橋岳生，大岡龍三，加藤信介，(2005)，大気安定度の異なる境界層流中の熱フラックス計測に関する予備実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.745-746.
198. 川本陽一，大岡龍三，(2005)，都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケール気候モデルの開発（その 4）　天空率算出法の改良とメッシュ解像度の再検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.753-754.
199. 佐藤大樹，村上周三，大岡龍三，川本陽一，(2005)，数値気候モデルを活用した都市キ

ャノピー層内の温熱感指標 SET*の算出: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.771-772.
200. 黄弘，大岡龍三，加藤信介，川本陽一，(2005)，ヒートアイランド現象が大気質に及ぼす影響に関する研究(その 1)　光化学ボックスモデルによる空調排熱が光化学スモッグに及ぼす影響の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.789-790.
201. 松縄堅，村上周三，丹羽英治，持田灯，足永靖信，大岡龍三，谷本潤，柳原隆司，森川泰成，(2005)，建築物の総合環境性能評価手法(CASBEE)に関する研究(その 46)　ヒートアイランド緩和対策の総合評価システム CASBEE-H の開発(4)　評価シートを用いた評価システムの概要: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.1041-1042.
202. 足永靖信, 村上周三, 大岡龍三, 大黒雅之, 持田灯, 谷本潤, 松縄堅, 河野孝昭, (2005), 建築物の総合環境性能評価手法 CASBEE に関する研究(その 47)　ヒートアイランド緩和対策の総合評価システム CASBEE-H の開発 (5) 評価項目の重み付けのための感度解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.1043-1044.
203. 岩村裕也，村上周三，佐藤大樹，大岡龍三，大森敏明，(2005)，実測と数値解析による屋上面の日射対策が屋上面温度と貫流熱量へ及ぼす影響の評価: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.131-132.
204. 渡辺利沙，弘瀬将光，村上周三，大岡龍三，加藤信介，横田知博，(2005)，建材内の熱・湿気輸送解析のための水蒸気吸着等温線の測定: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.375-376.
205. 佐古井智紀，都築和代，加藤信介，大岡龍三，宋斗三，朱晟偉，(2005)，不均一熱環境評価のための 3 次元人体モデルの開発: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.491-492.
206. 大岡龍三，関根賢太郎，黄錫鎬，南有鎮，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 6）　冷・暖房実験による性能評価: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.661-662.
207. 関根賢太郎，大岡龍三，横井睦己，黄錫鎬，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 7）　中規模ビルによる省エネルギー効果とコスト検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.663-664.
208. 嶋脇與助，大岡龍三，関根賢太郎，黄錫鎬，南有鎮，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究（その 8）　地盤調査にもとづく土壌物性値の推定手法の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.665-666.
209. 黄錫鎬，大岡龍三，南有鎭，関根賢太郎，(2005)，場所打ち杭を用いた地中熱利用空調システムの普及・実用化に関する研究(その 9)　地中熱移動シミュレーションに基づく採熱量予測モデルの開発: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.667-668.
210. 南有鎮，大岡龍三，黄錫鎬，関根賢太郎，嶋脇與助，(2005)，基礎杭を利用した地中熱空調システムの普及・実用化に関する研究（その 10）　地中熱移動シミュレーション

の精度検証と各種土壌物性値の感度解析: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.669-670.
211. 挾間貴雅，加藤信介，大岡龍三，河野良坪，(2005)，建築環境工学分野における剥離剪断層の乱流性状に関する研究（その 1） LES 計算時の壁面境界条件が流れ場に及ぼす影響に関する検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.763-764.
212. 河野良坪，加藤信介，大岡龍三，高橋岳生，挾間貴雅，(2005)，片側開口建物の通風性状に関する研究(その 1) 一様流中における片側開口建物の換気性状に関する風洞実験: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.813-814.
213. 高橋岳生，加藤信介，大岡龍三，渡辺壮亮，河野良坪，嶋脇與助，(2005)，市街地における汚染質拡散の予測に関する研究（その 4） 自動車排気ガスの汚染濃度予測－実測と風洞実験の比較: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.829-830.
214. 大橋えり，吉田伸治，大岡龍三，(2005)，アンダーセンサンプラーにより空中スギ花粉を捕集する際の粒子損失について: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.969-970.
215. 弘瀬将光，村上周三，大岡龍三，加藤信介，大森敏明，横田知博，(2005)，建材と室内の熱・湿気連成解析に基づく室内カビ汚染に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.975-976.
216. 小金井真，加藤信介，大岡龍三，蔡耀賢，西田耕作，川本光一，生田紀夫，(2005)，非結露型次世代空調システムに関する研究（その 1） デシカント空調機と CO_2 ヒートポンプを併用したシステムの提案: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.1015-1016.
217. 蔡耀賢，加藤信介，大岡龍三，小金井真，生田紀夫，川本光一，西田耕作，(2005)，非結露型次世代空調システムに関する研究（その 2） 真夏の外気条件におけるシステムの適用可能性の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.1017-1018.
218. 川本光一，加藤信介，大岡龍三，小金井真，生田紀夫，蔡耀賢，西田耕作，(2005)，非結露型次世代空調システムに関する研究（その 3） 非結露型空調システムの適用可能性の検討（ホテル空調でのケーススタディ）: 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.1019-1020.
219. 挾間貴雅，加藤信介，大岡龍三，河野良坪，(2005)，換気・通風に関する Detached-Eddy Simulation の適応可能性に関する検討: 日本流体力学会年会 2005 講演会，pp.1-6.
220. 蒋太鋒，黄弘，大岡龍三，加藤信介，(2005)，モデル街区における火災延焼シミュレーション: 日本流体力学会年会 2005 講演会
221. 大岡龍三，陳宏，黄弘，中嶋まどか，(2005)，実験と数値解析による咳の吐出空気の拡散の可視化: 可視化情報学会全国講演会講演論文集，A101，4pp.
222. 小野剛司，村上周三，大岡龍三，高橋岳生，大森敏明，早乙女強，(2005)，屋外温熱環境評価のための人体表面平均対流熱伝達率の予測式の開発: 第 19 回数値流体シンポジウム，C1-1
223. 蔡耀賢，大岡龍三，加藤信介，小金井真，生田紀夫，川本光一，西田耕作，(2005)，CFD

を用いた対流と建材内熱・水蒸気同時移動の連成解析による室内熱・湿気解析モデルの検討: 第 19 回数値流体シンポジウム，C1-2

224. Shinsuke Kato，Ryohei Kono，Takamasa Hasama，Ryozo Ooka，Takeo Takahashi，(2005), Wind Tunnel Experiment on Characteristics of Ventilation with Single-Sided Opening in Uniform Flow: 第 2 回自然換気に関する国際ワークショップ
225. 岡澤 毅，花崎 直太，沖 大幹，鼎 信次郎，芳村 圭，(2005)，0.1 度日本域河道網を用いた流量予報システムの開発: 生産研究，57，pp.380-384.
226. 沖大幹，(2005)，　第 4 章水の管理と防災:『国土の未来』アジアの時代における国土整備プラン，国土の未来研究会 森地 茂 編著 日本経済新聞社，pp.205-278.
227. 沖 大幹，(2005)，地球をめぐる水と水をめぐる人々，豊かな水環境を未来へ―第一線の研究者による最新の報告―: 森林の公益的機能 新解説シリーズ 4，日本治山治水協会 発行，pp.3-13.
228. Y. Shen, C. Tang, J. Xiao, T. Oki and S. Kanae, (2005)，Effects of urbanization on water resource development and its problems in Shijiazhuang. China: IAHS Publ，293，pp.280-288.
229. KIM Wonsik, Shinjiro Kanae, Yasushi Agata and Taikan Oki, (2005)，Simulation of potential impacts of land use/cover changes on surface water fluxes in the Chaophraya river basin : J, Geophys, Res，110，D08110，doi:10，1029/2004JD004825
230. Hikaru KOMATSU, Norifumi HOTTA, Koichiro KURAJI, Masakazu SUZUKI, and Taikan OKI, (2005)，Classification of vertical wind speed profiles observed above a sloping forest at nighttime using the bulk Richardson number: Boundary-Layer Meteorology，115，pp.205-221.
231. 山田 朋人，鼎 信次郎，沖 大幹，(2005)，相似性を示す統計指標の数学的構造: 水工学論文集， 49， pp.1-6.
232. 須賀 可人，平林 由希子，鼎 信次郎，沖 大幹，(2005)，施肥量の増加に伴う全球河川の硝酸輸送量変化: 水工学論文集，49，
233. 花崎 直太，鼎 信次郎，沖 大幹，(2005)，灌漑取水の影響を考慮した全球河川流量シミュレーション: 水工学論文集， 49，
234. 平林 由希子，鼎 信次郎，沖 大幹，(2005)，20 世紀の世界陸域水文量の長期変動: 水工学論文集，49，
235. Y. Hirabayashi, S. Kanae. I, Struthers, and T. Oki, (2005)，A 100-year (1901-2000) Global Retrospective Estimation of Terrestrial Water Cycle : J, Geophys, Res, , No， D19， D1910110, 1029/2004JD005492
236. Yamada. T, S. Kanae, and T. Oki, (2005)，Contribution of land surface states to precipitation variability in boreal summer with an atmospheric general circulation model: Proceedings of 85th AMS Annual Meeting，San Diego
237. N. Hanasaki, S. Kanae, and T. Oki, (2005)，Global runoff dataset produced by GSWP2 : Proceedings of 85th AMS Annual Meeting，San Dieg

238. N. Hanasaki, S. Kanae, and T. Oki, (2005), The impact of reservoir operation on the global river discharge: Proceedings of 85th AMS Annual Meeting, San Diego
239. Tomohito Yamada, Shinjiro Kanae, and Taikan Oki, (2005), Locality of land surface impact on precipitation variability in boreal summer: Proc, 2005 Annual Conf, , Japan Soc, Hydrol, Water Res, , Tsukuba, pp.144-145.
240. 花崎直太，鼎信次郎，沖大幹，(2005)，Bucket 型の陸面過程モデルをベースにした全球統合水資源モデルの開発: 水工学論文集第 50 巻，pp.89.
241. 山田朋人，鼎信次郎，沖大幹，(2005)，降水変動に与える陸面影響度の季節性: 水工学論文集第 50 巻，pp.91.
242. 石崎安洋，芳村圭，鼎信次郎，沖大幹， (2005)， CCSR/NIES 5.4ｇ水同位体大循環モデル：改善のための感度実験:水工学論文集第 50 巻，pp.93.
243. Qiuhong TANG, Taikan OKI and Shinjiro KANAE, (2005), A Distributed Biosphere Hydrological Model (DBHM) for Large River Basin: 水工学論文集第 50 巻，pp.7.
244. 芳村 圭，沖 大幹，鼎 信次郎，(2005)，降水安定同位体を用いた JRA-25 大気水循環場の評価: 2005 年春季大会講演予稿集，日本気象学会，87，pp.54.
245. 宮崎 真，金 元植，趙 在一，小池 雅洋，平林 由希子，鼎 信次郎，沖 大幹，(2005)，タイ熱帯モンスーン気候帯における MATSIRO の 1 次元オフライン検証実験: 2005 年春季大会講演予稿集，日本気象学会，87，pp.438.
246. 平林 由希子，鼎 信次郎，沖 大幹，江守 正多，竹内 邦良，(2005)，超高解像度温暖化実験による極値河川流量の長期変動: 2005 年研究発表会要旨集, 水文・水資源学会, つくば， pp.142-143.
247. 石崎 安洋，芳村 圭，沖 大幹，鼎 信次郎，(2005)，CCSR/NIES 水同位体大循環モデル: 2005 年研究発表会要旨集， 水文・水資源学会， つくば， pp.146-147.
248. 岡澤 毅，花崎 直太，芳村 圭，沖 大幹，鼎 信次郎，(2005)，気象庁メソ数値モデル GPV を用いた日本域河川流量の予測システムの開発にむけて: 2005 年研究発表会要旨集，水文・水資源学会， つくば，pp.148-149.
249. Qiuhong Tang, Taikan Oki, and Heping Hu, (2005), NDVI value drop with cloudiness: Proc, 2005 Annual Conf, , Japan Soc, Hydrol, Water Res, , Tsukuba, pp.246-247.
250. 花崎 直太，沖 大幹，鼎 信次郎，(2005)，全球土壌水分プロジェクトを利用した全球日単位の流出グリッドデータの構築: 2005 年研究発表会要旨集，水文・水資源学会，つくば， pp.140-141.
251. 沖大幹，千賀祐太朗，峯孝則，中村靖彦，(2005)，特集座談会「資源としての水を考える」: Best Partner，(株)浜銀総合研究所，17，pp.4-17.
252. 沖大幹，(2005)， バーチャルウォーターと世界の水問題の将来展望: ていくおふ，全日本空輸株式会社 ANA 総合研究所，109，pp.18-27.
253. 沖 大幹，(2005)，淡水と社会と生態系: グローバルネット，財団法人 地球・人間環境

フォーラム，174，pp.2-3.
254. 沖大幹(対談)，(2005),『教えてください．富野です』　　：富野 由悠季，角川書店，pp.124-13.
255. 沖 大幹，(2005)，世界に広がる国土の水管理: 土木学会誌，90，　pp.25-26.
256. 沖 大幹，(2005),「バーチャルウォーター，牛丼一杯水二トン」: 歴史地理教育，　685，pp.8-17.
257. 沖 大幹，(2005)，水災害軽減のための情報伝達と地球温暖化　　：Estrela，財団法人統計情報研究開発センター，136，　pp.17-23.
258. 沖 大幹，(2005)，水利マネジメントの課題と提言: 河川 日本河川協会，　711，　pp.3-8.
259. 恒國光義，Phan H.D. Quoc，岡崎慎一郎，西村次男，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，コンクリート道路橋の健全度モニタリング・システムの開発: ICUS REPORT No.9,
260. 横澤祐希，佐藤貴則，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，: コンクリート橋梁の劣化診断調査報告書　多摩川および相模川橋梁のフィールド調査結果: ICUS REPORT No.7,
261. Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO, (2005), Proposal for quantitative evaluation methodology of inspection value in maintenance of concrete structures based on repair-risk, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.3, No.3, pp.363-370.
262. 加藤佳孝，魚本健人，（2005），補修リスクを用いた検査実施の優先順位決定方法の提案: コンクリート工学論文集，No.2，pp.101-107.
263. Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO, (2005), Modeling of Effective Diffusion Coefficient of Substances in Concrete Considering with Spatial Properties of Composite Materials: Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.3, No.2, pp.241-251.
264. Ema KATO, Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO, (2005), Development of Simulation Model of Chloride Ion Transportation in Cracked Concrete: Journal of Advanced Concrete Technology, Japan Concrete Institute, Vol.3, No.1, pp.85-94.
265. 加藤佳孝，伊代田岳史，西村次男，魚本健人，(2005)，ひび割れを有するコンクリートに適用した表面被覆材の力学性能と耐久性能評価: 土木学会論文集，No.781，　-66，pp.89-99.
266. 加藤佳孝，魚本健人，（2005），構成材料の空間的特性を考慮したコンクリートの有効拡散係数の予測モデル: コンクリート工学論文集，No.1，pp.11-21.
267. 加藤佳孝，杉井良平，矢島哲司，（2005），完全分散系ペーストを用いたセメントペーストの凝集程度の把握: セメント・コンクリート論文集，No.58,
268. 加藤絵万，加藤佳孝，魚本健人，（2005），ひび割れを有するコンクリート中の塩化物イオン移動評価手法の提案:セメント・コンクリート，No.678，pp.46-53.
269. 塚原絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，ひび割れを有するコンクリート中の塩化物イオン移動評価手法の提案: 土木学会論文集 No.732/　-59，pp.109－120.
270. 加藤絵万，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，内部欠陥を有するモルタルの透気性状に関す

る研究: セメント・コンクリート論文集，No.56，pp.485-491.
271. 竹下 直樹，加藤 佳孝，(2005)，局所的風況・降雨量予測を基にしたコンクリート構造物への水分浸透に関する研究: 自然環境とコンクリート性能評価に関するシンポジウム，
272. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2005)，: コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の物質拡散性状評価に関する研究: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.1765-1770.
273. 内田昌勝，加藤佳孝，恒国光義，魚本健人，(2005)，各種非破壊試験方法の PC グラウト充填検査への適用性の検証: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.1795-1800.
274. 勝木太，堤洋一，加藤佳孝，魚本 健人，(2005)，非破壊検査手法を用いた既設 PC 桁の調査: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.1813-1818,
275. 加藤潔，堤洋一，加藤佳孝，魚本 健人，(2005)，非破壊検査手法による既設 RC 桁・床版の劣化調査: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.1819-1824.
276. 恒国光義，堤洋一，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，既設 RC 道路橋のモニタリングによる健全度評価: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.1879-1884.
277. 横澤祐希，佐藤貴則，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，劣化診断支援システムを使用した多摩川橋梁調査報告: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.2，pp.1609-1614.
278. 山本泰彦，十河茂幸，牛島栄，加藤佳孝，野口貴文，庄司学，(2005)，コンクリート構造物のリスクマネジメント研究委員会活動（委員会報告）: コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.9-18.
279. 恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，ひび割れの進展に基づく RC 部材の健全度評価に関する検討: 土木学会第 60 回年次学術講演会，pp.59-60.
280. 藤野学，加藤佳孝，(2005)，コンクリート構造物の施工に係わる不具合発生要因の分析: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.63-64.
281. 横澤祐希，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，劣化診断支援システムの整合性及び多摩川橋梁調査報告: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.71-72.
282. 竹下直樹，加藤佳孝，(2005)，局所的風況・降雨量予測を基にしたコンクリート構造物への水分付着に関する研究: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.97-98.
283. 加藤佳孝，伊藤正憲，魚本健人，(2005)，補修方法の違いが鉄筋腐食に及ぼす影響に関する考察: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.117-118.
284. 伊藤正憲，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，乾燥環境下における断面修復材の基本物性評価に関する研究: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.131-132.
285. 星野富夫，宇野祐一，早川健司，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，EPMA による補修を施した試験体の塩分移動の評価: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.533-534.
286. 佐藤貴則，恒国光義，加藤佳孝，魚本健人，(2005)，塩害を受けたＰＣ橋梁の効率的劣

化診断に関する考察: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.1173-1174.
287. 小根澤淳志，加藤佳孝，矢島哲司，魚本健人，(2005)，赤外線法を用いた既設構造物の物質移動特性評価に関する研究: 土木学会　第 60 回年次学術講演会，pp.1223-1224.
288. 小根澤淳志・加藤佳孝，（2005），コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する研究（4）：生産研究,
289. 竹下直樹・加藤佳孝，(2005)，局所的風況・降雨量予測を基にしたコンクリート構造物への水分浸透に関する研究: 生産研究,
290. 竹下直樹，加藤佳孝，(2005)，景観性能を考慮した既設コンクリート構造物の補修設計の確立(2)－コンクリートに煤塵を添加することによるその色の変化の基礎的研究－: 生産研究,
291. Ema KATO, Hiroshi YOKOTA, Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO, (2005), Influence of Crack Formation on Chloride Penetration: Proceeding of International Workshop on Durability of Reinforced Concrete under Combined Mechanical and Climatic Loads, pp.105-111.
292. Yoshitaka KATO and Naoki TAKESHITA, (2005), Simulation Study on Relation Between Local Rainfall Conditions and Amount of Moisture Supplied to Concrete: Proceedings of the 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.79-88.
293. Mistuyoshi TSUNEKUNI, Tsugio NISHIMURA, Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO, (2005), Structural Performance Monitoring of Reinforced Concrete Bridges: Proceedings of the 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.51-60.
294. Masanori ITO, Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO, (2005) ,The Importance of Curing in Preventing the Spalling-of Patching Repair Material: Proceedings of the 4th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.241-248.
295. コンクリート構造物のリスクマネジメント研究委員会報告書，日本コンクリート工学協会，2005
296. 吹付けコンクリート指針（案）トンネル編，コンクリートライブラリー121 号，土木学会，2005
297. Junichi Susaki, Koji Kajiwara, Yoshiaki Honda and Yoshifumi Yasuoka (2005), Preliminary validation results of MODIS albedo products compared with temporal ground-measured albedos of paddy fields: Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS2005)
298. Junichi Susaki, Koji Kajiwara, Yoshiaki Honda and Yoshifumi Yasuoka (2005), Comparison of estimators of BRDF model parameters using limited number of observations: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol.XXXVI, 7/W20, pp.123-125

299. Junichi Susaki, Ryozo Ooka, Yoshihumi Yasuoka, Takahiro Endo, Yo-ichi Kawamoto, Hidenobu Nakai, Madoka Nakashima, Rei Takada, Masahiro Setojima, Manabu Funahashi and Keiichi Okada (2005), Extraction of parameters from remote sensing data for environmental indicies for urban sustainability: Proceedings of the 4th International Symposium on New Technologies for urban safety of mega cities in Asia
300. Junichi Susaki and Yoshifumi Yasuoka (2005), Robust estimation of BRDF and albedo using temporal MODIS data for drought monitoring: Proceedings of International Workshop on Disaster Monitoring & Assessment through Images
301. Santosh Tripathi, Junichi Susaki and Xiayong Chen (2005), Fusion of DEM and Satellite Imagery for surface area calculation: Development of an algorithm and a tool for GRASS GIS: Proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)
302. Junichi Susaki, Koji Kajiwara, Yoshiaki Honda and Yoshifumi Yasuoka (2005), Robustness in the estimation of BRDF model parameters using limited number of observations: Proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)
303. JongGeol Park, Ichio Asanuma, Yoshizumi Yasuda and Junichi Susaki (2005), Development of compositing algorithm using spectrum information for MODIS data: Proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)
304. Junichi Susaki, Supannika Pothithep, Ryozo Ooka, Yoshihumi Yasuoka, Takahiro Endo, Yo-ichi Kawamoto, Hidenobu Nakai, Madoka Nakashima, Rei Takada, Masahiro Setojima, Manabu Funahashi and Keiichi Okada (2005), Extraction of parameters from remote sensing data for environmental indicies for urban sustainability: Proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)
305. Thilantha L. Dammalage, Lal Samarakoon, and Junichi Susaki (2005), Geometric Correction of High Resolution Satellite Data -Effect of the Distribution, Accuracy and Number of GCP: Proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)
306. Endo, T., Baruah, P.J., Taguchi, H., Setojima, M., Katsura, T., and Yasuoka, Y. (2006), Estimation of Biophysical Parameters of Individual Tree Stands derived from LiDAR and Digital Matrix Camera Image: Proc. Silvilaser 2006, pp.126-129, Nov. 7-10, 2006. Matsuyama, Ehime -Japan.
307. Taguchi, H., Endo, T., Setojima, M. and Yasuoka. Y., (2006), A New Method for Individual Tree Detection Using Airborne LiDAR Pulse Data: Proc. ACRS 2006 - 27th Asian Conference on Remote Sensing, 8-13 October 2006, Ulanbator - Mongol, CD-ROM.
308. Potithep, S., Yasuoka, Y., Endo, T., and Baruah, P.J. (2006), GROSS PRIMARY PRODUCTIVITY ESTIMATION OF DECIDUOUS BROADLEAF FOREST BY 3-PG MODEL COMPARING WITH MODIS IMAGE: Proc. ACRS 2006 - 27th Asian Conference on Remote Sensing, 8-13 October 2006, Ulanbator - Mongol, CD-ROM.

309. Nawamura, T., Endo, T., Yasuoka, Y., and Setojima, M. (2006), A study on estimation of bio-physical parameters of individual tree stands derived from LIDAR data and digital matrix camera image: the 26th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
310. Brauah, P.J., Endo, T., Katsura, T., and Yasuoka, Y. (2005), Estimating Timber Volume in a multi-age Eucalyptus Plantation using temporal Landsat ETM+ imagery: the 25th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
311. Nawamura, T., Endo, T., and Yasuoka, Y. (2005), Preprocessing of Airborne Laser Scanner Data for Tree Extraction in Forest Area: the 25th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
312. Ogawa, K., Endo, T., and Yasuoka, Y. (2005), Simulation of 3D urban landscape with textures and trees by remote sensing: the 25th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
313. Kobayashi, Y., Endo, T., and Yasuoka, Y. (2005), Extraction of parameters from remote sensing data for environmental indicies for urban sustainability: the 25th Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing. CD-ROM.
314. 吉村美保，小檜山雅之，目黒公郎，(2005)，住宅の耐震補強対策に対する居住者の意識調査: 地域安全学会梗概集，No.16，pp.25-26.
315. 吉村美保，小檜山雅之，目黒公郎，(2005)，住宅の耐震補強対策に対する居住者の意識調査: 生産研究，Vo.57，No.4，pp.164-168.
316. 中嶋 朋子，吉村 美保，目黒 公郎，(2005)，耐震補強を誘導する共済による新しい被災者支援システムの研究: 土木学会第 60 回年次学術講演会，1，202－103.
317. 中島 奈緒美，吉村美保，目黒 公郎，(2005)，マルチハザードリスクから見た地域別潜在的災害リスク特性の評価: 土木学会第 60 回年次学術講演会，4，pp.276－277.
318. 國吉 隆博，吉村 美保，目黒 公郎，(2005)，既存不適格建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の検討: 土木学会第 60 回年次学術講演会，4，pp.282－283.
319. 目黒 公郎，國吉 隆博，吉村 美保，(2005)，既存不適格建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の検討: 生産研究，Vo.57，No.4，pp.169-172.
320. 小檜山雅之，目黒公郎，吉村美保，(2005)，住宅耐震補強の誘因・阻害要因に関するアンケート調査: 日本建築学会学術講演梗概集
321. 吉村美保，目黒公郎，小檜山雅之，(2005)，住宅の耐震補強工事に対する住民意識の分析: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.72-73.
322. 中嶋朋子，吉村美保，目黒公郎，(2005)，住宅の耐震補強を誘導する新しい共済システムの提案: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.74-75.
323. 目黒公郎，國吉隆博，吉村美保，(2005)，建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の検討: 日本地震工学会大会-2005 梗概集，pp.78-79.

324. 目黒公郎，國吉隆博，吉村美保，(2005)，既存不適格建物の耐震補強を促進させるための新しい地震保険制度の提案: 第 24 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集
325. 吉村美保，(2005)，住宅の耐震化戦略の構築: 2005 年 6 月専門家ワークショップ報告書，阪神淡路大震災記念　人と防災未来センター　DRI 調査研究レポート，Vol.6, pp.60-67.
326. Hisashi Kanada, Yukihiro Ishikawa, Taketo Uomoto,（2005）,Utilization of Near-infrared Spectral Imaging System for Inspection of Concrete Structures: Forth International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia
327. Dutta, D. and K. Serker, (2005), Urban Building Inventory Development Using Very High-Resolution Remote Sensing: International Journal of Geoinformatics, Asian Society of Geoinformatics, Vol. 1, No. 1, pp.109-116.
328. Bhuiyan, J.A.N, D. Dutta, A. Das Gupta and M.S. Babel, (2005), Flood simulation and its socio-economic impact analysis in Meghna Delta, Bangladesh under climate change conditions: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp.1-10.
329. Swamy, A.N., D. Dutta and S.M. Asokan, (2005), Flood inundation modeling during severe cyclonic storms and socio-economic analyses for various climate change scenarios over Mahanadi Delta, India: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp. 11-18.
330. Ratnayake, U., D. Dutta and S. Niu, (2005), Impacts of floods under sea level rising scenarios in Matara, Sri Lanka: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp. 37-46.
331. Dutta, D., S. Niu and K.S. Rajan, (2005), Modeling and socio-economic impact analysis of floods under sea level rising scenarios in Bangkok, Thailand: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp.51-64.
332. Dutta, D., J. Alam and H.M. Hien, (2005),. Flood simulation and its socio-economic impact analysis under climate change condition in Hue City, Vietnam: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp.85-96.
333. Khatun, F., D. Dutta and S. Herath, (2005), Flood Risk Analysis in Hanoi City due to Extreme Floods under Scenario of Hoa Binh Reservoir Failure: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp.73-84.

334. Asokan, S. and D. Dutta, (2005), Analysis of Long Term Impacts of Climate Change in River Flows in the Mahanadi River Basin, India: Proceedings of the International Symposium on Floods in Coastal Cities under Climate Change Conditions, AIT, Thailand, June, pp.19-28.
335. Dutta, D. and S. Niu, (2005), Modeling of Floods in Coastal Cities under Sea Level Rising Scenarios: A Case Study in Bangkok, Thailand: Proceedings of the MTERM International Conference, June, Asian Institute of Technology, pp.323-330. (peer-reviewed),
336. Bhattarai, R. and D. Dutta, (2005), Analysis of Soil Erosion and Sediment Yield using Empirical and Process Based Models: Proceedings of the MTERM International Conference, June, Asian Institute of Technology, pp. 215-226. (peer-reviewed),
337. Nakayama, K., D. Dutta, G. Tanaka and F. Khanam, (2005), A Comparative Analysis of River Flow Modeling in an Urban River Basin in Japan using Lumped and Physically Based Approaches: Proceedings of the MTERM International Conference, Asian Institute of Technology, June, pp. 207-214. (peer-reviewed),
338. Alam, M.J., D. Dutta and S. Hironaka, (2005), Applicability of a Distributed Hydrodynamic Modeling Approach for Flood Flow Simulation: A Case Study in the Lower Mekong: Proceedings of the International Symposium on Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management, March 2005, Thailand, pp. 67-74.
339. Dutta, D., C. Chaleeraktrakoon and S. Budhakooncharoen, (2005), IAHS PUB Research in Thailand: Recent Development and Future Plans: Proceedings of the Interdisciplinary Workshop on Multi-scale Governance of Forests, Village and Water in the Upper Ping River Basin, Northern Thailand, 7-9 March, Chiang Mai, Thailand, pp. 77-82.
340. Herath, S. and D. Dutta, (2005), Floods and Urbanization: A Case Study From Japan, Know Risk: United Nations, Tudor Rose, pp. 294-295.
341. 林省吾，(2005)，2004 年度に発生した大規模災害への消防庁の取り組みと今後の課題: 生産研究，Vol.57，No.4，pp142-145.
342. Shogo Hayashi，(2005)，Fire and Disaster Management Agency Activities in 2004 ． and an Approach to the Future: ICUS NEWSLETTER，Vol.5，　No.1，　pp1-3.

2006

1. Juthasinee Thanyapraneedkul and Junichi Susaki (2006)，Estimation of Forest Plantation Productivity Using a Physiologically Based Model Driven with Meteorological Data and Satellite-derived Estimates of Canopy Photosynthetic Capacity: SEISAN KENKYU，Vol.58，No.3，pp.339-342.
2. Thilantha L Dammalage, Lal Samarakoon and Junichi Susaki (2006), Application and Benefits of Internet GNSS Data Streaming Base on NTRIP Protocol in Modern GPS Surveying Systems: Proceedings of First International Symposium, Sabaragamuwa University of Sri Lanka

3. Thilantha L Dammalage, Lal Samarakoon and Junichi Susaki (2006), Potential Accuracy and Practical Benefits of NTRIP Protocol over Conventional RTK and DGPS Observation Methods: Proceedings of 5th Annual International Conference of Map Asia
4. Juthasinee Thanyapraneedkul and Junichi Susaki (2006), Estimation of forest plantation productivity using Physiologically Based Model driven with meteorological data and satellite-derived estimates of canopy photosynthetic capacity: Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS2006)
5. Niu Shulian and Junichi Susaki (2006), Detection of agricultural drought in paddy fields using NDVI from MODIS data: A case study in Burirum Province, Thailand: Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS2006)
6. Junichi Susaki, Juthasinee Thanyapraneedkul, Lal Samarakoon and Yoshifumi Yasuoka (2006), Analysis on temporal change of soil moisture with SAR images for agricultural drought monitoring in northeastern part of Thailand: Proceedings of the 27th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)
7. Junichi Susaki, Juthasinee Thanyapraneedkul, Lal Samarakoon and Yoshifumi Yasuoka (2006), Estimation of soil moisture by active microwave remote sensing and IEM model for drought monitoring: A case study of Burirum Province, Thailand: Proceedings of the 5th International Symposium on New Technologies for urban safety of mega cities in Asia
8. Thilantha Lakmal Dammalage, Junichi Susaki and Lal Samarakoon (2006), Accuracy enhancement of low-cost GPS receiver observations vis Internet DGPS: Proceedings of the 5th International Symposium on New Technologies for urban safety of mega cities in Asia
9. 金田尚志，(2006)，第 4 回アジア地域の巨大都市における安全性向上のため新技術に関する国際シンポジウム Singapore, 18-19 Oct. 2005: コンクリート工学，Vol.44， No.3，

The Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction
August 3-5, 2006, Bangkok, Thailand

TECHNICAL AND SOCIAL PROBLEMS OF CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF CONCRETE STRUCTURE

Taketo UOMOTO[1]

ABSTRACT: Everyone knows that the most important work for civil engineers is to construct and maintain good concrete structures to the public and keep the society safe. Recently, many different news were reported by mass media related to the false works of civil engineers in design, construction and maintenance works. Such problems never appeared to the public up till now. The causes of these problems are not only the technical matters but also social matters are included. To deal with these problems, this paper explains some of the evidences and the reasons why such problems occurred in Japan, with the comments by the author.

KEYWORDS: ethics, false work, construction, maintenance

1. INTRODUCTION

In November 2005, a big shock struck Japanese society through newspapers, radios and TV programs. Mr. Hidetsugu Aneha, a first-class certified architect agreed that he faked records to make substandard buildings look like they met Japan's anti-earthquake requirements. In the committee of Japanese parliament, he mentioned that he began faking earthquake safety data around 1998, when a developer asked him to cut costs by reducing the amount of steel reinforcements to below the compulsory minimum in a Tokyo apartment project. He mentioned that he was under heavy pressure from developers to reduce steel reinforcements. But considering the recent reduction in construction works, he could not resist up till the end. The newspapers mentioned at least 71 structures which he has designed may collapse even in a moderate earthquake.

Such news has never been reported in Japan up till now. The person, who has bought the houses paying a large amount of money, has lost everything except the loan which was lent to the person from the banks. If such a disaster was caused by the natural hazards (earthquake, tsunami, flood, fire, etc.), people and Japanese government may try to help the victims by all means. But in this faked design case, as shown in Figure 1, it may not be easy to confess the people of our country to support the victims.

2. PROBLEMS RELATED TO FALSE WORKS

The problems related to false works reported by the news papers, magazines, etc. can be classified as follows:
Group 1: Mistakes by the engineers and workers
Group 2: False works due to insufficient knowledge
Group 3: Intended false works knowing that it is difficult to be inspected

[1] *Director and Professor, ICUS, IIS, The University of Tokyo, Japan*

In case of Group 1, it is difficult to eliminate all. Any people may make mistakes, and it is the most important concern for most of the engineers. Considering these, most of the specifications, guides, instructions and books are published showing both how to prevent the mistakes and how to check the results. If we look at some of the books, we can easily find the data showing the percentage of "error" based on numerous data surveyed from many construction works. As an example, the design codes give the standard error in bar arrangements, form arrangements, etc.

Figure 1. One of the faked hotel building designed by Mr. H.Aneha
(This hotel was closed just after the news was reported)

In case of Group 2, workers and engineers especially without sufficient knowledge and experience may easily perform such problems. In 1960's and 1970's, chloride induced corrosion of steel reinforcing bars were reported by the researchers due to sea water, but concrete engineers did not mind much about the chloride contained in sea sand which was used as fine aggregate. As a result, many important concrete structures deteriorated within 20-30 years. One of the most famous structures is bridges for railways in western part of Honshu. (See Figure 2) In the late 1980's when evidences of "alkali-aggregate reaction of concrete structures" were reported to the Japanese concrete society, not only concrete engineers but also concrete researchers did not believe the problem. Most of the civil engineers and concrete engineers in Japan believed that alkali-aggregate reaction does no occur in our country. The teachers and professors who have been teaching concrete explained that no reports have been reported in Japan so far on alkali-aggregate reaction. As a result, many concrete structures which used reactive aggregate formed large amount of cracks even with steel reinforcements. (See Figure 3)

The "Aneha" problem is the typical example of Group 3. May be it was not from the beginning, but as he knew that no warning was given to his works, he may have known that the system we use can not find out his faked works. The similar problems are such as "addition of water" to ready mixed concrete at the site, lack of bond length of anchoring bars for anti-falling apparatus, etc.

The details of these problems are explained in the following paragraph.

3. PROBLEMS OF "WATER ADDITION" AND "ANCHORING BARS"

3.1 ADDITION OF ILLEGAL WATER TO READY MIXED CONCRETE

Addition of water to ready mixed concrete has been strictly prohibited in Japan. But due to several reasons, such false works can be found in some of the construction sites.

Figure 2. Corrosion of steel due to the use of sea sand as fine aggregate

Figure 3. Cracks of retaining wall due to the use of reactive aggregates

As shown in Figure 4, when ready mixed concrete is carried from the concrete plant to the site, due to traffic conditions, it often takes time more than 30 minutes. As a result, the slump of concrete reduces by the evaporation of mixing water especially in hot climate. Since 1970's, it is common to use concrete pump to transfer the concrete to the casting place. The pumpability of concrete is mainly governed by the fluidity and segregation resistivity of concrete. Generally speaking, it is easier to convey the concrete with higher slump to the casting place than lower slump concrete. To increase the slump of transferred concrete, addition of water is the easiest without any additional cost. Addition of such illegal water to concrete can be done within 30 seconds without being observed by the engineers at the site. Even when additional water is added to the conveyed concrete, it is difficult to find out the amount by normal inspection method.

As shown in Figure 5, if we have to increase the slump of concrete from 8cm to 18cm, with the same strength of concrete, the increment of cost will be about 1000 yen per cubic meter of concrete. Increment of cost will be about 8% when the strength of concrete is 30 N/mm^2 even when plasticizer is used. This cost increment is not affordable by the client or the constructor. Such water addition reduces the strength of concrete about 15% and also the durability of concrete.

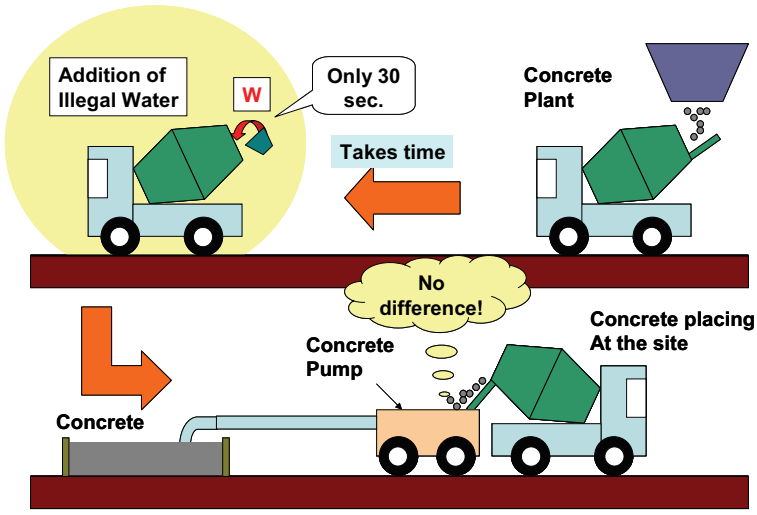


Figure 4. Illegal addition of water to ready mixed concrete

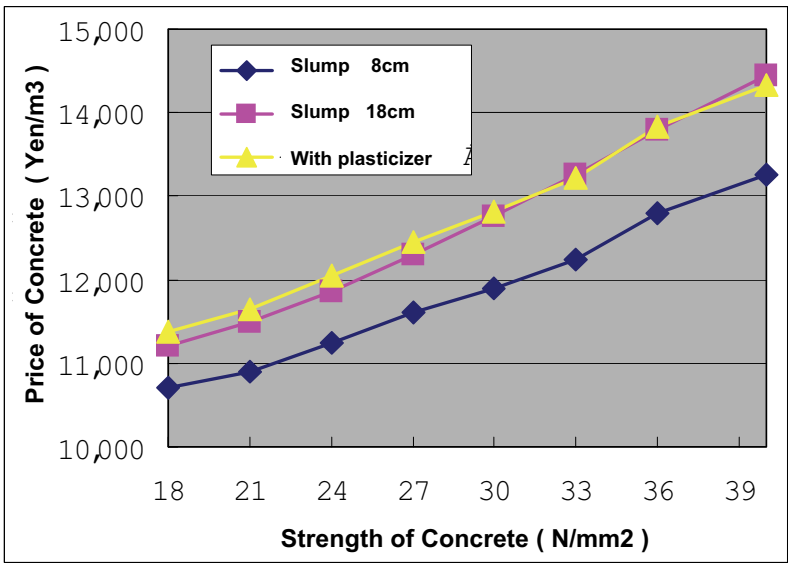


Figure 5. Price vs. strength of concrete with different slump (2003)

Considering these evidences Ministry of Construction introduced a method to inspect the water content of concrete by NDT in 2003. Although the NDT measuring apparatus is not always accurate enough, such a system may reduce the "illegal addition of water" to certain extent.

3.2 ANCHOR BOLTS FOR SEISMIC SAFETY

When Hanshin-Awaji Great Earthquake occurred in 1995, many bridge piers were destroyed due to enormous force acting on the structures, and many bridge girders fell off the piers by the seismic force. The cars on the bridge may easily fall down from the bridge even after the earthquake. To prevent such a disaster, as shown in Figure 6, several types of apparatuses were installed to the existing piers to prevent the fall of bridge girders and maintain the structures for longer period of time.

To install such apparatuses, anchor bolts must be embedded into the existing piers by coring the concrete to the specified depth. The existing structures have been used from 0 to 50 years and design drawings may not be available in some of the structures. Even when design drawings are still available, the bar arrangements in the actual structure may not coincide well with the drawings.

Figure 6. Apparatus to prevent the fall of bridge girders

When drilling is done, one can easily estimate that the core drill may hit the embedded steel bars. What the workers did? They behaved in two ways explained below and shown in Figure 7:

1) Stop the drilling at the depth of steel bars.
2) Drill the concrete and steel to the specified depth.

As a result, some anchored bolts lack bond length, and some reinforcing bars in the structures were cut. In case of 1), anchor bolts may not be strong enough against seismic force, and strength of piers has reduced to form cracks in case of 2).

The ministry of construction mentioned about 2% of the whole anchor bolts used in road bridges had problems so far and they asked the contractors to reinstall the false anchor bolts. To prevent such problems, inspection must be done properly. One of the most effective methods is to utilize Non-Destructive Inspection. The inspection must be done before and after the installation of anchor bolts. Ultrasonic method may be useful to inspect the length of bolts and electromagnetic method may be useful to detect the steel bars in concrete before drilling.

4. SYSTEM WE HAVE TO SET UP

As explained above, many problems are occurring at the site. Up till now, our systems now being used in our country are all based on Japanese culture and ethics that people will not try to do things bad, unless by accident. But the evidences explained above gave us a big warning to our culture: Ethics is no longer efficient and “Learning makes a good man better and an ill man worse”. The new system must be studied not only from technical point of view but also by incorporating the systems related to law, economics, insurance, etc.

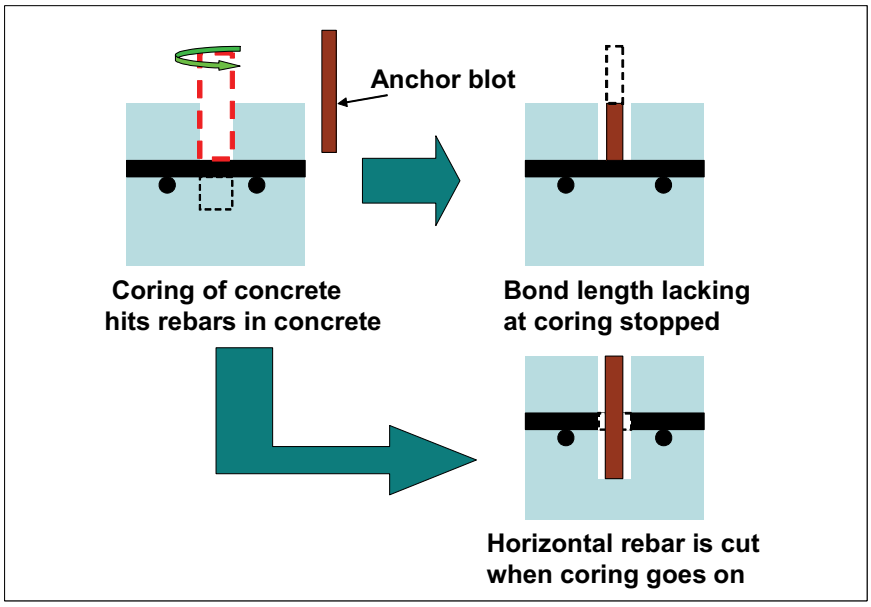


Figure 7. Drilling concrete to install anchor bolts

Civil engineers have been working to offer better facilities to make the human society comfortable. "Safety", "Serviceability", "Durability" and "Esthetics" are the major requirements of the structures through out the life. To deal with the problem, civil engineers have been working to offer better and safe structures to the society. But the efforts we have been making may not be enough. May be we have to widen our field of study not only technical problems but also insurance, law, economics, etc. to eliminate faked works which may not be revealed yet.

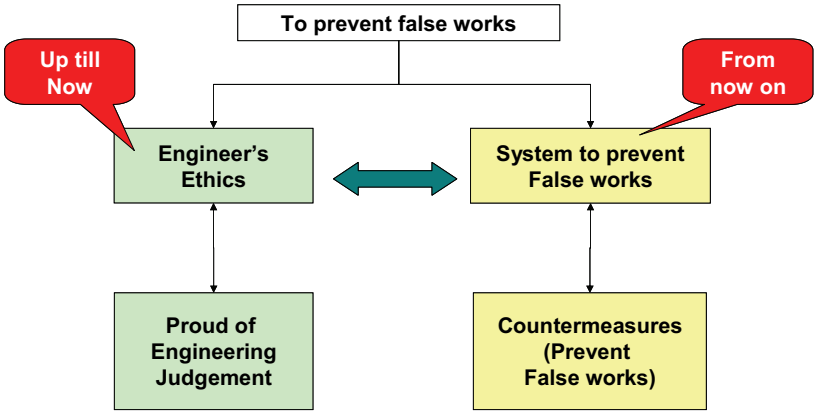


Figure 8. Old and new systems to prevent false works

5. CONCLUSION

Due to many reasons both technical and social problems, intended false works have been revealed in many civil engineering structures. Two frequently observed intended false works due to technical problems found in ready mixed concrete and anchor bolt have been discussed. Also the social problems in term of economics, illegal reducing amount of reinforcing steel was on the headline news recently in Japan. From now on, our civil engineering society cannot rely only on engineer's ethics but also we have to develop the system to prevent the intended false work in the future.

日本建築学会計画系論文集　第595号，229-236，2005年9月
J. Archit. Plann., AIJ, No. 595, 229-236, Sep., 2005

既存不適格建物の耐震補強推進策に関する日米比較研究

A COMPARATIVE STUDY OF STRATEGIES FOR PROMOTION OF RETROFITTING OF LOW EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURES IN US AND JAPAN

吉村美保*，目黒公郎**
Miho YOSHIMURA and Kimiro MEGURO

Recent damaging earthquakes have clearly revealed that retrofitting low earthquake-resistant structures is the key issue for earthquake disaster reduction. However, retrofitting activities are not carried out seriously especially for non-public structures. Some local governments in California, US are promoting retrofitting more successfully than those in Japan, by providing various kinds of economic incentives for it. We have investigated the current strategies for successful retrofitting promotion mainly in the San Francisco Bay Area through interviews and reference collection. By comparing strategies both in US and Japan, some clues for improving retrofitting incentive programs in Japan are presented.

Keywords : low earthquake-resistant structure, retrofitting, seismic evaluation, California, earthquake loss reduction plan
既存不適格建物，耐震補強，耐震診断，カリフォルニア，地震被害軽減計画

1．はじめに

兵庫県南部地震以降，新耐震設計基準(1981 年施行)を満たさない「既存不適格建築物」と呼ばれている建物群に対する耐震化対策の実施が重要視されている．住宅・建築物の地震防災推進会議(2004)によれば，全国の住宅約 4,700 万戸のうち耐震性が不十分なものは約 1,150 万戸(25%)存在しているという．また，戸建木造住宅は全国 2,450 万戸のうち，約 1,000 万戸(40%)の耐震性が不十分であると推計される[1]．耐震性能の低い建物に対して耐震補強や建て替えなどの対策を実施しない限り，今後発生しうる地震による犠牲者を減らすことはできない．中央防災会議の住宅における地震被害軽減方策検討委員会による「住宅における地震被害軽減に関する指針」[2]によれば，耐震化を阻害する要因は，対策に要する費用・労力負担，技術的知識の不足，ライフサイクルとの不適応，想定される地震被害やその切迫性についての意識の低さ，耐震化効果のわかりにくさ等，多岐にわたる．耐震性能の低い建物の耐震化対策を推進するためには，住宅所有者の現状を踏まえて耐震化対策実施への様々なインセンティブを提供することにより，住宅所有者による自発的な対策の実施を誘導する必要がある．現在，一般の居宅に対しては，一部の地方公共団体によって耐震診断や耐震改修に対する助成や融資が行われている．しかしこの場合，助成や融資の対象となる既存不適格建築物は非常に多く存在し，これらの制度の運用に対して行政は事前に莫大な費用を確保する必要がある．我々の研究グループでは事前の財源負担を要しない新制度として，耐震補強性能保証に基づく補強奨励制度[3]を提案してきた．今後はさらに住宅所有者の細かなニーズに合致した，バリエーション豊かな耐震化推進策を講じていく必要がある．

アメリカ合衆国カリフォルニア州では，ロマプリエータ地震やノースリッジ地震の教訓を契機として，耐震補強対策に対しインセンティブを与えるためのユニークな制度が運用されている．FEMA(連邦危機管理局：Federal Emergency Management Agency)は 1997 年に災害に強いまちづくりのためのキャンペーンとして Project Impact: Building Disaster Resistant Communities を立ち上げた．Project Impact は，災害に強いまちづくり活動の一環として，産業界を含めた地域コミュニティーとのパートナーシップの確立，災害危険性の把握，災害リスク軽減施策の実施と優先順位付け，活動に関する地域とのコミュニケーションを重視し，地域独自のユニークな災害対策を奨励してきた[4]．カリフォルニア州内では 1998 年にオークランド市，1999 年にバークレー市とナパ市，2000 年にサンレアンドロ市がキャンペーンのモデル地域に指定され，これを契機として，州内では地域独自のアイデアに基づく耐震補強推進のための環境整備がますます重視されてきた．

本研究では，民間住宅の耐震補強を推進させる環境に焦点を当て，カリフォルニア州における現行制度の経緯や実績についての現地調査を行い，日米の建物特性や周辺制度の違いを考慮した上での補強推進環境の比較を行った．これらの比較は，現行制度の枠組みにとどまらない新たな耐震補強推進策の開発を目的としたものであり，カリフォルニアでのいくつかの制度については我が国への適用可能性についての検討も行った．我が国で議論されている新しい制度提案のうち，カリフォルニア州内において実際に導入されている制度もいくつか存在するため，米国での実情を理解することによりこれらの実用化手法を学ぶことができると考える．

* 東京大学生産技術研究所　助手・工博
** 東京大学生産技術研究所　教授・工博
Research Assoc., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Dr. Eng.
Prof., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Dr. Eng.

2．日米における脆弱建物をめぐる環境の違い

日本とカリフォルニア州における耐震補強推進環境を比較するにあたり，本章ではまず，日米での地震危険度，建物ストックや建物特性，法制度など建物の耐震補強に関連した諸環境の違いを整理する．

(1) 地震危険度の比較

カリフォルニア州では，サンアンドレアス断層沿いのサンフランシスコ湾周辺およびロサンゼルス近郊，北部のクレセントシティー近郊を中心として，過去に多数の地震が発生している．近年の大規模地震は，1989年のロマプリエータ地震と1994年のノースリッジ地震であった．図1にサンフランシスコ湾岸地域におけるサンアンドレアス断層，ヘイワード断層等の断層群を図示する．USGS（米国地質調査所：U.S. Geological Survey)は，湾岸地域において2003年から2032年までの30年間にマグニチュード6.7以上の地震が発生する確率を62%と見積もっている(図2)[5]．サンフランシスコ湾東岸のアラメダ郡オークランド市およびバークレー市を縦断するヘイワード(Hayward)断層，およびその北部に続くロジャークリーク(Rodgers Creek)断層での地震発生確率は27%とされており，その他の断層よりも高い．我が国の地震調査研究本部では，南海地震・東南海地震・宮城県沖地震の発生確率を，2005年1月1日時点から30年間においてそれぞれ50%，60%，99%程度と評価している[6]．これより，サンフランシスコ湾岸地域における巨大地震の発生確率はおおむね東南海地震と同程度であると考えられる．

図1　サンフランシスコ湾岸に位置する断層群[5]

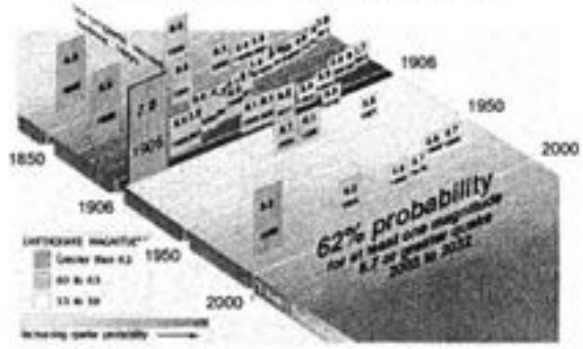


図2　サンフランシスコ湾岸での過去の地震発生状況[5]

サンフランシスコ湾岸地域の自治体連合組織であるABAG(Association of Bay Area Governments)は，湾岸地域に位置する断層を震源とした各種の地震被害想定を行っている[7]．これらのうち，ヘイワード断層北部を震源とした地震はマグニチュード7.1程度と想定されており，想定地震動分布は図3の通りである．ヘイワード断層と湾岸の間に位置するオークランド市およびバークレー市は修正メルカリ震度階による震度9～10程度の地震動に襲われると予測されており，気象庁震度階ではおよそ6弱～6強程度に相当する．これによる住宅被害は木造，非木造，無補強組積造建物(UnReinforced Masonry，以下URMと略す)でそれぞれ67,671，9,359，7,187戸にのぼると推計されている[8]．とりわけサンフランシスコ湾岸地域では1906年のサンフランシスコ地震や1989年のロマプリエータ地震の経験から，これらの断層群を震源とする地震への警戒感が強い．

図3　ヘイワード断層を震源とした想定地震動分布[8]

(2) 建物ストックの比較

日米の住宅統計調査結果を用いた既存住宅流通市場規模の比較(表1)[9]によれば，住宅ストックに占める既存住宅流通量は米国で3.7%，日本で0.3%である．米国の既存住宅流通量は我が国の12.3倍であり，米国の住宅ストックに占める新設住宅着工戸数の割合は日本の0.6倍である．これらの値から，米国における既存住宅の流通は日本よりも充実していることがわかる．また，日米における構造別の建物ストックの割合を図4に示す．総務省の平成10年の住宅・土地統計調査[10]結果では，全国の住宅(共同住宅等を含む)43,922千戸の31.1%が木造，33.3%が防火木造である．戸建て住宅に対する集計では，25,269千戸のうち47.0%が木造，46.0%が防火木造である．一方ABAGの調査によれば[8]，サンフランシスコ湾岸地域の住家2,548,742戸のうち，約93%が木造である．その他，2%がRC造・補強組積造(Reinforced Masonry，RM)・鉄骨造などの非木造，1%がURM，3%がその他（モービルホーム

表1　既存住宅流通市場規模の比較[9]

	米国	日本	米/日
住宅ストック量(千戸，1998年)	117,589	50,246	2.3倍
1世帯あたりの戸数	1.11('95)	1.13('98)	0.98倍
既存住宅販売件数(千件，1997年)	4,382	157	27.9倍
住宅ストックに占める既存住宅流通量の割合	3.7%	0.3%	12.3倍
新設住宅着工戸数(千戸，1999年)	1,667	1,215	1.4倍
住宅ストックに占める新設住宅着工戸数の割合	1.4%	2.4%	0.6倍

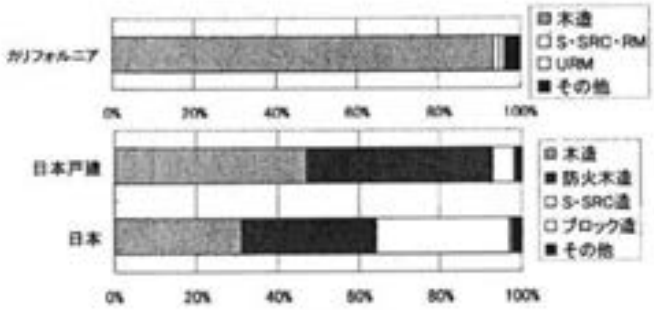


図4　日米の構造別の建物ストック量

など)である．共同住宅の存在を考慮すると，湾岸地域においては我が国以上に木造が建物ストックの主流を成していることがわかる．

(3) 建物特性の違い

湾岸地域の全住戸のうち，1939 年以前に建築された戸建て住宅と 1940 年以降に建築された戸建て住宅の割合は，8.3%と 53.6%である[9]．米国における木造戸建て住宅は主として木質パネル工法である．これらの住宅では，1 階床下に位置する Cripple Wall と呼ばれる板壁状の束立て部分にせん断補強が欠如している場合が多く，ロマプリエータ地震やノースリッジ地震では Cripple Wall の被害により上部構造が転倒するケースが多く見られた．これは米国の建物で特徴的な問題と言え，1940 年以前に建設された建物に多く見られる．通常は図 5 に示したように合板パネルによる補強が行われる．図 6 は ABAG の調査[10]に基づく湾岸地域の各自治体内での戸建て住宅の耐震補強実施率である．これによれば，戸建て住宅に対して基礎と Cripple Wall に十分な補強を行った割合は，バークレー市で 38%と最も高い．これに部分的に補強したものを加えると実施率は 82%となり，全米で最高の耐震補強実施率である．この他には，基礎・上部構造間のボルト結合の欠如，無補強組積造の基礎や煙突部分の補強の欠如が多く見られる．

木造共同住宅は湾岸地域の全住戸の 31.5%を占め，そのうち 21.3%は 1940 年以降に建築された 1-3 階建てである[9]．1 階の全部分または一部分にカーポートを設けている建物群は Soft-Story Buildings と呼ばれ，壁量の少なさから地震時に倒壊しやすく，過去の地震でも住家被害の大多数を占めた．我が国においても 1 階部分の壁量の少ない建物が多く存在しており，共通の問題を抱えている．

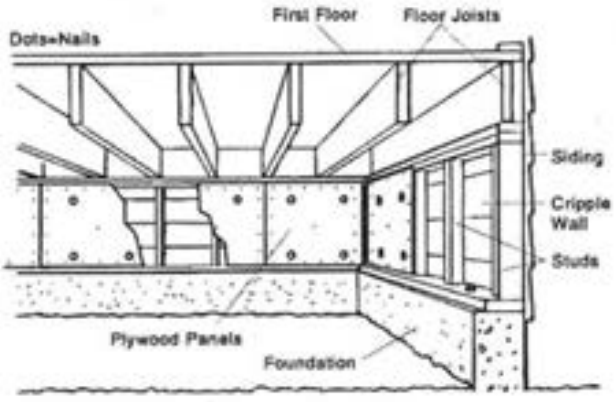


図5　木造戸建て住宅の Cripple Wall の補強[11]

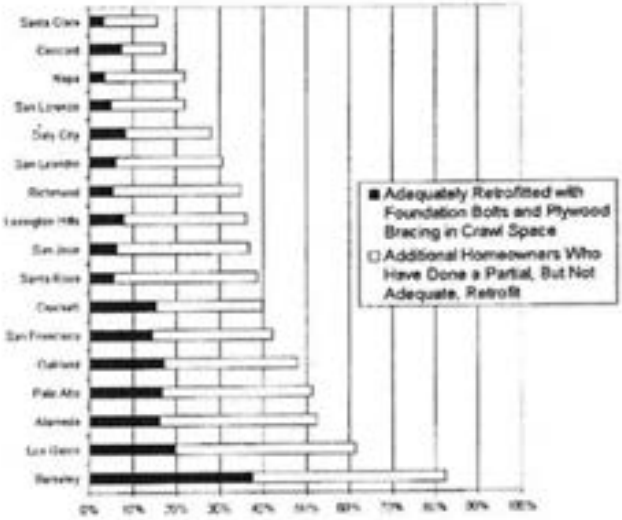


図6　戸建て住宅の耐震補強実施率の比較[10]

図7　バークレー市内における耐震補強された URM 建物の例

無補強組積造建物(URM)は，湾岸地域の全住戸の 1.0% を占め，1933 年から 1955 年にかけて多く建設された．補強の欠如により，地震時の建物全体の甚大な構造被害を招きやすい．我が国においては，ブロック造は補強ありのものを含めて住家ストックの 0.6%であり(図 4)，URM の問題はカリフォルニアでより深刻であることがわかる．図 7 はバークレー市に立地する耐震補強済みの URM 建物である．

(4) 住家に関する法制度の比較

カリフォルニア州では 1971 年のサンフェルナンド地震後，1972 年には活断層近傍の住家の安全性を確保するために，活断層ゾーン法(The Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act)[12]を制定した．断層ゾーン(図 8，通常幅 0.4km 程度)内での建築計画の申請に際して，郡と市は地質調査の実施を要求しなければならない．対象となる建築計画とは，居住建物の建設を意図した土地の分割と居住建物の新築および増改築である．ここで居住建物として，4 戸以上の同時開発ではない，2 階建て以下の木造または鉄骨造の戸建て住宅は対象外とされる．調査の際に活断層が発見されれば，建物を 50 フィート(約 15m)だけセットバックして建設しなければならない．また，既に活断層ゾーン内に存在している建物に対しては，不動産取引の際に，物件が活断層ゾーン内に存在しているという事実を買主に告知しなければならない．

図8　アラメダ州における断層ゾーン図示の例[3]

ロマプリエータ地震後の 1991 年には，地震ハザードマッピング法 (Seismic Hazards Mapping Act) [4]が制定された．これにより，州全域において活断層ゾーンと液状化・土砂崩れ危険ゾーンを明示するハザードマップが作成されることになった．州内の市および郡は地震被害を軽減するためにハザードマップを利用し，基本計画(General Plan)に安全に関わる要素を盛り込み，土地利用規制を行わなければならない．危険ゾーン内での不動産取引においては，Alquist-Priolo 活断層ゾーン内の建物と同様に，物件が危険ゾーン内に存在しているという事実を買主に告知しなければならない．これに加えて，1998 年には買主に対して公開する情報の内容に関して，地震ハザード情報公開法(The Natural Hazards Disclosure Act) [5]が制定された．これは，売主が買主に対して，物件が危険ゾーン内に存在しているかどうかを「はい・いいえ」等により明示した，「地震ハザード説明書(Natural Hazard Disclosure Statement)」等を渡すことを定めている．以上のように，カリフォルニア州では州法で，行政による地震危険度情報に関する情報公開を義務付けており，これらに関連した法制度は充実していると言える．

3．日米における耐震補強推進策の比較方法

既存不適格建物の耐震補強を普及させるには，住民が現在居住している建物の耐震補強を奨励する直接的な推進策と，不動産流通の際に補強済み建物が「良い物件」として選択されやすくなるようにする間接的な推進策がある．本論文では現在居住している建物の耐震補強を奨励するための直接的な推進策を対象とし，住宅所有者に対して補強を促すためのインセンティブを与えるタイミングの違いに応じて，種々の策を以下の４つのステップに分けて整理する．

ステップ１：危険建物の抽出段階
ステップ２：耐震補強工事実施に対する合意形成の段階
ステップ３：耐震補強工事の段階
ステップ４：耐震補強工事の終了後の段階

カリフォルニア州の ABAG は 2002 年に，湾岸地域の 109 の郡および市に対して，公的建物・住民所有の建物に対する対策・緊急対応計画等に関するアンケート調査を実施し，87 の自治体から回答を得た[6]．まずは，これらの回答データから把握できる現行の耐震補強推進策を，前述の４つのステップごとに整理し，各々の推進策の概要をまとめる．次にこれらの推進策を我が国の現状と照らし合わせ，我が国に類似の制度が運用されているか，または類似の制度が提案されているかどうかを検討する．

アラメダ郡バークレー市（面積 26.3ｋ㎡，人口 104,603 人[7]）は，米国で民間住宅の耐震化に対して最も積極的に取り組んでいる地方自治体の一つと言える．サンフランシスコ湾に面し，市の人口は州人口の 0.3%を占める．市内にはカリフォルニア大学バークレー校があり，2000 年現在の住宅は 44,955 戸，持ち家率は 74.6%(19,214 戸)である．バークレー市では，1989 年のロマプリエータ地震以降，学校のＰＴＡグループが校舎建物の耐震性能に関心を抱いたのを機に，地域の公共建物・公立学校・住宅の耐震化に積極的に取り組み，1999 年には Project Impact のモデル地域に選ばれた．現在，戸建て住宅の耐震補強実施率は全米で最も高く(図６)，地域の独自なアイデアに基づく様々な耐震補強推進策を実践してきた．推進策の実施条件や実用に至る経緯について詳細に理解するため，筆者は 2003 年 11 月～12 月の１ヶ月間に渡り，バークレー市役所やバークレー大学等の関係者に対するヒアリング調査を実施し，現地での更なる情報収集を行った．バークレー市において実践されている補強推進策については，具体的な条件や手続き等についても説明を加えるものとする．

4．日米における耐震補強推進策の比較結果

(1)　ステップ１：危険建物の抽出段階

まずは，危険建物を抽出する段階について，日米での耐震補強推進策を比較した．日米で運用されている現行の耐震補強推進策を表２にまとめ，カリフォルニア州または日本の一方のみでしか見られない制度に◎印をつけた．

表２　危険建物の抽出段階における耐震補強推進策の比較

耐震補強推進策	実践状況	
	日本	米国
・簡易な耐震診断の普及(WEB利用等)	◎	
・自治体による耐震診断の相談窓口の設置	◎	
・自治体による耐震診断士の育成	◎	
・自治体による簡易耐震診断士の無料派遣	◎	
・自治体による耐震診断費用への助成	◎	
・自治体による耐震診断費用への低利子融資	◎	
・自治体による危険建物のデータベース化		◎
・耐震性能の評価の実施（既存住宅性能表示制度）	◎	

カリフォルニア州 ABAG のアンケート調査結果[6]では，87 自治体のうち，耐震診断に対する助成や低利子融資等の制度は見られなかった．耐震補強の必要性を説くための啓蒙や情報普及には力が入れられているものの，危険建物かどうかの判断はおおむね住民と民間業者に一任されている．一方，我が国では種々の自治体が耐震診断費用に対して助成や低利子融資を行っている[8]．静岡県では，「TOUKAI(東海・倒壊)－０」プロジェクトの一環として，わが家の耐震診断調査票の配布を行う他，耐震補強に関する知識の向上を目的としたホームページ「耐震ナビ」[9]上で WEB 版の簡易耐震診断プログラムを提供し，耐震診断の PR を行っている．市町村では「静岡県耐震診断補強相談士」を派遣し，無料の簡易耐震精密診断である「わが家の専門家診断」も提供している．更に建築士による耐震精密診断を受けたい場合は，市町村による診断費用の補助制度がある．我が国では耐震診断への助成や低利子融資等が重要視されているのに対して，米国では同様の制度が見られない理由の一つとして，２章(3)にて述べた通り，米国におけ

る建物の脆弱性は主として Cripple Wall に起因しており，補強の必要性に関する判断が容易である点が挙げられる．

米国のみで見られる施策に，自治体による危険建物のデータベース化がある．URM 建物に関して，カリフォルニア州では 1986 年に無補強組積造法(Unreinforced Masonry Building Law，以下では URM 法と呼ぶ)[9] を制定した．これは，建築基準における地震危険度ゾーン(Seismic Zone) のレベル 4 に属する 366 の地方自治体に対して，URM のデータベースを作成し，1990 年までにこれらの耐震化計画を策定し，その経過を California Seismic Safety Commission(CSSC)に報告するよう義務付けるものである．この法律は公共建物に限らず，商業施設や住居として使用されている民間建物を含む全ての URM を対象とする．州内の全自治体は，これまでに URM 建物情報のデータベースを作成するか，地域内に URM が存在しないことを確認した．ABAG のアンケートに回答を寄せた湾岸地域の 87 の郡や市のうち，34 の自治体では URM 以外の建物群についても独自に建物情報データベースの構築を行い，Soft-Story の共同住宅，Non-Ductile コンクリート造，Tilt-up コンクリート造，丘陵地の建物(Hillside Buildings)，補強済みの住家等のデータが整備されている[10]．バークレー市では URM 法の制定後に，調査に基づいて URM データベースを作成し，1989 年末には建物所有者にこれを周知した．URM の他には，2001 年に FEMA の助成を受けて，市内の約 5,000 戸を超える Soft-story 共同住宅を調査し，危険建物のデータベースを作成した．この調査では，バークレー大学の大学院生や EERI(Earthquake Engineering Research Institute)の専門家の協力を得て路上から建物状況をチェックし，5 戸以上が居住する Soft-story 共同住宅の脆弱性を判定した．我が国においてはこのような危険建物のデータベース化は居住者のプライバシーを侵害すると指摘されがちであるが，防災の観点から見れば，平常時から地区の被災程度を予測することにより実践的な災害対応計画を立案できる，脆弱建物の多い地区に集中的な啓蒙活動ができる，災害時には道路閉塞等を見越して消防・救命救急活動などの即時対応ができる等，メリットも大きい．近年，地域住民が主体的に参加し津波や地震等に対する防災マップを作成するケースがあるが，このような住民による地域の防災点検の一環として，脆弱建物の点検とデータ収集が実現できれば，地域の防災力向上につながるのではないかと考えられる．バークレー市は市内に大学を有し，専門家や学生の協力を得やすい環境にあると言える．しかし我が国においても，地方自治体単独での活動以外に，建築士や専門家で構成される団体，研究機関，ボランティア，地域住民などの参加を得ながら，地域の建物の耐震化推進に取り組むことが非常に重要であると考える．

その他，我が国のみで実施されている施策は，既存住宅性能表示制度である．この制度は住宅の品質確保の促進等に関する法律(平成 14 年 12 月)に基づいており，物件の転売等を考える住宅所有者に対しての耐震補強推進のインセンティブになるだけでなく，耐震性能の高い建物や補強済み建物の選抜にも貢献しうる．

(1) ステップ2：耐震補強工事実施に対する合意形成の段階

耐震補強工事実施に対する合意形成の段階においては住宅所有者の補強実施への意欲を高めるために，地域の地震危険度，居住建物の耐震性能，耐震補強実施による危険度の低下に関する知識の向上が不可欠である．日米両国において，これらの施策の実践が見られた(表 3)．米国では第 2 章(4)で述べた通り，州法で断層ゾーン法や地震ハザードマッピング法が整備されており，地域の地震危険度に関する情報提供は充実している．図 9 にバークレー市の地震ハザードマップを示す．地震ハザードゾーンとして，土砂崩れ危険ゾーン(SL)・液状化危険ゾーン(LQ)・活断層ゾーン(EFZ)および複数の危険を有するゾーンが図示されている．我が国においても，内閣府や地方自治体により巨大地震に関する被害想定や地震ハザードマップ，防災マップが公表されている．米国においては法制度によりハザードマップの作成が義務付けられているのに対し，我が国では自治体の裁量にまかされているため，これらの情報を有するのは一部の自治体に限定されている．このような地域間格差を是正するためにも，地域への地震危険度に関する情報提供の拡充，およびそのための支援体制整備が望まれる．

表 3　補強工事への合意形成段階における耐震補強推進策の比較

耐震補強推進策	実践状況	
	日本	米国
・地域の地震危険度に関する知識向上	○	○
・地震ハザードマップや被害想定の公開	○	○
・地震ハザードマップ作成の義務付け		◎
・建物の耐震性能に関する知識向上	○	○
・耐震補強に関する知識の向上	○	○
・耐震補強技術や事例のデータベース化	○	○
・悪徳施工業者の排除	○	○
・良心的な施工業者の登録	◎	

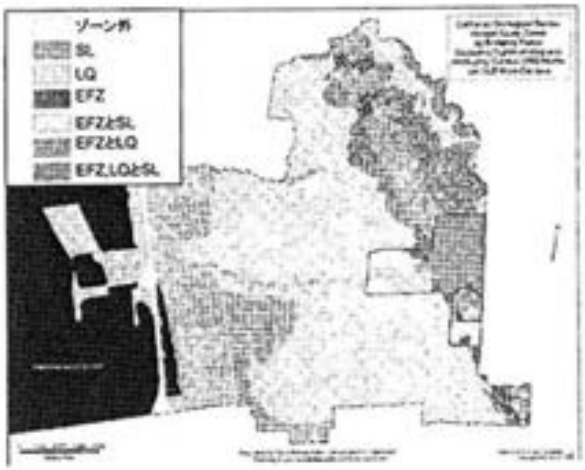


図 9　バークレー市の地震ハザードマップ[10]

建物の耐震性能や具体的な補強方法に関して，カリフォルニア州では，地方自治体や NPO 等が住宅所有者に対してガイドブックを配布したり[15]，WEB 上で情報提供を行ったりして，住民の知識の向上に努めている．バークレー市では，消防・救命救急等をテーマに，Citizen's Emergency Response Training (CERT)という住民向け講習会を開催している．この講習会の一環として耐震補強に関する講習会も開催しており，市民は誰でも申し込むことができる．また，市内の NPO である Building Education Center の協力を得て，専門家を招いた 1 日ワークショップを実施している[15]．これは，住宅所有者の耐震補強に関する知識の向上を図り，自力での補強工事方法を習得することを主眼とする．米国の木造戸建て住宅においては，補強すべき箇所が Cripple Wall と呼ばれる 1 階床下の束立て板壁であることが多く，補強方法が理解しやすい点や床下工事のため補強後の見栄えがあまり気にならない点から，多くの住民が合板パネルを貼って自ら補強を行う．施工業者を

屋うよりも自力工事の方が大変安価に工事できるため，自治体も補強の促進のために自力工事を奨励している．また，自力で耐震補強を行う住宅所有者に対しては，工具を安価で貸し出す Tool Lending Library を開設している．Tool Lending Library を持つ自治体は州内ではバークレー市とサンレアンドロ市の2地域のみである．耐震補強のみならず自宅の修理用の工具を貸し出しており，利用する市民も非常に多い．

施工業者を雇う住民に対しては，悪徳施工業者を雇わないための注意書きを配布し，耐震補強に関する正確な知識の取得を呼びかけている．一方，我が国では補強工事の複雑さや補強後の見栄えへの関心の高さもあり，自力工事により補強が行われるケースは少ない．近年は高齢者などを対象とした悪徳な耐震補強業者が横発されるケースが少なくなく，これらの業者を排除するため，静岡県では良心的に設計や工事を行うことを宣誓した県内の業者を「住宅直し隊」として名簿に登録し，市町村建築相談窓口にて紹介している[17]．

(2) ステップ3：耐震補強工事の段階

米国での耐震補強工事に際しては，一部の地方自治体において補強工事費用への助成や低利子融資が提供されている．ABAG のアンケート調査結果[14]では，87 自治体のうち，9 市が補強工事への助成を，6 市が低利子融資を行っていた．その他，カリフォルニア州保険局(The California Department of Insurance)が低所得の戸建て住宅所有者を対象として耐震補強費用に対する助成を行っており，バークレー市も高齢者や障害者などの低所得層に対して耐震補強費用の助成と低利子ローンの提供も行っている．我が国においても，種々の自治体により施工費用への助成や低利子融資が提供されている[18]．また，住宅金融公庫では従来からリフォーム融資を提供してきたが，平成 15 年 1 月 6 日からは，公庫の定める耐震基準に適合する耐震補強工事に対しても低利子融資を開始している．静岡県では，平成 14 年度から耐震補強工事に対する 1 棟あたり 30 万円の補助制度を実施している[17]他，横浜市でも耐震補強工事に対する助成制度を行っている[19]．静岡県では所得の条件がないのに対し，横浜市では所得に応じた優遇措置があり，最も低所得の世帯では助成限度額が 450 万円になる．この制度に関しては，助成額を大きくするために世帯の所得が減少するまで耐震補強工事を待つ，大きな助成額を当てこむため他地域に比べて補強工事見積額が著しく高い，などの問題点が指摘されている．日米での比較により，両国ともに，一部の地方自治体で例外的に補強費用への助成や低利子融資が実施されていることがわかった．

米国において，補強費用への助成や低利子融資と同程度の頻度で実践されている制度として，自治体による耐震補強工事の建築許可料の放棄または減額制度がある．87 自治体のうち，10 市が建築確認料の放棄(Permit Fees Waivers)を，6 市が確認料減額(Permit Fees Reduction)を行っている[14]．バークレー市では 1991 年から，住家と URM 建物の耐震補強の際に建築許可料を放棄している．市の統計によれば，1 件あたりの平均放棄額は 2500$ ドル程度となる．米国での建築は許可制であり，許可申請書の提出に際しては，事前に工事に関する検査を受ける必要がある．耐震補強工事も許可制であるため，これにより一定の耐震性を保つことができる．自治体では自力工事を奨励しているが，補強工事費用への助成や低利子融資を申請する際には建築許可を受けている必要があり，自力工事といえどもある程度の耐震性を確保することができる仕組みになっている．

米国で実践されている極めて強制的な措置として，URM 法[20]に基づく URM 建物への耐震補強工事の義務付け・利用の制限がある．URM 法では自治体の条例による強制的な耐震化計画の採用を奨励しており，バークレー市議会は 1991 年 11 月に，URM 被害軽減条例(URM Mitigation Ordinance)を採用した[20]．これにより，URM の所有者は一定の期限までに耐震補強を実施するよう義務付けられた．建物の所有者は警告書を建物正面に掲示し，借家人に対しても URM であることを通知し，構造設計の専門家による診断を受け，定められた期限までに補強基準に従って耐震補強を行わなければならなくなった．補強期限までの猶予期間は，建物の用途などに応じて表5の通りに5段階に設定されている．利用者 20 人未満の URM アパートに対しても，条例制定後 7 年以内での補強の実施が義務付けられている．しかし，1995 年 12 月にはこの条例が修正され，一定条件の補強期限の延期が認められた．この強制的な補強の推進により，市内の 4 階建て以上のほとんどの URM が耐震補強された．建物ストック全体に占める URM の割合は低いので，この条例は著しく危険な建物に対する限定的な強制措置とも言えるが，我が国にはこのような強制的な措置はない．耐震改修促進法における耐震補強努力義務と密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律（密集法）における延焼危険建物の除去勧告制度があるのみで，除去勧告制度はほとんど行使されたことがない．このような強制措置に対しては所有者の強い反発が予想されるものの，現在居住に用いられている建物の補強を促進するとともに，補強していない建物の不動産流通を阻害し，補強していないことによる所有者のデメリットを高める役割は果たしている．

表4　耐震補強工事の段階における耐震補強推進策の比較

耐震補強推進策	実践状況	
	日本	米国
・自治体による耐震補強工事費用の助成	○	○
・自治体による耐震補強工事費用への低利子融資	○	○
・住宅金融公庫の低利子融資(リフォームローン)	◎	
・建築許可料の放棄/減額		◎
・危険建物に対する耐震補強工事の義務付け		◎
・危険建物に対する利用の制限		◎
・建物危険度の掲示義務		◎
・補強基準の確立		◎

表5　URM 被害軽減条例でのＵＲＭの補強期限

Risk	建物種別の例	補強期限
I	病院・消防署・役所・1000人以上使用の建物	1997.3.1
II	商業施設(300人以上)・ホテルやアパート(100人以上	1997.3.1
III	商業施設(100人以上)・ホテルやアパート(50人以上)	1997.6.30
IV	商業施設(50人以上)・ホテルやアパート(50人未満)	1997.12.31
V	商業施設(50人未満)・ホテルやアパート(20人未満)	1998.12.31
VI	非住居建物(週に20時間未満使用)・幹線道路沿いにある組積造煙干付きか組積造化粧張りの建物	2001.12.31

高 ↑ 低

URM 法[20]ではまた，自治体において URM に関する補強基準(Seismic Retrofit Standards)を確立することを奨励している．米国においては，建築法令は各地方自治体において個々に制定されるが，通常は 3 つの主要なモデルコードを参考に制定されている．カリフォルニア州では UBC(Uniform Building Code)を参考に，州独自の建築法令(California Building Standards Code)を制定している．州ではこの建築法令上で URM の耐震設計上の最低基準を定めており，54 の自治体が補強工事の満たすべき基準として利用している[14]．施工業者が補強工事を実施する際に，この基準を満たす耐震性能を付加しない工事に対しては，建築許可が下りないことになり，工事による耐震性能の

向上が保証される．州内の地方自治体の中には，URM 以外の建物に対しても自主的に補強基準を定めている地域があり，11 市 1 郡が Tilt-up コンクリート造の補強，9 市 1 郡が木造住家の Cripple Wall の補強，6 市が Non-Ductile コンクリート造の補強，4 市が Soft-Story の共同住宅の補強に関する基準を有する[14]．我が国においては，助成や融資の際の耐震補強実施の有無は耐震診断の総合評点により判断されており，建物の耐震補強構法に対応した最低基準は設けられていない．しかし，今後は様々な耐震補強構法の開発に合わせて，それらの最低設計基準を確立し，補強工事によってある一定以上の耐震性能の確保を促す必要があると考える．

(3) ステップ4：耐震補強工事の終了後の段階

耐震補強工事の終了後の段階におけるインセンティブの付与としては，地震保険料の割引制度と減税が挙げられる．

地震保険の割引制度に関して，カリフォルニア州で地震保険を運営している CEA (California Earthquake Authority)は，耐震補強実施済みの建物に対して地震保険料の５％割引を提供している[10]．我が国では，2001 年 10 月より，品確法に基づく耐震等級または国土交通省の定める耐震等級に応じた地震保険料率の割引制度が提供されている[15]．耐震等級３では保険料率の 30%，耐震等級２では 20%，耐震等級１では 10%が割引される．耐震補強工事によりその後の保険料率の割引が受けられれば，補強実施へのインセンティブにつながるが，耐震診断書等の添付書類の作成に費用がかかりうる．日米で制度自体に関する若干の違いはあるものの，耐震補強を行うことにより地震保険料を軽減できるという点では我が国での地震保険料率の割引制度に類似している．しかし，CEA の保険料割引は耐震等級ではなく，耐震補強実施済み建物に限定している点が我が国との相違点である．

減税に関しては，米国においてバークレー市とセントヘレナ市で，地方税優遇措置が実践されている[16]．バークレー市では不動産譲渡税の控除(Property Transfer Tax Rebate)が，セントヘレナ市では建築計画手数料の控除 (Mills Act: Architectural/Engineering Fee Rebates)が実践されている．バークレー市における耐震補強実施時の不動産譲渡税の控除は 1991 年から開始されている．不動産譲渡税とは，物件の売買に際してかけられている地方税で，譲渡税の税率は売買物件の 1.5%であり，売主と買主の双方が支払う．不動産譲渡税控除制度の仕組みを図 10 に示す．不動産譲渡税は売買に際して，一度は第３者預託機関に支払わなければならないが，不動産取引後１年以内に耐震補強を実施した場合は，施工者(買主である場合が多い)の申請に応じて，耐震補強工事に要した費用相当分(譲渡税の１/3 を上限とする)が払い戻される．控除の申請書には図 11 に示した通り，補強工事に要した材料や人件費などの費用の明細を記し(領収書添付)，自力工事のために購入した補強金具等の代金も補強工事費用として申請できる．リフォーム工事と耐震補強工事を同時に実施した場合は，補強工事のみについて申請することもできる．申請書の提出に際しては，事前に補強工事に関する確認検査を受け，申請書に建築許可日や許可番号を記す必要がある．

不動産譲渡税は地方税であるために，バークレー市独自の裁量での施策実施が可能となっている．税額が控除されるという観点から見れば，わが国における住宅ローン減税制度(10 年間ローン残高の１％を所得税額から控除)との共通点もあるが，不動産取引時にのみ実践される控除であるという点は，中古物件の流通量の多い米国で効果の

表３　耐震補強工事終了後の段階における耐震補強推進策の比較

耐震補強推進策	実践状況	
	日本	米国
・地震保険の保険料率割引	○	○
・補強に伴う住宅ローン減税(所得税の税額控除)	◎	
・地方税の減免		◎

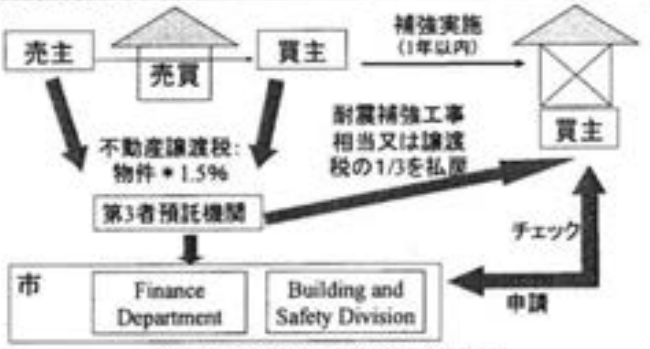


図 10　不動産譲渡税の控除の仕組み

図 11　不動産譲渡税控除申請書への記入事項

大きい制度と言える．担当者へのヒアリングによれば，不動産譲渡税控除制度では図 10 に示す通り，住民は一度不動産譲渡税を支払うものの，補強工事の実施によりお金を払い戻してもらえる仕組みとなっているため，同額のお金を助成してもらうよりは住民にとっての満足感が高いという．1992 年から 1997 年の６年間の統計では，7,641 の物件に関わる 3,589,400US ドルの譲渡税が放棄されており，１件あたりの税額に換算すると 470US ドルとなる．とりわけ自力工事を行う場合には，このような税額の控除は補強実施への高いインセンティブになると言える．

前述のような心理的な効果を考えれば，今後我が国で耐震補強に対する減税を検討する際にも，現行の医療費控除制度のような仕組みを有する，耐震補強工事費用に対する所得税または地方税の一定額の控除が考えられる．また，バークレー市の事例では，リフォーム工事と耐震補強工事を同時に実施した場合や自力工事の場合も，補強工事のみについて金額を申請することができる．我が国における耐震補強工事への助成や融資の場合，補強実施の有無は耐震診断の総合評点により判断されており，リフォーム工事と合わせて小規模な耐震補強工事を実施した場合には，耐震診断の総合評点が基準を満たさずに補強工事として認定されないケースが生じる．このようなケースへの柔軟な対応措置も今後は検討していく必要があると考える．

5．まとめ

本研究では，民間住宅の耐震補強を促進させる環境に焦点を当て，カリフォルニア州における現行の推進制度の経緯や実績についての現地調査を行い，日米の建物特性や周辺制度の違いを考慮した上での補強推進環境の比較を行った．日米で実践されている耐震補強推進策を図 12 にまとめて図示した．我が国のみで実践されている現行制度がいくつか確認された一方，カリフォルニア州ではハザードマップを用いた災害危険度の情報公開や，無補強組積造建物への強制力を持った条例の適用，補強の実施による地方税の優遇措置など，わが国よりは一歩進んだ積極的な施策がいくつか見られた．また，住宅の自力補強工事の奨励など補強工事の認定に際しては融通の利いた対応を実践する一方で，建築許可制により一定の耐震性能は確保しており，柔軟な耐震補強促進策を展開している．米国における実践策も参考にしつつ，我が国でも今後はますます住宅所有者の細かなニーズに合致したバリエーション豊かな耐震化対策の推進策を講じていく必要がある．今後は，耐震補強推進策に関する意識調査を行い，様々な状況の耐震補強ターゲット層に対して魅力的と判断される補強推進策とその導入条件について検討を深めていきたい．

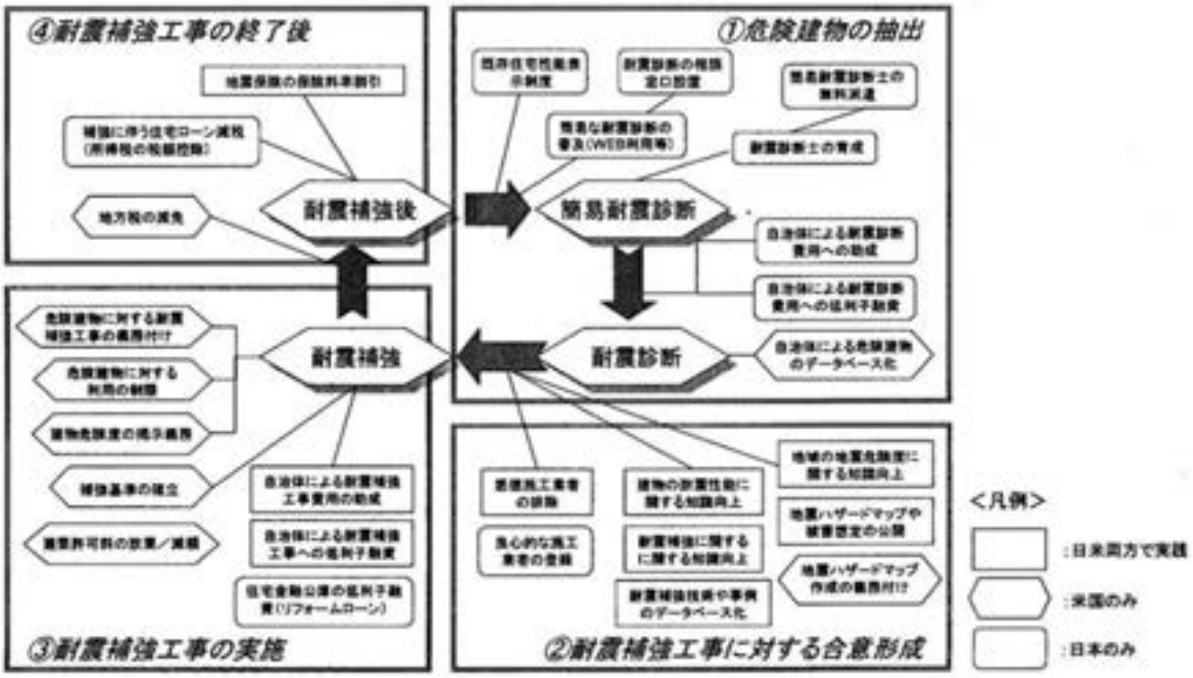


図 12　日米における耐震補強推進策のまとめ

謝辞

本研究は，文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト　テーマ４：耐震研究の地震防災対策への反映」における研究課題「耐震補強を推進するための制度・システムの提案に関する研究（研究代表者：東京大学生産技術研究所目黒公郎）」の一環として実施した．また，文部科学省特定領域研究「日米共同研究による都市地震災害の軽減」若手研究者派遣プログラムにより，カリフォルニア州での耐震補強推進策に関する現地調査を行った．このような貴重な機会を与えてくださった両プログラムのご関係者の皆様方，現地調査で快くインタビューに応じて下さった関係者の方々，調査に際してアドバイスを頂いた京都大学防災研究所巨大災害研究センターの牧紀男助教授，慶応義塾大学理工学部システムデザイン工学科の小檜山雅之講師に深く感謝いたします．

参考文献

1) 住宅・建築物の地震防災推進会議：第１回会議資料，2005.2.25
2) 内閣府防災担当：住宅における地震被害軽減に関する指針，2004.8，http://www.bousai.go.jp/oshirase/h16/040825jutaku/shishin.pdf
3) 吉村美保・目黒公郎：既存不適格構造物の耐震改修を推進させるインセンティブ導入制度に関する一考察，構造物の安全性・信頼性　JCOSSAR 2003，Vol.5，pp.83-90，2003.11
4) Federal Emergency Management Agency: Project Impact, 2000.9
5) USGSHP: http://quake.wr.usgs.gov/research/seismology/wg02/
6) 地震調査研究推進本部：http://www.jishin.go.jp/main/
7) Association of Bay Area Governments HP: http://quake.abag.ca.gov/
8) Association of Bay Area Governments: Shaken Awake, 1996.4
9) 渋谷浩一：既存住宅に係る性能表示制度について，建築防災，財団法人日本建築防災協会，2003.8
10) 総務省統計局：平成 10 年住宅土地統計調査，1998
11) California Seismic Safety Commission : The Homeowner's Guide to Earthquake Safety, 2002.
12) Association of Bay Area Governments: Preventing the Nightmare, 1999.10
13) California Geological Survey HP:http://www.consrv.ca.gov/cgs/
14) Association of Bay Area Governments: City and County Mitigation of Earthquake Hazards and Risks, 2002.10
15) City of Berkeley HP: http://www.ci.berkeley.ca.us/
16) 財団法人日本建築防災協会ホームページ：建築防災関係公開資料　耐震診断・改修に対する支援制度一覧，http://www.kenchiku-bosai.or.jp/jyosei/jyosei.htm
17) 静岡県木造住宅耐震補強ＩＴナビゲーションホームページ(耐震ナビ)：http://www.taishinnavi.pref.shizuoka.jp/
18) California Seismic Safety Commission : 2000 Status of California's Unreinforced Masonry Building Law HP: http://www.seismic.ca.gov/pub/CSSC_2000-02.pdf
19) 横浜市：木造住宅耐震改修促進事業のご案内，http://www.city.yokohama.jp/me/ken/housing/minju/mokukin/mokukin0.html
20) City of Berkeley: Building Owner's Guide: The Seismic Hazard Mitigation Program for Unreinforced Masonry Buildings, 2000.
21) 財団法人日本建築防災協会：地震保険料率割引のための耐震診断等による耐震等級評価指針・評価マニュアル，2001.9

（2004年７月９日原稿受理，2005年５月23日採用決定）

研 究 速 報

Water Screen Fire Disaster Prevention System

Reiko AMANO*·**, Youichi IZUSHI**, Hitoshi KURIOKA***, Hideaki KUWANA***,
Takashi TSURUDA****, Takeshi SUZUKI**** and Yoshio OGAWA****

1. INTRODUCTION

With the enforcement of the Special Measures Act for Public Use of Deep Underground as well as with ongoing urban renewal, there is a need for fire disaster prevention technology in the case of a fire breaking out in any underground space or in tunnels.

With regard to this, a fire disaster prevention system using water screens was developed. The aim of this system is to secure the occupants' safety from the fire by partitioning the fire zone using water screens (hereafter referred to as WS). This technology creates water screens by spraying water with a droplet diameter of about 200μm out of nozzles arranged in a line for the partitioning.

In order to understand the partitioning effects of the WS in the case of a fire, fire tests were carried out in a road tunnel. The first fire test using n-heptane mixed with 5%toluene as the origin of a fire was carried in Nov. 2002. The second test using gasoline was carried in Jul. 2003.

In this paper, the details and results of the two fire tests are described.

2. TEST OUTLINE

2.1 Aim of Test

The first aim of tests is to understand the characteristics of the WS for the partitioning of a fire zone in the cases of n-heptane mixed with 5%toluene or gasoline was used as the fire origin.

The second aim is to understand the characteristics of the WS for the partitioning of a fire zone in the case of the wind speed being controlled at 2m/sec by ventilators during a fire in a road tunnel with a vertical ventilation system.

The third aim is to investigate whether or not the partitioned environment can allow the occupants to survive in the case of a fire breaking out.

*University of Tokyo Institute of Industrial Science International Center for Urban Safety Engineering, visiting Professor
**KAJIMA Corporation Technology Development Department
***KAJIMA Technical Research Institute
****National Research Institute of Fire and Disaster

2.2 Experiment Facility and Models

The experiments were carried out at the overall fire test facility shown in Photo. 1. The large area used for the experiments was 26m high, 25m wide and 133m long. Smoke was introduced through 12 ports at a rate of 2000m^3/min in total.

The models shown in Photo. 2 and Photo. 3 were scaled down to 1/2 the size of a tunnel with the AA rank in the first class catego-

Photo.1 Experiment Facility

Photo.2 Entire view of the first model

Photo.3 Entire view of the second model

ry for road standards in Japan. The first model was a box with a height of 2.7m, a breadth of 5.4m and a length of 18.2m. The second model was a box with a height of 2.7m, a breadth of 5.4m and a length of 43.7m.

The models were composed of steel frames and fireproof panels. On the sides of the models, fireproof glass windows were installed at 3 locations for the observation of the progress of the fire and the WS in operation.

Nozzles for the WS were arranged in two parallel lines which were about 1.6m apart from each other and formed the partition boundary in the vicinity of both of the end openings of the model. 5 or 6 nozzles were fixed in a zigzag pattern in each line at 1.0m intervals. The total amount of water sprayed from the 11 nozzles installed on each side was 110L/min.

In the case of the second model, smoke exhaust ducts and fans were installed at both of the end openings and in the center of the model.

2.3 Establishment of Fire Origin

Ordinary passenger cars were assumed as the origin of the fire in two cases, one of a single car and the other of 3 or 4, and the heat release rate for the combustion scale was set at 1.5MW and 5.0MW respectively with consideration to the reduced scale ratio. In the first test the heat release rate for the combustion scale was set at only 1.5MW, and in the second test it was set at 1.5MW and 5.0MW.

A fire plate with a diameter of 1,000mm and a height of 200mm was placed at the center of the floor of the model in order to burn n-heptane mixed with 5% toluene or gasoline over a period of 10 minutes.

The WS began to work 30 seconds after igniting the fire origin.

2.4 Measurement Points

2.4.1 Temperature Distribution on the Inside and Outside of Partitioned Area

In the case of n-heptane mixed with 5% toluene was used as the fire origin, the temperature of the ceiling was measured using thermocouples. The thermocouples were suspended 50mm below the surface of the ceiling. Measurements were taken at 3 locations around the water screen ; the inside of the fire zone (measurement location No. 37), the center of the water screen (No. 28)and the outside of the fire zone (No. 19).

In the case of gasoline was used, the atmospheric temperatures of the inside and outside of the fire zone which are partitioned from the fire using the WS were measured using sheath type thermocouples. The thermocouples were installed at 200mm intervals on the inside and outside of the partitioned area respectively and suspended 50mm below the surface of the ceiling. Fig.1 shows the measurement locations of the second model.

2.4.2 Smoke concentration in the Experiment Facility

The concentration of the smoke which filled the experiment area after rising up from the model was measured as the light reduction coefficient in the case of the WS being used and in the case when it was not used. The light reduction coefficient was measured using concentration gauges with photoelectric separating type sensors installed in vertical and horizontal directions (with a height of 9.9m–22.5m) at the end of the experiment area.

2.4.3 CO concentration on the Outside of the Partitioned Area

The difference in the CO concentration of the smoke sampled by smoke exhaust ducts and fans installed at both openings of the second model between in the case of the WS being used and in the case when it was not used was measured using CO concentration gauges. The measurement locations are shown in Fig. 1.

2.4.4 Spray Distribution of the WS

Several fans for industrial use were installed at one opening of the second model in order to create a wind in the tunnel. For the purpose of understanding the formation of the WS caused by the presence of wind speed, the water spray distribution was calculated from the amount of water collecting in each of 25cm square measuring devices which were spread all over the floor in the vicinity of the WS.

2.4.5 Temperature and Humidity on the Inside of the Partitioned Area

The temperature and humidity with regard to the height of a human body (1.2m from the floor surface) in the case when the partitioned area was formed using the WS were measured using

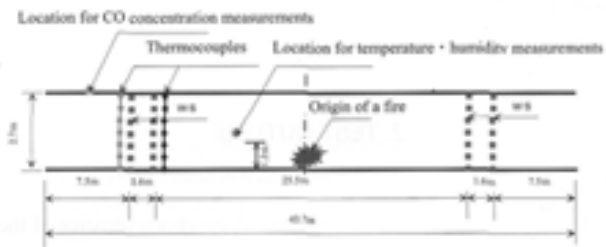


Fig. 1 Measurement equipment installation in vertical section of the second model

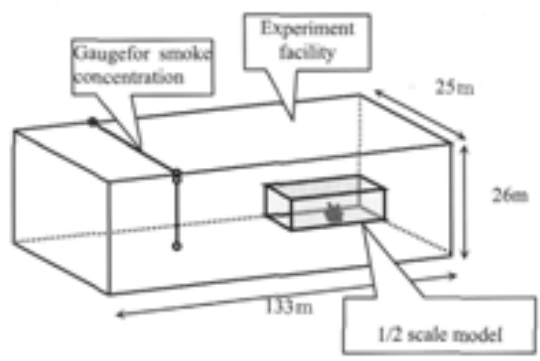


Fig. 2 Measurement equipment installation of the experiment facility

Table 1 Experiment cases, experiment day, the existence of the water (First test)

case	WS	Temperature in the experiment area (℃)	Burning time (sec)	Maximum temperature(℃)at the ceiling			Smoke concentration in the experiment area (relative concentration)
				Outside of WS	Between WS	Inside of WS	
CASE -1-1	×	6.3	524	219.0	243.4	260.2	1.0
CASE -2-1	×	11.1	550	193.7	209.8	225.5	–
CASE -1-2	○	6.1	635	45.4	76.1	215.4	0.17
CASE -2-2	○	13.0	666	46.7	82.3	203.9	–

* The Smoke concentration in the experimental space is indicated as the relative concentration in the case of 1.0 for the maximum concentration in CASE-1-1.

gauges for temperature and humidity installed halfway between the origin of the fire and the WS (6.3m from the center of the second model). Fig. 1 shows the locations of these gauges.

3. TEST RESULTS

3.1 Temperature Distribution on the Inside and Outside of the WS

In the case of n-heptane mixed with 5%toluene was used as the fire origin of the first test, the ceiling temperature was investigated. Because of the ceiling temperature was the maximum temperature in the vertical temperature profile.

Fig. 3 illustrates the time history of the ceiling temperature in each experiment case and at each measurement point. The maximum temperature at each measurement point is shown in Table 1. The maximum temperatures at the ceiling in CASE 1-2 and CASE 2-2 shown in the figure indicate the maximum temperature while the WS was used.

Fig. 3 shows that even when the temperature in the experiment area is different due to the climate change on the experiment day, the existence of the WS does not have a great effect upon the time history of the ceiling temperature. In this respect, a standard pattern of behavior was confirmed in the experiment results.

Table 1 shows that the ceiling temperature when the WS was used (CASES 1-2 and 2-2)decreased by about 14% in the fire zone (No. 37), about 35% at the center of the WS (No. 28) and about 78% at the outside of the fire zone (No. 19) compared with the temperature when the WS was not used (CASES 1-1 and 2-1). In CASES 1-2 and 2-2, the temperatures at the center of the WS (No. 28) and at the outside of the fire zone (No. 19) were about 62% and 78% lower respectively than the temperature in the fire zone (No. 37). The lowest temperature in the vertical temperature profile at the outside of the fire zone was 37–40°C.

It was confirmed from the above that the heat generated from the origin of a fire decreased by about 80% due to the presence of the WS.

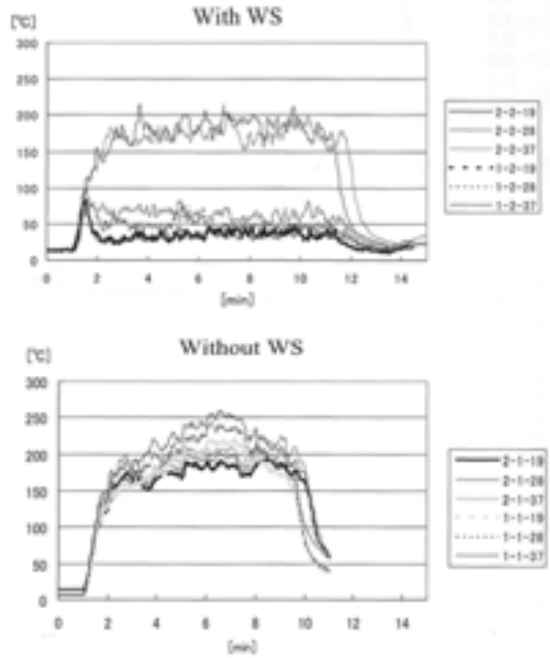


Fig. 3 Time history graph for the ceiling temperature of the first model

In the case of gasoline of the second test, Figs. 4–7 illustrate the results of the atmospheric temperature measurements carried out on the inside and outside of the WS in the case of the WS being used. Figs. 4 and 6 indicate the measurement results under a dead calm. Figs. 5 and 7 indicate the results in the case of the wind speed being 1.4m/s. The wind speed described in this paper is set with consideration to the reduced scale ratio and it corresponds to 2.0m/s in the case of converting it into the actual scale.

As can be seen in Figs. 4 and 5, in the case of 1.5MW for the heat release rate, there was smoke in the proximity of the ceiling surface in the fire zone partitioned by the WS and the temperature in this area climbed up. The temperature in the vicinity of the ceiling on the outside of the WS fell. It can be seen from Fig. 4 that under a dead calm the temperature on the outside of the WS

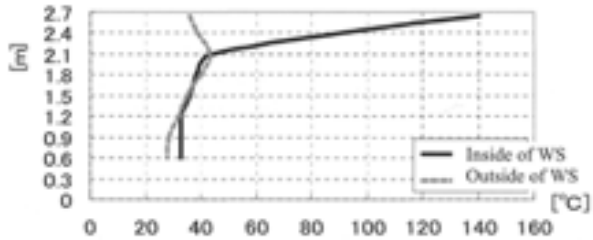


Fig. 4 Temperature distribution on the inside and outside of WS (No wind 1.5 MW)

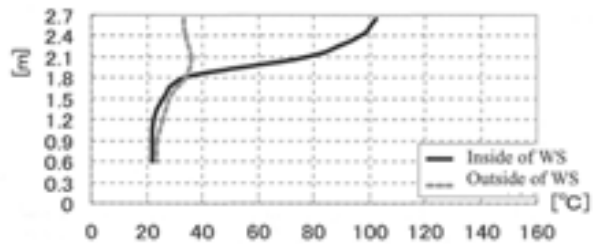


Fig. 5 Temperature distribution on the inside and outside of WS (Wind speed 1.4 m/s, 1.5 MW)

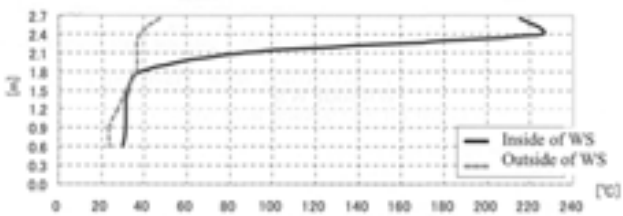


Fig. 6 Temperature distribution on the inside and outside of WS (No wind 5.0 MW)

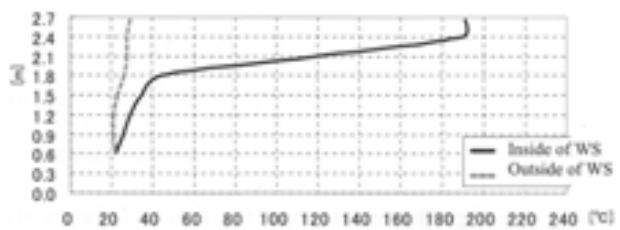


Fig.7 Temperature distribution on the inside and outside of WS (Wind speed 1.4 m/s, 5.0 MW)

dropped by 74% of the temperature in the vicinity of the ceiling surface. Fig. 5 illustrates that the temperature under windy conditions dropped by 68% near the ceiling surface.

In the case of 5.0MW, it was discernible that the temperature fell by 79% under a dead calm as shown in Fig. 6 and by 85% under windy conditions as shown in Fig. 7 respectively.

It was confirmed from the above that the temperature of the air and smoke in the proximity of the ceiling surface was reduced by 70–80% due to the use of the WS regardless of the existence of wind.

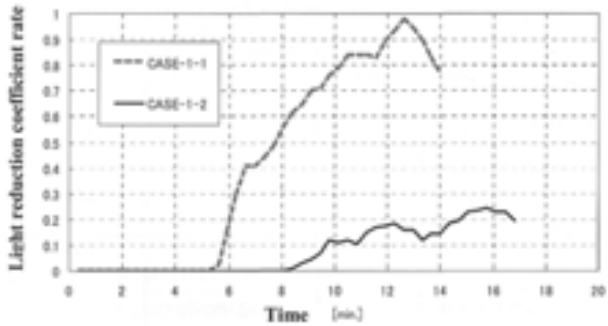


Fig. 8 Time history graph for smoke concentration in the experiment area of the first test

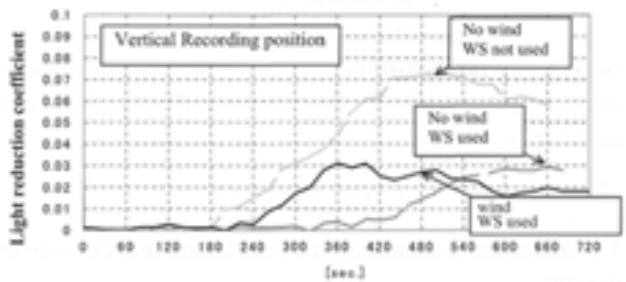


Fig. 9 Time history of smoke concentration in the experiment facility of the second test

3.2 Smoke Concentration Measurement Results

Fig. 8 shows the time history of the relative value for the value obtained from the measurement of the smoke concentration in CASE 1-1 and CASE 1-2 of the first test. The relative value shown in this figure indicates the ratio of the mean value for the value obtained from the measurement of smoke concentration in each case to the concentration value in CASE 1-2 based on the maximum concentration value in CASE 1-1 as the standard (1.0).

The maximum relative value for the smoke concentration measurement value when the water screen was used was 0.17. It was confirmed that about 80%of the smoke generated from the fire was isolated.

Fig. 9 illustrates the time history of the measured values for the smoke concentration obtained in the test facility in the case of 1.5MW of the second test. When assuming that the value obtained by integrating the measured value using the time axis corresponds to the total amount of the smoke flowing out of the model into the test facility, the maximum value was reduced by 78%under a dead calm when the WS was used in the case of 1.5MW. When the wind speed was 1.4m/s, the maximum value was reduced by 60% of the value in the case of the WS not being used.

It was confirmed from the above that regardless of the existence of wind, 60~80%of the smoke rising from the origin of the fire was isolated by using the WS.

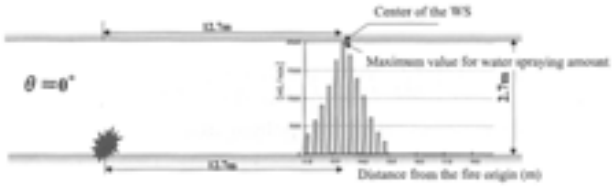


Fig. 10 Water spraying graph（no wind）

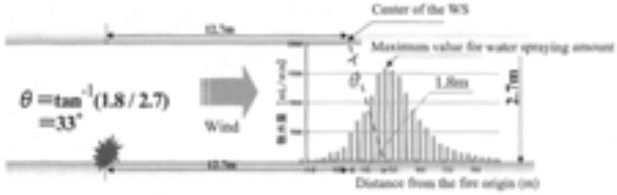


Fig. 11 Water spraying graph（wind speed 1.4 m/s）

3.3 CO Concentration Measurement Results on the Outside of the Partitioning Area

The maximum value for CO concentration obtained by analyzing the smoke rising from the fire origin, collected at the ceiling of the opening of the model, in both cases of the WS being used and not being used was reduced by about 15%under a dead calm in the case of 1.5MW and was reduced by about 45%when the wind speed was 1.4m/s. It was thought that the fact that the maximum value fell only 15% under a dead calm was caused by CO which is insoluble in water instead of the partitioning of the WS. It can be thought that the great decrease in the CO concentration in the case of 1.4m/s was caused by the incomplete collection of the smoke at the opening of the model due to the effects of the wind. Therefore, the reduction ratio of the CO concentration in the outside of the area partitioned using the WS was set at about 15%.

3.4 WS Spray Distribution Measurement Results

With regard to the water spray distribution of the WS under a dead calm, the maximum value for the spraying amount was seen at the center of the WS nozzle. (See Fig. 10) In the case of the wind speed being 1.4m/s, the location for the maximum value of the spraying amount shifted to a point of 1.8m on the leeward from the center of the WS nozzle. (See Fig. 11) It was confirmed from the above that the spraying angle was 33°. Furthermore, it was discernible from the eye measurement that in the case of 1.4m/s for the wind speed, the water screen was formed extending from the ceiling surface down to the floor surface.

3.5 Temperature and Humidity Measurement Results on the Inside of the Partitioned Area

It was confirmed that the temperature as well as the humidity on the inside of the partitioned area while the WS was used did not reach the condition that is critical for human life. (Human bodies are exposed to the critical condition in 5 minutes when the humidity is 100% and the temperature is 50°Cor more. -----according to Field Guide to Fires)The humidity rose to 100%, but the temperature was 20°C which was the exterior temperature. The maximum recorded temperature was 35°C.

4. CONCLUSIONS

① As for the characteristics of the WS for the partitioning of a fire zone, it was confirmed that the isolation effects for heat, smoke and poisonous gas (CO) were 70–80%, 60–80%and 15% respectively.

② It was discernible that in the case of the wind speed being 1.4m/s (the wind speed converted to that on an actual scale:2.0m/s), the WS was formed at an angle of 33° where the same effects were recognized.

③ It was also confirmed that the occupants could survive in the fire zone partitioned using the WS and that activities for refuge and fire fighting could be effectively carried out.

As a result, the validity of the WS as partitioning technology for a fire was verified.

We would like to express our thanks to the staff concerned of the HOCHIKI Corporation who gave us a great deal of cooperation for the experiments and analyses.

(Manuscript received, May 12, 2005)

REFERENCES

1) R. Amano, Y. Izushi, H. Kurioka, H. Sato, H. Kuwana, T. Tsuruda, T. Suzuki, Y. Ogawa, "Water Screen Fire Disaster Prevention System in Underground Space," *6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology*, 2004, Soal

2) R. Amano, Y. Izushi, H. Kurioka, H. Sato, H. Kuwana, T. Tsuruda, T. Suzuki, Y. Ogawa, "Water Screen Fire Disaster Prevention System? Characteristics of Water Screen as Partitioning Technology-," *Third International Symposium on 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology*, 2004, Soal

【カテゴリーII】

[illegible]
J. Environ. Eng., AIJ, No. [illegible], May, [illegible]

都市の熱代謝モデルの提案と緑化に係わる熱収支分析

都市気候モデルに基づく東京の都市熱環境の分析

PROPOSAL OF URBAN THERMAL METABOLISM MODEL AND INVESTIGATION OF CHANGE OF HEAT BALANCE BY URBAN PLANTING

Investigation on urban thermal environment in Tokyo based on urban climate model

大岡龍三*，吉田伸治**，村上周三***
佐々木澄****，持田灯*****，吉野博******

Ryozo OOKA, Shinji YOSHIDA, Shuzo MURAKAMI,
Kiyoshi SASAKI, Akashi MOCHIDA and Hiroshi YOSHINO

Various scenarios on urban planning have been proposed to minimize the impacts of urbanization on urban climate. Among them, replanting at the urbanized area such as roof planting is the most popular measure used, and major cities have actually introduced programs to promote the urban tree planting. The method of tree planting surely decreases air temperature, but an increase in air humidity has subsequently occurred. Thus, these two aspects should be considered simultaneously in order to evaluate the effects of urban planting. A new concept for evaluating the countermeasure for heat island, which considers the generation and transports of sensible heat and latent heat within urban region, is proposed as " Urban Thermal Metabolism model" in this paper. The impact of urban tree planting on urban climate in Tokyo is quantitatively evaluated based on that model.

Keywords: *Urban Metabolism model, Outdoor Thermal Environment, Urban Planting*
都市の熱代謝モデル，屋外温熱環境，都市緑化

1. 序

都市の温熱環境悪化に伴い，環境負荷を低減する都市計画が必要となっている。都市の温熱環境を適切に制御するためには，都市への流入熱，流出熱，発熱，蓄熱を考慮した都市域全体の熱収支を考えることが必要となる。一方，都市気候の対策として，様々な手法が提案されている。特に，商業施設の緑化や屋上緑化等，都市緑化に関する提案が数多く行われ，一部の自治体ではこれを推進する動きも進んでいる。しかし，緑化は，気温低下という効果が期待できる一方で，水蒸気の発生による湿度上昇をもたらすとともに，都市上空の流れや拡散性状の特性にも影響を及ぼすため，緑化導入の効果の評価には詳しい分析が必要である。本研究は，このような環境の変化を検討するとともに，都市全体の熱収支をCFD解析による結果を用いて評価する手法を確立することを目的とする。都市全体の熱収支を評価する考え方を，ここでは熱代謝モデル（熱収支モデル）と呼ぶ。本報では，都市の熱代謝モデルの概念を提示し，これを関東地方の局地気候解析に適用した東京都区部の熱環境評価を行う。まず，現状の東京の土地利用を境界条件とするケースと東京都区部の建物用地が全面緑化された状態のケースの解析を行い，風速分布や温湿度分布，拡散性状等の比較を行う。また，「都市の熱代謝モデル」を用い，都市緑化に伴う顕熱レベル，潜熱レベル，そしてエンタルピーレベルの熱収支構造の変化について評価し，緑化が都市気候に及ぼす影響について検討する。

2. 都市の熱代謝モデルの提案

代謝とは，生物学的には動物の活動に伴う物質・エネルギーの変化と定義される。都市を一つの生命体として捉え，都市に出入りする物質・エネルギー収支を，都市の代謝になぞらえる考え方は，都市生態学の分野では1950年代頃から行われてきた。特にBoydenらによる香港における物質・エネルギー代謝の調査研究[1]が有名である。近年，日本でも都市における各種資源エネルギー・資源循環面の動向を検討するため，都市のエネルギー・物質のフローとその構造を明らかにすることを目的とし，大阪府を対象に詳細なデータの積み上げを行っている[2]。熱を都市の代謝対象とした場合，これらと同様の都市域内での熱に関するフローの概念も成立し得るであ

* 東京大学生産技術研究所 助教授・博士(工学) Assoc. Prof., Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.
** 福井大学工学部 講師・博士(工学) Lecturer, Faculty of Engineering, Fukui University, Dr. Eng.
*** 慶應義塾大学理工学部 教授・工博 Prof., Faculty of Science and Technology, Keio University, Dr. Eng.
**** 清水建設(株) 博士(工学) Shimizu Corporation, Dr. Eng.
（研究当時 東京大学大学院）
***** 東北大学大学院工学研究科 助教授・工博 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.
****** 東北大学大学院工学研究科 教授・工博 Prof., Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.

図1 都市全体の熱収支（都市の熱代謝モデル）の概念図

表1 都市の熱代謝の評価式

(1) 都市構造体の熱収支（図1(2)）
（都市構造体への流入を正）

$$\Delta Q_{ST} = Q_{日射\downarrow} - Q_{日射\uparrow} + Q_{長波\downarrow} - Q_{長波\uparrow} - Q_{伝導} + Q_{顕潜} + Q_{人工構造} - Q_{空調} \quad (1)$$

(2) 都市大気部の熱収支（図1(3)）
（都市大気部への流入を正）

$$\Delta Q_{A} = Q'_{顕潜} + Q_{上部} + Q_{水平流入} - Q_{水平流出} + Q_{人工大気} + Q'_{空調} \quad (2)$$

(3) 都市全体の熱収支（図1(4)）
（都市全体（構造体+大気部）への流入を正）

$$\Delta Q = \Delta Q_{ST} + \Delta Q_{A} = Q_{日射\downarrow} - Q_{日射\uparrow} + Q_{長波\downarrow} - Q_{長波\uparrow} - Q_{伝導} + Q_{上部} + Q_{水平流入} - Q_{水平流出} + Q_{人工構造} + Q_{人工大気} \quad (3)$$

表2 図1，表1の記号表

ΔQ_{ST}	：都市構造体への蓄熱量
$Q_{日射\downarrow}$	：下向き短波放射（日射）
$Q_{日射\uparrow}$	：上向き短波放射(反射日射)
$Q_{長波\downarrow}$	下向き長波放射(大気放射)
$Q_{長波\uparrow}$	上向き長波放射
$Q_{伝導}$	地中への伝導熱
$Q_{顕潜}$	大気部から対流熱・物質伝達により構造体・地盤表面へ流入するエンタルピー(=−$Q'_{顕潜}$)
$Q_{人工構造}$	人工排熱のうち構造体に吸収される成分
$Q_{空調}$	大気部から空調室外機を通じて構造体に流入するエンタルピー（=−$Q'_{空調}$）
ΔQ_{A}	：大気部への蓄熱量
$Q'_{顕潜}$	：構造体・地盤表面から対流熱・物質伝達により大気部へ流入するエンタルピー(=−$Q_{顕潜}$)
$Q_{上部}$	大気部上端から移流・拡散により流入するエンタルピー
$Q_{人工大気}$	：人工排熱のうち大気部に吸収される成分
$Q_{水平流入}$	：水平方向への移流・拡散によるエンタルピーの流入
$Q_{水平流出}$	：水平方向への移流・拡散によるエンタルピーの流出
$Q'_{空調}$	：構造体から空調室外機を通じて大気部へ流入するエンタルピー（=−$Q_{空調}$）
ΔQ	：都市全体（構造体+大気部）への蓄熱量

り，かつその構造を詳しく理解することはヒートアイランド対策等を考える上で非常に重要である。本研究では，都市を大気部と構造体部からなる仮想の閉空間領域（コントロールボリューム，以下CV）と考えた場合に，そのCV内に流出入する熱，顕熱，潜熱の収支を，ここでは都市の熱代謝モデルと呼ぶこととする（図1（1））。但し，物質やエネルギーのフローとは異なり，都市域全体の熱のフローは計測が困難である。一方著者らは，領域気象モデルや，対流・放射連成解析に基づく屋外温熱環境予測手法を開発してきた[1-3]。これらのシミュレーションによる解析結果を利用することにより，都市域内の熱のフローを定量的に推定することが可能となる。以下この都市の熱代謝の評価方法について簡単に説明する。但し，著者等が最終的に目標にしている熱代謝モデルは，熱エネルギーの質の変換をも含んだ概念である。すなわち，物質の燃焼に伴う熱の発生，狭義の意味におけるエネルギーの変換，光合成による光エネルギーの化学エネルギーへの変換等も含んでいる。その意味で，いわゆる都市のマテリアルフロー，エネルギーフローとも深く関係する概念である。しかしながら，現時点でこれらの全ての概念を統合し，新しいモデルを構築することは困難であるので，本稿においては物質−エネルギー間の変換は扱わない。都市の仮想閉空間内の熱収支の概念をもって都市の熱代謝モデルと表すこととする。従って，現時点ではこのモデルを熱収支モデルと呼ぶこともある。仮想閉空間（CV）内の地盤を含む都市構造体の熱収支は表1（1）式で表される（図1（2））。ここで表1中に示す熱収支の各項はエンタルピーで表されている。またCV内の大気部の熱収支は表1（2）式で表される（図1（3））。（1）式と（2）式を加えたものがCV全体の熱収支（図1（4））となる。次章ではこの都市全体の熱収支に基づいた熱環境評価を東京23区へ適用する。

3.数値解析概要

3.1 解析対象

図2に示す関東地方を中心に，北は東北南部，西は中部地方までを含む領域（480km×400km）を対象とし，この領域内に表3による3段階のnested gridを設定した。鉛直方向には3つのGrid共に地表面から高度9kmまでの大気を不等間隔な40メッシュ（詳細表に示す

図2 解析対象

表5 計算領域, メッシュ分割数, メッシュ幅

	計算領域 (x[km]×y[km]×z[km])	メッシュ分割	水平方向メッシュ幅[km]
Grid1	480×400×9.6	60×50×49	8
Grid2	232×200×9.6	58×50×49	4
Grid3	96×96×9.6	48×48×49	2

る大気側メッシュ幅 20m）に分割している。また，地表より深さは深さ 1m までを不等間隔な 5 メッシュ（地中第 1 セル幅 5mm）に分割している。

3.2 解析ケース

表 4 に解析ケースを示す。本解析では，現状の土地利用を想定したケース（Case1）と東京都区部の建物用地を全面緑化したケース（Case2）の比較を行う。現状の土地利用（Case1）においては，文献 8)に示されているみどり率の値を基に，解析領域全体の建物用地における蒸発効率 β を 0.075 と想定している。ここで，各土地利用区分による各パラメータの設定を表 3 に示す。現状に対して，Case2 は解析領域のうち，東京都区部のみの建物用地を全面緑化した状況を想定し，建物用地の蒸発効率 β を 0.5 とした。なお，本解析での緑化の効果は，蒸発効率 β の変化のみで表している。

3.3 解析モデル

複雑地形に適用可能な形に改良された Mellor-Yamada モデルのレベル 2.5 [6,7] を利用した。また，実際の解析に際しては著者らが開発した Software Platform [3,4] のメソスケール解析機能を使用した。

3.4 解析条件

解析は 8 月 5 日午前 6 時からスタートし，その後 42 時間の時間積分を行い，8 月 6 日 0 時（計算開始 18 時間後）から 8 月 7 日 0 時（計算開始 42 時間後）までの結果から都市の熱代謝を評価した。地表面の境界条件として，本研究では国土数値情報 [9] の土地利用データ（100m メッシュ）及び表 3 に示す各パラメータの値を基に，解析領域内の地表各メッシュの土地利用状況に応じた数値設定を行っている。上空の風向風速は南風 2m/s（地上 9.6km において）とし，地中温度の境界条件に関しては，地中 1m で断熱条件とした。また，側面の境界条件については，Grid1 において流入面を初期値固定，流出面を勾配 0 とし，Grid2，Grid3 についてはその一つ上のメジャーグリッドの値で固定とした。また，解析領域の上端の温位と水蒸気混合比の境界条件は領域外で初期値固定としている。日射及び大気放射に関しては，近藤の実験式 [5] を基に与えている。温位の初期値に関しては，高度 0m で 26℃（=299K）とし，高さ方向に 5K/km の分布を与えた。風速の初期値は全領域で一様に南風 2m/s としている。水蒸気混合比の初期値は，高度 0m で相対湿度 70%とし，McClatchey の大気モデル [10] を利用して分布を与えた。他の境界条件，初期条件は文献 3)を参照されたい。

表4 解析ケース

	建物用途の蒸発効率 β	条件
Case1	0.075	現状
Case2	0.5	東京都区部の建物用地全面緑化

表3 解析領域内に存在する各土地利用のパラメータ値

	アルベド [-]	蒸発効率 β [-]	熱伝導率 [×10^-3 ...]	容積熱容量 [×10^6 J/m³/K]	粗度長さ [m]
1) 田	0.20	0.050	2.20	3.0	0.3
2) 畑	0.10	0.010	0.41	1.0	0.1
3) 果樹園	0.20	1.000	0.50	2.0	0.1
4) その他の樹木畑	0.20	0.500	0.50	2.0	0.1
5) 森林	0.12	1.000	0.30	1.0	0.1
6) 荒地	0.20	0.010	0.30	2.0	0.3
7) 建物用地	0.10	1.000	3.41	2.1	0.275
8) 幹線交通用地	0.10	0.010	0.50	1.4	0.2
9) その他の用地	0.20	0.010	0.40	2.0	0.1
10) 内水地	0.01	0.001	0.14	4.2	1.2
11) 海浜	0.30	0.005	0.31	1.2	0.5
12) 海水域	0.01	0.001	0.14	4.2	1.2

都市の熱収支を評価する仮想閉空間 CV は，東京 23 区をほぼ含む 30km（東西）×28km（南北）の領域とした（図 2 参照，水平面積 8.4×10⁸m²，大気の鉛直高さ方向 300m [3]，地中方向 1m）。また，本解析では都市大気層における移流による熱の流出入については，温位は CV 内の各時刻の大気部の空間平均温位を，湿度は CV 内の各時刻の大気部の空間平均絶対湿度を，各々基準とした値を算出する [3]。

4.解析結果

4.1 流れ場，温度場の性状

解析結果の例として，Case1（現状）における計算開始から 33 時間後の 8 月 6 日 15:00 における Grid1 の地上 10m の風速ベクトル分布を図 3 に，気温分布を図 4 に，絶対湿度の分布を図 5 に示す。図 3 を見ると，既往の観測結果 [5] に見られる関東平野への南風の流入がよく再現されており，風速は 2～5m/s 程度の値となる。気温分布（図 4）を見ると，CV として設定した東京都区部の風下（北西）側で高温域が形成されている。また，絶対湿度の分布（図 5）では CV として設定した領域において低湿度域となっており，南部沿岸部ほど高湿になっている。

4.2 地表面温度，気温，絶対湿度の変化

両ケースの CV 内の地表面の平均温度及び気温，絶対湿度の CV 内平均値の日変化を図 6 に示す。気温と絶対湿度に関しては，CV 内の大気部の空間平均値を示している。図 6(a)を見ると，緑化の効果（蒸発効率 β の上昇）により，Case2 では地表面温度が低下しており，最

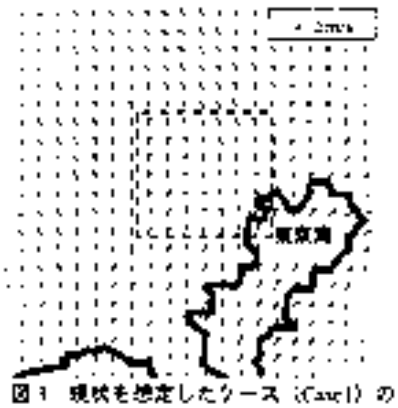


図3 現状を想定したケース（Case1）の風速ベクトルの水平分布
（Grid5，地上10m，8月6日15時）
（点線内はCV）

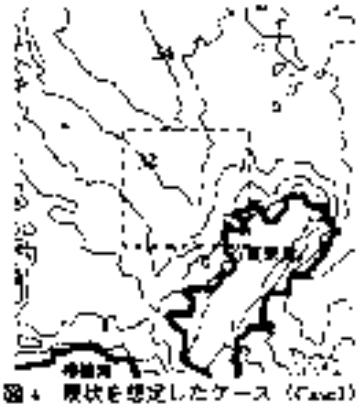


図4 現状を想定したケース（Case1）の気温の水平分布(℃)
（Grid1，地上10m，8月6日15時）
（点線内はCV）

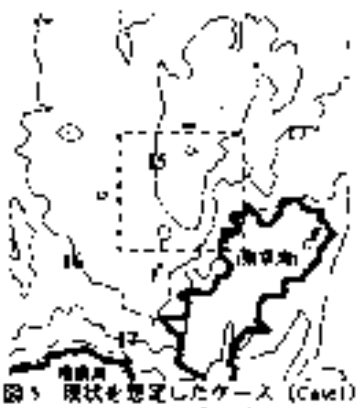


図5 現状を想定したケース（Case1）の絶対湿度の水平分布(g/kg')
（Grid2，地上10m，8月6日15時）
（点線内はCV）

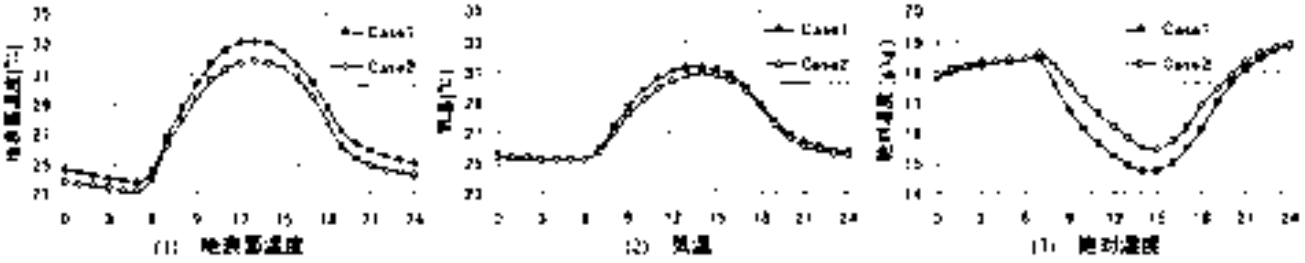


図6 地表面温度，気温，絶対湿度のCV内の平均値の時間変化（8月6日）

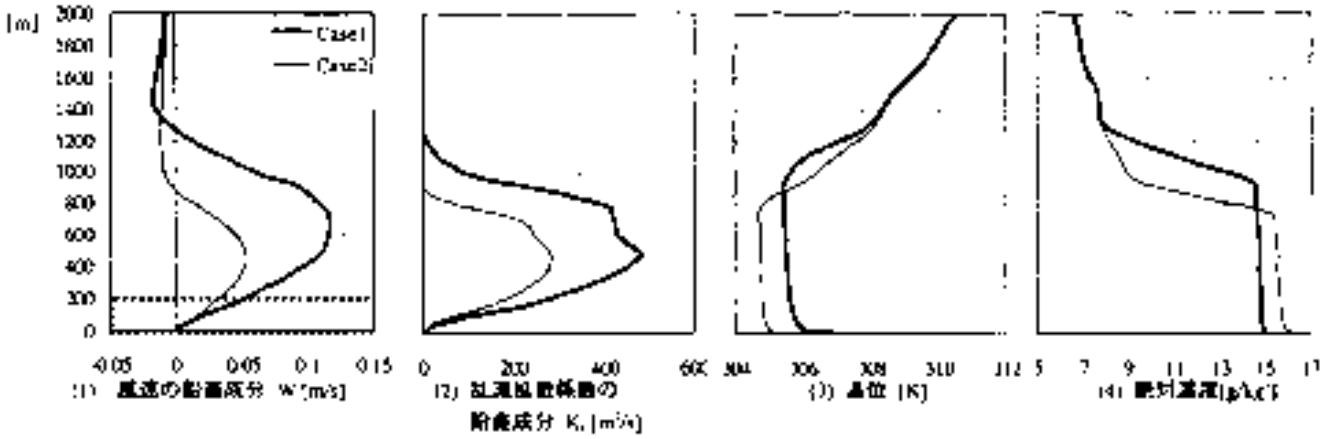


図7 各量の鉛直分布（8月6日12時，大手町を含むメッシュ，鉛直高さ2000mまで）

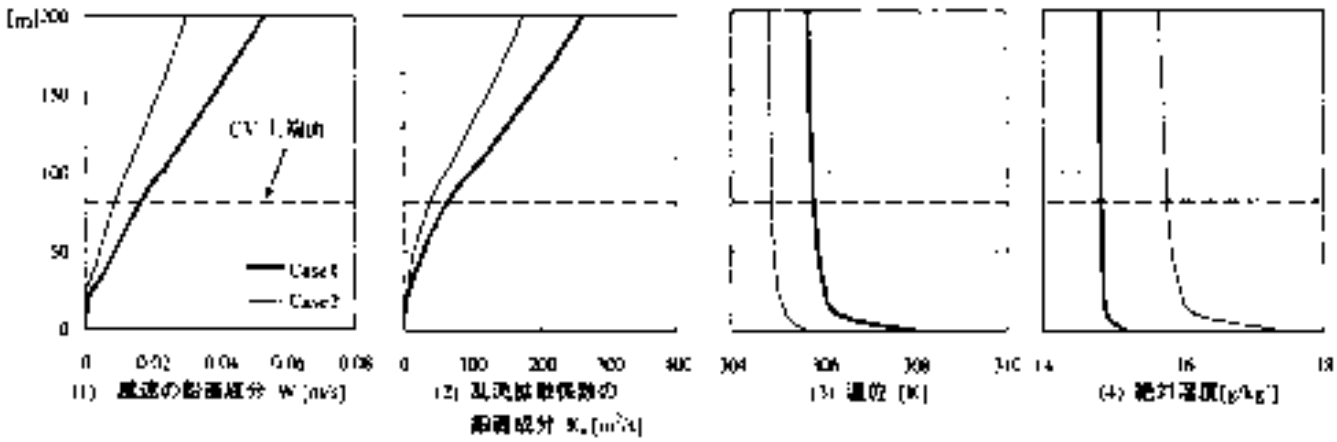


図8 各量の鉛直分布（8月6日12時，大手町を含むメッシュ，鉛直高さ300mまで）

以（Case1）と比較すると、日中、最大で約1.3℃低くなっている。気温の変化（図6(2)）では、高さ60mまでの大気部の空間平均値をとっているため地表面温度はグラフ間で大きな差はないが、Case2はCase1に比べ、日中、最大で0.6℃気温が低下している。また、絶対湿度の変化（図6(3)）では、蒸発効率の増加の影響により、Case2はCase1に比べ、日中、最大で約1.0g/kg^{-1}増加する。

4.3 風速、乱流拡散係数、温位、湿度の鉛直分布

図7、図8は4月6日12時の大手町を含むメッシュ上空における風速の鉛直成分、鉛直方向の乱流拡散係数、温位、絶対湿度の鉛直分布を示す。ここで、図7は上空2000mまでを示し、図8は上空200mまでをクローズアップしている。

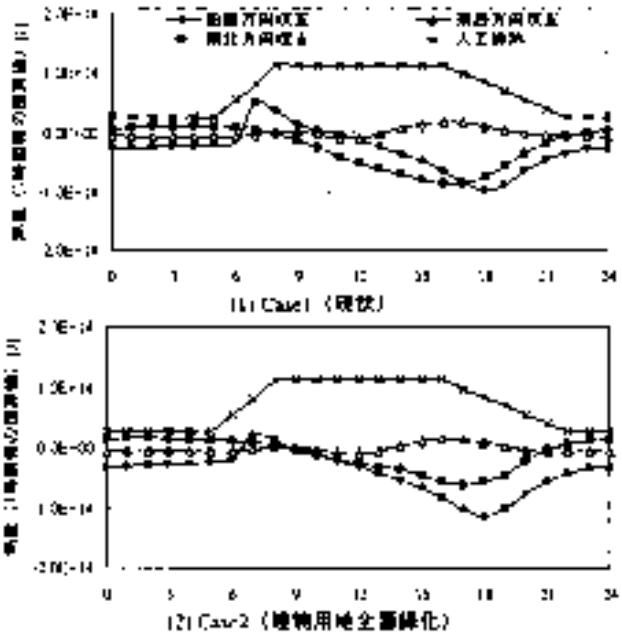
風速の鉛直成分（図7(1)、図8(1)）を見ると、1000mより上では建物用地を全面緑化したCase2で、この部分の上昇流の強さを示す上向きの風速成分が大幅に小さくなっている。これは、図6(1)で示した地表面温度の低下が原因であると考えられる。図7(2)、図8(2)に示す鉛直方向の温度の乱流拡散係数では、各高さにおいてCase2の値が大幅に小さくなっている。温位（図7(3)、図8(3)）については、地表面付近での各ケース間の差は大きいが、20m以上の高さでの温位差はほぼ変わらず、各ケースともほぼ同様の勾配で800m付近まで変化している。また、温位勾配から判断される対流混合層の厚さは、建物用地を全面緑化することで減少しているのが分かる。絶対湿度（図7(4)、図8(4)）を見ると、Case1、Case2とも地表面から高さ20m付近の間で絶対湿度が急激に減少し、Case2ではそれ以上の高さでも緩やかな勾配で減少している。

以上の結果より、建物用地の緑化により、Case2では都心部の上向きの風速が弱まり、対流混合層の厚さが薄くなり、乱流拡散が減少することが分かる。

4.4 都市大気部の熱収支分析

1)顕熱

CV内の大気部の各方向（鉛直、東西、南北）からの顕熱の流出入の1時間毎の積算値を図9に示す。両ケースとも人工排熱がCVへの大きな流入となり、主に鉛直方向と南北方向へ流出している結果となっている。建物用地を全面緑化したCase2では相対的に南北方向への流出が大幅に小さく、鉛直方向への流出がやや大きくなっている。鉛直方向の変化に着目し、両ケースの地表面及び上空面からの顕熱の流出入量の変化を比較したものを図10に示す。なお、各成分の差を見るために図10の縦軸は図9とは異なった目盛りで表示している点に注意されたい。これを見ると、Case1（現状）に比べてCase2



(1) Case1（現状）

(2) Case2（建物用地全面緑化）

図9 CVの大気部各方向（鉛直、東西、南北）からの顕熱の流出入の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）

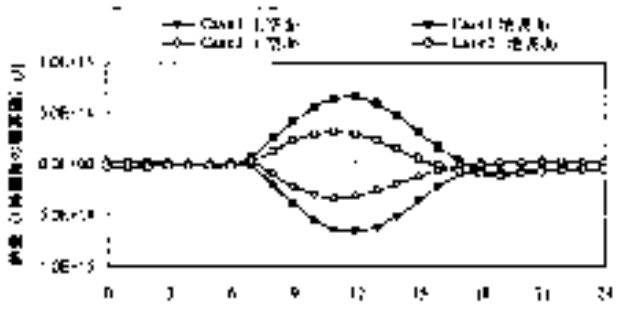
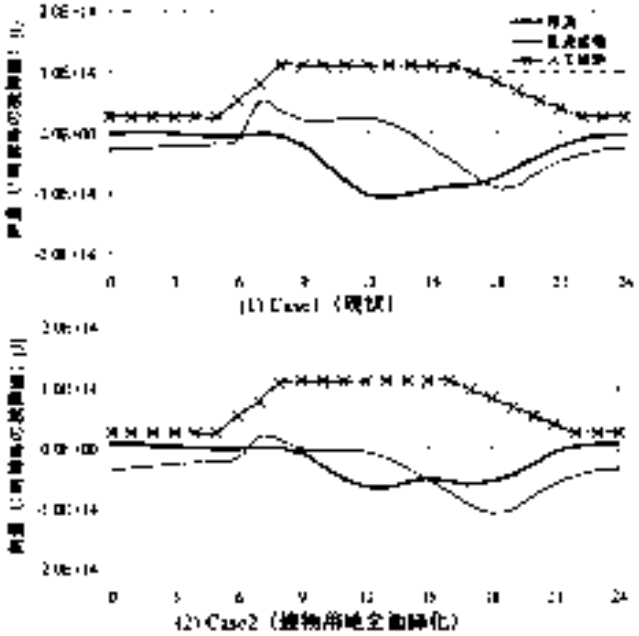


図10 CVの鉛直方向からの顕熱の流出入の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）



(1) Case1（現状）

(2) Case2（建物用地全面緑化）

図11 移流・乱流拡散・人工排熱によりCVの大気部へ流出入する顕熱量の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）

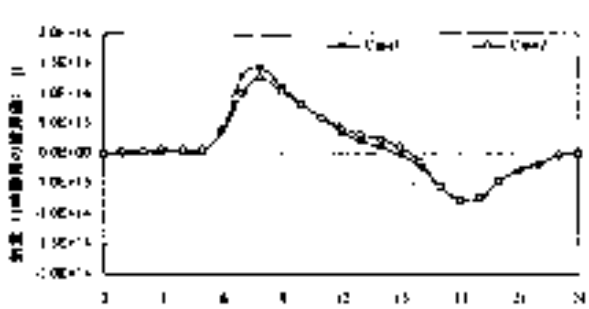
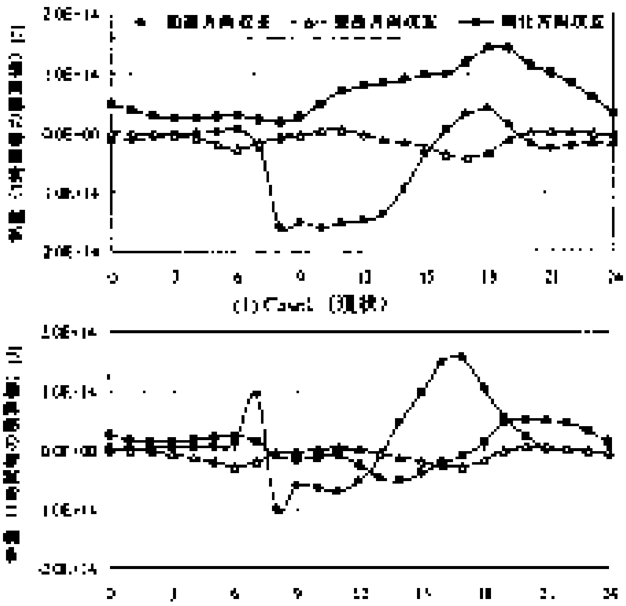


図12 CVの大気部の顕熱収支の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）

では，緑化（蒸発効率βの上昇）の影響により地表面からの顕熱発生が減少しているが，同時に上空からの顕熱の流出も減少している。これは，図7等に示した風速の鉛直成分の低下に伴う移流fluxの減少と，鉛直方向の乱流拡散係数の低下に伴う乱流拡散fluxの減少によるものであるが後者の影響の方が大きい。図11は両ケースのCVの大気部の各面に流出入する顕熱量を，移流，乱流拡散，人工排熱の各成分に分けて示したものである。図中の移流，乱流拡散の数値は，CV各面（東西南北，地表面，上空面）の値の総計であり，人工排熱はCV内の値の総計である。また，図12には大気部全体の顕熱の流出入の1時間毎の積算値を示す。図11を見ると，両ケースとも，日中は人工排熱が大きなプラス(流入)の値を示している。Case1では，9時以降は移流fluxが大きな負の値をとっているが，これは海風による効果であると考えられる。Case2でもそのような効果は見られるが，その値は小さくなっている。これは，Case2では緑化により，CV内の温度が低下し，海風との温度差が減少したためと考えられる。以上により，都市大気部全体の顕熱収支(図12)では，12時から15時にかけて両ケースの顕熱量が殆ど変わらない結果となった。これは，地表面からの流出量はCase2がやや小さいものの，上空面からの流出量も減少し，また，移流による流出量がCase2では小さくなったためと考えられる（図11）。

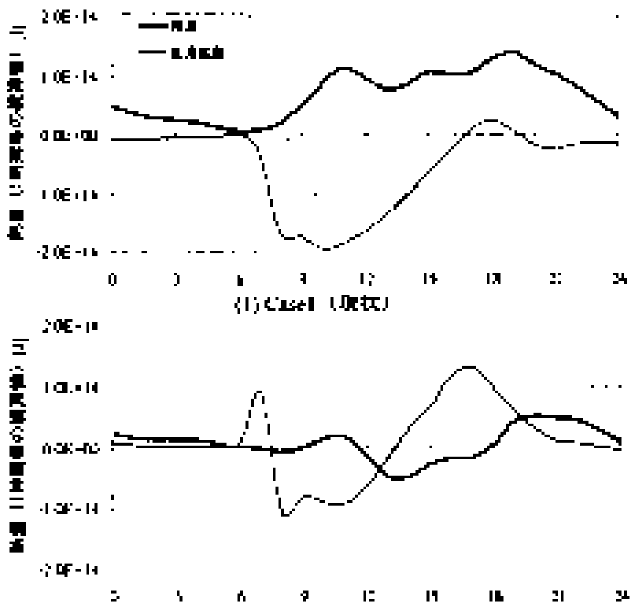
(2)潜熱

CV内の大気部の各方向（鉛直，東西，南北）からの潜熱の流出入の1時間毎の積算値を図13に示す。顕熱に比べて全般を通じて変動が大きく，さらに両ケースの変化の傾向が異なっている。Case1（現状）では海風による流入を要因とする南北方向の流入が大きい。また，日中は鉛直方向の流出が大きくなっている。これは，不安定成層による都市上空との活発な乱流拡散（対流混合）により上空の乾燥した大気[?]と，地表面付近の湿潤な大気が混合し，CV内の水蒸気が上空へ流出したためとなっている。また，このことが日中のCV内の絶対湿度の低下（図10(3)）の原因となっている[?]。建物用地を全面緑化したCase2では，南北方向からの流入が大幅に小さくなり，14時以降は鉛直方向からの流入が大きくなっている。顕熱と同様に，鉛直方向の変化に着目し，両ケースの地表面及び上空面からの潜熱の流出入量の変化を比較したものを図14に示す。なお，各成分の変化を見るために図14の縦軸は図13とは異なった目盛りで表示していることに注意されたい。Case2（建物用地全面緑化）において，緑化（蒸発効率βの上昇）の影響で，日中，地表面からの潜熱発生が大きくなっている。一方，上空からの流出もCase2が大きくなっている。Case2の場合のCV上空から流出する潜熱fluxの増加は，乱流flux



(1) Case1（現状）
(2) Case2（建物用地全面緑化）

図13　CVの大気部各方向（鉛直，東西，南北）からの潜熱の流出入の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）



(1) Case1（現状）
(2) Case2（建物用地全面緑化）

図15　移流・乱流拡散によりCVの大気部へ流出入する潜熱量の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）

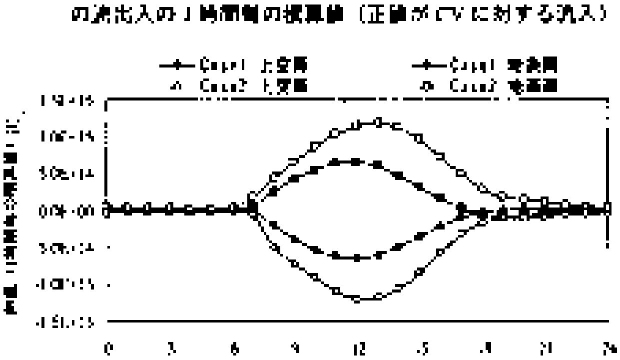


図14　CVの鉛直方向からの潜熱の流出入の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）

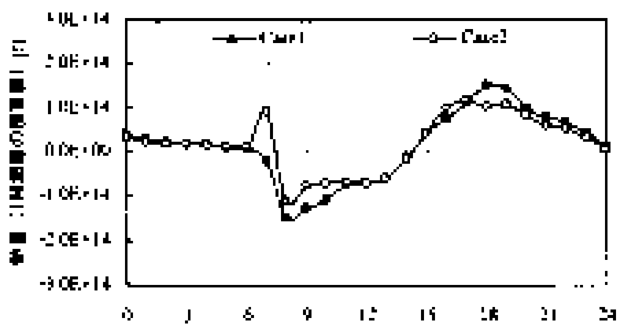
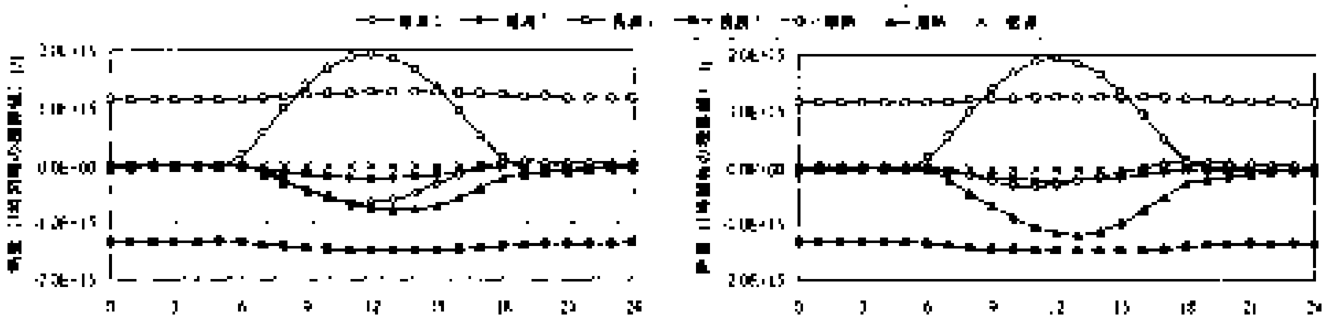


図16　CVの大気部の潜熱収支の1時間毎の積算値（正値がCVに対する流入）



(1) Case 1（現状）　(2) Case 2（建物用地全面緑化）

図17　CVの構造体に流入出する各成分の1時間積算値（正値がCVの構造体に流入）

の増加によりもたらされるものである。すなわち，Case2では前述したように顕熱の移流項は弱まり（図7(1)，図8(1)）顕熱量は減るが，上流側での乱流Q_{LAT}が大きくなる。これは，乱流拡散係数はCase1が最も小さくなるものの（図7(2)，図8(2)），絶対湿度の勾配が大きくなるため（図8(4)），結果としてCase2の乱流Q_{LAT}が増加しているものと理解される。図15にCVの大気部に流入出する潜熱Q_{LAT}を，移流，乱流拡散成分に分けて示す。図15中の移流，乱流拡散の数値はCV各面（東西南北，地表面，上空面）の値の総和である。また，図16に大気部全体の潜熱の流出入の1時間積算値を示す。図15を見ると，Case1では9時以降は移流Q_{LAT}が大きな正の値をとっているが，これは海風による水蒸気の流入の効果であると考えられる。

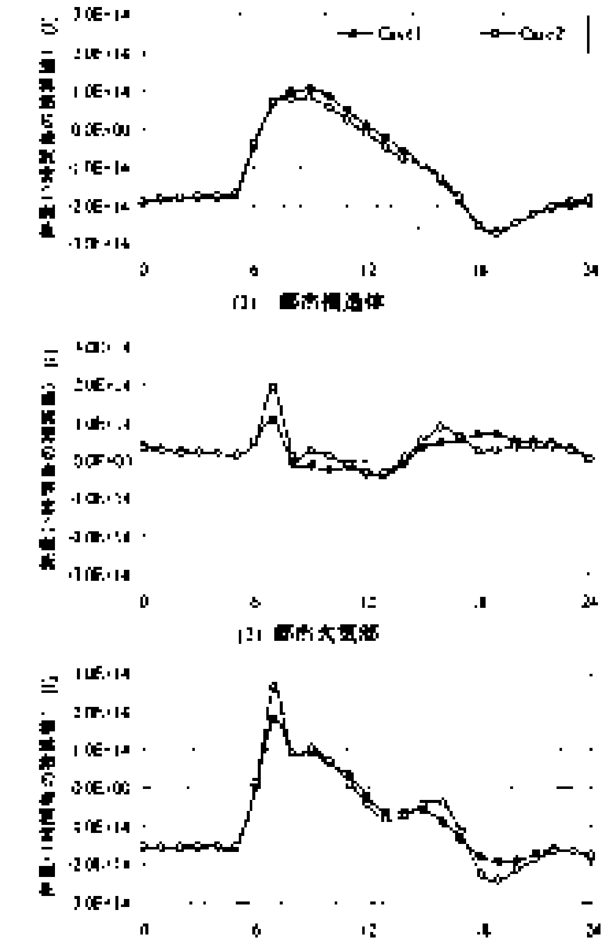
一方，Case2ではその様な変化は見られず，11時以降の移流Q_{LAT}はむしろ負の値をとっている。これは，Case2の場合，緑の増加の効果によりCV内の湿度が上昇したため，海風との湿度差が減少した結果であると考えられる。以上より，大気部全体の潜熱の収支を取ると（図16），Case2では，Case1に比べて10時から14時にかけては流出方向の流出が小さく，14時以降は流入が大きいが（図15(2)），移流による流出があるため（他のケースでは流入，図15(2)），11時から14時にかけての両ケースの潜熱全体の収支量はほぼ同程度となっている。図16に示す収支量の正負の変化は，図6(3)に示す絶対湿度の増減と良く一致している。図15と図16を比較すると，都市大気部温熱環境への流出入に対する寄与は，潜熱の方が顕熱よりもやや大きい。

4.5　都市構造体の熱収支の変化

CV内の構造体に流入出する各成分の熱量の変化を図17に示す。両ケースを比較すると，Case1（現状）では顕熱，潜熱とも同程度の流出量を示しているのに対し，Case2（建物用地全面緑化）では，緑化の影響により顕熱の流出量が減少し，潜熱による流出が大幅に増加しているのが分かる。

4.6　都市全体の熱収支の変化

図18に都市構造体，都市大気部及び都市全体（構造体+大気部）の熱収支の時間変化を示す。構造体を見ると，両ケースとも早朝から午前中（7～12時）を除いて負の値を示している。両ケースの差は日中（10～15時）に見られるが，建物用地を全面緑化したCase2の方が流入量がやや小さく，流出量はやや大きくなっている。その他の時間帯においては大きな差は見られない。大気部では，現状を想定したCase1では日中（9～14時）を除き正の値（流入）を示している。Case2では，正午前後（11～14時）を除き正の値を示しており，Case1とは異なる傾向（9～10時）においてもほぼ正もしくはやや正の値を示している。午前7時頃に大きな正のピーク値が現れるのは，日の出後に地表面からの潜熱フラックスが急に増加するのに対し，上空からの潜熱の流出量はそれほど増加しないためである。両者を総合した都市全体の収支を見ると，Case2の方が変動の幅が大きい。また，Case2の方が流入量が大きく，流出量が小さくなる時間帯も見られ，エンタルピーレベルでは都市緑化の影響による差は殆ど見られない。



(1) 都市構造体　(2) 都市大気部　(3) 都市全体（構造体+大気部）

図18　都市構造体，都市大気部及び都市全体の熱収支の時間変化（正値がCVに対する流入）

5. まとめ

(1) 都市の構造体、大気部及び全体の熱収支を評価する手法である「一次元都市モデル」を構築し、東京都23区の熱環境の評価に適用した。

(2) また、都市緑化によりもたらされる大気境界層内の風速、温度分布、乱流拡散係数の変化を検討し、さらにこれに伴う都市空間内の顕熱、潜熱、エンタルピーの収支の変化を「一次元モデル」を用いて分析した。

(3) 建物用地を全面緑化することで、地表面から発生する顕熱量は減少するものの、上空からの流出量も減少した。これは、緑化することで大気は安定し、上空から流出する移流量が減少するとともに、乱流拡散が小さくなることにより拡散量も減少するためである。

(4) 一方、緑化することで地表からの潜熱発生量は増加したが、上空からの流出量も増加した。これは、上空から流出する移流量は減少するものの、移収量を表現する地表面近傍での絶対湿度の勾配が強化したケースの方が大きくなり、上空から流出する拡散fluxが増加することによる。

(5) エンタルピーレベルで見ると、都市緑化の効果による削減されるエンタルピーの減少は殆ど見られなかった。

(6) 今回の計算では、CVの高さを暫定的に80mとしたが、今後はこの高さを変化させた場合について検討する必要がある。

注1) 制御空間(CV)の高さを80mとしたことに特別な物理的な意味はない。いわゆる一般的な中高層建物からなる都市キャノピー空間を想定して、今回は暫定的に80mという高さを導入した。都市の熱環境評価の観点から、地表面付近にもっと低い高度(例えば20m程度)に仮想境界を設定することも考えられたが、乱流方程式のメッシュ分割精度(最小メッシュ20m)より、空間的な積分に対する誤差が大きくなるため、今回の高さ80m(地表より4メッシュ)に相当とした。高さの設定は暫定的ではあるが、結果的に高度分布の傾向から見て、CVの境界は接地境界層の外側にある。

注2) 都市空間(CV)への顕熱・潜熱の移流による流出入を分類して検討するとき、気温等のように絶対温度の基準値を決める必要がある。この点について以下に説明する。研究当初は、潜熱のフラックスは基準値を必要とせず直接計算できると考えて研究を進めてきた。例えば、ある断面において、気温が26℃、風速5m/sの時、空気の熱容量を1200J/m³Kであるとすると、定義的には、この断面の移流フラックスは1200×26×5=156kW/m²となる。一般に日中の地表面からの顕熱フラックスは数百W/m²なので、この移流フラックスは一般的な地表面からの顕熱フラックスの1000倍近い値を示すことになる。但し、実際には水平方向の移流フラックスが、CV内の熱収支に対して、地表面フラックスの高々1000倍の釣り合いをしているわけではなく、このまま表示すると誤解を与える表現となる。この理由は、自明なことであるが、CV内の熱収支検討に対しては、移流フラックスの影響を考慮する場合には、断面全体の積分分布を一緒に扱わなければならないからである。ところが、この方式だと、上記のような理由から、各断面に分けた場合の移流フラックスの寄与を説明することができない。各断面における移流顕熱フラックス同士の大小は比較できても、移流フラックスと乱流フラックスの各断面における寄与の大小を比較することはできない。また同様に、同じ移流フラックスであっても、顕熱と潜熱の適切な比較も困難である。更に、前述で定義的に算出した156kW/m²という値は、絶対的なものではなく、あくまで摂氏0℃を基準とした値であるということに留意が必要である。このため、顕熱・潜熱の移流による流出入を分解して検討するとき、適切な基準値が必要となるのである。基準値の取り方には恣意的な方法を含め様々ある。例えば、物理的には、顕熱・潜熱両方に関してエンタルピー0を基準とする観点から、絶対零度(0K)と絶対湿度0g/kgとするのが合理的であるが、この基準状態は、日常人間が体験している環境と大きく異なること、上記の定義的方法と同様、移流フラックスと乱流フラックスのオーダーに1000倍程度の違いが生ずるなど誤解を招く表現となる等の問題点がある。そこで本論文においては、各断面における移流と乱流、顕熱と潜熱の適切な相互比較を可能とするために、CV内の各解析時刻に対応したCV内の大気の気温と絶対湿度の空間平均値を、各断面の移流フラックスを算出する際の基準値とした。

注3) 上空大気では、気温が低下するため空気の有する飽和水蒸気量が小さくなり、下層大気に比べて一般に絶対湿度は低下する。ただし、McClatchey らが指摘するように、絶対湿度のみならず、相対湿度も高度が上昇するに従って低下し、いわゆる乾燥した空気となる。相対湿度が低下するメカニズムについては、まだよく分かっていない。

注4) ここには示さないが、快晴時において、日中、地表面付近の絶対湿度が低下することはよく観察されている。

参考文献

1) S. Boyden, S. Millar et al., Australian National University Press, 1981
2) 下田吉之、井上理一、森敷康介、水野稔、都市における顕熱・エネルギー収支と植栽の位置付けその1 緑地環境と人体負荷 エネルギーフローの推定手法、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、723-724、2000.9
3) 村上周三、持田灯、Sangjin KIM、大岡龍三、関東地方における土地利用状況の変化と海風・陸風の影響 ―Mellor-Yamada型の乱流クロージャーモデルによる局地気象解析―、日本建築学会計画系論文集、第491号、31-39、1997.1
4) 吉田伸治、村上周三、持田灯、大岡龍三、富永禎秀、Sangjin KIM、対流・放射・湿気輸送を連成した屋外環境解析に基づく緑化の効果の分析、日本建築学会計画系論文集、第529号、77-84、2000.3
5) Sangjin KIM、村上周三、持田灯、大岡龍三、吉田伸治、数値気候モデルによる都市化がもたらす関東地方の気候変化のメカニズムの解明、日本建築学会計画系論文集、第534号、93-98、2000.8
6) 持田灯、村上周三、Sangjin KIM、近藤裕昭、森川泰成、大橋征幹、吉田伸治、ヒートアイランド現象の解析とその対策技術の総合評価のためのSoftware Platformの開発と気候環境の解析事例、第16回風工学シンポジウム論文集、157-162、2000.11
7) 吉田伸治、大岡龍三、村上周三、森川泰成、CFD解析による人工排熱の都市のヒートアイランドに及ぼす影響の検討、第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、499-502、2002.1
8) 東京都、緑の東京計画 ―「水と緑がネットワークされた風格都市・東京」を目指して―、2000.12
9) Mellor G.L., and Yamada T., 1974, A Hierarchy of Turbulence Closure Models for Planetary Boundary layer, J. of Applied Meteorology, Vol.13, No.7, 1791-1806
10) Mellor G.L., and Yamada T., 1982, Development of a Turbulence Closure Model for Geophysical Fluid Problem, Rev. Geophys. Space Phys., Vol.20, No.4, 851-875
11) Tetsuji Yamada and Susan Bunker, 1989, A Numerical Model Study of Nocturnal Drainage Flows with Strong Wind and Temperature Gradients, Journal of Applied Meteorology, Vol.28, 545-554
12) Hiroaki Kondo, 1990, A Numerical Experiment of the "Extended Sea Breeze" over the Kanto Plain, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.68, No.4, 419-434
13) (財)日本地図センター、数値地図50mメッシュ(標高)、1994
14) 近藤純正、水環境の気象学、朝倉書店、1994
15) McClatchey R.A., Fenn R.W., Selby J.E.A., Volz F.E. and Garing J.S., 1971, Optical Properties of Atmosphere, AFCRL-71-0279, Air Force Cambridge Research Laboratories, Bedford, Massachusetts
16) 桑門和男、近藤純正、東北南部から中部地方までのアメダス地点における地表面粗度の推定、天気、55-59、1990.1

(2002年9月10日原稿受理、2003年5月26日採用決定)

A 100-year (1901–2000) global retrospective estimation of the terrestrial water cycle

Y. Hirabayashi,[1] S. Kanae,[2] I. Struthers,[3] and T. Oki[4]

Received 6 October 2004; revised 28 December 2004; accepted 28 June 2005; published 4 October 2005.

[1] A 100-year off-line simulation using a land surface model (LSM) was completed. The long-term terrestrial water fluxes were estimated well using a LSM driven by long-term atmospheric forcing data that were stochastically estimated from monthly mean time series of precipitation and temperature. While high correlations between predicted and observed annual runoff are obtained at many basins globally, correlations are low in dry areas and in cool-temperate zones. These deficiencies of the simulation point out which model processes should be investigated, which can lead to improved representation of land surface processes in future LSMs from a global viewpoint. Annual snow covered area in North America and northern Europe and annual summer soil moisture in Mongolia were successfully replicated by the model. The descending trend of snow covered area in North America and Europe and the increasing trend of summer soil moisture in Mongolia, that were indicated by previous studies, were also replicated by the simulation. With the benefit of 100-year simulation results for these variables, however, these trends appear to reflect natural long-term variability rather than systematic changes in hydroclimatological condition. The long-term estimation of hydrological components, such as annual and inter-annual variation of runoff, snow and soil moisture, would be useful for examining behaviors of a LSM. The methodology used in this study also has applicability for long-term water resources assessment in poorly gauged basins, where long-term atmospheric data are only available at a monthly scale, by providing predictions of extreme behavior and long-term natural variability in various hydrological components.

Citation: Hirabayashi, Y., S. Kanae, I. Struthers, and T. Oki (2005), A 100-year (1901–2000) global retrospective estimation of the terrestrial water cycle, *J. Geophys. Res.*, *110*, D19101, doi:10.1029/2004JD005492.

1. Introduction

[2] Long-term variations in water fluxes at the land surface have been getting more attention in recent decades. What is the natural temporal variability of runoff, snow and soil moisture, and do these variables exhibit long-term trends? How will they be impacted by future global warming? Recent analytical study based upon observation data showed that spring snow covered area has been decreasing in the northern part of the American continent and east Eurasian continent [*Groisman et al.*, 1999] and summer soil moisture in Mongolia has been decreasing [*Robock et al.*, 2000]; however, there are not enough discussions with a long-term viewpoint because of the lack of availability of long-term data sets. To answer such questions, description, understanding, and prediction of the global water cycle have been promoted by numerical land surface models (LSMs) (such as *Nijssen et al.* [2001a], *Milly et al.* [2002], *Maurer et al.* [2002], and *Fan et al.* [2003]). LSMs range in complexity from simple budget models, such as the traditional bucket model [*Manabe*, 1969], to sophisticated physically based models, such as SiB2 [*Sellers et al.*, 1996] and BATS [*Dickinson et al.*, 1986], which incorporate radiation transfer, evapotranspiration, runoff and snow processes. These models solve energy and water balance equations, driven by atmospheric forcing input such as precipitation, radiation, and wind velocity, to estimate the time series of runoff, snow and soil moisture. LSM simulations can either be coupled with an atmospheric model, or be run off-line. In a coupled simulation, fluxes calculated by the LSM are then fed back into the atmospheric model when calculating subsequent atmospheric conditions. There are two general types of coupled simulation: a reanalysis simulation involves periodic adjustments of atmosphere model state variables based upon actual observations of atmospheric conditions (wind speed, wind direction, temperature, humidity, etc.), whereas a free-run simulation does not use such corrections. In an off-line (uncoupled) simulation, atmospheric forcing is used to drive the LSM without feedback (i.e. LSM state variables do not impact atmospheric model state variables). Where observed atmospheric forcing data are used, hydrological variables predicted by an off-line LSM simulation can be interpreted as a mixture of model and observation.

[1] Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, Yamanashi, Japan.
[2] Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan.
[3] Center for Water Research, University of Western Australia, Crawley, Western Australia, Australia.
[4] Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

Copyright 2005 by the American Geophysical Union.
0148-0227/05/2004JD005492$09.00

[3] One of the advantages of the use of LSMs to estimate the global water budget is that these models can provide estimates of water and energy components that are hard to obtain directly from observations. For example, LSMs can provide estimates of the global distribution of soil moisture, which can not be obtained from direct observations except for surface soil moisture information by satellite remote sensing. These hydrological components estimated by LSMs increase our understanding of land surface processes, which can lead to improved representation of such processes in future LSMs.

[4] Another advantage of LSM simulation is that the global continuous distribution of land surface conditions by a LSM can be applied to a broad range of research objectives. Estimated hydrologic components, such as global river discharge, have many potential applications. For example, global time series of hydrological data sets created by LSMs are widely used for global water resource assessment [*Vörösmarty et al.*, 2000; *Oki et al.*, 2001]. Predictions of water storage and seasonal to interannual variability of available fresh water amount by LSMs are important for water resource management, especially in regions with poor quality or non-existent runoff records.

[5] Global data sets of long-term soil moisture by LSMs also have wide applicability due to the significant role that soil moisture plays in many vegetation processes, including crop growth and yield, as well as its impact upon controlling the balance of energy and water fluxes between land and atmosphere. *Dirmeyer* [1999a], *Duville and Chauvin* [2000], and *Hirabayashi et al.* [2003] showed that seasonal precipitation prediction by GCMs is improved when adequate soil moisture estimation by LSM is used as a boundary condition. Snow amount estimation by LSMs are applicable not only for water resource assessment but for studies on land-atmosphere interactions caused by large changes in albedo [*Hall*, 2004].

[6] Because climatic forcing data, such as precipitation and radiation, are needed to run LSMs, estimation of long-term water fluxes has been performed mainly by LSMs driven by atmospheric forcing provided by atmospheric models. The usage of an atmospheric model is, however, strongly dependent on the models' ability to simulate climate variability. There may be some discrepancies between values and patterns of long-term hydrological variables estimated by a LSM coupled with an atmospheric model and values and patterns obtained from observation, especially in relation to the spatial and temporal distribution of precipitation. Long-term LSM output obtained from global reanalysis simulation reduces the impact of this problem, but may still contain biases in the predicted hydrological cycle - especially in relation to precipitation. For example, the NRA1 [*Kalnay et al.*, 1996] long-term surface water budget estimates, conducted by the U.S. National centers for Environmental Prediction (NCEP) and the National Center for Atmospheric Research (NCAR) using reanalysis products, contains serious biases [*Higgins et al.*, 1996; *Roads and Betts*, 2000; *Maurer et al.*, 2001]. The follow-up NCEP/NCAR reanalysis (NRA2 [*Kanamitsu et al.*, 2002]) have reduced these biases, though some remains [*Maurer et al.*, 2001]. However, NRA2 covers a shorter period (1979–2000) than NRA1 (1949–present), coinciding with the availability of satellite observations [*Maurer et al.*, 2002]. The 40-year reanalysis data (ERA-40 [*Simmons and Gibson*, 2000]), produced by European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) has similar been revised (ERA-15 [*Gibson et al.*, 1999]) to provide a better description of land surface hydrology - albeit for a shorter coverage period (15-years from 1979 to 1993) coinciding with the availability of satellite data for assimilation. These data sets (NCEP/NCAR and ECMWF) are assimilated with respect to atmospheric conditions; they are not assimilated with land surface data. In recent years, the assimilation technique for the land surface has been investigated (such as by *Houser et al.* [1998]). These methods are, however, still under development and have a limited in coverage period due to the relatively recent availability of satellite data.

[7] There are a lot of global data sets obtained by off-line LSM simulations. For example, the Global Soil Wetness Project (GSWP) [*Dirmeyer*, 1999a] provided a two year global data set of land surface conditions using two-year atmospheric forcing from ISLSCP-I. The GSWP2 project expands the period of the GSWP to 10 years using ISLSCP-II data sets. *Nijssen et al.* [2001a] produced a daily set of surface meteorological forcing data from the precipitation and temperature series, and used this data as an input to an off-line LSM simulation to estimate a set of hydrological components for the period of 1979–93 for $2^\circ \times 2^\circ$ grid cells over the global land surface. *Nijssen et al.* [2001a] used the daily temperature range as the basis for estimating downward solar radiation. Other meteorological forcing data were obtained using empirical relationships between these variables, as well as daily precipitation and daily minimum and maximum temperature. For data sparse regions, *Nijssen et al.* [2001a] applied stochastic models to generate daily precipitation and daily temperature data. Model parameter values in data-void regions were estimated by spatial interpolation. *Nijssen et al.* [2001b] estimated the decadal average and standard deviation of various hydrological components in both gauged and poorly gauged regions. The North American Land Data Assimilation system (NLDAS) project produced retrospective (1996–2002) and real-time (1999–present) data sets predicted using four LSMs driven by hourly atmospheric forcing data obtained from the Eta Data Assimilation System, measured precipitation, and satellite-derived downward solar radiation [*Mitchell et al.*, 2004]. The usage of observed atmospheric forcing supplemented by satellite, however, has been limited since satellite observation is only available for the last couple of decades in the 20th century. *Maurer et al.* [2002] estimated long-term (50-year, 1950–2000) land surface hydrology over the United States and parts of Canada and Mexico with a spatial resolution of 1/8 degree, using a similar methodology to that of *Nijssen et al.* [2001a], as a part of the NLDAS project.

[8] The work of *Nijssen et al.* [2001a] and *Maurer et al.* [2002] demonstrate that if daily observations of precipitation, maximum temperature and minimum temperature are available, terrestrial water and energy data sets are capable of being estimated using LSMs. In this study we expand the period of simulation to estimate conditions for the past 100 years, in order to establish long term trends and variability. A 100 year simulation is sufficiently long enough to obtain information about hydrological extremes,

Table 1. Global Data Set for 100-Year Forcing

	Data	Reference	Time Step	Resolution	Period
Prep. amount	Nijssen	*Nijssen et al.* [2001a]	daily	2.0°	1979–1993
Prep. amount	CRU 2.0	Mitchell et al. (submitted manuscript, 2003)	monthly	0.5°	1901–2000
Prep. days	CRU 1.0	*New et al.* [2000]	monthly	0.5°	1901–1995
Prep. days	GPCP 1DD	*Huffman et al.* [2001]	daily	1.0°	1997–2000
Max temp.	Nijssen	*Nijssen et al.* [2001a]	daily	2.0°	1979–1993
Max temp.	CRU 2.0	Mitchell et al. (submitted manuscript, 2003)	monthly	0.5°	1901–2000
Min temp.	Nijssen	*Nijssen et al.* [2001a]	daily	2.0°	1979–1993
Min temp.	CRU 2.0	Mitchell et al. (submitted manuscript, 2003)	monthly	0.5°	1901–2000
Short rad.	SRB	*Damell et al.* [1988]	daily	2.5°	1984–1994

such as flood and drought. Assessing the ability of an off-line LSM to simulate long-term variability is important for ensuring that this type of model is suitable for hydrological forecasting, including global warming simulations.

[9] Since no global data sets exist which extend backwards to 100 years ago, except for monthly precipitation and monthly temperature, this study adopts a downscaling method to create daily atmospheric forcing data sets from these monthly data sets. The main target in this paper is investigating new perspectives for validation of land surface models and application of off-line simulation to climate-oriented researches with the long-term (several decades) data sets.

[10] In this paper, the creation of the global 100-year forcing data is explained in section 2, a brief explanation of the model structure and of the simulation is provided in section 3, results are presented in section 4, and a summary and discussion of findings are given in section 5.

2. Estimation of 100-Year (1901–2000) Global Atmospheric Forcing Data

2.1. Atmospheric Forcing

[11] This subsection will explain the methodologies used to create global $1^\circ \times 1^\circ$ atmospheric forcing data for the period 1901 to 2000. The minimum atmospheric forcing data required to drive land surface models are daily temperature, precipitation, wind, vapour pressure and downward longwave and shortwave radiation, although sub-daily data are preferable, where available. Table 1 summarizes the global data sets that are used to derive global atmospheric 100-year forcing data sets in this study. The primary data source used for the estimation of 100-year forcings was monthly global data sets of CRU data (T. D. Mitchell et al., A comprehensive set of climate scenarios for high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: The observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100), submitted to *Journal of Climate*, 2003) (hereinafter referred to as Mitchell et al., submitted manuscript, 2003). The CRU data are based upon an accumulation of global meteorological gauge observations. Gridded CRU data was derived from the average of data obtained from surrounding stations for each $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ grid. Because many stations that were used to create the CRU data set were based on the "World Meteorological Organization 1961–90 global standard normals", the number of the available stations was at a maximum during the period. Therefore an average of the monthly averages during the 1961–90 was used as a basic value of the CRU data and yearly values were created by adding the averages of anomalies of stations for neighbor grids. Monthly average data for the period between 1960–90 was used for grid locations where no observed data was available for the complete 100-year data record.

[12] Since only monthly data for precipitation, precipitation days and maximum and minimum temperature were available for the objective period (1901–2000), this study used three procedures to derive higher resolution atmospheric forcing data sets from the available monthly data; these procedures are summarised in Figure 1. A stochastic distribution model was used to disaggregate monthly precipitation into a daily time series, and a stochastic weather generator was used to create daily downward shortwave radiation and temperature time series data. Empirical equations were then used to obtain downward longwave radiation and specific humidity. The parameters for these statistical models and equations are estimated from available daily global data sets.

2.1.1. Precipitation: Gamma Distribution and Markov Model

[13] A stochastic model was adopted to estimate daily precipitation amount from monthly amount. Most stochastic models used to estimate daily precipitation data consists of two components: a model for generating the occurrence of wet (rain) and dry (no rain) days, and a model for generating the precipitation amount on wet days.

[14] Distributions of the wet days are decided by a first order (lag one) Markov chain model [*Gabriel and Neuman*, 1962; *Richardson*, 1981]. In the first order Markov model, the probability of occurrence of rain on any given day is

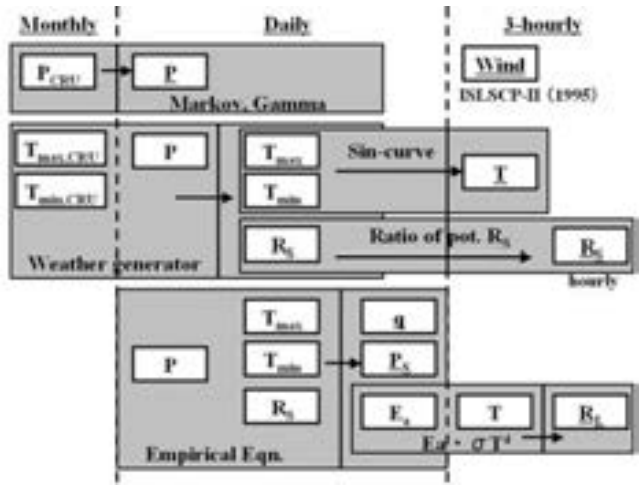


Figure 1. Schematic figure of the models to create 100 year forcing data set.

dependent only upon the state (wet or dry) of the previous day; this probability is therefore defined by two transition probabilities: $P_i(W/W)$ and $P_i(W/D)$, where $P_i(W/W)$ is the probability of a wet day on day i when the status of day $i-1$ is wet, and $P_i(W/D)$ is the probability of a wet day on day i when day $i-1$ is dry. From these we can obtain

$$P_i(W/D) = 1 - P_i(D/D)$$
$$P_i(W/W) = 1 - P_i(D/W) \quad (1)$$

$P_i(D/D)$ is the probability of a dry day on day i when the status of the day $(i-1)$ is dry and $P_i(D/W)$ is the probability of a dry day on day i when day $(i-1)$ is wet. In the Markov chain model, the status of each day is determined by comparing the relevant probability values to a daily generated random parameter ($\varepsilon(i)$, which is uniformly distributed, $(0 \le \varepsilon(i) \le 1)$). For example, if the previous day $(i-1)$ is a wet day and $P_i(W/W)$ is 0.3, the ith day is wet if $\varepsilon(i)$ is below 0.3. The Markov model was run iteratively until the total number of wet days generated by the model coincided with CRU monthly wet days data.

[15] For the generation of precipitation amount, a two-parameter (λ and η) Gamma distribution method [*Geng*, 1986] was used. It is widely recognized that relative frequencies of daily precipitation amount can be approximated by a gamma-distribution [*Thom*, 1958; *Groisman et al.*, 1999]. This means that smaller precipitation amounts occur more frequently than larger amounts. The probability density function (PDF) of a gamma-distributed variable is given by

$$f(x) = \frac{\lambda^{\eta} x^{\eta-1} e^{-\lambda\eta}}{\Gamma(\eta)},\ x \ge 0 \quad (2)$$

where $f(x)$ is the density function for variable x, $\Gamma(\eta)$ is the Gamma function and λ and η are distribution parameters. The values of λ and η are defined, respectively, as

$$\lambda = \frac{\bar{x}}{\sigma_x^2} \quad (3a)$$

$$\eta = \frac{\bar{x}^2}{\sigma_x^2} \quad (3b)$$

where $\overline{X}$ is the average and σ_x is the standard deviation of. *Shver* [1976], *Groisman and Easterling* [1994], and *Groisman et al.* [1999] showed that the shape parameter η is relatively stable with time. A comparison of Gamma parameter values obtained from observed precipitation data showed that the difference in the value of η between wet year and dry years is less than 10%, whereas the difference in the value of the scale parameter λ is between 30 to 40% [*Groisman et al.*, 1999]. In order to obtain Gamma parameters, this study therefore used the following assumptions: (1) The shape parameter η varies monthly, but monthly values are constant for every year (i.e. no inter-annual variability). (2) The population structure of monthly precipitation is stable. Based on these assumptions, the value of λ for month m in any given year y can be obtained by combining equations (3a) and (3b) to obtain

$$\lambda_{m,y} = \frac{\eta_m}{\overline{x}_{m,y}} \quad (4)$$

where $\lambda_{m,y}$ is the constant value of λ for month m and $\overline{X}_{m,y}$ is the monthly average of daily precipitation for month m in year y obtained using the CRU data set. Here, $\overline{X}_{m,y}$ is used in place of $\overline{X}$ in equations (3a) and (3b), based upon the second assumption. The parameter values for the Markov model and for the Gamma distribution model were obtained from the global $1^\circ \times 1^\circ$ gridded precipitation data of GPCP-1DD [*Huffman et al.*, 1997]. Because there were no global daily data sets of precipitation for the objective 100-year period, the parameters were calculated for each month by averaging monthly parameter values obtained by analysis of the 1997 to 2002 period of the GPCP-1DD data set.

[16] It is well known that gauges frequently underestimate precipitation amount, primarily caused by under-catch due to wind and evaporative losses. The wind-induced under-catch of precipitation is particularly a problem for measurement of snowfall [*Legates and Willmott*, 1990] (hereafter referred to as LW90). Gauge underestimation typically ranges between 2 to 20% of actual precipitation amount, but is sometimes larger (LW90).

[17] *Adam and Lettenmaier* [2003] proposed an update to the LW90 method for global gridded mean monthly gauge correction, using updated data. In addition to undercatch due to wind and evaporation, recent studies have demonstrated that existing precipitation data may underestimate global precipitation by as much as 3% (and up to 10% in orographically influenced regions in isolation) due to the failure to account for orographic impacts (J. C. Adam et al., Correction of global precipitation products for orographic effects, submitted to *Journal of Climate*, 2004).

[18] In this study, observed precipitation amounts were scaled using monthly correction ratios, to account for under-catch only. The monthly precipitation adjustment ratio at a $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ grid scale was calculated from the raw precipitation data of LW90 and the adjusted gauge data of LW90. In order to avoid large adjustment which may be due to the error in precipitation correction of LW90, the maximum ratio was arbitrarily set to 3.0. The minimum ratio value was set to 1.0, since a value less than 1.0 is physically unrealistic.

2.1.2. Maximum Temperature, Minimum Temperature, and Downward Shortwave Radiation: Stochastic Weather Generator

[19] In order to obtain daily maximum temperature ($T_{\max}$), minimum temperature ($T_{\min}$) and downward shortwave radiation (R_s), a stochastic weather generator model was used. Stochastic weather generators have been developed mainly for the generation of atmospheric forcing data required as input for hydrological and ecological models. The stochastic weather generator constructed in this paper was based on the model by *Richardson* [1981].

[20] The basic concepts of the stochastic weather generator of *Richardson* [1981] are that (1) the atmospheric component is related to the wet or dry status of the objective

day and (2) shortwave radiation, maximum temperature and minimum temperature values on any day may be correlated to one another and to the values of each in preceding days. In the stochastic weather generator, a time series of 'residual elements' of $T_{\max}$, $T_{\min}$ and R_s are created randomly in keeping with these concepts. These residual elements are defined as follows:

$$x_{y,m,i}(j) = \frac{X_{y,m,i}(j)\overline{X}_m^W(j)}{\sigma_m^W(j)} \quad \left(P_{y,m,i} > 0\right) \tag{5a}$$

$$x_{y,m,i}(j) = \frac{X_{y,m,i}(j)\overline{X}_m^D(j)}{\sigma_m^D(j)} \quad \left(P_{y,m,i} = 0\right) \tag{5b}$$

where $x_{y,m,i}(j)$ is the residual element for variable j (j = 1 for $T_{\max}$, j = 2 for $T_{\min}$ and j = 3 for R_s) for day i occurring in month m in year y, $X_{y,m,i}(j)$ is the daily value of the variable, $\overline{X_m}(j)$ is the daily mean and $\sigma_m(j)$ is the standard deviation. The superscript W refers to wet day values (precipitation amount $P_{y,m,i} > 0$) and D indicates dry day values ($P_{y,m,i} = 0$). Values of $\overline{X}_m(j)$ and $\sigma_m(j)$ were obtained from the global daily data sets of *Nijssen et al.* [2001a] and *Damell et al.* [1988] for wet and dry conditions, respectively (Table 1). The daily residual elements of $T_{\max}$, $T_{\min}$ and R_s values on day n are assumed to be correlated to each other and to the residual element value of each on the previous day ($n - 1$). By solving the 3×3 matrix of the residual elements using the method of *Matalas* [1967], the model generated these three residual elements for the objective ith day simultaneously. Finally, separate daily values for each component were calculated by adding the obtained residual elements to the monthly average $\overline{X_m}(j)$ and standard deviation $\sigma_m(j)$ for wet and dry conditions.

[21] Because monthly mean data of $T_{\max}$ and $T_{\min}$ were available for the 100-year period from CRU data (Table 1), the estimated daily $T_{\max}$ and $T_{\min}$ were scaled against their respective monthly average values. Three-hourly temperature variations within each day were created by fitting a trigonometric function between the daily $T_{\max}$ and $T_{\min}$ values.

2.1.3. Specific Humidity and Downward Longwave Radiation: Empirical Equation Model

[22] Daily specific humidity (q) and downward longwave radiation (R_L) required for a LSM were calculated as a function of daily precipitation $X_{y,m,i}$, $T_{\max}$, $T_{\min}$ and R_s using empirical equations. As with the case of the stochastic weather generator, empirical equations were used to obtain less well-known variables from well-known variables.

[23] Specific humidity (q[kg/kg]) was estimated from vapour pressure (e [hPa]) and surface pressure (P_s [hPa]) using:

$$q = \frac{0.622e}{P_s - 0.378e} \tag{6}$$

In equation (6), the ratio of molecular mass of dry air to water vapour is assumed to be 0.622 for all conditions. Because several sensitivity experiments (not shown) demonstrated that the effect of surface pressure (P_s [hPa]) on the terrestrial water cycle are very small, and because there are no 100-year data sets of surface pressure, daily values were assumed to equal the monthly average values for wet and dry days obtained from ISLSCP-II for the 100-year period.

[24] The vapor pressure (e) in the equation (6) was estimated by an empirical equation given by *Tetens* [1930]:

$$e = 6.1078 \times 10^{\frac{17.27T_{dew}}{237.3+T_{dew}}} \tag{7}$$

where T_{dew} [°C] is the dewpoint temperature.

[25] Using the average of $T_{\max}$ and $T_{\min}$ (T_m [K]) and e, daily atmospheric emissivity E_a was estimated approximately using the formula of *Bras* [1990]. The daily average of downward longwave radiation (R_L) [W/m^2] was then calculated from T_m and E_a;

$$R_L = E_a \times \sigma T_m^4 \tag{8}$$

$$T_m = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2.0} + 273.15 \tag{9}$$

$$E_a = 0.70 + 5.95 \times 10^{-5} \times e \times \exp\frac{1500}{T_m} \quad (245 \le T_m \le 325, 3 \le e \le 28) \tag{10}$$

$$E_a = 0.740 + 0.0049e \qquad (\textit{outside of the ranges of } T_m \textit{ and } e)$$

where σ is the Stefan-Boltzmann coefficient (5.67×10^{-8} [W/m^2/K^4]). Based on previous studies, a maximum value of 0.9 was assumed for E_a. The eqations for estimating q and R_L both require dew-point temperature (T_{dew} [°C]).

[26] Because observations of T_{dew} are limited, an assumption that the daily value of T_{dew} is equal to the value of $T_{\min}$ [°C] is used in several research papers (such as *Running and Coughlan* [1988]). Our methodology, therefore, involved estimating T_{dew} by calculating sets of empirical equations iteratively [*Kimball et al.*, 1997] (equations (11) to (16)).

$$T_{dew} = T_{\min} \times (-0.127 + 1.121 \times (1.003 - 1.444EF + 12.312EF^2 - 32.766EF^3) + 0.0006 \times (T_{\max} - T_{\min})) \tag{11}$$

$$EF = \left(\frac{E_p}{\rho_w}\right) \times t_{day}/P_n \tag{12}$$

$$E_p = 1.26 \times [\Delta/(\Delta + 0.66)] \times 0.9R_n/\lambda \tag{13}$$

$$V_{ps,\max} = 6.1078 \times \exp\left(\frac{17.269T_{\max}}{237.3 + T_{\max}}\right)$$
$$V_{ps,\min} = 6.1078 \times \exp\left(\frac{17.269T_{\min}}{237.3 + T_{\min}}\right) \tag{14}$$
$$\Delta = \left(V_{ps,\max} - V_{ps,\min}\right)/(T_{\max} - T_{\min}) \times 100$$

$$R_n = (1.0 - Al) \times R_s + (1.0 - E_a) \times \sigma T_m^4 \quad (15)$$

$$t_{day} = \exp(7.42 + 0.045 \times latitude) \times (\sin((doy - 79) \times 0.01721)) \times 24 + 12 \times 3600 \quad (16)$$

where EF is the ratio of the maximum latent heat for potential evapotranspiration to the annual precipitation (P_n [m]), E_p[kg/m^2/s] is the daily potential evapotranspiration based upon an equation developed by *Priestley and Taylor* [1972], ρ_w [kg/m^3] is the density of water and t_{day}[s] is the day length, λ is the latent heat of water and R_n [W/m^2] is daily downward net radiation. The value of λ at 0 [°C], 2.5×10^6 [J/kg], was used in all cases. Note that this value of E_p is used only for the estimation of longwave radiation, and is not equal to the value of E_p used for the estimation of evapotranspiration in the off-line LSM simulation. The rate of change of saturated water vapour pressure (Δ) [Pa/K] corresponding to a given change in temperature was estimated using the equations of *Murray* [1967]. $V_{ps,\max}$ and $V_{ps,\min}$ are the saturated vapour pressure for $T_{\max}$ and $T_{\min}$ respectively. R_n [W/m^2] was estimated from R_s [W/m^2], E_a, T_m and surface albedo (Al [−]).

[27] The value for Al is obtained from ISLSCP-II data by averaging the monthly gridded albedo of the soil surface and the albedo of the vegetation, weighted according to the vegetation cover ratio. Average values of Al calculated for each month from the period 1983 to 1995 were used for the entire objective 100-year period. Note that the unit albedo value was only used in this statistical model for estimating the value of R_n. Spatially and temporally varying albedo values are used elsewhere in the simulation. Because the change of R_L due to change of e based upon T_{dew} is relatively small comparing to the effect of temperature on it and the model results were not sensitive to the value of q obtained from T_{dew}, so this simplification seems reasonable. The value of t_{day} in the equation (15) is estimated as a function of the day of the year (doy) and latitude, using the formula of *Running and Coughlan* [1988].

[28] Equations (11) to (16) are solved iteratively until the value of T_{dew} converges, with T_{dew} limited to values greater than −55°C to ensure stability of the iteration routine. In order to save computation time, the initial value at the start of the first iteration is assumed to equal $T_{\min}$. The calculation of the T_{dew} value is normally converged and the initial $T_{\min}$ value has any impact of the obtained value of $T_{\min}$. Using the 3-hourly temperature and the daily E_a, 3-hourly downward longwave radiation R_L [W/m^2] was estimated using equation (8).

[29] Sensitivity analysis (not shown) demonstrated that predictions obtained using an off-line simulation are insensitive to annual variability in wind velocity. Given this, and insufficient historical data records of wind velocity, and (also considering that wind velocity can not be calculated using other data sets), 3-hourly surface wind data for 1995 from ISLSCP-II [*Hall et al.*, 2004] was arbitrary used for the whole 100-year simulation.

2.1.4. Derived Atmospheric Forcing and Its Impact on a LSM Simulation

[30] The derived atmospheric forcings and their impacts on the land surface simulations were evaluated. Several sensitivity tests (not shown) of the MATSIRO model, a LSM used in this study, show that fluxes in the model are sensitive to the temporal distribution of precipitation and radiation, with the distribution of other forcing properties (e.g. surface pressure, specific humidity and wind velocity) having a much lower sensitivity. It is also indicated by a sensitivity test that runoff estimation by an off-line MATSIRO simulation driven with monthly averages of radiation data for wet and dry day respectively is similar to the runoff of the control experiment, suggesting that radiation data do not impact high to runoff in the LSM if they are given harmoniously with wet or dry conditions. This subsection will then discuss mainly about the impacts of downscaling of precipitation to model results.

2.1.4.1. Sensitivity of the MATSIRO Model to Temporal Variation of Precipitation

[31] In this study, the monthly value of CRU precipitation was disaggregated to obtain daily data and the daily constant precipitation based on monthly totals were given to the MATSIRO model. Figure 2 shows the difference of annual runoff simulation by the MATSIRO model using 6-hourly precipitation (hereafter referred to as an ORG experiment) and using monthly averaged precipitation (MON experiment) in 1987. All input forcing for the experiments were ISLSCP-I data sets, except for precipitation distribution in the MON experiment. In the MON experiment, monthly averaged values of the 6-hourly precipitation by ISLSCP-I was given to the model. Globally, most regions show a much smaller annual runoff in the MON experiment because of a larger total evapotranspiration and soil evaporation in the MON experiment relative to the ORG experiment. A land surface model with a structure of explicit calculation of infiltration of water flux in soil and canopy evaporation as the MATSIRO model is sensitive to a time resolution of precipitation.

[32] Figure 3 shows the relationship between the difference of canopy evaporation and total amount of monthly precipitation in the two experiments. Each dot show the results of each individual model grid. The sensitivity of canopy evaporation to the distribution of precipitation is at its highest when monthly precipitation is about 100 mm per month. When total monthly precipitation is large, canopy evaporation is the same for both experiments. In the MATSIRO model, just as with other LSM which include explicit vegetation processes, maximum canopy water capacity is related to the LAI value. Since the maximum canopy water capacity in the MATSIRO model is 2 mm multiplied by the LAI, the limitation of the sensitiveness of precipitation amount to canopy evaporation of about 100 mm/mon is reasonable.

[33] Table 2 describes a set of experiments conducted to investigate the sensitivity of the MATSIRO model to the method used to downscale precipitation, simulating the Chiba region (140.5°N, 35.5°E) in Japan. The period of the experiment was from May 1st to August 31th in 1987, where monthly precipitation was about 100 mm per month and large impact of temporal variation of precipitation to the model simulation was expected. All experiments used the same atmospheric forcing as the ORG experiment in Figure 2, except for precipitation. In the control experiment (a), daily observations at the local gauge station were given to the model. The daily precipitation totals were

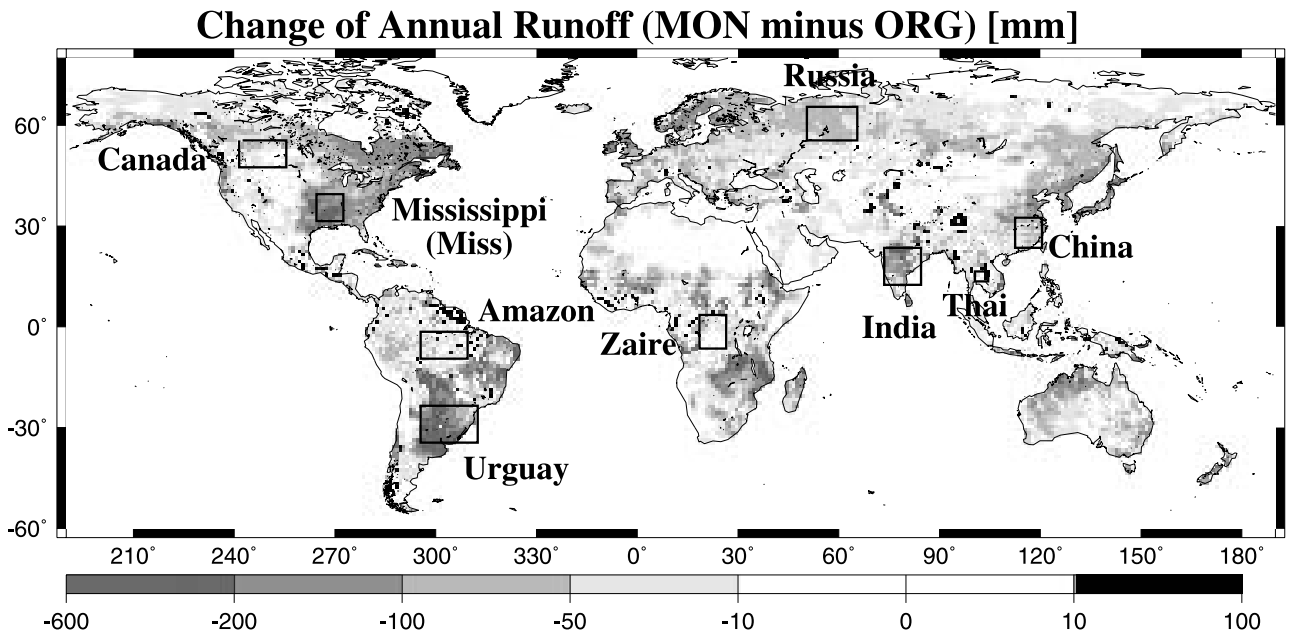


Figure 2. Difference of annual runoff between MON and ORG experiment.

apportioned evenly over the model time step. In the experiment (b), the monthly averaged value of precipitation was used in the same way as the MON experiment. In experiments (c) and (d), the rain day of experiment (a) was given to the model, while the daily amount of precipitation was uniformly distribted in experiment (c) and gamma-distributed in experiment (d).

[34] As seen in the global sensitivity test of monthly averaged precipitation in Figure 2, there is very little transpiration and much larger canopy evaporation in experiment (b), in comparison to experiment (a). The response of experiment (c) is more similar to the control than the experiment (b), while the difference in canopy evaporation and soil evaporation are larger than in experiment (a). This decrease in evapotranspiration in experiment (b) lead to a smaller amount of runoff generation. The water balance estimated in experiment (d) was closest to the control experiment (a), which demonstrates that long-term hydrological response is insensitive to different realizations of wet day timing in a given month.

[35] The MATSIRO model used in this paper is originally designed to couple with an atmospheric model of CCSR/NIES Atmospheric General Circulation Model [*Numaguti et al.*, 1997]. The model time step should be less than a couple of hours, since several model processes consider diurnal change in forcing. Because the purpose of this paper is to estimate surface water components for a period long enough to obtain information about inter-decadal change of these variables, shorter temporal distribution of precipitation than daily time step is not incorporated in the simulation and constant precipitation over the diurnal cycle was given (Figure 4). *Maurer et al.* [2002] reported a set of sensitivity analyses which showed that the diurnal distribution of precipitation did not make significant difference to the results in their model. On the other hand, *Dirmeyer* [1999b] suggested that a realistic distribution convective precipitation in space and time is necessary to simulate at the grid scale adequately high values of runoff. In order to evaluate the effect of dirunal pattern in precipitation on a long-term MATSIRO simulation, a sensitivity test similar to that of *Dirmeyer* [1999b] was conducted using three-hourly precipitation estimates. The three-hourly precipitation was assumed to follow a simple function scaled by the daily precipitation value.

[36] Figure 5 and Figure 6 are comparisons of the mean monthly averaged evapotranspiration and runoff from 1981 to 1990 by the daily precipitation run and the 3-hourly precipitation run. These results are averages of the rectangles appeared in the Figure 2. Most of the regions showed

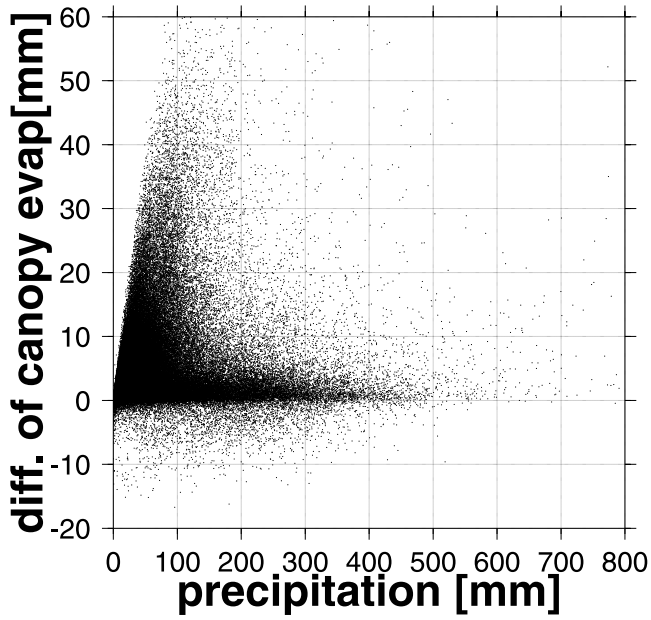


Figure 3. Relationship between monthly total precipitation and difference of canopy evaporation between MON and ORG experiment.

Table 2. Simulation Design of Sensitivity Test in Chiba

Run	Wet Day Allocation	Amount
(a)	observation	observation
(b)	every day	linear interpolation
(c)	observation	liner interpolation
(d)	observation	gamma distribution

that total evapotranspiration were lower in the experiments of 3-hourly precipitation case. The difference between them was large in tropical region such as Amazon and Zaire, where evaporation is large. The largest difference value of evapotranspiration was about 0.5 mm/day. These figures clearly showed that the uniformly distributed daily precipitation decrease the direct evaporation from canopy and soil, and increase runoff, however, its impact on fluxes in the MATSIRO model was limited. In addition, since there is no information for partition of precipitation within a day globally, this study then adopted uniform distributed value for subdaily time step.

[37] The created daily precipitation amount was randomly distributed within months based upon random parameters generated in the stochastic models. In order to evaluate impacts of this randomness on estimation of radiation forcing and model derived variables, the radiation forcing and LSM results estimated with a different ensemble sets of daily precipitation distribution were compared. Results showed that the different ensembles of daily precipitation did not make much difference (maximum standard deviation was less than 1%) to the both estimated forcing and LSM simulation in monthly time scale. Figure 7 show histogram of daily discharge in different ensemble simulation in Mississippi river and Rhein river. The figure suggest that distribution of daily discharge can be changed 5–10% for low discharge value and less than 5% in high discharge with different sets of precipitation in these basins.

2.1.4.2. Comparison of Radiation Data With Other Global Data Sets

[38] The derived downward radiation data by a stochastic methodology in this paper were compared with radiation data of *Nijssen et al.* [2001a] (1979–93) and ISLSCP-II (1986–95) corrected by GSWP2 in the global regions indicated in the Figure 2. Since radiaiton data of ISLSCP-II are pure reanalysis and are not corrected with observed data as was done for the data of ISLSCP-I, GSWP2 removed the errors of the ISLSCP-II radiation data by multiplication by a monthly scaling factor based on the ratio of longwave and shortwave radiation data produced at NASA Langley Research Center (LaRC) [*Gupta et al.*, 1999], which is named as the Surface Radiation Budget (SRB).

[39] GSWP2 provided radiation data before 1986, however, these data sets contain gaps in values between before and after 1986. It is also indicated that there are unacceptable value in last two months in 1995, because the SRB data in thse period were not available when these radiation data sets were created by GSWP2 (Masuda, personal communication, 2004).

[40] In Figure 8, the estimated short wave radiation are larger than other two data sets. In tropical regions of Amazon and Zaire, variations of low values of the estimated shortwave radiation are flat and do not capture the variation seen in the ISLSCP-II. In these tropical regions and colder regions of Canada and Russia, the maximum range of the estimated shortwave radiation were also overestimated when compared with the ISLSCP-II. Estimation by *Nijssen et al.* [2001a] are closer to the ISLSCP-II at Amazon, Canada, Miss, Russia and Zaire. On the other hand, the estimation in this paper was closer to the ISLSCP-II than the *Nijssen et al.*'s [2001a] value in India and Urguay.

[41] For the estimation of longwave radiation, the 100-year estimation were closer to the longwave radiation of the ISLSCP-II at all regions (Figure 9). The 100-year estimation were lower than the ISLSCP-II at Amazon and Zaire and larger in India and Urguay.

2.1.5. Land Cover and Leaf Area Index

[42] The most significant change in global land cover types during the 20 century is the increase in crop area; therefore this study used a global land cover type which reflects the change of crop area of the past. *Ramankutty and Foley* [1999] organized a global crop ratio data sets for 1700 to 1992 at a 0.5 degree. On the other hand, *U.S. Geological Survey* [2003] provides global land cover type classification at a spatial resolution of 30 seconds, based upon an analysis of satellite images obtained from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) in 1992. From these two data sets, global $1^\circ \times 1^\circ$ land cover classifications for the objective years were created. The USGS data was used represent 1992 land cover, and the number of grids which are classified as crop in the

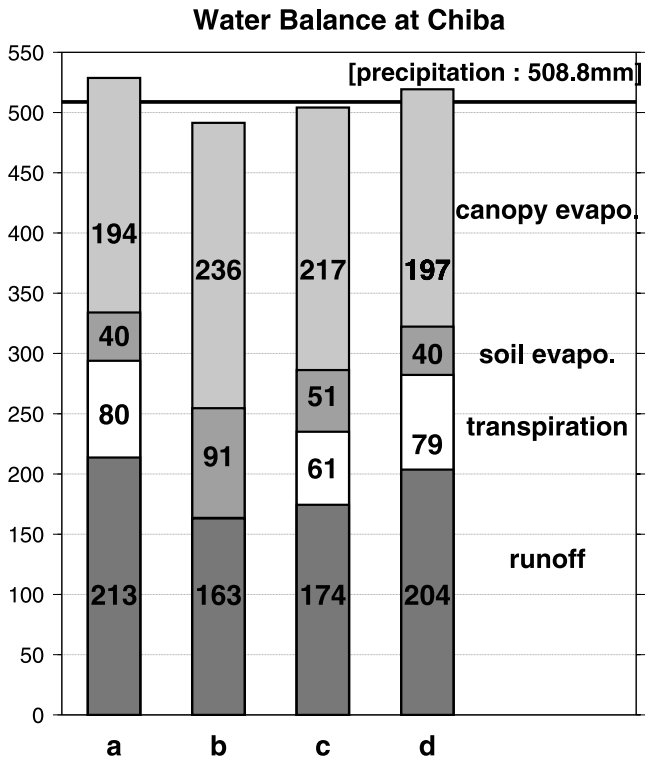


Figure 4. Comparison of water balance [mm] obtained by MATSIRO model with different daily distributions of precipitation from 1 May to 31 August in 1997 at Chiba.

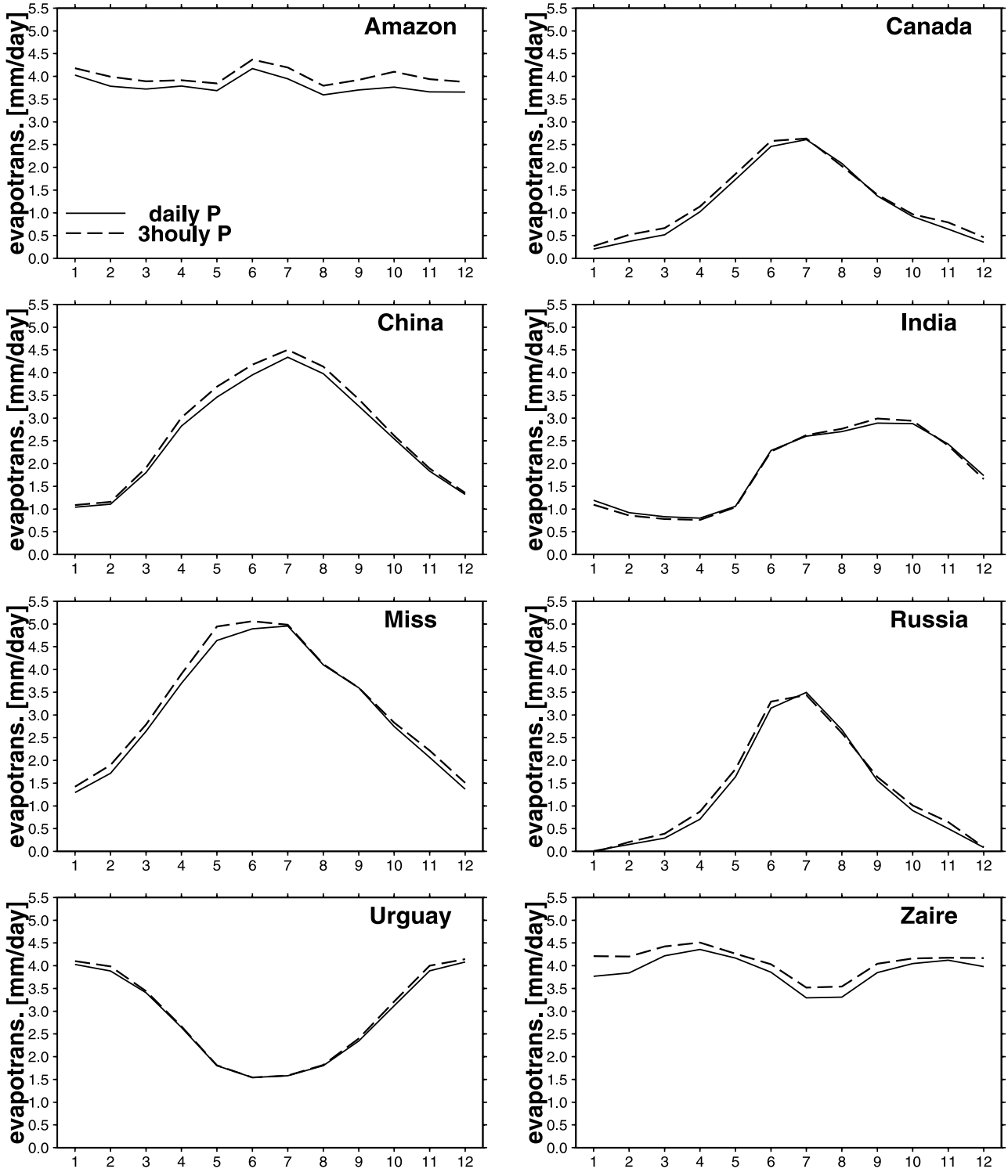


Figure 5. Comparison of evapotranspiration by a model simulation with daily precipitation (solid) and 3-hourly precipitation (dot).

USGS data was progressively reduced for each year before 1992, along with the global crop ratio data of *Ramankutty and Foley* [1999]. Potential vegetation classifications based upon the *Ramankutty and Foley* [1999] data are used to determine the appropriate land cover type to use in the pre-crop condition. Since the USGS land cover data used was based on the satellite image of AVHRR in 1992, this 'dominant land cover' reflected a global land cover condition in 1992.

[43] The land cover data was aggregated from a 30 second spatial resolution to a 1° resolution. The class occupying the largest area in each 1° × 1° grid cell is used as the land cover

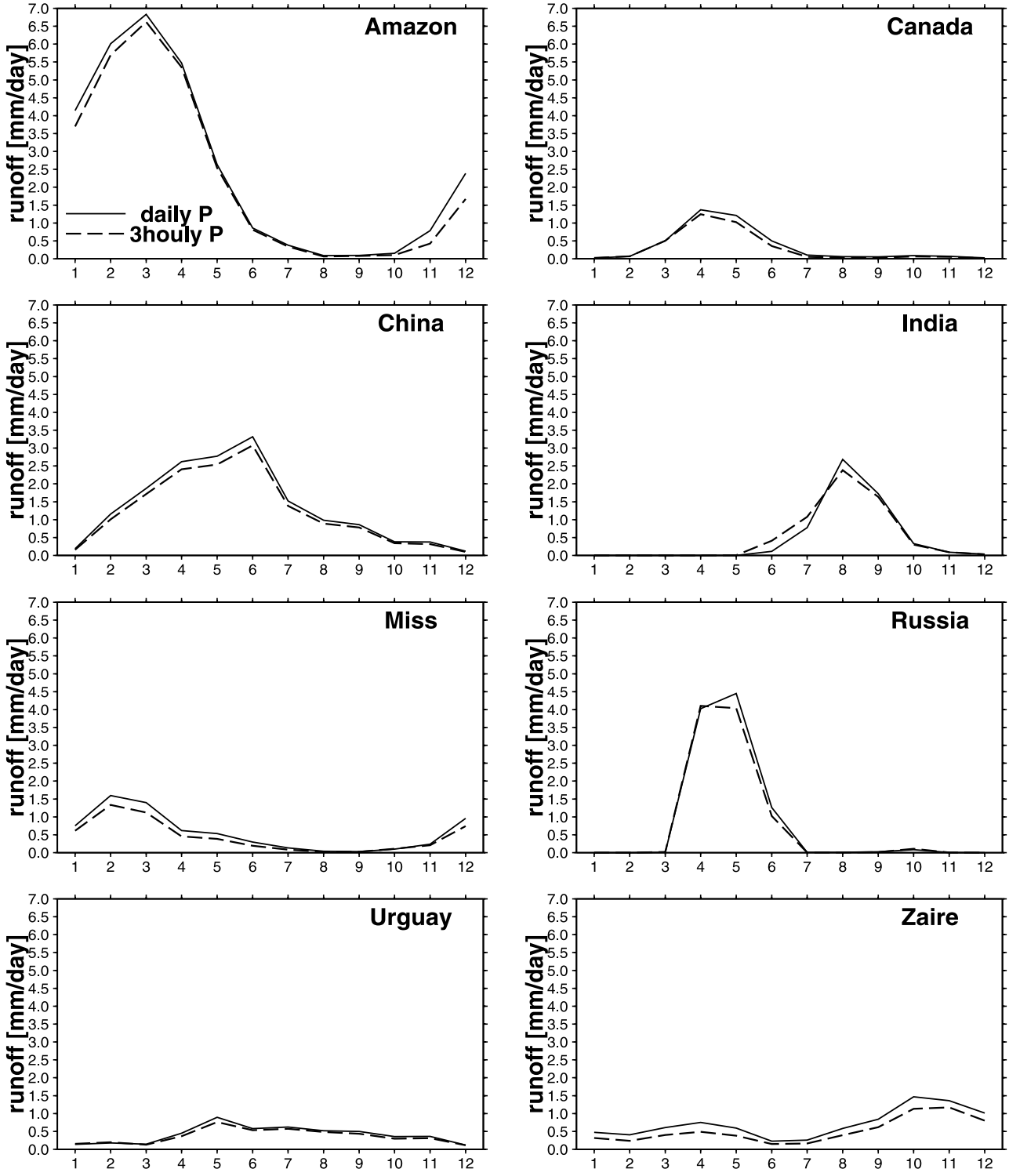


Figure 6. Comparison of runoff by a model simulation with daily precipitation (solid) and 3-hourly precipitation (dot).

class for that cell. The potential vegetation class of *Ramankutty and Foley* [1999] was then reclassified into SiB2-type land cover classifications.

[44] Leaf Area Index (LAI) data were created from the average of monthly average from ISLSCP-II [*Hall et al.*, 2004], for the period 1983 to 1995. Monthly LAI values were assumed to be constant at each location from year to year, except for when grid locations change from non-cropped (potential vegetation) to cropped land cover classifications according to the methodology described above. LAI values for the potential vegetation land cover classification were estimated by averaging the LAI values of the

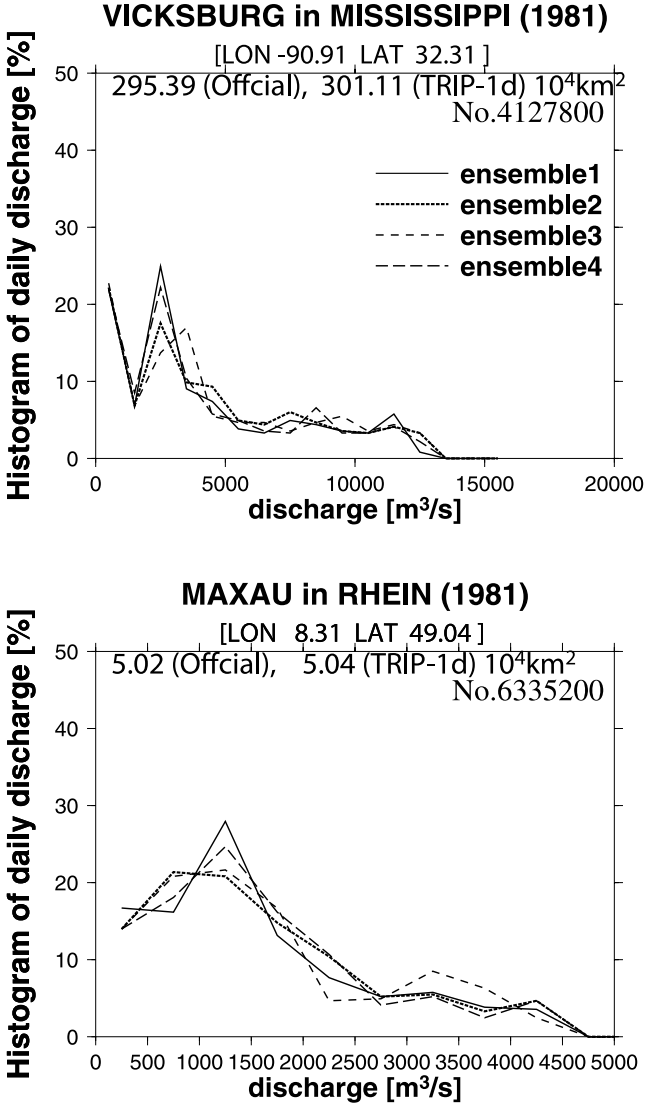


Figure 7. Comparison of histograms of daily discharge estimation with different ensembles on daily precipitation.

grids of the same vegetation class that were situated in the same 5° latitude band of the objective grid.

3. Modeling

3.1. Brief Description of the MATSIRO Model

[45] MATSIRO is a land surface process model, which is a component of the general circulation model of the Center for Climate System Research and National Institute for Environmental Studies (CCSR/NIES), which balances both energy and water, at spatial resolutions from a fraction of a degree to several degrees latitude by longitude. A detailed description of the MATSIRO model is given in *Takata et al.* [2003]. In this paper, the grid size of MATSIRO was defined as $1^\circ \times 1^\circ$ globally.

[46] The MATSIRO model computes vertical energy and water fluxes in a grid cell based upon specifications of soil properties and vegetation coverage for each grid. In the MATSIRO model, vegetation processes are mainly based on the SiB2 model [*Sellers et al.*, 1996], which uses the multilayer canopy model of *Watanabe* [1994].

[47] Runoff is modeled by simplifying the macro-scale concept of *Famiglietti and Wood* [1991] and *Stieglitz et al.* [1997], which is based upon the theory of the original TOPMODEL [*Beven and Kirkby*, 1979].

[48] The macro-scale TOPMODEL implements the statistical distribution of a topography-soils index, in order to represent a large land area such as GCM grid, that includes several river basins in one grid.

[49] The simplified macro-scale TOPMODEL used by MATSIRO does not require the statistical distribution of a topography-soils index obtained from fine-scale elevation data normally associated with the macro-scale TOPMODEL. The subgrid topography in a grid cell is roughly approximinated as repetition of a slope with a uniform slope angle (β_s) and the distance between ridge and valley of slope base length. The slope base length L_s is estimated by

$$L_s = 2\sqrt{3}\sigma / \tan\beta_s \tag{17}$$

where σ_z is the standard deviation of subgrid topography in the grid box [*Takata et al.*, 2003].

[50] The standard deviation and the averaged slope were estimated for each 1° grid from the 30 arc seconds elevation data by *U.S. Geological Survey* [1996]. In order to obtain river runoff, the grid runoff estimation was then integrated over the basin unit using a $1^\circ \times 1^\circ$ version of the TRIP model [*Oki and Sud*, 1998]; the combination is known as the MATRIP (MATSIRO + TRIP) model.

3.2. Simulation Design

[51] This subsection will summarize the global 100-year off-line simulation by the MATSIRO model. The horizontal resolution of the MATSIRO model was $1^\circ \times 1^\circ$. Each grid is resolved vertically using five soil layers and a maximum of three snow layers. Monthly LAI and atmospheric forcings, including daily precipitation, daily specific humidity, daily shortwave radiation, 3-hourly longwave radiation and 3-hourly temperature, are used to drive the model. Atmospheric forcing is regarded as uni-directional, in the sense that atmospheric conditions impact land surface processes, but are not themselves impacted by land surface processes in an off-line simulation. Initial condition data was generated by spin-up, that is an iteration experiment using the off-line MATSIRO model using 3-hourly atmospheric forcing from ISLSCP-II for 1984. The first few years of the 100-year experiment may be affected by the specific characteristics of the initial condition.

[52] The time step of the model integration was 2-hourly, with a 20 minute sub time step for simulating the vertical movement of soil water. Daily or 3-hourly atmospheric forcing data were linearly interpolated to a 2-hourly time series from the original data, except for shortwave radiation and precipitation. For shortwave radiation, a method based on solar angle was used to estimate the fraction of two-hourly shortwave radiation from the daily average. For precipitation, the daily amount was assumed to fall uniformly over the entire day. *Dirmeyer* [1999b] demonstrated that the sub-daily temporal distribution of precipitation largely affected the water balance of the land surface. However, because the MATSIRO model is specifically designed for the simulation of daily to seasonal balances of hydrologic fluxes at large spatial scales, a change in the

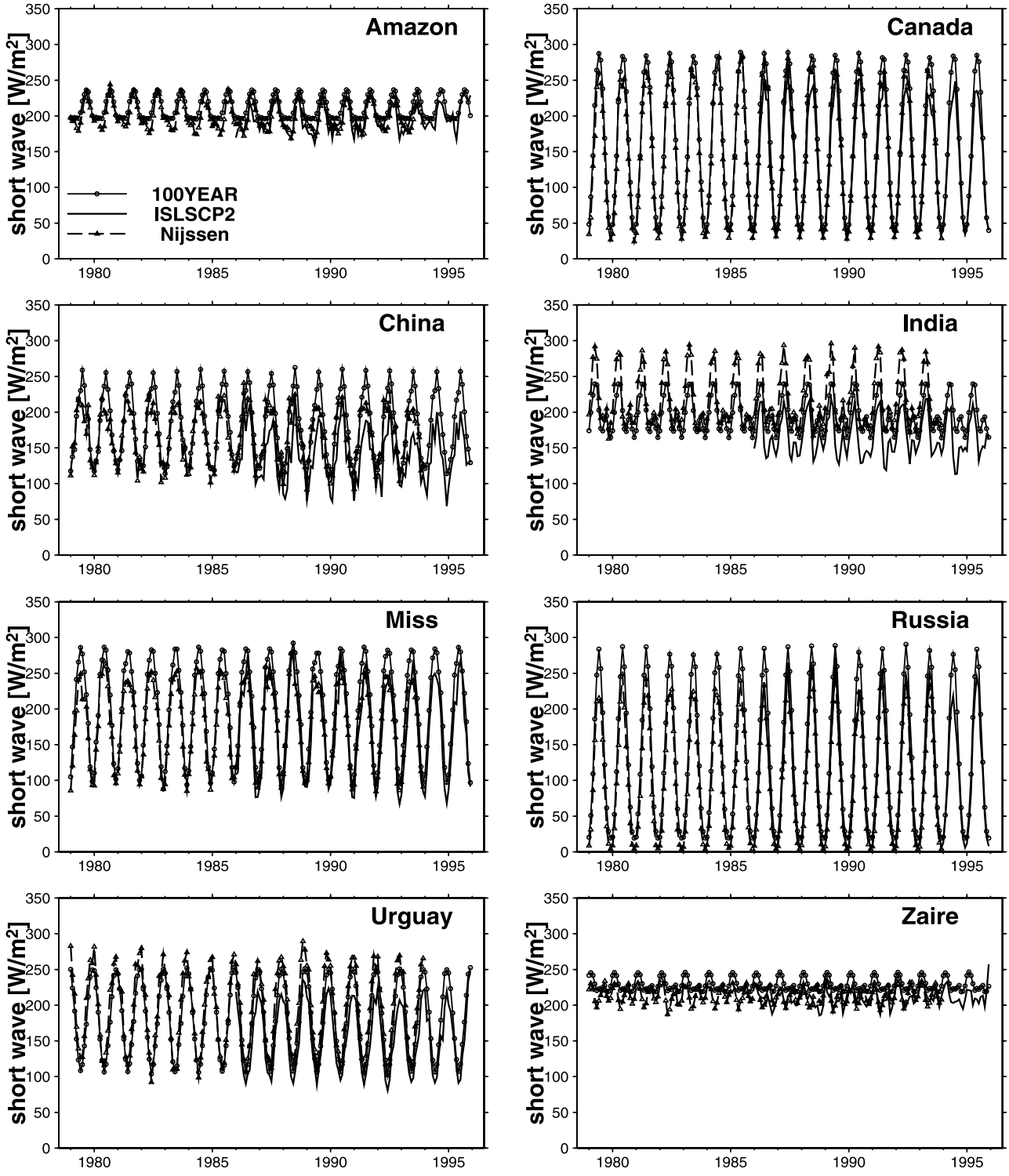


Figure 8. Comparison of the estimated downward shortwave radiation (thin lines) with *Nijssen et al.* [2001a] (dotted) and ISLSCP-II data corrected by GSWP2 (thick) [m^3/s].

time resolution of precipitation data may require changes to the time resolution of other model components, such as interception and infiltration processes. Since the purpose of this study was to estimate long-term variations in the terrestrial water cycle, and since many studies (such as *Nijssen et al.* [2001b] and *Milly and Shmakin* [2002]) have somehow estimated hydrological components using daily precipitation input, a daily time resolution for precipitation data was considered to be sufficient.

3.3. Screening Out Poorly Gauged Grid Locations

[53] In addition to the gridded data itself, CRU also provides details of how many observation stations were used to create the data in each grid. Since the spatial density

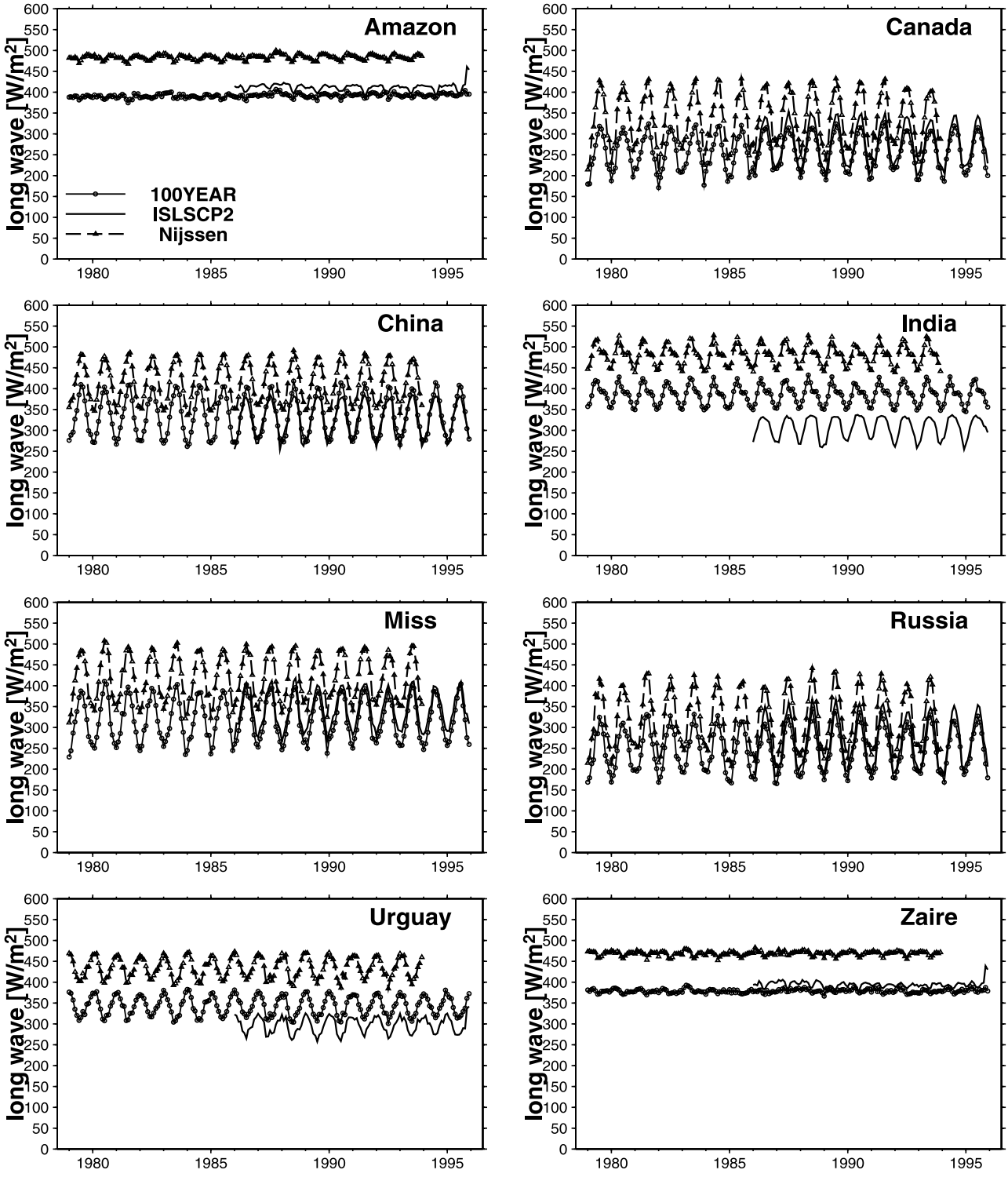


Figure 9. Comparison of the estimated longward shortwave radiation (thin lines) with *Nijssen et al.* [2001a] (dotted) and ISLSCP-II data corrected by GSWP2 (thick) [m^3/s].

of precipitation observations density is less than that of the temperature, the monthly precipitation gauge number data was used as the criterion for identifying poorly gauged grid locations. *Oki et al.* [1999] examined the dependence of model runoff error statistics on the precipitation gauge density and found that the standard deviation of runoff error was at a maximum at zero gauge density and asymptotically approached a minimum at a density of about 30 to 50 gauges per 10^6 km^2. Another study by *Milly and Dunne* [2002] found no significant relationship between precipitation gauge density and simulated runoff errors in an off-line simulation. However, since most of the gauge density data used in the analysis of *Milly and Dunne* [2002] is limited to densities greater than 30 gauges per 10^6 km^2, the findings of

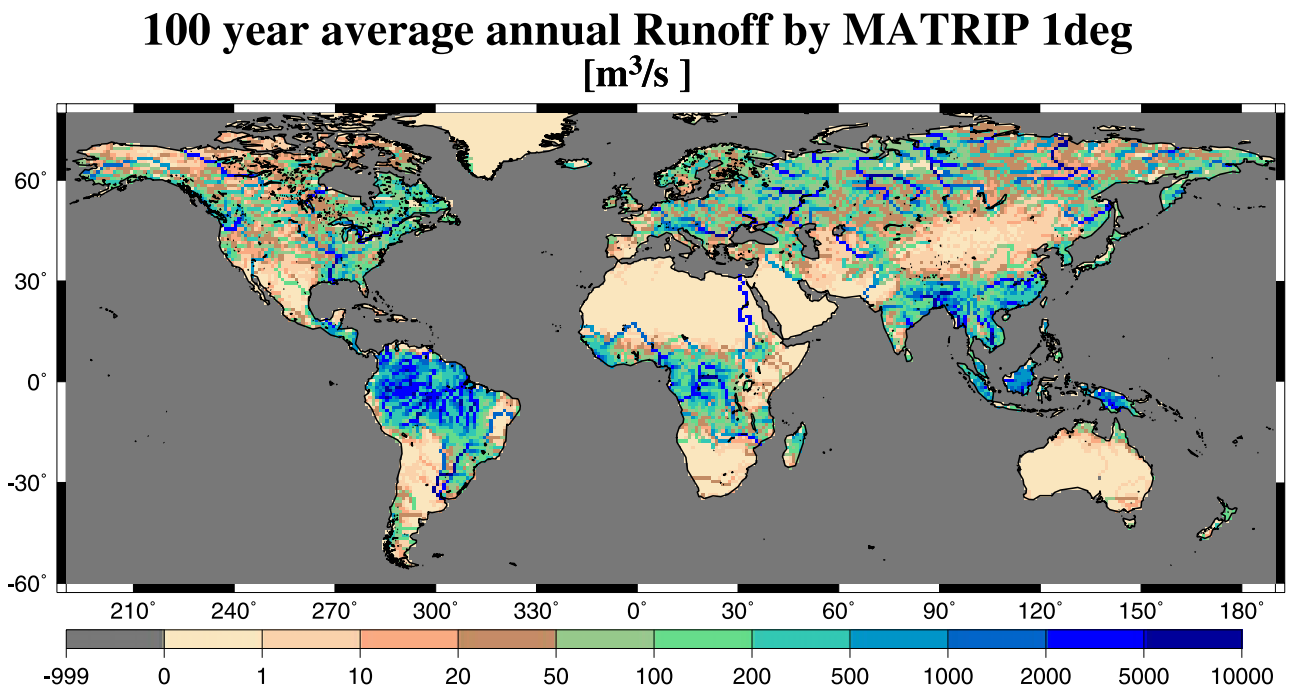


Figure 10. Mean annual runoff [m^3/s].

both studies are not necessarily contradictory. This study adopted 30 gauges per 10^6 km^2 as a critical CRU density value for the purpose of screening poorly gauged grid locations.

[54] For the analysis of the areally averaged result, the precipitation gauge density of the objective area will be shown together with the result. For runoff, which is responsible for the upper basin, the precipitation gauge density of the upper basin of the objective grid cell was estimated and used to screen out poorly gauged basins.

4. Result

4.1. Runoff

[55] Figure 10 shows the global distribution of simulated mean annual runoff. High runoff occurs in large river basins, the humid Tropics, the eastern part of the North American continent, and in the middle to western region of the northern Eurasian continent.

[56] Figure 11 shows the standard deviation of the simulated annual runoff. In the humid Tropics, the annual variability in predicted runoff is high, whereas the annual variability in predicted runoff in northern high latitude, such as the eastern part of the North America and middle to western part of the northern Eurasian continent, is not high.

[57] Figure 12 shows observed mean monthly hydrographs of maximum daily discharge with standard deviations for 9 selected basins. These basins are selected from large river basins where: (1) long-term observations (more than 20-years) are available in GRDC and (2) gauge density is sufficient in CRU during the observation period.

[58] Historical river discharge records were obtained from the Global River Discharge Center (GRDC), from the ISLSCP-I database [*Hall et al.*, 2004], from the databases of the U.S. Geological Survey (USGS) and from other data sets that were collected by IIS, University of Tokyo. These data sets contain daily or monthly time series of gauge observations worldwide, along with pertinent station information. For each discharge record, the corresponding drainage basin was identified at a $1^\circ \times 1^\circ$ grid resolution, as used by TRIP model.

[59] For the first step, longitude-latitude information provided by the GRDC for each station site was used to locate each station on the grid. The basin area information was then compared with the basin area defined in TRIP.

[60] If the difference in basin area between TRIP basin and notarial value was large, surrounding grid cells of the most similar area were used to correct basin boundaries in TRIP. In order to avoid the problem of incorrect basin selection using this second procedure, this study considers only basins with a large (more than 10000 km^2) area.

[61] Overestimation of peak runoff by the MATRIP model occurs for the Niger, Obi, Rein and Volga rivers. The monthly standard deviations of maximum daily discharge for these regions are large, indicating the sensitivity of these regions to variability in precipitation. Over-predictions of peak runoff may be caused by water usage and flood control impacts in these rivers, such as irrigation and dams, which are not considered by the MATRIP model. Potential usage of river water during the dry season may be considered as a another cause of the over-prediction.

[62] Differences in the predicted and observed timing of peak discharge are obvious in the Yenisei, Mekong, Mackenzie and Volga rivers. The most probable reason for these differences in the timing of discharge peaks is the value of unit velocity used in the TRIP model for these river basins; in the Yenisei river, for example, the model-estimated value is smaller than the observed value.

[63] Replication of the seasonal variation of runoff by an LSM without calibration is generally considered to be difficult. For example, *Nijssen et al.* [2001b] calibrated global runoff estimation in 9 selected large river basins

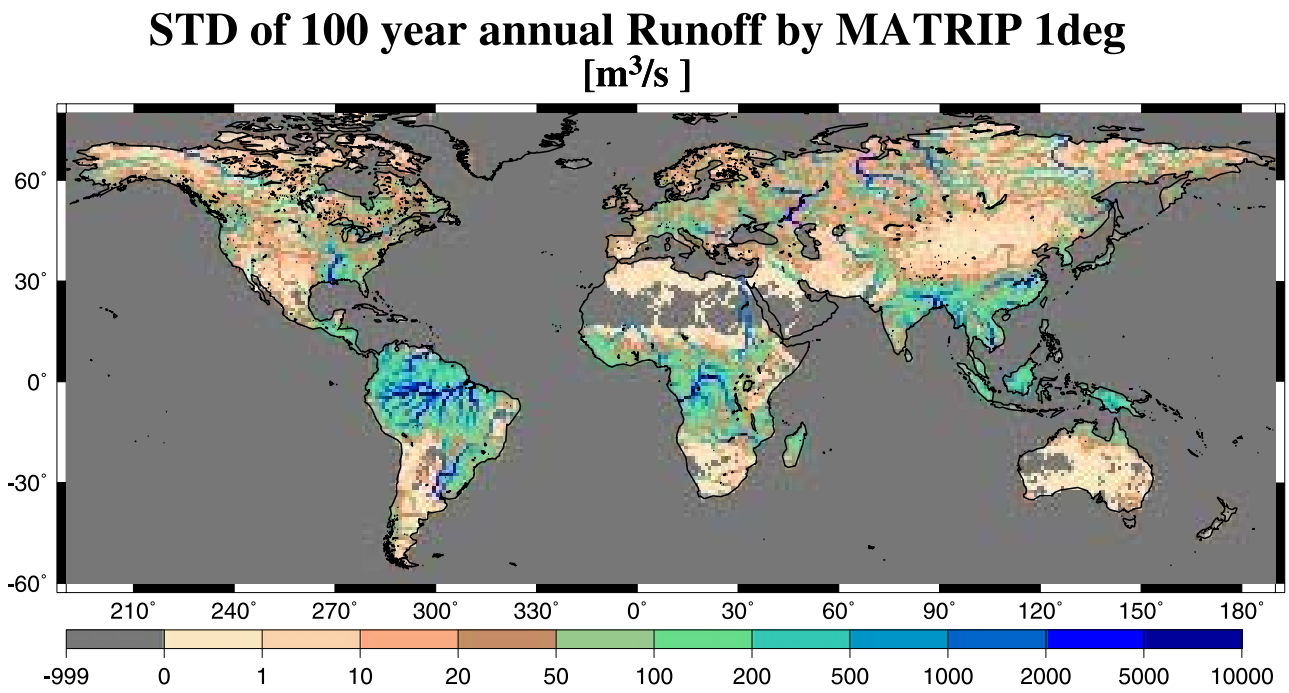


Figure 11. Standard deviation of annual runoff [m^3/s].

and applied the parameters obtained from the 9 rivers to 17 other continental river basins. *Milly and Shmakin* [2002] also tuned the parameter of their model to mitigate the runoff errors. *Lohmann et al.* [2004] indicated that none of the four LSMs driven by hourly forcing data sets captured streamflow in most basins within the United States without more work done on parameter estimation and calibration techniques. Therefore, we focus on the long-term variation of annual runoff created by the MATRIP model rather than the seasonal pattern of runoff.

[64] Figure 13 shows a map of the correlation coefficients between simulated and observed time series of annual runoff. Correlation coefficients were estimated at locations where discharge records were available for more than 10 years during the 100-year period.

[65] High correlations are obtained at basins along the west coast and eastern regions of the North America, as well as South America, Western Europe, Sahel, the Indochina peninsula and the central and southern regions of China. Correlations are low in dry areas, such as the central regions of the USA, the mid-latitude regions of the Eurasian continent and most parts of Australia. Low correlations are also obtained in cool-temperate zones, such as the basins of Canada, Eastern Europe and Russia.

[66] One possible reason of low correlations in dry areas is that MATSIRO model may not adequately estimate very low flow since runoff generation processes in the model are based on TOPMODEL. Because TOPMODEL was originally developed to simulate catchment under humid conditions (such as in the U.K, in the eastern USA and Scotland) [*Beven*, 1997], the model has not likely provided good simulation of discharge under dry conditions.

[67] Another possible reason of low correlations in dry areas is human effect, because the percentage of total river water usage may be higher in dry regions. Inadequate detection of snow phase of precipitation and inadequate snow melting process, may lead inadequate runoff by snow melting in cool-temperate zones. River freezing and its break, that are not included in the TRIP model may play some role of poor estimations. Using calendar year to define annual runoff rather than defining annual cycle of runoff based upon minimum value in a year may be a cause of low correlation of annual runoff.

[68] Since MATRIP do not employ calibration of model parameter values for specific river basins, Figure 13 provides an overview of the model's ability to simulate the annual variation in basin hydrology for a range of soil type, vegetation type, basin sizes and topographies, and contrasting climatic conditions around the globe.

[69] Only the global long-term simulation which is firstly conducted in this paper enable to provide this kind of global analysis of LSMs. Deficiencies of LSMs indicated from long-term LSM simulation would be helpful to improve future LSMs, with a help of detailed analysis in basin-scale validation such as a Project for Intercomparison of Land-Surface Parameterization Schemes (PILPS).

[70] LSM validation, especially for runoff simulation, has been conducted by comparing predicted and observed seasonal patterns in runoff hydrographs for locations with short historical runoff records, and using longer term comparisons for specific basins with longer historical records. The results shown in Figure 13 stress the importance of long-term validation of LSMs, particularly if they are to be used for long-term climate simulations.

4.2. Snow

[71] Snow is one of the most important components of the land surface hydrology and climate system. The appearance and disappearance of a surface snowpack leads to large changes in surface albedo, and variability in the snow amount strongly impacts climate variability [*Hall*, 2004].

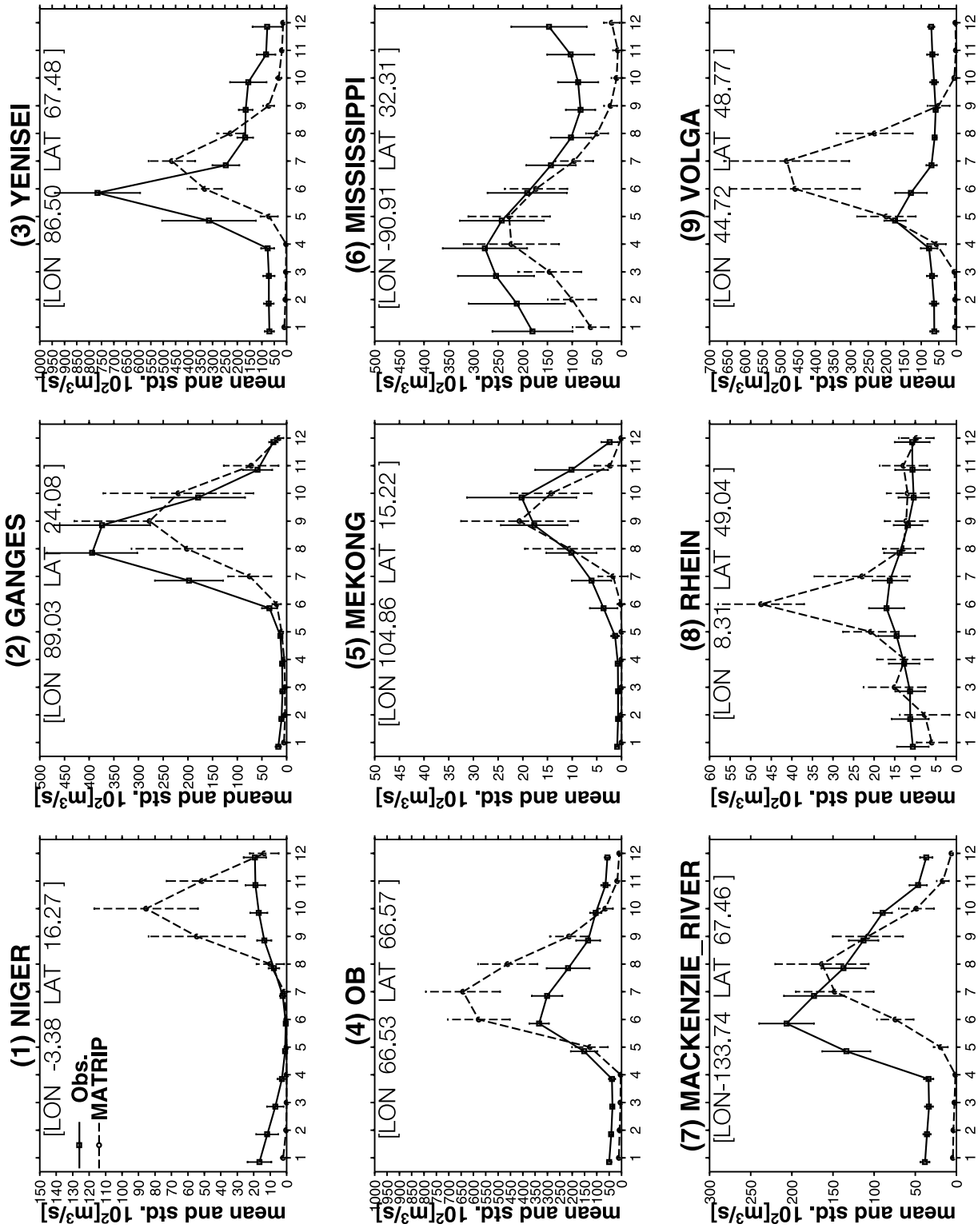


Figure 12. Average and standard deviation of monthly runoff [m^3/s].

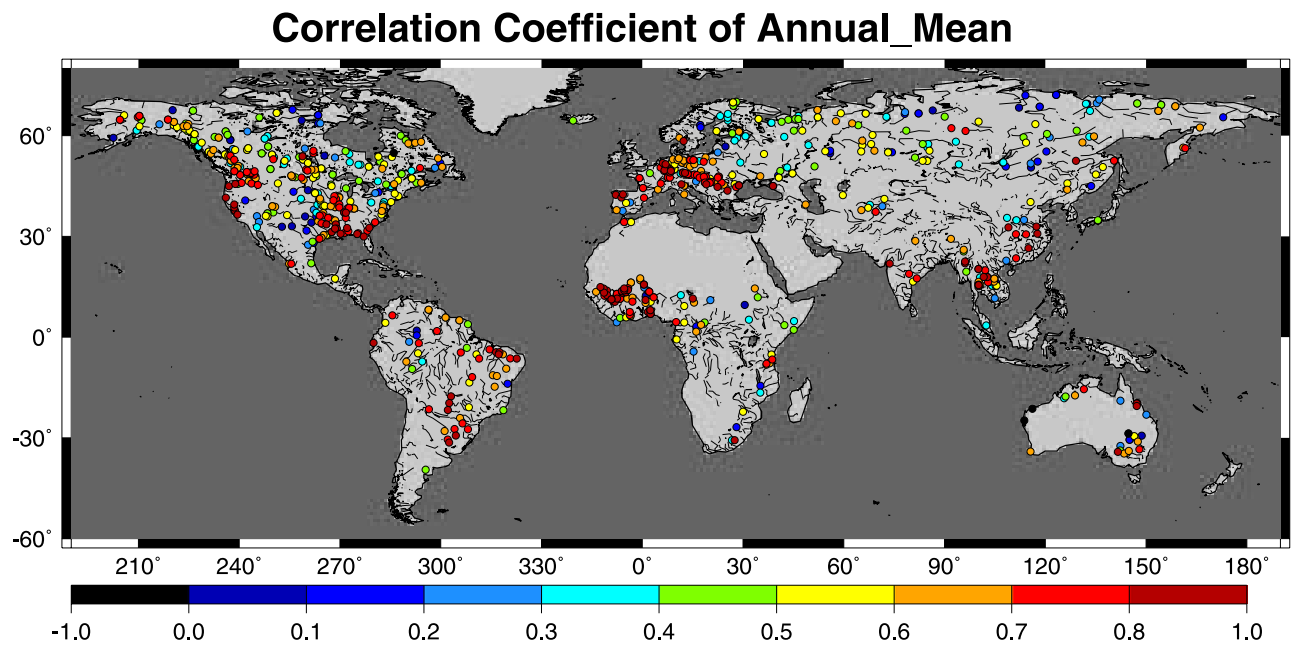


Figure 13. Correlation coefficient of annual runoff between model and observation.

Normally, the estimation of snow covered area is difficult in spring due to snow melting processes.

[72] Snow covered area is defined in the MATSIRO model using a simple relation with snow amount as below:

$$A_{sn} = \min\left[\sqrt{S_n/S_{n\max}}, 1\right] \tag{18}$$

where A_{sn} is the snow covered area fraction in a grid cell [km^2/km^2], S_n [kg/m^2] is the snow amount in the grid, and $S_{n\max}$ is the critical snow amount. $S_{n\max}$ is obtained by *Takata et al.* [2003] by the calibration of snow covered area with satellite observation, with a value of 100[kg/m^2]. This critical snow amount value is also employed in this paper.

[73] Figure 14 shows global distribution in average snow covered areas during 1967 to 2000 in fall (average of November and December), winter (average of January and February) and spring (average of April and March). The left plots show observed data obtained by the National Snow and Ice Data Center (NSIDC) [*Chang*, 1995], while the middle plots show model predictions for the same period. The right plots is the differences between NSIDC and model predictions. Changes in the average snow covered area between these three seasons are generally successfully simulated by the model, although snow covered area is under-predicted in Alaska, the eastern part of the former Soviet Union and in the Tibetan plateau. Significant under-prediction of snow covered area is found in fall (ND), comparing to the other two seasons. Possible reason of the under-prediction of snow covered area in fall is that MATSIRO defines snow from precipitation when surface temperature is below 0°C. This threshold for the determination of the phase of precipitation may be small, leading the under-prediction of the snow amount especially in beginning of the snow season. Several studies assume 2°C as limit between liquid and mixed precipitation and 0°C as limit between mixed and solid precipitation [*Forland et al.*, 1996; *Rubel and Hantel*, 1999]. Inclusion of a suitable method for the determination of the phase of a precipitation event may be expected to improve the snow amount in fall.

[74] The usage of the grid averaged surface temperature by CRU is thought to be one of the reason of the overall under-prediction of snow covered area. The CRU data sets is obtained from station observations without any correction based on elevation. If available stations within a grid are distributed mainly in lower elevations rather than mountainous places, the temperature data of the CRU would be higher than the exact averaged temperature of the objective grid.

[75] Figure 15 plots predicted and observed annual variations in the spring (April and March average) snow covered area for the North America and Canada (upper), and for the Eurasian continent (lower). Bars along the top of each plot indicate the fraction of the overall objective area which was not covered by CRU precipitation gauging in each year of the objective period. For both North America and Eurasia, gauge coverage exceeds 95% of the objective are since 1950.

[76] Average spring snow covered area is under-predicted in every year between 1967 and 2000 for both regions, while estimation of snow covered area using different $S_{n\max}$ (with value of 50[kg/m^2], apprared as dotted line) show closer values. *Groisman et al.* [1999] analyzed the snow covered area data obtained by satellite from 1973 to 1995 and showed that averaged snow area of April and March is clearly decreasing in the Northern hemisphere in spring; this reduction is also predicted by the 100-year simulation results shown in Figure 15. However, if the historical trends obtained by the model are correct, the decrease in spring snow covered area from the 1970's actually reflects decadal-scale natural variability rather than a specific trend.

4.3. Soil Moisture

[77] Figure 16 shows 100-year average of annual soil moisture. Annual soil moisture is high in East part of North America, north to middle part in South America, European

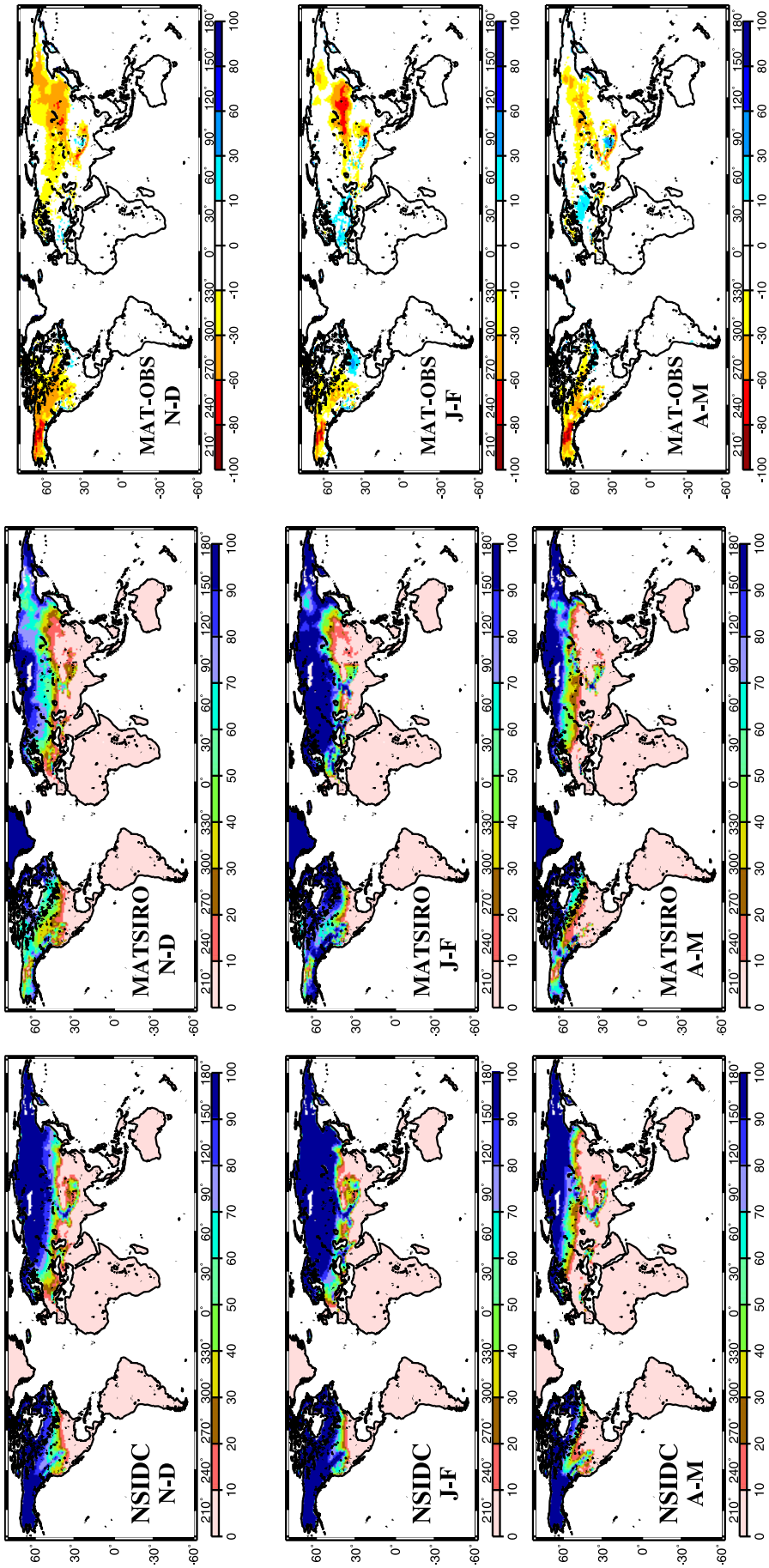


Figure 14. Average of fraction of snow covered area during 1967 to 2000 in fall (top: November and December), winter (middle: January and February) and spring (bottom: April and March) for satellite observation (left), model estimation (middle) and difference between model and observation (right).

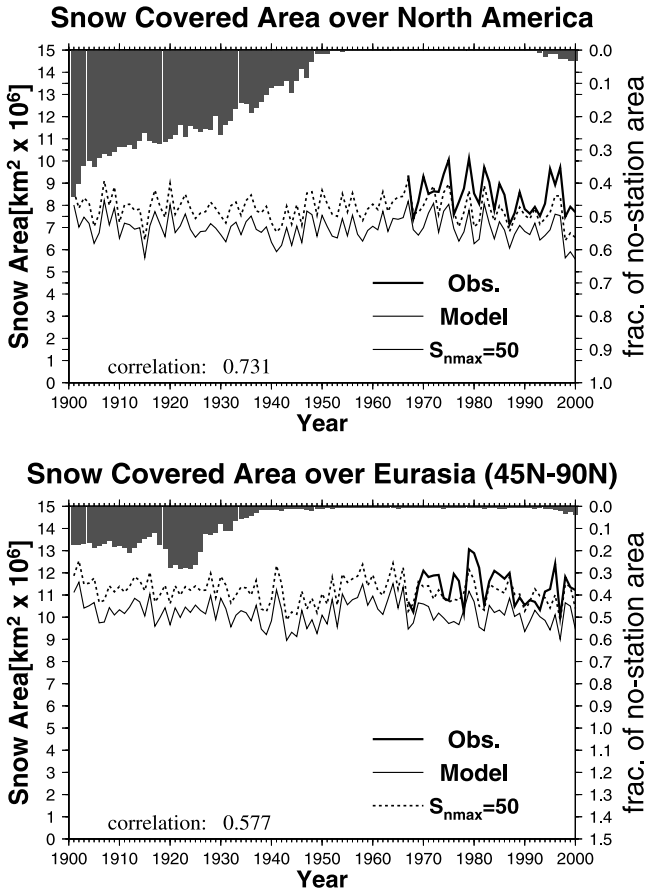


Figure 15. Spring (AM: average of April and March) snow covered area in North America (upper) and Eurasian continent (lower).

regions, middle and east part of the Eurasian continent and other tropical regions. Spatial pattern of the high and low soil moisture is fairly coincide with a total annual soil moisture estimation in the GSWP project (such as *Zhang et al.* [1999]). Global average of total soil moisture in the MATSIRO model with a total depth of 2 m is 684.22 mm. Figure 17 is standard deviation of annual total soil moisture. Standard deviation of annual soil moisture is high in northern east part of North America, east to west Europe and east coast of Eurasia continent. It is low in dry regions such as desert areas and several tropical regions where soil moisture is almost saturated in ever years.

[78] Long-term observations of root-zone soil moisture are available from the Global Soil Moisture Data Bank (GSMDB) [*Robock et al.*, 2000]. Soil moisture in GSMDB is available for each 10cm soil layer down to a depth of 1 m, with the first layer divided into two 5cm layers. By analyzing GSMDB data, *Robock et al.* [2000] showed that JJA average soil moisture exhibits an increasing trend at the same region for the past several decades (1979 to 1994).

[79] Temporal variations in simulated soil moisture were them examined for the same area of *Robock et al.* [2000] in Mongolia (46°–50°N, 100°–108°E). The 19 stations of the totally 42 stations observations of soil moisture in Mongolia are within this specified region indicated by *Robock et al.* [2000]. The soil at most of the selected locations is classified as Dark-chestnut. Observed GSMDB data are taken at 6 depth increments from the 2nd layer and integrated. These values are compared against MATSIRO model predictions from layer 2 to layer 3 (i.e. from 5 cm to 50 cm below the soil surface), which is considered to represent the root zone soil moisture for both the observed and simulated data sets. Since observations records for soil surface moisture contains some missing data, particularly for the 5cm depth increment, depth-average values are used for this comparison. Where multiple observation points

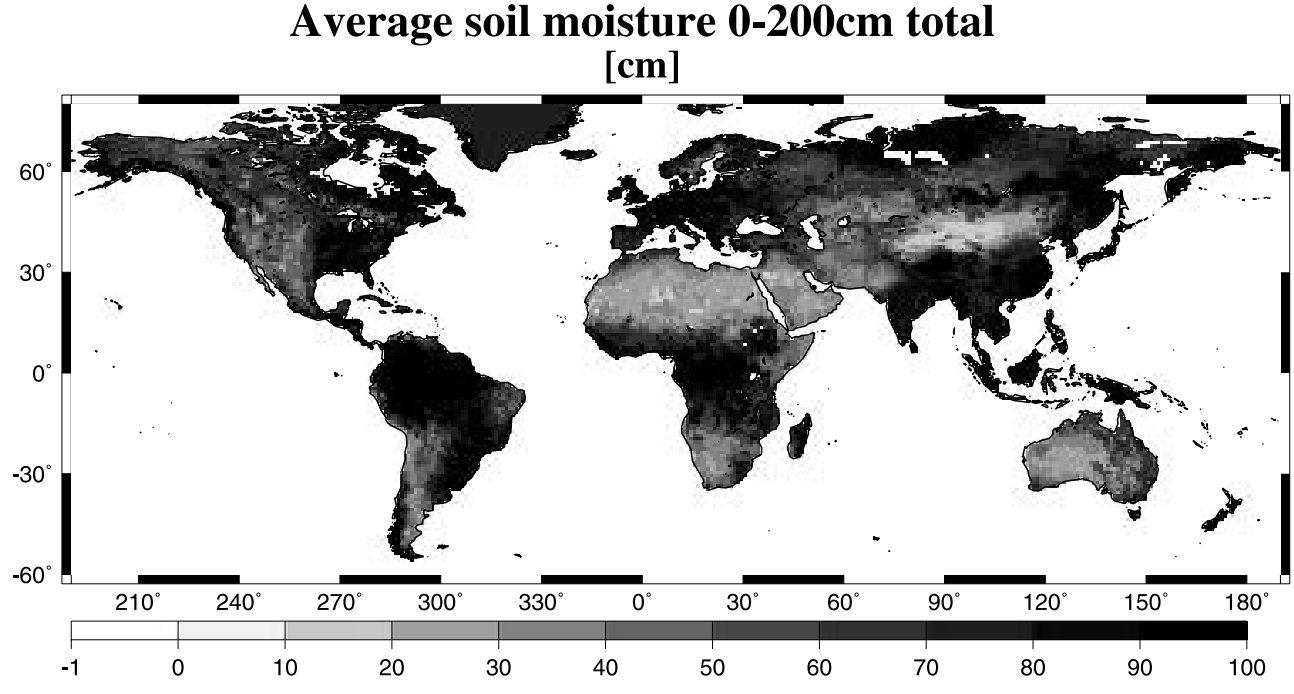


Figure 16. Mean annual total soil moisture [cm].

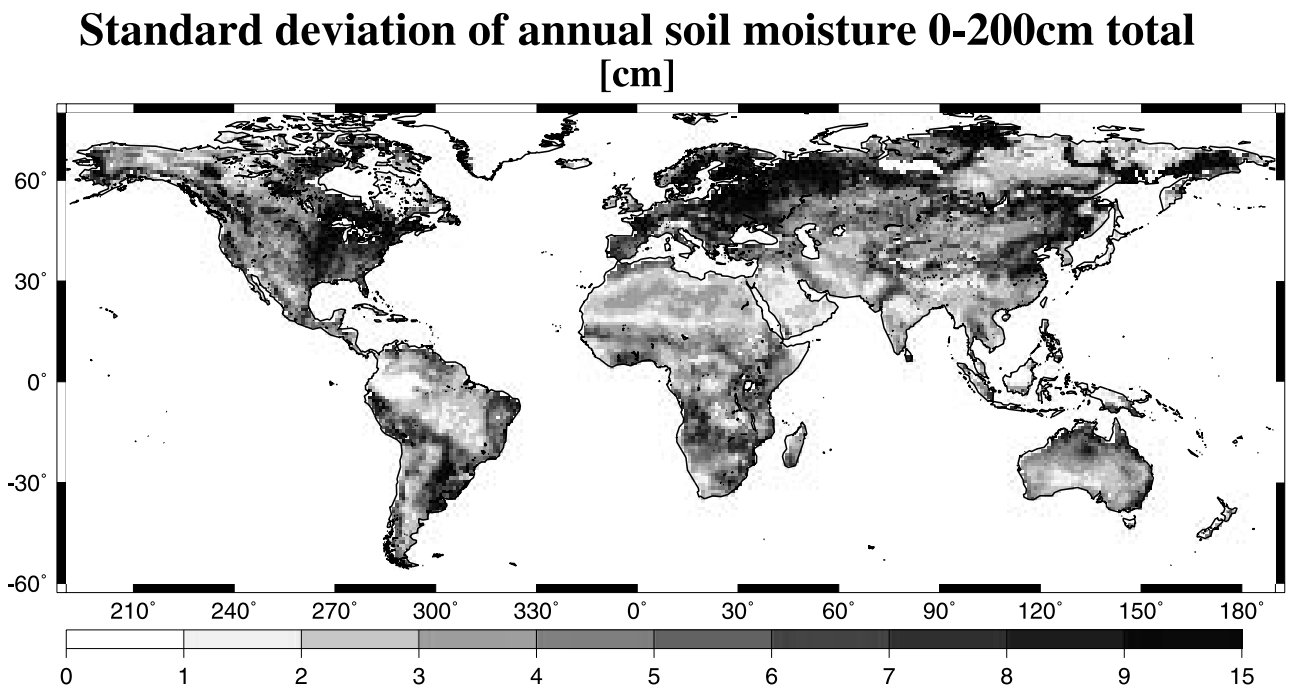


Figure 17. Standard deviation of total soil moisture [cm].

exist within a given grid location, lateral spatial averaging is also performed, such that the spatial resolution of observations match that of MATSIRO predictions.

[80] Figure 18 presents model predictions of average root zone soil moisture for the summer (JJA) period soil moisture, along with observations. Predictions obtained from MATSIRO show good agreement with predicted annual trends for Mongolia obtained by *Robock et al.* [2000] for the 1975–1995 period. Long-term trends in the predicted and observed values agree quite well, although predicted short-term inter-annual variability in average JJA soil moisture is much larger than observed. The correlation coefficient between the model predictions and observations is 0.755.

[81] However, the 100-year soil moisture data also pointed out that the increasing trend suggested by *Robock et al.* [2000] appeared to reflect natural long-term variability rather than systematic changes.

5. Summary and Discussion

[82] This paper describes the derivation of 100-year daily estimations of terrestrial land surface water fluxes, which have a wide applicability for various studies such as analyzing the inter-annual variability of land surface hydrology and detecting long-term trends of water fluxes. The most distinguished characteristic of this data set compared with prior data sets is its long coverage of 100 years. Global retrospective estimations of terrestrial water cycle by LSMs have been limited for few decades because of the limitation of available atmospheric forcing data.

[83] The work of *Nijssen et al.* [2001a] and *Maurer et al.* [2002] relies on precipitation and temperature data being available. Although *Nijssen et al.* [2001a] did apply stochastic models for data-void regions, their methodology requires that daily data are available for surrounding grids, in order to parameterize (by interpolation) the stochastic model. This daily data are available at a global scale for the 14-year period (1979–93) used by *Nijssen et al.* [2001a], and over the United States and bordering countries for the 50-year period (1950–2000) of *Maurer et al.* [2002], but is not available for the global scale for the 100-year period employed in this study. The required data are therefore extracted from available monthly data sets, using the following two methodologies:

[84] 1. Disaggregation of monthly precipitation, using stochastic methods: These models are parameterized using recent global daily data sets. For stochastic estimation of daily precipitation from monthly values, a shape parameter and scale parameter must be evaluated. since no global data

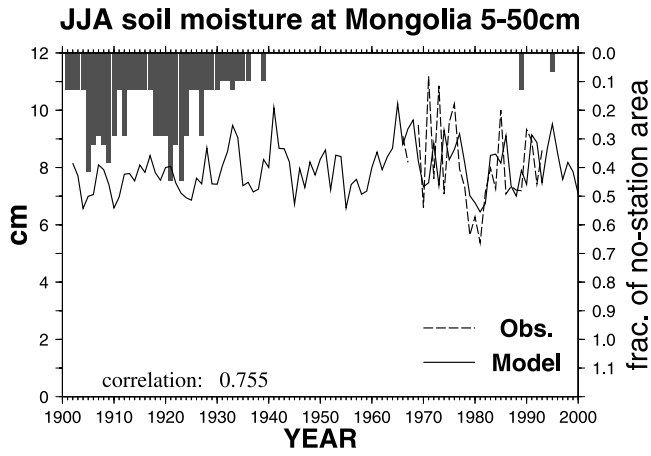


Figure 18. Annual trend of averaged JJA soil moisture in Mongolia. Area average of soil moisture from 5 cm to 50 cm depth of the 100-year simulation (solid line) and station averages of observation (dot).

are available covering the whole simulation period, the shape parameter is evaluated using recent global daily data (GPCP-1DD, Table 1) for each grid location, and is assumed to be stable for the entire 100-year period [*Shver*, 1976; *Groisman and Easterling*, 1994; *Groisman et al.*, 1999]. The scale parameter is obtained from the shape parameter and the monthly precipitation data, again assuming that the population structure of monthly precipitation is stable over the 100-year simulation period.

[85] 2. Use of a stochastic weather generator to create daily downward solar radiation and daily maximum and minimum temperature: *Nijssen et al.* [2001a] estimated daily downward solar radiation from daily maximum and minimum temperature, again, based on daily data. They estimated daily maximum and minimum temperature for data-sparse grids using an auto-regression method, with parameters obtained from the daily temperature data of surrounding locations. As with precipitation data, global daily temperature data are not available for the 100-year study period. A stochastic weather generator is therefore used to estimate daily downward solar radiation and daily maximum and minimum temperature. The weather generator provides these values simultaneously, with a guarantee of correlation of these variables to one another. Once again, it is assumed that the correlation parameters for these variables obtained from recent global data are applicable for the entire 100-year simulation period.

[86] The methdology implemented in this study is similar to previous studies (principally *Nijssen et al.* [2001a] and *Maurer et al.* [2002]). The main difference is that, due to the long simulation period used here, daily data must be generated stochastically. In this respect, the quality of forcing data used in this study is reliant on the accuracy of the stochastic models used (as described above) and the validity of the assumption of temporal stability in model parameters.

[87] This study tried to estimate water fluxes for longer period than previous studies, driving a LSM under the long-term atmospheric forcing that was stochastically estimated from monthly mean time series of precipitation and temperature. Long term average of each water flux components and standard deviations of those values were obtained from the estimation.

[88] From the 100 year set of runoff, high amount of annual runoff was seen in tropical regions and large river basins. Standard deviations of annual runoff in regions were also high in tropical regions and large river basins, however, the standard deviations at northern high latitude is low even though at large river basins.

[89] Globally, most place showed high correlation coefficients of annual runoff with observations. In dry regions and cold regions, however, predicted annual runoff time series was poorly correlated to observations. The seasonal variation of river runoff estimated by MATRIP model did not capture the seasonal variation of observed runoff, indicating the inadequate routing scheme especially for runoff speed.

[90] In addition to a runoff validation, prediction of soil moisture and snow covered area by the MATSIRO model were compared with observations. It was found that snow covered area can be estimated well when compared with observations for both spatial pattern and time variation. For example, lower snow covered area in spring in Europe and higher snow covered area in North American continent between 1975 and 1985 seen in satellite data were well reproduced by MATRIP model. Correlation coefficients of annual snow covered area between satellite observation and MATRIP were 0.731 in North America and 0.577 in northern part of Eurasia continent. Decrease trend of spring snow covered area seen in North America and Europe from 1970th to 1990th were also found in the MATRIP simulation, however, these trends appear to be within a range of natural long-term variability rather than systematic changes in hydrological condition.

[91] A 100-year average and standard deviation of soil moisture were created from the 100-year simulation. Besides the data set obtained from climate simulation by GCM, there were no data set of long-term soil moisture like this.

[92] Summer soil moisture in Mongolia showed good correlation with observation with correlation coefficients of 0.755. The increase trend of summer soil moisture for the period 1960 to 1990 suggested by *Robock et al.* [2000] was successfully replicated by the model, however, the trend may also be within a range of natural long-term variability.

[93] It is difficult to determine whether differences between off-line simulation predictions by MATSIRO and observations are due to errors in model process description or uncertainty in input data. A multi-model simulation, running several land surface models with the same atmospheric forcing data, would be one method for determining whether the model or the input data are the main source of predictive error.

[94] There are several possible future works remain to improve the 100-year simulation. For example, re-running simulations with difference assumptions for rainfall correction such as accounting orographic impacts may reduce a bias of simulation in orographically influenced regions. Careful reviewing of forcing data sets and land surface processes of the MATSIRO model especially in dry and cold regions are suggested from the global runoff validation. A tile or mosaic approach, detailed treatment of spatial and temporal distribution of precipitation, soil type distribution and various parameterization schemes used in the model also have the potential to improve the simulation.

[95] Comparison of the output obtained by multi-model off-line simulation for the global area has been conducted in the Global Soil Wetness Project (GSWP [*Dirmeyer et al.*, 1999]) for 1987 and 1988. This first GSWP project provided much more information about the impact of model process description and input data upon global land surface model predictions than can be obtained using a single model off-line simulation - although the objective period was limited to two years. The second phase of the GSWP project (GSWP2 [*Dirmeyer et al.*, 2002]), will have a similar objective to the first project, but for an expanded objective period of 10 years, which will allow longer-term impacts to be assessed. However, since the GSWP2 project is still limited for 10-year simulation, findings from longer simulations as this study would be compensate this kind of model experiment and would be useful to increase the understandings of LSMs.

[96] The 100-year estimation of hydrological component, such as annual and inter-annual variation of runoff, snow

and soil moisture, would be useful for examining characteristics and behaviors of LSMs and GCM experiments, especially for less-observed variables such as soil moisture.

[97] Several errors of hydrological components that were found from the long-term estimation should be carefully analyzed, and investigation of the cause of model deficiency is highly expected.

[98] Because the 100-year LSM simulation suggested in this paper requires only monthly mean time series of precipitation and temperature, the method implemented in this study has wider applicability for simulating global-scale water fluxes even in poorly gauged regions.

[99] Blind uncaribrated numerical simulation applied for global area in this paper clearly indicated regions where simulation result is bad. This is suggestive of a systematic errors in the model scheme or errors in the atmospheric forcing for such regions, emphasizing the importance of long-term validation of land model simulations, to allow these deficiencies to be identified and resolved.

[100] The 100-year data set would have high applicability to several research areas. For example, S. Kanae et al. (Influence of land-surface wetness on predictability of seasonal precipitation in boreal summer, submitted to *Journal of Climate*, 2005) showed how the climate system and the consequent precipitation was affected by land surface condition using the global data set estimated in this paper. The long-term river discharge estimation would be useful for water resource research especially in poorly gauged basins; furthermore, the long-term simulation would be helpful for water resources assessment rather than short-term estimation, because of the inclusion of several extremes and longer natural variability. Global distribution of soil moisture and evaporation may be helpful to understand historical agricultural drought, in addition to the hydrological drought appeared in river runoff and climatological drought seen in precipitation.

[101] **Acknowledgments.** Parts of this study were supported by the Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), Global Environment Research Fund (GERF) of the Ministry of the Environment of Japan, 21st Century COE Program, and the Research Revolution 2002 (RR2002) project of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan. Daily river discharge observation was provided by the Global Runoff Data Center.

References

Adam, J. C., and D. P. Lettenmaier (2003), Adjustment of global gridded precipitation for systematic bias, *J. Geophys. Res.*, *108*(D9), 4257, doi:10.1029/2002JD002499.

Beven, K. J. (Ed.) (1997), *Distributed modelling in hydrology: Applications of the TOPMODEL concepts*, John Wiley, Hoboken, N. J.

Beven, K. J., and M. J. Kirkby (1979), A physically based variable contributing area model of basin hydrology, *Hydrol. Sci. Bull.*, *24*, 43–69.

Bras, R. A. (1990), *Hydrology, an Introduction to Hydrologic Science*, Addison-Wesley, Boston, Mass.

Chang, A. (1995), Nimbus-7 SMMR global monthly snow cover and snow depth, digital media, Natl. Snow and Ice Data Cent., Boulder, Colo.

Damell, W. L., W. F. Staylor, S. K. Gupta, and F. M. Denn (1988), Estimation of surface insolation using sun-synchronous satellite data, *J. Clim.*, *1*, 820–835.

Dickinson, R. E., A. Henderson-Sellers, P. J. Kennedy, and M. F. Wilson (1986), Biosphere Atmosphere Transfer Scheme (BATS) for the NCAR Community Climate Model, *Tech. Rep. TN275*, Natl. Cent. for Atmos. Res., Boulder, Colo.

Dirmeyer, P. A. (1999a), Assessing GCM sensitivity to soil wetness using GSWP data, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, *77*, 367–385.

Dirmeyer, P. A. (1999b), Precipitation infiltration in the simplified SiB land surface scheme, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, *77*, 291–303.

Dirmeyer, P. A., A. J. Dolman, and N. Sato (1999), The pilot phase of the Global Soil Wetness Project, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *80*, 851–878.

Dirmeyer, P. A., X. Gao, and T. Oki (2002), The Second Global Soil Wetness Project science and implementation plan, *IGPO Publ. Ser.*, *37*, 65 pp.

Duville, H., and F. Chauvin (2000), Relevance of soil moisture for seasonal climate predictions: A preliminary study, *Clim. Dyn.*, *16*, 719–736.

Famiglietti, J. S., and E. F. Wood (1991), Evapotranspiration and runoff from large land areas: Land surface hydrology for atmospheric general circulation models, *Surv. Geophys.*, *12*, 179–204.

Fan, Y., H. van den Dool, K. Mitchell, and D. Lohmann (2003), A 51-year reanalysis of the U.S. land-surface hydrology, *GEWEX News*, *5*(2), 6, 10.

Forland, E. J., P. Allerup, B. Dahlstörm, E. Elomaa, T. Jonsson, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin, and F. Vejen (1996), Manual for operational correction of Nordic precipitation data, technical report, Norw. Meteorol. Inst., Oslo.

Gabriel, R., and J. Neuman (1962), A Markov chain model for daily rainfall occurrence at Tel Aviv, Israel, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, *88*, 90–95.

Geng, S. (1986), A simple method for generating daily rainfall data, *Agric. Meteorol.*, *36*, 363–376.

Gibson, J. K., P. Källberg, S. Uppala, A. Hernandez, and E. Serrano (1999), ERA description, technical report, Eur. Cent. for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, England.

Groisman, P. Y., and D. R. Easterling (1994), Variability and trends of total precipitation and snowfall over the United States and Canada, *J. Clim.*, *7*, 184–205.

Groisman, P. Y., et al. (1999), Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change, *Clim. Change*, *42*, 243–283.

Gupta, S. K., N. A. Ritchey, A. C. Wilber, C. H. Whitlock, G. G. Gibson, and N. A. Ritchey (1999), A climatology of surface radiation budget derived from satellite data, *J. Clim.*, *12*, 2691–2710.

Hall, A. (2004), The role of surface albedo feedback in climate, *J. Clim.*, *17*, 1550–1568.

Hall, F. G., B. Meeson, S. Los, L. Steyaert, E. B. de Colstoun, and D. Landis (2004), *ISLSCP Initiative II* [CD-ROM], NASA, Greenbelt, Md.

Higgins, R. W., K. C. Mo, and S. D. Schubert (1996), The moisture budget of the central United States as evaluated in the NCEP/NCAR and the NASA/DAO reanalysis, *Mon. Weather Rev.*, *124*, 939–963.

Hirabayashi, Y., S. Kanae, T. Oki, and K. Musiake (2003), Application of satellite-derived surface soil moisture data to simulating seasonal precipitation by a simple soil moisture transfer method, *J. Hydrometeorol.*, *4*, 929–943.

Houser, P. R., W. J. Shuttleworth, J. S. Famiglietti, H. V. Guputa, K. H. Syed, and D. C. Goodrich (1998), Integration of soil moisture remote sensing and hydrologic modeling using data assimilation, *Water Resour. Res.*, *34*, 3405–3420.

Huffman, G. J., R. F. Adler, P. Arkin, A. Chang, R. Ferraro, A. Gruber, J. Janowiak, A. McNab, B. Rudolf, and U. Schneider (1997), The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) combined precipitation data set, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *78*, 5–20.

Huffman, G. J., R. F. Adler, M. M. Morrissey, S. Curtis, R. Joyce, B. McGavock, and J. Susskind (2001), Global precipitation at one-degree daily resolution from multi-satellite observations, *J. Hydrometeorol.*, *2*, 36–50.

Kalnay, E., et al. (1996), The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *77*, 437–471.

Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S.-K. Yang, J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter (2002), NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2), *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *83*, 1631–1643, doi:10.1175/BAMS-83-11-1631.

Kimball, J. S., S. W. Running, and R. Nemani (1997), An improved method forestimating surface humidity from daily minimum temperature, *Agric. For. Meteorol.*, *85*, 87–98.

Legates, D. R., and C. J. Willmott (1990), Mean seasonal and spatial variability in gauge-corrected, global precipitation, *Int. J. Climatol.*, *10*, 111–127.

Lohmann, D., et al. (2004), Streamflow and water balance intercomparisons of four land surface models in the North American Land Data Assimilation System project, *J. Geophys. Res.*, *109*, D07S91, doi:10.1029/2003JD003517.

Manabe, S. (1969), Climate and the ocean circulation, I. The atmospheric circulation and the hydrology of the earth's surface, *Mon. Weather Rev.*, *97*, 739–774.

Matalas, N. C. (1967), Mathematical asessment of synthetic hydrology, *Water Resour. Res.*, *3*, 937–945.

Maurer, E. P., G. M. O'Donnell, D. P. Lettenmaier, and J. O. Roads (2001), Evaluation of the land surface water budget in NCEP/NCAR and NCEP/DOE reanalyses using an off-line hydrologic model, *J. Geophys. Res.*, *106*(D16), 17,841–17,862.

Maurer, E. P., A. W. Wood, J. C. Adam, and D. P. Lettenmaier (2002), A long-term hydrologically based data set of land surface fluxes and states for the conterminous United States, *J. Clim.*, *15*, 3237–3251.

Milly, P. C. D., and K. A. Dunne (2002), Macroscale water fluxes 1. Quantifiying errors in the estimation of basin mean precipitation, *Water Resour. Res.*, *38*(10), 1205, doi:10.1029/2001WR000759.

Milly, P. C. D., and A. B. Shmakin (2002), Global modeling of land water and energy balances. part I: The Land Dynamics (LaD) model, *J. Hydrometeorol.*, *3*, 282–299.

Milly, P. C. D., R. T. Wetherald, K. A. Dunne, and T. L. Delworth (2002), Increasing risk of great floods in a changing climate, *Nature*, *415*, 514–517.

Mitchell, K. E., et al. (2004), The multi-institution North American Land Data Assimilation System (NLDAS): Utilizing multiple GCIP products and partners in a continental distributed hydrological modeling system, *J. Geophys. Res.*, *109*, D07S90, doi:10.1029/2003JD003823.

Murray, F. W. (1967), On the computation of saturation vapor pressure, *J. Appl. Meteorol.*, *6*, 203–204.

New, M., M. Hulme, and P. Jones (2000), Representing twentieth century space-time climate variability. part II: Development of 1901–1996 monthly grids of terrestrial surface climate, *J. Clim.*, *13*, 2217–2238.

Nijssen, B., R. Schnur, and D. P. Lettenmaier (2001a), Global retrospective estimation of soil moisture using the Variable Infiltration Capacity land surface model, 1980–93, *J. Clim.*, *14*, 1790–1808.

Nijssen, B., R. Schnur, and D. P. Lettenmaier (2001b), Predicting the discharge of global rivers, *J. Clim.*, *14*, 3307–3323.

Numaguti, A., M. Takahashi, T. Nakajima, and A. Sumi (1997), Study on the climate system and mass transport by a climate model, in *CGER's Supercomputer Monograph Report*, vol. 3, Natl. Inst. for Environ. Res., Environ. Agency of Jpn., Tokyo.

Oki, T., and Y. C. Sud (1998), Design of Total Runoff Integrating Pathways (TRIP) – A global river channel network, *Earth Interactions*, *2*.

Oki, T., T. Nishimura, and P. Dirmeyer (1999), Assessment of annual runoff from land surface models using Total Runoff Integrating Pathways (TRIP), *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, *77*, 235–255.

Oki, T., Y. Agata, S. Kanae, T. Saruhashi, D. Yang, and K. Musiake (2001), Global assessment of current water resources using Total Runoff Integrating Pathways, *Hydrol. Sci. J.*, *46*, 983–996.

Priestley, C. H. B., and R. J. Taylor (1972), On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters, *Mon. Weather Rev.*, *100*, 81–92.

Ramankutty, N., and J. A. Foley (1999), Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992, *Global Biogeochem. Cycles*, *13*, 997–1027.

Richardson, C. W. (1981), Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation, *Water Resour. Res.*, *17*, 182–190.

Roads, J., and A. Betts (2000), NCEP/NCAR and ECMWF reanalysis surface water and energy budgets for the Mississippi River basin, *J. Hydrometeorol.*, *1*, 88–94.

Robock, A., K. Y. Vinnikov, G. Srinivasan, J. K. Entin, S. E. Hollinger, N. A. Speranskaya, S. Liu, and A. Namkhai (2000), The Global Soil Moisture Data Bank, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *81*, 1281–1299.

Rubel, F., and M. Hantel (1999), Correction of daily rain gauge measurements in the Baltic sea drainage basin, *Nord. Hydrol.*, *30*, 191–208.

Running, S. W., and J. C. Coughlan (1988), A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. Hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes, *Ecol. Modell.*, *41*, 125–154.

Sellers, P. J., S. O. Los, C. J. Tucker, C. O. Justice, D. A. Dazlich, G. J. Collatz, and D. A. Randall (1996), A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part II: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data, *J. Clim.*, *9*, 706–737.

Shver, T. A. (1976), *Precipitation Over the USSR Territory (in Russian)*, Gidrometeoizdat, Leningrad.

Simmons, A. J., and J. K. Gibson (2000), ERA-40 project plan, technical report, Eur. Cent. for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, England.

Stieglitz, M., J. Rind, J. Famiglietti, and C. Rosenzweig (1997), An efficient approach to modeling the topographic control of surface hydrology for regional and global climate modeling, *J. Clim.*, *10*, 118–137.

Takata, K., S. Emori, and T. Watanabe (2003), Development of the minimal advanced treatments of surface interaction and runoff, *Global Planet. Change*, 209–222.

Tetens, O. (1930), Uber einige meteorologische Begriffe, *Z. Geophys.*, *6*, 297–309.

Thom, H. (1958), A note on the gamma distribution, *Mon. Weather Rev.*, *86*, 117–122.

U.S. Geological Survey (1996), Global 30 arc second elevation data set (GTOPO30), Sioux Falls, S. D. (Available at http://edcdaac.usgs.gov.gtopo30/gtopo30.html)

U.S. Geological Survey (2003), Global land cover characteristics database, Sioux Falls, S. D. (Available at http://LPDAAC.usgs.gov/glcc/globdoc2_0.html)

Vörösmarty, C. J., P. Green, J. Salisbury, and R. B. Lammers (2000), Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth, *Science*, *289*, 284–288.

Watanabe, T. (1994), Bulk parameterization for a vegetated surface and its application to a simulation of nocturnal drainage flow, *Boundary Layer Meteorol.*, *70*, 13–35.

Zhang, C., D. A. Dazlich, and D. A. Randall (1999), Simulations of soil moisture and surface water balance using the Simple Biosphere Model 2, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, *77*, 217–234.

Y. Hirabayashi, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, 4-3-11 Takeda, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan. (hyukiko@yamanashi.ac.jp)

S. Kanae, Research Institute for Humanity and Nature, 335, Takashima-cho, Kamigyo-ku, Kyoto 602-0878, Japan. (kanae@chikyu.ac.jp)

T. Oki, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, Japan. (taikan@rainbow.iis.u-tokyo.ac.jp)

I. Struthers, Center for Water Research, University of Western Australia, M015, 35, Stirling Highway, Crawley, WA 6009, Australia. (struther@cwr.uwa.edu.au)

Scientific paper

Proposal for Quantitative Evaluation Methodology of Inspection Value in Maintenance of Concrete Structures Based on Repair-Risk

Yoshitaka Kato[1] and Taketo Uomoto[2]

Received 16 February 2005, accepted 8 July 2005

Abstract

Appropriate asset management requires the accurate prediction of the future performance of a structure until the end of its life cycle. However, predictions of concrete structure deterioration are often executed with uncertain information since structure qualities may differ from design due to construction errors. A more accurate prediction can be obtained by inspecting the actual structure, but random inspections are not useful since the entire structure should be maintained. If the influence of inspection on the accuracy of prediction results can be quantitatively evaluated, then an efficient inspection plan that prioritizes structures can be developed.

In this research, a repair-risk method is proposed to quantitatively evaluate the effect of inspection on the accuracy of predicted results. The repair-risk was calculated using the predicted results of concrete deterioration caused by corrosion-induced damage due to salt attack. The repair-risk method also considers the risk curve of the repair cost. Even when multiple structures are to be managed, an inspection plan (selecting inspection items, evaluating the effect of the inspection method, and selecting structures) can be designed using the proposed method.

1. Introduction

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2003, **Fig. 1**) forecast that in 2025 annual maintenance costs in Japan will reach approximately 9 trillion yen, which will represent approximately 70 to 80% of total annual construction investment forecast for that year. In 2020, huge stocks that were constructed during Japan's period of high economic growth will be approximately 50 years old. Consequently, maintenance cost will drastically increase. To address this problem, some researchers have proposed using asset management to efficiently maintain existing stocks. Asset management, which is based on the concept that the portfolio is optimized in order to maximize asset value, is one of the important tasks of banking circles. The sales transaction is one of the methodologies of asset management in the fields of finance and real estate. However, infrastructures cannot be treated as products subject to buying and selling and this point greatly differentiates them from financial products. Instead, an important point of asset management in the civil engineering field is to minimize life cycle cost while securing safety and user satisfaction as concerns facilities. As asset management in the civil engineering field lacks a clear definition, the definition and methodology of asset management are not discussed in this paper.

To appropriately perform asset management, the future performance of a structure must be accurately predicted until the end of its life cycle. However, predictions of concrete structure deterioration are often executed with uncertain information since structure qualities may

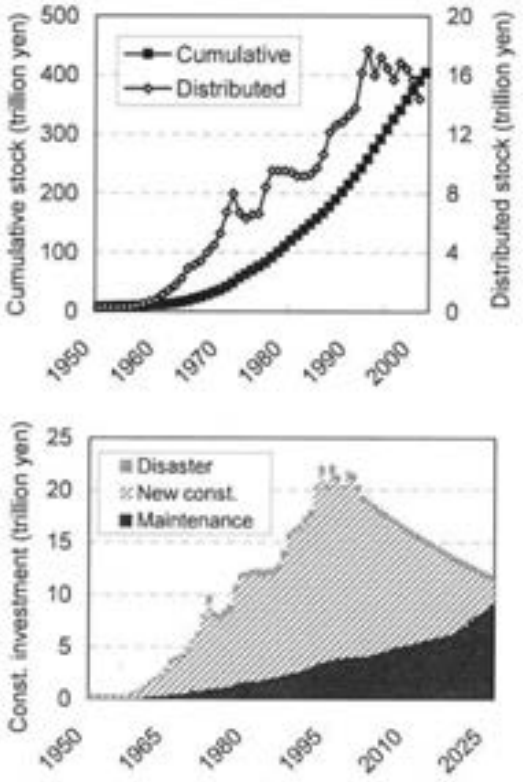


Fig. 1 Cumulative stock statistics and breakdown of construction investment (Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2003).

[1]Assistant professor, International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan.
E-mail: katoyosh@iis.u-tokyo.ac.jp
[2]Director and Professor, International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan.

differ from design due to construction errors. Therefore, predictions are often inaccurate. Consequently, which repair/strengthening should be performed and their timings are very difficult to determine. Information acquired using several types of inspection techniques, such as ultrasonic testing, infrared thermography, etc., is useful for addressing this problem. A more accurate prediction can be obtained by inspecting the actual structure, but random inspections are not useful since the entire structure should be maintained. If the influence of inspection on the accuracy of prediction results can be quantitatively evaluated, then an efficient inspection plan that prioritizes structures can be developed.

The repair-risk method is proposed to evaluate the effects of inspection on the accuracy of predicted results. The methodology of the repair-risk plan is explained below.

2. What is uncertain information?

In this research, corrosion-induced damage due to salt attack, which causes serious deterioration of concrete structures in Japan and can be predicted with moderate accuracy, was selected to evaluate the effect of inspection on the accuracy of predicted results.

Figure 2 shows the deterioration process of corrosion-induced damage due to salt attack. The reinforcing bar begins to corrode at the end of Stage 1. According to "Standard specification for concrete structures" (JSCE (2005)), Stage 1 is defined as the time required for the Cl⁻ content on the surface reinforcing bar to reach 1.2 (kg/m^3). A concrete crack induced by corrosion of the reinforcing bar is generated at the end of Stage 2. Although the typical threshold amount of corrosion for crack onset depends on the bar diameter and cover concrete thickness, it is approximately 10 (mg/cm^2). To simulate Stage 1, diffusion analysis based on Fick's second law was applied and Stage 2 was simulated using the model proposed by Matsumura et al. (1999). This proposed model was based on regression analysis of a lot of experimental data-sets.

$$C(x,t) = C_0\left(1 - erf\frac{x}{2\sqrt{D_d t}}\right) \tag{1}$$

where C: Cl⁻ content (kg/m^3), C_0: Cl⁻ content at the surface concrete (kg/m^3), x: distance from the concrete surface (cm), D_0: apparent diffusion coefficient of Cl⁻ (m^2/s), t: time (s), erf: error function.

Equation (2), which is based on the relationship between the corrosion speed of the reinforcing bar and the concrete resistance, was used to calculate the period of Stage 2.

$$\begin{aligned}
&\log V_{corr} = 33.1(R_{Rc}) + Y \quad (R_{Rc} \le 0.04)\\
&\log V_{corr} = 33.1 \times 0.04 + Y \quad (R_{Rc} \ge 0.04)\\
&Y = 0.457 \cdot C'' - 9.79 \quad (C'' \le 6.89 kg/cm^3)\\
&Y = -6.64 \quad (C'' \ge 6.89 kg/cm^3)\\
&\log((R_{Rc})_{L,H}) = A + B_{L,H}\sqrt{t}\\
&B_{L,H} = -0.007744 + 0.0018 \times L + 0.00037 \times H
\end{aligned} \tag{2}$$

where V_{corr}: corrosion speed (mg/cm^2/year), R_{Rc}: reciprocal of concrete resistance (1/Ω), C'': Cl⁻ content (kg/cm^3) A: constant (-1.216), L: cover concrete thickness (cm), H: relative humidity (%).

To predict the deterioration degree of corrosion-induced damage due to salt attack using the above-mentioned model, the following information is required: 1) the apparent diffusion coefficient of Cl⁻ on cover concrete, 2) the cover concrete thickness, and 3) environmental conditions (the Cl⁻ content on surface concrete and relative humidity).

The Cl⁻ content on surface concrete is governed by environmental conditions such as distance from the seashore, wind, temperature, humidity, and so on. Therefore, the Cl⁻ content on surface concrete should be determined by considering the environmental conditions. There is little research on the Cl⁻ content on surface concrete. As a result, the Cl⁻ content on surface concrete cannot be automatically determined according to the environmental conditions. Therefore, in this study, the Cl⁻ content on surface concrete was determined using the distance from seashore based on JSCE (2005). Furthermore, it is very difficult to set up relative humidity precisely because relative humidity changes drastically with the weather. In this research, the relative humidity was set to a constant value (80%), but this will remain a problem in the future.

Consequently, the above model requires the following information to predict the degree of corrosion-induced deterioration due to salt attack: 1) the apparent diffusion coefficient of Cl⁻ on cover concrete, and 2) the cover concrete thickness. The actual values of these two pa-

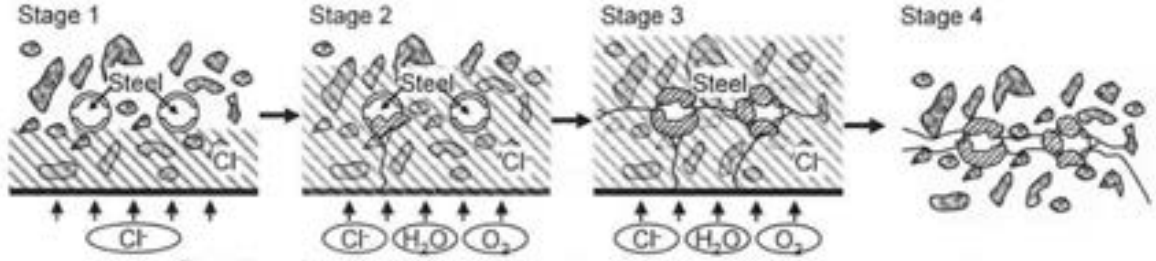


Fig. 2 Deterioration process of corrosion-induced damage due to salt attack.

rameters differ from the design values due to construction errors, such as poor consolidation, segregation, poor curing, etc. As a result, these two parameters are uncertain information.

Applied models involve uncertainty because the influence of parameters on the prediction results (sensitivity of parameters) depends on the applied model. A large number of models have been proposed to predict corrosion-induced damage due to salt attack. However, which model can predict with the best accuracy has not been clarified. The purpose of this research is the proposal of methodology to evaluate the effect of inspection. The detailed parts of the proposed model, such as the applied model, setup of uncertain information, etc., are provided only as examples.

3. Setup of uncertain information

The apparent diffusion coefficient of Cl⁻ and the cover concrete thickness are uncertain information. The following sections describe how each factor was determined.

3.1 Determining apparent diffusion coefficient of Cl⁻

There are numerous measurements on the apparent diffusion coefficient of Cl⁻. However, these results cannot be directly compared since different methods were used to calculate the apparent diffusion coefficient of Cl⁻. To resolve this problem, Maeda et al. (2002) reanalyzed 1500 data sets that had been reported in the last 27 years using the same method for each data set. **Figure 3** shows an example of a reanalyzed result and the relationship between W/C and the apparent diffusion coefficient of Cl⁻ (D_{Cl}). It was determined that the standard deviation of D_{Cl} is quite large since D_{Cl} is affected by several factors, including construction error, mix-proportion, material properties, and so on. Ishida et al. (2001) quantitatively analyzed the variation in concrete quality in a concrete structure using a test specimen that assumed the actual concrete structure. They concluded that the variation coefficient of carbonation speed is approximately 30 (%) due to construction errors. Thus, the variation in the apparent diffusion coefficient of Cl⁻ due to construction error was ± 30 (%) of the design value based on the previous research result (Ishida et al. (2001)). The design value of the apparent diffusion coefficient of Cl⁻ was also calculated based on the previous research result (Kato *et al.* 2005).

3.2 Determining the cover concrete thickness

It is very difficult to quantitatively evaluate the variation in cover concrete thickness due to construction errors. The variation was determined based on investigation results (Tanimura *et al.* 2003). The numbers of measurement parts are listed in **Table 1**. **Figure 4** shows the average deviation in the cover concrete thickness from the design value due to construction errors. A positive

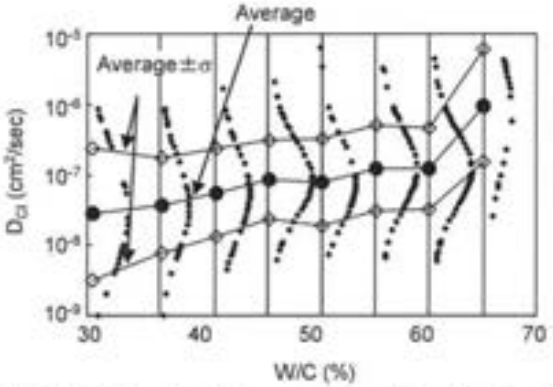


Fig. 3 Relationship between W/C and D_{Cl} (Maeda et al. 2002).

Table 1 Number of measurements.

A	B	C	D
20 (2,971)	26 (767)	59 (2,406)	19 (2,688)
E	F	G	H
22 (2,210)	8 (615)	16 (915)	26 (1,449)

Note: Number of measurement sides (number of measurements)

value of the vertical axis indicates that the cover concrete thickness is thicker than the design value and a negative value means the cover concrete thickness is thinner than the design value. The vertical axis shows the measurement parts. **Figure 5** shows the standard deviation of the cover concrete thickness due to construction errors. "Ave", "Max" and "Min" in the explanatory notes were calculated by the following equation.

$$R_{is} = \frac{\sum_{n=1}^{n_{is}} C_{isn}}{n_{is}}, \quad S_{is} = SD(C_{isn})$$
$$Ave_i = \frac{\sum_{s=1}^{n_i} R_{is}(orS_{is})}{n_i} \qquad (3)$$
$$Max_i = \max(R_{is}(orS_{is}) : s = 1, n_i)$$
$$Min_i = \min(R_{is}(orS_{is}) : s = 1, n_i)$$

where C_{isn}: (measurement value minus design value), n_{is}: number of measurements on side (s) in member (i), R_{is}: average value of C_{isn} on side (s) in member (i), S_{is}: standard deviation of C_{isn} on side (s) in member (i)n_i: number of measurement sides in member (i), i: A-H member, s: side, n: measurement part

Based on these investigation results, the variations in the cover concrete thickness due to construction errors were determined using the following procedures.

[Maximum of R_{is} (□ in **Fig. 4**) plus maximum of S_{is} (□ in **Fig. 5**)] of each side was calculated. The average of the calculated values was defined as A-max. A-max means the average value of the maximum variation in the cover

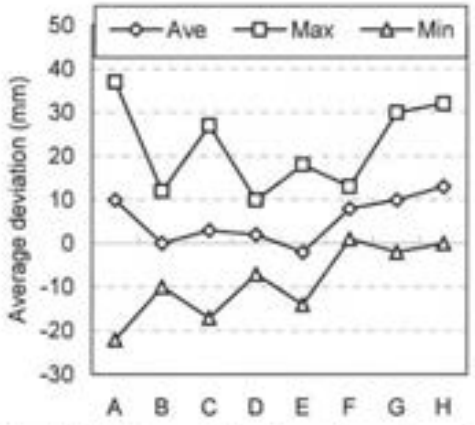
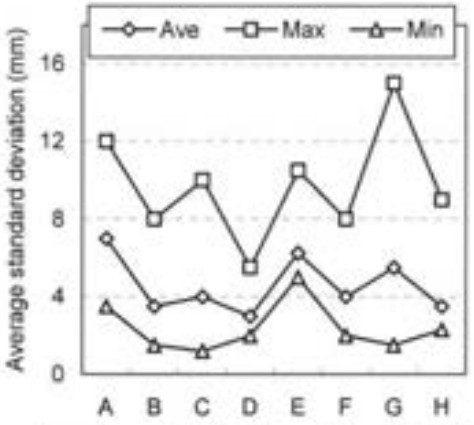


Fig. 4 Average of deviation in cover concrete thickness from design value.



A: Pillar side, B: Lower side of upper layer beam, C: Upper layer beam side, D: Lower side of middle slab
E: Lower side of overhang slab, F: Lower side of main girder, G: Lower side of main girder, H: Main girder side

Fig. 5 Average of standard deviation in cover concrete thickness from design value.

concrete thickness when C_{ion} is larger than 0. [Minimum of R_{ik} (Δ in **Fig. 4**) minus maximum of S_{ik} ($\square$ in **Fig. 5**)] of each side was also calculated. The average of the calculated values was defined as A-min. A-min means the average value of the maximum variation in the cover concrete thickness when C_{ion} is smaller than 0. The average value of A-max and absolute value of A-min were defined as the "variation in the cover concrete thickness due to construction errors (A-all in **Table 2**)," which is assumed to be three times the standard deviation of the cover concrete thickness due to construction errors (3σ, σ: standard deviation in **Table 2**).

Table 2 lists the calculated results. The design values of the cover concrete thickness of the investigated structures were from 30 to 50 (mm), so that the coefficients of variation were from 17 to 28 (%). In this research, the coefficient of variation of the cover concrete thickness due to construction errors was set to be 20 (%) based on this calculated result.

4. Designing an inspection plan using the repair-risk method

4.1 Predicting corrosion-induced damage due to salt attack with uncertain information

Prediction corrosion-induced damage due to salt attack with uncertain information was executed with the following method.

1) The variation in the apparent diffusion coefficient of Cl^- (D_{Cl}) and the cover concrete thickness (T_c) are based on the method described in Chapter 3.
2) 1000 pairs (D_{Cl}, T_c) are generated using a Monte Carlo simulation.
3) Crack generation time due to corrosion is calculated based on Chapter 2 and (D_{Cl}, T_c).
4) The calculation result is expressed as a probability density distribution.

Table 2 Calculated result of standard deviation in the cover concrete thickness (mm).

A-max	A-min	A-all	Standard deviation (σ)
32.1	-18.6	25.4	8.5

Table 3 Calculation conditions.

	Environmental condition	W/C	Tc (cm)	CGT (year)
Case1	Splash zone	0.5	7.5	11
Case2	Splash zone	0.4	10	27
Case3	100 m from seashore	0.5	7.5	27
Case4	500 m from seashore	0.6	5	44
Case5	500 m from seashore	0.5	7.5	77
Case6	250 m from seashore	0.4	10	85

Table 3 lists the calculation conditions. The crack generation time (CGT) in **Table 3** indicates the prediction result using design value (D_{Cl}, T_c).

It is thought that a maintenance management plan can be designed using the maximum likelihood value obtained from the calculated result. **Figure 6** shows the calculated results. The probability density distribution of CGT depends on the setting conditions, but an appropriate repair time cannot be determined since CGT cannot be fixed. Thus, it is very difficult to develop an effective maintenance management plan based on these prediction results since the probability density distribution vastly differs for each case.

4.2 Repair-risk

The total repair cost during the life cycle of a structure was calculated based on the following conditions.

- Repair method: A-method (cost = 1, validity term = 20 (years))
- Service period: 100 years
- Periodic inspection are conducted every 5 years

In this research, the effect of repair was assumed to be

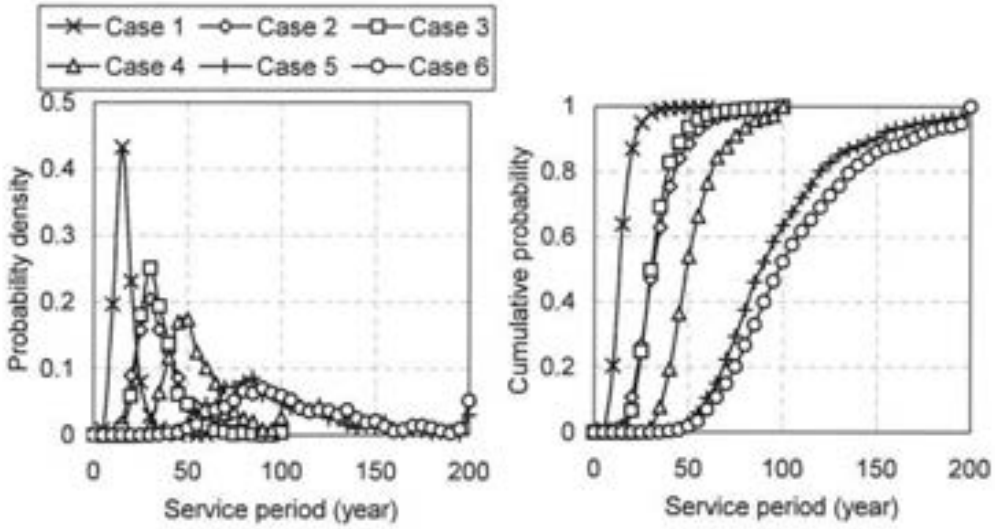


Fig. 6 Probability density of crack generation time due to salt attack.

constant regardless of calculation conditions. Therefore, repair work is to be repeated every 20 years after the first repair work. Strictly speaking, the validity term of repair should change depending on the environmental conditions. However, repair design, for example, selection method of appropriate repair methods corresponding to environmental conditions, prediction of deterioration of repaired concrete, etc., has not been established at this time. It is therefore difficult to consider the effect of repair corresponding to the environmental conditions in this proposed method at present. We plan to improve the proposed method through the establishment of repair design in the future.

Figure 7 shows a sample calculation for the total repair cost with a cumulative CGT probability. For instance, the total repair cost is 5 when CGT is less than 20 years. Based on this calculation result, the relationship between the total repair cost and the cumulative probability can be obtained (**Fig. 8**). The scheduled repair cost for each case is calculated based on CGT in **Table 3**. For example in Case 1, CGT is 11 years so that the first repair work should be done at that time. After that, repair work should be repeated every 20 years until the end of the service period based on the above-mentioned assumption. As a result, the total number of repair works is 5 times and the total repair cost can be obtained as 5. **Table 4** shows the calculated results.

The difference between a scheduled repair cost and the actual repair cost is calculated by comparing **Fig. 8** and **Table 4**. A structure can be safely managed without monetary concerns if the probability that the actual repair cost is lower than the scheduled repair cost is high. Such a situation may seem to be risk-free. However, according to ISO/IEC Guide 73 (2002), risk is "the combination of the probability of an event and its consequences." The ISO/IEC guide notes that "consequences can range from positive to negative" and "in some situations, risk arises from the possibility of deviation from the expected outcome or event." This definition could be thought to apply

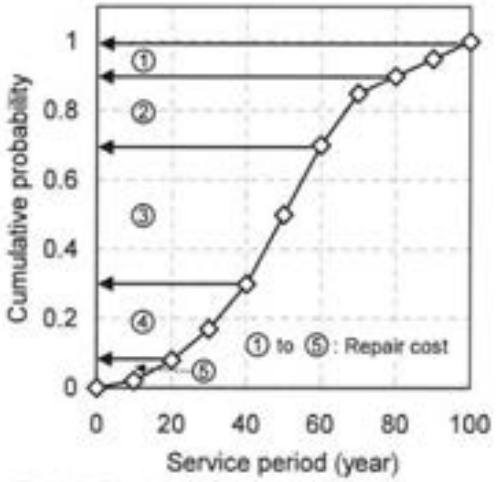


Fig. 7 Sample calculations of repair cost.

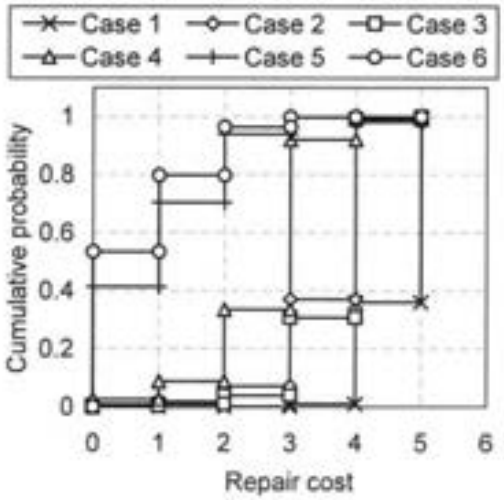


Fig. 8 Risk curve of repair cost.

Table 4 Scheduled repair cost.

Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
5	4	4	3	2	1

to repair cost, as follows. The budget for repair works remains partially unspent if the actual repair cost is lower than the scheduled repair cost. This situation is not per se a problem when thinking only in terms of repair work. However, if the existence of a left-over budget is clarified beforehand, the remainder can be invested in other things such as the development of new businesses and new technologies. Such a situation presents risks from a socioeconomic point of view. Therefore, the risk regarding the repair cost (repair-risk) can be defined as "the degree of difference from the scheduled repair cost" and expressed as the following equation.

$$\text{Repair-risk} = \sum_{t=t}^{100} (\text{Repair-risk density})_t \qquad (4)$$

Repair-risk density =

(| Scheduled repair cost – actual repair cost | ×

probability density)$_t$

where probability density: probability density of CGT (**Fig. 6**)

The necessity of repair is usually assessed after a periodic inspection. Therefore, the repair-risk density is calculated at the same interval as the periodic inspection (5 years) and the repair-risk is defined as the sum of the repair-risk density until the end of the service life of the structure. Moreover, when the service period has passed (t years), the fact that it was not necessary to perform repairs until t (year) is obtained. Therefore, the repair-risk is defined as the sum of the repair-risk density from t (years) to the end of the service life (100 (years)).

Figure 9 shows the calculated results from the repair-risk method. In this case study, the repair-risk is the highest for Case 5, while Case 1 has the lowest repair-risk throughout the service life of the structure. In Case 1, the deviation in CGT from the design value is the lowest (**Fig. 6**). As a result, the repair-risk of Case 1 is the lowest of all cases. On the other hand, the deviation of Case 5 in CGT from the design value is very high (**Fig. 6**). It is almost the same as that of Case 6. However, the calculation result of the repair-risk differs for these two cases differ, owing to the difference in scheduled cost. The influence of concrete quality variations on repair cost can be quantitatively evaluated using the repair-risk method.

4.3 Selecting inspection items and evaluating the accuracy of the inspection method

Executing various inspections reduces the degree of variation in concrete quality. In this section, the effect of the inspections is evaluated using the repair-risk method.

If the actual D_{Cl} and T_c values are the same as the design values, then the repair-risk following the execution of inspections can be calculated. **Figure 10** shows sampled calculation results. "C1" and "C5" mean Case 1 and Case 5, respectively. "Un" indicates the calculated result before inspection. "Tc" means that the inspection only measured T_c, while "DCI" indicates that the inspection only measured D_{Cl}. For Case 1, measuring T_c can greatly decrease the repair-risk over a service period (= 20 (years)) and measuring D_{Cl} can decrease the repair-risk after 20 (years). However, for Case 5, the repair-risk is almost the same as "Un" even if D_{Cl} is measured. Based on these facts, it is concluded that the items to be inspected can be prioritized by using the repair-risk method. In this case study, it was more effective to measure T_c. However, the evaluation results clearly depend on the

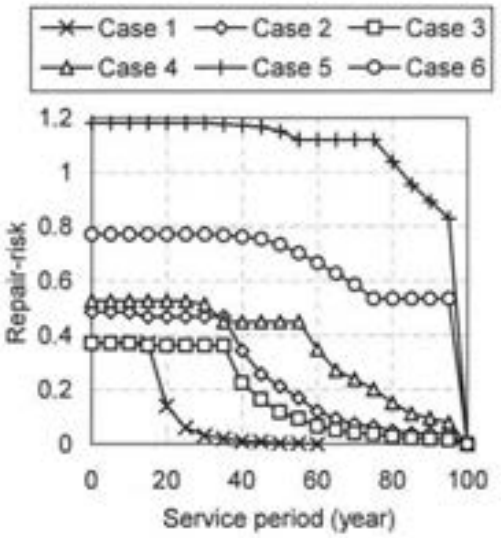


Fig. 9 Repair-risk.

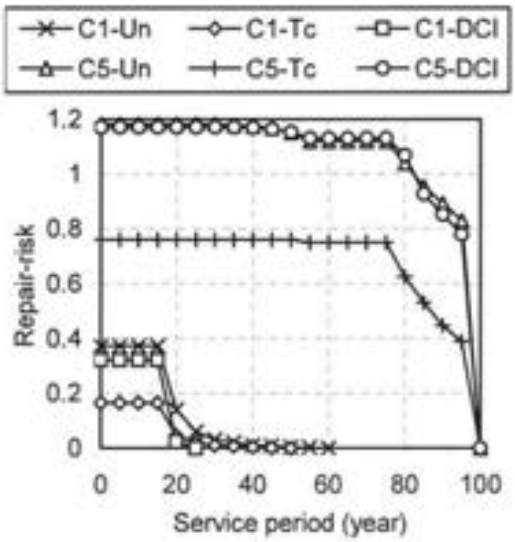


Fig. 10 Repair-risk before and after inspection.

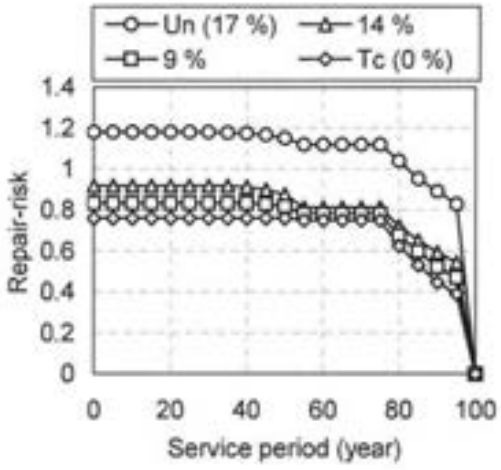


Fig. 11 Effect of inspection method accuracy.

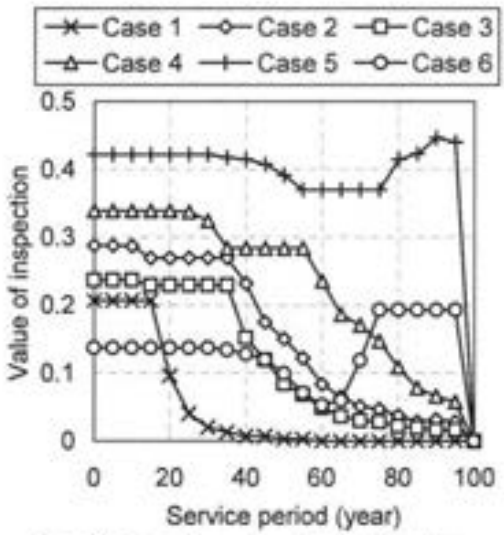


Fig. 12 Inspection value of each structure.

degree of variation for each items (T_c, D_{Cl}) used to predict the concrete structure deterioration. Therefore, measuring T_c in actual situations is not always effective. It is emphasized that the purpose of this research is to propose a methodology that evaluates the effect of executing inspections.

The repair-risk method can also quantitatively evaluate how accurate the inspection method is for the repair cost risk. The calculated result in **Fig. 10** assumes that the coefficient of T_c variation becomes 0 (%) when inspections are performed. Herein, the repair-risk for each case is calculated assuming that the inspection methods can decrease the coefficient of T_c variation from 20 (%) to 14 (%) and 9 (%). Thus, these values fail to simulate actual inspection methods. Here, in order to grasp the sensitivity of the accuracy of the inspection method, the coefficient was negligently set. The coefficient should be set according to the actual accuracy of the inspection if this method is to be applied to the actual situation. **Figure 11** shows the calculated results and indicates that the accuracy varies depending on the inspection method. Therefore, if the accuracy of the applied inspection method is known, its effect can be quantitatively evaluated by the proposed method.

4.4 Prioritizing structures to be inspected

It is clear that executing inspections can decrease the repair-risk. The difference between the repair-risk before and after an inspection quantifies the inspection value. **Figure 12** shows the calculated results for the inspection value when T_c is measured. From this figure, the value of the inspection for Case 5 is highest throughout the service life, but the inspection values change with time in the other cases. For example, when the evaluation is executed with a service period = 20 (years), the inspection value decreases in the order of Case 5, Case 4, Case 2, Case 3, Case 6, and Case 1. Therefore, it is concluded that the repair-risk method can prioritize which structures to inspect.

5. Conclusions

In this research, a repair-risk method was proposed to quantitatively evaluate the effect of inspection on the accuracy of predicted results. The repair-risk method, which was calculated using the predicted results for concrete deterioration due to corrosion-induced damage from salt-attack, was proposed. The repair-risk method also considers the variations in concrete quality and the risk curve of the repair cost. Even when multiple structures are to be managed, an inspection plan (selecting inspection items, evaluating the accuracy of the inspection method, and selecting structures) can be designed using the proposed method.

The main purpose of this research is to develop new, effective methodology that maintains multiple concrete structures. The calculated results of each case depend on how the concrete quality variations are determined. Methodology on how 1) to determine the variation in the concrete quality, 2) to evaluate the effect of environmental conditions, and 3) to select the repair method that corresponds to the concrete deterioration, will be proposed in a future method. In addition, the proposed method will be improved so that the cost-effectiveness of the inspection can be quantitatively evaluated.

References

Ishida, T., Kato, T., Ninomiya, S. and Maekawa, K. (2001). "Quantitative evaluation of non-uniform quality of concrete in RC members." *Concrete Library of JSCE*, 38, 183-205.

ISO/IEC Guide 73 (2002). "Risk management –Vocabulary– Guidelines for use in standards."

Japan Society of Civil Engineers (2005). "Standard specifications for concrete structures-2001 (Maintenance)."

Kato, Y. and Uomoto, T. (2005). "Modeling of effective diffusion coefficient of substances in concrete

considering spatial properties of composition materials." *Journal of Advanced Concrete Technology* [online], 3 (2), 241-251. Available from: <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/jact/3/2/_contents> [Accessed 11 July 2005].

Maeda, S., Takewaka, K., Yamaguchi, T. and Kitabatake, H. (2003). "Analysis of data on chloride diffusion process into concrete under marine environment." *Proceedings of EASEC-9*, CMT-136-141.

Matsumura, T., Kanazu, T. and Nishiuchi, T. (1999). "An evaluation method for corroding of reinforcement in concrete structure located in seashore atmosphere." *Journal of Materials, Concrete Structures and Pavements*, JSCE, 634, 303-314. (in Japanese)

Tanimura, Y., Hasegawa, M., Sogabe, M. and Sato, T. (2003). "Construction error of concrete cover in railway viaduct." *Proceedings of the JCI*, 25 (2), 1843-1848. (in Japanese)

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2003). "White paper on land, infrastructure and transportation in Japan." (in Japanese)

Validation of Temporal BRDFs of Paddy Fields Estimated From MODIS Reflectance Data

Junichi Susaki, *Member, IEEE*, Keitarou Hara, JongGeol Park, Yoshizumi Yasuda, Koji Kajiwara, and Yoshiaki Honda

***Abstract*—The effect of the bidirectional reflectance distribution function (BRDF) is one of the most important factors in correcting and validating the reflectance obtained from remotely sensed data. While the importance of BRDF has become widely recognized, bidirectional reflectance factor (BRF) data measured for correction and validation are insufficient because of the technical difficulty of the measurement. The primary objective of the present research is to estimate BRDF effects from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. Temporal ground-based BRDFs of rice paddy fields were estimated from ground measurements conducted in June and August 2002. MODIS-derived BRDFs obtained from MODIS reflectance data and ground-based BRDFs were estimated using the reciprocal form of the RossThick and LiSparse (RossThick–LiSparse-R) kernels, a semiempirical BRDF model adopted for the operational MODIS BRDF product. The MODIS-derived band 1 (620–680 nm) and band 2 (841–876 nm) BRDFs were compared with the ground-based BRDFs corresponding to the same waveband, respectively. The comparison results demonstrate that BRDFs of paddy fields change in accordance with paddy growth and that MODIS-derived BRDFs are closely related to ground-based BRDFs in most of the cases. It was also revealed that MODIS-derived BRDFs can be estimated to a high degree of accuracy when MODIS data necessary for the estimation are available.**

***Index Terms*—Bidirectional reflectance distribution function (BRDF), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), paddy fields, validation.**

I. Introduction

VEGETATED and barren land covers on earth have anisotropic reflectance characteristics, called the bidirectional reflectance distribution function (BRDF). Analysis of BRDF might contribute to: 1) the normalization of multiangular reflectance observation [1], [2]; 2) the derivation of albedo from an angular integration of the BRDF [3]; and 3) the interpretation of the shape of the BRDF in terms of land surface properties [4]–[7]. A BRDF can be used to adjust reflectance to the reflectance at nadir, which is known as normalization of reflectance and which enables comparison of data observed from different angles [8], [9]. Although the first two applications have been established and well explored, the third remains experimental [2].

Multiangular observation from satellite remote sensing has potential as a means of providing BRDF information on various land covers. Some sensors, such as the Polarization and Directionality of Earth's Reflectances (POLDER) [10], [11] and Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer (MISR) [12], are designed to observe at multiangular geometry. Wide-swath satellite sensors such as the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) [13], [14] and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) [15] can build up sequential angular views over a period of hours or days. Therefore, BRDF effects cannot be neglected in using data of sensors having a wide swath.

The algorithm of the operational MODIS BRDF/Albedo products is based on a kernel-driven linear BRDF model. The products include directional hemispherical albedo (black-sky albedo), bihemispherical albedo (white-sky albedo), nadir BRDF-adjusted surface reflectances (NBAR), model parameters describing the BRDF, and extensive quality assurance information [16]. Albedo is a physical parameter that describes the optical reflectance of the land surface. Albedo is commonly defined as the reflectance of a surface integrated with respect to both wavelength (usually between 0.3 and 3.0 μm) and angle (i.e., for all directions within the hemisphere above the surface), and more accurate and reliable estimates of earth surface albedo can only be obtained through knowledge of the BRDF. Integration of the BRDF with respect to both wavelength and the angle of exitance yields the albedo [17]. In the operation of MODIS BRDF/Albedo products, albedos are derived from the estimated parameters of the kernel-driven BRDF model. Therefore, BRDF is one of the most important factors for accurate terrestrial monitoring and for the derivation of biophysical information from the ground surface.

BRDF is also recognized to be important and useful in deriving physical parameters. BRDF can never be measured directly, and the bidirectional reflectance factor (BRF) is the most closest possible field measurement to the fundamental BRDF. BRF is defined as the ratio of the reflectance of the surface to that of a perfectly Lambert surface under the same conditions of illumination and viewing directions [18]. Field BRF measurements are not truly bidirectional, because incoming solar radiation does not have a unique direction but rather an angular distribution determined by the turbidity of the atmosphere [19]. For narrow instantaneous field-of-view (IFOV) radiometers, the term "bidirectional reflectance factor" is deemed appropriate [8]. While a number of field experiments to collect BRF data measurements have been conducted [8], [20], measured BRF

Manuscript received November 3, 2003; revised January 25, 2004. This work was supported in part by the Academic Frontier Joint Research Center, Tokyo University of Information Sciences, which is supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, and in part by the Research and Development for Applying Advanced Computational Science and Technology of Japan Science and Technology Corporation (ACT-JST).

J. Susaki, K. Hara, J. Park, and Y. Yasuda are with the Tokyo University of Information Sciences, Tokyo 265-8501, Japan (e-mail: susaki@rsch.tuis.ac.jp).

K. Kajiwara and Y. Honda are with the Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Chiba 260-8522, Japan.

Digital Object Identifier 10.1109/TGRS.2004.826798

0196-2892/04$20.00 © 2004 IEEE

data are insufficient because of the technical difficulty involved in the measurement [21].

In the present research, the authors focused on the BRDF of rice paddy fields because paddy fields are dominant in the agricultural areas in Asian countries, and accurate estimation of paddy field area is one of the most important factors involved in proposing solutions to the problem of food production. The purpose of the present research is to validate multitemporal BRDFs of paddy fields estimated from MODIS reflectance data using BRF data measured on the ground. Ground measurements have been conducted in Japan in June and August 2002, and MODIS MOD09 reflectance data, atmospherically corrected reflectance data, were used for BRDF estimation. In the present paper, the temporal BRF data measurement results for June and August 2002 are reported, and then validation results to compare MODIS-derived BRDFs with ground-based BRDFs are discussed.

II. BRDF Validation

A. Measurements

The paddy fields for the BRF data measurements are located at Yohkaichiba in Chiba, Japan, E 140°27′17″, N 35°44′47″. The paddy fields are flat areas having more than 2-km^2 homogeneity. The measurement area from the ground view is shown in Fig. 1. Ground measurements were conducted on June 7 and August 9, 2002. Although several measurements were attempted, the number of clear days was very limited, and ground measurements were conducted on those days. The surfaces of paddy fields on both measurement days are shown in Fig. 2.

We used a truck to which a controllable arm was attached in order to measure BRF data. The box at the end of the arm is rotatable and was maintained horizontal throughout the experiment. A horizontally and vertically rotatable platform was attached to the box, and a spectroradiometer was attached to the platform. The view azimuth and zenith angles of the platform were controlled via software run on a personal computer from the ground. The paddy fields on both the left and right sides of the truck were measured, and both datasets were combined as one set of BRF data for the analysis. While the soils were wet, paddy fields were not inundated during the time of the measurements conducted on June 7 and August 9. In Fig. 4, measurement points are expressed as crosses. In four different relative azimuth angle planes—0°, 45°, 90°, and 135°—the sensor zenith angle was set as −60° to 60° at intervals of 10°. Positive sensor zenith angles indicate backward sensor zenith angles. Therefore, reflectances at nadir were measured four times, and the mean reflectance was used as the reflectance at nadir.

The height of the spectroradiometer was approximately 4.1 m away from the ground. The IFOV of the spectroradiometer was approximately 21°, and the diameter at nadir of the IFOV was approximately 1.5 m. The convergence of the reflectance of paddy fields was examined by changing the height of the spectroradiometer. As a result, the convergence was found at a height of over approximately 3.0 m. Therefore, the measurement conducted at a height of 4.1 m is considered to be sufficient as representative measurements of paddy field reflectance.

Fig. 1. Measurement of BRF data at Yohkaichiba in Chiba, Japan. This image was taken on August 9, 2002.

Three measurements, shown in Figs. 5 and 6, were started at 10:41, 11:32, and 12:09 on June 7, 2002 Japanese Standard Time. The solar zenith angles at measurement ranged from approximately 13° to 18°. In the same manner, the three measurements in Figs. 7 and 8 were started at 10:19, 11:20, and 12:17 on August 9, 2002. The solar zenith angles at measurement ranged from approximately 19° to 27°. No other measurement data were collected at later times. Theoretically, the BRDF sample produced at a specific solar zenith angle in the morning and the BRDF sample produced at the same solar zenith angle in the afternoon should be the same. In addition, the clear skies of the morning would often become cloudy in the afternoon. Under these considerations, measurements were conducted in the morning.

Reflectance data were examined not only by checking sample and reference digital counts, but also by checking images that were taken by a digital camera that was synchronized with the reflectance measurement. Reflectance data were contaminated by the shadow of the measurement arm at almost the same zenith angle, as the solar zenith angle was in the principal plane. Among 13 data in the principal plane, one or two data were contaminated because of the shadow of the arm. These contaminated data were rejected through the examination. Vegetation coverage of paddy fields on both measurement days is shown in Fig. 3, as observed from the nadir view above paddy fields.

The spectroradiometer can perform 512, 1024, or 2048 measurements in the wavelength range of 350–1050 nm. In the measurements, 512 measurements were performed for the 700-nm range, which is approximately 1.37 nm per step. Red (620–670 nm) and near-infrared (841–876 nm) wavelengths were selected in accordance with the MODIS band 1 and 2 wavelengths. The spectroradiometer has two ports and can measure both sample and reference panel simultaneously. A Spectralon diffuse reflectance target was used as a reference panel and was placed horizontally. A filter was set against the reference at a 180° relative azimuth and a 45° zenith angle. Filters were attached at the ends of optical fibers connected to

Fig. 2. Surface of paddy fields on (left) June 7 and (right) August 9, 2002.

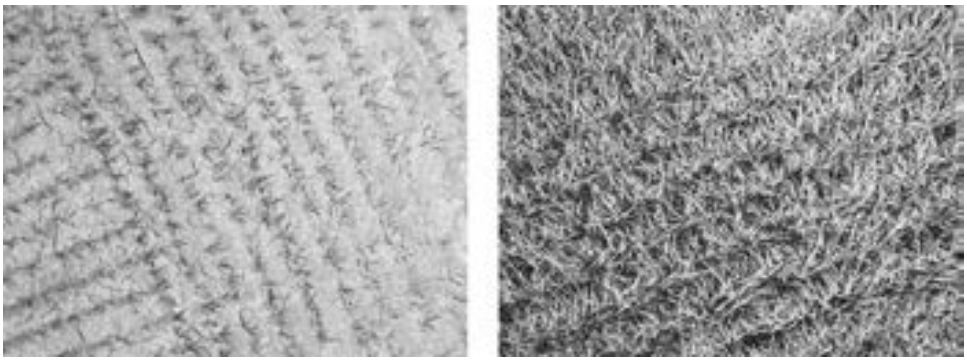


Fig. 3. Vegetation coverage of paddy fields on (left) June 7 and (right) August 9, 2002. The images were taken at nadir view above the paddy fields.

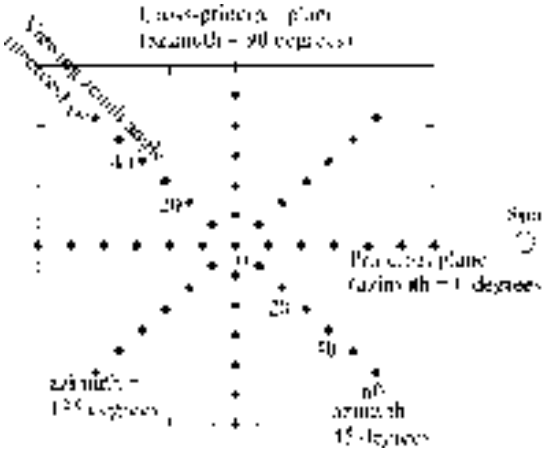


Fig. 4. Measurement points are expressed as crosses. In four different relative azimuth angle planes 0 , 45 , 90 , and 135 , the sensor zenith angle was set as -60 to 60 at intervals of 10 . Measurements at nadir were conducted four times, i.e., every plane has a nadir measurement [29].

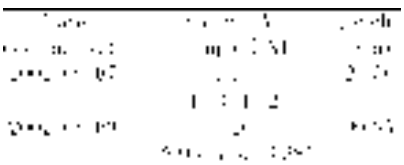
both the sample and reference ports of the spectroradiometer. The filter cuts electromagnetic waves having a wavelength of less than 500 nm, and it eliminates the effects caused by the response lower than 500 nm to the response more than 500 nm.

Calibration was conducted after every measurement. The calibration procedure was as follows. First, both the responses of reference and sample ports were measured while looking at the reflectance standard almost simultaneously, referred to as the "white procedure" in this paper. This procedure measured the maximum ranges of both ports against the reference panel. Then, the responses of optical fibers, i.e., dark current, were measured by capping the ends of optical fibers, referred to as "dark procedure." Finally, the results of the calibration was considered for the computation of the BRF data. The equation to compute BRF is as follows:

$$\mathrm{BRF} = \frac{(\mathrm{DN}_s - \mathrm{DN}_{s,\mathrm{dark}})\ (\mathrm{DN}_{s,\mathrm{white}} - \mathrm{DN}_{s,\mathrm{dark}})}{(\mathrm{DN}_r - \mathrm{DN}_{r,\mathrm{dark}})\ (\mathrm{DN}_{r,\mathrm{white}} - \mathrm{DN}_{r,\mathrm{dark}})} \quad (1)$$

where $\mathrm{DN}_{s(r}$ denotes the digital number of the sample (reference) port, and $\mathrm{DN}_{\mathrm{white(dark}}$ denotes the digital number under the "white (dark) procedure" in the above descriptions.

TABLE I
DETAILS ON GROUND MEASUREMENTS. THE UPPER LAIS ARE MEAN LAIS, AND THE LOWER LAIS ARE SAMPLE LAIS



The measurement details are shown in Table I. In order to measure leaf area index (LAI), paddy leaves were collected from two and three square areas for the measurements conducted in June and August, respectively. Paddy leaves of 1-m^2 square area were collected and scanned by an electronic and flatbed scanner. Thresholding these leaf images determined leaf areas. The sum of the leaf areas was equivalent to LAI. Every year, in the paddy fields around the measurement site, planting and harvest are conducted in the end of April and in the end of August, respectively. Figs. 5 and 6 show the BRF data of red and near-infrared

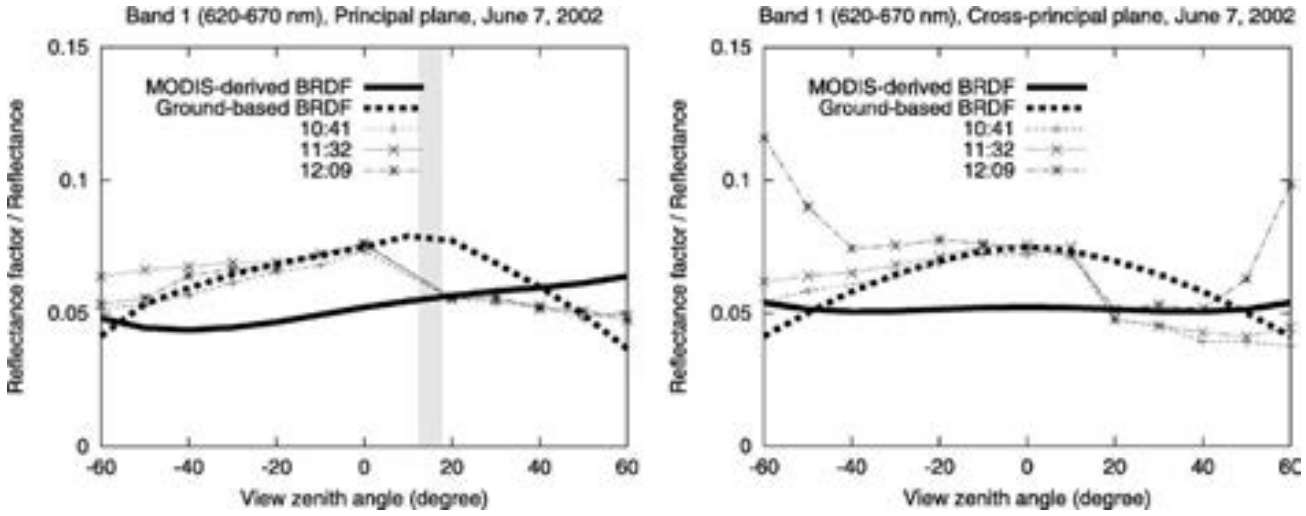


Fig. 5. Measured BRF data, ground-based BRDF, and MODIS-derived BRDF for band 1 (620–670 nm) in late May and early June 2002. Upper (lower) graphs correspond to the result in the principal (cross-principal) plane, respectively. Ground-based BRDF and MODIS-derived BRDF were estimated by applying RossThick–LiSparse-R kernels in the kernel-driven BRDF model. The measurements were started at 10:41, 11:32, and 12:09 on June 7, 2002 (Japanese Standard Time). The solar zenith angles at measurement, ranging from 13 to 18 , are expressed as a gray band.

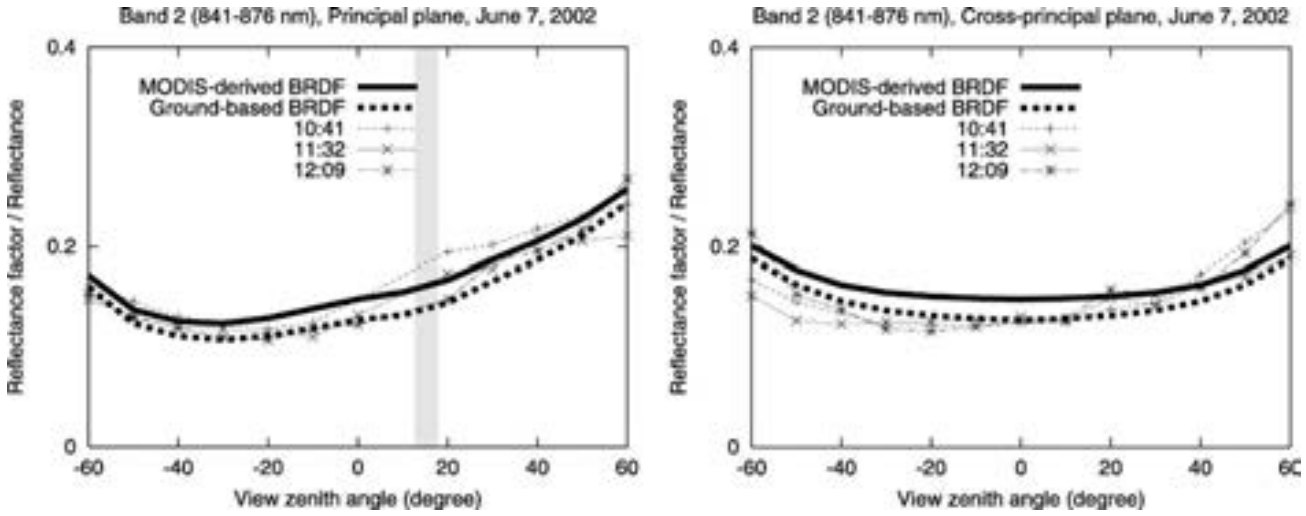


Fig. 6. Measured BRF data, ground-based BRDF, and MODIS-derived BRDF for band 2 (841–876 nm) in late May and early June 2002. Upper (lower) graphs correspond to the result in the principal (cross-principal) plane, respectively. The BRDF estimation, the measurement start times, and the solar zenith angles at measurement are the same as the ones in Fig. 5.

bands measured on June 7, respectively. And, Figs. 7 and 8 show the BRF data of the red and near-infrared bands measured on August 9, respectively. In these figures, BRF data are plotted as "reflectance factor" along the vertical axis.

B. MODIS-Derived BRDF Estimation

Liang *et al.* [22] reported that point data should be aggregated to high-resolution images for the validation of coarser resolution images like MODIS images. However, in the present research, such a validation strategy was not used, and validation was conducted under an assumption that point data can be directly compared with MODIS 1-km reflectance data. Therefore, MODIS-derived BRDFs were estimated from MOD09 1-km reflectance band 1 and 2 data, and they were compared with the ground-based BRDFs.

Band 1 (red: 620–670 nm) and band 2 (near-infrared: 841–876 nm) were selected from among the seven bands of the MOD09 reflectance data. The MODIS data used for the experiments were received from and produced at Tokyo University of Information Sciences (TUIS). The ground station at TUIS has a 2.9-m diameter receiving antenna, and received data have been produced to higher level products operationally. National Aeronautic and Space Administration processing algorithms were used for the processing. Table II shows the reflectances and geometries of the selected MODIS data at the validation site during two periods: June and August of 2002. In fact, the period of June is from late May to early June because of the availability of clear-sky MODIS data. Sensor zenith, sensor azimuth, solar zenith, and solar azimuth angles were extracted using MOD09 and MOD03 products. Clear-sky data were selected not only by visually checking MOD09 images but also by checking "1-km Reflectance Data State QA" data of MOD09. The "1-km Reflectance Data State QA" data have various quality assurance data. Cloud state data, one

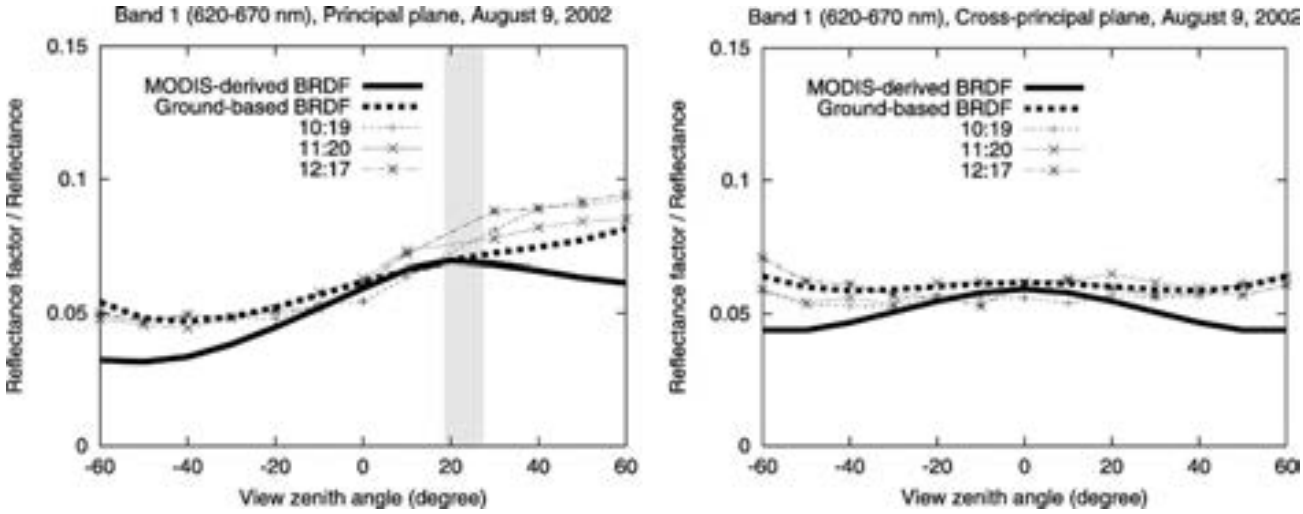


Fig. 7. Measured BRF data, ground-based BRDF, and MODIS-derived BRDF for band 1 (620–670 nm) in August 2002. Upper (lower) graphs correspond to the result in the principal (cross-principal) plane, respectively. Ground-based BRDF and MODIS-derived BRDF were estimated by applying RossThick–LiSparse-R kernels in the kernel-driven BRDF model. The measurements were started at 10:19, 11:20, and 12:17 on August 9, 2002 (Japanese Standard Time). The solar zenith angles at measurement, ranging from 19 to 27 , are expressed as a gray band.

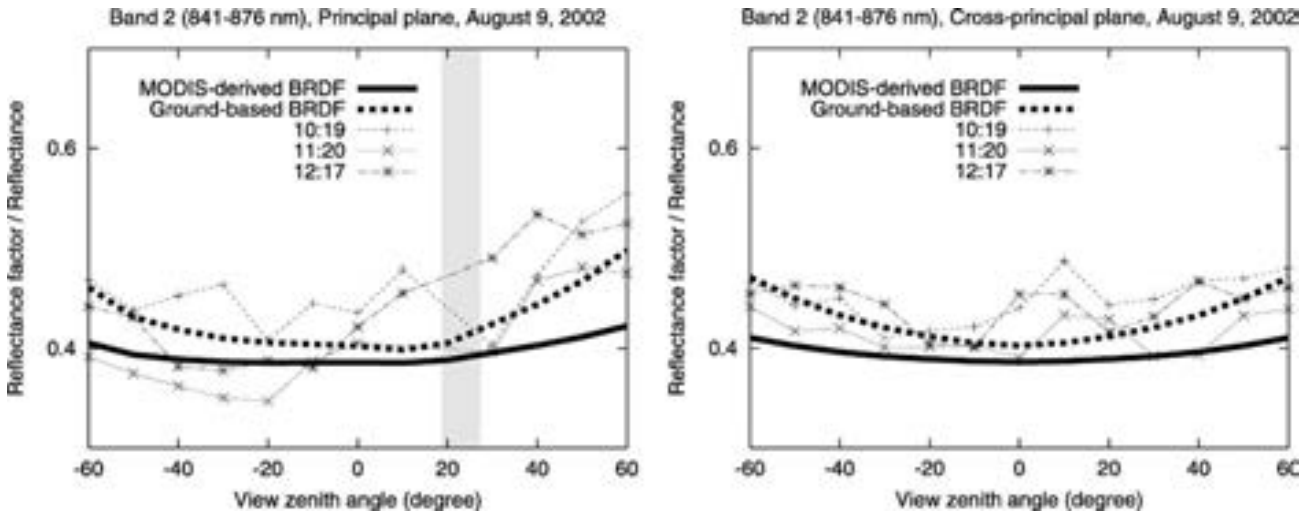


Fig. 8. Measured BRF data, ground-based BRDF, and MODIS-derived BRDF for band 2 (841–876 nm) in August 2002. Upper (lower) graphs correspond to the result in the principal (cross-principal) plane, respectively. The BRDF estimation, the measurement start times, and the solar zenith angles at measurement are the same as the ones in Fig. 7.

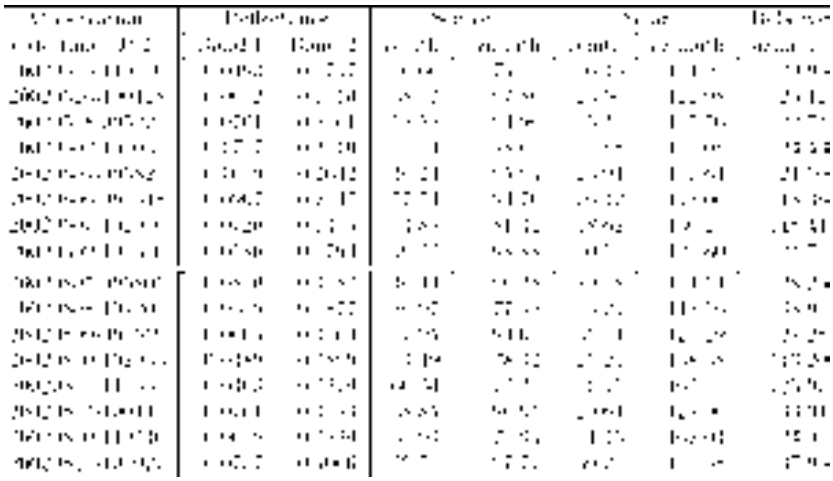
of the quality assurance data, have four categories: "clear," "cloudy," "mixed," and "not set, assumed clear." In the present research, clear-sky data were determined by checking if cloud state data are "clear" or not. As a result, it was found that eight observations are available for both periods of June and August, respectively. Relative azimuth angles were calculated using sensor and solar azimuth angles. View zenith angles were calculated using sensor zenith angles with consideration of the earth's curvature.

Several BRDF models have been proposed [9], [23]–[25], and then robustness of BRDF model parameter estimation has been examined [26], [27]. The kernel-driven model reported by Lucht *et al.* [7] was adopted for BRDF/albedo standard product, MOD43 product. This model adopts RossThick–LiSparse-R kernels as volume and geometric scattering kernels, respectively [16]. The parameters required in the model were set as [illegible] and [illegible], based on MOD43 products.

In the present experiments, the authors adopted the least median of squares (LMedS) method for the BRDF model parameter estimation (see the Appendix). The LMedS method has been reported to be a robust estimation method [28], and the LMedS method is found to be much more robust with respect to noise contamination in estimating BRDF model parameters than either the traditional least squares method or M-estimators, which are known to be robust estimators [29]. Satellite data may have noise derived from various factors, e.g., imperfect cloud screening. Robust estimation can be achieved by the LMedS method even though the LMedS method requires more estimation time.

The LMedS method selects subsamples from the original dataset in order to search the optimal parameters efficiently. As shown in (4), if [illegible], P, and [illegible] are given, the number of random subsamples [illegible] is determined. [illegible] is a fraction of the data contaminated by outliers. The breakdown point of LMedS method is

TABLE II
REFLECTANCES AND GEOMETRIES OF MODIS DATA AT THE VALIDATION SITE DURING THE TWO PERIODS: JUNE AND AUGUST 2002. THE "DATE-TIME" REPRESENTS THE TIME TO START RECEIVING MODIS DATA AT THE GROUND STATION OF TUIS. THE OVERPASS TIME AT THE VALIDATION SITE IS WITHIN APPROXIMATELY 10 min LATER THAN THE "DATE-TIME." THE 1-km RESOLUTION REFLECTANCES WERE EXTRACTED USING MOD09 PRODUCTS. SENSOR ZENITH, SENSOR AZIMUTH, SOLAR ZENITH, AND SOLAR AZIMUTH ANGLES WERE EXTRACTED USING MOD03 PRODUCTS. CLEAR-SKY DATA WERE SELECTED BY VISUALLY CHECKING MOD09 IMAGES AND BY CHECKING CLOUD STATE DATA OF "1-km REFLECTANCE DATA STATE QA" IN MOD09. RELATIVE AZIMUTH ANGLES WERE CALCULATED USING SENSOR AND SOLAR AZIMUTH ANGLES. ANGLES ARE GIVEN IN DEGREES



0.5, which means that the LMedS method is a robust estimator even if the percentage of outliers is 50%. Therefore, $d = 0.5$, the maximum value of d, was adopted for the application of the LMedS method in the present experiments.

Ground-based BRDFs were also estimated using BRF data measured on the ground in the above procedure. The BRF data measured in the four different planes (0°, 45°, 90°, and 135° relative azimuth angles) at three times on the same day were regarded as one BRF dataset. It was because BRDF is only dependent only on the surface, not on the angles. Ground-based BRDFs were estimated using such BRF dataset. Figs. 5 and 6 show the BRDFs of band 1 and 2 for June 7, respectively, and Figs. 7 and 8 show the BRDFs of band 1 and 2 for August 9, respectively. In these figures, the vertical axes are labeled "reflectance factor" and "reflectance"; the former indicates BRF data measured on the ground, and the latter indicates MODIS-derived BRDFs samples and ground-based BRDF samples.

III. DISCUSSION

In terms of similarity between MODIS-derived BRDF and ground-based BRDF, Figs. 6–8 show that MODIS-derived BRDFs are similar to ground-based BRDFs, while Fig. 5 shows a discrepancy between them. For example, in Figs. 6 and 8, both MODIS-derived BRDFs and ground-based BRDFs are similar in that as the sensor view zenith angle increases, the reflectance increases. This similarity is independent of measured plane (principal plane or cross-principal plane), and LAI (June 2002 or August 2002). Table I shows that LAI increases with paddy growth. In Table I and Figs. 5–8, BRDFs demonstrate a close relationship with LAI and canopy height. The difference between paddy field surfaces in June and August is shown in Fig. 2. The difference between paddy coverage in June and August is shown in Fig. 3. These images show that while the paddy was sparse and small in June, the paddy became dense and was observed at a vegetation layer in August of 2002. Various characteristics of the paddy fields change as the paddy grows, such as LAI, canopy height, and roughness of the surface layer. These factors may cause temporal BRDF change of paddy fields. On the other hand, ground-based band 1 BRDF in June in Fig. 5 show little such similarity as BRDFs described in the above. Fig. 5 indicates that discontinuity of the BRF curve can be seen in both principal and cross-principal planes, which might cause such a dissimilarity. The extent of the BRDF change depends on the wavelength and band. Therefore, BRDF effects should be corrected for each band to be used when using satellite data that can have large sensor zenith angle, such as MODIS data. In particular, in Figs. 6, the maximum reflectance difference in BRDF is greater than 0.1. This difference indicates that analyses, such as land cover classification, may suffer from severe errors if BRDF effects are neglected [30]. In order to explain the relationships between BRDF, LAI, and canopy height, further research is required.

Table II shows that the sensor zenith and relative azimuth angular samplings of MODIS data were sufficient during the two periods in June and August of 2002. Poor angular sampling is reported to cause unstable estimation [26], [31]. The authors also found that poor angular sampling caused unstable results of the estimation in using a limited number of MODIS data observed in April 2002. In the present experiments, no attention was given to the angular sampling. However, if available data are limited, as during the period in June 2002 of Table II, the problem of angular sampling and the effect might be detected. The checking procedure in MODIS products is described in [16].

The availability of a sufficient number of satellite data for the BRDF estimation is quite a serious problem. MODIS BRDF products require at least seven cloud-free observations of the surface during a 16-day period in conducting a "full model inversion." For the cases with insufficient inversion or poor sampling, a magnitude inversion using *a priori* information is performed [16]. However, such a criterion for the BRDF estimation is too strict for application in Japan. The number of data observed during the period in June and August 2002 of Table II

passed the criterion, respectively. However, a sufficient number of periods that pass the BRDF estimation criterion cannot be expected in Japan because of cloud cover due to the climate. The measurement on the ground is also restricted because of the scarcity of clear-sky days. While ground measurement is important for the validation and is therefore recommended, another strategy for satellite data validation should be considered. For example, longer period compositing would be considered, e.g., monthly compositing, although this does not capture rapid changes during the greenup phases. Complementing the data by other high-resolution satellite data, or using Aqua/MODIS plus Terra/MODIS to increase the number of clear-sky looks, would be considered.

It can be said that the MODIS-derived BRDF of paddy fields have a high degree of accuracy when MODIS data necessary for the estimation are available.

IV. Conclusion

In this paper, the BRDFs of paddy fields obtained from MODIS data were validated by comparing BRDFs obtained from ground measurements. MODIS-derived band 1 and 2 BRDFs in June and August 2002 were estimated using the RossThick–LiSparce-R kernel model. Accordingly, ground-based BRDFs were also estimated in the same manner. The BRDFs of paddy fields were found to change in accordance with paddy growth. In terms of similarity between MODIS-derived BRDF and ground-based BRDF, it was found that MODIS-derived BRDFs are similar to ground-based BRDFs in all the cases except the case of June and band 1. MODIS-derived BRDFs can be estimated to a high degree of accuracy when the MODIS data necessary for estimation are available. However, the estimation of BRDF in MODIS products requires a number of reflectance data during a certain period. Some regions in Asian countries cannot satisfy such criteria during specific seasons, such as the rainy season. In order to overcome such conditions, the authors will attempt to establish BRDF estimation using a smaller number of reflectance data and will continue to collect more data on the ground.

Appendix
LMedS Method

Instead of minimizing the sum of squared residuals, Rousseeuw [28] proposed the least median of squares method minimizing their median as follows:

$$\min \operatorname{med} r_i^2. \tag{2}$$

The LMedS method cannot be reduced to a least squares based technique, unlike the M-estimators. The solution of an LMedS must be solved by a search in the parameter space generated from the data [32]. Since the space is too large, a randomly chosen subset of data can be analyzed. A Monte Carlo-type technique is used to select m random subsamples of p different data. In the present research, p is selected as $p = 3$ because the number of the BRDF parameters to be estimated is three. For each subsample, med r_i^2 is calculated. The subsample that minimizes med r_i^2 can be determined as the solution of (2).

The number of the random subsamples m can be determined as follows. Let $1 - P$ be a probability of error, and by requiring $1 - P \geq 1$, an equation

$$P = 1 - [1 - (1 - \varepsilon)^p]^m \tag{3}$$

is obtained where ε is the fraction of data contaminated by outliers. Equation (3) can be rewritten as

$$m = \frac{\log(1 - P)}{\log[1 - (1 - \varepsilon)^p]}. \tag{4}$$

For example, if $p = 3$, $P = 0.99$, and $\varepsilon = 0.3$, then $m = 11$ for any size of dataset. Even if $p = 3$, $P = 0.99$, and $\varepsilon = 0.4$, then $m = 34$.

When Gaussian noise is present in inliers in addition to outliers, the relative efficiency of the LMedS method is low. Rousseeuw proposed combining the LMedS method with a weighted least squares procedure that has high Gaussian efficiency. The robust standard deviation estimate

$$\hat{\sigma} = 1.4826 \left\{1 + \frac{5}{n - p}\right\} \operatorname{med}_i r_i^2 \tag{5}$$

can be immediately obtained. The factor 1.4826 is for consistent estimation in the presence of Gaussian noise, and the term $5/(n - p)$ is recommended as a finite sample correction [28]. Based on $\hat{\sigma}$, a weight for each data can be determined

$$w(r_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } \frac{|r_i|}{\hat{\sigma}} \leq 2.5 \\ 0, & \text{if } \frac{|r_i|}{\hat{\sigma}} > 2.5. \end{cases} \tag{6}$$

Then, the parameters can be estimated by solving the weighted least squares problem

$$\min \sum_i w(r_i) r_i^2. \tag{7}$$

Therefore, the estimation of BRDF model parameters by an LMedS can be replaced by solving (7) for the subsamples of data selected on Monte Carlo technique. This procedure improves the computational efficiency of an LMedS method.

Acknowledgment

The authors are grateful to K. Teramoto for providing the opportunity for paddy fields measurements over several months.

References

[1] M. M. Verstraete, B. Pinty, and R. B. Myneni, "Potential and limitations of information extraction on the terrestrial biosphere from satellite remote sensing," *Remote Sens. Environ.*, vol. 58, pp. 201–214, 1996.

[2] W. Lucht and J. L. Roujean, "Considerations in the parametric modeling of BRDF and albedo from multiangular satellite sensor observation," *Remote Sens. Rev.*, vol. 18, pp. 343–379, 2000.

[3] R. E. d'Entremont, C. L. Barker Schaaf, W. Lucht, and A. H. Strahler, "Retrieval of red spectral albedo and bidirectional reflectance using AVHRR HRPT and GOES satellite observations of the New England region," *J. Geophys. Res.*, vol. 104, pp. 6,229–6,240, 1999.

[4] J. L. Roujean, D. Tanre, F.-M. Breon, and J.-L. Deuze, "Retrieval of land surface parameters from airborne POLDER bidirectional reflectance distribution function during HAPEX-Sahel," *J. Geophys. Res.*, vol. 102, pp. 11 201–11 218, 1997.

[5] B. Pinty and M. M. Verstraete, "Extracting information on surface properties from bidirectional reflectance measurements," *J. Geophys. Res.*, vol. 96, pp. 2865–2879, 1991.

[6] J. L. Privette, T. F. Eck, and D. W. Deering, "Estimating spectral albedo and nadir reflectance through inversion of simple BRDF models with AVHRR/MODIS-like data," *J. Geophys. Res.*, vol. 102, pp. 29 529–29 542, 1997.
[7] W. Lucht, C. B. Shaaf, and A. H. Strahler, "An algorithm for the retrieval of albedo from space using semiempirical BRDF models," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 38, pp. 977–998, Mar. 2000.
[8] M. J. Chopping, "Testing a LiSK BRDF model with in situ bidirectional reflectance factor measurements over semiarid grasslands," *Remote Sens. Environ.*, vol. 74, pp. 287–312, 2000.
[9] W. Wanner and A. H. Strahler, "On the derivation of kernels for kernel-driven models of bidirectional reflectance," *J. Geophys. Res.*, vol. 100, pp. 21 077–21 089, 1995.
[10] M. Leroy, J. L. Deuzé, F. M. Bréon, O. Hautecoeur, M. Herman, J. C. Buriez, D. Tanré, S. Bouffiès, P. Chazette, and J. L. Roujean, "Retrieval of atmospheric properties and surface bidirectional reflectances over land from POLDER/ADEOS," *J. Geophys. Res.*, vol. 102, pp. 17 023–17 037, 1997.
[11] G. P. Asner, B. H. Braswell, D. S. Schimel, and C. A. Wessman, "Ecological research needs from multiangle remote sensing data," *Remote Sens. Environ.*, vol. 63, pp. 155–165, 1998.
[12] W. Lucht, "Expected retrieval accuracies of bidirectional reflectance and albedo from EOS-MODIS and MISR angular sampling," *J. Geophys. Res.*, vol. 103, pp. 8763–8778, 1998.
[13] J. Cihlar, D. Manak, and N. Voisin, "AVHRR bidirectional reflectance effects and compositing," *Remote Sens. Environ.*, vol. 48, pp. 77–88, 1994.
[14] M. J. Chopping, "Large-scale BRDF retrieval over New Mexico with a multiangular NOAA AVHRR dataset," *Remote Sens. Environ.*, vol. 74, pp. 163–191, 2000.
[15] A. H. Strahler, J. P. Muller, and MODIS Science Team Members, "MODIS BRDF/Albedo product: Algorithm theoretical basis document (version 5.0)," NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, NASA EOS MODIS Doc., 1999. Online. [Available]: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod09.pdf.
[16] C. B. Schaaf, F. Gao, A. H. Strahler, W. Lucht, X. Li, T. Tsang, N. C. Strungnell, X. Zhang, Y. Jin, J. P. Muller, P. Lewis, M. Barnsley, P. Hobson, M. Disney, G. Roberts, M. Dunderdale, C. Doll, R. P. d'Entremont, B. Hu, S. Liang, J. L. Privette, and D. Roy, "First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS," *Remote Sens. Environ.*, vol. 83, pp. 135–148, 2003.
[17] M. J. Barnsley, A. H. Strahler, K. P. Morris, and J. P. Muller, "Sampling the surface bidirectional reflectance distribution function (BRDF): 1. Evaluation of current and future satellite sensors," *Remote Sens. Rev.*, vol. 8, pp. 271–311, 1994.
[18] N. Wenge and L. Xiaowen, "A coupled vegetation-soil bidirectional reflectance model for a semiarid landscape," *Remote Sens. Environ.*, vol. 74, pp. 113–124, 2000.
[19] G. Guyot, "Optical properties of vegetation canopies," in *Applications of Remote Sensing in Agriculture*. London, U.K.: Butterworths, 1990.
[20] D. S. Kimes, W. W. Newcombe, C. J. Tucker, I. W. Zonnefeld, W. van Vijingaarden, J. de Leeuw, and G. F. Epema, "Directional reflectance factor distributions for cover types of Northern Africa," *Remote Sens. Environ.*, vol. 18, pp. 1–19, 1985.
[21] S. R. Sandmeier and K. I. Itten, "A field goniometer system (FIGOS) for acquisition of hyperspectral BRDF data," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 37, pp. 978–986, July 1996.
[22] S. Liang, H. Fang, M. Chen, C. J. Shujey, C. Walthall, C. Daughtry, J. Morisette, C. Shaaf, and A. Strahler, "Validating MODIS land surface reflectance and albedo products: Methods and preliminary results," *Remote Sens. Environ.*, vol. 83, pp. 149–162, 2002.
[23] J. L. Roujean, M. Leroy, and P. Y. Deschamps, "A bidirectional reflectance model of the earth's surface for the correction of remote sensing data," *J. Geophys. Res.*, vol. 97, pp. 20 455–20 468, 1992.
[24] B. Hu, W. Wanner, X. Li, and A. H. Strahler, "Validation of kernel-driven semiempirical models for global modeling of bidirectional reflectance," *Remote Sens. Environ.*, vol. 62, pp. 201–214, 1997.
[25] R. Lacaze and J. L. Roujean, "G-function and HOt SpoT (GHOST) reflectance model application to multi-scale airborne POLDER measurements," *Remote Sens. Environ.*, vol. 76, pp. 67–80, 2001.
[26] F. Gao, X. Li, A. Strahler, and C. Schaaf, "Acquiring a priori knowledge from ground and spaceborne BRDF measurements," in *Proc. IGARSS*, 2000.
[27] X. Li, F. Gao, and A. H. Strahler, "A priori knowledge accumulation and its application to linear BRDF model inversion," *J. Geophys. Res.*, vol. 106, pp. 11 925–11 935, 2001.
[28] P. W. Rousseeuw and A. M. Leroy, *Robust Regression and Outlier Detection*. New York: Wiley, 1987.
[29] J. Susaki, K. Hara, K. Kajiwara, and Y. Honda, "Robust estimation of BRDF model parameters," *Remote Sens. Environ.*, vol. 89, pp. 63–71, 2004.
[30] M. J. Chopping, A. Rango, and J. C. Ritchie, "Improved semi-arid community type differentiation with the NOAA AVHRR via exploitation of the directional signal," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 40, pp. 1132–1149, May 2002.
[31] F. Gao, C. B. Shaaf, A. H. Strahler, and W. Lucht, "Using a multikernel least-variance approach to retrieve and evaluate albedo from limited bidirectional measurements," *Remote Sens. Environ.*, vol. 76, pp. 57–66, 2001.
[32] P. Meer, D. Mintz, A. Rosenfeld, and D. Y. Kim, "Robust regression methods for computer vision: a review," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 6, pp. 59–70, 1991.

Junichi Susaki (M'00) received the Dr.Eng. degree in civil engineering from the University of Tokyo, Tokyo, Japan, in 2000.

He was a Research Assistant in the Department of Information Systems, Faculty of Business Administration and Information Sciences, Tokyo University of Information Sciences from 2000 to 2001. He has been a Lecturer in the Department of Environmental Information, Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences since 2001, and an Investigator for the MODIS project for environmental studies of East Asia at the Tokyo University of Information Sciences. He has been working as a Visiting Associate Professor with the Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Chiba, Japan, since 2002. His current research interests include extraction of vegetation characteristics using BRDF and the development of large-scale vegetation monitoring systems using satellite data based on data fusion techniques.

Keitarou Hara received the Dr.Sc. degree in plant ecology from Tohoku University, Tohoku, Japan, in 1986.

He was a Lecturer (1988–1992), an Associate Professor (1992–1997), and a Professor (1997–2001) in the Department of Information Systems, Faculty of Business Administration and Information Sciences, Tokyo University of Information Sciences, Tokyo, Japan. He has been a Professor in the Department of Environmental Information, Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences since 2001, and an Investigator for the MODIS project for environmental studies of East Asia at the Tokyo University of Information Sciences. His research interests center on applications of remote sensing and GIS to analysis of vegetation and landscape structure in rural and urban fringe areas. From 2000 to 2003, he was the Editor of the International Association for Landscape Ecology Japan chapter.

JongGeol Park received the Dr.Eng. degree from Chiba University, Chiba, Japan, in 2000.

From 2001 to 2002, he was a Research Assistant and has been working as a Lecturer in the Department of Information System, Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences, Tokyo, Japan, since 2002. He is an Investigator for the MODIS project for environmental studies of East Asia. His main research interestes are landcover change detection and extraction of vegetation characteristics from MODIS data.

Yoshizumi Yasuda received the Dr.Eng. degree from the Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, in 1978.

He was a Professor with Chiba University, Chiba, Japan, and a Director of the Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, from 1998 to 2000. He is currently a Professor Emeritus at Chiba University and is also a Professor in the Department of Information System, Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences. He is an Investigator for the MODIS project for environmental studies of East Asia at the Tokyo University of Information Sciences. His research interests include studies on optical properties in agriculture, vegetation, and the ocean environment. He is coauthor of *Remote Sensing* (Tokyo, Japan: Asakura-shoten, 1976, in Japanese), *Earth View from Satellite, Analysis of Remotely Sensed Data* (Tokyo, Japan: Asakura-shoten, 1979, in Japanese), and *Optics for Ocean Environment* (Hokkaido, Japan: Tokai Univ. Publications, 1985, in Japanese).

Koji Kajiwara received the Ph.D. degree from Chiba University, Chiba, Japan, in 1992.

He was a Research Assistant with Chiba University from 1992 to 1994. He is currently a Lecturer in the Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University. His research interests include BRF property of vegetation-covered surfaces, developing indirect measurement method for physical parameters of vegetation, and high-volume satellite data processing systems.

Yoshiaki Honda received the Dr.Eng. degree in civil engineering from the University of Tokyo, Tokyo, Japan, in 1990.

From 1991 to 1992, he was a Visiting Associate Professor with the Institute of Industrial Science, University of Tokyo. From 1993, to 1994, he was a Lecturer for the Research Center of Environmental Science, Yokohama National University, Yokohama, Japan, from 1993 to 1994. Since 1995, he has been an Associate Professor with the Ccenter for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Chiba, Japan. He has developed a radio control helicopter with a spectroscopic analysis system, digital image camera, thermal image camera, and so on for calibration/validation of satellite data. He has been collecting spectrograms from many types of vegetation (including BRF).

Estimation of Biophysical Parameters of Individual Tree Stands derived from LiDAR and Digital Matrix Camera Image

Takahiro Endo[1], Tatsuya Nawamura[1], Hitoshi Taguchi[1], Pranab Jyoti Baruah [1], Masahiro Setojima [2], Toru Katsura[3] and Yoshifumi Yasuoka[1]

[1] Institute of Industrial Science, The University of Tokyo
Ce-508, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8505 JAPAN
Tel : +81-3-5452-6406, Fax : +81-3-5452-6408
{tendo, nnawamura, tagchan, pjbaruah,yyasuoka}@iis.u-tokyo.ac.jp
[2] Mitsubishi Paper Mills Co. Ltd., 3-4-2, Marunouchi,
Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0005 JAPAN
katsura_toru@mpm.co.jp
[3] Kokusai Kogyo Co., Ltd, 5 Sanbancho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0075 JAPAN
masahiro_setojima@kkc.co.jp

Abstract:

The aim of this study is to estimate tree species classification, stand density, crown width, height and position of individual tree stands by simultaneous use of airborne laser scanning data, airborne multispectral image and a model-based fitting approach,. Airborne remote sensing measurements and field survey were conducted at Japanese cedar and Japanese red pine mixed forest with high stand density. At first, standard ellipsoid models suitable for two species were created by Light Detection And Ranging (LiDAR) data in order to reconstruct a crown surface. An estimation of individual tree top position of the pine on Digital Canopy Model (DCM) was calculated by a correlation between the ellipsoid model fitting and an ortho-corrected Digital Matrix Camera (DMC) image. Similarly, Individual tree top position of the cedar was estimated by model fitting of another suitable ellipsoid. Shape and height of individual trees were calculated by fitting a modified caldera shaped ellipsoid. Accuracy of estimations of tree position and shape were good. A total of 73 out of 89 stands of cedar and 26 out of 29 stands of pine were extracted, respectively. A total of 14 stands of pine were miss-extracted as cedar. The results indicate that biophysical parameters like shape or crown width in a mixed forest can be estimated by this approach and methodology. This ellipsoid model approach is effective for forest inventory using LiDAR data.

Keywords: LiDAR, DMC, tree position, crown shape, model fitting, ellipsoid

1. Introduction

It is important to monitor and investigate forest attributes such as species, stand density, height, crown width and diameter-at-breast-height (DBH) for efficient management of forest. Traditional forest inventory is very time-consuming and expensive. But, recently, high resolution airborne laser scanning data and high spatial resolution multispectral image are available for inventory of forest. Previous studies have shown that, number of trees, tree height and timber volume of individual trees in specific area can be estimated by airborne laser scanning data (Hyppä et al., 2001). Moreover, using both high density laser data and multispectral image can separate between coniferous and deciduous trees (Persson et al., 2004). However, tree shape, leaf area index and foliage mass are also important parameters in ecological study. Shape is one of important input parameters for estimation of inner forest light condition in an ecological simulation model. The objective of this research is to investigate a methodology with a model-based fitting approach to estimate biophysical parameters such as species, tree (crown) shape and tree height.

2. Materials

2.1 Study area

The study area is a plantation forest managed by Mitsubishi Paper Mills Co., Ltd. This area is located in north of Honshu Island, Japan (lat. 40°39' N, long. 141°5' E). The ground elevation is between 190-240m above sea level. The dominant tree species are Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese red pine (*Pinus densiflora*).

2.2 Digital Matrix Camera and LiDAR data

The study area was scanned with both DMC and LiDAR in relatively clear skies. The DMC has four bands in visible and infrared range. Data was acquired on 11th August 2004 by 60% over and side lapping. The spatial resolution at the ground level was 0.1 meter. LiDAR data was acquired on 11th and 12th August 2004 from an airborne laser scanner at a cruising speed of 110 kt, height of 1830 meter, scan rate of 39.0 Hz, pulse rate of 46.0 kHz, scanning width of 647 meters, and average footprint of 0.47 meter. The scanner was ALS50, a product of Leica Geosystems, that has an stated horizontal accuracy and vertical accuracy of + 30 cm and + 15 cm respectively. The average density of laser reflection was 14.65 pulses per square meter.

2.3 Field data

A field survey was conducted in the first week of August 2004. Tree type, position, height, and DBH were obtained as the ground truth. Precise position of every tree was specified using a differential GPS, and height was acquired with a laser measurement instrument. DBH and tree type for all trees were recorded.

3. Methodologies

The method to estimate crown shape, tree height and tree position consisted of three major steps: (1) pre-processing of LiDAR and DMC raw data, and creating of standard ellipsoid model for searching a tree top position, (2) classification of species and searching of individual tree top position, (3) 3D curve fitting with a modified ellipsoid model to DCM to estimate individual tree parameters. The method in detail consisted of the following steps: (1) Digital Surface Model (DSM), Digital Elevation Model (DEM) and DCM were created from the smoothed LiDAR data, (2) DMC raw data was converted into orthophoto image, (3) a standard ellipsoid models suitable for two species were created from DCM, (4) the pine area in the ortho DMC image was extracted by unsupervised classification method, (5) a possibility map of individual tree top position for pine was calculated by the ellipsoid model, (6) tree position of pine was determined by the extracted pine area image and the estimated tree top position, (7) individual tree top position for cedar was determined by ellipsoid model, (8) tree shape and height around the estimated tree top position were calculated by a caldera shaped modified ellipsoid model.

3.1 Orthophoto image

DMC raw image was converted into ortho image to avoid miss registration between DMC image and DCM. Using exterior orientation parameter (camera position), orientation (omega, phi and kappa) and DCM, each pixel on DMC image was mapped to the corresponding pixel in the DCM. The equations are as follows (eqn. 1, 2).

$$x = -c\frac{X_p}{Z_p} = -c\frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} \quad (1)$$

$$y = -c\frac{Y_p}{Z_p} = -c\frac{a_{21}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{23}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} \quad (2)$$

In this case, the orthogonal matrix representing the rotation of camera is as follow (eqn. 3).

$$R=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & -\sin\omega \\ 0 & \cos\omega & \cos\omega \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

,where, the (X,Y,Z) is the geodetic coordinate of the target object, (X_0,Y_0,Z_0) is the geodetic coordinate of the center of the projection, c is the principal distance (focal distance), (x, y) is the photograph coordinate of the corresponding photographic image, a_{ij} is the element of the rotation matrix, ω is rolling, φ is pitching, and κ is yawing.

3.1 Ellipsoid model

Tree crown of conifer was represented as an ellipsoid model after Sheng et al., 2003. An ellipsoid model is shown as eqn. 4.

$$\frac{(Z+ch-cz)^{cc}}{ch^{cc}}+\frac{((X-X_t)^2+(Y+Y_t^2))^{cc/2}}{cw^{cc}}=1 \quad (4)$$
$$cz-ch\le Z\le cz$$

,where, (X_t, Y_t) is the 2-D coordinates of the crown top, cz is tree height, (X, Y, Z) is a point on the crown surface, cw is crown width, ch is the crown height, and cc is crown curvature.

From the tree species data by field survey and DCM sampling, tree crown shapes were defined with, cw=4.9m, ch=3.6m, cc=1.0 for pine, and cw=1.5m, ch=1.3m, cc=1.0 for cedar (Fig.1).

Fig.1. Standard ellipsoid model for pine (Left) and cedar (Right).

3.3 Classification of tree species and estimation of tree top position

Classification between cedar and pine, and estimation of individual tree top position were carried out by several steps. First, a possibility of tree top position for the pine was calculated by a correlation between DCM and the standard ellipsoid model. Second, the pine area in the ortho DMC image was classified by unsupervised classification method. All bands of the DMC image showed difference between pine and cedar clearly. The pine areas, which had higher luminance than the cedar, could be classified using visual interpretation. A tree top position of the pine was determined from the classified pine area and the calculated possibility of tree top position. Finally, a possibility of tree top position for the cedar was calculated by a correlation between DCM and the other standard ellipsoid model. A tree top position of the cedar was determined by correlation.

3.4 Searching for the optimum shape

After the extraction of the tree tops, optimum shapes were selected by examining the parameters with a combination of cw: 1.5-4.5m for the pine and 1.1-2.9m for the cedar both varied at 0.2 m intervals, and cz: 0-0.6m varied at 0.3m intervals for both species. Here, ch was fixed at 2.5m and cc was fixed at 1 for pine, and ch was fixed at 1.5m and cc was fixed at 1 for cedar, with an intention to extract the upper 2.5m and 1.5m of tree crown in pine and the cedar canopies, respectively. As because LiDAR points generally didn't fall on the true top of the crown, the fitting process was carried out by a caldera shaped surfaces lacking its tops by around 0.5m diameter.

4. Results and Discussions

The tree stands extraction results for each species are shown in Fig.2 and Table 1. The gray circles stand for the estimated trees and their sizes mean the diameter of estimated crown shape. The red and light blue small points show the pine and cedar positions by GPS measurement on the XY plane, respectively. The number of extracted pines and cedars were 26 stands per 29 stands and 73 stands per 89 stands, respectively, and the accuracy of extraction were 0.90 and 0.82, respectively. However, the number of pines, extracted as cedars by error was 14 stands. Number of surfaces that had no corresponding grand truth trees were 8 stands. With the methodology, some pines could not be extracted correctly and were extracted as cedars, probably because those were of small sizes, but the algorithm required them to have big crowns to be correctly extracted. Regarding the trees not extracted at all, it might be due to their lower heights compared to the surrounding trees. Another reason might be high density causing nearby crowns to pose as one crown. To solve the remaining problems, the future works will focus on improvement in fusing DMC image and LiDAR data to raise the precision of tree species classification.

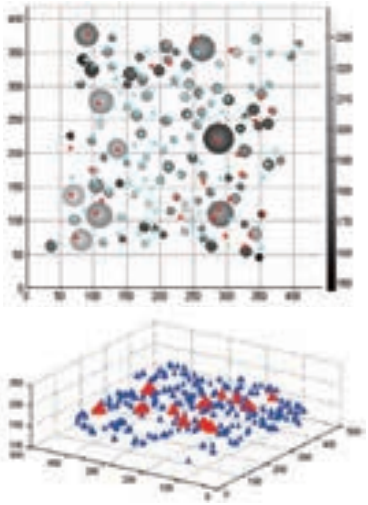


Fig.2. Results of the tree stands extraction. Upper: 2D view, Bottom: 3D view.

Table 1 Results of the tree stands extraction

(Number of stands)

	By Pine extraction	By Cedar extraction	**Total**	Grand truth	Not extracted
Pine	12	14	**26**	29	3
Cedar	0	73	**73**	89	16
Total	12	87	**99**	118	19

5. Conclusions

In this study, a new methodology was investigated for the tree stands extraction with shape in high density and mixed forest area with two species by using the simultaneous DMC and LiDAR data. Through ellipsoid surface fitting processes, it was possible to extract each species of trees with high probability. Additionally, the shapes of tree crowns could be acquired. This study can be useful when the series of biophysical parameters need to be extracted from the aerial remote sensing.

References

Hyyppä, J., Kelle, O., Lehikoinen, M. and Inkinen, M., 2001. A segmentation-based method to retrieve stem volume estimates from 3-d tree height models produced by laser scanners. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 969-975.

Persson, A, Holmgren, J., Söderman, U. and Olsson, H., 2004. Tree species classification of individual trees in Sweden by combining high resolution laser data with high resolution near-infrared digital images. *Proceeding of the ISPRS working group VIII/2*, Freiburg, Germany.

Sheng, Y., Gong, P., and Biging, G., 2001. Model-based conifer crown surface reconstruction from high-resolution aerial images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67(8), pp.957-965.

トルコ共和国における耐震補強推進制度の基礎的検討

Promotion System for Retrofitting Low Earthquake-Resistant Structures in Istanbul, Turkey

吉村 美保[1]，目黒 公郎[1]

Miho YOSHIMURA[1] and Kimiro MEGURO[1]

[1]東京大学　生産技術研究所　都市基盤安全工学国際研究センター
International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, University of Tokyo

Recent damaging earthquakes have clearly revealed that retrofitting low earthquake-resistant structures is the key issue for earthquake disaster reduction. In this paper, a new system and policies for the promotion of retrofitting of weaker structures are proposed. The main concept of the Retrofitting Promotion System (RPS) is that the government guarantees a portion of the building repair and reconstruction expenses if retrofitting is implemented by the owner following guidelines before the earthquake and in spite of this, the structure is damaged. The effect of applying the RPS to Istanbul in Turkey was investigated on the basis of the recovery activity data after the 1999 Kocaeli earthquake, Istanbul building stock data, and a hypothetical earthquake ground motion.

Key Words : *retrofitting, Turkey, 1999 Kocaeli Earthquake, masonry, low earthquake-resistant structures*

1．はじめに

既存不適格構造物の耐震補強の実施は、地震時の建物被害と人的被害を軽減するための根本的な対策である．加えてその効果は，救命救急活動，瓦礫撤去，応急・恒久住宅などの住宅再建や生活再建に要する費用の低減と多岐に渡るため，事前の耐震補強の普及は地震防災上最も重要な対策と言える．特に，中東・西アジア・中南米などを代表として，耐震性能の低い組積造構造物が建築ストックに占める割合の大きい国々では，大地震時には膨大な建物被害と人的被害が発生するため，その重要性は更に高いと言える．耐震補強をいかに推進させるかという問題は世界共通の課題となっている．

わが国では，兵庫県南部地震を契機として既存不適格建物の危険性が再認識され[1]，その後，様々な耐震補強促進策が実施されてきた．これらの知見は，共通の課題を抱える諸外国においても，有用であると考えられる．しかし，木造建物が建築ストックの大部分を占める日本とは異なる建物ストックを有する国々も多く，情報発信にあたっては，わが国における制度/システムを当該国の実情に合わせて修正した上で，最適な制度/システムを模索する必要がある．本研究では，社会・技術・制度の異なる国々において，建物ストックの耐震性能の問題点および耐震性能の確保が進まない理由を明らかにし，耐震補強を促進するための制度設計を行う．ここでは，ケーススタディとしてトルコ共和国イスタンブール地域を取り上げるが，日本だけでなく諸外国を比較検討できる「既存不適格構造物の耐震補強促進制度の世界モデル」の構築を最終目標としている．

イスタンブール地域における耐震補強推進のための具体的な制度設計にあたっては，既存の被災者支援制度の修正に加えて，目黒ら[2]による耐震補強奨励制度の導入を検討した．現在，地方自治体による促進策としては，耐震診断や耐震補強実施に対する助成や融資が主流である[3]．これに対して，目黒ら[2]は，「事前に耐震補強を行い，『しかるべき耐震補強を済ませた』と判断された建物について，その建物が地震時に被害を受けた場合に，再建費用の一部を行政が負担する」という耐震補強奨励制度を提案している．イスタンブール地域においてシナリオ地震が発生した際の，耐震補強奨励制度の導入効果を分析するとともに，当該国に適した制度の導入条件を検討した．また，制度/システムと耐震補強の技術開発とのバランスにも着目し，制度設計と技術開発の相乗効果についても検討した．

2．トルコにおける建物の耐震補強をめぐる環境

まず初めに，トルコ共和国と日本における人々の生活環境・地震の危険性・建築環境・社会制度の比較を行い，耐震性能の低い建物の耐震補強をめぐる環境を整理する．諸条件を日本と比較することにより，トルコ共和国において建物の耐震補強が進まない理由を抽出する．地震発生の危険性については，兵庫県南部地震とコジャエリ地震の被害を比較するとともに，トルコ共和国におけるシナリオ地震により想定される被害についても考慮する．

(1) 生活環境

表１にトルコ共和国と日本における各種の統計データ[4~8]を整理した．トルコ共和国の人口は6,861万人（2001年現在），面積は77万4,815km²である．面積は日本の約2倍，人口は日本の約半分に近い．両国の主要都市である東京都とイスタンブール市の人口を比較すると，イスタンブール市の面積は東京都の45％，人口密度は8923人/k

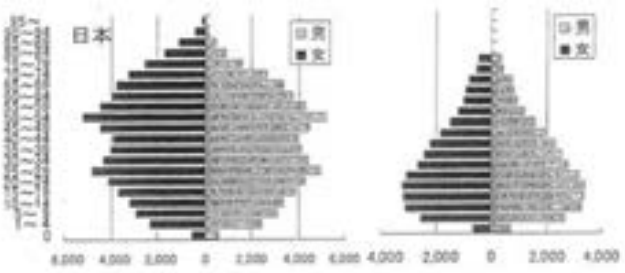


図1　男女年齢5歳階級別人口構成[4]

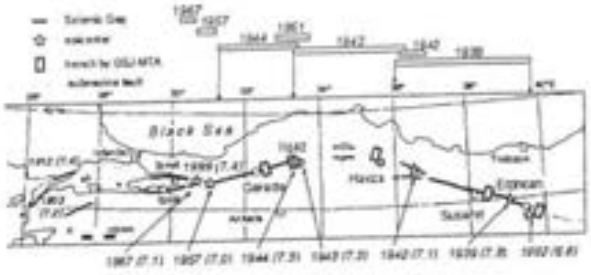


図2　北アナトリア断層沿いの地震[10]

㎡で東京都の1.59倍となった．全世界においても有数の過密都市と言える．トルコ共和国の1999年の出生率は日本の2.3倍であり，男女年齢5歳階級別人口構成（図1）を見ても，若年齢層の人口が多いことがわかる．日本における65歳以上の人口の割合はトルコの3.4倍である．深刻な高齢化問題を抱える日本と比べて，トルコ共和国まだ人口増加傾向をたどっている．平均世帯人員は5人であり，日本の1.85倍である．

トルコ共和国の2000年の国内総生産（GDP）は1,999億USドル，1人当たりのGDPは2,967USドルである．2000年11月，2001年2月の2回の金融危機により，2001年は通貨トルコ・リラが大幅に下落した．卸売物価指数の対前年上昇率は64.9%（1999年），54.9%（2000年），54.4%（2001年）であり，インフレ率が高く不安定な経済状況が続いている．失業率は7.3%（1999年）である．経済的な課題に加えて，非識字率の高さ，乳幼児の死亡率の高さなど教育・衛生等の社会的課題も抱えている．

(2) 地震の危険性

トルコ共和国北部は世界でも有数の地震頻発地域の一つである．国内には，北アナトリア断層（図2）[10]と東アナトリア断層という2つの巨大な断層が存在する．北アナトリア断層は東西に1,000km以上続く断層であり，1939年の地震以降，8つの大地震を引き起こしている[8]．1999年8月17日午前3時1分27秒に発生したコジャエリ地震では，北アナトリア断層の西部分の100-125kmが破壊した[8]．図2に示した通り，それまでの地震の震源は，東から西へと進展してきており，コジャエリ地震の震源域は典型的な空白域の一つとして認識されていた[11]．イスタンブール市は，中東における巨大都市の一つであり，北アナトリア断層の西端に位置する．過去の断層の震源が東から西へ移動していることから，今後，イスタンブール地域が新たな巨大地震に襲われるという可能性が指摘されている[7]．

コジャエリ地震での最大地震動は，震央から約40km離れたSakaryaで記録され，その大きさは水平加速度が406Gal，鉛直加速度が260Galであった[8]．1999年9月12日の中央危機管理本部による被害状況の発表によれば，地震による死者は15,466人，負傷者は23,954人であった．

表3　イスタンブール市内の建物ストック[7]

構造	階層	建築年			棟数
		-1959	1960-1969	1970-	
RCフレーム レンガ壁住宅	1-3F	7,120	13,757	200,950	221,827
	4-7F	6,280	15,449	280,231	301,961
	8F-	481	886	18,468	19,835
組積造	1-2F	25,967	24,881	83,215	134,063
	3F-	16,952	8,208	8,877	34,037
木製フレーム	1-2F	4,755	697	1,583	7,035
	3F-	3,611	222	358	4,191
RCせん断壁	1-3F	1	0	13	14
	4-7F	0	0	200	200
	8F-	0	0	564	564
プレハブ		20	12	864	896
棟数		65,187	64,112	595,323	724,623

被害家屋計は187,685戸であり，そのうち大破・崩壊したものは60,434戸であった（表1）．人的被害における死者と負傷者の比に着目すると，兵庫県南部地震では1：7.55であるのに対して，コジャエリ地震では1：1.55となる．コジャエリ地震では人的被害における死者の割合が著しく高いと言える．この理由としては，レンガ造の建物では構成部材が小さいために建物が崩壊した際に生存空間が著しく小さくなり，甚大な人的被害を引き起こしやすい点，1世帯当たりの人員が多い（表1）点などが考えられる．

(3) 建築ストック

住宅の新築数における1戸建ての割合を比較すると，日本では47.8%，トルコでは17.3%となる．また，住宅総数における持ち家住宅の割合は，日本で60.3%，トルコで70.5%となる（表1）．よって，トルコ共和国では日本と比較して，共同住宅の割合が多く，持ち家住宅の割合もやや多いと言える．また，表1において住宅総数と住宅新築数のデータ取得年次は異なるものの，住宅総数に対する住宅新築数の割合を算出すると，トルコ共和国における新築の割合は日本より低くなる．一方，産業別就業者数を見ると，建設業に携わる就業者の割合は，日本で約10%，トルコで5.4%となる．これらより，トルコ共和国の住宅建設業界の規模は日本より小さいと言える．

イスタンブール市内には，724,623棟の建物が存在する[7]．表3に示すように，RCのフレームの中にレンガを積み上げて建てている住宅（RCフレームレンガ壁住宅）はその75%（543,623棟），フレームがなくレンガを積み上げただけの構造である組積造住宅は23.2%（168,100棟）である．両者の構造で全建物ストックの約98%を占めている．RCフレームレンガ壁住宅では，全階層のうち4階建て以上が69%を占める．これらの統計からも共同住宅が住まいの主流を成している実情がわかる．共同住宅では，戸建住宅に比べて，耐震補強実施に際して住民間の合意形成が難しくなる．

(4) 建物強度

表2はトルコ共和国における耐震基準の変遷[12-13]と日本における耐震基準の変遷[14-19]をまとめたものである．トルコの耐震規定は耐震基準条文とゾーンマップからなる．1939年12月26日に発生したエルジンジャン地震（M7.9）を契機として，1944年に初期の基準ができた．その後，1998年までに，基準およびゾーンマップの改正が何回か行われている．1975年の基準の改正までは許容応力度設計法に基づくが，1998年の基準からは動的な効果を考慮した終局強度設計法に基づく．1998年の新基準は，日本の新耐震設計法と同程度の高い水準のものである[13]．1975年の基準は1998年まで20数年に渡って使用されてお

表1　トルコ共和国と日本の各種統計データ（文献4～9より作成）

	分野	統計データ 日本	トルコ	単位	データ取得年次 日本	トルコ
人口	面積	377,873	774,815	km2	1999	1999
	年央推計人口	127,290	68,610	千人	2001	2001
	人口密度	340	83	人/km2	1999	1999
	主要都市人口					
	都市名	東京都[1]	イスタンブール[2,3]		2003	2000
	人口	12,290	8,832	千人		
	面積	2,187	990	km2		
	人口密度	5,619	8,923	人/km2		
	出生率	9.5	21.8		2000	1999
	死亡率	7.7	6.8		2000	1999
	平均寿命(男女平均)	81.4	69.0	歳	2001	2001
	65歳以上の割合	17.3	5.1	%	2000	1998
	平均世帯人員	2.7	5.0	人	2000	1990
国民経済計算	国内総生産	4,762,395	199,901	100万USドル	2000	2000
	1人あたりの総生産	37,549	2,967	USドル	2000	2000
	国内総生産の実質成長率	−1.1	3.1	%	1998	1998
		0.8	−4.7	%	1999	1999
		1.5	7.2	%	2000	2000
	国民所得	3,510,190	187,741	100万USドル	2000	2000
	1人あたりの所得	27,675	2,786	USドル	2000	2000
	国内総生産に対応する購買力平価	167	128,527	円/1USドル	1998	1998
		162	197,157	トルコリラ/1USドル	1999	1999
		156	290,424		2000	2000
	購買力平価による1人当たり国内総生産	24,474	6,272		1998	1998
		24,934	5,966		1999	1999
		25,968	6,439		2000	2000
金融	為替相場	131	260,724	円/1USドル	1998	1998
		114	418,783	リラ/1USドル	1999	1999
		108	625,219		2000	2000
		122	1,225,588		2001	2001
物価・家計	卸売物価指数					
	総合指数(1995年=100)	102	1,020		1999	1999
		102	1,580		2000	2000
		101	2,439		2001	2001
	対前年上昇率(%)	−0.3	64.9		1999	1999
		−0.7	54.9		2000	2000
		−0.7	54.4		2001	2001
労働	産業別就業者数					
	総数	64,460	22,049	千人	2000	1999
	建設業	6,530	1,192	千人	2000	1999
	失業率	4.7	7.3	%	1999	1999
教育	非識字率					
	総数		13.9	%	2002	2002
	男		6	%		
	女		22	%		
建築環境	住宅総数	43,922	13,341	千棟	1998	1994
	持ち家住宅率	60.3	70.5	%	1998	1994
	住宅新築数	1,112	232	千棟	2001	1990
	1戸建の割合	47.8	17.3	%	2001	1990
	共同住宅の割合	52.2	82.7	%	2001	1990
	1戸当たり床面積	93.6	111	㎡/戸	2001	1990
地震被害		兵庫県南部[4]	コジャエリ[5]			
	死者	5,502	15,466	人	1995.5	1999.9
	負傷者	41,521	23,954	人	1995.5	1999.9
	建物被害数	457,885	187,585	戸	1997.12	1999.9
	全壊数(トルコは大破・崩壊)	181,780	60,434	戸	1997.12	1999.9

表2　トルコ共和国における耐震設計基準の変遷（文献12～15より作成）

年代	地震発生	トルコ 耐震基準	トルコ 内容	日本 耐震基準	日本 内容
1919				市街地建築物法公布	日本最初の統一基準
1923	関東大地震				
1924				市街地建築物法施行規則の改正	静的耐震設計、地震力規定の新設(水平震度0.1以上)
1934	変戸台風				
1939	エルジンジャン地震				
1944	東南海地震	最初の耐震基準	基本ベースシア係数は、地域Ⅰで0.02～0.04、地域Ⅱで0.01～0.03		
1946	南海地震				
1947				日本建築規格建築3001 制定	長期・短期荷重の別、水平震度0.2
1948	福井地震				
1950				建築基準法 公布	水平震度0.2、高さ16m以上割増、局部震度0.3
1952				建設省告示第1074号	地盤と構造種別による低減係数、地域係数
1956			再建復興省が設けられ、防災体制の整備が図られた		
1961		基準 改定	地域係数、地盤と構造種別による低減係数の導入 高さ16m以上での層せん断力係数の割増	第3次改正	「特定街区」の新設
1963		ゾーンマップ改定(4区分)		第4次改正	容積率制限制度の導入
1964	新潟地震				
1968	十勝沖地震	基準 改定	3種類の地盤係数が設定され、地盤と建物の動的な関係が考慮された スペクトル係数、重要度係数の導入		
1969			建設省地震研究所設立		
1970				施行令改正 公布	鉄筋コンクリート造のせん断補強強化
1972		ゾーンマップ改定(5区分)			
1975		基準 改定	地盤係数とスペクトル係数が一つにまとめられた 高さ75m以上の建物や重要建物、不整形建物に動的解析を義務付けた		
1977	宮城県沖地震				
1980				施行令改正(新耐震設計基準) 公布	二次設計の規定の新設(保有水平耐力計算の導入等)
1987				基準法改正	木造建築物の規制緩和
1992	エルジンジャン地震				
1996		ゾーンマップ改定			
1998		基準 改定	終局強度設計法への変更 1975年の基準に比べると2倍くらいの地震力を考えることになる	基準法改正	建築確認・検査の民間開放 建築基準の性能規定化等 基準体系の見直し 中間検査の導入
1999	コジャエリ地震 ドゥズジェ地震				

り，コジャエリ地震で被害を受けたものの多くが，1975-1998年の間に建設された建物であった．1975年の旧基準は十分ではないが一定の耐震性能を有しており，基準の実行度が不十分であった点が問題視されている[12]．

建築時には，地域官庁から施工主宛の許可を得る必要がある．この際，建築設計・構造設計および計算・設備電気設計などの全ての建築計画を官庁に提出しなければならない．施工主が雇う構造設計責任者(Engineers of Record)は，官庁により承認された設計図書に適合した施工が実施されるよう監督する責任を有する．構造設計責任者は，基準違反を見つけた場合に官庁に報告しなければならない．基準違反には罰則があるが，その施行は甘い．また，構造設計責任者がどのように建築過程を監督すべきかというガイドラインは法令に掲載されていない[16]．よって，構造設計責任者が建設中に現場に立ち会わず他の建設計画の獲得に奔走していることも多い[13]．建築過程の監督が不十分となる背景には，構造設計責任者への報酬が建設許可取得時に一括支払いになっていることや，構造設計責任者が注文主ではなく建築請負業者に雇われた建築士である等の要因がある[13-16]．

また，トルコ共和国には旧市街地・計画的新開発市街地の他，戦後に旧市街地を取り巻いて斜面地などを不法占拠した非認可住宅地域(Gece kondu，以下ゲジェコンドと呼ぶ)が存在する[9-17-18]．1960年代初めまでに形成されたゲジェコンドは，インフラ未整備の未利用地である斜面地を不法に占拠した自己居住用の戸建住宅地であった．1960～1970年代においては，許可なし開発としてのゲジェコンドが台頭し，賃貸住宅や分譲住宅が建設された．1970年代以降にはさらに大規模化した無許可開発が行われた．1966年と1981年に，一定の建築条件を満たす既存のゲジェコンドを適法住宅として認知し，条件を満たさないものを撤去するとの法律が制定された．しかし，依然としてゲジェコンドが横行しており，建築基準を満たさず耐震性能の低い違法なゲジェコンド住宅の存在が危険視されている．

ここで建物被害関数を用いて，トルコ共和国と日本の建物強度の比較を行う．文献7)は，表3に示した構造・階層の異なる11種類の建物群について建物被害関数を提示している．この文献中では被害関数の横軸は応答変位，横軸は全壊率・半壊率・一部損壊率となっている．そこで，各々の建物群の固有周期・降伏変位・降伏加速度・スペクトル倍率及びシナリオ地震(図4)におけるイスタンブール地域のPGA-PGVの関係式を用いて，横軸を応答変位からPGVに変換した．我が国の建物については，兵庫県南部地震における震区の被害データを用いて作成した被害関数[18]を参照する．図3に両国での全壊率関数を比較する．組積造住宅3階建て以上，組積造住宅1-2階建て，RCフレームレンガ壁住宅8階建て以上，4-7階建て以上，1-3階建て以上の順に耐震性能が低いことがわかる．また，日本における1972年以降のRC建物は，トルコ共和国の組積造住宅，RCフレームレンガ壁住宅よりも耐震性能が高い．

(5) 耐震補強

トルコ共和国における現行の主な耐震補強は，レンガ壁をコンクリートせん断壁に変えることにより，水平荷重への耐力を向上する構法である．その他，控え壁の配置，柱の被覆，ブレースや外付けフレームの付加などの技術がある[16]．また近年，組積造住宅の新しい耐震補強構法として，梱包用ＰＰバンドのメッシュを用いた耐震補強構法が提案されている[20]．材料の低価格さと手に入りやすさから，低価格な補強構法として今後期待される．

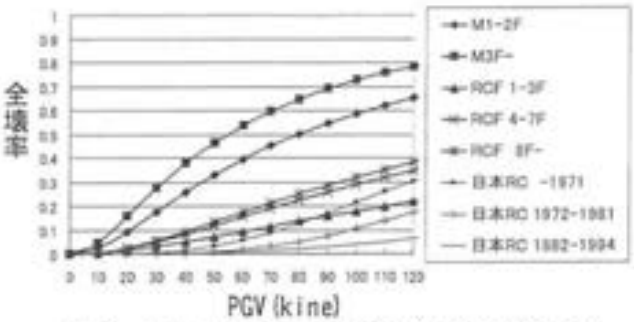


図3　トルコと日本における建物被害関数の比較

表4　建物建設費用と耐震補強費用

			構造部分	設備部分	総費用
トルコ (US$/㎡)	RCフレーム レンガ壁	建設費用	80	120	200
		補強費用	60		
	組積造住宅	建設費用	40	60	100
		補強費用	30		
日本 (万円/㎡)	木造	建設費用	15		
		補強費用	1～2		
	非木造	建設費用	30		
		補強費用	4		

トルコ共和国の専門家を対象とした著者らのヒアリング調査[19]より得られた住宅の構造部分・設備部分の建設費用および耐震補強費用の平均額を表4に示す．RCフレームレンガ壁住宅であれば，床面積1㎡当たりの費用は，構造部分の建設費用が80USドルであり，耐震補強費用が60USドルである．また，組積造住宅では，床面積1㎡当たりの構造部分の建設費用が40USドルであり，耐震補強費用が30USドルである．これより，トルコにおける耐震補強費用は，構造部分の新規建築費用の3/4程度にのぼると言える．わが国の場合，木造では構造部分の新築費用が約15万円/㎡，耐震補強費用が1～2万円/㎡である．また非木造の場合は，構造部分の新築費用が約30万円/㎡，耐震補強費用が4万円/㎡である(表4)[21]．これより，日本における耐震補強費用は木造で新規の構造建築費用の1/15，RCで1/8程度と言える．日本の現状と比較して，トルコ共和国では構造部分の新規建設費用に対して耐震補強費用が著しく高いことがわかる．このような補強実施費用の高さは，補強意欲を減少させるものであり，補強技術の向上によるコストの減少が望まれる．

(6) イスタンブール地域のシナリオ地震と想定被害

JICAとIMM (Istanbul Metropolitan Municipality)では，イスタンブール市におけるシナリオ地震による被害想定を行っている[5]．その中では4つの断層モデルを想定しているが，そのうち最も発生の可能性が高いものとして，図4に太線で示した断層モデルを提示している．これは，1999年のコジャエリ地震による断層の西側からSilivliまでの120キロのセクションを断層としたもので，断層長が119kmの横ずれ断層である．モーメントマグニチュード(Mw)は7.5とされている．図4の着色部分がイスタンブール市であるが，この地域において想定されている地表最大速度(PGV)を図5に示す(飛び地を除く)．地震動の推定は文献23の手法による．RCフレームレンガ壁住宅と組積造住宅の棟数を，所在地の想定地震動と階層別に整理すると図6となる．PGVが20～80kine(cm/s)の地域に建物が多く存在し，とりわけ20～40kine(cm/s)の地域に54%の建物が集中する．文献7)において，図4に示した断層モデルによる建物被害は，総

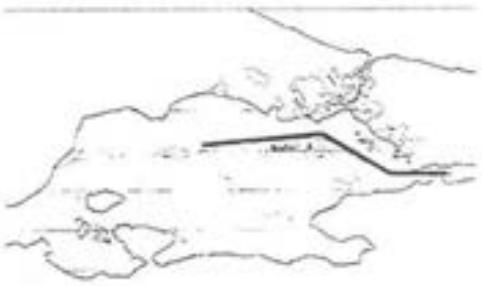


図4　シナリオ地震の断層モデル

図5　イスタンブール市内の想定地表最大速度

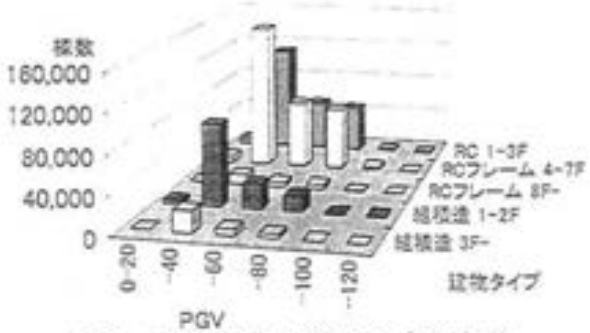


図6　想定地震動・建物タイプ別の棟数

建物724,623棟のうち，全壊が51,477棟，半壊が113,535棟，一部損壊が252,370棟と推定されている．

(7) トルコ共和国における現行の被災者支援制度

トルコでは地震後の応急復旧期には，テント設営，仮設住宅の建設及び瓦礫処理が行われる．1999年のコジャエリ地震の際に被災者支援に要した資金について，ヒアリングを行った[11]．仮設住宅を建設するのに要した地代，建物建設費用，インフラ等の設備費用は表5の通りである．総費用を仮設住宅戸数で割って仮設住宅1戸あたりの費用を算出したところ，4,717USドルとなった．仮設住宅建設数の約30%は日本を含む海外からの支援によるという[10]．日本政府は，トルコ共和国政府の要請に基づき，兵庫県より阪神淡路大震災の被災者が使用していた仮設住宅約1900戸の無償提供を受けて，トルコ政府に提供した[10]．これらの仮設住宅の建設に際しては，トルコ人技術者に対する建設指導が行われた他，仮設住宅の輸送費充当のため140万USドルが緊急無償援助された．また，建物解体費用の総額を解体建物棟数で割って1戸あたりの建物解体費用を算出したところ，表6に示したように1,163USドルとなった．

復旧復興期には，地震被災者を支援する目的で，災害法(1959年)による「地震による被災建物の国家補償制度」に基づき，全壊した持ち家住宅の所有者に対して，恒久住宅が現物支給される(以下，この制度を恒久住宅供与制度と呼ぶ)．住宅建設は，郊外の丘陵地における新市街地開発として行われる．恒久住宅は1戸あたり床面積100m²であり，コジャエリ地震の前までは無償で提供されていた．しかしこの地震の際には被害が膨大であったことから，それが有償となった．著者らのヒアリングによると[11]，コジャエリ地震の際には，行政側による恒久住宅の建設には1戸当たり総計42,000USドル(土地造成とインフラ整備・建設費用等を含む)を要した．これが1戸当たり12,000 USドルにて住民に供給され，住民は購入費用に対する極めて低利の融資(20年間での返済義務，最初の2年間は返済なし)を利用することができた[12]．インフレ率の高いトルコ経済の下では，このような低利子の融資はほとんど供与に近いと言える．恒久住宅供与制度は，過度の被災者支援の主因となっていると同時に，一般市民が自分の建物の耐震補強を実施するインセンティブをなくさせる力として作用している点が大きな問題点である．

表5　仮設住宅建設費用

建設に関わる費用(US$)	地代	4,309,279
	建設費用	75,803,838
	設備費用	127,955,165
	総費用	208,068,282
仮設住宅戸数		44,107
1戸あたりの費用(US$)		4,717

表6　建物解体費用

解体戸数	60,503
解体総費用(US$)	70,375,340
1戸あたりの解体費用(US$)	1,163

シナリオ地震[7]発生時の建物被害，電力施設への被害及び産業への経済被害の試算によると[11]，被害総額はイスタンブール県に限っても約304億USドルとなる．この額はトルコ共和国の2000年GDPである1,999億USドルの約15.2%にのぼる．これらの経済被害に加えて，行政は被災者支援に対する支出を行わねばならない．この地震による建物被害推計値[7]を元に，仮設住宅，瓦礫処理，恒久住宅建設に要する費用を概算したところ，各々12.8億USドル，3.2億USドル，56.8億USドルとなった．これらの合計額は72.8億USドルとなり，GDPの約3.6%に相当する．費用算出においては，全壊建物の所有者は仮設住宅に移住後，恒久住宅を取得するものとした．この結果は，地震直後にトルコ政府がこの規模の被災者援助を行うことは現実的に不可能であり，事前の建物の耐震性能向上と現行制度の見直しが不可欠であることを示唆する．

3．耐震補強奨励制度

わが国において，いくつかの自治体では，耐震診断や耐震補強の実施に対する金銭的な助成や融資が行われている．一方，耐震補強を促進するための新しい制度の提案として，目黒らによる耐震補強奨励制度がある[3]．これは「事前に耐震補強を行い，『しかるべき耐震補強を済ませた』と判断された建物について，その建物が地震被害を受けた場合に，再建・補修費用の一部を行政が負担する」というものである．地震後に費やされる仮設住宅建設費用や建物解体費用などの行政支出の多くは，建物が被害を受けなければ費やす必要のない公的資金である．地震後にこのような行政支出を余儀なくされる状況

を避けるために，耐震補強奨励制度では，事前に耐震補強の実施に対するインセンティブを住民に与え，補強実施を推進する環境を整備する．制度を実際に運用する際には，「しかるべき耐震補強を済ませた」と判断を下すための中立機関を設立し，的確な建物強度認定基準に沿って補強の判定を実施する必要がある．文献2)では，自治体における制度運用のシミュレーションから，提案制度の利点を以下のように指摘している．

1) 従来型の助成とは異なり，行政が地震前に巨額な資金を用意する必要がない．
2) 建物の耐震性能の確保により，人的被害の大幅な軽減が期待される．
3) 救命救急活動など，種々の事後対応を軽減しうる．
4) 地震保険は実質的に建物被害を軽減させるのではないが，本制度は地震被害そのものの減少に寄与する．
5) 現状の『やりっぱなし』の体制から『継続的な品質管理』の方向へ」の動きが生まれ，建物ストックの品質維持につながる．

トルコ共和国において耐震補強促進のための制度を検討するにあたり，日本の事例のように，耐震補強に対する助成や融資を行うという選択肢もある．しかし，助成や融資型の制度は必ず予算の問題に直面し，広く制度を普及させるのが困難となる．そこで，本論文ではトルコ共和国への耐震補強奨励制度の導入を検討する．上記の制度の利点は，我が国の地方自治体における制度運用のシミュレーションから指摘されたものである．よって，制度の効果の分析にあたっては，わが国において指摘される制度の利点が，トルコ共和国においても同様に制度の利点になりうるかどうかを検証する．また，トルコ共和国の実情に即した制度の導入方法についても検討する．

4．奨励制度導入効果の評価手法

地震動の異なる地域に立地する建物1万棟を対象として，これらの建物群に対して耐震補強奨励制度を導入した場合，シナリオ地震[7]発生時には住民及び行政にとってどのようなメリットがあるかを評価する．評価の流れを図7に示す．まず初めに1万棟の建物群のうち，ある割合の建物群が提案制度に加入したものと想定する．次にこれらの制度加入済み・未加入の建物群に対して，シナリオ地震による被害の推計を行う．最後に建物に関する諸データとコジャエリ地震時の被災者支援に要した費用の実績値を利用して，提案制度の加入に伴う住民負担額及び行政負担額の変化を推計し，制度の効果を評価する．

(1) 奨励制度に基づく行政・住民の費用負担

前述のように，恒久住宅供与制度は将来的には廃止すべき制度である．理由は，現実的には経済的な問題から恒久住宅供与制度は機能しない可能性が高いにも関わらず，住民にとって多大な恩恵があると誤認され，耐震補強のインセンティブを無くさせているためである．とは言っても，急な制度改善は難しい．そこで，従来からの恒久住宅への低利融資を継続させた上での耐震補強奨励制度の導入(現状システム踏襲型)と，供給住宅供与制度を廃止した上での制度導入(理想のシステム型)の2つのケースを検討する．表7と表8に両ケースにおける制度導入に応じた住民と行政の費用負担の変化をまとめた．

図8に，現状システム踏襲型の制度加入時における住宅被害に伴う各種費用の発生パターンを示す．奨励金は，制度に加入しない場合には受け取れない．現状システム踏襲型による耐震補強奨励制度の導入では，基準に従って耐震補強を実施したにも関わらず全壊した場合に，仮設住宅の建設および恒久住宅の支給に加えて，さらに生活再建費用の一部に対して奨励金を支給するものとする．全壊被害に対して非常に手厚い制度になるが，住民の補強へのインセンティブは向上するものと考えられる．半壊・一部損壊した場合にも，建物補修費用の一部に対して奨励金を支給する(表7及び図8)．図8に示したように，半壊・一部損壊の場合には仮設住宅に入居せずに建物補修を行うものとした．

理想のシステム型では，恒久住宅供与制度は廃止するものとした．その替わり，耐震補強を実施したにも関わらず全壊した場合に，住宅再建費用相当を奨励金として支給するものとする．半壊・一部損壊した場合には，現状システム踏襲型と同額の奨励金を支給する(表8)．

図7　制度導入効果の評価の流れ

図8　現状システム踏襲型での各種費用の発生パターン

表7　現状システム踏襲型における費用負担

提案制度未導入	各種費用	提案制度導入後
住宅所有者	耐震補強費用	住宅所有者
住宅所有者	構造・設備被害額	住宅所有者
行政(恒久住宅費用低利融資)	全壊時の再建費用	行政(恒久住宅費用低利融資＋奨励金)
住宅所有者	半壊・一部損壊時の補修費用	住宅所有者＋行政(奨励金)
行政	仮設住宅建設費用	行政
行政	瓦礫撤去費用	行政

表8　理想のシステム型における費用負担

提案制度未導入	各種費用	提案制度導入後
住宅所有者	耐震補強費用	住宅所有者
住宅所有者	構造・設備被害額	住宅所有者
住宅所有者	全壊時の再建費用	行政(奨励金)
住宅所有者	半壊・一部損壊時の補修費用	住宅所有者＋行政(奨励金)
行政	仮設住宅建設費用	行政
行政	瓦礫撤去費用	行政

(2) 補強前後の建物強度

建物被害程度の推計には，文献7)による建物被害関数を用いた．我が国における既存不適格建物の耐震補強では，新耐震設計基準に基づく耐震性能を付与する工事を耐震補強と認定している．ここで，兵庫県南部地震時

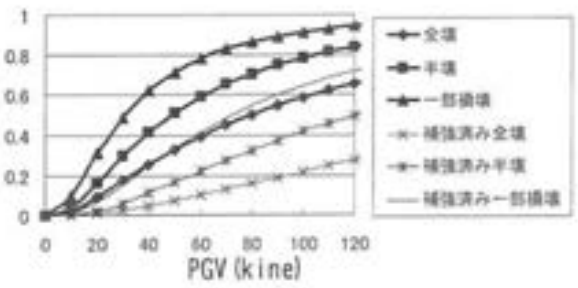


図９　補強前後の建物被害関数

の建物被害データに基づく建物被害関数[10]により，我が国における新耐震設計基準(新耐震)前後の建物強度を比較する．ある地震動ｘの時に被災ランクk以上の被害が発生する確率$P_k(x)$は，標準正規分布の累積確率分布関数Φ(x)を用いて対数正規分布で表されている(式１)．係数λおよびζはそれぞれ，lnｘの平均値および標準偏差である．新耐震以降である1982-1994年に建築された木造建物の関数では，λおよびζの値は，5.12および0.496である．一方，新耐震以前である1972-1981年建築の関数では，λおよびζの値は4.73および0.378である．これら両者のλの差は0.39であり，これはおよそζの値相当である．そこで，耐震補強を実施したことによる建物耐震性能の増加は，対数正規分布関数の平均値が標準偏差相当分だけ増加するものと仮定した．図９は，1-2階建ての組積造住宅の場合の，補強前(太線)と補強後(細線)の建物被害関数である．

$$P_k(PGV) = \Phi((\ln PGV - \lambda)/\zeta) \qquad (1)$$

(3)　費用負担の算出に用いたデータ

組積造住宅の場合，構造部分の新規建設費用は40USドル/㎡であり，耐震補強費用は30USドル/㎡である(表４)．建物階層と１棟当たりの居住世帯数の関係[7]より，組積造住宅の1-2階建てには2世帯居住しているものとし，総床面積は200㎡とする(１世帯あたり床面積100㎡)．新築時の資産価値は，新規建設費用と等しいものとした．住宅の構造と設備の被害額を見積もる際，被害額算定に用いる床面積あたりの資産価値は，新築資産価値が減価償却によって30年間で半減した(年間減少率2.7%)ものと仮定した．建物の補修費用は，半壊時には新築費用の1/3，一部損壊時にはその1/5とした．瓦礫撤去費用及び仮設住宅建設費用は表５・６の通りである．組積造住宅の1-2階建てが全壊した場合の奨励金支給額は耐震補強費用(6,000 USドル)の2倍相当と設定する．

５．奨励制度導入効果の評価結果

1-2階建ての組積造住宅1万棟に対して耐震補強奨励制度を導入した際の，制度加入率に応じた効果を紹介する．組積造住宅は前述の通り，建物ストックの23.2%を占め，耐震性能が低い(図３)．ここでは組積造住宅の80%を占める，1-2階建ての住宅を対象として選んだ．

(1) 現状システム踏襲型

まずは，現状システム踏襲型での制度を考える．奨励制度への加入率が増加するにつれて，建物被害が減少する(図10)．耐震補強費用を住民が負担する場合，奨励制度の普及に応じて，被害を受けた補強済み建物に対する奨励金の支払いが増加するものの，行政負担額の総額は減少する(図11-A)．この結果から行政側は提案制度の浸透によりメリットを有すると言える．一方，住民側の負担に着目すると，PGV が60kine以上の地域では，奨励制度が普及するほど住民負担の総額が減少する．しかし，PGV が60kine以下の地域では，耐震補強費用がかさむために住民負担の総額は逆に増加する(図11-B)．対象地域では，PGVが60kine以下の地域に，全建物の87%が存在していることから，制度普及のメリットは一部の建物に限られると言える．また，全壊世帯が恒久住宅を得ることによる利益の享受も考慮すると，住民負担はマイナスに転じ，過度の被災者支援のために住民が逆に利益を得る様子が明らかとなる(図11-C)．

(2) 耐震補強技術開発を加味した現状システム踏襲型

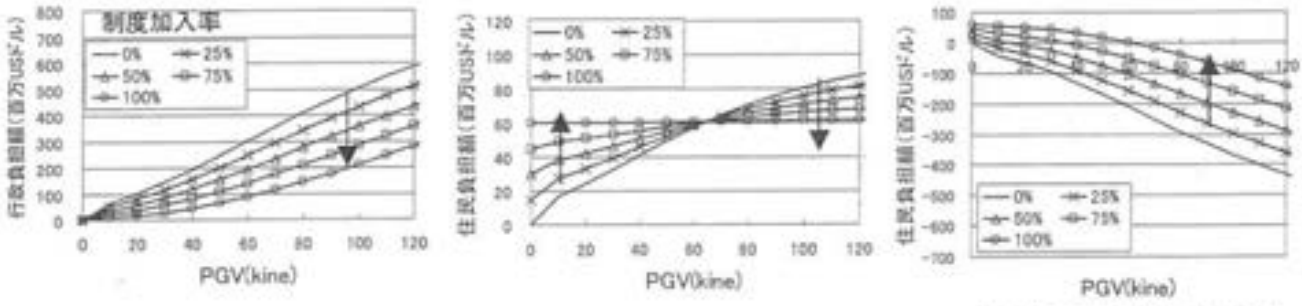
次に，耐震補強技術の開発により低コストの耐震補強技術が実現した場合を考える．補強費用を現状の構造部分の新築建設費用の3/4程度から日本と同様の水準(構造部分の建設費用の1/8程度)まで低減させる技術開発を想定する．すなわち，補強費用を30USドル/㎡から7.5USドル/㎡とした．この条件では，PGV が10kine以上の地域において，奨励制度の普及に応じて総住民負担が減少する(図12)．図４に示したシナリオ地震では，イスタンブール全域でPGV が10kineを越える地震動が想定されており，制度の普及により，対象地域全域においての負担総額を軽減できると言える．耐震補強奨励制度の普及だけではなく，制度の普及と耐震補強の低コスト化とを同時に進めることにより，住民と行政の双方にメリットを生み出す制度設計を行うことができる．

(3) 理想のシステム型

最後に，理想のシステム型での制度導入を考える．恒久住宅供与制度を廃止する代わりに，全壊時の奨励金を耐震補強費用の2倍相当(12,000 USドル)から新規建物建築相当(20,000 USドル)に増額した．この場合，奨励金の支払いのため，地震動の大きい地域では制度の普及に伴って行政負担額は増加する(図13)．しかし，図11-Aと比較すると，行政負担額は現状システム踏襲型に比べて大きく減少することがわかる．被災者支援による巨額の財政支出を避けるためにも，理想のシステム型での奨励制度の導入が望まれる．

６．終わりに

本論文では，ケーススタディとしてトルコ共和国イスタンブール地域を取り上げ，建物の耐震性能の問題点および耐震性能の確保が進まない理由を分析し，耐震補強を促進するための制度として，耐震補強奨励制度の導入を検討した．シナリオ地震発生時における住民及び行政にとっての制度導入の効果を分析した結果，現行の全壊住宅被害者への恒久住宅を継続した場合，提案制度導入による住民負担総額の縮減効果は一部の地震動の強い地域に限られた．しかし，耐震補強技術の開発により低コストの補強技術が実現した場合には，イスタンブール市全域の住民に対する負担総額を軽減することができた．提案制度の普及と耐震補強の低コスト化を同時に進めることにより，制度導入の効果を向上することができる．また，行政側の負担額に着目した場合には，現行の恒久住宅供与制度の廃止と耐震補強奨励制度の導入を同時に進めることにより，更なる行政負担額の軽減を図れる．本研究より，今後，日本や他の国際機関が防災における国際的支援を行う際，地震発生後の被災地支援だけでな



(A) 行政負担額の変化　(B) 住民負担額の変化　(C) 住宅取得利益を加味した住民負担額の変化)

図11　現状システム踏襲型での住民・行政負担額の変化

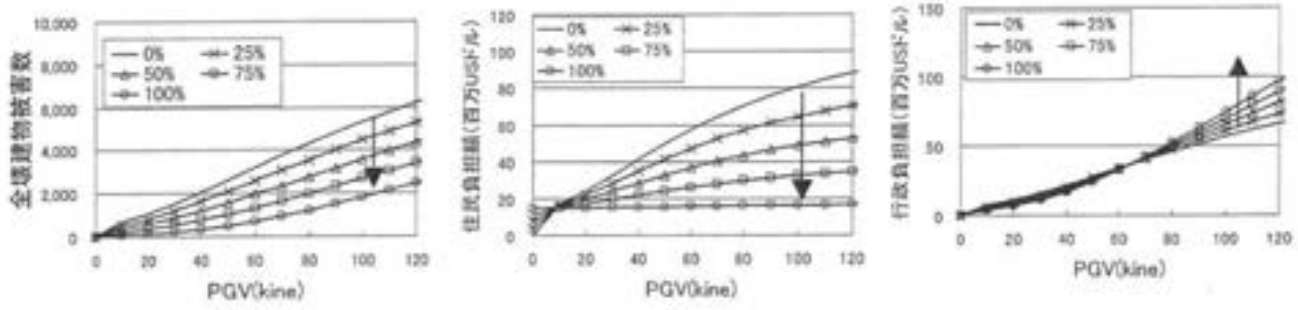


図10　全壊建物数の変化

図12　耐震補強技術開発を加味した住民負担額の変化(現状システム踏襲型)

図13　行政負担額の変化(理想のシステム型)

く，制度設計や技術開発などの事前対策への支援を積極的に実施することが重要であることがわかった．

参考文献

1) 日本建築学会：特定研究課題３　既存不適格建物の改善方策報告書，1998
2) 目黒公郎・高橋健：既存不適格建物の耐震補強推進策に関する基礎研究，地域安全学会論文集，No.3，2001.11
3) 吉村美保・目黒公郎：公的費用の軽減効果に着目した木造住宅耐震補強助成制度の評価，地域安全学会論文集 No.4，pp.247-254，2002.11
4) 総務省統計局：世界の統計，2003
5) 東京都総務局：東京都の人口統計（H15.1.1 現在）
6) State Institute of Statistics:Population Census 2000,Republic of Turkey.
7) JICA・IMM: The Study on A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul Including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey, 2002.9
8) 阪神淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告　総集編，日本建築学会，2000
9) 文部科学省1999年トルコ・コジャエリ地震調査団：1999年トルコ・コジャエリ地震とその災害に関する調査・研究，自然災害科学，18-3，pp.369-379，1999
10) 神戸大学都市安全研究センター：トルコ・コジャエリ地震調査合同報告書(一次・二次・三次調査隊)，2000.3
11) Stein, R.S., Barka, A.A and Dieterich, H.J.: Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering Geophys. J. Int., 128, pp.594-604, 1997
12) 日本建築学会・土木学会・地盤工学会：1999年トルココジャエリ地震災害調査報告，2001
13) 日本建築学会：1992年トルコ地震災害調査報告，1993
14) 大橋雄二：日本建築構造基準変遷史，日本建築センター 1993
15) 日本建築学会：地震荷重―その現状と将来の展望，1987
16) EERI: World Housing Encyclopedia Report, Turkey, 2002
17) 財)都市防災美化協会・地域安全学会：地震・火山災害における住民・行政の対応と被災地の復興　その１，2002.7
18) 中林一樹：トルコ・コジャエリ地震と都市復興の課題，都市計画，pp.72-75，2000
19) 村尾修，山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集，日本建築学会，No.527，189-196，2000.1
20) Paola Mayorca：地震多発地域の無補強組積造建物の耐震補強対策法に関する研究，Strengthening of Unreinforced Masonry Structures in Earthquake Prone Regions，東京大学博士論文，2003.9
21) SAPI Team for Japan Bank for International Cooperation: JBIC Special Assistance for Project Implementation (SAPI) for Emergency Earthquake Recovery Loan, 2002.11
22) 建築行政研究会：建築物の耐震改修の促進に関する法律の解説，大成出版社，1996.5
23) Campbell, K.W.:Empirical Near-Source Attenuation Relationships for Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Acceleration, and Pseydo-Absolute Acceleration Response Spectra, Seis. Rs. Lett., Vol.68, No.1, 154-179
24) 外務省：トルコ北西部地震の概要と我が国の支援，外務省HP，http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/turkey/99/index.html

(原稿受付　2003.5.20)

The Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction
August 3-5, 2006, Bangkok, Thailand

ON-SITE ELEMENTAL ANALYSIS OF CONCRETE BY PORTABLE ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE ANALYZER

Hisashi KANADA[1], Yukihiro ISHIKAWA[2] and Taketo UOMOTO[3]

ABSTRACT: Several componential instruments are used for concrete analysis. But most of them are only available for laboratory use, obtained samples from actual structures are analyzed in the laboratory. In case of seacoast environment structures, chloride content in concrete is often measured to evaluate the possibility of steel corrosion. Potentiometric titration analysis in the laboratory is commonly used to measure the chloride content, but this requires high labor effort and cost because pretreatment of sample (crushing, grinding or dissolution etc.) and titration are troublesome tasks. If chloride content can be measured non-destructively and immediately, the method would be a very effective technique for inspectors. Recently, a portable X-ray fluorescence analyzer has been developed, which enables elemental analysis in the field. Laboratory measurement requires at least two days for sampling and analysis, but if inspector can perform elemental analysis in the field using the equipment, the countermeasure can be determined there. Therefore, On-site analysis will provide improvement of working efficiency and maintenance cost compared to traditional method. This paper introduces the applicability and availability of portable X-ray fluorescence analyzer to on-site elemental analysis of concrete.

KEYWORDS: energy dispersive type, portable X-ray fluorescence analyzer, on-site analysis, chloride content, elemental analysis

1. INTRODUCTION

The authors are developing new non-destructive methods which can detect deterioration factors of concrete such as carbonation, chloride content or sulfate attack. Application of near-infrared spectroscopic technique for inspection of concrete is one such example which enables us to obtain distributions or contents of deterioration factors by sensing reflected near-infrared rays from the measuring plane [1]. In the near future, the number of aging structures that require maintenance will increase, so maintenance will be difficult by existing methods. Therefore, improvement of workability by on-site elemental analysis is important.

X-ray fluorescence analysis is not new a method, and is generally used as one of the elemental analyses. This is applicable to heavy elements as compared to light elements, since qualitative analysis can be carried out from spectrum of energy and their concentration can be obtained from the intensity of X-ray fluorescence from sample. It is possible to analyze concrete samples using desktop X-ray fluorescence analyzer, but this method does not have the advantage of working efficiency compared to other analytical methods (potentiometric titration method etc.). Portable X-ray fluorescence analyzer, can directly measure deterioration factors of structures has been under development for the last few years. Therefore, the method will be applicable to on-site elemental analysis.

[1] *Project research associate, International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan*
[2] *Graduate student, Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology, Japan*
[3] *Professor, International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan*

2. X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

2.1 PRINCIPLE OF X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

X-ray fluorescence analysis is a non-destructive analytical technique used to determine the elemental composition of a sample. When a primary X-ray excitation beam from an X-ray tube or a radioactive source strikes a sample, the X-ray can either be absorbed by the atom or scattered through the material. During this process, if the primary X-ray has sufficient energy, electrons are ejected from the inner shells, creating vacancies. These vacancies present an unstable condition for the atom. As the atom returns to its stable condition, electrons from the outer shells are transferred to the inner shells and in the process give off a characteristic X-ray whose energy is the difference between the two binding energies of the corresponding shells (Figure 1). Because each element has a unique set of energy levels, each element produces X-rays at a unique set of energies, allowing one to non-destructively measure the elemental composition of a sample (Figure 2). The process of emissions of characteristic X-rays is called "X-ray fluorescence".

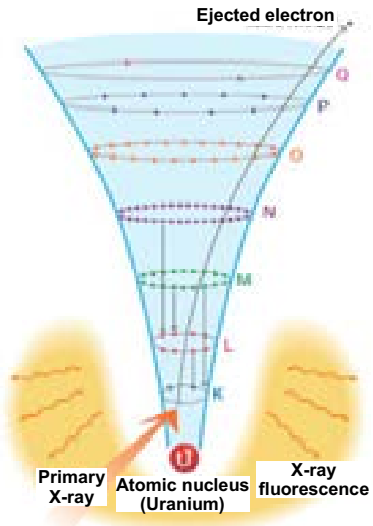


Figure 1. Principle of X-ray fluorescence radiation (Example:Uranium) [2]

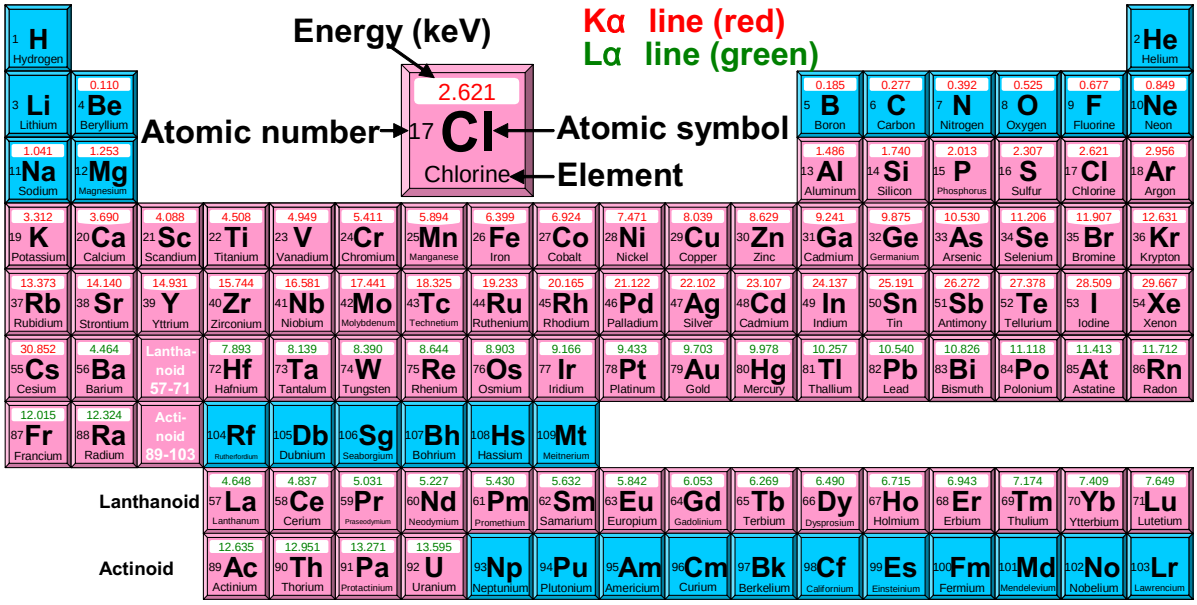


Figure 2. Periodic Table of the Elements [3]

2.2 COMPONENTS OF THE X-RAY FLUORESCENCE ANALYZER

Two types of X-ray fluorescence analyzers are available today: wavelength dispersive type (WDXRF) and energy dispersive type (EDXRF). In WDXRF spectroscopy, the X-ray energies are separated by means of a diffracting crystal and a detector which are placed in positions complying with Bragg's law. The placement is either by turning of a goniometer-measuring the energies one after the other (sequential); or in fixed positions-measuring the energies all at the same time (simultaneous).

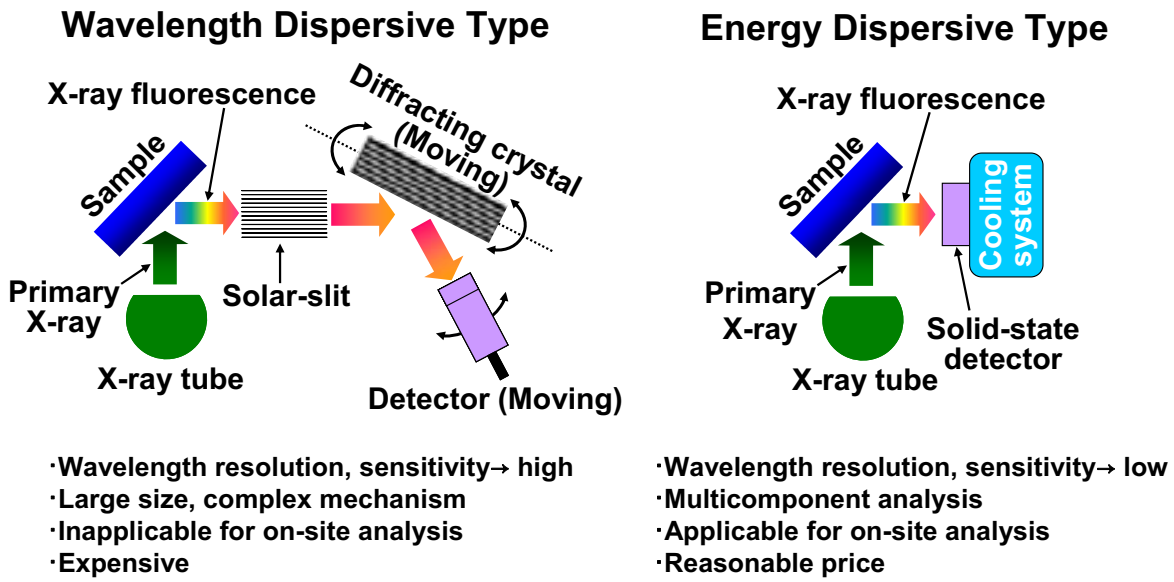


Figure 3. Types of XRF

EDXRF spectroscopy makes use of the fact that the pulse height of the detector signal is proportional to the X-ray photon energy, which is correlated with the wavelength. Therefore the optical path is simpler than for WDXRF spectrometers because no diffracting crystals or goniometers are needed, and the fluorescence photons from the sample hit the detector directly.

As shown in Figure 3, since energy dispersive type (EDXRF) can be applied to portable analysis, it was selected to verify the applicability to concrete inspection.

3. MEASUREMENT OF CHLORIDE CONTENT OF CONCRETE USING EDXRF

3.1 INSTRUMENT CONFIGURATION

As shown in Figure 2, chlorine can be detected from the X-ray fluorescence spectrum at 2.621 keV. Therefore, proper measurement conditions, which can accurately detect the range, are required. Palladium was selected for the target of the X-ray tube because the characteristic X-ray of palladium is effective to excite the chlorine. X-ray filters are usually used to reduce the background of X-ray fluorescence spectrum, but light elements like chlorine can be measured by weak X-ray; therefore, no X-ray filters are better for detection.

3.2 MEASUREMENT CONDITIONS

Standard samples of chloride-containing cement paste specimens (W/C=40%) were prepared. Sodium chloride was directly added into the mixing water to adjust chloride content (Table 1). Voltage of X-ray tube, focal distance between sample and stage and measurement time were considered as experimental parameters (Table 2).

Table 1. Mix proportions of samples

No.	Chloride content	No.	Chloride content
N40-0	None	N40-3.0	3.0 [0.154]
N40-0.4	0.4 [0.021]	N40-6.0	6.0 [0.308]
N40-0.6	0.6 [0.031]	N40-9.0	9.0 [0.462]
N40-0.8	0.8 [0.041]	N40-12.0	12.0 [0.615]
N40-1.0	1.0 [0.051]	N40-15.0	15.0 [0.769]
N40-1.2	1.2 [0.062]	N40-20.0	20.0 [1.025]
N40-1.5	1.5 [0.077]	Unit: kg/m^3 [wt %]	

Table 2. Experimental parameters

Target Material		X-ray filter
Palladium		Nonuse
Voltage of X-ray tube	Focal distance	Measurement time
6~9kV	0~7mm	30, 60, 120, 180s

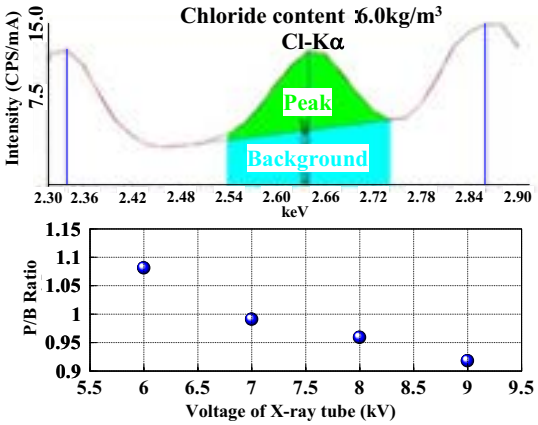


Figure 4. Relationship between the voltage of X-ray tube

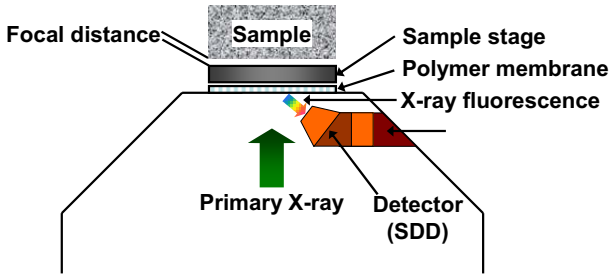


Figure 5. Detail view of the detector

Figure 4 shows the relationship between the voltage of X-ray tube and the peak/background ratio. When the voltage is increased, the peak/background ratio decreases, so measurement should be carried out under low-voltage condition. Figure 5 shows the detail view of the detector. When primary X-ray is irradiated to the sample, emitted X-ray fluorescence can be detected by the detector. If focal distance increases, X-ray fluorescence is attenuated due to air (atmosphere), so contact measurement (focal distance: 0mm) is required.

Figure 6 shows the variations of measured results with measurement times. From experimental results, stable result can be obtained if measurement time is more than 120 seconds.

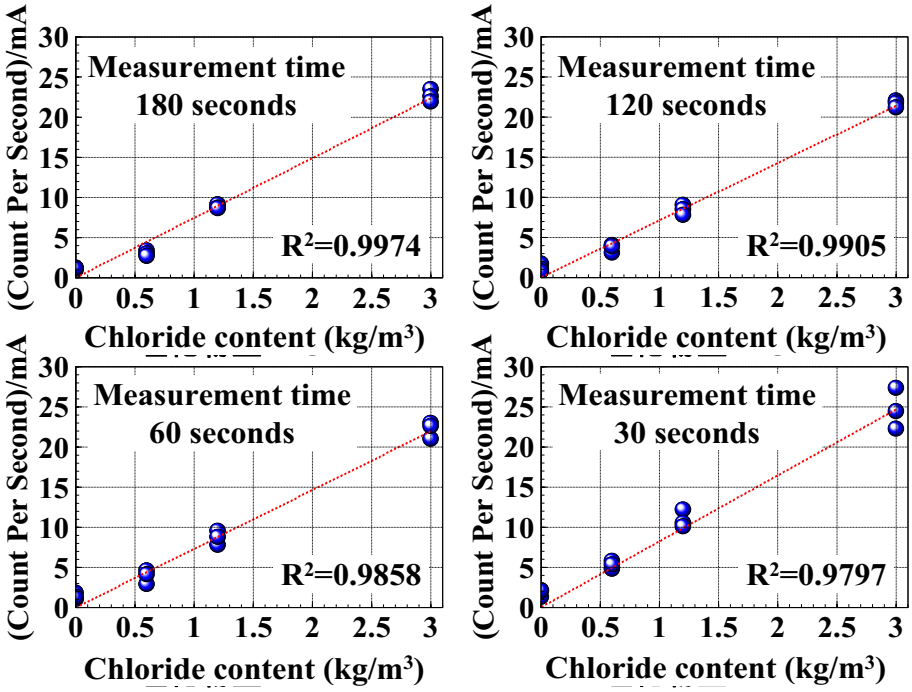


Figure 6. Variation from measurement time

3.3 PREPARATION OF CALIBRATION CURVE

As shown in Figure 7, the number of X-ray fluorescence counts at 2.621 keV increases as chloride content increases. The calibration curve should be prepared to carry out quantitative analysis. Figure 8 shows high correlation between chloride content and peak area corresponding to chlorine (green area in Figure 4). Chloride content of a sample can be estimated by substituting its peak area into the

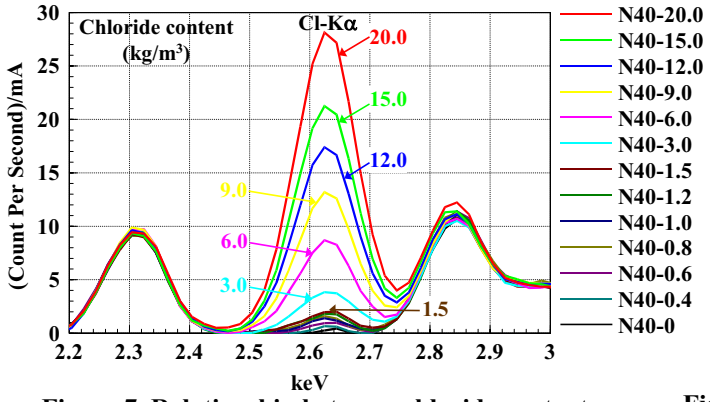


Figure 7. Relationship between chloride content and X-ray fluorescence counts

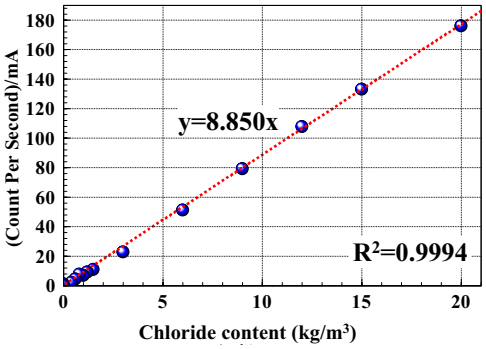


Figure 8. Relationship between chloride content and peak area corresponding to chlorine

calibration curve (Figure 8). In X-ray fluorescence analysis, in principle, total chloride content of concrete (free and fixed chloride) can be measured.

4. APPLICATION OF ACTUAL MEASUREMENT

4.1 MEASUREMENT OF CHLORIDE CONTENT OF CONCRETE

The advantage of portable X-ray analysis is its application to on-site measurement. Potentiometric titration method is commonly adopted to measure the chloride content using concrete powder or cores sampled from actual structures. The portable method can directly analyze samples or structures in the field; therefore, measurement time can be shortened as compared to traditional methods. Figure 9 shows actual measurement of sampled concrete powder by drilling. It was confirmed from

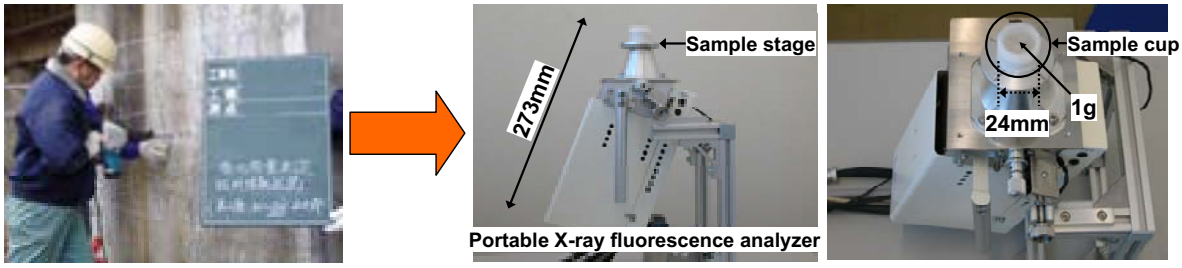


Figure 9. Measurement of chloride content using concrete powder

experimental result that a 1g sample is enough to measure chloride content. Measurement of chloride penetration depth was attempted in order to verify whether direct analysis on a concrete plane is possible. The sample specimen had been exposed to marine environment (Figure 10), and the cutting

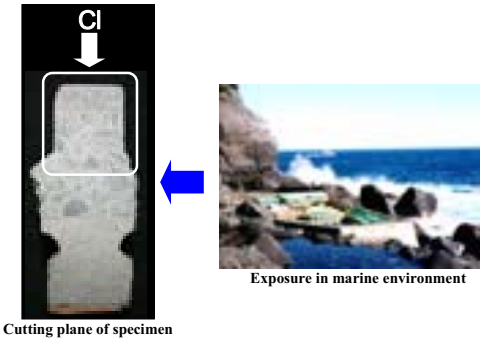


Figure 10. Cutting plane of specimen and exposure condition

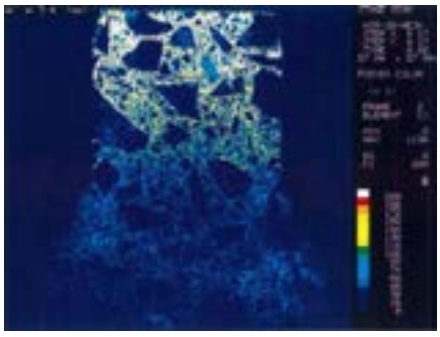


Figure 11. Result of EPMA

plane was used for measurement. Figure 11 shows the result of EPMA, where white pixels indicate high chloride content, and it was observed that chlorine penetrated from the exposure plane.

As shown in Figure 12, analysis of the concrete plane can be carried out by contact of the sample stage with the plane. The average of three measurement points (other than coarse aggregate) at each depth were plotted in Figure 13. Obtained values by potentiometric titration method were also plotted as reference. The same trend can be observed between this method and traditional method, the applicability has been corroborated by experimental results.

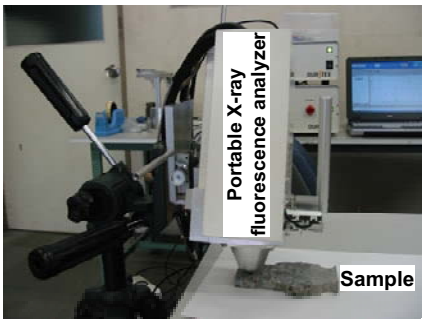


Figure 12. Measurement of cutting plane

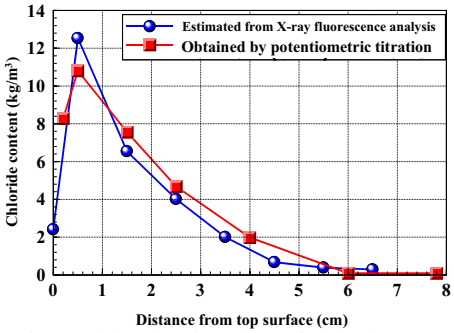


Figure 13. Distribution of chloride content

4.2 APPLICATION OF ELEMENTAL ANALYSIS

Current energy dispersive analyzers can be used to detect elements from $_{12}$Mg to $_{92}$U, so other elements such as Mg, Al, Si, S, K, Ca or Fe can also be detected (Figure 14). As an example, Figure 15 shows the spectrum change after deterioration due to sulfuric acid attack. The number of X-ray fluorescence counts at 2.307 keV corresponding to sulfur increases after deterioration, and as the counts of calcium decreases, the counts of silicon increases due to exposure of aggregates because cement paste is dissolved.

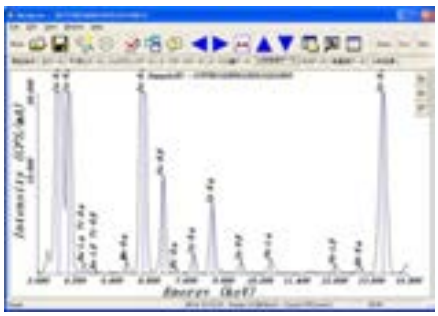


Figure 14. Qualitative X-Ray fluorescence

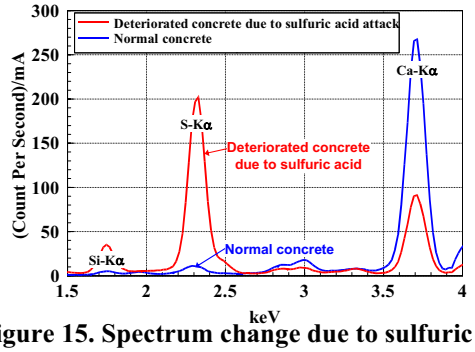


Figure 15. Spectrum change due to sulfuric acid

5. CONCLUSIONS

It was confirmed that chloride content of concrete can be measured using portable X-ray fluorescence analyzer. This method can shorten measurement time and improve working efficiency, and will prove to be a powerful tool for inspectors or administrators of infrastructures.

REFERENCES

1. Hisashi Kanada, Yukihiro Ishikawa,Taketo Uomoto, “Development of New Method to Detect Deleterious Substances of Concrete Using Near-infrared Spectral Imaging System”,*The First International Conference of Asian Concrete Federation*,Chiang Mai, Thailand, October 28-29, 2004.
2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI), “Bits of knowledge: X-ray fluorescence analysis”, *SPring-8 News*,No.6, 2001.3.
3. Princeton Gamma-Tech, Inc., “X-ray Critical Absorption and Emission Energies in keV”, *Nuclear Products Catalog*, 2002.

ELSEVIER

International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 8 (2006) 34–48

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED EARTH OBSERVATION AND GEOINFORMATION

www.elsevier.com/locate/jag

Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities

Tran Hung[a,*], Daisuke Uchihama[b], Shiro Ochi[b], Yoshifumi Yasuoka[b]

[a] *TECOS, 62 Chua Lang, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

[b] *Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, Japan*

Received 23 April 2004; accepted 9 May 2005

Abstract

This study focuses on using remote sensing for comparative assessment of surface urban heat island (UHI) in 18 mega cities in both temperate and tropical climate regions. Least-clouded day- and night-scenes of TERRA/MODIS acquired between 2001 and 2003 were selected to generate land-surface temperature (LST) maps. Spatial patterns of UHIs for each city were examined over its diurnal cycle and seasonal variations. A Gaussian approximation was applied in order to quantify spatial extents and magnitude of individual UHIs for inter-city comparison. To reveal relationship of UHIs with surface properties, UHI patterns were analyzed in association with urban vegetation covers and surface energy fluxes derived from high-resolution Landsat ETM+ data. This study provides a generalized picture on the UHI phenomena in the Asian region and the findings can be used to guide further study integrating satellite high-resolution thermal data with land-surface modeling and meso-scale climatic modeling in order to understand impacts of urbanization on local climate in Asia.

© 2005 Elsevier B.V. All rights reserved.

Keywords: Satellite remote sensing; Urban heat island; Urbanization; Asian mega cities

1. Introduction

Asian cities are the most rapidly growing regions of the world nowadays and 16 of the world's 24 mega cities (cities with more than 10 million people) will be located in Asia by the year 2015. The rapid urban transition in Asia involving a large volume of population with increased energy consumption and dense urban infrastructure is reported to significantly affect the quality of life of urban inhabitants as well as to worsen urban environment and urban climate. Urbanization including residential, commercial and industrial developments initiates one of the most dramatic human-induced change of a natural ecosystem: a natural landscape, often containing transpiring vegetation and a pervious surface, is converted to a built, largely impervious landscape made up of rigid, sharp-edged roughness elements. The introduction of new surface materials (such as concrete, asphalt, tiles, etc.) coupled with the emission of heat, moisture and pollutants dramatically change radiative, thermal, moisture, roughness and emissions properties of the surface and the atmosphere above (Roth, 2002). These

* Corresponding author. Fax: +84 4 7750457.
E-mail address: hungtrung@yahoo.com (H. Tran).

0303-2434/$ – see front matter © 2005 Elsevier B.V. All rights reserved.
doi:10.1016/j.jag.2005.05.003

modifications of urban surface cause the local air and surface temperatures to rise several degrees higher than the simultaneous temperatures of the surrounding rural areas. Furthermore, as cities continue to grow in both population and physical size, these urban–rural differences in temperature also increase as reported by long-term temperature records. For example, Ichinose et al. (1999) found that in 135 years, urbanization has created a warm bias of 2.8 °C in lowest air temperature in the climate record of Tokyo, while Boonjawat et al. (2000) found an increase of 1.23 °C in lowest air temperature in the UHI of Bangkok for the last 50 years. This phenomenon is called the urban heat island (UHI), of which two types can be distinguished: the urban canopy layer (UCL) heat island and the urban boundary layer (UBL) heat island (Roth et al., 1989). Urban heat island studies are generally conducted in one of two ways: (a) measuring the UHI in air temperature through the use of automobile transects and weather station networks and (b) measuring the UHI in surface (or skin) temperature through the use of airborne or satellite remote sensing. To date, the vast majority of climatologic studies of UHI's have been performed using in situ data, which have the advantage of a high temporal resolution and a long data record, but which also have poor spatial resolution. Satellite thermal data, on the other hand, have higher spatial coverage and provide information on the UCL heat island. These data have not been frequently used in urban climatology applications due in large part to the complexity of the interactions of thermal infrared radiations with the atmosphere and urban surfaces. In recent years, with advances in atmospheric sensing as well as in improvement of sensors' spatial and temporal resolutions the field of remote sensing has lent itself well to the study of UHIs and urban climates (Gallo et al., 1993; Gallo and Owen, 1998; Dousset and Gourmelon, 2003; Roth et al., 1989; Streutker, 2002, 2003; Weng et al., 2004). A variety of sensor–platform combinations have been used to make remote observations of the surface UHI over a range of scales and to study their causation. Existing satellite-based UHI studies, however, have been focused mostly on individual cities in the temperate climate zone and comparative monitoring of UHIs in various cities is rather limited. The research presented in this paper focused on utilizing satellite data to examine comparatively the surface UHIs in eight selected Asian mega cities (Tokyo, Beijing, Seoul, Shanghai, Pyongyang, Bangkok, Manila and Ho Chi Minh City) in both temperate and tropical climate zones. High temporal resolution MODIS data was used to map and analyze temporal and spatial variations of UHIs, while high spatial resolution Landsat ETM+ data was utilized to study their relationship with urban surface characteristics. The main objective of this comparative study of UHIs in the selected Asian mega cities including tropical cities is to provide broad understanding of UHI phenomena, their causation and climate effects of urbanization in the region.

2. Background

2.1. Remotely sensed surface temperature

The surface temperature is of prime importance to the study of urban climate, not only in obtaining boundary conditions of the atmosphere, but also in understanding the environmental conditions necessary for human beings. Satellite TIR sensors measure top of the atmosphere (TOA) radiances, from which brightness temperatures can be derived using Planck's law. Brightness temperatures differ from actual land-surface temperature (LST) ranging from 1 to 5 K, due to several atmospheric effects (e.g., partial water vapor absorption), variable surface emissivity, sub-pixel variation of surface temperature, urban geometry and non-vertical satellite viewing angle (Dousset and Gourmelon, 2003). Therefore, atmospheric effects and then, spectral emissivity values should be considered in computing actual LST. Three types of methods have been developed to estimate LST from space: the single infrared channel method, the split window method and a new day–night MODIS LST method, which is designed to take advantage of the unique capability of the MODIS instrument (Wan, 1999). The first method requires surface emissivity and an accurate radiative transfer model and atmospheric profiles, which must be given by either satellite soundings or conventional radiosonde data (Schmugge et al., 1998). The second method makes corrections for the atmospheric and surface emissivity effects with surface emissivity as an input based on the differential absorption in a split window (Wan and Dozier, 1996). The third method

uses day–night pairs of TIR data in seven MODIS bands for simultaneously retrieving surface temperatures and band-averaged emissivities without knowing atmospheric temperature and water vapor profiles to high accuracy (Wan and Li, 1997). Further, the three-dimensional roughness of urban surfaces, which is scale-dependent on satellite images, is to be considered to generate more regionally representative urban temperature estimates (Voogt and Oke, 2003).

2.2. Thermal remote sensing of urban surfaces

According to Voogt and Oke (2003), most of the existing satellite-based research on UHIs can be grouped into three main themes: (1) to examine the spatial structure of urban thermal patterns and their relation to urban surface characteristics; (2) to study urban surface energy balances through coupling with urban climate models; (3) to study the relation between atmospheric heat islands and surface UHIs through combining coincident remote and ground-based observations. For a long time, remote sensing data in red and near-infrared spectra have been successfully used to quantify the extent and changing conditions of urban land covers, especially, of urban vegetation (Weng et al., 2004). Satellite-based studies have continued to use NOAA AVHRR and Landsat thermal data combined with land use maps to assess the spatial patterns of brightness surface temperature at various mapping scales (Gallo et al., 1993; Gallo and Owen, 1998; Dousset and Gourmelon, 2003; Roth et al., 1989; Streutker, 2002, 2003; Weng et al., 2004). Research on urban surface energy balances using thermal data coupled with climate models (Carlson and Arthur, 2000; Carlson and Sanchez-Azofeifa, 1999; Owen et al., 1998) showed that the partitioning of sensible and latent heat fluxes and thus, surface radiant temperature response is a function of varying surface soil water content and vegetation cover. Using NOAA AVHRR data, Gallo et al. (1993) pinpointed the significance of vegetation index as an important indicator of urban–rural differences in minimum air temperature for 37 US cities. Dousset and Gourmelon (2003) integrated multi-sensor data to characterize surface UHIs of the Los Angeles and Paris metropolises and found significant effects of urban surface properties, such as built-up area, vegetation and water on the surface temperature. These researches help to explain the mechanisms for the genesis of the heat islands and monitor changes in local climate resulting from expansion of urban areas. Oke (1973) indicated that the magnitude of UHIs depends on the size and geometry of the city. The spatial extents of urban areas have been mapped successfully for a long time by optical remote sensing and recently by night-time remotely sensed light data (Voogt and Oke, 2003). Using multi-temporal NOAA AVHRR, Streutker (2003) quantified the UHI of Houston city, Texas with a 2-D Gaussian surface, monitored its growth over 12 years and found that the magnitude and spatial extent of the UHI had closely followed the urban expansion of Houston city in terms of population distribution. As Asian cities continue to rapidly grow in both population and physical size, comparative studies of UHIs between cities with different climatic and socio-economic settings using satellite data will become progressively more important for researchers and decision makers to understand climate effects of urbanization in order to contribute to sustainable urban development in the region.

3. Data and methods

3.1. Selected study cities

Eight Asian mega cities located in either temperate (Tokyo, Beijing, Shanghai, Seoul and Pyongyang) or tropical climates (Bangkok, Manila and Ho Chi Minh City) zones have been selected for this study (Fig. 1). Located mostly in flat plains near the sea, the tropical cities are quite humid even in the dry season, while temperate cities have high relative humidity in summer. The relative humidity ranges from 59 to 72% for inland city of Beijing from 75 to 85% for coastal city of Manila (Table 1). Significant atmospheric UHIs were reported, for example, with intensity of 8 °C for Tokyo, on July nights (Ichinose et al., 1999), of 4.5 °C for Seoul on August nights (Kim and Baik, 2002) and of 5 °C for Bangkok, on February nights (Boonjawat et al., 2000). These cities are among major metropolises in respective East and Southeast Asian countries with high-density population as shown in Table 1 and high urban growth rate of 3.4% or more. According to the report from the Institute of Global Environmental Studies/Asia-Pacific Network (IGES/APN) mega-city project report (Imura,

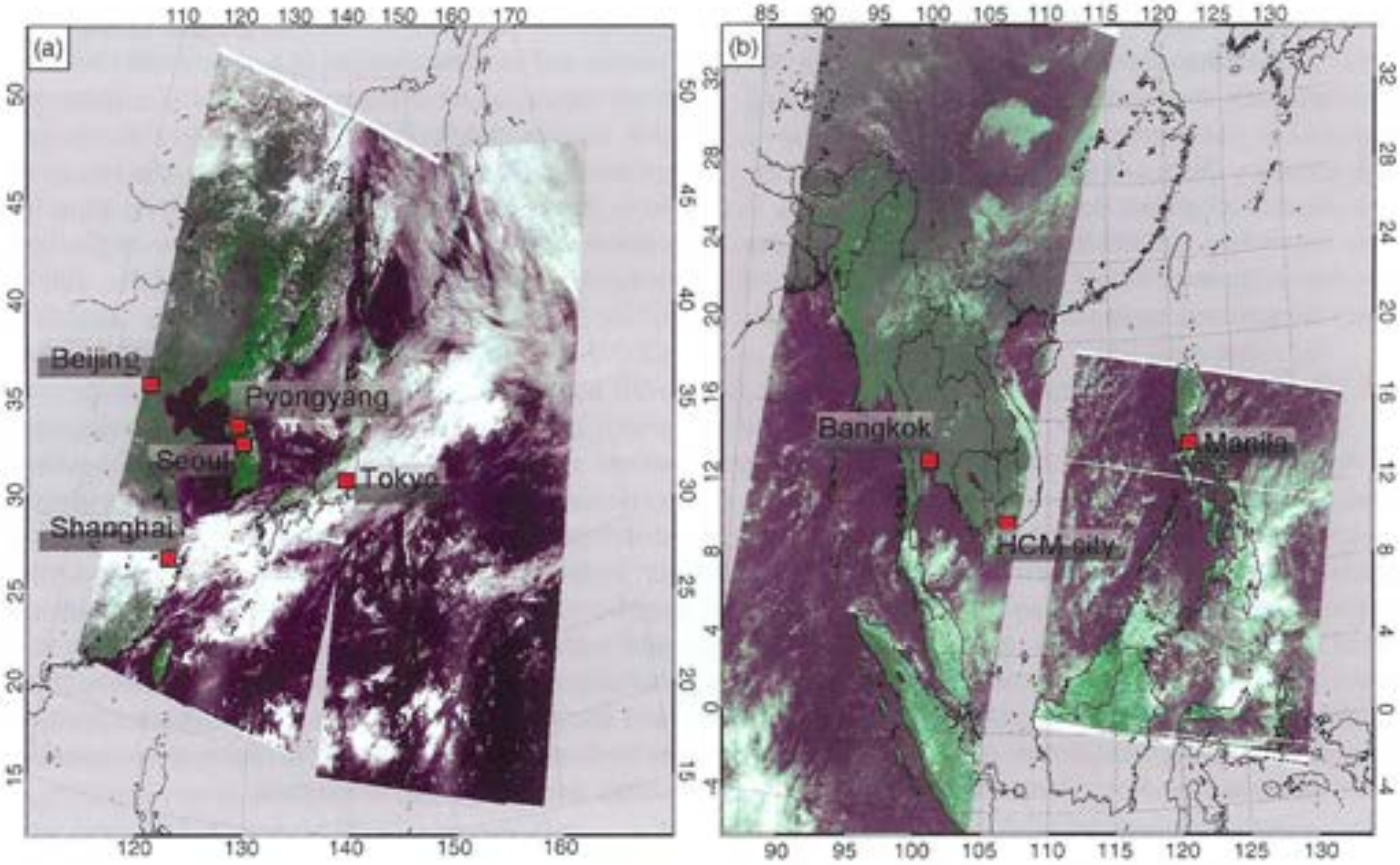


Fig. 1. Mosaics of MODIS day-scenes received at IIS, Tokyo, on 27 May 2001 (a) and at AIT (b), Bangkok, on 6 January 2002 with locations of the selected Asian cities.

2002), they are front-runners in the region in terms of urban development, economic growth, industrial transformation, which leads to intensive consumption in energy and materials. In addition, significant UHIs in those cities were reported to increase energy consumption in the summer, to change humidity and precipitation patterns, to worsen the existing air pollution as well as to cause various health-related problems (Ichinose et al., 1999; Imura, 2002; Roth, 2002). It is, therefore, analyzing patterns of UHIs in these cities and its relationship with urban surface characteristics is significant to understand in order to lessen the ever-worsening urban climate problem in the region.

3.2. Satellite data acquisition and pre-processing

The multi-sensor data sets used in this study include high temporal resolution MODIS data for mapping and analyzing temporal and spatial variations of UHIs in selected cities and Landsat ETM+ data for studying its relationship with urban surface characteristics. The moderate resolution imaging spectroradiometers (MODIS) on board the TERRA satellite provide information about the Earth's surface in 36 wavebands including visible and near-infrared spectra, SWIR and in thermal range. The TERRA satellite, launched in December 1999, into near-polar sun-synchronous orbits, pass in view of any point on earth twice daily at approximately 10:30 and 21:30 h local time. The frequent and synoptic characteristics together with specially designed atmospheric bands of MODIS offer the alternative to lessen the cloudiness problem in monitoring UHIs phenomena, which is, especially, helpful in case of tropical climate cities. In addition, MODIS data can be acquired in real-time all over the world from Direct Broadcast receiving stations for environmental monitoring. Since May 2001, the Institute of Industrial Science (IIS), University of Tokyo had installed 2X-band satellite reception facilities in Tokyo (Komaba campus at 35.66°N and 139.68°E) and in Bangkok (Asian Institute of Technology campus at 14°05′N and 100°37′E) to

acquire DB MODIS data. Each of the two stations is receiving about two to three passes during the day and two to three passes during the night covering a large part of East Asia and Southeast Asia, respectively. Fig. 1 shows the mosaics of the two MODIS day passes received at IIS, Tokyo, on 27 May 2001 and at AIT, Bangkok, on 6 January 2002. MODIS, level 1b, data products for each station are routinely generated using University of Wisconsin IMAPP software and, then, archived in the IIS data archive (Tran et al., 2001). These calibrated and georeferenced at-sensor radiances are available at spatial resolutions of 250, 500 and 1000 m. From the IIS MODIS data archive, least-cloud day and night-scenes (less than 15% in selected urban areas) with satellite zenith angles less than 20° and covering the selected cities were obtained for calculating LST and NDVI for the period of 2001–2003. The remaining cloud-contaminated pixels on the selected scenes were flagged using NASA's cloud-mask algorithm (MOD06). These selected 3 years MODIS data were used in this research to study the UHI patterns of individual cities. However, with accumulation over the years, these temporal data would be useful to further monitor and assess the impact of urbanization on local climate. In order to derive detailed land cover information and to analyze the relationship between UHIs and urban surface characteristics, Landsat ETM+ images of level 1G dated on 08 January 2002 and 13 February 2002 for Bangkok and Ho Chi Minh City were obtained, respectively. They were rectified to a common UTM coordinate system based on 1:50,000 scale topographic maps with RMS errors of less than 0.4 pixel and resampled to 30 m resolution for all bands.

3.3. Derivation of surface temperature map

MODIS is particularly useful for the land-surface temperature product because of its global coverage, radiometric resolution and dynamic ranges for a variety of land cover types and high calibration accuracy in multiple thermal bands designed for retrieval of sea surface temperature (SST), LST and atmospheric properties (Wan, 1999). For the eight selected cities, urban heat island measurements were monitored from surface temperature maps at 1 km resolution derived from MODIS thermal data of selected day and night-scenes acquired during 2001–2003. LST at the resampled 30 m resolution for Bangkok and Ho Chi Minh City were derived from the acquired Landsat ETM+ thermal bands. First, at-sensor radiant temperatures for each MODIS or ETM+ thermal band were calculated from emitted spectral radiance (R_i) using Planck's equation:

$$T_i(R_i) = \frac{C_2 \nu_j}{\ln\left(\frac{C_1 \nu_j^3}{R_i} + 1\right)} \quad (1)$$

where T_i (R_i) is the radiant temperature in Kelvin for the pixel in question in band i, C_1 the calibration constant (1.1910659×10^{-5} mWm^{-2} s r^{-1} cm^4), C_2 the calibration constant (1.438833 cm K), ν_i the central wave number for each band i, R_i is the corrected spectral radiance for the pixel in question in band i.

The radiant temperature values computed using Eq. (1) are referenced to an internal black body. The actual land-surface temperature was derived after correcting for spectral emissivity of different land covers. MODIS LST was derived from the corrected two thermal bands (bands 31 and 32 in the 10.5–12.5 μm spectra) using view-angle-dependent split-window LST algorithm for MODIS (Wan, 1999) with reported accuracy of better than 1 K. The emissivity-corrected LST from Landsat ETM+ thermal data based on the emissivity classification scheme by Snyder and Wan (1998) was computed as follows:

$$\mathrm{LST_{TM}} = \frac{T_i(R_i)}{1 + (\nu_i T_i(R_i)/\rho) \ln \varepsilon_i} \quad (2)$$

where ε_i is the emissivity at the spectral band i, ν_i the wavelength of emitted radiance and value of 11.5 μm was used, $\rho = hc/\sigma$ (1.438×10^{-2} m K), σ the Boltzmann constant, h the Planck's constants and c is the velocity of light.

3.4. Measurements of individual UHIs

Surface temperature data were derived for summer and winter seasons in cities with temperate climate, while in tropical cities LST data can only derived for dry season (September 2001–April 2002) due to cloud-coverage problem. In order to compare the UHIs between different cities, the characteristics of individual UHI measurements were calculated using the method developed by

Streutker (2002). A major advantage of this method for comparative study of UHIs in various cities is that the quantity of interest is not absolute urban temperature, but the difference in simultaneous temperature between urban and rural areas. The sources of error as well as the influences of local meteorological conditions, which mostly are systematic, are partially removed in the differencing procedure. This technique uses a least-square fit of the entire heat island to a Gaussian surface of the form:

$$T(x,y) = T_0 + a_1 x + a_2 y + a_0 \exp \times \left[-\frac{((x-x_0)\cos\phi + (y-y_0)\sin\phi)^2}{0.5a_x^2} - \frac{((y-y_0)\cos\phi + (x-x_0)\sin\phi)^2}{0.5a_y^2} \right] \quad (3)$$

First, the rural temperature image was created by masking out all areas of clouds, open water and urban pixels and then fitted to a planar surface, resulting in the determination of T_0, a_1 and a_2. The rural temperature components (the first three terms on the right-hand side of Eq. (3)) were then subtracted from the land temperature image, leaving only the heat island signature. The temperature image of the UHI was then fit to a pure Gaussian surface (the exponential term on the right-hand side of the Eq. (3)) in order to determine the UHI measurements. The UHI magnitude was the height of the Gaussian (a_0) and the longitudinal and latitudinal extents of the UHI were defined using 1 °C threshold above mean rural surroundings temperature (a_x^1 and a_y^1) following Streutker (2003), which seems compatible with the accuracy of deriving surface temperature from MODIS data. The footprint area of each UHI was then approximated as the area of an ellipse with the major and minor axes equivalent to the latitudinal and longitudinal extent parameters:

$$\text{footprint area} = \frac{\pi a_x^1 a_y^1}{4} \quad (4)$$

3.5. Vegetation index and land cover classification

In order to analyze the relationship between UHIs and urban surface characteristics, urban land covers/vegetation cover information at various spatial resolutions were extracted from the MODIS and ETM+ data. The normalized different vegetation indices (NDVI) from red (band 1 for MODIS and band 3 for ETM+ images) and near-infrared (band 2 for MODIS and band 4 for ETM+ images) channels were calculated. Multi-date MODIS 7 visible, near-infrared and SWIR bands (0.47–2.130 μm) were used to create classified land cover maps using a decision-tree approach at 500 m resolution for each city into eight broad land cover categories corresponding to urban densely built, residential, bare soil, seasonal vegetation, evergreen vegetation, paddy, rangeland and water. The detailed 30 m resolution land cover maps for Bangkok and Ho Chi Minh City were derived from acquired ETM+ images using supervised classification. The overall classification accuracies for the land cover classes, which were aggregated to the above eight broad categories, are 92 and 89%, respectively.

3.6. Surface energy balance

The thermal variation within the city depends on how radiant energy is used, i.e., how it is partitioned at the earth's surface into sensible and latent heat fluxes. In order to understand the effects of urban covers on the urban heat island, the urban surface energy balances (e.g., biophysical parameters) for Bangkok and Ho Chi Minh City were explored. The ETM+ derived LST–NDVI spaces were interpreted using the "triangle method", which is based on soil-vegetation-atmosphere transfer (SVAT) model. Following procedures described in Gillies et al. (1997), the NDVI and LST computed from the two ETM+ scenes were normalized in order to reduce inter-scene variability and atmospheric effects. Using NDVI limits for bare soil ($NDVI_0$) and for 100% vegetation cover ($NDVI_s$) and observed ambient air temperature as limit (T_0) for coldest LST, the NDVI and T_s were scaled as: $N^* = \frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_s - NDVI_0}$ and $T^* = \frac{T_s - T_0}{T_{max} - T_0}$. The fractional vegetation cover was estimated as $Fr = N_*^2$. Then, the Pennsylvania State University SVAT models were run with input parameters from meteorological observation data for the respective cities. Finally, the normalized Fr/T^* scatterplots were overlaid with the SVAT model output using third-order polynomial approximation to compute the sensible heat flux fraction (H_s/Rn) and latent heat flux fraction (L_s/Rn) for each pixel and to generate respective maps for

Bangkok and Ho Chi Minh City (see Tran and Yasuoka, 2002 for more detailed procedures).

4. Results and discussion

4.1. UHIs spatial patterns and temporal variations

In contrast to atmospheric UHIs, satellite-based surface UHIs are observed higher in the day-time with a maximum in areas of large buildings or paved surfaces and smallest at night-time due to different surface properties and cooling rates (Roth et al., 1989). It is also well recognized that the UHI intensity exhibits diurnal and seasonal cycles and is modulated by meteorological conditions, such as cloud, wind conditions as well as anthropogenic heat release. To monitor seasonal variations of surface UHIs in temperate cities, 28 relatively cloud-free day-time scenes for Tokyo area throughout 1 year (from June 2001 to May 2002) were utilized to generate time series of day-time LST maps. The average monthly urban–rural temperature differences in surface temperature between CBD (Ueno) and mixed forest area (Hachioji) shown in Fig. 2a show a maximum of 13 °C around July–August and a minimum of 3 °C around January–February. Other temperate cities of Beijing, Shanghai, Seoul and Pyongyang have quite similar temporal pattern of surface UHIs, which closely resembles seasonal variations of observed air temperature in temperate cities reported in Ichinose et al. (1999). As for tropical cities of Southeast Asia, the time series of day-time LSTs of Bangkok were constructed only for dry season (September 2001–March 2002) from 16 relatively cloud-free day-time images as the area was mostly cloudy in the rainy season. The urban–rural differences in surface temperature between CBD (Sathon, Pathumwan) and paddy field (Nonthaburi outskirt) were not much varying during the dry season with maximum of 6 °C observed in February and minimum of 5 °C in December (Fig. 2b). The described seasonal variations of surface LSTs suggested that we could focus our study of surface UHIs in its maximum intensity in August for temperate cities in Northern Hemisphere and in dry season for tropical cities.

4.1.1. Day-time UHIs

Day-time surface UHIs mapped by MODIS LST data in summer for temperate cities and in dry season for tropical cities show that the locations of the maximum UHI intensity roughly coincides with heavily built-up areas found in the centers of cities (Fig. 3a and b). The urbanized areas, which are mapped by classification of multi-temporal MODIS data (Tran and Yasuoka, 2005) and characterized by high albedo and dry (built) surfaces, had significantly higher day-time surface temperature as compared to those of the surrounding rural relatively moist vegetated areas. In Tokyo, the surface temperature was observed uniformly decreasing with distance away from the maximum at commercial centers of Ueno, Shibuya and Shinagawa to a minimum observed in more open and rural outskirts (Fig. 3a). For

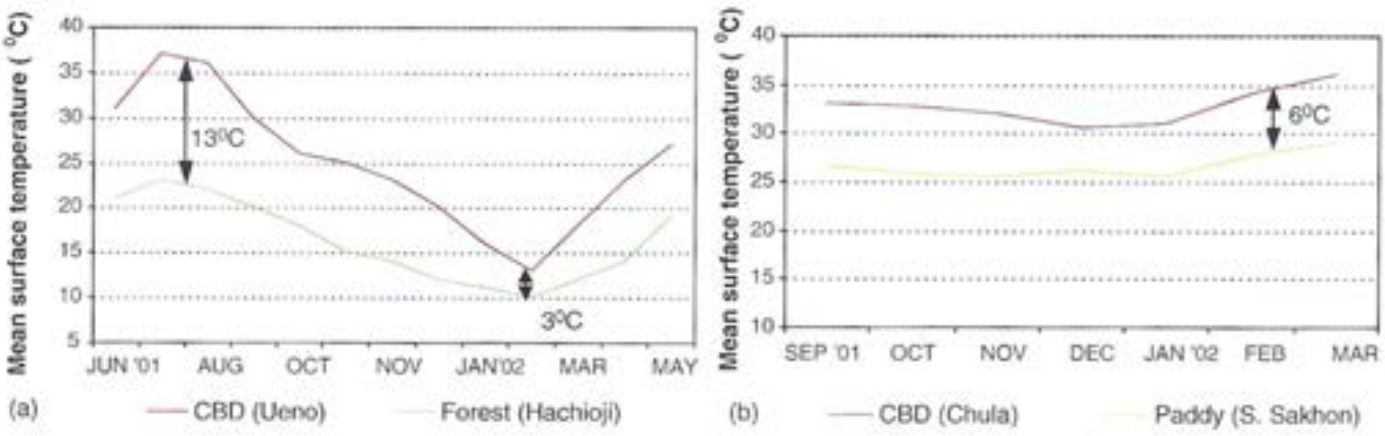


Fig. 2. Temporal variations of the day-time surface UHIs in: (a) Tokyo throughout the year and (b) Bangkok over the dry season.

temperate cities, in August 2001, the mean day-time rural temperature of the area surrounding Tokyo was about 28.5 °C, while the respective values for Beijing, Shanghai, Seoul and Pyongyang were 27.5, 30, 27.5 and 27.8 °C. Concerning magnitude, Tokyo had the highest UHI intensity of 12 °C, followed by Beijing (10 °C), Seoul (8 °C), Shanghai (7 °C) and Pyongyang (4 °C) (Table 1). For tropical cities, a similar picture is observed for Bangkok in February 2002, where the maximum surface temperature was also associated with the high-rise city core areas of Sathon, Pathumwan and the rural vegetated surroundings were considerably cooler (Fig. 3b). The mean rural temperatures were 29.5 °C for Bangkok in February, 26.5 °C for Manila in November and 30 °C for Ho Chi Minh City in February. Bangkok had the highest day-time surface UHI intensity of 8 °C followed by Manila 7 °C and Ho Chi Minh City 5 °C in dry season (Table 1).

4.1.2. Night-time UHIs

During the night, the mean rural temperature drops significantly, such as for Tokyo, as here, the summer diurnal surface temperature difference was about 9.5° (from 28.5 °C at 10:30 decreased to 19 °C at 21:30 h local time). Due to differences in urban–rural moisture availability and surface cooling rates, the night-time UHI magnitude was lower than that of day-time: from 12 to 7.5 °C for Tokyo, from 7 to 3.5 °C for Shanghai, from 8 to 3 °C for Bangkok and from 7 to 2 °C for Manila. The diurnal variations of UHIs were found to be different for the cities depending on topography, rural surroundings and geographic locations of the cities in relation to the sea. In addition, land-sea breeze circulations significantly affected the spatial shape of UHIs at night with the coastal sides much warmer than the inland sides (Fig. 3a and b). For inland cities of Beijing and Pyongyang night-time UHIs have weaker intensity (from 10 to 5.5 °C and from 4 to 3 °C,

Table 1
UHI magnitudes and spatial extensions for the eight selected Asian mega cities

	Temperate climate zone					Tropical climate zone		
	Tokyo	Beijing	Shanghai	Seoul	Pyongyang	Bangkok	Manila	Ho Chi Minh City
Mean rural area, T_0 (°C)								
Day	28.5	27.5	30	27.5	27.8	29.5	26.5	30
Night	19	19	17	19.5	16	21.5	20	22
Magnitude, a_0 (°C)								
Day	12	10	7	8	4	8	7	5
Night	7.5	5.5	3.5	4.5	3	3	2	2
Longitudinal extent, a_x^1 (km)								
Day	110	90	45	70	28	33	25	25
Night	70	65	40	45	25	30	20	20
Latitudinal extent, a_y^1 (km)								
Day	105	60	50	65	25	48	45	22
Night	60	40	45	30	20	40	30	15
Footprint area (km^2)								
Day	8067	4239	1766	3572	549	1243	883	431
Night	3297	2041	1413	1059	392	942	471	236
Population (millions) in 2000	20.5	12	12.55	11.3	3	11	9.93	6.5
Population density in 2000 (persons/km^2)	6218	5879	8882	10663	6000	11677	15617	9.373
Average annual relative humidity (%)	>70	59–72	80–84	69–81	69–80	72–83	75–85	71–80
Note: observed month / year	August 2001	August 2001	August 2001	August 2001	August 2001	February 2002	November 2001	February 2002

respectively) but sustain quite similar spatial patterns to the day-time surface UHIs.

4.1.3. Winter UHIs

For temperate climate cities, surface UHIs in winter are much lower in magnitude and smaller in spatial extent. In January 2002, mean rural surface temperatures for Tokyo were about 6 and −2 °C for day and night, while mean UHI magnitudes were about 4 and 5 °C, respectively. The respective values for Shanghai were: 6 and 0 °C; 3 and 2.5 °C, while for Seoul were −3 and −5 °C; 5 and 4 °C. The UHI spatial extents for Tokyo in January 2002 were 90 and 70 km in longitude and latitude during the day and

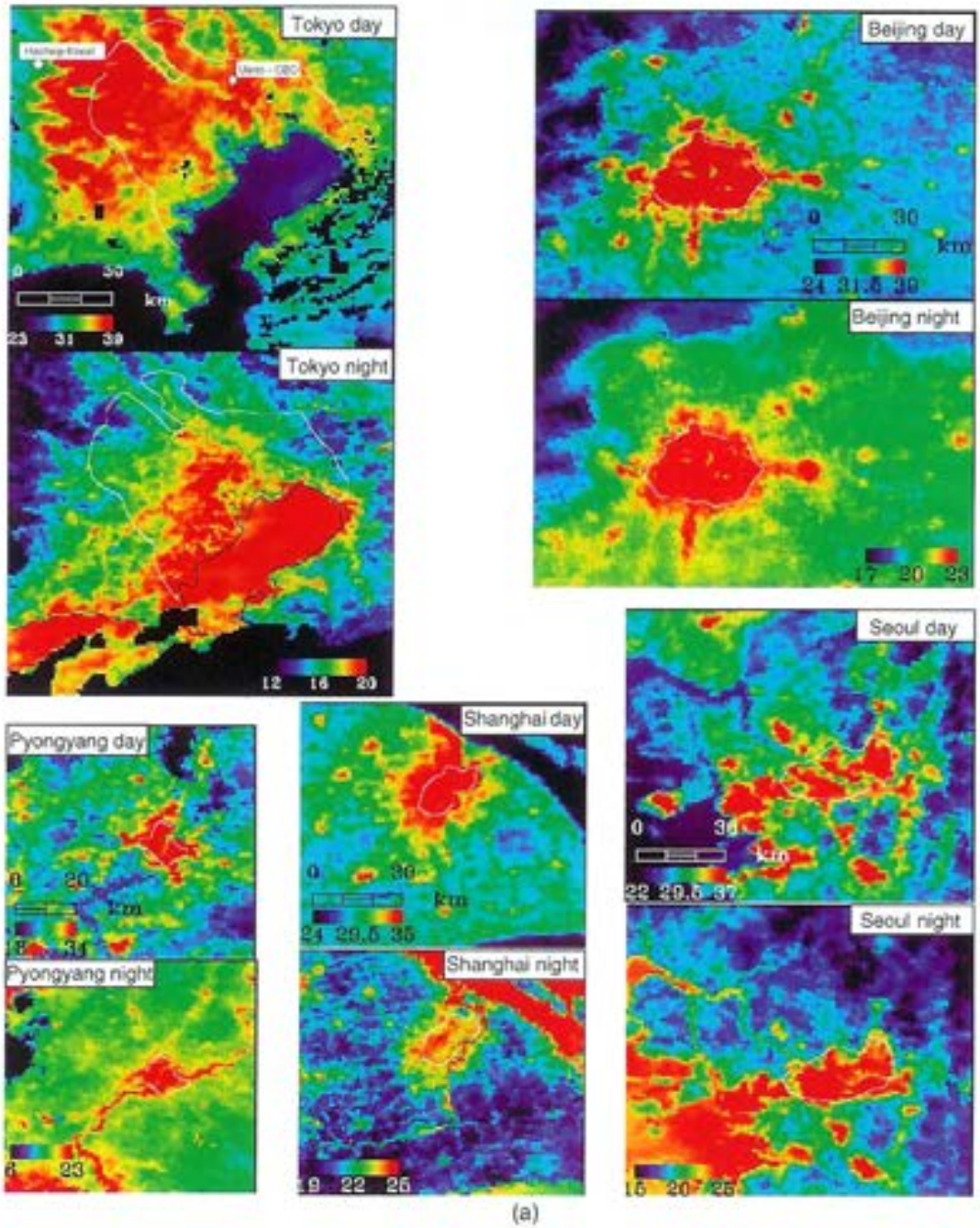


Fig. 3. (a) Diurnal variations of the surface UHIs in the East-Asian temperate cities: Tokyo, Beijing, Pyongyang, Shanghai and Seoul in summer (white polygons indicate the CBD locations). (b) Diurnal variations of the surface UHIs in the Southeast Asian tropical cities: Bangkok, Manila and Ho Chi Minh City in dry season (white polygons indicate the CBD locations).

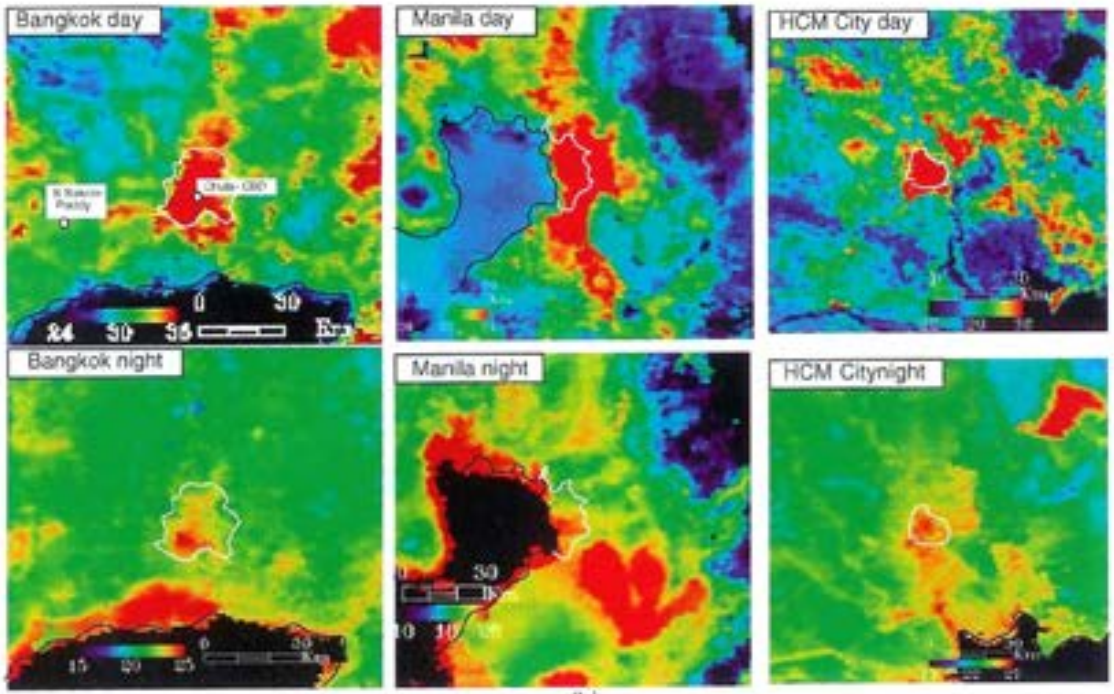


Fig. 3. (*Continued*).

reduced to 85 and 40 km, respectively, at night. The respective values for Shanghai were 40 and 45 km; 30 and 35 km, while for Seoul were 45 and 35 km; 45 and 35 km.

4.2. UHIs spatial extents and magnitudes versus city size

In the temperate climate region, Tokyo metropolis had largest spatial extent of the surface UHI in August 2001, which extended for 110 km in longitude, 105 km in latitude and 8067 km^2 in footprint area (calculated by Eq. (4)) during day-time and reduced to 70, 60 and 3297, respectively, during the night. By order of spatial extent, Tokyo was followed by Beijing, Seoul, Shanghai and Pyongyang, which can also be seen in Fig. 3a. Among tropical cities, Bangkok had the largest spatial extent of surface UHI, followed by Manila and Ho Chi Minh City. The mean spatial extents in longitude, latitude and footprint areas of surface UHIs for the selected Asian mega cities are summarized in Table 1. Using population as a surrogate of city "size", the scatterplots of the day-time and night-time surface UHIs magnitudes and footprint areas versus population of the selected mega cities were constructed to show the effects of city size on the UHI intensity and spatial extent (Fig. 4). Day-time UHI magnitude was found to be highly proportional to population size of the selected mega cities with correlation coefficient $r = 0.9332$ (at significant level $p < 0.1\%$). As observed UHI max were the upper bound values under the clear and windless meteorological conditions, this good relationship is generally due to similar topography, relative humidity among cities at the observed times, while the residual could be explained partly due to differences in the urban structure and heat release of the cities. Night-time UHI magnitude was significantly correlated to population size, but with much lower correlation coefficient of 0.7493 ($p < 0.1\%$). A close look at the scatterplot (Fig. 4a) shows that the inland cities, such as Beijing and Pyongyang are located well above the regression line while the coastal cities, such as Shanghai, Manila and Bangkok are well below. This partly is due to land breeze at night as well as due to differences in the cooling potential of various land cover types as shown in Figs. 3, 5 and 6. The UHI spatial extent was also found highly correlated to population size of the selected mega cities with correlation coefficients of 0.8691 and 0.9001

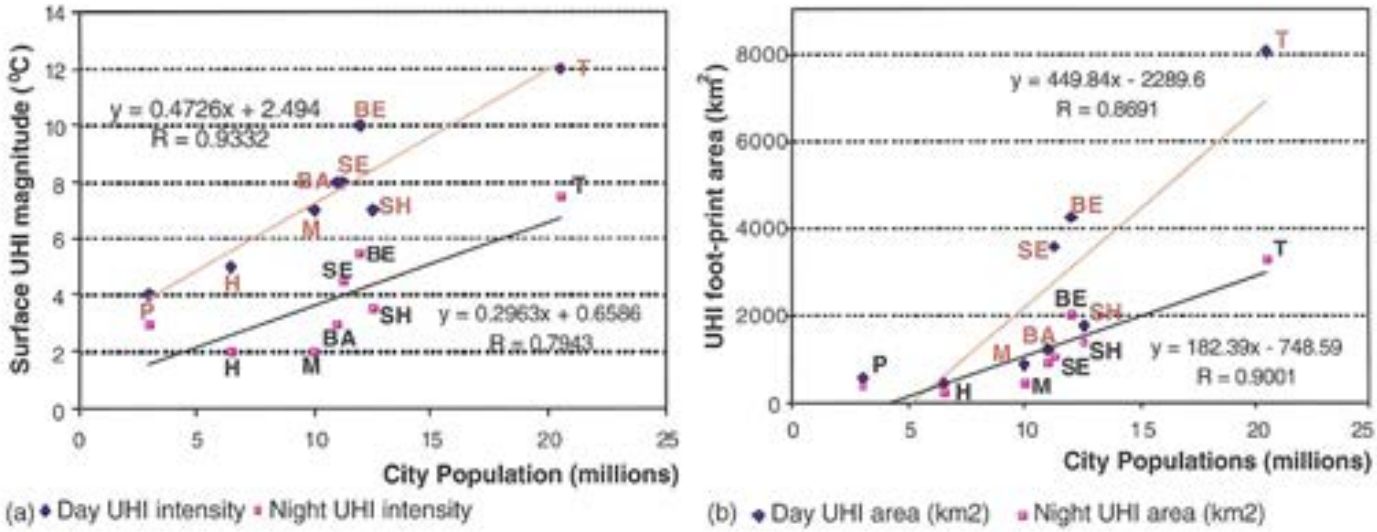


Fig. 4. Effects of city size (in population) on: (a) day- and night-time surface UHI magnitude and (b) UHI footprint area in eight selected Asian mega cities: Tokyo (T); Beijing (BE); Shanghai (SH); Seoul (SE); Pyongyang (P); Bangkok (BA); Manila (M); Ho Chi Minh City (H).

($p < 0.1\%$) for day-time and night-time UHI footprint areas, respectively (Fig. 4b). As the spatial extent of urban infrastructure/urban land covers is apparently a fundamental factor contributing to the spatial patterns of the UHIs, a close look at the locations of the cities in relation to the regression line shows relative population pressure on the existing urban infrastructure among the cities. Bangkok, Manila and Shanghai appeared to have relatively highest population pressures as they locate well bellow the regression line. Close associations found between city size with the UHIs magnitude and spatial extent indicates the significant impact of urbanization on the UHI problems in the Asian region.

4.3. UHIs and urban surface characteristics

To further understand the mechanisms for the genesis of the heat islands and possible changes in climate resulting from expansion of urban areas, the relationships between LST and urban surface properties were investigated. Fig. 5 shows significant differences in heating and cooling rates for four MODIS derived major land covers types in temperate climate cities over the summer of 2001 diurnal cycle. In general, the urbanized areas were found to have relatively larger diurnal variations of surface temperature than vegetated areas as urbanized surfaces apparently have high heating rate during the day and high cooling rate at night. Seasonal and evergreen vegetations normally have high moisture availability for evapotranspiration during the day and for heat storage at night resulting in small day–night fluctuation in surface temperature. However, except for Beijing city, the residential areas, often a mix of small houses with trees and having unobstructed longwave radiation at night, appeared to have larger diurnal variations of surface temperature than dense urban centers. For the tropical city of Bangkok, the diurnal variation in surface temperature was also found largest in dense urban area (6.5 °C), following by residential areas (5.7 °C), perennial orchard (4.9 °C) and lowest

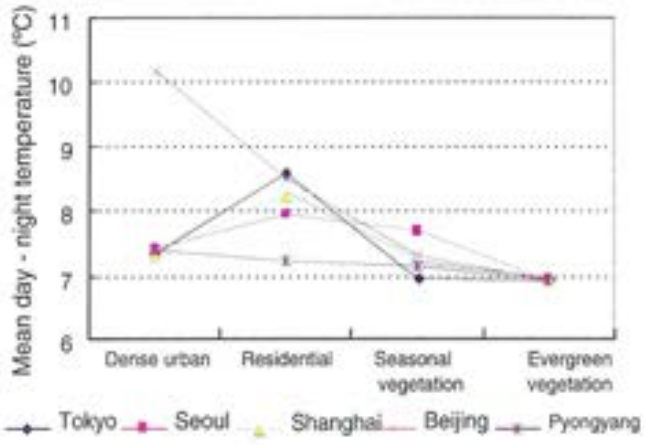


Fig. 5. Diurnal temperature differences for various land cover types in the temperate East-Asian cities.

for irrigated paddy fields (4 °C). In the Bangkok City Center, there was a significant day-time thermal contrast between large urban parks (Chatuchak and Lumpini Parks) and their urban surroundings, reaching 5–6 °C in February 2002.

Fig. 6 represents the bivariate histograms of the MODIS derived NDVI versus day-time LST for Tokyo, Beijing and Seoul in August 2001 and for Bangkok in February 2002. Strong negative correlations were found for all eight selected cities, attributable to the universal cooling effect of vegetation on the UHIs. Apparently, the moisture availability from vegetation allows a larger fraction of the net radiative flux to be balanced by evapotranspiration or latent heat flux, thus, lowering the sensible heat flux, hence LST. However, the slopes of the regression lines shown in Fig. 6 were varying from city to city indicating the difference in spatial distribution and canopy structure of vegetation covers in various cities. On the derived maps of NDVI, sensible heat flux and latent heat flux fractions at 30 m resolution for the Bangkok Metropolis's 18 urban neighborhoods ranging from dense urban surface (e.g., Ding Daeng, Don Muang) to dense vegetation (e.g., Lumpini Park, Dusit Zoo) were sampled. Fig. 7 shows the joint distribution of NDVI and sensible heat flux fraction for the sampled urban neighborhoods. The dense urban neighborhoods, such as Ding Daeng, Don Muang, Sathorn were characterized by high sensible heat flux while densely vegetated parks, such as Lumpini Park, Dusit Zoo, Chatuchak Park—by low sensible heat flux. The significant negative association between NDVI and sensible heat flux ($r = 0.9242$, $p < 0.1\%$) and between surface temperature and latent heat flux ($r = 0.9763$, $p < 0.01\%$) for the sampled neighborhoods confirms the marked coolness of vegetated

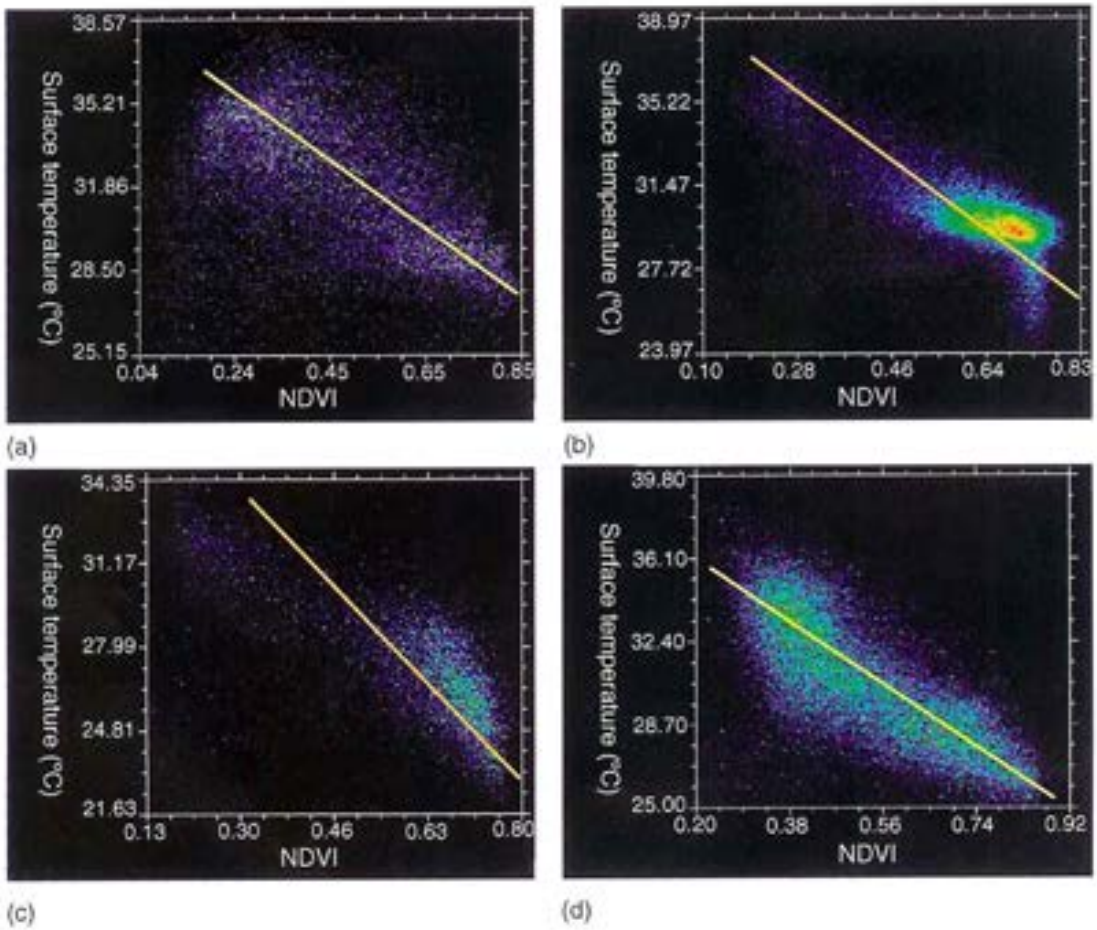


Fig. 6. Scatterplots of day-time surface temperature vs. vegetation index for: (a) Tokyo; (b) Beijing; (c) Seoul in August 2001; (d) Bangkok in February 2002.

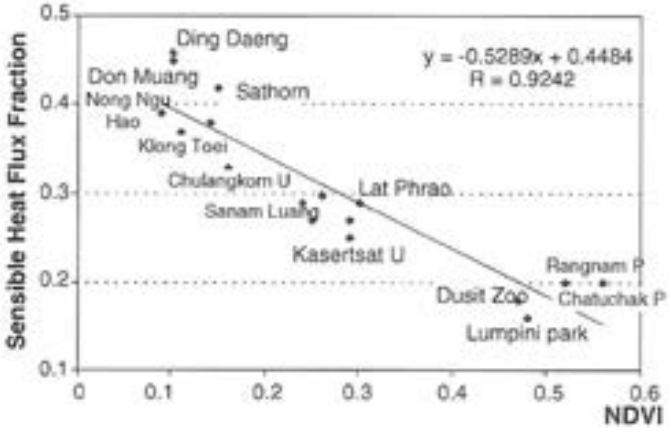


Fig. 7. Effects of vegetation cover on the sensible heat fluxes in 18 sampled Bangkok's neighborhoods.

surfaces in general and parks in particular and illustrates their value in mitigating UHIs effects in this tropical city. Similarly, significant cooling effects of urban vegetation on the urban heat island were found in summer Tokyo by the works of Hirano (2002) and Nakamura (2002), who computed the sensible heat flux at 300 m resolution from ASTER derived surface temperature and interpolated observe air temperatures.

The ETM+ derived land cover classified images at 30 m resolution allow one to co-register and then, to compute the percentage of built-up pixels within 1 km resolution of MODIS thermal pixels. Fig. 8 presents joint distributions of the built-up density with day-time average LST images for Bangkok, on 08 January 2002 and Ho Chi Minh City on 13 February 2002. The day-time distributions of LST were well correlated with the increasing density of buildings from the suburbs to downtown as indicated by significant positive correlation coefficient of 0.7725 ($p < 0.8\%$) and 0.6524 ($p < 1\%$) for Bangkok and Ho Chi Minh City, respectively. The accuracy of ETM+ derived land cover data may have a negative effect on the calculated correlation. In Asian cities, the residential areas are often mixed with other land cover categories (trees, orchards, small roads, etc.) and therefore, are misclassified most, which, in turn, causes the inaccuracy in computing built-up density at the low range. The wide pixels' cloud at the lower left regions on the scatterplots, as shown in Fig. 7, contributes to lowering the estimated correlation coefficient. Remaining residual in these relationships was presumably due to large fluctuations of the heat fluxes interacting within complex urban canopy structure (building materials, geometry and density) under the strong and variable radiative forcing conditions, which should be addressed in further detailed study. In summary, at the first-order generalization the differences in heat storage capacity and evaporation between urban center and rural surroundings have contributed significantly in defining surface UHIs patterns in each city as the surface temperature is actually a result of the net radiant energy budget of the surface and the various sinks for this energy.

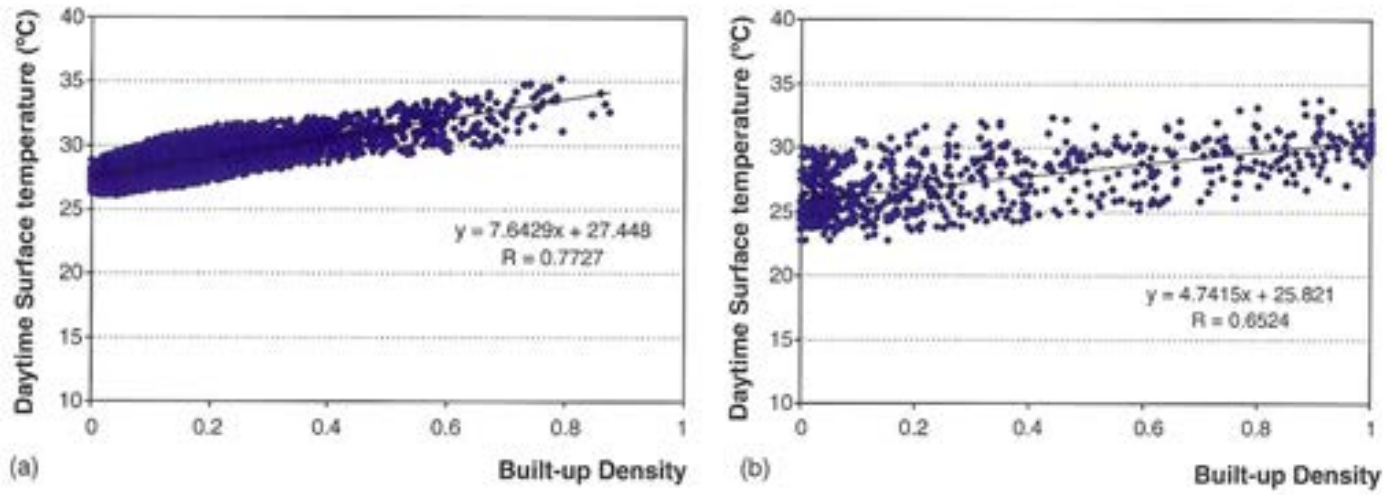


Fig. 8. Scatterplots of day-time LST vs. built-up density at 1 km resolution derived from 30 m resolution ETM+ classified images for: (a) Bangkok and (b) Ho Chi Minh City.

5. Summary and conclusions

To supplement in situ observation, urban climate studies require high spatial resolution data that can be obtained from satellite. This study has demonstrated the use of thermal remote sensing at 1 km resolution in observing and assessing surface UHIs in the eight selected Asian mega cities in both temperate and tropical climate regions: Tokyo, Beijing, Shanghai, Seoul, Pyongyang, Bangkok, Manila and Ho Chi Minh City. Using the statistics of LST images derived from MODIS day and night-scenes acquired at the IIS and AIT receiving stations over the 2001–2003 period, the surface UHIs patterns and its seasonal and diurnal variation were explored in both magnitude and spatial extent. UHI measurements were quantified using Gaussian surface approximation for each MODIS image of the individual cities for comparison. All selected temperate climate cities were experiencing significant surface UHIs in summer 2001 with Tokyo having the most severe UHI in both magnitude (up to 12 °C) and extent (up to 8067 km^2) and Pyongyang having the lowest (4 °C and 549 km^2, respectively). The selected tropical cities were experiencing intense surface UHIs in the range of 5–8 °C in the dry season of 2001–2002. The magnitude and extent of UHIs were found highly positively correlated to population size of the cities, indicating the significant impacts of urban growth on the UHI problems in Asia. At the first-order generalization, spatial variability of UHIs in each city was found as a function of urban surface properties, which in turn was characterized by land covers, most importantly, by vegetation cover and built-up density. The combination with high-resolution satellite (Landsat ETM+) data for Bangkok and Ho Chi Minh City has explored more the relationship between surface properties and UHIs, confirming the importance of vegetation and in some degree, urban density in the partition of sensible and latent heat fluxes in humid environment of the selected mega cities.

Although there were a number of studies on urban heat island problems in Asia, most studies have been based on in situ observations or done for individual cities. Comparative study of climate effects of urbanization of different cities is not an easy task due to inconsistent and incompatible observation data. This study, thus, is a modest attempt to use readily available with high temporal resolution earth observation satellite (EOS) data in monitoring and assessing urban climates in a continental context, creating a comparable data set of UHIs parameters for cities in the region. The natural progression of this work involves a continued monitoring of UHIs in Asian cities with multi-sensor data (e.g., AVHRR on board the NOAA-12, NOAA-14 and MODIS on AQUA satellites) to better assess the diurnal cycle of urban climates. Accumulated over the years, time-series of LST data could be useful to monitor the UHI growth of individual cities and thus, to reveal the impact of urbanization on local climate. Further studies in the detailed LST–vegetation and LST–urban surfaces relationships addressing the effects of canopy structures, urban morphology and mixed-pixel problems are necessary in order to have to have insights into the genesis of the surface UHIs. As record of remotely sensed data is extended to include high-resolution data, satellite-based urban climate studies will become more feasible not only in studying large-scale UHI characteristics but also in exploring meso-scale urban thermal variations in a complex urban environment. Components of urban surface energy balance (e.g., albedo, vegetation cover, moisture availability, temperature, heat fluxes, etc.) derived from MODIS data can be input into meso-scale climatic modeling in order to understand the impacts of urbanization on local climate in Asia.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge the Japan Science and Technology Agency (JST) for the funding of this research conducted at the Institute of Industrial Science (IIS), University of Tokyo, Japan. Valuable comments and suggestions from two anonymous reviewers are greatly appreciated, which led to improvement of an original manuscript.

References

Boonjawat, J., Niitsu, K., Kubo, S., 2000. Urban heat island: thermal pollution and climate change in Bangkok. Report of the Southeast Asia START Regional Center, www address, http://www.start.or.th/heatisland/.

Carlson, T.N., Arthur, S.T., 2000. The impact of land use—land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective. Global Planet. Change 25, 49–65.

Carlson, T.N., Sanchez-Azofeifa, G.A., 1999. Satellite remote sensing of land use changes in and around San Jose, Costa Rica. Remote Sens. Environ. 70, 247–256.

Dousset, B., Gourmelon, F., 2003. Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and land cover. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 58, 43–54.

Gallo, K.P., McNab, A.L., Karl, T.R., Brown, J.F., Hood, J.J., Tarpley, J.D., 1993. The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect. Int. J. Remote Sens. 14 (11), 2223–2230.

Gallo, K.P., Owen, T.W., 1998. Assessment of urban heat islands: a multi sensor perspective for the Dalas Ft Worth, USA region. Geocarto Int. 13, 35–41.

Gillies, R.R., Carlson, T.N., Cui, J., Kustas, W.P., Humes, K.S., 1997. A verification of the "triangle method" for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the normalized difference vegetation index (NDVI) and surface radiant temperature. Int. J. Remote Sens. 18 (15), 3145–3165.

Hirano, Y., 2002. Evaluation of urban vegetation effect on mitigation of heat island using remote sensing data (in Japanese). Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Tokyo.

Ichinose, T., Shimodozono, K., Hanaki, K., 1999. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. Atmos. Environ. 33, 3897–3909.

Imura, H., 2002. Policy integration for energy-related issues in mega-cities. In: Proceedings of Workshop of Institute for Global Environment Studies/Asia-Pacific Network (IGES/APN) Mega-city Project, Kitakyushu, Japan (CD-ROM).

Kim, Y.H., Baik, J.J., 2002. Maximum urban heat island intensity in Seoul. J. Appl. Meteorol. 41, 651–659.

Nakamura, M., 2002. Evaluation of vegetation for mitigating thermal impact on urban area using remote sensing (in Japanese). Unpublished Master's Thesis, Department of Civil Engineering, University of Tokyo.

Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. Atmos. Environ. 7, 769–779.

Owen, T.W., Carlson, T.N., Gillies, R.R., 1998. An assessment of satellite remotely sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. Int. J. Remote Sens. 19 (9), 1663–1681.

Roth, M., Oke, T.R., Emery, W.J., 1989. Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. Int. J. Remote Sens. 10, 1699–1720.

Roth, M., 2002. Effects of cities on local climates. In: Proceedings of Workshop of Institute for Global Environment Studies/Asia-Pacific Network (IGES/APN) Mega-city Project, Kitakyushu, Japan (CD-ROM).

Schmugge, T., Hook, S.J., Coll, C., 1998. Recovering surface temperature and emissivity from thermal infrared multispectral data. Remote Sens. Environ. 65, 121–131.

Snyder, W., Wan, Z., 1998. BRDF models to predict spectral reflectance and emissivity in the thermal infrared. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 36 (1), 214–225.

Streutker, D.R., 2002. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. Int. J. Remote Sens. 23, 2595–2608.

Streutker, D.R., 2003. Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. Remote Sens. Environ. 85, 282–289.

Tran, H., Yasuoka, Y., 2005. MODIS applications in environmental change researches in the Southeast Asian Region. Int. J. Geoinf. 1 (1), 117–123.

Tran, H., Yasuoka, Y., 2002. Monitoring urban surface from space: case study of Ho Chi Minh City and surrounding region. In: Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics (GISIDEAS), Hanoi, Vietnam (CD-ROM).

Tran, H., Ochi, S., Nemoto, T., Kitsuregawa, M., Yasuoka, Y., 2001. MODIS data acquisition, processing and scientific utilization framework at the Institute of Industrial Science, University of Tokyo. In: Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, vol. 1, Singapore, pp. 488–492.

Voogt, J.A., Oke, T.R., 2003. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sens. Environ. 86, 370–384.

Wan, Z., 1999. MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document, Version 3.3. NASA Documents. Website address: http://modis.gsfc.nasa.gov/atbd/ atbd_mod11.pdf.

Wan, Z., Dozier, J., 1996. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 34 (4), 892–905.

Wan, Z., Li, Z.L., 1997. A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 35 (4), 980–996.

Weng, Q., Lu, D., Schubring, J., 2004. Estimation of land-surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sens. Environ. 89, 467–483.

ハイパースペクトラルデータからみた里山林の代表的な反射特性と樹種区分の可能性について

A Study of Spectral Characteristic of Typical Tree Species at Satoyama Coppice Forests Using Hyperspectral Remote Sensing Data and Possibility of Tree Species Classification

瀬戸島政博*・今井　靖晃**・安岡　善文***

Masahiro SETOJIMA, Yasuteru IMAI and Yoshifumi YASUOKA

はじめに

現在，持続的な国土環境の保全や循環型社会の形成の場として，さらに，森林の持つCO_2の吸収・固定の場として，身近な里山の保全と利活用に注目が集まっている。そのためには，里山を構成する樹種の区分やその分布を把握することが必要とされる[1]。

多種多様な樹種からなる里山の構成樹種をその外観から区分していくには，構成樹種ごとの季節的な樹葉の色調変化を時系列的に把握し，その変化特性から区分していく方法[2][3][4]と，多波長帯で観測されたデータ上での樹種別の分光反射特性に基づいて区分していく方法[5][6][7]がある。

前者の方法では，春季（展葉期）や秋季（紅葉・黄葉期）など樹葉の葉色が大きく変化する時期を時系列に観測した複数のデータが必要とされ，その経時的な葉色の色調変化から樹種区分がなされる。しかし，この方法ではタイムリーな観測データが必要とされること，異なる時期に観測されたデータを相互に比較できるような色調補正が必要とされること，加えて観測経費や手間等の問題を生じる。

一方，後者の方法では，ハイパースペクトラルスキャナを用いることで，多波長帯にわたるデータを効率的に観測でき，多波長帯上での樹種別の分光反射特性を把握することで，構成樹種の区分が可能とされる。したがって，樹種別の多波長帯上での分光反射特性の把握が最優先の課題となる。

本研究では，後者の方法から研究を進め，里山を構成する代表的な樹種（スダジイ・アラカシ・スギ・ヒノキ・ケヤキ・コナラ）を対象に，航空機搭載型のハイパースペクトラルスキャナ（Hyperspectral Scanner，以下「航空機HSS」と略す）による観測，取得された多波長帯データ上での各樹種の分光反射特性を検討し，その特性を用いた樹種区分の可能性について考察した。

*　東京大学生産技術研究所　研究員，国際航業㈱
**　国際航業㈱
***　東京大学生産技術研究所　教授

2．研究方法

本研究では，東京都八王子市内に位置する㈱森林総合研究所多摩森林科学園を対象地域とした。

(1) 航空機 HSS での観測

使用した航空機 HSS は，高解像度の航空機搭載型の可視近赤外線放射計（カナダ Itres 社製 Compact Airborne Spectrographic Imager : CASI-1）で（図１），その観測諸

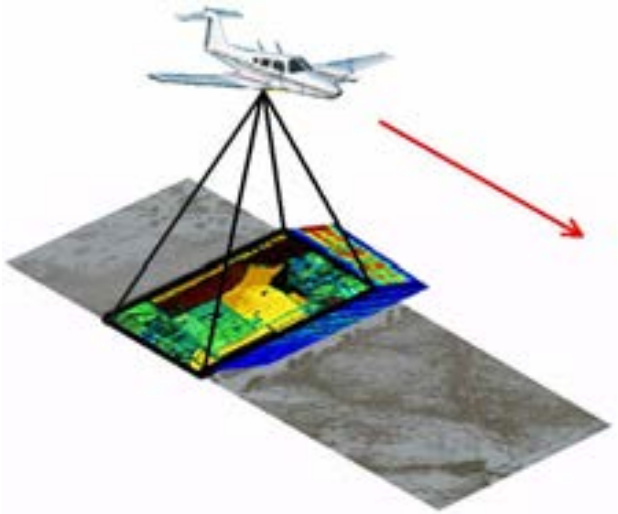


図１　航空機 HSS の観測概念

元を表１に示す。なお，本研究では，里山林の代表的な樹種の多波長帯データ上での分光反射特性を把握する目的で実施し，できる限り単木ベースで識別できる解像度を保持することを前提に観測した。したがって，波長分解能よりも空間分解能を優先し，24 バンドでの観測とした（使用した航空機 HSS では 288 バンドまで観測可能であるが，その場合には記録容量との関係で低解像度となる。ここでは解像度約1.25m としたため24バンドに限定して観測した）。観測は，2002 年 9 月 20 日 10:53～11:00 に実施した。

(2) 対象樹種の選定とデータサンプリング

対象樹種は，当該地域の里山林の上層木を構成するスダジイ・アラカシ・スギ・ヒノキ・ケヤキ・コナラの 6 種とした。これらの樹種毎のサンプリングにあたっては，当該地

域を既撮影したカラー航空写真（縮尺 1/10,000　2001 年撮影）から作成したオルソフォトを現地に携帯し（現地踏査は航空機 HSS の観測と同日の 2002 年 9 月 20 日実施），同画像と現地で識別できる単木樹冠をサンプルデータとした。各樹種は 15 サンプルを選定した（ただし，アラカシのみ 4 サンプルとした。これはアラカシが混在して分布しているため，画像上から単木樹冠を選定するのが困難なためである）。

(3) 樹種別の分光反射特性の分析

多波長帯データ上での樹種別の分光反射輝度をグラフ化し，樹種毎の傾向や特徴的な分光反射特性を示すバンド帯などを検討した。

(4) 樹種区分に最適なバンドとその組み合わせ

樹種別に特徴的な分光反射特性を示すバンド帯を把握するとともに，それらのバンドを用いたカラー合成やバンド間演算などの画像処理による樹種区分の可能性について検討した。

3．結果と考察

(1) 各樹種の多波長帯データ上での分光反射特性

図 2 には，各樹種の多波長帯データ上での分光反射輝度の平均値（アラカシは 4 サンプルの平均，アラカシ以外は 15 サンプルの平均）を示す。

スダジイは，図 2 のように近赤外線領域になると 739nm（band15）まで急激に分光反射輝度が増加する。これはコナラの場合とほぼ同じ傾向を示すが，次の 762nm（band16）までの傾向をみると，コナラが示す傾向（反射輝度パターンの急な変化）は示さず，この間ではわずかに分光反射輝度が高まる程度である。785nm（band17）で分光反射輝度のピークを示すのは，他の樹種と同様であるが，コナラほど高い分光反射強度は示さない。また，これ以降 946nm（band24）付近まで分光反射輝度の特性はほぼコナラと同じ傾向を示し，両者に大きな反射特性の違いは認められない。

アラカシは，他の広葉樹に比べて比較的分光反射輝度が低い。可視光線領域では，511～647nm（band5～band11）で他の 5 種に比べて最も低い分光反射輝度を示す。とくに，他の 5 種との分光反射パターンの異なる領域が 534～556nm（band6，band7）にあり，この付近では他の 5 種との乖離が大きい。近赤外線領域では，分光反射輝度値は異なるものの，分光反射パターンは他の広葉樹の変化パターンと大差はない。ただ，近赤外線領域でもスギを除く他 4 種に比較して最も低い分光反射輝度を示している。

スギは，他の 5 種に比べて特異な分光反射パターンを示す。すなわち，可視光線領域ではそれほど明瞭な傾向は認められないが，近赤外線領域になると特異な分光反射パターンを示す。とくに，739～946nm（band15～band24）の間で他の 5 種に比べて分光反射輝度が極端に低く，785nm（band17）のピーク付近でも分光反射輝度が 4420 で他の 5 種と大きく異なる。スギの場合は全般的にみても分光反射輝度が他の 5 種に比べて低く，特異な分光反射パターンを示す。

ヒノキは，可視光線領域の一部と近赤外線領域の一部に特異な分光反射パターンが認められる。これ以外の領域では，他の樹種とほぼ類似の変化パターンを示す。また，近赤外線領域の 739～946nm（band15～band24）では，ほぼケヤキと同じ変化パターンが認められる。特異な変化パターンを示す可視光線領域の 534～556nm（band6，band7）では，他の 5 種に比べて最も高い分光反射輝度を示している。また，近赤外線領域のうち，739～762nm（band15，band16）での分光反射パターンは，他 4 種（スギを除く）が右上がりの変化パターンを示すのに対し，右下がりの変化パターンを示す。

ケヤキは，可視・近赤外線領域ともに特異な分光反射パターンは示さない。ただし，15 サンプルの個別の分光反射パターンでは，可視光線領域で分光反射輝度が高いものは，近赤外線領域では低い値を示し，反対に可視光線領域で分光反射輝度の高いものは近赤外領域では低い値を示す傾向がみられる。

コナラは，近赤外線領域ではすべての波長帯で他の 5 種に比べて最も高い分光反射輝度を示す。とくに，他の 5 種との差か顕著になるのは，762～877nm（band16～band21）付近であり，これらの領域ではコナラに次いで高

表 1　航空機 HSS の観測諸元

観測日時		2002 年 9 月 20 日　10:53 ～ 11:00			
観測高度		1,050m			
空間分解能		1.25m			
データ長		16bit（1 レベル=0.001 μ W/cm²/sr/nm）			
Ch	波長（nm）	中間波長（nm）	Ch	波長（nm）	中間波長（nm）
1	409.45 ～ 434.18	421.82	13	680.49 ～ 705.90	693.20
2	431.63 ～ 456.44	444.04	14	703.41 ～ 728.84	716.13
3	453.90 ～ 478.80	466.35	15	726.35 ～ 751.80	739.08
4	476.26 ～ 501.23	488.75	16	749.31 ～ 774.77	762.04
5	498.70 ～ 523.74	511.22	17	772.28 ～ 797.75	785.02
6	521.22 ～ 546.33	533.78	18	795.27 ～ 820.73	808.00
7	543.81 ～ 568.97	556.39	19	818.25 ～ 843.71	830.98
8	566.46 ～ 591.68	579.07	20	841.22 ～ 866.68	853.95
9	589.17 ～ 614.44	601.81	21	864.19 ～ 889.63	876.91
10	611.94 ～ 637.25	624.60	22	887.14 ～ 912.56	899.85
11	634.75 ～ 660.10	647.43	23	910.07 ～ 935.47	922.77
12	657.60 ～ 682.98	670.29	24	932.97 ～ 958.34	945.66

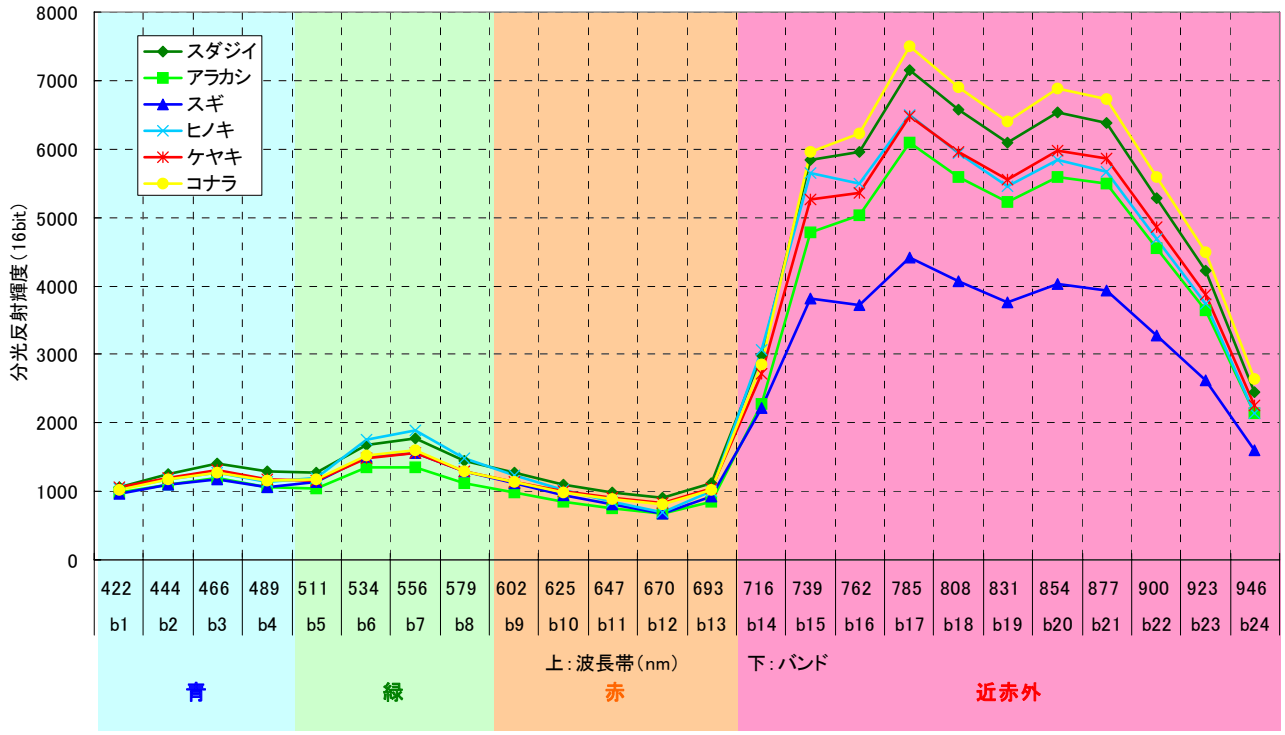


図２　樹種別の分光反射特性

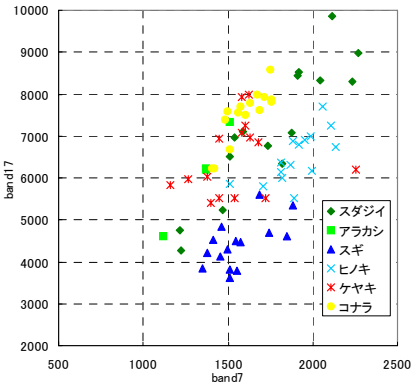


図３　データ組み合わせケースの散布図（X:band7，Y:band17）

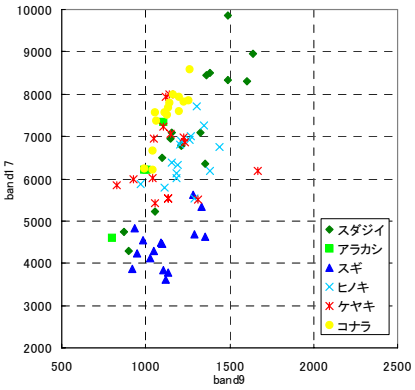


図４　データ組み合わせケースの散布図（X:band9，Y:band17）

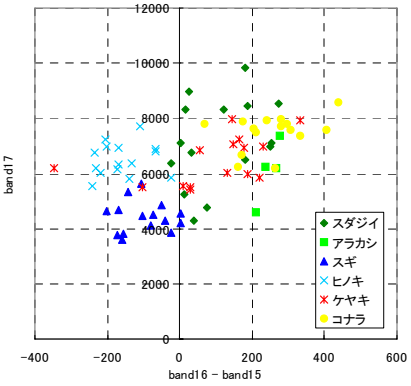


図５　データ組み合わせケースの散布図（X:band16-band15，Y:band17）

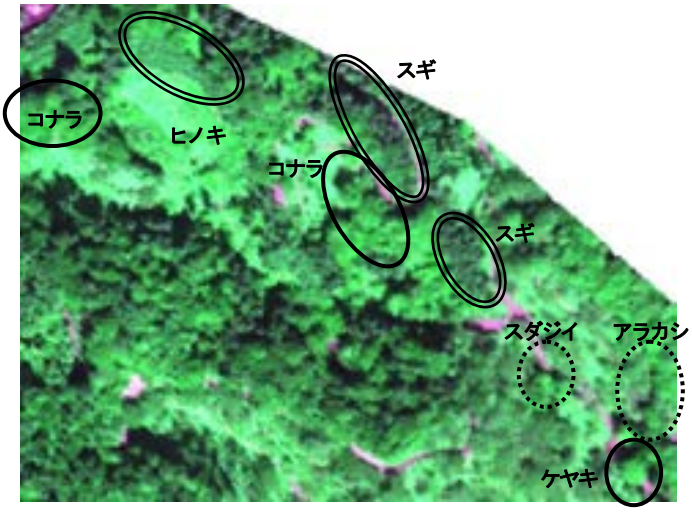


図６　合成画像による樹種区分パターン

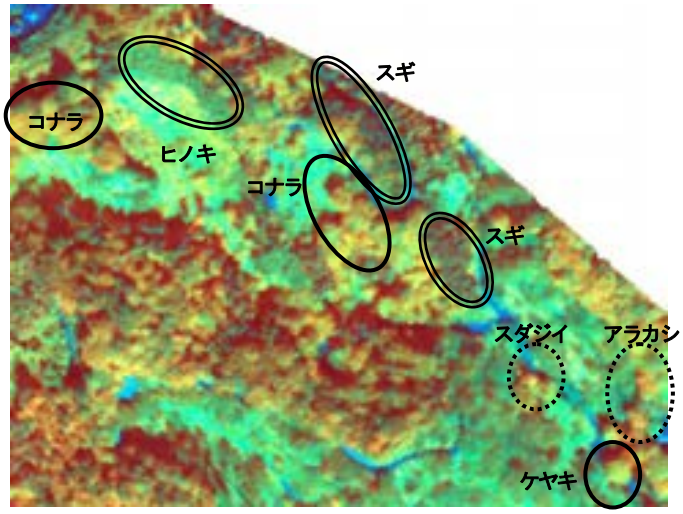


図７　合成画像による樹種区分パターン

い分光反射強度を示すスダジイと比べても両者の差が明瞭である。全体的な分光反射パターンで比較すると，スダジイ・アラカシ・ケヤキとほぼ同じ分光反射パターンを示す。

以上の樹種別分光反射パターンに基づき，各樹種を区分していくために有効なバンドは次のようにまとめられる。

① 可視光線領域では，534～556nm（band6，band7）の間で樹種によっては特異な分光反射パターンを示すことが分かる（ヒノキでは他樹種に比べて高い分光反射輝度を示し，アラカシでは他樹種に比べてかなり低い分光反射輝度を示す）。

① 近赤外線領域の 739～762nm（band15，band16）の間では，ヒノキやスギが他の樹種と異なる分光反射パターンを示すことが分かる（ヒノキ・スギではこの間の分光反射パターンが右下がりの傾向を示し，他の広葉樹の右上りの傾向と異なる）。

③ 近赤外線領域の 785nm（band17）では，すべての樹種がそれぞれの分光反射パターン中で最も高い分光反射輝度を示す。

(2) 樹種区分に最適なバンド組み合わせの検討

樹種区分に最適なバンド組み合わせを選定するためには，樹種間の分光反射輝度の散らばり具合を定量化することが効果的である[2)3)]。

多波長帯データ上での樹種別の分光反射輝度と樹種間の標準偏差を表２に示す。これより，近赤外線領域において，樹種間の分散が大きいことがわかる。とくに，785nm（band17）は樹種間の標準偏差が全バンドの中で最も大きく，樹種区分に対して有効であるといえる。可視光線領域においては，緑色領域である 556nm（band7）の樹種間の標準偏差が比較的大きい。その他の色領域においては，赤色領域である 602nm（band9）の樹種間の標準偏差が相対的に大きくなっている。

以上より，樹種区分に対しては，556nm（band7），602nm（band9），785nm（band17）の３バンドの合成画像が有効であると推察される（表２の網掛け部）。一方，図２より 739～762nm（band15，band16）の間で，ヒノキやスギが他の樹種と異なる分光反射パターンを示すことが判明している。この特性を利用するために，762nm（band16）と 739nm（band15）の差分を算出し，樹種区分に対する特性を検討した。

各樹種のデータの散らばり具合を確認するために，最も標準偏差の大きい 785nm（band17）を Y 軸に固定し，X 軸を可変にした各樹種 15 サンプル（アラカシは 4 サンプル）の散布図を図３～図５に示す。 556nm（band7）を X 軸にとった場合，スギは明瞭に分離できるものの，その他 5 樹種はサンプルの分布域が混在することがわかる（図３）。602nm（band9）を X 軸にとった場合は，さらにサンプルの分布域が混在していることがわかる（図４）。一方，762nm（band16）と 739nm（band15）の差分を X 軸にとった場合，差分値の正負によっておおむね針葉樹と広葉樹が区分でき，差分値が負の領域においては 785nm（band17）の値の大小によってスギとヒノキが分離されることがわかる（図５）。

556nm（band7），602nm（band9），785nm（band17），762nm（band16）と 739nm（band15）の差分の 4 データを対象に樹種別の標準偏差をまとめた表３からも，762nm（band16）と 739nm（band15）の差分値の樹種間標準偏差が 602nm（band9）の樹種間標準偏差よりも大きく，樹種区分に有効であることが示唆された。

表２　樹種毎の分光反射輝度

バンド	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12
波長帯 (nm)	422	444	466	489	511	534	556	579	602	625	647	670
	← 青 →				← 緑 →				← 赤 →			
スダジイ	1,082	1,261	1,399	1,288	1,278	1,682	1,764	1,451	1,272	1,105	990	898
アラカシ	983	1,100	1,196	1,053	1,038	1,341	1,341	1,119	975	850	755	668
ケヤキ	1,057	1,196	1,316	1,178	1,161	1,483	1,553	1,289	1,141	1,008	906	820
コナラ	1,023	1,181	1,264	1,164	1,168	1,525	1,600	1,301	1,134	991	892	814
スギ	956	1,105	1,185	1,067	1,135	1,512	1,530	1,285	1,110	949	854	677
ヒノキ	1,082	1,183	1,264	1,135	1,205	1,755	1,897	1,490	1,234	1,015	844	691
標準偏差	40	55	72	78	72	136	175	122	95	77	74	87

バンド	b13	b14	b15	b16	b17	b18	b19	b20	b21	b22	b23	b24
波長帯 (nm)	693	716	739	762	785	808	831	854	877	900	923	946
	赤 ← 近 赤 外 →											
スダジイ	1,112	2,986	5,850	5,959	7,161	6,577	6,087	6,533	6,376	5,275	4,217	2,452
アラカシ	848	2,277	4,789	5,037	6,095	5,594	5,219	5,589	5,492	4,549	3,647	2,146
ケヤキ	1,089	2,725	5,270	5,364	6,468	5,965	5,544	5,975	5,899	4,861	3,878	2,260
コナラ	1,019	2,849	5,992	6,217	7,496	6,899	6,405	6,876	6,729	5,584	4,484	2,633
スギ	921	2,215	3,817	3,719	4,420	4,061	3,757	4,019	3,931	3,270	2,630	1,594
ヒノキ	1,002	3,059	5,647	5,488	6,501	5,941	5,459	5,840	5,668	4,665	3,736	2,148
標準偏差	85	328	740	804	983	905	840	908	887	731	583	323

表３　選定したバンドにおける樹種間標準偏差

バンド / 樹種	band7	band9	band17	band16-band15
スダジイ	1764.5	1271.9	7160.8	108.6
アラカシ	1341.1	975.2	6095.1	248.1
ケヤキ	1559.6	1110.4	4420.1	-98.1
コナラ	1896.9	1233.6	6500.7	-159.2
スギ	1553.4	1140.9	6467.7	93.9
ヒノキ	1599.8	1133.6	7495.9	255.5
標準偏差	175.0	95.0	982.9	157.5

そこで，R：G：B に 602nm（band9）：785nm（band17）：556nm（band7）を割り当てた合成画像と，R：G：B に 762nm（band16）と 739nm（band15）の差分：785nm（band17）：556nm（band7）を割り当てた合成画像を試作し，各樹種を識別した。前者を図６に，後者を図７に示す。

図６では，スギと他の５樹種とは色調差を生じ，判別が容易であった。一方スギ以外の５樹種は類似した色調を呈し，分離は困難であった。図７では，針葉樹と広葉樹との色調差が大きい。針葉樹の中でもスギとヒノキには色調差があり，両者の分離は比較的容易である。一方，広葉樹では，わずかにケヤキ・スダジイとコナラ・アラカシに色調差が認められた。

４．おわりに

本研究により，対象とした里山林の代表的な樹種（6 種）区分においては，可視光線領域で 534～556nm（band6, band7），近赤外線領域で 739～762nm（band15, band16），785nm（band17）が有効なバンドであった。また，これらの樹種区分には，樹種間の分光反射輝度の分散が大きい 556nm（band7），602nm（band9），785nm（band17）などのバンドの組み合わせが有用であり，ヒノキやスギが他の樹種と異なる分光反射パターンを示す 762nm（band16）と 739nm（band15）の差分を組み込むことによってさらに判別性が向上することが把握できた。

また，広葉樹の細分（スダジイ，アラカシ，ケヤキ，コナラ）については，今回適用した演算処理では必ずしも十分と言えず，今後，他の演算処理等を検討したい。

今回は2002 年 9 月 20 日の観測データのみから６種の樹種区分の可能性を検討したが，使用した時期がこれらの樹種区分に最適な時期かについての検討が今後の課題とされる。2002 年 9 月 20 日の観測データ以外にも 2003 年 10 月 17 日に観測した秋季データがあるため，今後はこれらのデータも併用した時系列データによる樹種区分を試みたい。

参考文献

1) 重松敏則，朝廣和夫，瀬戸島政博，牧田史子（1997）：：現存植生環境動態図の作成とその活用に関する基礎的研究，日本造園学会誌 60(5)，pp.527-530
2) 瀬戸島政博，赤松幸生，今井靖晃，重松敏則，朝廣和夫，児玉滋彦（2002）：カラー航空写真上の季節の色調変化からみた里山構成樹種の識別に関する研究，日本造園学会誌 65(5)，pp.679-684
3) 瀬戸島政博，赤松幸生，今井靖晃，朝廣和夫，重松敏則(2002)：時系列なカラー画像の色調変化に基づく里山構成樹種の区分について，環境情報科学論文集 16，pp.177-180
4) 瀬戸島政博，今井靖晃(2004)：航空機観測データからみた落葉推移・葉色変化に基づく落葉広葉樹林区分に関する検討，環境情報科学論文集 18，pp.137-142
5) 山形与志樹，安岡善文，岩熊敏夫(1996)：casi 画像と微細標高データの重ね合わせ解析による湿原モニタリング，日本リモートセンシング学会誌，16(4)，pp.33-40.
6) 宮坂聡，徳村公昭(2000)：航空機搭載型マルチスペクトラルスキャナによる里山の解析，日本リモートセンシング学会誌，20(4)，pp.107-110.
7) 栗屋善雄，田中邦宏，鷹尾元，岡崎克俊(2000)：CASI データによるブナ林の林分因子推定ー樹冠凹凸の影響ー，日本写真測量学会年次学術講演会論文集，pp.49-52

Urban Building Inventory for Bangkok City with Very High-Resolution Remote Sensing Data

Dushmanta DUTTA[1] and N.H.M. Kamrujjaman SERKER[2]
[1]School of Applied Sciences and Technology, Monash University, Australia
[2]Ibaraki University, Japan

1. Introduction

Bangkok, the capital city of Thailand, is one of the major cities in Asia and is a regional hub. The city has a high economic growth and every year many new constructions take place. It is situated on the low flat plain of Chao Phraya River, which extends to the Gulf of Thailand. Floods are the most frequent natural disasters in Bangkok affecting large number of population and causing huge economic damage every year. Although Bangkok is located in low seismic hazard area, there is a potential risk from distant earthquakes, due to the ability of underlying soft clay, to amplify ground motions (Warnitchai et al., 2000).

Disaster risk analysis is important not only to estimate the losses from future events but also to make recommendations for prevention, preparedness and response. Building inventories are essential for all types of disaster risk analysis models. With a slight difference in characterization of building types, all models require an estimate of number of buildings or total square footage (Eguchi et al., 2000). Land use information is very important for disaster risk analysis in urban areas. Traditional land surveying methods, such as field surveys, aerial photography, etc. are costly and time consuming. There is no single reliable source, which can be used for developing a unique database for building and infrastructures located in an urban area. Padermkul (1999) developed an inventory methodology for Bangkok metropolitan area using the multiple data sources. However, these sources contain old data and these files are not updated regularly. The data have been recorded for some specific period and data for other periods are not available. Some of the sources keep data only for some specific category of buildings. Another main problem is with the building type classification system. Such as, the building classification system of Department of Public Works does not match with that of Department of Policy and Planning. Padermkul (1999) used interpolation and extrapolation techniques to find the missing data, which does not reflect the actual feature of the region.

In order to rapidly derive detailed land use information in broad areas, it is necessary to use remote sensing techniques. Within these few years fine spatial resolution satellite imagery has become widely available. Such as the QuickBird satellite imagery and several new satellite sensors being developed are capable of generating imagery with spatial resolutions as fine as 0.6m in panchromatic mode and 2.8m in multi spectral mode. Many details such as buildings, roads, and other component elements of urban structures can be clearly identified from these high-resolution satellite images and this has opened a new window for urban land use information studies. A few studies, in the past years, were done to use satellite imagery to develop building and other infrastructures inventories for the selected areas. Yamazaki et al. (2000) investigated the capability of developing building inventory used for seismic risk analysis using satellite images from LANDSAT, IRS, JERS-1, ADEOS and IKONOS. They used principal component analysis and found this method as a possible solution to classify urban structures. However, Sande et al. (2003) proposed a segmentation and classification approach for IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment using object oriented image analysis technique.

Purpose of this research was to develop an up-to-date building inventory using information obtained from remote sensing data analysis and existing databases. The main objectives were as follows:

- Analysis of very high-resolution satellite remote sensing data for deriving urban building features.
- Developing an inventory for buildings for an urban area for disaster risk analysis.

2. Study Area

The study site selected is a part of the Bangkok Metropolitan Area (Figure 1). The area, measured about 52 km^2, comprises of mainly residential areas along with a few industrial sites. Most of the buildings are single

housing type. The common practice of building houses in the selected area is with concrete moment resisting frame with in filled non-reinforced masonry walls. Reinforced concrete roofs, concrete tiled roofs, and metal roofing's are very common in the selected study area. However, details about the individual buildings were not found from any existing database. The roads are found as cement concrete roads with foot over bridges at regular intervals. The roads are separated with wide road dividers and at road intersections flyovers exist.

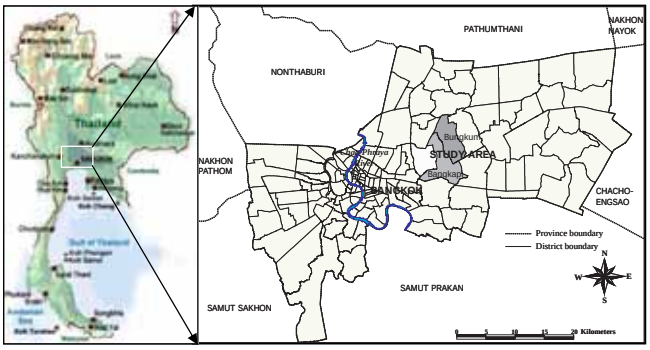


Figure 1. Location of the Study area

3. Methodology

The overall approach adopted for development of an up-to-date building inventory is shown in Figure 2. The existing building database is supplemented with the outcomes of the image analysis of very high resolution remote sensing data for the study area. AGIS platform was utilized to integrate the extracted information from image analysis and existing information of the region.

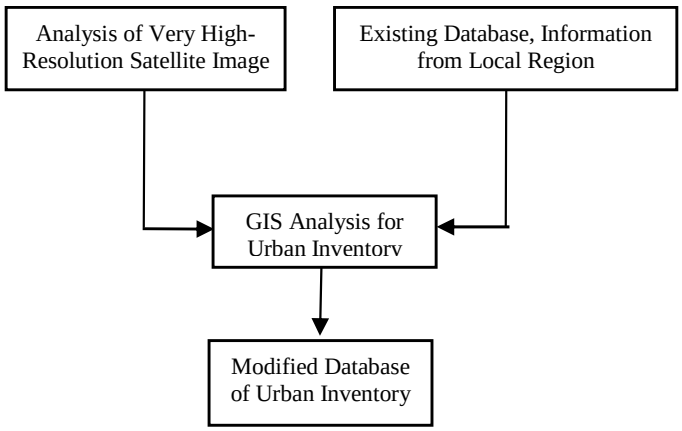


Figure 2. Overall inventory methodology

3.1 Image Analysis

QuickBird (panchromatic and multi-spectral) images were used in this study, for development of urban building inventory. Specification of QuickBird image is shown in Table 1. The main objective of this study is to obtain information on buildings and other important structures located in the region. An object oriented image analysis technique was applied in this study. Image segmentation was done using multi-resolution image segmentation (eCognition, 2002). The basic elements of an object-oriented approach are image objects. Image objects are contiguous regions in an image. Segmentation is the subdivision of an image into separated regions. Image segmentation is based on a threshold value that is a fusion of both spectral and shape heterogeneity as given by Equation 1(Benz et.al., 2004).

$$f = w_{color}.\Delta h_{color} + w_{shape}.\Delta h_{shape}$$

$$w_{color} \in [0,1], \quad w_{shape} \in [0,1] \quad w_{color} + w_{shape} = 1 \qquad (1)$$

Where,

w_{color} = Relative weight of color
w_{shape} = Relative weight of shape
Δh_{color} & Δh_{shape} = color and shape heterogeneity

Fuzzy classification technique is image segment classification. It is a very powerful soft classifier besides neural networks and probabilistic approaches (Curlander and Kober, 1992; Benz et.al., 2004). As an expert system (Tsatsoulis, 1993) for classification it takes into account the followings (Benz et.al., 2004):

- Uncertainty in sensor measurements
- Parameter variations due to limited sensor calibration
- Vague class descriptions
- Class mixtures due to limited resolution
-

Table 1. Specification of QuickBird image used in this study

Acquisition date	11/07/2002
Spatial resolution	2.80 m multi-spectral bands 0.60 m panchromatic
Spectral wavebands	0.45-0.52 μm (Blue) 0.52-0.60μm (Green) 0.63-0.69μm (Red) 0.76-0.90μm (Near IR)
Map projection	UTM
View angle	Nadir
Swath width	16.5 km

Fuzzy classification consists of an n-dimensional tuple of membership degrees, which describes the degrees of class assignment μ of the considered object (*obj*) to the *n* considered classes (Equation 2).

$$f_{class,obj} = [\mu_{class\_1}(obj), \mu_{class\_2}(obj), \mu_{class\_3}(obj).....\mu_{class\_n}(obj)] \qquad (2)$$

Four different levels were chosen to extract features of interest from different levels. Table 2 shows the segmentation parameters used as relative values and as a function of thematic land cover. As shown in the Table 2 and Figure 3, the spectral bands can either be included or excluded from the segmentation process. The scale parameter was the most important factor to control the size of the objects.

The classification was done on the image objects using multi level classification approach based on fuzzy methods. Fuzzy classification technique was applied with the help of membership function. Membership functions were developed based on the spectral reflectance characteristics and shape properties of the image objects. Different features were separated using different membership functions. One-dimensional membership functions were used in this study. To separate different urban features, (e.g., concrete surfaces, non-concrete surfaces, green areas, Bareland, water bodies, etc) spectral information based on image objects were used. Buildings were separated from roads based on their shape properties. The classified image views are shown in Figure 4.

Field survey was carried out to obtain information about the features and to obtain 'ground truth' data. Field survey data was used as the primary knowledge base and was combined with the spectral information obtained from the image objects to develop membership functions for different classes.

4. Result Analyses

Buildings were extracted from segmentations at levels 1 and 2. Buildings were classified as reinforced and non-reinforced concrete buildings depending on their roofing materials and types. Small roads were extracted from extracted from segmentation at level 2 where as large roads were extracted from segmentation at level 3. Segmentation at level 4 was used to classify the large objects, e.g. large water bodies, in the study area. The classification results are summarized in Table 3. About 38% of the total area was classified as built up area of which approximately. 35% of the total area was classified as building area. From visual interpretation of the panchromatic image of 60cm, approximately 36% of the total area was classified as built up area, which is about 95% of the area obtained from image analysis. It was possible to separate shadows from other features, however, 33% shadow objects were classified as water.

4.1 Accuracy Assessment

Two different approaches were applied to verify the classification results. The classification results were verified with ground truth data (Table 4). Image objects were considered to verify the classification system. An overall accuracy of 85% was achieved with the classification scheme. However some of the classes, e.g. RC buildings, green areas and bareland, were classified with high level of accuracy up to 100%. Non RC buildings and roads were classified with accuracy of 70% and 80% respectively. Digitized data of the study area was developed using manual classification with the help of visual interpretation and photographs obtained from field survey. The areas of different features extracted from image analysis were compared with the areas obtained by digitizing. The comparison of the results obtained from two analyses is shown in Table 3. RC buildings area extracted from image analysis was 95% of the area obtained by digitization. Non RC buildings area was extracted as 116% of the digitized area. Shapes of buildings, roads and water bodies, extracted from image analysis, were overlaid on the shapes obtained from digitization. There was large deviation, in terms of regularity of shape, between two shapes.

5. Concluding Remarks

This study was aimed to develop an inventory for buildings located in the urban areas using remotely sensed. Buildings were classified with approximately 90%

Table 2. Image segmentation parameters used for segmentation of QuickBird

Segmentation & classification level	Land use types	QuickBird bands used				Scale	Homogeneity criterion			
		Blue	Green	Red	NIR		Color	Shape	Shape settings	
									Smoothness	Compactness
Level 1	All	Yes	Yes	Yes	Yes	5	0.7	0.3	0.9	0.1
Level 2	Buildings & Roads	No	Yes	Yes	Yes	10	0.5	0.5	0.9	0.1
Level 3	Major Roads	No	Yes	Yes	Yes	25	0.5	0.5	0.9	0.1
Level 4	Large Water bodies	No	No	Yes	Yes	40	0.9	0.1	0.9	0.1

accuracy. The shapes of the roads and water bodies were found as regular shapes. However, the regular shapes of the buildings were not found from the image analysis.

Table 3. Features extracted from QuickBird image analysis and from digitization (% of the total area)

Class		QuickBird	Digitized
Built up	Road	3.29	4.24
	RC Building	10.65	11.20
	NRC Building	23.33	20.10
Green		42.79	57.31
Bareland		13.81	
Water		3.20	3.85
Shadow		0.60	3.30
Others		3.33	

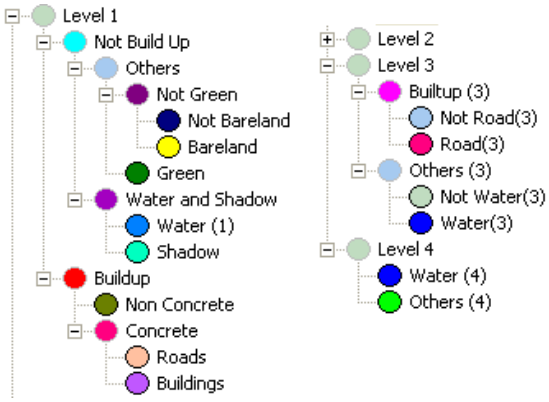


Figure 3: (a) Class Hierarchy with detailed classes of Level 1; (b) Class Hierarchy with detailed classes of Level 3 and Level 4 from digitization (% of the total area)

From this study, the following conclusions can be drawn:

- QuickBird image can be a very good choice to develop an inventory for urban features. City area consists of small and large buildings and roads along with other structures. Small houses, roads, water bodies and other features are clearly visible and identifiable from QuickBird image.
- With the object-oriented classification scheme used in

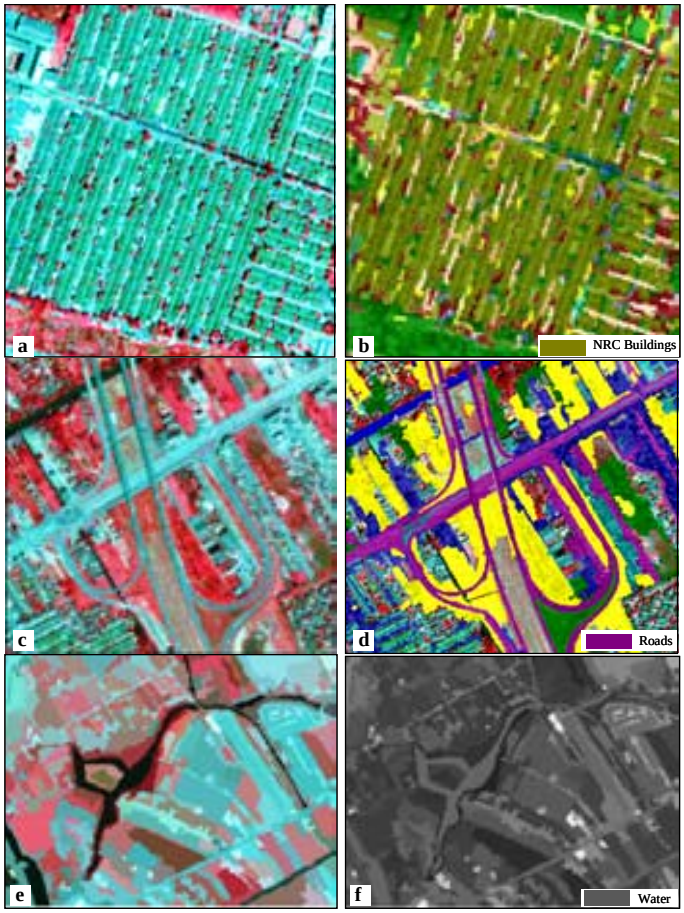


Figure 4. (a), (c), and (e) Image views in false color (432) composite; (b), (d) and (f) Classified image views

Table 4. Error Matrix of QuickBird image Classification

QuickBird Classification	Ground Truth							
	RC Building	Road	Non RC Building	Water	Shadow	Green	Bareland	Total
RC Building	10							10
Road	3	7						10
Non RC Building			7			1	2	10
Water				8				8
Shadow				3	6			9
Green						10		10
Bareland							5	5
Total								62
Overall Accuracy = 54/62 = 0.8548								

this study, an overall accuracy of 85% was achieved in detailed classification of urban landcover in the study area.

- From this study, it is found that many urban features completely or partly covered with trees and shadows. From analysis of QuickBird image it was found that 0.6% of the total land area covered by shadow. Using Remote sensing data, it is difficult to extract accurately the features covered with trees or vegetal cover.

Reference

Benz, U.C., Hofmann,P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., and Heynen, M., 2004. 'Multi-resolution, Object-oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-ready Information'. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*.

Curlander, J., and Kober,W., 1992. 'Rule Based System for Thematic Classification in SAR Imagery'. *Proceedings of IGARSS*, IEEE Press, New York.

eCognition, 2002. User Guide. Definiens Imaging, GmbH, Munich, Germany.

Eguchi, R.T., Huyck,C.K., Houshmand, B., Tralli, D.M., and Shinozuka, M., 2000. A new Application for Remotely Sensed Data: Construction of Building Inventories using Synthetic Aperture Radar Technology'. *Proceedings of the 2nd Multi –lateral Workshop on Development of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technologies and Their Integration for the Asia-Pacific Region*, Kobe, Japan.

Padermkul, S.,1999. *An Integrated Inventory Methodology for Seismic Damage Assessment of Bangkok*, Asian Institute of Technology, Thailand, Thesis no. ST-99-29.

Sande, C.J. van der, Jong, S.M. de, and Roo, A.P.J. de, 2003. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 4, pp 217-229.

Tsatsoulis, C., 1993. 'Expert System in Remote Sensing Applications'. I*EEE Geoscience and Remote Sensing Newsletter.*

Warnitchai, P., Sangrayangkul, C., and Ashford, S.A., 2000. Seismic hazards in Bangkok due to long distance earthquakes. *Proceedings of the 12th world conference on Earthquake Engineering*, Auckland, paper no. 2145.

Yamazaki, F., Mitomi, H., Matsuoka, M., and Honda, K., 2000. *Inventory Development for Natural and Built Environments- Remote Sensing Technologies for Inventory Development and Risk Assessment-Characteristics of Satellite Images in Bangkok, Thailand*. Report on 'The Development of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technologies and Their Integration For the Asia-Pacific Region', Earthquake Disaster Mitigation Research Center, Japan.(http://www.edm.bosai.go.jp/eqtap/3rdws_yamazaki_e.pdf).

American Society of Civil Engineers 150th Anniversary Paper

Use of Fiber Reinforced Polymer Composites as Reinforcing Material for Concrete

Taketo Uomoto[1]; Hiroshi Mutsuyoshi[2]; Futoshi Katsuki[3]; and Sudhir Misra[4]

Abstract: Although the potential of continuous fiber reinforced polymers (FRPs) was recognized more than 50 years ago, bottlenecks such as vulnerability to static fatigue, ultraviolet radiation, alkaline environment, etc., continued to restrict their use as a construction material. Extensive research across the world during approximately the last 25 years has led to a better understanding of properties and behavior of the FRPs under different conditions. Given their lightweight, noncorrosive, and nonmagnetic nature and their high tensile strength, FRP composites are being used as reinforcement in concrete, especially in prestressed concrete construction, anchors for slope stabilization, and use in special structures such as high-speed linear motor railway tracks, MRI units of hospitals, and repair and rehabilitation works. An attempt has been made in this paper to comprehensively put together the various aspects of FRPs, including their structural and durability characteristics, the ongoing research in the areas related to their utilization as a reinforcing material for concrete structures, and the application of FRP sheets in rehabilitation of deteriorated concrete structures. Though issues related to the manufacture of FRP composites and design procedures have not been considered in detail, they have been included for information and completeness. The paper also presents the current thinking on the design and construction procedures using FRP material in conjunction with concrete and provides a brief discussion of some of the documented applications of FRP composites—rods and sheets—as reinforcement in concrete construction. It may also be mentioned that the paper is largely based on the case studies and research work carried out in Japan; appropriate references to related work in other parts of the world are also included, though in principle there is very little difference in the approaches being adopted across the world.

DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2002)14:3(191)

CE Database keywords: Fiber reinforced materials; Concrete, reinforced; Polymers; Construction materials.

Introduction

Continuous fiber reinforced polymer (FRP) composites have been used in automobile, electronics, and aerospace engineering for several decades, but their application in concrete engineering as a reinforcing material is relatively recent in origin. Besides the advances in the field of development of new fibers, etc., several developments in the construction industry have accelerated the efforts to apply FRPs as a reinforcing material in concrete. One of the chief causes is the realization that the reinforcing steel, both in reinforced and prestressed concrete construction, is corrosion prone, though the malady may take more than 20–30 years to show symptoms! This realization obviously prompts the desire to use noncorrosive materials such as FRP, especially in environments where steel has been shown to be vulnerable.

Fig. 1 is a representation of how the predominant construction material has changed in the last about 7,000 years. It can be seen the FRPs are the youngest in the family of civil engineering construction materials. Extensive research across the world during the last 25 years or so has led to a better understanding of the properties and behavior of the FRPs under different conditions, and more extensive use of FRPs is likely to be seen in the coming years (e.g., Taerwe et al. 2001). It may be pointed out that the application of FRPs in other disciplines is mostly in the form of essentially 2D thin-shell or plate-like elements, where buckling of the elements is the main design criteria. On the other hand, the use of FRPs as a reinforcing material in concrete construction largely focuses on utilization of FRPs arranged in a single direction and subjected to high levels of tensile load. In other words, concrete engineering applications of FRPs need a more careful consideration of such properties as creep, fatigue, and modulus of fracture.

Besides being noncorrosive, the FRPs have a much better strength-to-weight ratio than steel and this makes them an ideal material for applications in repair, rehabilitation, and strengthening works. Also, in certain special applications (e.g., high-speed

[1]Professor of Civil Engineering and Director, International Centre for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Meguro Ku 4-6-1, Tokyo. E-mail: uomoto@iis.u-tokyo.ac.jp

[2]Professor of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Saitama Univ., Saitama-shi, Shimo-ohkubo 255, Saitama. E-mail: mutuyosi@mtr.civil.saitama-u.ac.jp

[3]Assistant Professor of Civil Engineering, Shibaura Institute of Technology, Minato-ku Shibaura 3-9-14, Tokyo. E-mail: katuki@sic.shibaura-it.ac.jp

[4]Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur-208 016, India. E-mail: sud@iitk.ac.in

Note. Associate Editor: Antonio Nanni. Discussion open until November 1, 2002. Separate discussions must be submitted for individual papers. To extend the closing date by one month, a written request must be filed with the ASCE Managing Editor. The manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on December 26, 2001; approved on January 17, 2002. This paper is part of the ***Journal of Materials in Civil Engineering***, Vol. 14, No. 3, June 1, 2002. ©ASCE, ISSN 0899-1561/2002/3-191–209/$8.00+$.50 per page.

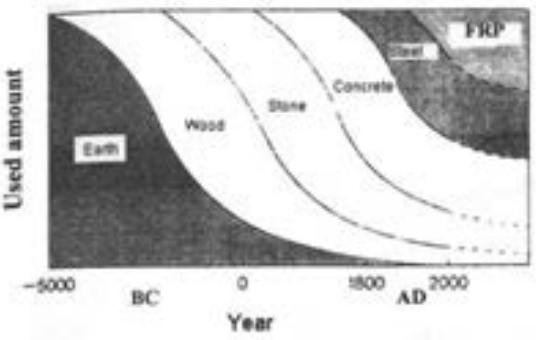


Fig. 1. Dominant construction materials in different ages

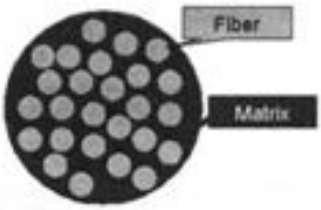


Fig. 2. Schematic representation of cross section of continuous fiber reinforced polymer composite

linear motor railway tracks in Japan) use of a nonmagnetic material such as FRPs has an added advantage. Though research in several areas pertaining to the utilization of the FRPs as a reinforcing material is still ongoing, engineers have used a blend of caution and judgment to proceed with the development of application-related technology, and several cases of actual application have been reported (e.g., Jesse and Curbach 2001; ACC 1995, 1998).

An effort has been made in this paper to provide an overview to the properties and behavior of commercially available FRPs and to briefly discuss the application of FRPs as a reinforcing material in reinforced and prestressed concrete construction. Some details of the application of continuous FRP sheets, especially in the area of retrofitting and strengthening of concrete structures, have also been presented. This study presents the current thinking on the design and construction procedures using FRP material in conjunction with concrete. Although most of the examples cited in the paper are drawn from the developments in Japan, the basic trends and overall approach to the use of FRP as a reinforcing material is the same in other parts of the world.

Historical Notes

Given the high strength and lightweight nature of the FRPs, their potential as a reinforcing material in the prestressed concrete construction was realized early; it was the subject of research in the U.S., the erstwhile Soviet Union, and the U.K. as early as the 50s and 60s (Kobayashi et al. 1987). In the tests carried out at that time, it was found that though a tensile strength of as much as 3,620 kgf/mm^2 was observed using a 3μm monofilament, the strength of the rods or other composite materials was much lower (about 700 kgf/mm^2). Besides this reduction in the load-carrying capacity when made into a composite material, it was found that the FRPs were susceptible to premature failure under sustained load. It was estimated that if the load was applied over a long period of time, the rods could fail at load levels as low as 60–70% of the tensile strength observed in the laboratory. Thus, assuming that a maximum load of about 70% of the tensile capacity is applied at the time of prestressing, the actual prestressing load is only about 45–50% of the tensile strength observed in the laboratory. Even so, it must be borne in mind that a permissible load level of even 400 kgf/mm^2 was higher than the levels of 160 kgf/mm^2 permissible in steel at that time.

Premature failures in the FRPs were attributed to the phenomenon of static fatigue, which resulted from the irregular distribution of tensile stresses among the fibers in an FRP composite. Such a distribution of stresses resulted from the fact that all the fibers were not properly aligned and thus did not fully participate in carrying the applied tensile load. The problem persisted till the process of pultrusion for the manufacture of FRP products was developed in the 70s (Kobayashi et al. 1987).

German scientists used FRP products using glass fiber and polyester resin as a matrix to build an experimental bridge with a span of only 6.5 m in the early 80s (Waaser and Wolf 1986). The tensile strength and the modulus of elasticity of the FRP used were 150 kgf/mm^2 and 5,100 kgf/mm^2, respectively. Over the last 20 years, substantial progress has been made in all areas, including manufacture, quality control, and applications. Some of the more important features are discussed in this paper.

Besides overcoming the problem of static fatigue, persistent research efforts were required to overcome such problems as the durability of glass fibers in the highly alkaline environment of concrete (Uomoto 2001) and the rapid deterioration of epoxy resins upon exposure to ultraviolet radiation (Yamaguchi 1998). Development of appropriate test methods and standards for the FRP composites also placed a major challenge to the professional institutions and researchers. It may be noted that comprehensive specifications for the design and construction of concrete structures using FRPs have been published only recently (JCI 1998; ACI 2001; JSCE 1997, 2001).

Continuous Fiber Reinforced Polymer Materials

General

As against short fibers of steel that are sometimes used to improve the tensile strength and postcracking behavior of the brittle concrete matrix, continuous long fibers can be used as a replacement of the steel as a reinforcing material for reinforced and prestressed concrete construction.

From the schematic representation of the cross section of continuous FRP composites shown in Fig. 2, it is clear that they can be seen as made up of extremely fine fibers embedded in a matrix. The volume fraction of the fibers in commonly available FRPs ranges from about 50 to 65%. As discussed in the following paragraphs, the properties of FRP composite products are related to (1) the properties of the fibers used, (2) the properties of the matrix used, and (3) the volume fraction of the fibers.

Constituent Fibers

Fibers made from carbon, aramid, glass, and polyvinyl alcohol are commonly used for the manufacture of FRP. Table 1 gives a brief overview of the properties of the commonly used fibers in FRPs used in the construction industry. As can be seen, the specific gravity of the fibers ranges between 1.4 for aramid fibers to

Table 1. Properties of Fibers used in Fiber Reinforced Polymer Composites

Item	Carbon fiber				Aramid fiber		Glass fiber		Polyvinyl alcohol fiber (high strength)
	Polyacrylic Nitril Carbon		Pitch Carbon						
	HIGH STRENGTH	HIGH YOUNG'S MODULUS	ORDINARY	HIGH YOUNG'S MODULUS	Kevlar 49 Twaron	Tech-nora	E-Glass	Alkali-Resistant Glass	
Tensile strength (MPa)	3430	2,450–3,920	764–980	2,940–3,430	2,744	3,430	343 0–3 528	1,764–3 430	2254
Young's modulus (GPa)	196–235	343–637	37–39	392–784	127	72.5	72.5–73.5	68.6–7	59.8
Elongatio n (%)	1.3–1.8	0.4–0.8	2.1–2.5	0.4–1.5	2.3	4.6	4.8	4.5 2–3	5.0
Density (gm/cm^3)	1.7–1.8	1.8–2.0	1.6–1.7	1.9–2.1	1.45	1.39	2.6	2.27	1.30
Diameter (μm)	5–8		9–18		12		8–12		14

about 2.6 for glass fibers. The diameters of the fibers range from about 6 microns for carbon fibers to about 15 microns in the case of aramid and glass fibers.

Fig. 3 gives a diagrammatic representation of the stress-strain curves for some commonly used FRP composites. Curves for steel and PC tendon have also been included in the figure only for reference. It can be seen that though all the fibers exhibit a higher tensile strength than steel, the elongation before the material finally fails is very small for the fibers. In fact, it is this lack of extensibility before failure that often makes the FRP composites unusable as normal reinforcement in RC structures, where large deformations before collapse are a design requirement. The carbon fibers have a higher modulus of elasticity and a lower elongation as compared with others. This reduces the toughness of the carbon FRPs and also makes carbon fiber products vulnerable to impact loads. The polyvinyl alcohol fiber is light and has better extensibility, but it rather belongs with other fibers with a relatively low tensile strength and Young's modulus. The following paragraphs give a brief description of the properties of the individual fibers (CCC 1998).

Carbon Fiber

These are made from either petroleum or coal pitch and polyacrylic nitril (PAN). Each fiber is an aggregate of imperfect fine graphite crystals, and its characteristics vary depending on the composition and the orientation of the crystals. Commercially available carbon fibers are usually classified into pitch carbon and PAN carbon fibers, the pitch carbon being ordinary or high Young's modulus fiber; the modulus of elasticity for the ordinary fiber of the pitch carbon family is about 20% of those of the PAN family. High Young's modulus fibers, on the other hand, provide an identical or higher Young's modulus than the fibers of PAN family.

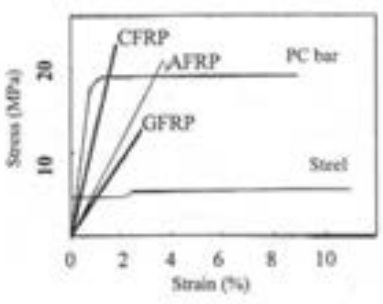


Fig. 3. Typical stress-strain curves for some fiber reinforced polymer (FRP) composites

Aramid Fiber

This is a highly oriented organic fiber, and three types of these fibers are available—Kevlar, Twaron, and Technora—which are essentially trade names. Kevlar and Twaron are aromatic polyamide fibers that have their benzene nuclei bonded linearly by aramid. Technora, on the other hand, is an aromatic polyetheramide fiber whose nuclei are bonded by ether.

Glass Fiber

Two types of glass fibers are commercially available for use—E-glass fiber and alkali-resistant glass fiber. The former contains large amounts of boric acid and aluminate, while the latter contains a considerable amount of zirconia, which serves to prevent corrosion by alkali attacks from cement matrix.

Polyvinyl Alcohol Fiber

As the name suggests, these are manufactured using polyvinyl alcohol of a high degree of polymerization. The fiber is rolled during the manufacturing process to provide added strength and elasticity.

Mixed Fibers

Recent years have also seen the introduction of products, where fibers of different origins are combined to produce a final product having desired properties. Nishimura reported the development of a combined fiber "hybrid" with glass fibers in the middle, surrounded by aramid fibers (Nishimura et al. 1996). Fig. 4 shows a schematic representation of the hybrid FRP composite. Such a structure provides the glass fibers extra protection in the alkaline

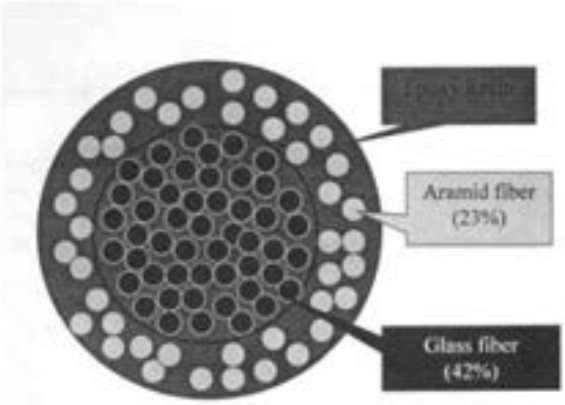


Fig. 4. Schematic representation of hybrid fiber reinforced polymer composite

environment of the concrete. NEFMAC, which stands for "new fiber composite material for concrete," is another example of such a material that uses continuous carbon and glass fibers impregnated with resin and formed into a lattice, as schematically given in Fig. 5.

Resins

Though there is limited evidence of use of special cement or silica fume, most of the FRPs use various kinds of resins, including epoxies, vinyl esters, and polyesters (Fig. 2). The specific gravity of the resins used varies between 1.1 and 1.4. Although the resin does not carry any tensile load directly, it acts as a filler material and holds the fibers together. The resins also play a crucial role in transferring the load and protecting the fibers in much the same manner as the surrounding concrete protects the embedded reinforcing bars. For example, the durability of glass-fiber-reinforced composites can be substantially increased if individual fibers are coated with a very thin layer of resins.

It is important that the fracture strain of the resins and the compatibility with the fibers themselves are taken into consideration in an appropriate manner. For example, epoxy resins have a low strain capacity and work well in conjunction with carbon fibers, which also have low extensibility, but the results are not so encouraging when epoxy resins are used with aramid or glass fibers, which have larger strains at failure. Vinyl ester formulations serve as better "filler" products in such an instance.

Substantial lowering in the tensile strength of the FRP rods has been reported in cases when the impregnation with the resin is improper. This lowering of the tensile strength can be attributed to stress concentrations in certain fibers as a result of the uneven distribution of applied stress arising from the improper impregnation of the matrix (Hodhod 1992).

In the case of application of continuous FRP sheets, the resins are usually applied in situ while wrapping or attaching the sheet, and care needs to be taken to ensure that hardening and strength development proceed at a satisfactory rate.

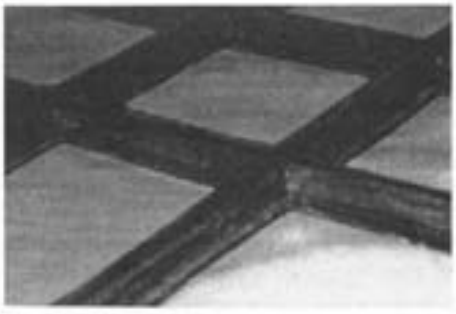


Fig. 5. Schematic representation of NEFMAC

Manufacture of Fiber Reinforced Polymers

As mentioned above, earlier attempts to utilize FRPs failed primarily on account of manufacturing difficulties, which led to static-fatigue-induced failure in the rods. Most of the present-day manufacture of FRP products used for reinforcement is by "pultrusion," a continuous process that combines pulling and extrusion for manufacturing composite sections that have the same cross section and shape. The process consists of pulling a fiber material through a resin bath and then through a heated shaping die, where the resin is cured. Important steps of the process and other methods of manufacture have been described in the literature (e.g., Mallick 1988; Agarwal and Broutman 1990).

The applied tension on the fibers during the manufacture eliminates twists and straightens them. When such products are actually stressed while testing or in a real application, a more uniform distribution of stresses among all the fibers is achieved, thus preventing static fatigue (at low load levels). It may be pointed out that the tension applied at time of manufacture is small, so as not to impair the performance of the composite as a construction material.

As far as the production of 2D and 3D FRP products is concerned, the grids are manufactured by impregnating bundles of fibers with resins and alternately laying them in X and Y directions under tension and pressure before shaping them into grids. The three-dimensional textiles are manufactured either by alternately laying bundles of fibers in X, Y, and Z directions in several layers while impregnating them with resins or by impregnating fibers already shaped into textiles with resins. Fibers woven into textiles using special cement or silica fume are produced as flat or curved plates.

FRP sheets are another variety of FRP materials available for use, especially in jobs related to the reinforcement and strengthening of existing structures (Iwahashi et al. 1996; Toritani et al. 1997; Yagishita et al. 1997). These sheets consist essentially of fibers laid out in one or two directions and held in place by a light adhesive. They can be classified as (1) one-way textile, (2) two-way textile, or (3) one-way pre-impregnated textiles. The resin and hardeners are applied to the sheets at the time of actual application, as discussed later in this paper (JCI 1998).

Properties of Fiber Reinforced Polymer Products

General

Mechanical properties such as the strength and modulus of elasticity of a product are related to the properties and proportions of the constituent materials. A laboratory study has demonstrated the possible use of the rule of mixtures, to estimate the properties of the FRP rods from the properties and the volume fraction of the parent fibers (Uomoto and Nishimura 1994). The study used the following equations:

$$E_{FRP} = E_1 V_f + E_2(1 - V_f) \quad (1)$$

$$\sigma_{FRP} = \sigma_1 V_f + \sigma_2(1 - V_f) \quad (2)$$

Table 2. Comparison of Calculated and Experimental Values of Tensile Strength using Rule of Mixtures

V_f	Item	AFRP	GFRP	CFRP
45	Experimental (1)	134.5	140.1	124.4
	Calculated (2)	175.1	113.0	150.8
	(1)/(2)	0.77	1.24	0.83
55	Experimental (1)	168.9	168.9	133.5
	Calculated (2)	214.0	138.1	184.3
	(1)/(2)	0.79	1.22	0.72
66	Experimental (1)	204.2	176.9	148.4
	Calculated (2)	256.7	165.7	221.1
	(1)/(2)	0.80	1.07	0.67* (0.81)

As an approximation, if the contributions of the matrix phase are neglected, the above equations can be written as follows:

$$E_{FRP} = E_1 V_f \tag{3}$$

$$\sigma_{FRP} = \sigma_1 V_f \tag{4}$$

Table 2 shows the variation in the values of the estimated and observed values of the tensile strength and modulus of elasticity, assuming that all the tensile load is carried only by the fibers. It can be seen that the two are in reasonable agreement. The following paragraphs discuss briefly some of the important aspects of properties of the FRP, which are relevant to their application as a construction material.

Tensile Strength and Modulus of Elasticity

Given the fact that FRPs are used as tensile reinforcement in concrete construction, it is important that the behavior of the FRPs under tension is accurately understood. An extensive study was undertaken by Uomoto to better understand the variation in these properties with the type and content of the fibers and the statistical variation therein (Uomoto and Nishimura 1994). 100 specimens were tested at each test condition, and Table 3 gives the representation of the results obtained, including the statistical

Table 3. Tensile Strength and Modulus of Elasticity of Fiber Reinforced Polymer Rods

Parameter	V_f	Fiber type	AFRP	GFRP	CFRP
Strength (kgf/mm^2)	45	Mean Value	135	140	124
		SD	9.49	5.83	11.8
		COV	0.0703	0.0416	0.0952
	55	Mean Value	169	169	134
		SD	14.8	8.53	11.2
		COV	0.0876	0.0505	0.0836
	66	Mean Value	204	177	148
		SD	5.73	12.2	27.0
		COV	0.0281	0.0689	0.1824
Elastic modulus (kgf/mm^2)	45	Mean Value	3748	4274	11202
		SD	216.1	52.2	259.5
		COV	0.0576	0.0122	0.0232
	55	Mean Value	4570	5211	13530
		SD	194.5	47.6	236.3
		COV	0.0426	0.0091	0.0175
	66	Mean Value	5460	6024	15714
		SD	241.2	101.2	379.4
		COV	0.0442	0.0168	0.0241

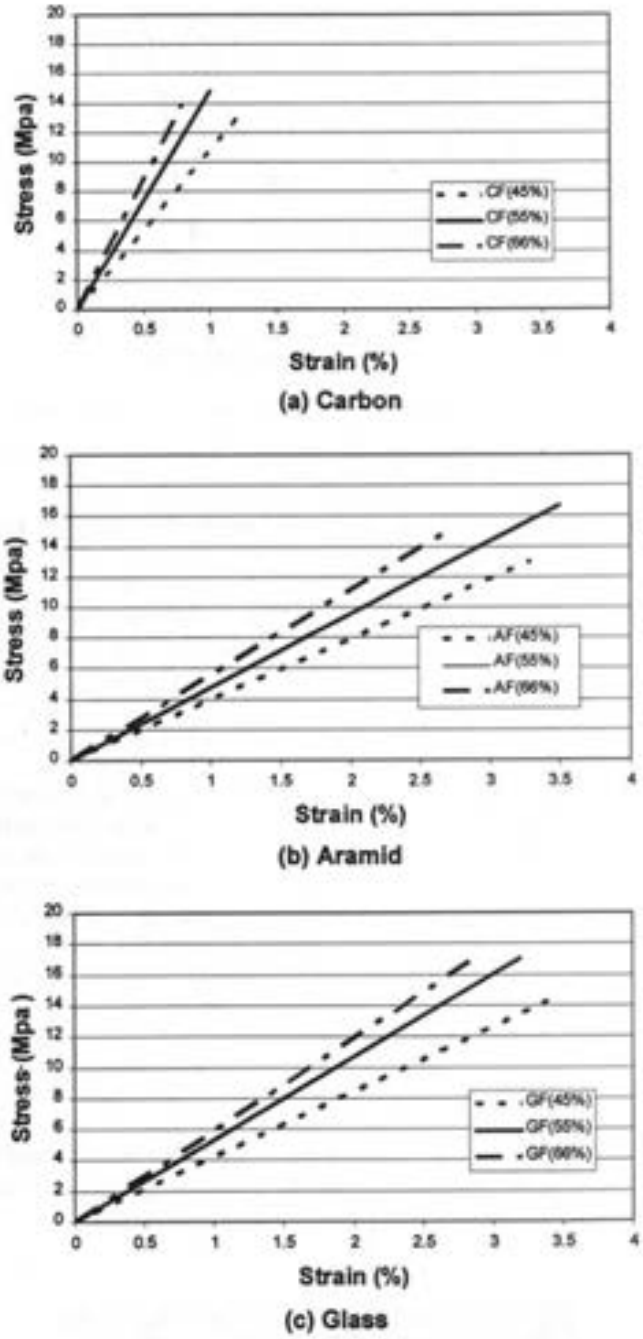


Fig. 6. Typical stress-strain curves obtained using fiber reinforced polymer rods

parameters, such as mean and standard deviation. Typical stress-strain curves obtained using rods having different fibers and fiber volumes are given in Fig. 6. Given the fact that the properties depend on various factors such as the type and content of the fibers and the type of the resin, it is difficult to make generalized conclusions about the properties of the bars. However, the following are generally known principles that guide the present thinking on application of FRP as a construction material.

- The stress-strain behavior of all FRP materials is essentially linear till the point of failure, which is sudden;
- The fracture strains are much smaller when compared with steel and hence the material (FRP) should be used with great caution for applications when large deformations or ductility in the member is required (for example, in flexural failure);

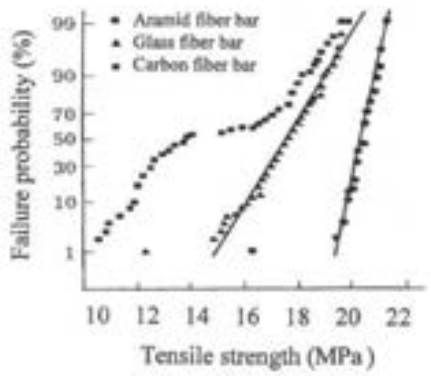


Fig. 7. Representation of tensile strength of fiber reinforced polymer rods in terms of cumulative probability versus stress

- The modulus of elasticity is about half that of steel (except in some cases of carbon FRPs); and
- The tensile strength of FRPs is much higher than that of steel.

It may also be mentioned that the properties of the FRP may not necessarily follow a "normal distribution," research effort has been directed to apply different statistical distributions and represent the failure strength in terms of a cumulative probability distribution (Hodhod 1992). A sample of such a representation is shown in Fig. 7.

Fig. 8 is a representation of typical failure patterns observed in the FRP rods and strip, depending upon the volume content of the fibers and the properties of the matrix. It can be clearly seen that FRP composites show several modes of failure besides the rupture of the fibers—these include cracking of the matrix, partial interfacial adhesion failure, debonding between the fiber and the matrix, and longitudinal cracking. Studies using acoustic emission to better understand the failure of FRP also corroborate such a hypothesis (Uomoto et al. 1992). It has also been pointed out that aramid and glass fibers show consistency in the mode of failure regardless of the failure load level. However, the carbon FRPs fail in different modes, including fiber pull-out from the matrix and simultaneous failure at the anchorage, fan-type failure, and failure containing components of both the above (Uomoto and Nishimura 1994).

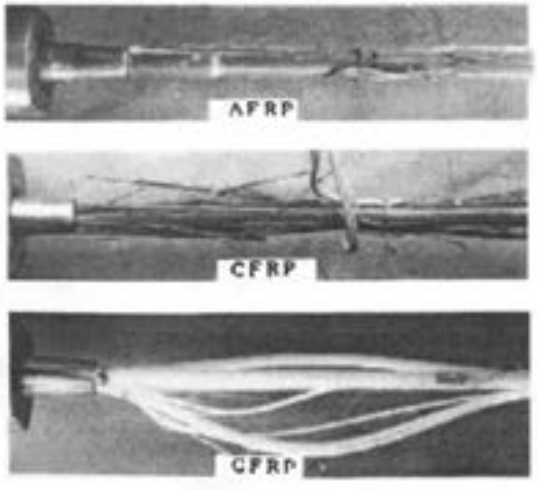


Fig. 8. Representation of typical patterns of tensile failure of fiber reinforced polymer rods

Fatigue Strength, Creep and Relaxation

As mentioned above, static fatigue was one of the major impediments in the application of the FRPs in concrete structures. Thus a substantial amount of research work has been carried out to better understand the increase in the strain at constant load (creep) and the decrease in the load at constant strain (relaxation) behavior of the FRPs (e.g., Uomoto 1995, 1998; Saadatmanesh and Tannous 1999). It has been pointed out that the extent of creep deformation observed in FRP composites is almost twice that observed in steel. However, the lower value of the modulus of elasticity can be used to an advantage when losses are to be accounted for (as in the case of prestressed concrete), as the loss of a certain amount of deformation leads to a lesser extent of force reduction in case FRP reinforcement is used.

Compressive Strength

Because of the inherent difficulty in testing FRP specimens in compression because of their tendency to buckle, there is only limited information available on the subject (Mallick 1988; Piggott and Harris 1980). It has been reported that the compressive strength and the modulus of elasticity of Kevlar fibers are significantly lower in compression than the corresponding values in tension. In the case of carbon and glass fibers, the difference is much less, and there is virtually no difference in the values obtained for boron-reinforced FRP composites. Given the scarcity of the information, it remains a challenge to adapt published data to the analysis and design procedures, as far as the application of FRPs to a reinforcing material in concrete is concerned.

Bond with Concrete

Whereas excellent bond between the prestressing reinforcement and the surrounding concrete is a requirement in normal reinforced and pretensioned prestressed concrete construction, the property is only of marginal significance in the case of posttensioned construction. Since there is an apprehension of inadequate bond between the concrete and the FRP reinforcement, most of the application of FRPs has been reported in posttensioned prestressed concrete construction. However, if special measures like braiding are taken, it has been shown that adequate bond can indeed be ensured (JSCE 1997). It has also been found that immersion in water tends to increase the bond between the surrounding concrete and the FRP reinforcement due to expansion of the polymers on account of reaction with water (Katz et al. 2001). Eq. (5) has been proposed to estimate the development length, which may be taken to be a measure of the bond strength (JSCE 1997):

$$f_{bond} = \frac{0.28\alpha f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c} \tag{5}$$

In the above expression, α is a modification factor in the estimation of the bond strength for continuous FRPs. The JSCE recommends a value of 1.0 in cases where the bond strength is equal to or greater than that of the deformed bars. In other cases, a lower value is to be determined on the basis of experimental results. Fig. 9 shows a comparison between the actual and estimated values of the bond strength. It can be seen that the equation used estimates the bond strength reasonably well.

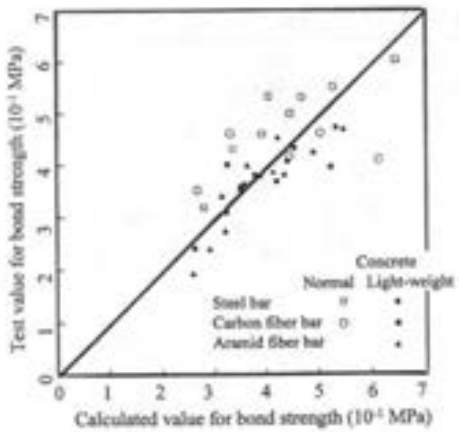


Fig. 9. Comparison of estimated and actual bond strength between fiber reinforced polymer rods and concrete

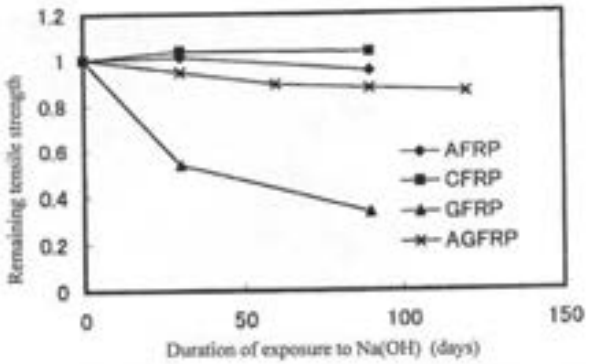


Fig. 10. Variation of observed tensile strength with continued exposure to sodium hydroxide

Durability

In cases when the FRPs are used within normal concrete, they need to show high durability in an alkaline environment, whereas if they are used for external prestressing, durability against UV radiation could be an additional requirement. Results of experimental research in the area of durability characteristics of FRP materials have been published by several researchers (Katsuki 1997; Yamaguchi 1998; Uomoto 2001). Tests were carried out using fibers *per se* and FRP rods to study the static fatigue fracture, fatigue fracture, alkali resistance, ultraviolet ray resistance, freeze-thawing resistance, high temperature and fire resistance. The results summarized in Table 4 indicate that

- Carbon fibers and FRP rods have good durability characteristics.
- Aramid fibers and FRP rods show good properties except under static fatigue, UV radiation, and acidic environment.
- Glass fibers may show poor durability characteristics as far as their alkali resistance is concerned, though they were found to be satisfactory in the acidic and freeze-thaw environment.
- FRP materials in general show poor performance at high temperatures, and therefore their use should be avoided when fire resistance is a requirement.
- Sheets made with carbon fibers need to checked for durability against UV radiation.
- There is also a need to limit the tensile load depending on the duration of the load, in cases when the FRPs are used as an internal reinforcement.

Fig. 10 shows the variation of the tensile strength observed for the different FRP rods under the continued action of sodium hydroxide. It can be seen that the glass fibers are expectedly most vulnerable. Also, the performance of the hybrid fiber shown in Fig. 4 clearly shows the effectiveness of the aramid fibers in protecting the interior core of glass fibers.

It may be mentioned here, however, that the long-term durability of the FRP products is related to various factors, such as the properties of the resin, fiber, interfacial characteristics, fabrication process, and the environment. Thus, the results of accelerated and other tests carried out in the laboratory are only representative in nature, and an appropriate test program taking into account the actual usage should be developed, more or less on a case-to-case basis. Some of the standards that have been developed in Japan for testing of FRP rods and sheets have been listed in the appendixes of this paper.

Commercially Available Fiber Reinforced Polymer Composites

Though it is, in principle, possible to produce FRP products (cable, rods, flat bars, tendons, grids, and fabrics) with a great

Table 4. Durability of Fibers and Fiber Reinforced Polymer Rods

Particulars	Fiber			
	Carbon	Aramid	Glass	Notes
Alkali resistance	95%	92%	15%	NaOH, 40°C, 1,000 h
Acidic resistance	100%	60–85%	100%	HCl, 40°C, 120 days
Ultraviolet ray resistance	100%	45%	81%	0.2 MJ/m^2/h, 1,000 h
	FRP rods			
Particulars	CFRP	AFRP	GFRP	Notes
Static fatigue	91%	46%	30%	20°C, 100 years (calculated)
Cyclic fatigue	85%	70%	23%	100 MPa Amp., 2 million cycles
Alkali resistance	100%	98%	29%	NaOH, 40°C, 120 days
Ultra-violet ray resistance	77%	69%	90%	3 years exposure
Freeze-thaw resistance	100%	100%	100%	−20 to +15°C, 300 cycles
High temperature resistance	80%	75%	80%	−10 to 60°
Fire resistance	75%	65%	75%	350°C

Table 5. Commonly Available Fiber Reinforced Polymer Composites for Application as Reinforcement

Material	Type of FRP	Diameter (mm)	Tensile strength (MPa)	Elongation at rupture (%)	Young's modulus (GPa)	Prestressing method	Introduced prestress
Aramid	Round bar	6.1	1,744	3.66	4.8	Compression friction type	Tensile strength Stress of 4.9 MPa at
	Round bar	6	1,911	3.2	5.7	Compression friction type	0.31, 0.4
	Braided bar with and without sand	8	1,421	2.2	6.5	Pretension	0.2, 0.4, 0.6
	Braided bar with sand	9, 11, 13.5, 15.5, 17.5	1,215–1,382	1.92–2.3	5.9–6.5	Pretension Posttension	0.29, 0.32, 0.47, 0.50
	Eight round bars	6	1,921	4.0	4.8	Posttension	0.5
	Rope	8.3	1,921	2.5	7.8	Pretension	0.3
	Deformed bar	6	1,862	3.6	5.3	Posttension	0.49
Carbon	Deformed bar round bar	8	1,431	1.0	14.3	Pretension Block beam	Pretension 0.2 Block 0.6
	Twisted seven FRP bars	9.8	2,068	1.5	13.7	Pretension	0.13–0.19
	Bars put in sand	9.5	1,617		14.8	Pretension	0.17–0.50
	Twisted seven simple	5, 6	1,862	1.3	13.7	Pretension	0.4, 0.55, 0.7
	Twisted seven FRP bars	12.1	1,803	1.32	13.7	Pretension	0.55
	Twisted seven FRP bars	6	1,548	1.3	11.9	Pretension	0.4
	Eight round bars	8×8 dia.	1,803	1.21	14.7	Posttension	0.5, 0.65
	Eight round bars	8×8 dia.	1,803	1.2	13.9	Posttension	0.47
	Twisted 7 or 19 CFRP bars	12.5, 17.5, 25.5	2,068, 1,931, 1,911	1.5	14.2, 13.6, 12.9	Posttension	0.27, 0.44, 0.51, 0.54, 0.75
Glass	Grid		657	2.18	3.1	Pretension	0.37, 0.41, 0.5
	Deformed bars	6, 8	1,205, 1,313	3.1–3.3	4.0–4.3	Pretension	0.27

deal of flexibility depending upbon the requirements, some of the more commonly available products are listed in Table 5 along with their basis properties. In addition to the above products, FRP sheets are also available, which are being increasingly used for the repair and reinforcement of concrete structures.

FRP materials for use as reinforcing materials in concrete construction are available in different shapes. Fig. 11 shows a sample of some of the common shapes of FRP materials used in the construction industry—grid, spiral rope, braided rope, deformed bar, round bar, and flat bar. It can be seen from the figure that special efforts are made at times to improve the bond between the FRP reinforcement and the surrounding concrete or the grout. Such efforts include braiding of fibers or giving some kind of special surface treatments. Fibers may also be wound around the surface in a twill or spiral pattern or may be coated with sand. It may also be pointed out that the 3D FRP products are rarely used, as they pose a major problem in their transportability.

Testing Fiber Reinforced Polymer Composites

Given the diversity of the products available and the relatively short history of the use of FRP materials in the construction industry, it is only natural that the relevant test methods and specifications are still in their infancy. Some of the standards that have been developed in Japan for testing of FRP rods and sheets have been listed in the Appendixes 1 and 2 of this paper. Only one aspect of properly holding the composite at the ends has been taken up for a brief discussion here.

Fig. 12(a) shows an FRP being held in a specially designed V-shaped split chuck for tensile testing. It has been found that unless the restraining compressive load is applied uniformly along the entire surface held within the chuck, the FRP could rupture on account of split tension or stress concentrations, even before the fibers reach their full load-carrying capacity (Uomoto and Nishimura 1994). In fact, the existence of two clear peaks in the probable failure loads of carbon fibers has been clearly demonstrated (Uomoto and Nishimura 1994). Two possible approaches have emerged to achieve the desired objective in this regard:

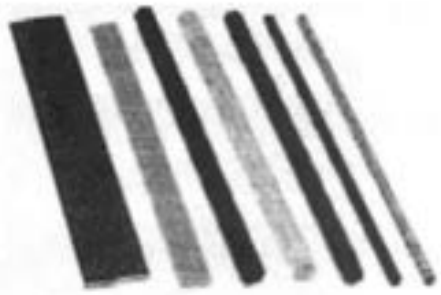
1. Shape the interior of the split chuck appropriately in terms of the end angle and the cross section of the V; and
2. Embed the FRP in a threaded pipe using an appropriate expansive agent. The threads are then used to connect to the chuck and in applying the tensile load. Fig. 12(b) shows an example of a holding device based on this principle.

Use of Fiber Composites in Concrete Engineering

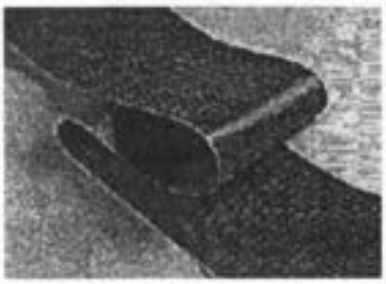
General

Some of the basic properties of the available FRP materials have been discussed above. In the last several years, considerable research effort has also been directed to study the possible application of FRP as a reinforcing material in concrete construction. There are several aspects to the research work; the following broad classification has been made to facilitate discussion in this paper:

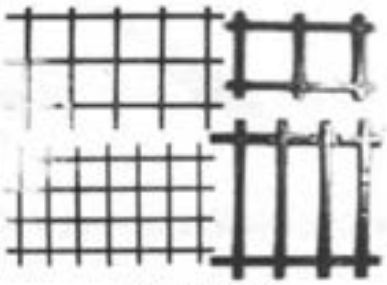
1. Application of FRP rods to the construction of new reinforced concrete structures;
2. Application of FRP rods to the construction of new prestressed concrete structures; and



(a) One dimension

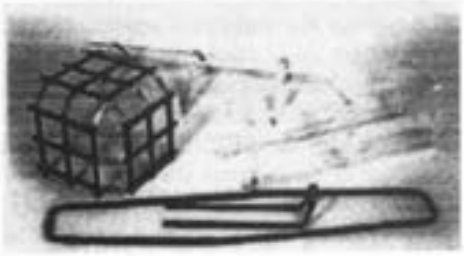


(d) One-dimensional sheet

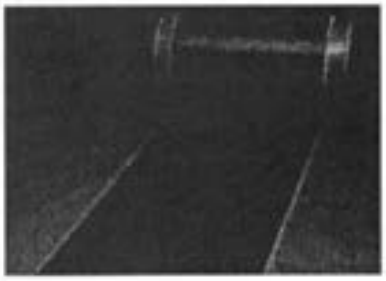


(b) Two dimensions

(e) Aramid fiber sheet and glass fiber sheet



(c) Three dimensions



(f) Carbon fiber sheet

Fig. 11. Common shapes of commercially available fiber reinforced polymer composites

3. Application of FRP sheets in repair and rehabilitation of different kinds of concrete structures

Whereas the following paragraphs discuss the application of FRP rods in concrete construction, the issues relating to the use of FRP sheets are taken up in the next section of this paper.

Application of Fiber Reinforced Polymer Rods in Construction of New RC Structures

Given the almost linear stress-strain behavior of FRP reinforcement, RC beams reinforced with FRP rods generally behave as continuous elastic bodies until cracking starts in concrete, and the behavior can be modeled using conventional models used for the steel-reinforced beams. Once the tensile stress in the bottom (concrete) fiber reaches the tensile strength of the concrete, and flexural cracking is initiated, the behavior is quite different. Concepts like that of "a balanced section" are equally valid in the case of an RC beam reinforced with FRP rods. In cases when FRP is used as a reinforcing material, care needs to be taken to define the concept, taking into account the variation of the fiber volumes, etc., in the reinforcement used.

Initial Flexural Cracking

It is well known that although the occurrence of flexural cracks in concrete is related to the strength of concrete, the distribution of the cracks and the spacing is related to the bond between the reinforcing material and the surrounding concrete. It may be noted that if certain basic precautions are taken, the bond between the concrete and the FRP rods does not pose a major problem. In the case of grid-form FRP composites, flexural cracks occur in the vicinity of the intersection points of the FRP grids. It has also been reported that the maximum crack intervals is about two times the grid spacing, and that the width of the cracks is not as large as that observed in cases when steel bars are used and is nearly proportional to the elongation of the principal reinforcing materials.

Flexural Rigidity After Cracking

When flexural cracking starts, it is known that the deflections increase and the neutral axis in the cracked portions rises. Now, since the modulus of elasticity of FRP rods is considerably lower than that of steel (except for a few carbon-fiber-reinforced FRPs), the deflections and the extent of the rise of the neutral axis are considerably more than those observed for conventional steel bars.

Ultimate Strength

Basically speaking, the ultimate load-carrying capacity is determined by either the compression failure of the concrete or the

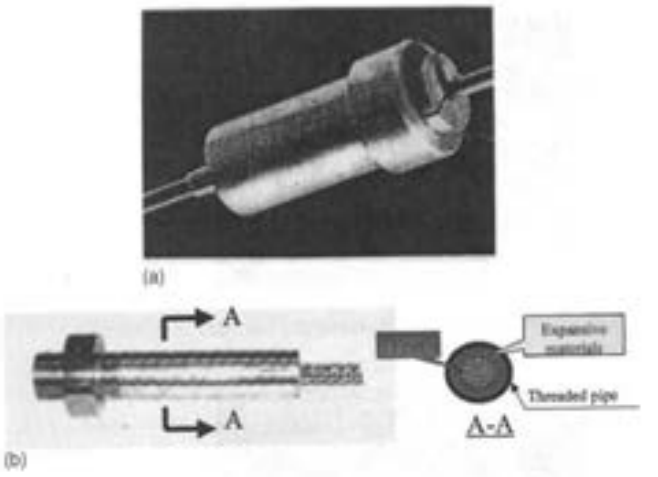


Fig. 12. (a) Typical V-shaped split chuck to hold fiber reinforced polymer composites during tensile testing; (b) special arrangement for holding fiber reinforced polymer composites during tensile testing

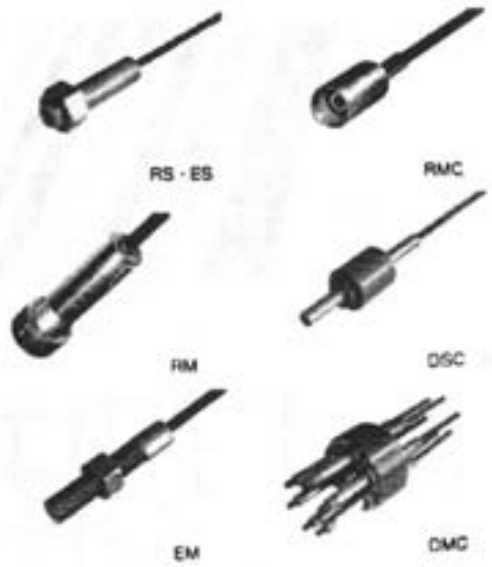


Fig. 13. Representation of some of the chucks used for prestressing fiber reinforced polymers tendons during construction

failure of the reinforcement in tension. When estimating the latter moment capacity, it needs to be borne in mind that the FRP materials do not have a very large fracture strain, and therefore the fracture is very brittle. In fact, if the reinforcement (FRP rods) is arranged in several layers, as it often happens for RC beams, it is likely that the capacity is decided as the extreme FRP fiber layer reaches fracture strain (even though the strands in others layers, i.e., those closer to the NA, are well below that strain level). In other words, in such cases, the full area of the FRP reinforcement is not effectively utilized. This is in contrast to the behavior seen in normal steel reinforcement, where because of the large deformability of the steel, the reinforcement continues to resist load, even after the extreme layer reaches "yield levels"—in other words, failure occurs only when the entire tensile reinforcement reaches yield level strains.

Application of Fiber Reinforced Polymer Rods in Construction of New PC Structures

In spite of lower modulus of elasticity, a relatively high strength, light weight, corrosion resistance, and low relaxation makes FRP a very suitable material for use as reinforcement in prestressed concrete construction. Continuous fibers have been effectively used in several prestressed concrete applications using both pretensioning and posttensioning methods. It may be noted that round bars are usually used only in posttensioned applications because of the lower bond that is achieved. In the absence of clear-cut design procedures and lack of understanding of the behavior of PC members, it is common to introduce prestressing up to the extent of about only 50% of the tensile strength of the FRP tendon. The following paragraphs briefly discuss the results from some of the research carried out in this direction.

Prestressing using Fiber Reinforced Polymers Tendons

Some of the issues involved in the tensile testing of the FRP composites discussed above in this paper are extremely relevant to the design of an appropriate system for prestressing the FRP composites. Fig. 13 shows a schematic representation of some of the holding chucks that are used at the time of prestressing FRP rods.

Load-Deformation Characteristics

Basically, the principles applicable to the prestressed concrete members using steel reinforcement are also applicable in case FRP tendons are used as reinforcement. It needs only to be borne in mind that, in the absence of a yield region in the stress-strain behavior of the FRP rods, the failure can only be either by the failure of the concrete (in compression) in the compression zone, or the breaking of the FRP rods.

Results from a study of prestressed concrete beams using FRP rods, and tested in flexure, have been reported. Several beams were tested varying the type of the fiber used, the level of the applied prestressing force, and the amount of fiber reinforcement (analogous to the different reinforcement ratio in conventional beams). It was found that the initial cracking load and the maximum strength increase as the introduced prestressing force and the volume of fibers in the aramid FRP are increased. A typical load-deflection diagram obtained using flexural members having FRP tendons is given in Fig. 14. It was further found from the tests that

1. The behavior before initiation of flexural cracking is linear and elastic. It may be pointed out that the values of deflection obtained match well with those estimated using conventional bending theory.

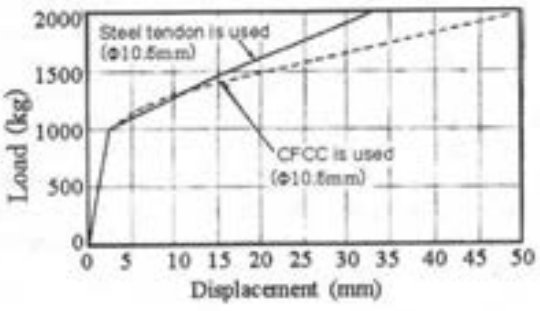


Fig. 14. Typical load deflection diagram for flexural member with prestressed fiber reinforced polymer tendons

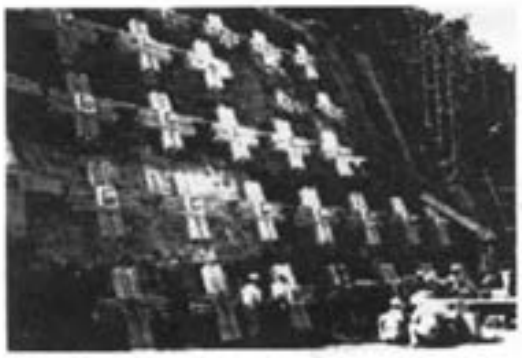


Fig. 15. Application of fiber reinforced polymer rods in soil stabilization

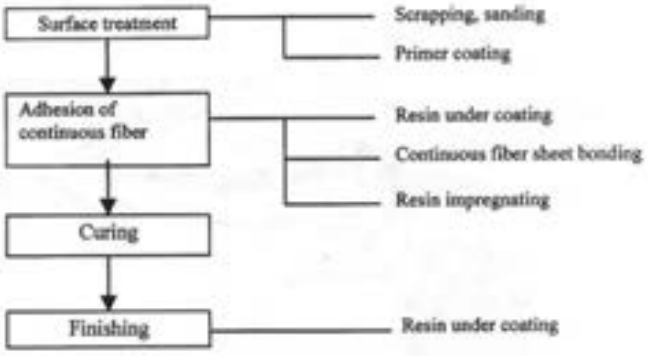


Fig. 16. Depiction of different steps in fiber reinforced polymer sheet application

2. The values of deflection at loads higher than cracking loads can be predicted using conventional theories. Further, it should be pointed out that because of the lower values of the modulus of elasticity, the deflections in the case of FRP reinforcement are significantly higher than those in PC members reinforced with steel;
3. The failure load observed is in close agreement with the calculated value, estimated assuming complete bond between the FRP rods and the surrounding concrete. The failure is governed by the load-carrying capacity of the concrete (in compression), and is therefore sudden and brittle; and
4. Failure by compression of concrete occurs if the initial prestressing force is $0.6\square_u$ or less ($\square_u$: tensile strength of FRP) and the FRP are likely to rupture if the value is $0.6\square_u$ or more.

It has also been pointed out that in the case of unbonded members, the maximum load-carrying capacity of the member is about 60% of that of the bonded members.

Soil Stabilization

Fig. 15 shows application of prestressed FRP tendons in slope stabilization. The presence of the prestressing force in the anchor bolts increases the internal friction along the failure surface; this stabilizes the slopes and allows more steep cuts than can be made without the use of such bolts. It can be seen that because of the noncorrosive nature of the FRP rods, there is hardly a need to use protective cement mortar, which is an essential component in the schemes using steel reinforcement. Thus the holes used can be much smaller and the exercise becomes more economic and efficient.

Use of Fiber Reinforced Polymer Sheets

General

Besides the use of FRP rods and strips, as described above, continuous FRP sheets weighing between 200 and 410 g/m^2 have also evolved as a major application of FRP materials in the construction industry, especially in the repair and rehabilitation of deteriorated concrete structures (JCI 1997; JSCE 2001; ACI 2001). Application of steel plates for the rehabilitation of deteriorated structures has the basic drawback that the plate tends to separate from the concrete surface and may not thus behave in a manner monolithic with the concrete member. Also, it is difficult to ensure proper adhesion because of the uneven nature of the concrete surface. The development of FRP sheets addresses both of these issues effectively as the sheets adhere closely to the concrete surface and no special effort needs to be made to ensure a proper contact between the sheet and the concrete surface. Fig. 16 gives a brief description of the various steps in the operation, which can be summarized as follows:

1. Surface preparation, including impregnation of cracks and application of smoothing agents, if required, followed by primer coats;
2. Application of FRP sheets along with impregnating resins and hardeners. The number of layers of sheets is adjusted to suit the structural requirements;
3. Curing of FRP sheets applied; and
4. Finishing coat application on the FRP sheets

Some of the main features of the materials used and other aspects of using FRP sheets in repair and rehabilitation of structures are briefly described below.

Materials Used

Continuous Fiber Sheet

The unit weight of the sheet used is a direct reflection of the fiber content in the composite sheet, and indirectly the structural capacity of the sheet. It should be pointed out that resin and hardener penetration in very high density sheets is difficult, and therefore there is an optimum density of sheets for best structural performance, especially in cases when several layers of the sheets are used (CCC 1998).

Impregnation Resin

The principles that govern the choice of filler resins in FRP rods are also applicable for FRP sheets. Epoxy, vinyl ester, and acrylic resins are generally used for the purpose of impregnation. Structural properties of the hardened FRP sheet, such as strength and Young's modulus, rely upon the monolithic behavior of all the FRP layers. This can be ensured only if the resin completely impregnates the spaces between the fibers while it hardens. During application, the resin should have the required pot life and viscosity to hold the sheet in place. It may be pointed out that these properties are also related to the atmospheric temperature at the time of application, and therefore the resin should be carefully selected (CCC 1998).

Primer

Primer is applied to the concrete surface to ensure proper adhesion between the concrete surface and the FRP sheet and to pre-

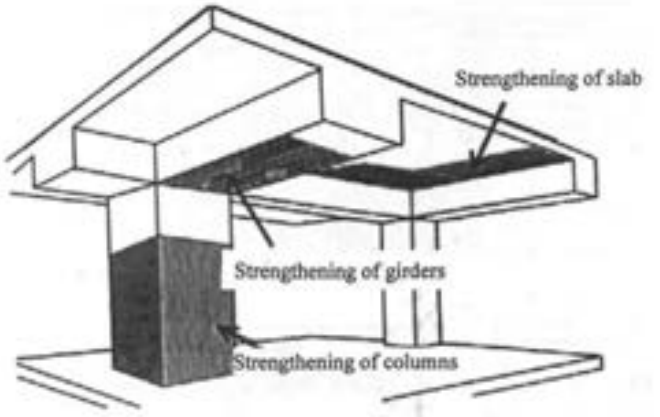


Fig. 17. Attachment of one-way reinforced fiber reinforced polymer sheets for increasing flexural capacity

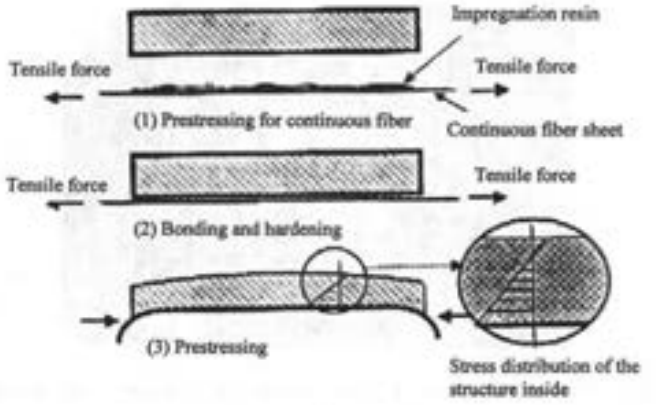


Fig. 19. Steps in application of prestressed fiber reinforced polymer sheets for repair and rehabilitation

vent formation of air bubbles at the interface, either during application of sheets or at a later time during curing.

Smoothing Agent

Unevenness in the concrete surface could become a source for accumulation of voids and wrinkles in the sheets. Such defects reduce the effectiveness of sheet application. Thus, in principle, all unevenness on the concrete surface should be removed before the FRP sheets are applied. Different methods, including application of a disc sander or a surface grinder, are used to suit the requirements. Sometimes, however, application of a "smoothing agent" may be sufficient for the purpose. The agent used should be selected keeping the required properties, temperature of application, etc., in mind. Epoxies have been reported to be used for this purpose.

Other Materials

Besides the materials outlined above, the application of FRP sheets is often preceded by impregnation of cracks in the concrete with an appropriate grout. Further, the FRP application may need to be provided with a finishing coat to improve its resistance to the environmental forces and prevent degradation on account of sunlight. Depending upon the environment of the structure, a fireproofing coat may also be required.

Construction Method

Surface Preparation

This step should include rounding of the corners of members, abrading uneven surfaces using disc sanders, impregnation of cracks, and application of smoothing agents.

Application of Nonprestressed Fiber Reinforced Polymer Sheets

The surface is primed with resins before the sheets are pasted, and entrapped air is removed using rollers while coating with resins. In the case of multiple-layer application, the process is repeated after the application of each layer. Fig. 17 shows a schematic representation of application of FRP sheets for the reinforcement of different structural elements—columns, beams, and slabs. It may be noted that fibers in the sheets could be directed only in one direction or in two directions, again depending upon the desired results. For example, in the case of beams and columns, the fibers are aligned along the axes, whereas a two-way reinforcement is provided when using the sheets to reinforce a slab.

The different ways of attaching or wrapping the sheets (in a single- or multilayer application) are also shown in Fig. 18 for a beam-and-slab type of construction. It should be pointed out that it is often considered better to "wrap" the sheets, as shown in Fig. 18(d), to provide better structural behavior. However, it should be pointed out that FRP sheets can be more easily wrapped around such structures as chimneys or columns, where all the sides are usually accessible, rather than beams, where the compression face is usually not easily accessible. Another variation in applying the sheets is the use of preformed FRP plates around the structural members and making the joints of such plates monolithic subsequently. The space between the concrete and the FRP plates is filled or injected with cement or polymer mortar (Fujimura et al. 1998). In this case, one-way reinforced continuous FRP sheets are attached to the tensile face of a flexural member with fibers oriented along the member axis to provide increased flexural capacity (Kimura et al. 1997).

Application of Prestressed Continuous Fiber Reinforced Polymer Sheets

In the methods described above, the FRP sheets are simply bonded to the concrete surface using an impregnation resin. The effectiveness and reliability of such a sheet application has been found to be reduced on account of the facts that the FRP sheets do not participate in resisting dead load and that they play a part in resisting only live load. Further, such FRP sheets have a tendency to peel off even before the concrete member reached the ultimate state. To overcome the above problems, a method using pre-

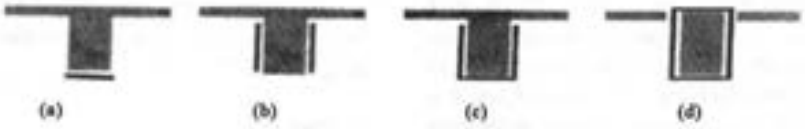


Fig. 18. Schematic representation of different wrapping methods to increase flexural and shear capacity of RC members

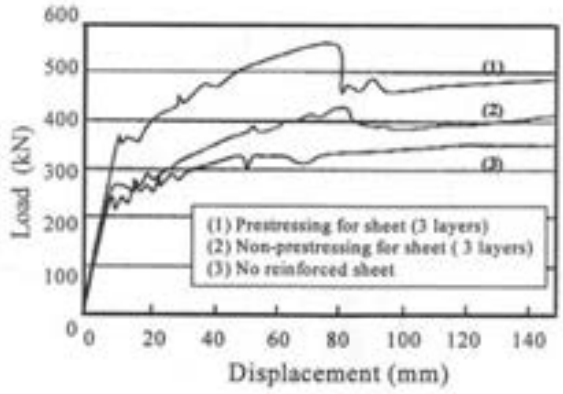


Fig. 20. Effectiveness of prestressed fiber reinforced polymer sheets in enhancing capacity of concrete members

stressed FRP sheets for bonding to the concrete surface has been developed and briefly described here (Wu et al. 2001). The principle of the method is illustrated in Fig. 19. The basic steps in the process are

1. Preparation of concrete surface in the usual manner (as for nonprestressed sheets);
2. Prestressing the continuous FRP sheet;
3. Applying the adhesive resin along the plane of adhesion and bonding to the concrete surface;
4. Curing and hardening of hardener with the tensile force held in place. At the ends, the reinforcement is carried out using a sheet fitted with steel plates, which are anchored to the concrete using bolts; and
5. Removing the externally applied load once sufficient hardening has been achieved, introducing a compressive "prestress" in the FRP sheets. Excess sheets at the ends are cut off.

Results of research work carried out to study the effectiveness of the application of prestressed FRP sheets in increasing the flexural capacity of RC members have been reported (Wu et al. 2001). Fig. 20 shows the results reported in the study. It was found that, besides toughness, the cracking load, yield load for the reinforcing bars, and the breaking loads are higher than those observed with simple (unprestressed) FRP sheet applications. It was also found that upon introduction of prestressing force, no peeling at the surface was observed, and that the failure was by rupture of the sheet.

Curing

During the hardening process of the hardeners (resins), especially in outdoor applications, it is important that the resins are protected from the action of rain, sand, dirt, etc. The temperature of the atmosphere also needs to be carefully monitored to ensure proper and adequate strength development in the resins (JRTRI 1996, 1997; JSCE 2001).

Finishing

After the resin has sufficiently hardened, the finishing coat may be applied with the object of ensuring long-term durability of the FRP sheet, fire protection, aesthetic appeal, etc. It may also be pointed out here that in order to ensure that the sheets do not debond from the concrete surface due to differential deformation during loading, the sheet is sometimes wrapped at the ends also, as shown in Fig. 18(d). This end protection provides an effect similar to that provided by the driving of anchors into the concrete in the case of use of steel plates for the strengthening, which is far more cumbersome, especially in cases when the beams are heavily reinforced and it is difficult to find space for the anchors.

Design Methodology

General

The Japan Society of Civil Engineers (JSCE) and the American Concrete Institute (ACI) have published recommendations for the design and construction of concrete structures using FRP reinforcement (ACI 2001; JSCE 1997, 2001). These documents cover the requirements for materials used, their characteristic strength, and design recommendations for flexure and shear. The design for flexural members is based on the principles of equilibrium and compatibility and the constitutive laws of the materials. The recommended design methodology is based on the limit-state philosophy, and the design is checked for fatigue, creep, and serviceability criteria.

In addition to the application of FRP rods and tendons in the construction of new structures, FRP sheets have been extensively used in Japan in the retrofitting and upgrading of existing structures, especially after the Kobe earthquake in 1995. The FRP sheets have been used to increase the flexural and shear strength as well as ductility in many RC structures. Though methods such as jacketing with steel plates, etc., had been traditionally used for reinforcement, the development of this method has given the engineers a very useful option for rehabilitation of structures.

Design using Fiber Reinforced Polymer Rods or Tendons

Although only the details relating to design for flexure and shear have been briefly discussed in this paper, the JSCE also explains procedures for the design of prestressed concrete structures, design for fatigue, details for working out parameters like the flexural crack width, provisions for the cover thickness, and construction details—minimum concrete strength, handling, etc. (JSCE 1997, 2001).

The principles are similar to those used for normal RC design using steel reinforcement, and the flexural capacity of a section having FRP reinforcement can be calculated using the following assumptions:

- Strain in the concrete and the FRP reinforcement is proportional to the distance from the neutral axis (i.e., a plane section before loading remains plane after loading),
- The maximum usable compressive strain in concrete is assumed to be 0.003,
- The tensile strength of concrete is ignored,
- The tensile behavior of the FRP reinforcement is linearly elastic until failure, and
- A perfect bond exists between concrete and FRP reinforcement.

For flexural compressive failure, the compressive stress distribution in the concrete may be assumed to be identical to the rectangular compressive stress distribution (equivalent stress block). Concepts such as that of the reinforcement ratio (area of reinforcement in relation to the cross-sectional area of the member) can be used for FRP reinforced concrete members also. However, in determining the balanced reinforcement (when the tensile and compressive load-carrying capacities are the same), percentage, especially from the point of view of design, care needs to be taken to appropriately account for the brittle nature of the FRP composite failure.

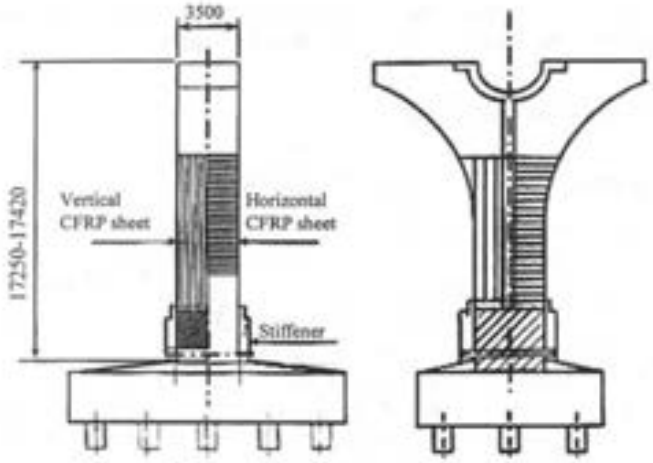


Fig. 21. Improvement in ductility of structure using fiber sheets in conjunction with steel plates

Now, the basic capacity of the section is determined either by the rupture of FRP due to tension or the crushing of concrete in compression. The implications of having the tensile reinforcement laid out in several layers have already been discussed in this paper.

Although the design procedure for the utilization of FRPs is still in its infancy, the following may be noted about the JSCE recommendations: (1) They ignore the presence of the FRP composites' presence in the compression zone; (2) modification factors are provided to account for the brittle failure of the FRPs; (3) issues like combined biaxial bending and axial forces are also addressed; and (4) the treatment of shear resistance is essentially an adaptation of the traditional method of adding individual contributions from concrete, shear reinforcement, and bent-up tendons.

Design Methodology for Upgrading using Fiber Reinforced Polymer Sheets

Fig. 21 shows a typical application of FRP sheets for the reinforcement of deteriorated concrete structures. It may be noted that the application is often carried out by using multiple layers of FRP sheets laid one after another, appropriately hardened together using a suitable hardener. Fig. 22 shows the variation of the strain and stress across the face of a beam reinforced with n layers of FRP sheets at the bottom. It can be seen that the resultant of all the layers is taken to be acting through one point and the thickness of the individual sheets has been neglected.

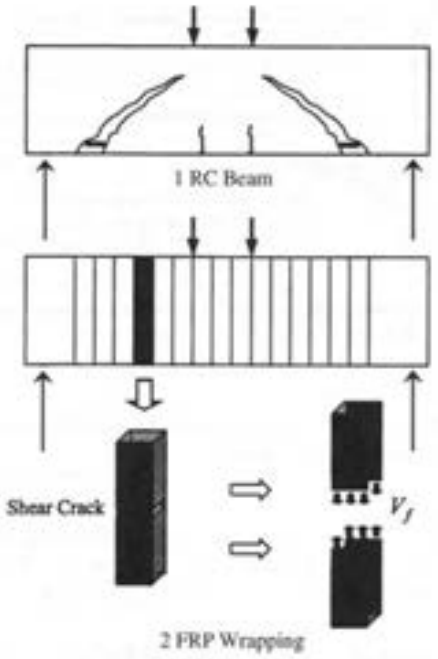


Fig. 23. Typical representation of truss model in study of contribution of continuous fiber reinforced polymer sheets to shear capacity of RC members

The sheets thus attached to concrete members contribute to (1) increasing the flexural and shear capacity of the section, and (2) increasing the ductility of the section (JSCE 2001; Katsuki et al. 2000; Nakai et al. 2000). As a result of the contributions to the flexural and shear capacities and the ductility of the members, members reinforced with FRP sheets also exhibit a larger deformation capacity compared with unreinforced members. Fig. 23 shows a schematic representation of the traditional truss model, which can be used to evaluate the contribution of FRP sheet(s) to the shear capacity of the RC member.

Examples of Application

In spite of their low modulus of elasticity and deformability at the ultimate load, FRP rods, grids, and sheets have been increasingly used as reinforcing material both in reinforced concrete, prestressed concrete, and repair and rehabilitation of concrete structures in the last decade. The nonmagnetic and noncorrosive nature of the FRPs also gives these materials an edge in specific appli-

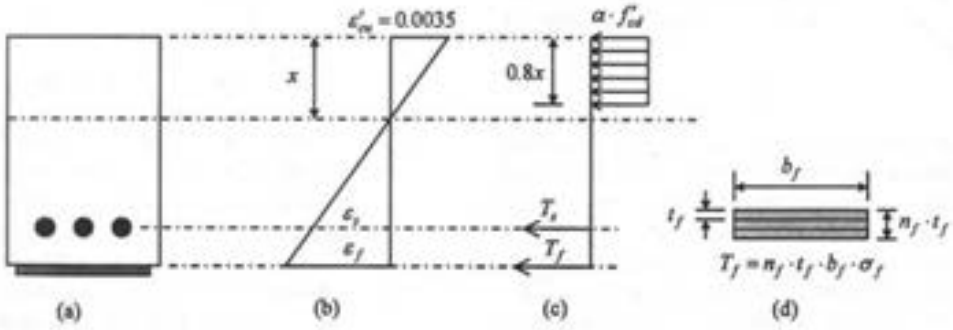


Fig. 22. Variation of strain and stress across beam face reinforced with n layers of CFRP sheets at bottom

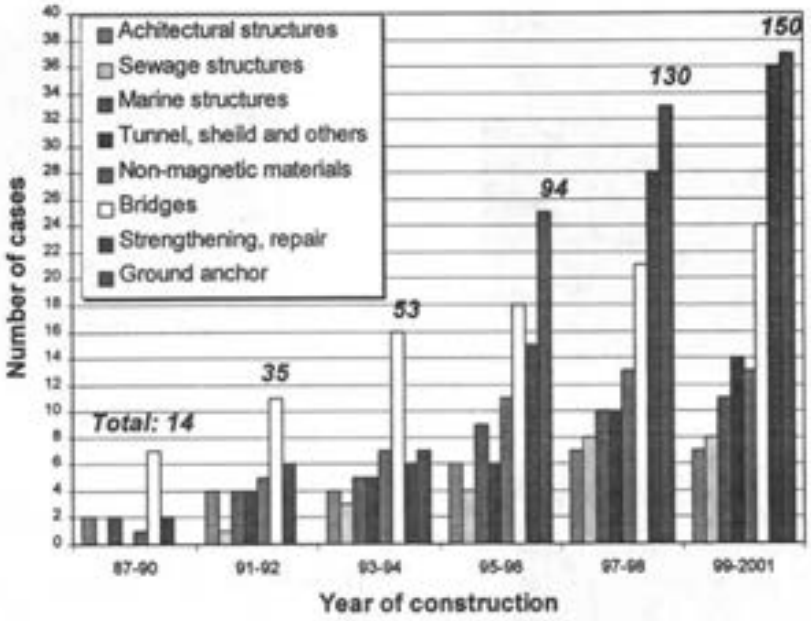


Fig. 24. Growing applications of fiber reinforced polymer composites in construction industry

cations. Fig. 24 gives a representation of some of the applications of the FRP reported in the literature. Though the list used is by no means exhaustive, it is clearly a pointer to the wide spectrum of possible applications of the FRP in the construction industry. In fact, the figure clearly shows that not only the number of applications show an increasing trend, but also that FRPs are being used in newer areas (ACC 1995, 1998).

General Application of Rods

Marine Concrete Structures

The noncorrosive nature of the FRPs makes them an excellent reinforcing material in the marine environment. One such application is shown in Fig. 25, where the Hexagonal Marine Structure constructed using FRP rods was used for tensioning of diagonals. Another application of FRP in marine structures is given in Fig. 26, where the rods were used in the marine slope stabilization. It may also be noted that FRP rods are also at times used in conjunction with other corrosion-resistant reinforcement, such as epoxy-coated bars.

Fig. 25. Hexagonal marine structure

Bridges (PC)

FRP composites have been used extensively in bridges, especially in prestressed concrete construction. The first actual structure to be constructed using continuous fibers as tendons was the Ulenberg Bridge in Germany, built in 1986. The bridge is a continuous slab bridge and its tendons are multiple strands made of 7.5-mm-diameter FRP. This was preceded by a small experimental bridge spanning only about 6 m, also in Germany, in the early 1980s.

A pedestrian bridge (Marienfede Bridge) in Berlin Park, the Ludwigshafen Bridge, and the Lunen'sche-Gasse Bridge are examples of FRP applications in Germany (ACI 2001). Notsch Bridge, constructed in 1991 in Austria, also used GFRP tendons as prestressing tendons. A precast posttensioned bridge of 9 m span and 5.2 m width was erected at a cement plant in Rapid City, South Dakota, in 1992. Cables of three different materials were used to prestress the slab. Thirty GFRP cables were used to pre-

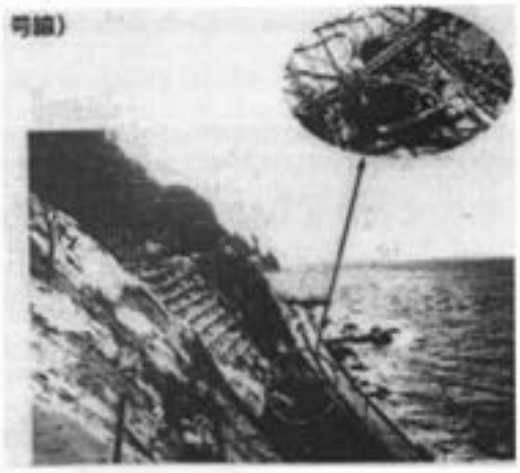


Fig. 26. Application of fiber reinforced polymer in marine slope stabilization

Fig. 27. Use of fiber reinforced polymer composites as cables in cable-stayed bridge

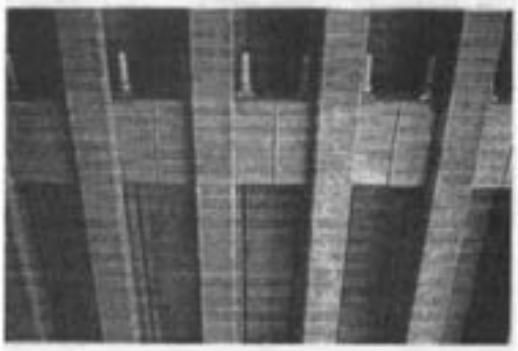


Fig. 28. Use of fiber reinforced polymer rods as external cables in rehabilitation project

Fig. 29. Use of nonmagnetic fiber reinforced polymer reinforcement in compass alignment apron area of Haneda airport, Japan

stress one-third of the length of the slab, 30 FRP cables were used to prestress the next third of the length, and steel cable prestressing was adopted for the remaining length (ACI 2001). FRP bars were also used in the U.S. for the deck construction of Pierce Street Bridge in Lima, Ohio, in 1999 and the redecking of Dayton, Ohio's Salem Avenue Bridge in 1999 (ACI 2001).

The "Birdie Bridge" is one of the first applications of continuous FRP material in bridge construction in Japan. In this bridge, a total of 16 cables each consisting of 8 AFRP flats were used as tendons. Besides being used as reinforcing materials within concrete, the FRP rods have also been used as cables in suspension and cable-stayed bridges, such as is shown in Fig. 27.

Besides examples of use in new construction, as discussed above, FRP rods have also been used in the repair and rehabilitation works. Fig. 28 shows an example where such rods were used as external cables in the rehabilitation work.

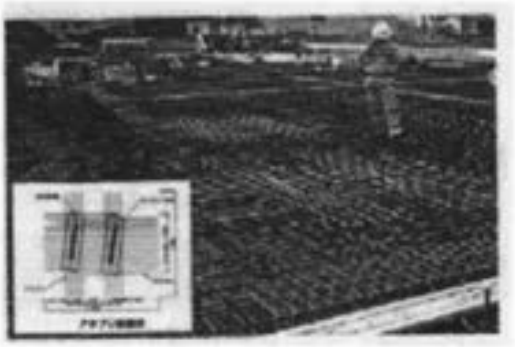


Fig. 30. Use of fiber reinforced polymer in conjunction with conventional reinforcement in parking area

Transport Facilities and Tunnel Linings

FRP rods have also found application as reinforcing materials in applications where the magnetic nature of the conventional steel reinforcement becomes a bottleneck. Such examples include the experimental facility for the high-speed linear motor-rails. Fig. 29 shows the application of FRP tendons in the construction of the compass alignment apron area of the Haneda airport in Tokyo, Japan, where the presence of magnetic materials in the slab interfere with the operation of devices. Fig. 30 shows an example where FRP rods are used in conjunction with conventional reinforcement in a parking area. The nonmagnetic FRP reinforcement is used only in those areas where cars are designated to park and magnets are used for operational purposes.

FRP grids are becoming increasingly popular as a replacement of steel meshes used in the shotcreting in tunnels. Fig. 31 shows an example of the application of NEFMAC fibers in an underground oil storage facility in Kagoshima, in Japan.

Building Structures

Glass FRP bars have also been used for the beams and walls in a University building and the construction of the MRI unit of a hospital building in San Antonio (ACI 2001). Fig. 32 shows the application of a 2D FRP composite in building construction. Several applications of FRP using carbon fibers in curtain walls of buildings have also been reported.

Fig. 31. Use of fiber reinforced polymer grids in shotcreting in underground oil storage facility in Kagoshima, Japan

Fig. 32. Use of two-dimensional fiber reinforced polymer reinforcement in building construction

Fig. 33. Use of fiber reinforced polymer sheets to strengthen RC columns

Fig. 34. Chimney repair using fiber reinforced polymer sheets

Applications of Continuous Sheets for Repair and Rehabilitation

Sheets made from carbon and aramid fibers have been found to be especially useful in retrofitting works to improve the seismic performance of buildings and bridges, rehabilitation of deterioration, and damaged structures. Projects have involved the use of FRP sheets for several hundred to several thousand square meters of area. Some of the examples are given in this section to show the diversity of the application.

Fig. 35. Strengthening of beams and slabs in school building

For example, a change in the design wheel loads, in Japan in 1993, necessitated retrofitting a large number of highway bridges. Carbon FRP sheets have been used to strengthen flexural and shear capacities of structures including highway piers. Reference may be made to Fig. 21 for the application of continuous FRP sheets in conjunction with steel plates to reinforce piers. Fig. 33 shows another example of the use of continuous FRP sheets for the reinforcement of columns. FRP sheets have also been applied to repair the deterioration of jetties and other structures on account of chloride-induced corrosion, tunnel linings to strengthen the concrete walls and help resisting the ground pressure and repair of cracks in tunnels. Fig. 34 shows the example of application of FRP sheets in the repair works of a chimney, damaged on account of reinforcement corrosion, exhaust fumes, and temperature-related distress.

Fig. 35 shows an example of the use of FRP sheets for the strengthening of the floor slabs and beams in a school slab. It can be seen that FRP sheets are used on both the top and bottom surfaces of the slab to improve the structural integrity and prevent further propagation of cracks. It may be noted that use of FRP sheets as discussed here allows the designer the flexibility to use different number of layers in different directions in cases when there is a differential requirement for strengthening in the two directions.

Concluding Remarks

An attempt has been made in this paper to briefly discuss the different aspects related to the utilization of continuous FRP composites as a reinforcing material in concrete construction. Given the diversity involved in the issues, this paper has largely focused on providing information only on the core engineering aspects—the structural and durability characteristics of FRP composite, research work related to the utilization of FRPs as a reinforcing material, and applications of FRP composites, including sheets. Several examples of utilization in the field have been included to demonstrate the range of possible applications. Since issues related to structural design were not the primary focus of this paper, the issue has been only briefly discussed. Other issues, such as the manufacture of FRPs, have not been discussed in any length.

As can be clearly seen from the information presented in this paper, there is clearly a growing need and acceptability of FRP composites in the field of concrete engineering, and FRP composites are being used in a growing number of applications. Thus, the coming years are likely to see a rapid increase in the development of appropriate test methods and specifications, design methods in

the field of reinforced and prestressed concrete construction, and increased field applications. More research effort is called for in areas such as making the FRPs cost-effective and developing appropriate construction technology to implement designs in the field.

Acknowledgments

The writers are grateful to the members of the American Concrete Institute Committee 440, Technical Committee of the Japan Concrete Institute, the Concrete Committee of the Japan Society of Civil Engineers, and the Architectural Institute of Japan for their cooperation and support. Thanks is also due to Advance Composite Cables Club for the permission to use some photographs from their publications.

Appendix I. Test Methods for Continuous Fiber Reinforcing Materials (JSCE 1997)

1. Test method for tensile properties of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 531-1995)
2. Test method for flexural tensile properties of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 532-1995)
3. Test method for creep failure of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 533-1995)
4. Test method for long-term relaxation of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 534-1995)
5. Test method for tensile fatigue of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 535-1995)
6. Test method for coefficient of thermal expansion of continuous fiber reinforcing materials by thermal-mechanical analysis (JSCE-E 536-1995)
7. Test method for performance of anchorages and couplers in prestressed concrete using continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 537-1995)
8. Test method for alkali resistance of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 538-1995)
9. Test method for bond strength of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 539-1995)
10. Test method for shear properties of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 540-1995)

Appendix II. Test Methods for Continuous Fiber Sheets (JSCE 2001)

1. Test method for tensile properties of continuous fiber sheets (JSCE-E 541-2000)
2. Test method for overlap splice strength of continuous fiber sheets (JSCE-E 542-2000)
3. Test method for bond properties of continuous fiber sheets to concrete (JSCE-E 543-2000)
4. Test method for bond properties of continuous fiber sheets to steel plate (JSCE-E 544-2000)
5. Test method for direct pull-off strength of continuous fiber sheets with concrete (JSCE-E 545-2000)
6. Test method for tensile fatigue strength of continuous fiber sheets (JSCE-E 546-2000)
7. Test method for accelerated artificial exposure of continuous fiber sheets (JSCE-E 547-2000)
8. Test method for freeze-thaw resistance of continuous fiber sheets (JSCE-E 548-2000)
9. Test method for water, acid, and alkali resistance of continuous fiber reinforcing materials (JSCE-E 549-1995)
10. Test method for flexural tensile strength of continuous fiber reinforcing materials (DRAFT)
11. Test method for surface incombustibility of protective materials for continuous fiber reinforcing materials (DRAFT)

Notation

The following symbols are used in this paper:

E_{FRP} = modulus of elasticity of FRP composite, e.g., rod, etc.;
E_1 = modulus of elasticity of fiber in composite;
E_2 = modulus of elasticity of matrix phase in composite;
f_{ck} = characteristic compressive strength of concrete in N/mm^2;
n = number of layers of FRP sheets used to reinforce member;
V_f = volume fraction of fibers in FRP composite;
α = modification factor for estimation of bond strength of FRP composite with concrete;
γ_c = constant = 1.3;
σ_{FRP} = stress in FRP composite, e.g., rod;
σ_1 = stress carried by fiber phase in composite;
σ_2 = stress carried by matrix phase in composite; and
$\square_u$ = tensile strength of FRP composite.

References

Advanced Composite Cables. (1995). *Applications and construction using new materials*, ACC Club, Tokyo (in Japanese).
Advanced Composite Cables. (1998). *Applications and construction using new materials*, Vol. 2, ACC Club, Tokyo (in Japanese).
Agarwal, B. D. and Broutman, L. J. (1990). *Analysis and performance of fiber composites*, Wiley, New York, 44–45.
American Concrete Institute. (2001). "Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures." *Rep. by ACI Committee 440.*
CCC. (1998). *Fiber-reinforced composites for construction*, CMC Co., T. Nakatsuji, ed. (in Japanese).
Fujimura, M., et al. (1998). "Strength and behavior of RC column strengthened by FRP plates." *Proc. Japan Concrete Institute*, 20(3), 1201–1206 (in Japanese).
Hodhod, H. A. A. (1992). "Employment of constituent properties in evaluation and interpretation of FRP rods mechanical behavior." DEngrg. thesis, Univ. of Tokyo.
Iwahashi, T., et al. (1996). "Studies on the repairing and strengthening of existing RC column." *Proc. JCI*, 18(2), 1499–1504 (in Japanese).
Japan Concrete Institute. (1997). *Report of technical committee on continuous fiber-reinforced concrete* (in Japanese).
Japan Concrete Institute. (1998). "Technical report on continuous fiber-reinforced concrete." *JCI TC952.*
Japan Railway Technical Research Institute. (1996). *Recommendation in the design and practice for seismic strengthening the pier of railway bridges by carbon fiber sheet* (in Japanese).
Japan Railway Technical Research Institute. (1997). *Recommendation in the design and practice for seismic strengthening the pier of railway bridges by aramid fiber sheet* (in Japanese).
Japan Society of Civil Engineers. (1997). "Recommendations for design and construction of concrete structures using continuous fiber reinforcing materials." *Concrete Engineering Series, No. 23.*
Japan Society of Civil Engineers. (2001). "Recommendations for upgrading of concrete structures with use of continuous fiber sheets." *Concrete Engineering Series, No. 41.*

Jesse, F., and Curbach, M. (2001). "The present and the future of textile reinforced concrete." *Proc., 5th Int. Conf. on Fiber-Reinforced Plastics for Reinforced Concrete Structures*, C. J. Burgoyne, ed., Cambridge, U.K.

Katsuki, F. (1997). "Evaluation of alkali resistance of fiber reinforcement for concrete." Thesis submitted to the Univ. of Tokyo for D. Engrg. degree (in Japanese).

Katsuki, F., et al. (2000). "Ductility evaluation of RC member retrofitted with continuous fiber sheet." *Proc. Jpn. Concr. Inst.*, 22(3), 1537–1542 (in Japanese).

Katz, A., Bank, L. C., and Puterman, M. (2001). "Durability of FRP rebars after four years of exposure." *Proc., 5th Int. Conf. on Fiber-Reinforced Plastics for Reinforced Concrete Structures*, C. J. Burgoyne, ed., Cambridge, U.K.

Kimura, K., et al. (1997). "Flexural behaviors reinforced concrete members with FRP plates." *Proc. Jpn. Concr. Inst.*, 19(2), 267–272 (in Japanese).

Kobayashi, K., Uomoto, T., and Cho, R. (1987). "Structure of prestressed concrete using one-dimensional fiber composites as reinforcement." *J. Jpn. Soc. Compos. Mater.*, 13(5).

Mallick, P. K. (1988). *Fiber-reinforced composites—materials, manufacturing and design*, Marcel Decker, New York.

Nakai, H., et al. (2000). "Evaluation of shear capacity of linear members retrofitted by continuous fiber sheets." *Proc. Jpn. Concr. Inst.*, 22, 493–498 (in Japanese).

Nishimura, T., Uomoto, T., Katsuki, F., and Kamiyoshi, M. (1996). "Development of alkali resistant AGFRP rods." *Proc., 51st Annual Meeting of the JSCE* (Part V) (in Japanese).

Piggott, M. R., and Harris, B. (1980). "Compression strength of carbon, glass and Kevlar-49 fiber reinforced polyester resins." *J. Mater. Sci.*, 15, 2523.

Saadatmanesh, H., and Tannous, F. E. (1999). "Relaxation, creep and fatigue behavior of carbon fiber reinforced plastic tendons." *ACI Mater. J.*, March–April, 143–153.

Taerwe, L., Matthys, S., Pilakouts, K., and Guadagnini. (2001). "European activities on the use of FRP reinforcement, fib Task Group 9.3 and the ConFiberCrete network." *Proc., 5th Int. Conf. on Fiber-Reinforced Plastics for Reinforced Concrete Structures*, C. J. Burgoyne, ed., Cambridge, U.K.

Toritani, T., et al. (1997). "Experimental study on aseismic strengthening of existing reinforced concrete columns, Part 2, discussion on experimental results." *Summaries of Technical Papers of Annual Meeting*, AIJ, 23330, 659–660 (in Japanese).

Uomoto, T., Tajima, T., and Nishimura, T. (1992). "Relation between acoustic emission and absorbed energy of reinforced concrete and fiber-reinforced plastic." *Progress in Acoustic Emission VI*, Japanese Society for NDI.

Uomoto, T., and Nishimura, T. (1994). "Static strength and elastic modulus of FRP rods for concrete reinforcement." *Concrete Library of the Japan Society of Civil Engineers*, No. 23.

Uomoto, T., Ohga, H., Nishimura, T., and Yamaguchi, T. (1995). "Fatigue strength of FRP rods for concrete reinforcement." *Proc., EASEC*, Y. C. Loo, ed.

Uomoto, T., Nishimura, T., Ohga, H., Katsuki, F., Yamaguchi, T., and Kato, Y. (1998). "Strength and durability of FRP rods for prestressed concrete tendons." *Rep. of the Institute of Industrial Science*, Univ. of Tokyo, 39(2), (Serial 244) (in Japanese).

Uomoto, T. (2001). "Durability considerations for FRP reinforcements." *Proc., 5th Int. Conf. on Fiber-Reinforced Plastics for Reinforced Concrete Structures*, C. J. Burgoyne, ed., Cambridge, U.K.

Waaser, E., and Wolf, R. (1986). *Ein neuer werkstoff für spannbeton HLV Hochleistungs-Verbundstab aus glasfersern*, Beton H 7 (in German).

Wu, Z., et al. (2001). "Experimental study on strengthening method of PC flexural structures with externally bonded prestressed fiber sheet." *Proc. Jpn. Concr. Inst.*, 23(1), 1099–1104 (in Japanese).

Yagishita, K., et al. (1997). "Experimental study on aseismic strengthening of existing reinforced concrete columns, Part 1—outline of experiment." *Summaries of Technical Papers of Annual Meeting*, AIJ, 23329, 657–658 (in Japanese).

Yamaguchi, T. (1998). "Deterioration due to ultraviolet radiation and the creep failure of FRP rods." DEngrg. thesis, Univ. of Tokyo (in Japanese).

FIRE AND DISASTER MANAGEMENT AGENCY ACTIVITIES IN 2004 AND AN APPROACH TO THE FUTURE

By

Shogo HAYASHI*

Large-scale disasters in 2004 and response activities by the Fire and Disaster Management Agency (FDMA) of the Ministry of Internal Affairs and Communications as well as FDMA future plans are reported in this article.

With regard to the existing fire defense situations in Japan, all cities, towns and villages (hereafter referred to as municipalities) take administrative responsibility for their own fire defense activities.

The FDMA is a government agency which manages fire defense organizations in all parts of the country. The FDMA, as a national organization, is in charge of fire fighting and emergency medical and rescue services as disaster preparedness and first response for emergency under the assumption of damage caused by severe earthquakes and floods.

DISASTERS – 2004

The year of 2004 was remarkable for a number of natural catastrophes like torrential rains and frequent typhoons that had not struck in recent years. Earthquake also showed up its ugly face.

About three to six typhoons affect the Japanese landmass each year. However, the islands were affected by ten or more of them in 2004.

Typhoon number 23 in particular brought about severe damage killing 95 people in Toyooka, Hyogo Prefecture.

Japan is usually prepared for disasters which occur due to 40-50 mm of rain per hour. Severe torrential rains exceeding 100 mm per hour affected the Niigata, Fukushima and Fukui Prefectures in July 2004.

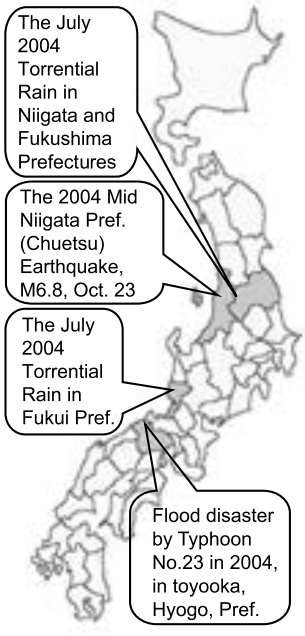
Many earthquakes have rocked Japan since last decade. The earthquake which rocked Chuetsu district in Niigata Prefecture on October 23rd left a strong impression in particular (see ICUS Newsletter, Special Issue 2005).

The occurrence of frequent earthquakes is not a phenomenon specific to the last year. Japan is now in an extended period when earthquakes will frequently occur.

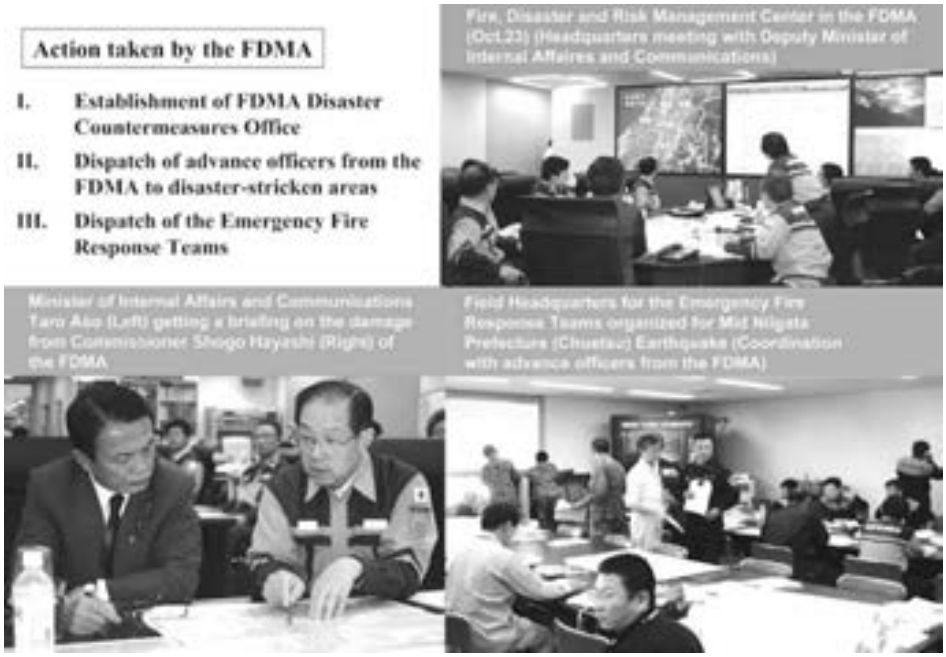
COUNTERMEASURES BY THE FDMA

The Fire, Disaster and Risk Management Center, established within the FDMA, is equipped with systems for analyzing pictures transmitted from helicopters as well as for checking responses by the FDMA. This enables the advance units to be sent forward to specific locations damaged by hazards in any emergency.

Last year, the emergency fire



Large-scale disasters in 2004

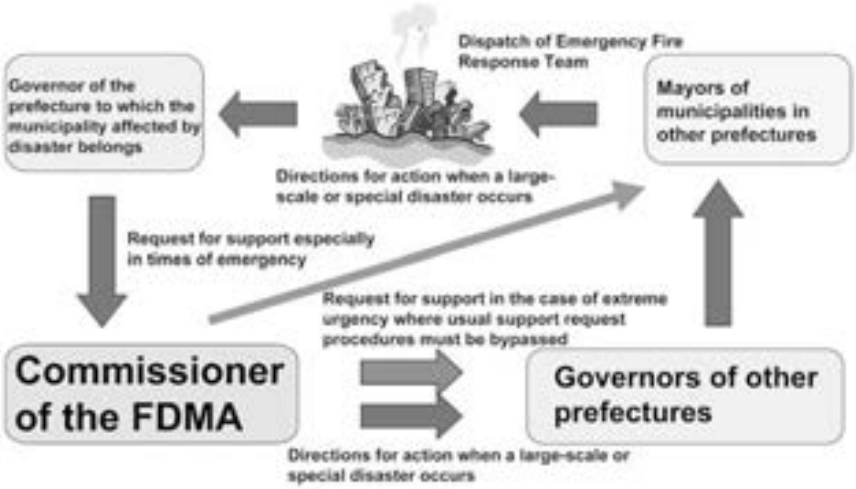


A glimpse of the activities at Fire, Disaster and Risk Management Center

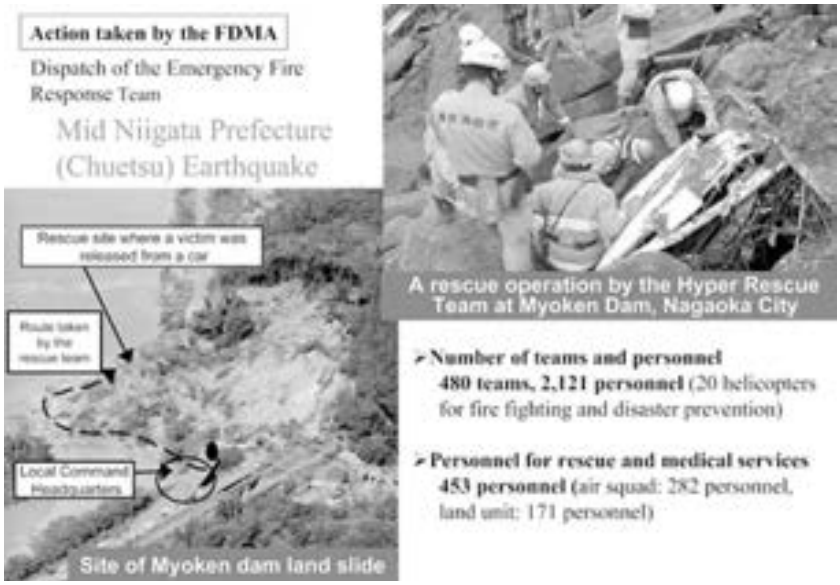
response teams were dispatched to disaster-struck areas four times; namely to Niigata, Fukushima, Fukui and Hyogo Prefectures, and finally to Chuetsu, Niigata Prefecture.

The members sent from each prefectural fire defense headquarters to the areas damaged by the 1995 Kobe Earthquake met with various problems. By letting these problems be a lesson, Emergency Fire Response Teams were established in 1995 with a view to prepare for conditions requiring human aid in each prefecture. The Fire Organization Law was revised in June, 2003 and in the April 2004, this law was formally enforced.

The International Rescue Team (IRT) of Japan was one of the first teams to arrive at some of the areas struck by tsunami occurring in the Indian Ocean (see ICUS Newsletter, Vol.4, No.4, 2004) and carried out an invaluable number of first aid and rescue operations. On the 28th of December 2004, over 80 persons in all including fire and emergency services personnel medical staff and police personnel were dispatched. The relief work of the Japanese rescue team was highly appreciated and made headlines which were reported by the CNN and BBC at the end of the year. Japan is equipped with countermeasure systems against disasters and can contribute towards relief in case such a disaster occurs in Asia or surrounding areas.



Action plan of Emergency Fire Response Team



Rescue operation by Emergency Fire Response Team

CHANGING CONDITIONS

Conditions with regard to fire fighting and disaster preparedness are continuously changing.

First, the occurrence of large-scale disasters is indeed a matter of great concern.

Second, the law concerning the measures for protection of the people in armed attack situations etc. was enacted in the Diet last year. Two situations are assumed in this law; one in cases of emergency where missiles are shot into Japan by a hostile country or infiltrators enter Japan. The other one is for urgent countermeasures against acts of terrorism.

Third, recently, in particular, industrial disasters have occurred frequently. Therefore, companies are required to complete and strengthen their fire and disaster preparedness systems.

The preparation of fire defense systems in response to damage caused by the above mentioned matters must be forwarded from the national point of view with consideration to international cooperation. Based on this view, it is very important that the fire and disaster preparedness systems in municipalities need to be further improved.

COUNTERMEASURES BY THE FDMA FOR THE FUTURE

In order to strengthen the system for taking any initial action as a national duty in response to disasters, an overall revision of the system of the Fire, Disaster and Risk Management Center was made. The system was improved to be able to take any action required even in case of complete power failure or the destruction of facilities due to earthquakes and other hazards. The FDMA had poor results with regard to dispatching logistics and support units last year. The FDMA members lost no time in arriving at areas damaged by hazards. However, it could not be estimated how long teams would have to stay there. Hence, it is vital to improve the logistics and support systems.

In response to the convening of a World Fire Defense Agency Commissioners Conference for strengthening international

cooperation, the first conference was held with representatives from ten countries. It was seen in this conference that there are few countries which have a national organization such as the FDMA in Japan. As can be recognized from the response to the great damage caused by the 2004 Sumatra earthquake and tsunami, the international network for fire fighting and disaster preparedness is urgently in need of strengthening.

The most important problem to be solved in the future is to strengthen the systems linking the municipalities. Firstly, it can be pointed out that systems for communicating satisfactorily with other cities, towns and villages of Japan have yet to be established. Secondly, there is a problem in the preparation of widespread administrative radio installations for disaster preparedness. Thirdly, a reconnaissance helicopter can be dispatched before taking command of emergency disaster response teams. Full command is taken after studying the images of the scene sent from the helicopter. If necessary, support units can be dispatched. We are planning to prepare a system, in which a portable earth station can receive images via satellite, in all parts of Japan. Fourthly, over 60% of disaster victims are elderly. Last year, we recognized that regional disaster prevention in a community is eventually most important for rescuing elderly persons living alone. Fifthly, municipalities are lagging behind badly in taking earthquake proofing measures for disaster prevention stations. Promotion activities with regard to this problem have been carried out in cooperation with the FDMA and ICUS, IIS, the University of Tokyo. Finally, with consideration to the importance of a regional disaster prevention system, a concept of relief and refuge stations has been proposed to regional bodies. At present, there are about 24,000 primary schools all over the country. Information with regard to fire fighting and crime prevention in ordinary times is to be collected at empty classrooms utilized as disaster management stations by considering a school district as one unit area. These classrooms can also be used to strengthen the disaster preparedness capacity in the school area while securing regional safety in ordinary times. These classrooms can be used as relief and refuge stations where information about safety can be relayed in the event of disasters. We hope this plan of utilizing unoccupied schools as disaster management stations will spread throughout the country in the light of the aforementioned projects.

Activity of International Rescue Team

The actions taken by the FDMA as well as issues to be dealt with in the future have been described above. We will take further positive actions with a view of securing the overall safety of our country.

**ICUS Visiting Professor, Commissioner of the FDMA, Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan*

研究速報

電力供給量の変動を利用した浸水被害の推定に関する基礎的検討

Fundamental Study on Inundation Damage Evaluation Using the Change of Electric Power Supply

秦　康範*・目黒公郎**・高橋健文**

Yasunori HADA, Kimiro MEGURO and Takefumi TAKAHASHI

1. はじめに

近年，日本各地で水害が多発しており，都市部における水害のリスクは年々高まっている．特に2000年9月に発生した東海豪雨災害は，都市部における水害の影響の大きさを再認識させた．国や県は被災状況がなかなかつかめず，国が災害対策関係省庁連絡会議を開催したのは，新川破堤から10時間近くたった9月12日13時であった[1]．通常，洪水監視は河川の流量情報を基に行われているが，外水被害のみならず内水被害も発生しうる都市部の浸水状況を，リアルタイムかつきめ細かく把握することは難しい．近年，各種浸水センサ（CCTVカメラ，水位計）が開発され，浸水情報のリアルタイム提供について検討されている[2]が，設備投資ならびに維持管理費用が非常に高く，実用化に当たっては課題が多い．また人工衛星によるリモートセンシングデータを利用した洪水災害の状況把握[3]に関する試みが多数行われているが，観測が衛星の回帰周期や天候に左右されたり，解像度が低い場合があるなどの課題のために，大規模な水害の把握には適しているが，都市水害のリアルタイム被害把握に適用するためには課題も多い．筆者らはこれまで，地震後の電力供給量の変動が建物被害と高い相関があるとともに，被災地域の復旧・復興過程までを評価する指標となりうることを示している[4]．本研究はこれを都市部の洪水災害に適用する試みである．すなわち2000年9月に発生した東海豪雨災害を対象に，電力供給量の変動を利用して浸水地域の把握を試みるとともに，この手法の有用性について検討する．

2. 本研究の構成

2.1 研究対象地域

2000年東海豪雨災害で最も被害の大きかった地域は，

図1　研究対象エリア

破堤した新川流域である．そこで，本研究では新川流域の破堤箇所を中心に，浸水被害の大きかった地域を対象として検討を行う．図1は研究対象地域であるが，この中には名古屋市西区，名古屋市北区，西枇杷島町，新川町，清洲町，春日町，西春町，師勝町，豊山町の9つの市区町村が含まれている．なお本研究では，研究対象地域にある図2に示す9カ所の配電用変電所（中部電力名古屋支店管内）を解析エリアとする．研究対象とする配電エリアの平均面積は6.30 km^{2}であり，東京23区（平均1.78 km^2），阪神地域（平均4.78 km^2）と比べるとやや大きい．

2.2 分析の枠組み

まずGIS環境での解析を行うため，必要となるデータベース（配電エリア，浸水実績図[5]，50 m標高データ[6]等）を整備する．次に50 m標高データの平滑化と，配電用変電所毎に各時刻別の電力需要予測を行い，これらの結果を基に電力供給量の変動と浸水被害の関係について分析する．

*財阪神・淡路大震災記念協会　人と防災未来センター
**東京大学生産技術研究所　都市基盤安全工学国際研究センター

図2　分析対象とした配電エリア区分

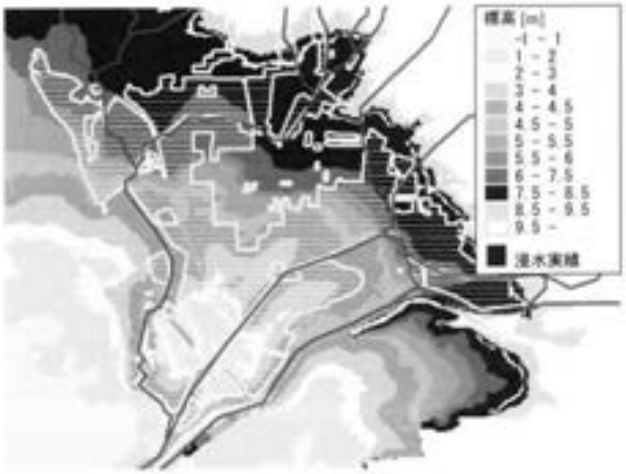


図3　平滑化した50 m標高データ

図4　配電エリアと浸水実績

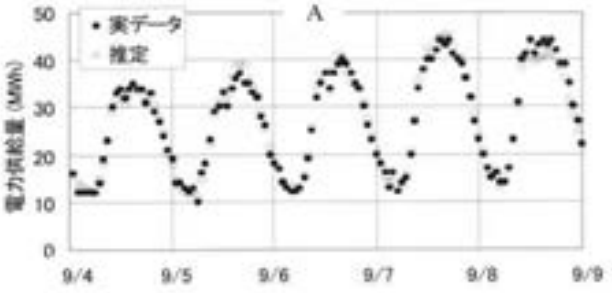


図5　2000年9月4日（月）～8日（金）の配電用変電所Aの電力供給量と推定値の比較

2.3　浸水区域と標高データの平滑化

図3は配電エリアと浸水区域を示している．破堤した新川左岸部のみならず，内水被害がいたるところで発生していることがわかる．浸水被害が標高に強く影響を受けながら面的に広がることから，まず図4に示す対象地域の標高データを，50 m標高データから平滑化して求めた．すなわち，以下のような手順で各地点の標高を線形補間した．i番目の50 mメッシュをMi，その標高値をhiとすると，平滑化した標高値h'_iは，式（1）のようにして求められる．

$$h'_i = (h_i - 0.5) + 1 \times \frac{x_{h_i-1}}{x_{h_i-1} + x_{h_i+1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

なお，$x_{h_i}^{-1}$および$x_{h_i}^{+1}$はそれぞれhiから最も近い，標高値±1 mのメッシュまでの距離である．

3. 電力供給比

平常時における電力需要は，各配電エリアの時刻別気温を用いて表現されると仮定し，災害前（9月1日～9月8日までの平日）の気温データ[7]を利用して線形の回帰式を構築した．図5は変電所Aにおける2000年9月4日～8日の電力供給量と推定値の比較を示しており，平常時には概ね再現できていることが確認できた．次に，観測される供給量を回帰式から算出される予測値で除した値を電力供給比とし，この値を利用して浸水地域を評価する．電力供給比は，該当する配電エリア内の電力需要パターンが平常時であれば，1前後を示すものである．

4. 浸水過程と電力供給量の変動

図6は，記録的な降水量を記録した2000年9月11日（月）と12日（火），さらにこの時期の平常時の代表的な例として同年9月8日（金）における，研究対象地域の各変電所の電力供給量の時刻変動を示している．ほとんどの変電所において，8日（金）と比べると電力供給量が小さ

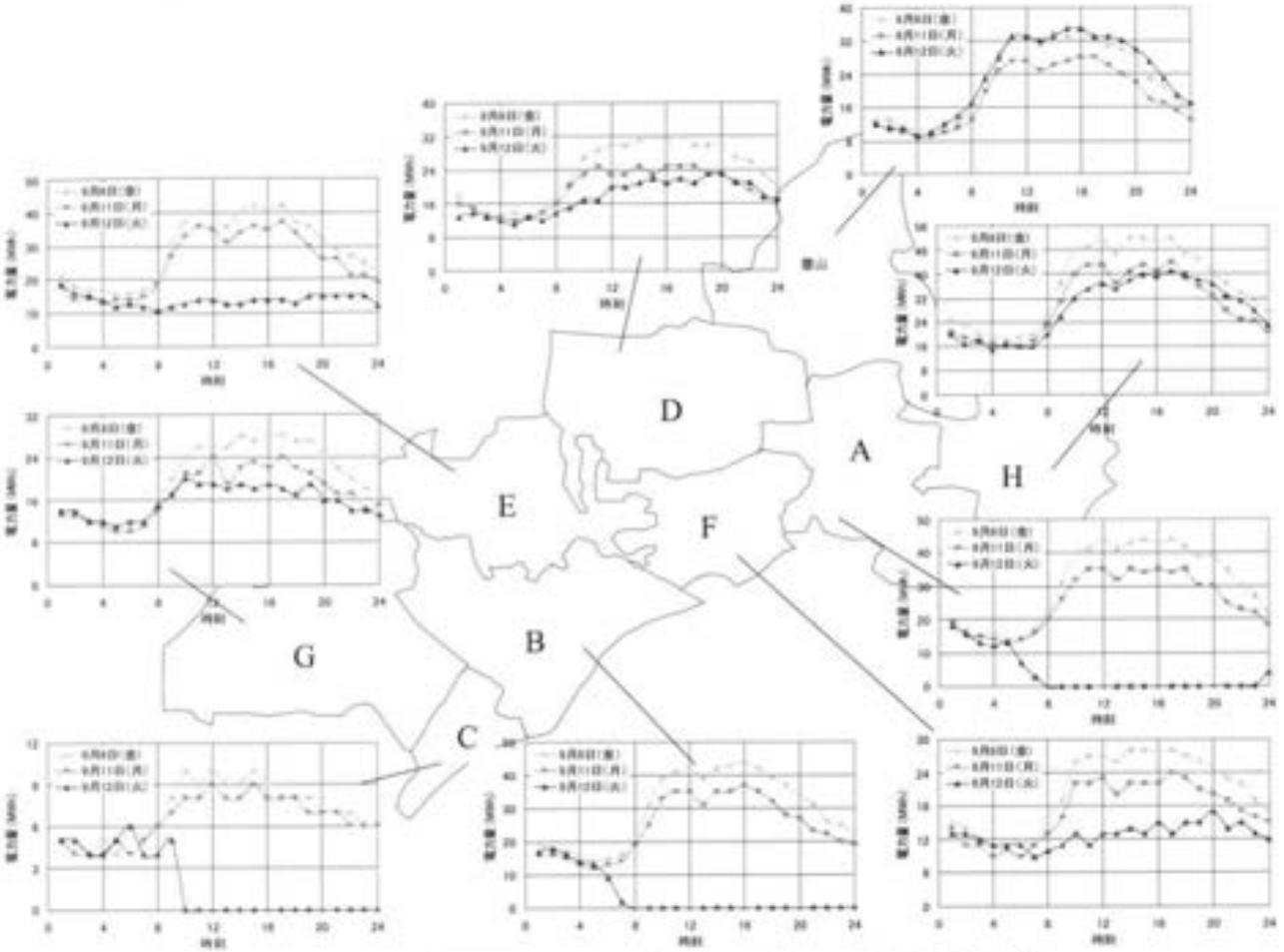


図6　配電エリアと電力供給量データ（2000年9月8日（金），11日（月），12日（火））

くなっている．また冠水停止したA～C変電所が，供給を停止する直前に供給量が落ち込んでいることが示されている．浸水被害が拡大する中で，床上浸水や受電施設が浸水することによる，停電が多数の需要家で発生していることを示している．

5. 電力供給量の変動による浸水被害地域の評価

図7は，9月11日18時～12日24時までの配電エリアA，E，F，Iの電力供給量の変動をプロットしたものである．A配電は冠水により機能支障に陥ったが，電力供給量にもそれが示されている．浸水被害が発生した12日に電力供給量がどの配電エリアでも落ち込んでいる．またその落ち込み程度は，配電エリアによって異なっている．12日0時～12時における電力供給比の最も小さい値を使用して，配電エリア内の浸水被害地域の評価を試みる．図4に示す平滑化済の50m標高メッシュデータを利用して，配電エリア内の50m標高メッシュの標高値の低い箇所から浸水地域として選択していく．この選択は配電エリアの全メッシュ数に対する選択メッシュ数の割合が，電力供給比と同じになるまで続ける（これを浸水評価エリア1とする）．なお，変電施設が冠水し，供給支障を起こしたA～Cの配電エリアについては，施設が位置するメッシュの標高値より低いメッシュは浸水したと判断（これを浸水評価エリア2とする）し，それより高いエリアについては評価不能地域とした．

上述のような手順で抽出された地域を浸水評価エリアとし，浸水実績図と比較したものが図8である．電力供給量の変動から評価した浸水地域が，実際の浸水区域とよく一致していることがわかる．図9は町丁・大字単位で集計した床上浸水被害率を示している．これと先程算出した浸水

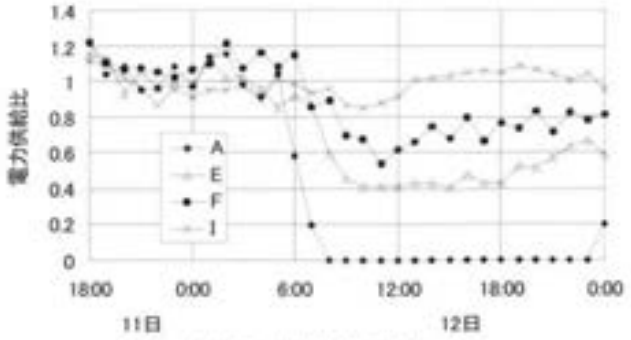


図7　電力供給量の変動

図8　浸水実績と浸水評価エリア

図9　床上浸水被害率と配電エリア

表1　浸水評価エリアと床上浸水被害の関係

	電力供給量の変動から評価された浸水・非浸水区域の数		
床上浸水率	浸水	非浸水	評価不能
20%以上	26 (84%)	4 (13%)	1 (3%)
5% - 20%	10 (83%)	2 (17%)	0 (0%)
0% - 5%	14 (50%)	13 (46%)	1 (4%)
0%	11 (11%)	90 (87%)	2 (2%)

評価エリアを比較したものが表1である．表内の数は電力供給量の変動から評価した被害区分に含まれている町丁・大字の個数である．床上浸水被害の大きい地域ほど，浸水エリアと評価される結果となっている．また床上浸水率が0％の地域は，その87％が非浸水エリアと評価されており，電力供給量の変動から評価された結果は妥当なものと言える．

6. ま　と　め

2000年東海豪雨を対象として，電力供給量の変動と浸水被害の関係について分析するとともに，その変動から浸水エリアの評価を試みた．その結果，簡便な手法であるにもかかわらず，浸水実績と比較して良好な結果が得られた．電力供給量の変動を利用した都市水害の評価が可能であることが示された．

（2003年2月3日受理）

参　考　文　献

1)　内閣府：平成13年版　防災白書，2001.
2)　中尾忠彦・深見親雄・橋場圭一・佐藤知典：浸水情報のリアルタイム提供について，第21回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.89-90, 2002.
3)　例えば，地球環境観測委員会，宇宙開発事業団，(財）リモート・センシング技術センター：地球観測データによる災害解析事例集，1995.
4)　例えば，秦康範・目黒公郎：電力供給量の変化に着目した建物被害評価に関する基礎研究，土木学会論文集，No.696/I-58，pp.185-196, 2002.
5)　新川流域総合治水対策協議会事務局（愛知県建設部河川課内）：新川流域浸水実績図，2001.
6)　国土地理院：数値地図50ｍメッシュ（標高）日本－Ⅱ，1997.
7)　(財）気象業務支援センター：アメダス観測年報2000年，2001.

話の広場 〔投 稿〕

アジア地域の巨大都市の安全性向上に向けた大学附置研究所の取組み

東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）の活動

魚本健人
UOMOTO Taketo
フェロー会員
都市基盤安全工学国際研究センター

東京大学生産技術研究所では，大学の研究機関として国際的な視野から都市基盤設備の整備と維持管理を含めた安全工学を研究する国際研究センターとして，都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS，アイカス）を運営している。これまでに生産技術研究所で蓄積された研究成果を融合することで，アジア地域における21世紀の安全な都市の実現に向けて活発な研究活動を展開しており，研究課題は，「サステナブル・エンジニアリング部門」「都市防災・安全工学部門」「都市基盤情報ダイナミクス部門」という3分野にわたっている。「サステナブル・エンジニアリング部門」では，構造物の材料から構造全体までの基盤設備等の経年劣化による構造安全性の評価と維持管理技術を開発するための研究を，「都市防災・安全工学部門」では，地震や洪水等による基盤設備の構造安全性ならびに災害時の使用安全性確保のための管理技術の開発を，「都市基盤情報ダイナミクス部門」では都市基盤に関するさまざまな情報を常にモニタリングし，常時および非常時の都市基盤施設の安全な運用を確保するための動的制御技術の開発と評価を行っている。本記事では，アジア地域の巨大都市の安全性向上に向けたICUSの取組みを紹介する。

図-1 ICUSでの3研究部門

Regional Network Office for Urban Safety（RNUS）の活動

都市の安全についてはわが国のみならず諸外国においても重要な問題であり，あらゆる災害に対しても十分対処できるような合理的システムとして成立しているとはいえないのが現状である。しかし，何時生じるかもしれない災害のために，大量の経費をかけることが望ましい方策ではないことは容易に想像できる。また，例え現状では災害に対する抵抗力が十分である都市でも，経年劣化によりその安全性が脅かされるようになってもいけないことになる。そこでICUSでは，アジア諸国の都市地域を対象とした構造物を含めた地域脆弱性の継続的定量評価手法の提案とそのためのデータベースの構築を目的とした国際共同研究を目指して，2002（平成14）年10月にタイ国バンコク郊外のアジア工科大学院社会基盤工学部（AIT，SCE）内にリージョナル・ネットワーク・オフィス（RNUS）を設置した。この海外拠点の設置に対しては東京大学の学術研究奨励資金による海外学術交流拠点設置・運営経費の援助を得た。

このRNUSでは，上記の検討をアジア諸国にも適用するとともに，地域特性などを把握することで，グローバルなシステムとして改良していくための検討を行っている。本研究の対象エリアである東アジアや東南アジア地域では，地震災害ばかりでなく，毎年発生することの多い水害，火災，さらには設計基準の不備，不十分な施工管理や維持管理等に起因する各種構造物の脆弱性も大きな問題となっている。早急にこれらの問題に対する解決策を提示しない限り，今後，これがアジア諸国に対して社会的・財政的に大きな問題を与えることは自明である。これらのことを踏まえ，この海外拠点ではAITならびに近隣のタマサート大学やチュラロンコン大学と共同で各種の研究を行っている。水害に関する研究は主にダッタ助教授がAITと共同で，また既設構造物の安全性に関する問題については加藤講師がタマサート大学と共同で研究を実施しており，すでにいくつかの研究報告書も発表している。

アジアの巨大都市の安全性に関する国際シンポジウム

平成14年度にタイ国バンコクにおいてAITと共同で開催した「International Symposium for Urban Safety of Mega Cities in Asia」に引き続き，第2回の国際シンポジウムを2003（平成15）年10月に東京大学山上会館で開催した（写真-1）。このシンポジウムは平成15年度に採択された21世紀COEプロジェクト"都市空間の持続再生学の創出"（提点リーダー：大垣眞一郎）のテーマとも合致したため共同開催となった。諸外国も含め150名以上の参加者があり，9名の著名な先生方をアジア諸国から招待し，成功裏に終了することができた。

第3回国際シンポジウムは，インド工科大学カンプール校土木工学科Sudhir MISRA博士の協力を得て，2004年10月18日・19日にインド国アーグラ市にて開催した（写真-2）。ICUSスタッフらによる研究発表やRNUSの紹介を通して，ICUSの活動に関する参加者の理解を深めることができた。

写真-1　第2回国際シンポジウムでの9名の招待講演者

写真-2　第3回国際シンポジウム参加者

サステナブル構造システム研究委員会（生産技術研究奨励会）

中長期的な視点から，今後の社会基盤施設のサステナビリティを実現するために必要な技術に着目し，社会に提言していくことを主目的として民間企業16社とともに研究委員会を行っている。本研究委員会では2004（平成16）年3月までの2年間にわたり，5つのWG（① 老朽化構造物，② 地球環境，③ 都市環境，④ 防災，⑤ モニタリング技術）にわかれて検討を進めるとともに，最終的に全体を包含した提言を取りまとめた。この内容については生産技術研究所の公開時や特別な講演会を通じて公表しており，写真-3に示す5冊の報告書にまとめた。なお，報告書は希望者に対し下記の生産技術研究奨励会から実費で購入することができる。

2004（平成16）年4月以降も研究委員会を再構成して継続し，現在は3つのWG（① 老朽化構造物，② 環境，③ 防災）ごとに活動を行っている。委員会への参加申込

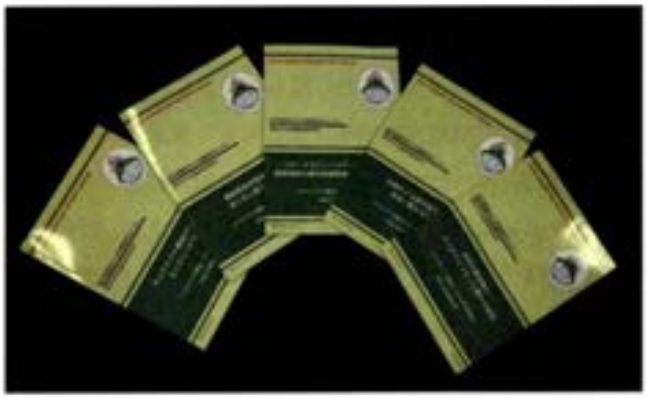


写真-3　サステナブル構造システム研究委員会報告書

みは下記の問合先にて随時募集している。

サステナブル構造システム研究委員会報告書（5分冊）
1. 老朽化構造物のサステナビリティに関する研究
2. 環境低負荷型都市のあり方に関する研究
3. 多様化する都市災害の低減に関する研究
4. リモートセンシングデータを用いた阪神地区の都市気候数値シミュレーション
5. サステナブル構造のためのモニタリング方法

価格および発送方法，研究委員会に関してのお問合せ先
財）生産技術研究，研究委員会奨励会
東京都目黒区駒場4-6-1
電話およびFAX 03-5738-5224
E-mail：fpis@interlink.or.jp

今後の展望

ICUSも4年目を迎え，センター全体としての具体的な研究活動を開始した。なお，本記事では一部の活動報告しか行えないが，これからもニュースレター，ホームページ（http://icus.iis.u-tokyo.ac.jp/）などを活用して，構造物の最新の診断技術，地震，洪水，火災のリスクマネージメントおよびシミュレーション技術，空間情報計測の新技術に関するわれわれの研究活動を報告していく予定である。

ICUS活動に関するお問合せ：
東京大学 生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）
〒153-8505　東京都目黒区駒場4-6-1
電話 03-5452-6472／FAX 03-5452-6476
E-mail：icus@iis.u-tokyo.ac.jp

（2004年9月24日・受付）

宇宙から見たスマトラ沖地震による津波被害

東京大学生産技術研究所　都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）　正会員　遠藤貴宏 ENDO Takahiro

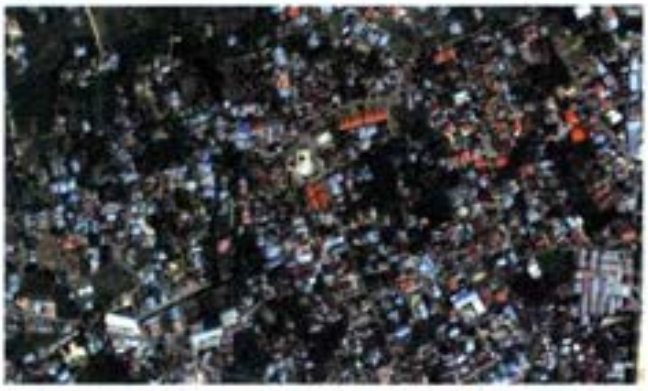
2004年12月26日午前7時58分（現地時間）マグネチュード9.0の大地震がインドネシア スマトラ島北部ナングロアチェ州バンダ・アチェの南南西250kmの海底で発生した。同地域には，津波早期警報システムが存在しなかったこと，過去に大きな津波被害を経験していなかったことが起因し，インド洋沿岸国の死者は15万人以上と伝えられ，甚大な被害が発生している。今回，宇宙から地球を観測している空間解像度が異なる2つの人工衛星（高時間分解能衛星Terra/MODIS（空間分解能：250m），高頻度衛星高空間分解能衛星QuickBird（空間解像度：1m）により撮影された，地震前後の画像を紹介し，同地域の面的な被害の状態をご報告する。

①

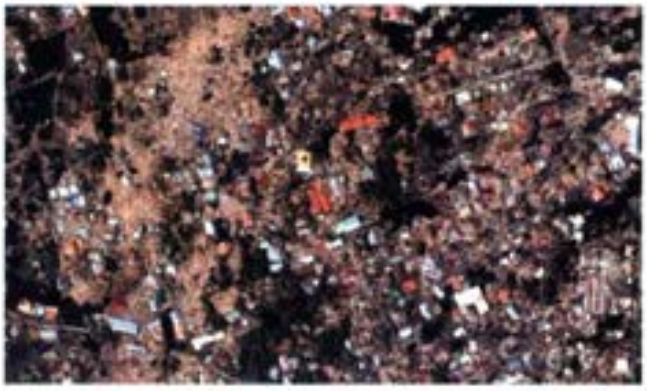
②

③

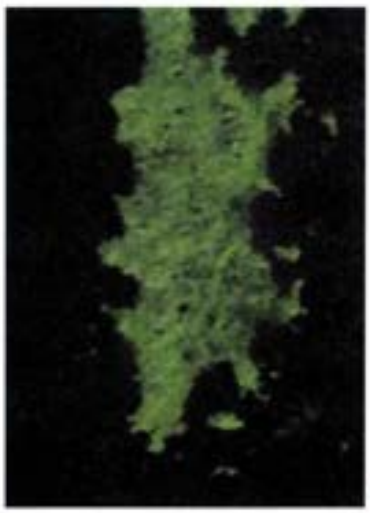
④



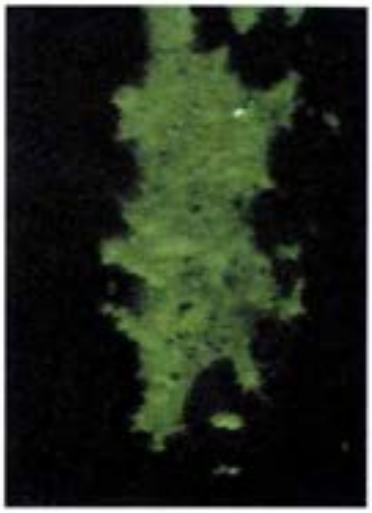
⑤



⑥

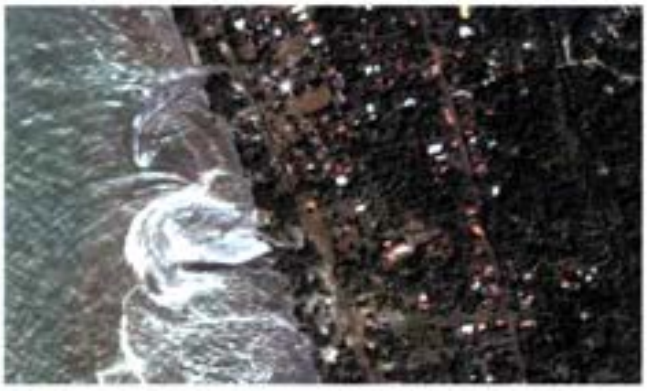


⑦



⑧

⑨



⑩

⑪

⑫

① インドネシア　バンダ・アチェ南部の津波前（2004年4月12日撮影）
② インドネシア　バンダ・アチェ南部の津波後（2005年1月2日撮影）：津波により低地にあった森や家屋が押し流され，土砂の状態から内陸部まで津波の被害が及んでいることが判読できる。
③ インドネシア　バンダ・アチェ海岸の津波前（2004年6月23日撮影）
④ インドネシア　バンダ・アチェ海岸の津波後（2004年12月28日撮影）：同地域の家屋や橋梁が津波により破壊されている。
⑤ インドネシア　バンダ・アチェ市内の津波前（2004年6月23日撮影）
⑥ インドネシア　バンダ・アチェ市内の津波後（2004年12月28日撮影）：多くの家屋が津波により破壊され，破壊された瓦礫が市内中に散乱し，町としての機能を失っていることが判読できる。
⑦ タイ　プーケット島の津波前（2004年12月8日撮影）
⑧ タイ　プーケット島の津波前（2004年12月26日撮影）：プーケット島の岸域が津波の影響で焦っているのが判読できる。
⑨ スリランカ　カルタラ周辺の海岸の津波前（2004年1月1日撮影）
⑩ スリランカ　カルタラ周辺の海岸の津波直後（2004年12月26日撮影）：地震発生から4時間後の画像であり，津波の引き潮が沖合いでぶつかり，乱流となっていることが判読できる。
⑪ スリランカ　カルタラ海岸の津波前（2004年1月1日撮影）
⑫ スリランカ　カルタラ海岸の津波後（2004年12月26日撮影）：海岸沿いの家屋が消失し，内陸部の様子から津波が内陸まで押し寄せていたと判読できる。

画像提供：⑦⑧＝東京大学生産技術研究所安岡研究室，その他＝Digitalglobe 社，http://www.digitalglobe.com/

CE リポート わたい

A Report on UN World Conference on Disaster Reduction in Kobe, Japan and the Outcomes

Dushmanta Dutta
東京大学生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター（ICUS）

1995（平成7）年の兵庫県南部地震から10年を経て、国連防災世界会議が2005（平成17）年1月18～22日にかけて兵庫県神戸市で開催された。会議は、政府間会合、テーマ別会合、パブリックフォーラム、スタディーツアーなどで構成され、168ヶ国からの参加者が集った。最終日には今後の国際的な防災指針となる「兵庫行動枠組」が採択され、インド洋での津波早期警戒システムの構築に関する共同声明もまとめられた。本レポートでは会議参加の様子を報告する。

Photo 1 Mr. Jan Egeland, the U.N. Undersecretary General for Humanitarian Affairs, during a high level round table

Photo 2 H.E. Sumedha Gunawathie Jayasena, Minister for Women Empower and Social Welfare, Government of Sri Lanka, presenting situation in Sri Lanka aftermath of the Tsunami disaster at an intergovernmental meeting

Introduction:

The World Conference on Disaster Reduction (WCDR), organized by the United Nations International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), was held in Kobe, Hyogo Prefecture, Japan during 18-22 January 2005. The organizational activities of the conference were carried out by the Hyogo Cooperation Committee, which was formed for organizing the conference by bringing together academicians, government officials, representatives of NGOs and other experts in the areas of disaster reduction. The Mega conference included a variety of events during the five-day period including intergovernmental meetings, thematic sessions, public fora, workshops, exhibition booths, poster sessions and study tours. It drew about 5,000 participants from 168 countries and numerous international organizations around the world.

UN objectives of the conference:

The Conference was convened by decision of the UN General Assembly, with five specific objectives:

(a) to conclude and report on the review of the Yokohama Strategy and its Plan of Action, in order to update the guiding framework on disaster reduction for the twenty-first century;

(b) to identify specific activities aimed at ensuring the implementation of relevant provisions of the Johannesburg Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development on vulnerability, risk assessment and disaster management;

(c) to share good practices and lessons learned for further disaster reduction within the context of attaining sustainable development, and to identify gaps and challenges;

(d) to increase awareness of the importance of disaster reduction policies, thereby facilitating and promoting the implementation of those policies; and

(e) to increase the reliability and availability of appropriate disaster-related information to the public and disaster management agencies in all regions.

Conference sessions:

WCDR composed of three main segments; 1) an intergovernmental segment; 2) a thematic segment for knowledge exchange; and 3) a forum for public participation. The Intergovernmental segment provided the venue for delegates to make statements, discuss and negotiate on the outcomes of the conference for final adoption. The Thematic segment consisted of three high-level round tables: (i) Disaster Risk: The Next Development Challenge, ii) Learning to Live with Risk, iii) Emerging Risks: What will tomorrow hold? There were a number of parallel sessions clustered under the following five themes as well as a regional session for exchange of experiences and lessons among the regions.

Cluster 1: Governance: institutional and policy frameworks for risk reduction;

Cluster 2: Risk identification, assessment, monitoring and early warning;

Cluster 3: Knowledge management and education: building a culture of resilient communities;

Cluster 4: Reducing the underlying risk factors; and

Cluster 5: Preparedness for effective response.

The Open forum included a number of thematic seminars, open house meetings, exhibitions and poster sessions organized by NGOs and the academia.

Overall activities:

The conference, organized in the Kobe city that was heavily damaged by the great Hanshin-Awaji Earthquake 10 years ago, held a special meaning to Japanese people and it helped them disseminating to the world community their experiences gained and lessons learnt from the Kobe earthquake disasters. An enormous variety of events including almost 70 symposia and over 200 exhibition booths organized in the conference under the basic theme of "Creating a Disaster Resilient Society" demonstrated that very clearly.

Photo 3 :Mr. Toshizo Ido, the Governor of Hyogo Prefecture, that held the World Conference, addresses the conference participants

The conference also marked ten years since the Yokohama conference, organized by the United Nations International Decade for Disaster Reduction (IDNDR) in May 1994, where United Nations member states drew up an action plan for a safer world. The Kobe conference aimed to review the progress on the plan since the Yokohama conference. In the conference, it was noted that though

Photo 4 :Prof. Hans Van Ginkel, Rector of UNU(United Nations University), chairing the UNU Public Forum on "Preparing for the Unforeseen - Risks and Vulnerabilities in Cities"

much progress were taken place on the technical front in the last ten years, disaster losses and poverty-based vulnerability were still out of control. The "Review of the Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World" summarized the accomplishments since the adoption of the 1994 document. It noted the gaps and challenges for the future, including the need for "more tangible commitments" for translating promises into action.

The conference, took place less than a month after the catastrophic tsunami disaster of 26 December 2004 in the Indian Ocean that claimed over 200,000 lives, was dominated by various events and discussions related to the tsunami disasters and development of an early warning system for ssunami. The conference began with a one-minute silence in memory of the Asian ssunami victims. Addressing the conference on video, Mr. Kofi Annan, UN Secretary General, said the death toll could have been much lower if a tsunami early warning system for the Indian Ocean was in place. In the closing session, the U.N. Undersecretary General for Humanitarian Affairs, Mr. Jan Egeland said, "This conference commenced in the shadow of the Indian Ocean disaster and ends with a strong message of hope and promise in the form and the shape of the Hyogo Declaration and the Framework of Action document".

Outcomes:

One of the highlights of the five-day event was the consensus among participants to support U.N.-led efforts for prompt establishment of a tsunami early warning system for the Indian Ocean. For overall disaster prevention measures, they emphasized the importance of integrating the technologies to detect oncoming hazards, systems for notifying countries and for states, to disseminate the information to communities, and to create awareness among citizens on what they should do when they receive such warnings. The conference secretariat also produced a statement summarizing the intentions of parties willing to support the establishment of a tsunami early warning system for the Indian Ocean and a review of the 1994 Yokohama Strategy on disaster reduction as reference material. Various U.N. agencies are expected to lead the different stages in the lead-up to establishing an Indian Ocean tsunami early warning system along with many of the 168 participating countries.

In the closing session, the delegates adopted the "Hyogo Declaration" and the "Hyogo Framework for Action 2005-2015", which are aimed at assessing ongoing efforts to lessen the effects of natural hazards and determining what further action is needed. In the declaration, they emphasized the importance of translating the "Hyogo Framework for Action" into concrete actions to lessen risks and vulnerabilities to natural hazards through integrated cooperation and

Photo 5 - 6 :Prof. K. Meguro and Dr. D. Dutta of ICUS, the University of Tokyo during their keynote presentations at the UNU Public Forum

information-sharing mechanisms. The action plan for the upcoming decade seeks to substantially reduce losses from natural disasters and to develop an international early warning system and a global information network for that purpose. It also points out the need to establish international schemes to respond to disasters across borders and notes that unplanned urbanization, environmental destruction and climate change may raise disaster risks.

Comments from the participants:

The conference was declared as a success by Mr. Jan Egeland, the U.N. Undersecretary General for Humanitarian Affairs. He said, "The success is embodied in the plan of action, which is a document that can, for us, be the basis for a lot of concrete work in the decade that will follow" in the closing session.

However, there were several criticisms about the "Hyogo Framework for Action 2005-2015" for lacks of reference to specific actions and numerical targets from several groups including nongovernmental organizations and researchers. Even some governments, which extended support for the U.N. led efforts to set up a tsunami early warning system for the Indian Ocean, expressed concern over the possibility that the large-scale endeavor may be too complicated. Some of the countries hardest hit by the tsunami disaster of expressed anxiety that they may not be able to make full use of an early warning system due to the lack of resources to prepare their citizens to respond properly when the disaster occurs.

Hope for Future:

Coordinating disaster mitigation activities around the world is a daunting task due to various issues such as; level of priorities, participations, commitments, actions and funds. Through the IDNDR, United Nations has been successful in raising awareness against natural disasters around the world, disseminating information and establishing a worldwide network through the established national committees. However, its limitations in taking leadership in reduction of disaster impacts towards "sustainable development" in most vulnerable communities around the world have been witnessed. At the end of the Kobe conference, it appears that UN is up again in taking the leadership for disaster reduction worldwide. It is acting fast to see success in its efforts to set up an effective tsunami early warning system in the Indian ocean. But the task of coordinating and integrating efforts to enable all countries at risk to minimize losses from natural disasters is likely to be a complex and difficult one. Everyone will watch carefully how the words of "Hyogo Framework for Action 2005-2015" are translated into action in the coming decade to build resilience of nations and communities to disasters.

Photo 7 :A group session at the First International Conference on International Conference of Urban Disaster Reduction held at Rokko Island, Kobe as a part of the World Conference

Photo 8 :Some of the participants of the World Conference

Photo 9 :During a presentation at the international symposium on "Living With Risk" organized in the World Conference

（2005年4月7日・投稿受付）

CE リポート わたい

アジア工科大学院(Asian Institute of Technology)へ赴任して

須崎純一
SUSAKI Junichi
東京大学生産技術研究所附属
都市基盤安全工学国際研究センター

2005(平成17)年2月1日にアジア工科大学院(Asian Institute of Technology:以下、AIT)へ赴任して以来、数ヶ月が経過した。赴任時は1月学期がすでに始まっており、3月から共同担当の講義を引き受け、学生は5月上旬に最終試験を実施した。学生は2学期制のため、5月上旬から8月上旬までの3ヶ月間は比較的自由に過ごしているようで、研究に打ち込んだり、帰国したり、あるいはこの期間に開講される講義を受けたりしている。

写真-1 AIT本館への道

筆者は、国際協力機構(Japan International Cooperation Agency:以下、JICA)により、School of Advance Technology(先端技術学部)の Remote Sensing and GIS Field of Study(リモートセンシング・GIS学科)に長期専門家として派遣され、教育、研究活動に従事している。1969(昭和44)年に始まった長期派遣専門家は筆者を含めて118名を数え、その多くは土木工学の各分野において派遣されてきた。現在は、School of Environmental, Resources and Development(環境・資源・開発学部)へ2004(平成16)年5月から派遣されている環境工学の荒巻俊也博士(東京大学)と筆者の2名にとどまっており、2002(平成14)年からの採用に限ると環境工学とリモートセンシングの2分野で合計2名という体制が続いて

写真-2　学生食堂

写真-3　AITに派遣されたICUSのメンバー3人（左：筆者、中央：Dushmanta Dutta博士、右：加藤佳孝博士）

いる。4名の直接雇用の教員およびJICA以外の3名の派遣教員と、日本人教員は9名に上るものの、同時期に13名の専門家がJICAから派遣されていた最盛期に比較すると、AIT側にとっては大きく印象が異なるようである。

筆者が所属している「東京大学生産技術研究所附属都市基盤安全工学国際研究センター(International Center for Urban Safety Engineering: 以下、ICUS)」から、執筆時点で3人の教員がAITに赴任しており、私以外の2人は出張扱いで赴任している。AITのSchool of Civil Engineeringの下に、ICUSの国際支部であるRegional Network Office for Urban Safety(RNUS)が設置され、AITの教員とICUSの教員が連携しながら、組織を運営している。実質的な運営は、水文学を専門とし、洪水予測などの研究に取り組んでいるDushmanta Dutta博士が行っており、2年余りの滞在を経て今年7月に帰国する予定である。一方、5月には、コンクリート工学を専門とする加藤佳孝博士が2年間の予定で赴任した。このように、若手教員をAITに送り込み、人的ネットワークの拡大を図ることで、東京大学生産技術研究所としてもICUSとしても、東南アジアにおける国際研究活動の拠点づくりを進めている。写真-3に3人の様子を示す。

一方、筆者はSchool of Advanced TechnologyのRemote Sensing and GIS Field of Studyに在籍する一方で、普段はGeoinformatics Centerという場所で作業している。School of Advanced Technologyの下に配置されているGeoinformatics Centerは、1995(平成7)年に設立されたGIS Application Center(GAC)と、1997(平成9)年に設立された研究中心の組織Asian Center for Research on Remote Sensing(ACRoRS)が2004(平成16)年に統合されて設立された組織である。ACRoRSでは、東京大学生産技術研究所の村井俊治研究室や安岡善文研究室と長年にわたり共同研究を行ってきた。AVHRRやMODISという衛星センサーのデータを受信、処理、解析する設備が運用され、処理データは定常的に生産技術研究所へ転送されてきた。また、安岡研究室とタイのリモートセンシング関連の機関であるGeo-Informatics and Space Technology Development Agency(GISTDA)との間で定期的に会合を開き、衛星データの高度利用に関する情報を交換して、緊密な関係を維持している。一方、GACは、宇宙開発推進機構(Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA)の資金供与により、主に東南アジア諸国の研究者、技術者に対して、リモートセンシングやGISの講習会を、センター内や相手国で開催してきた。1995～2004年の講習会では、延べ27ヵ国から900人

以上の参加者を集めてきた。2005（平成17）年からは講義型のトレーニングから、参加国の希望をテーマに据えたミニパイロットプロジェクトの形式に大きく変更した。On the Job Training形式で目的意識を明確に保ち、プロジェクトの達成を通じてリモートセンシングやGISの技術移転を意図している。これまでに東南アジアにおいては、JAXAが主催者としてアジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）を開催し、アジア太平洋地域の技術協力や発展に貢献してきた。今年は5月24～26日にマレーシアで開催され、「Disaster Reduction through Effective Space Technology Utilization in Asia Pacific Region」と題して、災害を対象にした発表が行われた。筆者は参加しなかったが、Geoinformatics Centerの職員が撮影した様子を**写真-4,5**に示す。このように筆者の場合は、リモートセンシングとGISに特化した研究機関でスタッフと交流しながら、研究、教育活動を行っている。

さて、わずか数ヶ月の経験ではあるが、これまでの感想を報告したい。『土木学会誌 Vol.89,No.3』に掲載された佐野可寸志博士（長岡技術科学大学）の報告とほぼ同様の状況が続いているが、7月の新学長就任に先立ち、6月末に組織再編が行われ、School of Management（経営学部）も含めた4学部体制から3学部体制へ移行する予定である。現在、AITに在籍する学生1,704名（2004年3月時点）のうち、タイ（35.0％）、ベトナム（21.6％）の学生で半数を超える。あるタイの学生にAITへの入学理由を尋ねたところ、タイの他大学院へ進学すると指導教員のプロジェクトに従事し、通常2年で卒業させてもらえないため、2年で確実に卒業できるAITに入学したと述べていた。従来は英語教育が魅力的という理由など聞いたこともあったが、現代では多少様相が異なってきている。また、タイの学生では自費学生の割合が高く、2001～2003年の自費卒業生104名のうち、70％がタイの学生が占めている。私が指導教員を務めるカンボジアの修士の学生は、自国の発展の遅れや貧しさを嘆く一方、帰国すると数少ないリモートセンシングの専門家としてすぐに活躍できるように、この2年間で貪欲に吸収したいと話している。英語力や基礎学力では他の学生に劣るものの、熱意は非常に高く、指導教員としても指導に熱が入る。

5月9日には、派遣事業初期のJICA派遣専門家でもあった首藤伸夫名誉教授（東北大学）による津波に関する講演会が催された。先のインド洋地震による津波の解析結果や、津波の仕組み、対応策など、幅広く魅力的な内容であった。聴衆にとっても世界の津波研究の第一人者の講演ということで、質疑応答も活発であった。ま

写真-4 アジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）の様子

写真-5 アジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）で展示された衛星データの災害への活用事例

写真-6　Nakhon Ratchasimaのダムの貯水量の変化(左:2005年4月23日、右:2005年6月11日)

た、6月6～7日には、津波シンポジウムが開催され、各国から多数の参加者が集まった。他にも、1990(平成2)年ノーベル物理学賞のFriedman教授(MIT)の講演会など、小規模ながらも質の高い講演会が多数開催され、教員や学生にとって刺激的な環境が提供されている。

最後に筆者の専門分野について報告する。筆者の日本での所属先のICUSには、コンクリート構造物、地震、洪水など、都市基盤に関する安全、防災に関わる専門家が在籍し、横断的な共同研究や定期的なシンポジウムなどが開催されている。筆者はリモートセンシングを専門としているが、タイに赴任してから、リモートセンシングによる旱魃(かんばつ)モニタリングの基礎研究に着手している。タイ赴任後、1ヶ月以上もの長期にわたり雨が降らず、新聞やインターネットで情報を収集すると、今年の旱魃はほぼタイ全国で被害を受けており、場所によっては数十年ぶりの深刻さと報道されている。また、原油高騰と旱魃がタイの経済成長に影響を与えているとの見通しも示されている。実際に調査に出掛けてみると、雨季が始まると言われている6月においても、十分な降水量がなかったようである。写真-6にはNakhon Ratchasima県のダムの貯水量の変化を示している。同行したタイ人の研究員によると、4～5年前に訪れたときは十分な水位があったようで、彼女自身も水不足の現実に驚いていた。また、写真-7にはBuri Ram県の水田で種を蒔いている様子が示されている。Buri Ram県にもダムがあり、その周辺の一部では旱魃に困っていないとのことであったが、ダムから離れると多くの水田では水不足に困っているとのことであった。写真に写っている水田では、最も近いダムの貯水量自体が低下して放水がなく、種を蒔いて雨が降るのを待つしかないという。この地区では6月に移植あるいは種蒔き、11月に収穫するそうだが、昨年の収穫直前の2ヶ月間は雨が少なかったようで、収穫量は例年の半分に落ち込んだところもあった。このような形で、タイへの赴任を契機として新たな研究テーマに着手し、学生とともに自分自身も成長していきたいと考えている。最終的に、一研究者としてもまたJICA派遣専門家としても、2年間の赴任が充実できるようにしたい。

写真-7　Buri Ram県の乾燥した水田で種を蒔く農民

第4回 USMCA 国際シンポジウム報告とシンガポールの交通・都市システム

加藤佳孝
KATO Yoshitaka
正会員
東京大学生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター 講師

国際シンポジウムの背景と内容

第4回アジア地域の巨大都市における安全性向上のための新技術に関する国際シンポジウム(USMCA)が、2005年10月18、19日の日程でシンガポールのナンヤン工科大学(以下、NTU)で開催された。本国際シンポジウムは、21世紀COE「都市空間の持続再生学の創出」の後援を得て、NTUと東京大学生産技術研究所の都市基盤安全工学国際研究センター(以下、ICUS)の共同開催と位置づけられている。2002年のバンコク(タイ)開催を皮切りに、第2回東京(日本)、第3回アグラ(インド)、そして今回のシンガポールと毎年開催されている。このシンポジウムの趣旨は、以下の通りである。近年の急速な経済発展でアジアの巨大都市には、高層ビルや他の都市基盤施設が急激に整備されているが、都市基盤施設の成長に対して、メンテナンス、災害対策や環境保全など、都市の持続可能性を担保するような対策を講じているとはいえない。このような状況は都市機能の悪化に結びつき、急速な都市機能の老朽化を招くことになる。今後、アジア地域における巨大都市の持続可能性を実現するためには、適切な安全性を具備した都市基盤施設の管理技術の開発が必要不可欠となる。都市の持続可能性を実現するためには、自然災害や人災に対するハードおよびソフト的都市機能の安全性、環境負荷低減、社会資本ストック管理など、さまざまな側面に配慮することが必要不可欠である。従来、これらの技術開発や研究は、個別に検討が進められてきており、リモートセンシン

写真-1 シンポジウム参加者の集合写真

グなどをはじめとするさまざまな計測技術の高度化、自然災害のシミュレーションと対策技術の開発、施設の安全性評価技術の開発など、個々の技術レベルは近年急速に発展している。しかし、都市という具体的な対象には、分野横断的な技術開発が必要であることは容易に想像でき、各分野で開発されてきた技術を集結し、より具体性のある技術を開発していくことが必要不可欠である。この国際シンポジウムでは、通常では異なる分野の研究者を都市の安全管理という1つのキーワードのもとに終結させ、新しい技術の開発を促すとともに、各分野の新技術の情報交換の場として有効に使用することを目的として開催されている。

今回の国際シンポジウムには、アジア12ヶ国から約100名の参加者があった(**表-1**)。**写真-1**に参加者の集合写真を示す。講演数は、基調講演等が7編、一般論文として63編、合計70編であった。講演題目とセッション名の概要を**表-2**に示す。今回のシンポジウムは、2004年12月26日に発生したインド洋スマトラ沖地震に関連した内容が多かったのが特徴的であった。研究・調査の方法はさまざまであり、災害発生直後からの被災地の現地調査、災害発生前後の状況をリモートセンシングなどの計測技術によって分析した報告、現場を強く意識した耐震対策の提案などが、主な内容であった。基調講演では、Pan教授(シンガポール)、

表-1 国別参加者

オーストラリア	2
バングラデシュ	1
中国	5
インド	3
インドネシア	1
イラン	2
日本	31
ナイジェリア	1
シンガポール	43
台湾	3
タイ	4
ベトナム	1
合計	97

表-2 シンポジウムのプログラム概要

Keynote & Plenary speech	Multiple-Hazard Protection of Building Structures
	The Changing Face of Urban Terrorism: From Politics to Warfare
	Progress in Emergency Management Research for a Mega-city in China
	Shaking Table Tests of 1/4 Scaled Masonry Models Retrofitted with PP-band Meshes
	Reconstruction of Houses in Aceh Seven Months after the Earthquake & Tsunami, December 26, 2004
	Satellite Observation Network for Environment and Disaster Monitoring in Asia
	Lessons Learned from the 26 December 2004 Tsunami Disaster in Thailand
Technical session	Design and Assessment of Structures for Seismic, Shock and Impact Loads (15)
	Safety Assessment and Monitoring of Existing Infrastructure (11)
	Maintenance, Retrofitting and Rehabilitation of Structures (6)
	Threat Reduction and Consequence Management (6)
	Tsunamis, Flood and Environmental Risk Assessment (6)
	Planning and Development of Urban Infrastructure (5)
	Environment Impact Assessment of Urbanization (6)
	Advanced Technologies for Assessment of Urban Safety (8)

Fan 教授（中国）、目黒教授（日本）から各国および各機関の防災技術の紹介、Teddy 先生（インドネシア）、Pennung 先生（タイ）からは、被災地の状況やその後の耐震補強技術紹介、安岡教授（日本）からはリモートセンシング技術を活用した被災状況の分析の紹介がなされた。なかでも、驚くべきは Teddy 先生であり、72 歳という高齢にもかかわらず、災害直後に自ら被災地に赴き、数多くの貴重な情報を収集された結果を詳細に紹介していただいた。自らが被災地に赴いたからこそ、そのリアリティーのあるその報告は、若手研究者への熱いメッセージとなった。シンポジウムの雰囲気は、参加人数が 100 名程度と比較的小規模であったせいか、かなりアットホームな感じであった。また、一般論文でも一人当たり 20 分程度の時間が用意されていたため、発表後も活発な討議が行われていた。国内のシンポジウムでは聞くことができない、大御所の発表が聞けるのも国際シンポジウムの特徴といえ、各機関を代表する研究者たちの最先端の技術を聞くことができた。大御所の発表は、総論的な発表が多くなるため、初めて聞く他分野の内容も非常にわかりやすく、他分野の先端的な技術の情報を収集するためには非常に有益な場であった。

渋滞の少ない交通事情と美しい都市の秘密

シンガポールの空の玄関であるチャンギ国際空港は、24 時間営業でサービスも充実しており、ハブ空港としての機能を十分果たしていた。空港から市街地へのアクセスは公共交通機関が充実しており、その料金も他の先進国に比べて桁違いに安い。電車はシンガポールドル（以下「S$」とする）0.6 ～ 1.6、タクシーは最初の 1.5km までが S$2.40 で、その後 10km までは 240m ごとに 10 セントずつ加算されていく（空港と NTU 間は国内をほぼ横断しており約 S$30）。シンガポールは渋滞のない国として有名であり、滞在中に東京やバンコクなどのひどい渋滞を経験しなかった。都市機能として道路交通システムは、本シンポジウムのテーマである巨大都市の安全性向上の重要な役割を担っており、ここで簡単に紹介したい。

表-3 にシンガポールと日本および日本の代表的な都市の統計情報を示す。シンガポールと日本の交通事情を国レベルで比較するのではなく、日本の都市との比較が妥当であることがわかる。シンガポールは、道路 1km 当たりの台数は東京都や大阪市とほぼ同じであるにもかかわらず、東京都のような渋滞は見られない。これは①利用制限、②所有制限、③公共交通機関の充実によるものである。政府は 1975 年に中心部へ流入する自動車の抑制のため入域許可制度を導

写真-2 基調講演の様子（左上：Pan 教授、中央上：Fan 教授、右上：目黒教授、左下：Teddy 先生、中央下：Pennung 先生、右下：安岡教授）

表-3 シンガポールと日本（および代表的な都市）の統計情報

	シンガポール	日本	東京都	横浜市	名古屋市	大阪市
人口（万人）	424	12762	835	353	220	263
自動車（万台）	71	7749	272	145	126	89
道路延長（km）	3,144	1,177,277	11,800	7,617	6,280	3,961
1人当たりの台数	0.17	0.61	0.33	0.41	0.57	0.34
1km当たりの台数	226	66	230	191	201	225

日本の各都市の情報は横浜市統計ポータルサイトより（2003年）http://www.city.yokohama.jp/me/stat/index.html 日本の情報は，人口：総務省統計（2003年），自動車数（2002年）および道路延長（2003年）：国土交通省統計シンガポールは政府発表（2003年）

入，1998年よりERPシステム（Electronic Road Pricing）を導入している。ERPシステムの料金体系は幹線道路と高速道路に分かれており，それぞれ時速20～30km，時速45～65kmを保てることを指標とし通過料が設定されている。また，すべての自動車を輸入しており，①輸入関税，②物品サービス税，③車両登録料，④追加車両登録料，さらに，1990年から自動車所有権証書の取得を義務づけている。結果，所有権証書を初めて取得する者は市場価値の約3.5倍以上も支払うことになる。このように，自動車を所有するには高額所得が必要となるが，低所得者に不便を生じさせないように政府は公共交通機関を充実させている。自動車を所有した場合と公共交通機関を利用した場合の費用対効果を国民が判断した結果が，渋滞のない交通事情につながっている。

また，町をきれいに保つためにさまざまな罰金制度があることも有名である。たとえば，ゴミなどの投げ捨ては最高でSS2,000，禁煙地域での喫煙SS1,000（タバコの課税も高く1箱SS11）が課せられる。このようなさまざまな規制がある一方，オーチャードロード（東京の表参道あたり？）を歩いたときに筆者が思ったことは，ゴミ箱の設置数の多さであり，10m程度の間隔で設置されていた。さまざまな規制がある一方で，普通に生活していれば違反することがない対策を用意しているところが，都市システムが有効に機能している最大の理由であると思われた。これが，年間の観光客が人口の約2倍にも達する魅力あるシンガポールの社会システムの状況である。

締めくくりをかざったテレビ出演

本シンポジウムの主催者であるNTUのPan教授とICUSの目黒教授が，シンポジウムの2日目の朝，Channel News Asia Prime Time Morning show（19 Oct 05, 7.30am）の番組に出演した。開会式では，テレビ出演の状況が放映され，一般の人びとの災害対策に関する期待感を参加者全員が感じ取ったに違いない。今後ともこのようなシンポジウムの成果を実社会へと反映し，一刻も早く安全で安心な社会を形成することができるよう，微力ながら筆者も貢献していきたいと強く思った次第である。なお，2006年はインド洋スマトラ沖地震の被災地の1つであるプーケットで開催する予定である。ご興味のある方はぜひURL（http://icus-incede.iis.u-tokyo.ac.jp/index-j.htm）を参照していただき，多くの方々に参加していただきたいと願う。

最後に，本稿をまとめるにあたり，資料の収集などをICUSの吉本英子女史にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

沿岸産業主導による津波災害軽減に向けて 2
—長期的津波監視の維持を重視した総合的津波防災戦略モデルの提案—

目黒公郎
MEGURO Kimiro
正会員
東京大学　生産技術研究所
教授

高島正典
TAKASHIMA Masasuke
正会員
富士常葉大学大学院　環境防災研究科
助教授

地域に津波監視・津波警報利用を定着させるための総合的津波防災戦略の必要性

土木学会誌2006年7月号のCEレポート(pp.42-43)において、沿岸産業主導による津波災害軽減のあり方として、多目的観測ブイを用いた津波警報システムを提案させていただいた。このシステムは、平時はマリンリゾート、水産資源評価、環境評価、気象予報といった沿岸地域産業の日常的ニーズに応えるための海洋データを観測しながら津波監視を行うブイをビーチごとに沿岸産業主導によって設置、ネットワーク化することで、津波工学の専門家や、津波災害の経験の少ない地域においても継続的な津波監視を可能にしようとするものである。

しかし、そのようなシステムだけで津波防災が達成されるわけではない。地域の住民には、警報システムがどのような機能をもつものので、警報が出た場合にはどのように行動すればよいのかを、事前に理解してもらわなければならない。また警報を受けても住民が安全に避難できる場所がないことには、被害の軽減にはつながらない。この避難施設も津波警報システム同様、長期的に維持されなければならない。地域のストック被害は免れ得ないので、地域の復旧復興の枠組みが不可欠となる。つまり、津波警報の監視から実際の津波発生時の避難、その後の復興に至るまでの全プロセスが、適切に機能しなければ、津波災害の軽減にはつながらない。本稿においては、多目的観測ブイシステムを中心として、津波に対する防災力を長期的に維持するための総合的な戦略の枠組みについて述べる。

総合的津波防災戦略フレーム

津波発生時の被害を極小化する方法としては、沿岸部の土地利用規制と、避難を前提とした効果的な避難支援システムの構築がある。土地利用の規制が難しく、避難に頼らざるを得ない場合には、津波

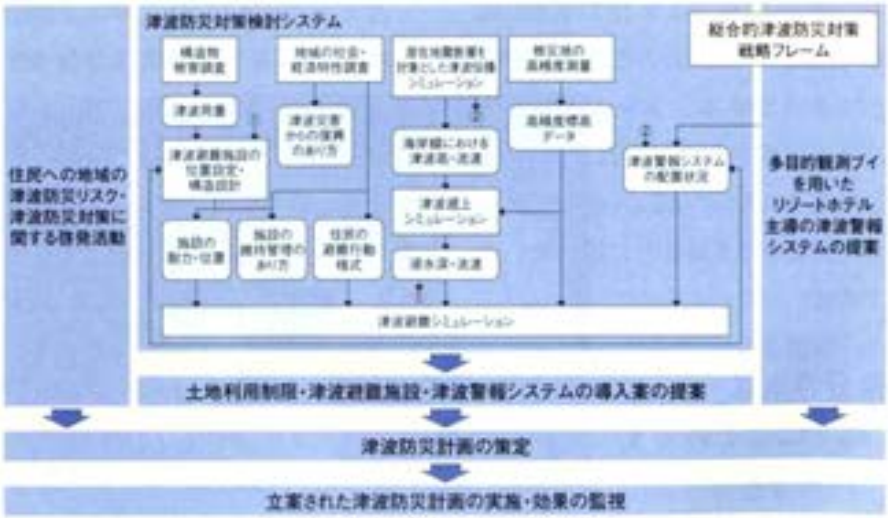


図-1　総合的津波防災対策戦略フレーム

を常に監視し、津波発生時には確実に警報を発せられるシステムが、避難に適した高台がない地域においては警報を受けた住民が安心して避難できる避難施設が不可欠である。この避難施設は適切な耐力をもち適切な位置に建設される必要がある。また、住民には津波災害リスク、警報システム・避難施設の機能、津波発生時のとるべき行動を理解し、実際に災害が発生した場合には、適切な対応行動を取ることが求められる。

以上のようなニーズを満たし、効果的な津波防災対策を実施するためには、どのような調査・研究・活動を実施すべきかを整理したものが、**図-1** の総合的津波防災戦略フレームである。津波防災対策検討システムは、さまざまな津波防災対策を実施した際の効果をシミュレーションを通して検討するものである。構造物被害調査では、スマトラ地震津波災害を事例として、津波によって建物にどのような荷重がかかるのかを明らかにし、どのような避難施設を設計すれば、津波外力に対して安全・有利であるかを明らかにする。その避難施設をどこに配置すべきかについては、津波および避難シミュレーションを用いて、想定されるさまざまな潜在的津波シナリオに対し、最適な避難施設の設置場所を決定する。

津波遡上および避難シミュレーションを実施するためには、シミュレーション対象地域に関する詳細な標高データが不可欠であるため高精度測量を実施する。得られた標高データは、来襲しうるさまざまな津波発生シナリオにおける浸水状況の計算と、避難者の避難路選択行動の計算に利用される。

社会・経済特性調査においては、対象地域の経済がどのような構成となっているのか、沿岸部の人びとがどのような生活を送っているのか、スマトラ地震津波災害の際には、どのような行動をとったのかを、フィールド調査、資料解析を通じて明らかにする。調査の結果は、避難シミュレーションにおける避難者の意思決定・行動パターンのパラメータとして利用されるだけでなく、津波災害前の防災対策あるいは災害後における復興をどの産業がリードすべきか、津波避難施設をどのように維持管理していけばよいか、住民に対し津波防災をどのように啓発していけばよいかを検討する材料となる。

これらの調査は、津波防災対策を地域に長期的に定着させるためのヒントを与える。たとえば、スマトラ地震津波災害の現地調査から、海岸の近くに集落の規模や分布に応じてさまざまな宗教の施設が点在していることが明らかとなっている。これらの宗教施設（**写真-1**）は普段から地域住民に利用されており、誰もがその場所を知っている。また宗教上、地域住民による日常的な維持管理を期待できる。周囲に高台のない地域において、これらの宗教施設に対し、立地点の津波外力に応じた嵩上げ・土台流出防護の措置をとり、避難施設としての機能を付与できれば、避難施設を沿岸地域社会の日常に定着させられるかもしれない。

写真-1 海岸近くの宗教施設（トリンコマリー、スリランカ）

長期的津波監視の維持に向けて

前報でも述べたとおり、津波防災において土地利用規制は必ずしも現実的な解ではない。上記のような多目的海洋観測ブイを中心とした総合的な津波防災戦略をもつことによって、土地利用の状況をドラスティックに変えることなく、地域の津波防災力を向上させることが可能となる。特にビーチリゾートにおいては、津波に対しても安心して楽しめるビーチという新たなブランドを生むことにつながる。

われわれの研究グループでは、前報、本報で述べた枠組みに基づき、特に津波災害の経験に乏しい発展途上国を対象として、総合的な津波防災戦略のモデルを提案していくとともに、いくつかの発展途上国への導入を通して戦略モデルの有効性を検証していきたいと考えている。

C．MOU

５年間の行った協定

調印日	協定側	代表者	国名	期間
2002.10.29	School of Civil Engineering, Asian Insititute of Technology	Dean Worsak Kanok-Nukulchai	Thailand	5 年
2003.2.21	Bangladesh Earthquake Society (BES)	Member Secretary Mehedi Ahmed Ansary	Bangladesh	
2003.2.21	National Center for Earthquake Engineering (NCEE) Department of Civil Engineering Bangladesh University of Engineering　& Technology (BUET)	Co-cordinatior Mehedi Ahmed Ansary	Bangladesh	
2005.3.28	Department of Civil Engineering National University of Singapore	Head Fwa Tien Fang	Republic of Singapore	5 年
2005.3.29	Protective Technology Research Centre School of Civil and Environmental Engineering Nanyang Technological University	Director Pan Tso-Chien	Republic of Singapore	5 年
2006.1.18	港湾空港技術研究所 LCM 研究センター	センター長 横田弘	日本	5 年

AGREEMENT BETWEEN
THE INTERNATIONAL CENTER FOR URBAN SAFETY ENGINEERING
AND
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING, ASIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

The INTERNATIONAL CENTER FOR URBAN SAFETY ENGINEERING (hereinafter referred to as "ICUS/INCEDE"), as an international center of the Institute of Industrial Science (IIS), The University of Tokyo, working in the field of urban safety engineering, located in Tokyo, Japan and SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING (hereinafter referred as "SCE"), as a school of Asian Institute of Technology (AIT), working in various disciplines of civil and infrastructure engineering, located in Pathumthani, Thailand, declare that, in order to enhance their research, education and training in the areas of urban safety engineering including maintenance and management of urban infrastructure, ICUS/INCEDE and SCE have decided to cooperate in fields of mutual interest and thereby have agreed as follows,

1. The parties shall cooperate with each other in areas of mutual interest for the advancement of urban safety engineering utilizing advanced engineering technologies,
2. The cooperation between the undersigned here would take the form of joint research, joint project, establishing regional network office in SCE, organizing seminar, workshop, as well as exchange of staff.
3. Nothing in the agreement financially obligates either ICUS/INCEDE or SCE.
4. This agreement is under the guidelines of the existing agreement for collaboration in research between IIS and AIT signed on February 28, 2000.
5. This agreement shall enter into force upon signature by both parties for a period of five years. The provisions of this Agreement may be amended at any time by mutual consent in writing. Either party may terminate the Agreement by giving one year's written notice.

In witness whereof, the undersigned, duly authorized thereto, have signed this agreement.

Date 29 October 2002

Takeo Uomoto
Director
ICUS/INCEDE
The University of Tokyo

Date 29 October 2002

Worsak Kanok-Nukulchai
Dean
School of Civil Engineering
Asian Institute of Technology

AIT Civil Engineering Department との間における MOU

Memorandum of Understanding between
International Center for Urban Safety Engineering (ICUS)
Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan
and
Bangladesh Earthquake Society (BES)
Dhaka, Bangladesh

International Center for Urban Safety Engineering (ICUS) was founded in 2001 with the objective of carrying out research and disseminating information related to urban safety engineering and creating a safe urban environment in the 21st century. The central objective is to develop new technologies for evaluation of safety and integrity of structures taking into account the deterioration of materials used and changes in required performance levels, in-service maintenance and management systems for structures to ensure the safety of urban infrastructure in the event of natural disasters such as earthquake, flood, etc., long term implications of urbanization, and use of techniques such as remote sensing in creating a safe urban environment.

Bangladesh Earthquake Society (BES) was founded in 2002. The aims and objectives of BES are mainly directed towards promoting research, development and awareness in the field of Earthquake as stated hereinafter.

- To provide a forum for scientists and engineers of various specialization, social scientists and disaster management specialists interested in Earthquakes to come together and exchange ideas on the problems of Earthquake.
- To disseminate knowledge in the field of Earthquake dealing with scientific, engineering, sociological and other aspects.
- To promote and undertake activities related to preparedness and mitigatory measures for reducing Earthquake vulnerability.

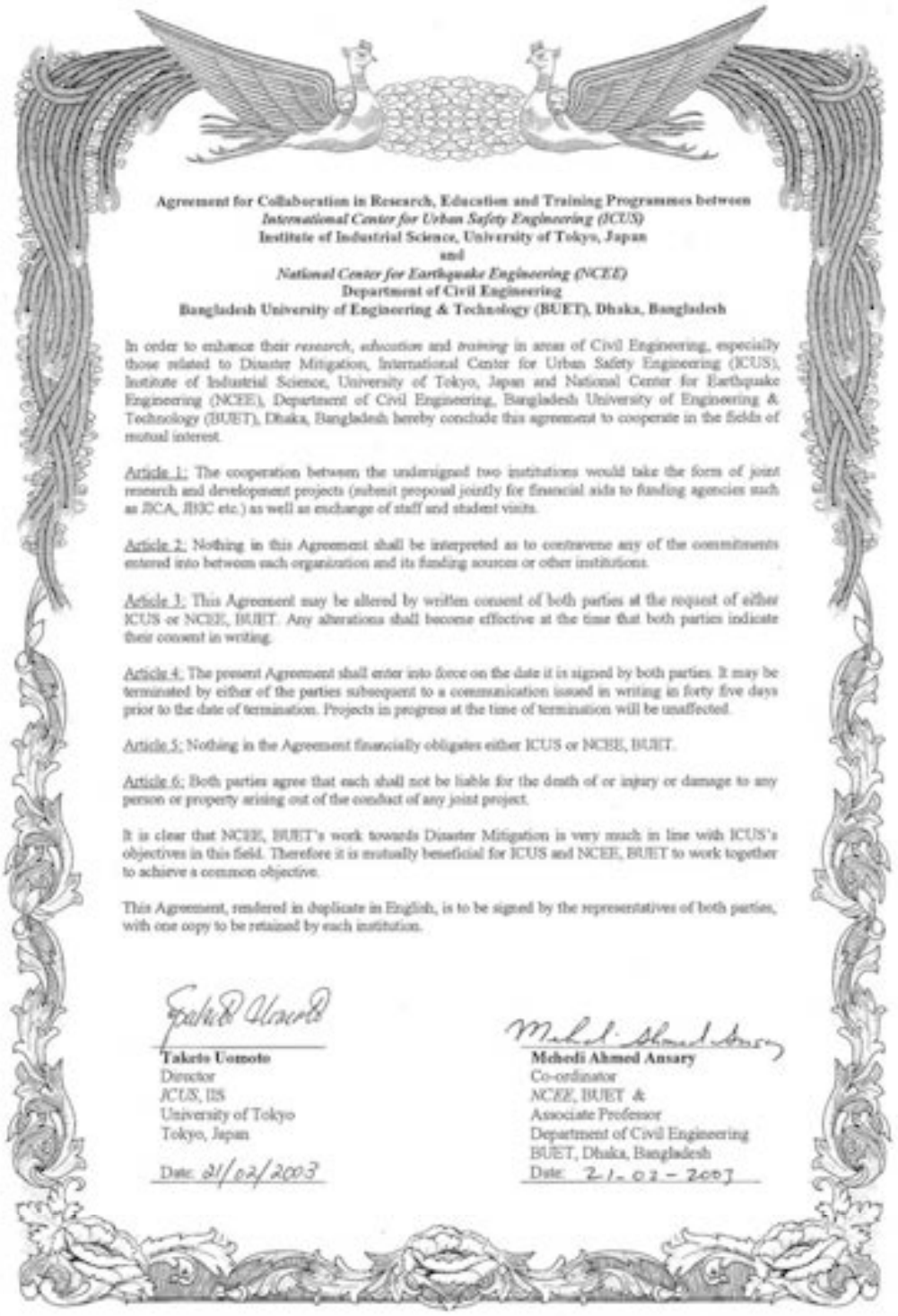
It is clear that Bangladesh Earthquake Society's work towards Disaster Mitigation is very much in line with ICUS's objectives in this field. Therefore it is mutually beneficial for ICUS and BES, Bangladesh to work together to achieve a common objective.

This Agreement, rendered in duplicate in English, is to be signed by the representatives of both parties, with one copy to be retained by each institution.

Takeo Uomoto
Director
ICUS, IIS
University of Tokyo
Tokyo, Japan
Date: 21/02/2003

Mehedi Ahmed Ansary
Member Secretary
BES
Room 644, Civil Engineering
Building, BUET
Dhaka-1000, Bangladesh
Date: 21 - 02 - 2003

Bangladesh Earthquake Society (BES) との間における MOU



Agreement for Collaboration in Research, Education and Training Programmes between
International Center for Urban Safety Engineering (ICUS)
Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan
and
National Center for Earthquake Engineering (NCEE)
Department of Civil Engineering
Bangladesh University of Engineering & Technology (BUET), Dhaka, Bangladesh

In order to enhance their *research*, *education* and *training* in areas of Civil Engineering, especially those related to Disaster Mitigation, International Center for Urban Safety Engineering (ICUS), Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan and National Center for Earthquake Engineering (NCEE), Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering & Technology (BUET), Dhaka, Bangladesh hereby conclude this agreement to cooperate in the fields of mutual interest.

Article 1: The cooperation between the undersigned two institutions would take the form of joint research and development projects (submit proposal jointly for financial aids to funding agencies such as JICA, JBIC etc.) as well as exchange of staff and student visits.

Article 2: Nothing in this Agreement shall be interpreted as to contravene any of the commitments entered into between each organization and its funding sources or other institutions.

Article 3: This Agreement may be altered by written consent of both parties at the request of either ICUS or NCEE, BUET. Any alterations shall become effective at the time that both parties indicate their consent in writing.

Article 4: The present Agreement shall enter into force on the date it is signed by both parties. It may be terminated by either of the parties subsequent to a communication issued in writing in forty five days prior to the date of termination. Projects in progress at the time of termination will be unaffected.

Article 5: Nothing in the Agreement financially obligates either ICUS or NCEE, BUET.

Article 6: Both parties agree that each shall not be liable for the death of or injury or damage to any person or property arising out of the conduct of any joint project.

It is clear that NCEE, BUET's work towards Disaster Mitigation is very much in line with ICUS's objectives in this field. Therefore it is mutually beneficial for ICUS and NCEE, BUET to work together to achieve a common objective.

This Agreement, rendered in duplicate in English, is to be signed by the representatives of both parties, with one copy to be retained by each institution.

Takeru Umeoto
Director
ICUS, IIS
University of Tokyo
Tokyo, Japan
Date: 21/02/2003

Mehedi Ahmed Ansary
Co-ordinator
NCEE, BUET &
Associate Professor
Department of Civil Engineering
BUET, Dhaka, Bangladesh
Date: 21-02-2003

National Center for Earthquake Engineering (NCEE), Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering & Technology (BUET) との間における MOU

MEMORANDUM OF UNDERSTANDING (MOU)ON JOINT RESEARCH
BETWEEN
INTERNATIONAL CENTER FOR URBAN SAFETY ENGINEERING,
INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE,
THE UNIVERSITY OF TOKYO
AND
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,
NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE

The Institute of Industrial Science of The University of Tokyo, Japan, of the one party, and the Department of Civil Engineering, National University of Singapore, Singapore, of the other party, declare that, in order to enhance their research and other academic activities, the two parties have confirmed to cooperate in fields of Urban Safety Engineering and thereby make this MOU..

Article 1. The scope of academic exchange and cooperation covered by this MOU includes the following categories:

1. Exchange of researchers
2. Conducting joint research
3. Organizing academic meetings, symposia and workshops
4. Exchange of information and academic publications

Article 2. Both institutions will make concrete proposals for the implementation of these exchanges and work towards their realization in close contact with each other.

Article 3. Nothing in this joint research agreement financially obligates either party.

Article 4. The present MOU shall be effective for a period of 5 years from the date it is signed by both parties. Its period of validity may be changed with the consent of both parties.

Article 5. Two official versions of this MOU in English are to be signed by the representatives of each party, with one copy to be retained by each institution.

Article 6. This MOU represents the good faith and understanding of the parties to proceed as stated in this MOU but is not intended to have legal or binding effect.

Date: 28 March 2005

Professor Taketo Uomoto
Director
International Center for Urban Safety Engineering
Institute of Industrial Science
The University of Tokyo
Japan

Date: 28 March 2005

Professor Fwa Tien Fang
Head
Department of Civil Engineering
National University of Singapore
Republic of Singapore

Department of Civil Engineering, National University of Singapore との間における MOU

Understanding for Collaboration in Research, Education and Training Programmes
between
International Center for Urban Safety Engineering (ICUS)
Institute of Industrial Science (IIS)
University of Tokyo, Japan
and
Protective Technology Research Centre (PTRC)
School of Civil and Environmental Engineering
Nanyang Technological University, Singapore

In order to enhance research, education and training in areas of Civil Engineering, especially those related to Disaster Mitigation, the International Center for Urban Safety Engineering (ICUS), Institute of Industrial Science (IIS), The University of Tokyo, Japan, and the Protective Technology Research Centre (PTRC), Nanyang Technological University (NTU), Singapore, hereby conclude this Understanding to cooperate in fields of mutual interest.

Article 1:
The cooperation between the undersigned two institutions would take the form of joint research and development projects (submit proposal jointly for financial aid to funding agencies such as JICA, JBIC etc.) as well as exchange of staff and student visits.

Article 2:
Nothing in this Understanding shall be interpreted as to contravene any of the commitments entered into between each institution and its funding sources or with other institutions.

Article 3:
This Understanding may be altered by written consent of both parties at the request of either ICUS-IIS or PTRC, NTU. Any alterations shall become effective from the time that both parties indicate their consent in writing.

Article 4:
This Understanding shall enter into force on the date it is signed by both institutions. It may be terminated by either institution subsequent to a communication issued in writing forty five (45) days prior to the date of termination. Projects in progress at the time of termination will be unaffected.

Article 5:
Nothing in this Understanding financially obligates either ICUS-IIS or PTRC, NTU.

Article 6:
Both institutions agree that each shall not be liable for the death of or injury or damage to any person or property arising out of the conduct of any joint project.

It is clear that PTRC's, NTU, objectives in Protective Technology are very much in line with ICUS's objectives in this field. Therefore it is mutually beneficial for ICUS-IIS and PTRC, NTU, to work together to achieve a common objective.

This Understanding is not intended to create binding or legal obligations on either institution.

This Understanding, rendered in duplicate in English, is to be signed by the representatives of both institutions, with one copy to be retained by each institution.

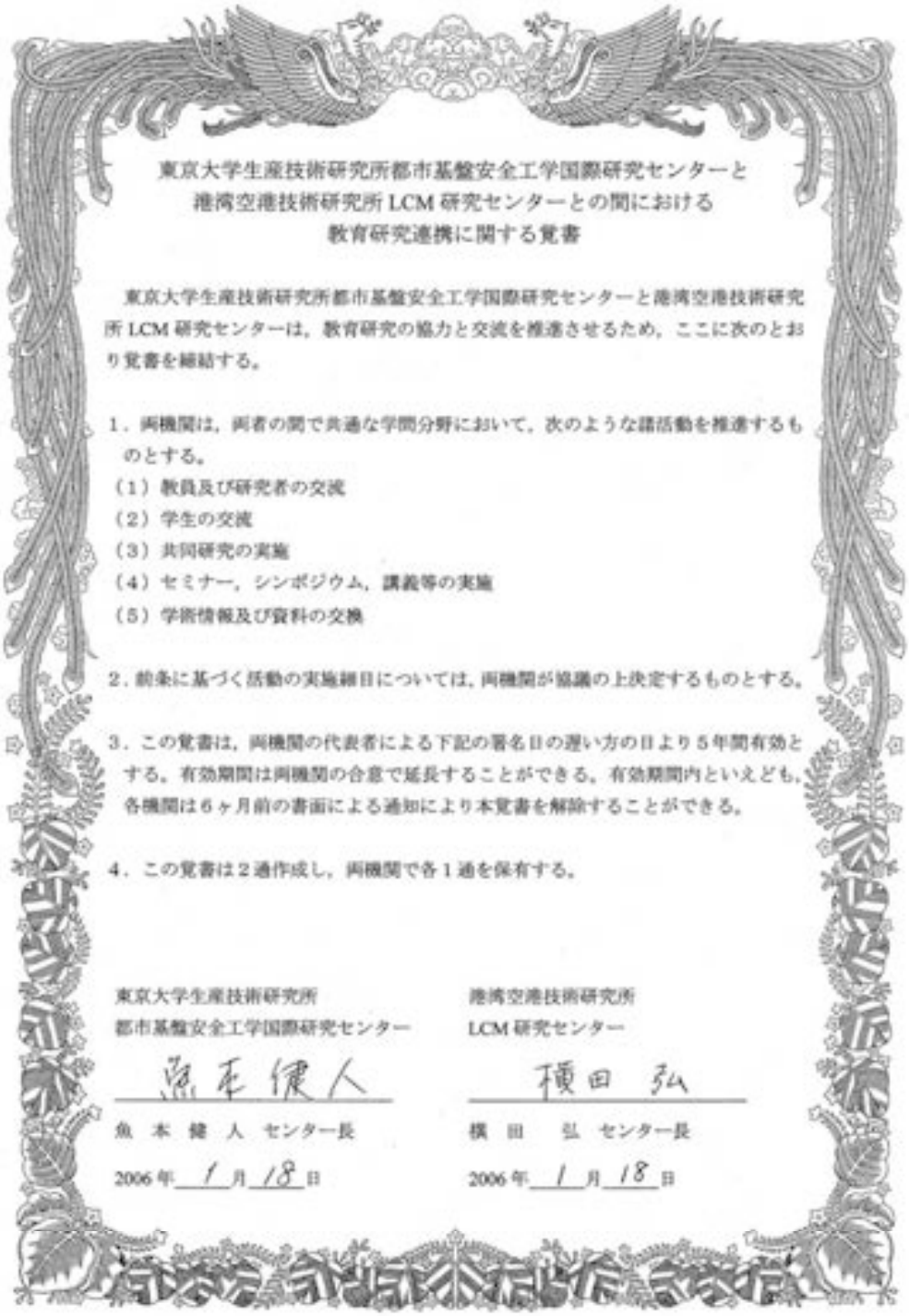
Date: 29 March 2005

Takeo Uomoto
Director
International Center for Urban Safety Engineering (ICUS)
Institute of Industrial Science
The University of Tokyo
Japan

Date: 29 March 2005

Pan Tso-Chien
Director
Protective Technology Research Centre
School of Civil and Environmental Engineering
Nanyang Technological University
Singapore

Protective Technology Research Centre (PTRC), School of Civil and Environment Engineering, Nanyang Technological University, Singapore との間における MOU



東京大学生産技術研究所都市基盤安全工学国際研究センターと
港湾空港技術研究所 LCM 研究センターとの間における
教育研究連携に関する覚書

東京大学生産技術研究所都市基盤安全工学国際研究センターと港湾空港技術研究所 LCM 研究センターは，教育研究の協力と交流を推進させるため，ここに次のとおり覚書を締結する。

1．両機関は，両者の間で共通な学問分野において，次のような諸活動を推進するものとする。
（1）教員及び研究者の交流
（2）学生の交流
（3）共同研究の実施
（4）セミナー，シンポジウム，講義等の実施
（5）学術情報及び資料の交換

2．前条に基づく活動の実施細目については，両機関が協議の上決定するものとする。

3．この覚書は，両機関の代表者による下記の署名日の遅い方の日より５年間有効とする。有効期間は両機関の合意で延長することができる。有効期間内といえども，各機関は６ヶ月前の書面による通知により本覚書を解除することができる。

4．この覚書は２通作成し，両機関で各１通を保有する。

東京大学生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター
魚本健人
魚本 健人 センター長
2006年 1月 18日

港湾空港技術研究所
LCM 研究センター
横田 弘
横田 弘 センター長
2006年 1月 18日

港湾空港技術研究所 LCM 研究センターとの間における MOU

D.　新聞への掲載記事および記者会見

年月日	形式	掲載紙	タイトル	被掲載者
2006.3.21	新聞報道	日本経済新聞	大地震　死んではいけない！	目黒公郎 教授
2006.3.21	新聞報道	東京新聞	防災教育　幼稚園も	目黒公郎 教授
2006.1.27	新聞報道	The Asahi Shimbun	I'll be fine: Eleven years after the 'Imiya memo'	目黒公郎 教授
2006.1.17	新聞報道	東京新聞	危ない！2006ニッポン、地震被害軽減へ進む研究	目黒公郎 教授
2006.1.16	TV	NHK	クローズアップ現代 「大丈夫ですか？　あなたの家～木造住宅・進まぬ耐震化～」	目黒公郎 教授
2006.1.16	TV	日本テレビ	地震防災の重要性	目黒公郎 教授
2006.1.15	新聞報道	朝日新聞	「災害と社会　なぜ備えないのか」進まぬ耐震化　想像欠き「私は安全」	目黒公郎 教授
2006.1.13	TV	NHK 神戸	関西クローズアップ「耐震化　あなたの家は安全？」	目黒公郎 教授
2006.1.13	新聞報道	朝日新聞	レンガの家に荷造りヒモ　震度 5 強に耐えた	目黒公郎 教授
2006.1.9	TV	テレビ東京	迫り来る巨大地震！安心・安全なまちづくり	目黒公郎 教授
2006.1.6	報道	ロイター通信	世界の防災への日本の貢献	目黒公郎 教授
2006.4.10	機関紙	YOZEMI JOURNAL	[国公立大学]研究室 WATCHING 東京大学生産技術研究所 沖・鼎研究室	沖大幹 助教授
2005.12.21	TV	日本テレビ、ニュースプラス 1	「大注目　地震」　気象庁開発の緊急地震速報とは・・・	目黒公郎 教授
2005.12.16	新聞報道	日本経済新聞	荷造り材で耐震補強技術　東大が実証試験	目黒公郎 教授
2005.12.16	新聞報道	朝日新聞	荷造りひも　5 強こらえた	目黒公郎 教授
2005.12.16	TV	ASAHIcom	荷造りひもで耐震補強、震度5強まで実証　東大生産研	目黒公郎 教授

2005.12.16	新聞報道	東京新聞	レンガ家屋に網状のひも･･･耐震性アップ　東大生産研教授ら実験	目黒公郎 教授
2005.12.16	新聞報道	日刊工業新聞	荷造りひもで耐震補強　東大など　組積造建物で実証	目黒公郎 教授
2005.12.15	TV	NHK ニュース	レンガ造り住宅　耐震補強検査	目黒公郎 教授
2005.12.15	新聞報道	日刊工業新聞	パキスタン地震　NPO と連携必要　被害調査団	目黒公郎 教授
2005.12.15	新聞報道	読売新聞	荷造りバンドで耐震アップ、実物大レンガ家屋で実験	目黒公郎 教授
2005.12.22	新聞報道	西日本新聞	水循環の回復と再生を目指して	沖大幹 助教授
2005.11.28	新聞報道	産経新聞 朝刊	東大と鹿島　新システム開発　石油タンクの防災　液面揺動など予測 「揺れ」直前に対策	目黒公郎 教授
2005.11.22	新聞報道	京都新聞	パキスタン地震の被害状況など報告　京大会館で調査速報会	目黒公郎 教授
2005.11.11	新聞報道	朝日新聞 夕刊	弱い壁･基礎で被害拡大　パキスタン大地震　日本の専門化が現地視察 「100ドル補強」など提案	目黒公郎 教授
2005.11.2	新聞報道	毎日新聞	東大･目黒教授がパキスタン地震被災地を視察	目黒公郎 教授
2005.10.28	新聞報道	東京新聞	大切なのは耐震補強	目黒公郎 教授
2005.10.26	新聞報道	読売新聞	「パキスタン地震　日本の貢献は」	目黒公郎 教授
2205.10.21	雑誌掲載	週刊朝日	防災を受験科目に	目黒公郎 教授
2005.10.21	雑誌掲載	週刊朝日	間違いだらけの耐震補強工事　賢い選び方は	目黒公郎 教授
2005.10.11	新聞報道	朝日新聞	石油タンク被害地震直後に予測　東大と鹿島、共同開発	目黒公郎 教授
2005.10.10	新聞報道	セメント新聞	アジアコンクリート連盟　日本で団体登録本格活動開始　インドで第 1 回評議会	魚本健人 教授
2005.10.5	新聞報道	日本食糧新聞	「仮想水を考える　膨大な水輸入国･日本」	沖大幹 助教授

2005.9.29	新聞報道	日経ネット	事前に地震被害を予測・東大と鹿島がシステム開発	目黒公郎 教授
2005.9.29	新聞報道	日経産業新聞	石油タンクの地震被害把握、東大と鹿島がシステム開発	目黒公郎 教授
2005.9.29	新聞報道	日経新聞	石油タンクの地震被害把握、東大などシステム	目黒公郎 教授
2005.9.28	新聞報道	京都新聞	石油基地の地震被害防止へ　東大と鹿島がシステム開発	目黒公郎 教授
2005.9.28	新聞報道	日経新聞	事前に地震被害を予測・東大と鹿島がシステム開発	目黒公郎 教授
2005.9.28	新聞報道	山陰中央新報	石油基地の地震被害防止へ　東大と鹿島がシステム開発	目黒公郎 教授
2005.9.17	新聞報道	防災情報新聞	東京直下大地震　生き残り地図	目黒公郎 教授
2005.9.1	雑誌掲載	KAJIMA ダイジェスト 2005 年 9 月号	特集:地震―事前防災の最新技術　interview　いま、すべきこと　被害抑止力としてのハードの耐震化	目黒公郎 教授
2005.9.1	雑誌掲載	La pomme　9 月号（第 51 巻第 6 号）	震災時のシミュレーションに役立てたい「目黒巻」	目黒公郎 教授
2005.8.22	TV	NHK 名古屋	おはよう東海、ほっとイブニング、おはよう静岡、おはよう福井、おはよう石川、おはよう富山にて、「震災シュミレーション最前線」	目黒公郎 教授
2005.8.21	新聞報道	世界各国を対象とした内閣府の報道	「Disaster Reducation　–Japan's Global Contribution–」	目黒公郎 教授
2005.8.16	TV	テレビ朝日	「報道ステーション」宮城県北部地震と耐震補強の推進	目黒公郎 教授
2005.8.2	雑誌掲載	IT-Pro　日経 BP 社	関東の震度 5 強で露呈した携帯電話の弱点　複数手段に優先順位を付け，日頃から訓練	目黒公郎 教授
2005.8.1	雑誌掲載	日経 BP 社　日経コミュニケーション	「・災害発生！でも業務は止められない　・災害発生！でも業務は止められない　被災企業から学ぶ”3 ナイ”の教訓」	目黒公郎 教授
2005.7.24	新聞報道	しんぶん赤旗	雨水の旅を調べる	沖大幹 助教授

2005.7.11	新聞報道	セメント新聞	アジアコンクリート連盟　東京で正副会長によるプレミーティング	魚本健人 教授
2005.7.1	雑誌掲載	「潮」創刊 45 周年記念号 7 月号第 557 号	地震防災に「耐震補強」が急務	目黒公郎 教授
2005.7.1	新聞報道	夕刊フジ	地震に克つ　首都直下に備える　カギは「中古住宅市場」	目黒公郎 教授
2005.7	新聞報道	JST News	「ヴァーチャルウォーター」が教えてくれること	沖大幹 助教授
2005.6.30	新聞報道	夕刊フジ	地震に克つ　首都直下に備える　「公費で耐震補強」の行方	目黒公郎 教授
2005.6.22	新聞報道	夕刊フジ	地震に克つ　首都直下に備える　「火災の方が恐ろしい」は本当か	目黒公郎 教授
2005.6.19	雑誌掲載	朝日中学生ウィークリー	東大で地震の研究室を見学　中学生も「目黒巻」で防災力つけよう	目黒公郎 教授
2005.6.24	新聞報道	朝日新聞	老朽コンクリ「診断」に商機　築 50 年急増、2020 年ピーク　IC タグ利用・診断キット開発・資格取得 4000 人	魚本健人 教授
2005.6.1	雑誌掲載	「潮」6 月号第 556 号	“大地震”の可能性を検証する	目黒公郎 教授
2005.5.18	新聞報道	読売新聞	省庁横断で戦略立案	沖大幹 助教授
2005.5.13	新聞報道	朝日新聞	干ばつ・洪水水の世紀末　地球温暖化で大河激変	沖大幹 助教授
2005.5.7	新聞報道	朝日新聞	生かせ「福岡沖」の教訓　防災専門家に聞く　耐震補強	目黒公郎 教授
2005.3.31	新聞報道	福井新聞	地球環境フォーラム in ふくい	沖大幹 助教授
2005.3.29	新聞報道	新潟日報	耐震補強を最優先　自助努力生かす政策を	目黒公郎 教授
2005.3.28	新聞報道	朝日新聞	地球温暖化考えて	沖大幹 助教授
2005.3.28	新聞報道	福井新聞	家庭、地域から温暖化防ごう	沖大幹 助教授
2005.3.28	新聞報道	中日新聞	原発が温暖化ガス削減	沖大幹 助教授

2005.3.15	新聞報道	タイ・プーケット・ガゼット	日本の津波警報計画を提案、東大目黒教授新しい津波防災システムを提案	目黒公郎 教授
2005.3.6	新聞報道	朝日新聞	「さらば浪費社会」飽食で増す環境負荷	沖大幹 助教授
2005.2.25	新聞報道	科学新聞	「CREST研究成果から」人間活動の影響を導入した次世代水循環モデル	沖大幹 助教授
2005.2.12	新聞報道	2 月 12 日 産経新聞	阪神大震災 10 年 「減災の要は耐震補強」 建物の事前改修促す新制度を	目黒公郎 教授
2005.2.5	新聞報道	日刊木材新聞	被害抑止力が最重要 震災対策で目黒東大教授講演	目黒公郎 教授
2005.1.15	新聞報道	東京新聞	適切避難で死者の割減 「X秒後に震度△」事前警報 東大教授試算 揺れ到達までの時間使い	目黒公郎 教授
2005.1.15	新聞報道	読売新聞(大阪)	減災 阪神大震災 10 年 「進まぬ住宅耐震化」	目黒公郎 教授
2005.1.15	新聞報道	静岡新聞	大震災10年「阪神」から「東海」へ 住宅再建支援 耐震化促進の戦略性を	目黒公郎 教授
2005.1.12	新聞報道	しんぶん赤旗	首都地震 都心部の救援に支障 シンポで警鐘 “木造密集地で火災”	目黒公郎 教授
2005.1.9	新聞報道	しんぶん赤旗	耐震補強へ新たな支援を阪神・淡路大震災 10 年 東京でシンポ	目黒公郎 教授
2005.1.8	TV	CS放送 アサヒニュースター	防災世界会議について	目黒公郎 教授
2005.1.7	ラジオ	TBSラジオ 東ちずるのグッドモーニングジャパン	「地震防災について」	目黒公郎 教授
2004.11.22	雑誌掲載	アエラ	地震別倒壊度マップ	目黒公郎 助教授
2004.11.22	新聞報道	読売新聞	住宅の耐震化が急務	目黒公郎 助教授
2004.11.13	新聞報道	毎日新聞（千葉版）	ビニールひもで耐震性向上 東大生産技術研千葉実験所一般公開 れんが壁補強を地震工学研究室が説明	目黒公郎 助教授
2004.11.12	新聞報道	毎日新聞	耐震化 中越地震は問う(5)	目黒公郎 助教授

2004.11.4	新聞報道	読売新聞(北陸支社)	緊急点検　大地震への備え 4　ライフライン	目黒公郎 助教授
2004.10.29	TV	テレビ東京	ニュースアイ，大切なのは耐震補強	目黒公郎 助教授
2004.9.24	雑誌掲載	週間ポスト	120 万人が真上に住む「危ない活断層」最新マップ	目黒公郎 助教授
2004.9.15	TV	日本テレビ	ズームイン SUPER	目黒公郎 助教授
2004.9.15	TV	毎日放送 TV	「ちちんぷいぷい」活断層上に 120 万人，関西で 50 万人	目黒公郎 助教授
2004.9.14	新聞報道	読売新聞	活断層の真上に 120 万人	目黒公郎 助教授
2004.8.31	新聞報道	朝日小学生新聞	「そのとき地震がおきたらどうなる？イメージする力をつけよう」	目黒公郎 助教授
2004.8.31	新聞報道	読売新聞	交差点：祖母の傷	目黒公郎 助教授
2004.8.23	新聞報道	セメント新聞	持続可能な構造システム構築に向け東大生研が報告書	魚本健人 教授
2004.8.23	新聞報道	セメント新聞	リサイクルポーラスコン工法を開発　未利用細粒分を大幅抑制	魚本健人 教授
2004.8.5	新聞報道	建設通信新聞	コンクリ構造物の塩分把握　遠隔操作で広範囲に劣化予測　東大生産技術研究所魚本健人教授ら開発	魚本健人 教授
2004.7.6	新聞報道	日経産業新聞	コンクリ劣化遠隔検査　東大近赤外線センサー使う	魚本健人 教授
2004.7.6	新聞報道	朝日新聞	コンクリート劣化、赤外光で診断　東大生産研が開発　内部も推定可能	魚本健人 教授
2004.7.6	新聞報道	日刊工業新聞	コンクリ劣化物質　近赤外分光で検出　大断面の測定に利点	魚本健人 教授 金田尚志 特任助手
2004.7.6	新聞報道	化学工業日報	コンクリート構造物劣化診断 非接触・非破壊で迅速 東大が新手法 近赤外分光技術を応用	魚本健人 教授 金田尚志 特任助手

2004.6.26	新聞報道	山梨日日新聞	山梨彩時記・夏「梅雨空に思い巡らす」	沖大幹 助教授
2004.6.26	新聞報道	朝日ニュースター	「キッズニュース」HOT ワード	沖大幹 助教授
2004.6.20	新聞報道	静岡新聞	耐震　東海地震は今　犠牲者の声に学べ	目黒公郎 助教授
2004.6.20	新聞報道	朝日ニュースター	「キッズニュース」HOT ワード	沖大幹 助教授
2004.6.18	新聞報道	静岡新聞	耐震　東海地震は今　新制度　自助努力にケアを	目黒公郎 助教授
2004.6.12	TV	仙台放送	Catch　特集　1978 年宮城県沖地震から 26 年　耐震補強の重要性	目黒公郎 助教授
2004.6.11	新聞報道	神戸新聞	絵本「地震のこと　はなそう」耐震補強の大切さ訴え	目黒公郎 助教授
2004.6.9	新聞報道	毎日新聞	地震への備え　絵本で訴え	目黒公郎 助教授
2004.6.7	新聞報道	東京新聞	絵本で耐震補強のススメ	目黒公郎 助教授
2004.6.3	新聞報道	中日新聞	▲ほん▼地震のこと　はなそう	目黒公郎 助教授
2004.5.25	新聞報道	東京新聞	ほん「地震のことはなそう」	目黒公郎 助教授
2004.5.24	新聞報道	河北新聞	荷造りひもで耐震性強化　れんが積み上げの住宅　東大生産技研　目黒助教授ら開発	目黒公郎 助教授
2004.5.24	新聞報道	高知新聞	荷造りひもでれんが補強　イラン住宅の耐震性向上　東大助教授ら普及目指す	目黒公郎 助教授
2004.5.18	新聞報道	琉球新報	荷造りひもでれんが補強　安価で取りつけ簡単	目黒公郎 助教授
2004.5.14	新聞報道	朝日新聞	〈迫る巨大地震〉上：進まぬ住宅耐震化	目黒公郎 助教授
2004.5.13	新聞報道	朝日新聞 朝刊	「東京の雨はブレンド品」	沖大幹 助教授
2004.5.13	新聞報道	日刊工業新聞	「地球規模で雨の起源推定」	沖大幹 助教授

2004.5.13	新聞報道	静岡新聞	耐震性向上へ荷造りひも　イラン住宅のれんが補強　安価，取り付け簡単　東大が開発	目黒公郎 助教授
2004.5.10	新聞報道	岩手日報	大惨事招いたレンガ住宅　荷造りひもで耐震性向上　安価　取り付けも簡単　東大助教授普及目指す	目黒公郎 助教授
2004.5.10	新聞報道	大分合同新聞	れんが住宅地震から守れ　荷造りひもで耐震性アップ	目黒公郎 助教授
2004.5.4	新聞報道	山陽新聞	荷造りひもでれんが補強　目黒助教授（東大生産技術研究所）ら開発　アドベ住宅の耐震性向上　イランでの普及目指す	目黒公郎 助教授
2004.5.3	新聞報道	信濃毎日新聞	科学：地震に弱い日干しれんが造り「荷造りひも」で耐震化　東大生産技術研グループ開発	目黒公郎 助教授
2004.3.29	新聞報道	静岡新聞	東海地震　目黒助教授講演会	目黒公郎 助教授
2004.3.29	新聞報道	読売新聞	イランの日干しレンガ壁、安い荷造りヒモで補強OK	目黒公郎 助教授
2004.3.14	新聞報道	赤旗	水の問題は食べ物の問題『水輸入大国』新シリーズ「日本の食」	沖大幹 助教授
2004.1.23	新聞報道	静岡新聞	研究成果　寸劇やクイズで　学生が防災サミット	目黒公郎 助教授
2004.1.7	新聞報道	静岡新聞	都市基盤安全工学国際研究センターの目黒公郎教授が「阪神・淡路大地震」の教訓を語る	目黒公郎 助教授
2003.12.26	新聞報道	神戸新聞	耐震化促進へ制度改善を：目黒公郎氏	目黒公郎 助教授
2003.12.23	TV	岡山テレビ	１年間をふりかえる報道特番.地震防災	目黒公郎 助教授
2003.12.11	TV	大阪テレビ，大阪イブニング	新しい地震危険度評価システム	目黒公郎 助教授
2003.12.9	新聞報道	朝日新聞	弱い家補強こそ損害を減らす道　目黒公郎・東大助教授	目黒公郎 助教授
2003.12.4	新聞報道	日本農業新聞	「水」から世界見える	沖大幹 助教授
2003.11.20	TV	NHK，朝の NHK ニュース	地震防災対策	目黒公郎 助教授

2003.11.13	記者会見	第 40 回生研定例記者会見	巨大都市の安全性向上のための戦略 —都市基盤情報の統合データベース構築を目指したタイ国リエゾンオフィスの開設—	魚本健人 教授
2003.11.10	雑誌掲載	アエラ「コメンタリー」	震災補償 備えで差を	目黒公郎 助教授
2003.11.10	新聞報道	日本水道新聞	水文・水資源学会 気候変動と水資源研究会が発足 専門家が影響を検討	沖大幹 助教授
2003.10.26	新聞報道	岩手日報	こんにち話 防止には想像力必要 目黒公郎さん	目黒公郎 助教授
2003.10.13	新聞報道	新潟日報	住宅耐震化進めよう 目黒公郎	目黒公郎 助教授
2003.10.7	TV	テレビ朝日，ワイドスクランブル	地震防災	目黒公郎 助教授
2003.10.5	新聞報道	徳島新聞	住宅の耐震化	目黒公郎 助教授
2003.10.5	TV	6 チャンネル	6 時のニュース.防災ニュース	目黒公郎 助教授
2003.10.5	TV	NHK	8 時 45 分のニュース，UNU 講演会における目黒の講演内容の紹介	目黒公郎 助教授
2003.10.3	新聞報道	信濃毎日新聞（夕刊）	自助努力促す施策を 住宅の耐震化	目黒公郎 助教授
2003.9.29	新聞報道	山形新聞	地震に備える 「住宅の耐震化進めよう」	目黒公郎 助教授
2003.9.29	新聞報道	日本海新聞（鳥取）	地震に備える 住宅の耐震化を進めよう 目黒公郎さん	目黒公郎 助教授
2003.9.28	新聞報道	愛媛新聞	「地震活動期迎えた日本 耐震補強が最重要 自助努力後の被災補助を」	目黒公郎 助教授
2003.9.25	新聞報道	中国新聞	「古い家の耐震化急げ」	目黒公郎 助教授
2003.9.22	新聞報道	京都新聞	「大地震に備える住宅の耐震化推進 倒壊してからでは遅い」	目黒公郎 助教授
2003.9.22	新聞報道	千葉日報	住宅の耐震化	目黒公郎 助教授
2003.9.21	新聞報道	産経新聞	地震そのとき我が家は・・・CG で家具・家屋倒壊を仮想体験 東大など共同開発	目黒公郎 助教授

2003.9.21	新聞報道	東奥新聞	「地震に備え自助努力　住宅の耐震化進めよう」	目黒公郎 助教授
2003.9.21	新聞報道	岐阜新聞	「住宅の耐震化が急務　自助努力促す制度を」	目黒公郎 助教授
2003.9.20	新聞報道	読売新聞（夕刊）	THE 地震展，研究者４人の特別講演会，まず建物の耐震補強	目黒公郎 助教授
2003.9.2	TV	TBS	ウォッチ，大震災がきたら東京は大丈夫！？	目黒公郎 助教授
2003.9.1	新聞報道	読売新聞	顔　震災の犠牲，無駄にしない	目黒公郎 助教授
2003.9.1	TV	TBS	報道特別番組　検証・首都圏直下地震の衝撃　どう備える	目黒公郎 助教授
2003.9.1	TV	日本テレビ	防災特別番組	目黒公郎 助教授
2003.9.1	TV	シティテレビ中野	防災講演会「迫る大地震、あなたの家は大丈夫？」	目黒公郎 助教授
2003.8.31	新聞報道	赤旗新聞	防災	目黒公郎 助教授
2003.8.31	新聞報道	赤旗日曜版	地震　耐震補強のすすめ	目黒公郎 助教授
2003.8.28	TV	NHK	おはよう日本 『目黒メソッド』	目黒公郎 助教授
2003.8.28	新聞報道	読売新聞	地震展の特別講演会	目黒公郎 助教授
2003.8.23	雑誌掲載	NICE ビジネスレポート	問われる住宅技術者の説明責任	目黒公郎 助教授
2003.8.23	新聞報道	産経新聞	関東大震災から80周年　③　事後対応より事前の対策	目黒公郎 助教授
2003.8.21	TV	日本テレビ系 31 局（全国ネット）	ご存知ですか　防災ミニ百科	目黒公郎 助教授
2003.8.21	新聞報道	読売新聞	読売新聞 地震防災学習に新装置	目黒公郎 助教授
2003.8.21	新聞報道	日経産業新聞	震災時に被害ネットで体験　東大がシステム	目黒公郎 助教授

2003.8.21	新聞報道	日刊工業新聞	防災対策，定量的にシミュエーション　東大がシステム	目黒公郎 助教授
2003.8.21	新聞報道	産経新聞	関東大震災から80周年　②「耐震性」が死亡率左右	目黒公郎 助教授
2003.8.16	新聞報道	読売新聞	「読売寸評」	沖大幹 助教授
2003.7.23	新聞報道	朝日新聞朝刊	大地震の備え大丈夫？中野区きょう防災講演会「迫る大地震，あなたの家は大丈夫？」	目黒公郎 助教授
2003.7.23	新聞報道	読売新聞朝刊	防災講演会「迫る大地震，あなたの家は大丈夫？」	目黒公郎 助教授
2003.6.18	新聞報道	日経産業新聞	東大・東電新システム、地震被害、予測誤差10%に――電力消費から推定。	目黒公郎 助教授
2003.6.16	新聞報道	毎日新聞	「『仮想水』を見る」発信箱、高橋豊	沖大幹 助教授
2003.6.14	新聞報道	東京新聞夕刊	倒壊が火を招く「延焼の元　耐震補強急げ」東京大学助教授　関東大震災分析	目黒公郎 助教授
2003.6.10	新聞報道	東京大学新聞	「水問題を考える」	沖大幹 助教授
2003.5.22	新聞報道	朝日新聞夕刊	関東大震災、今の耐震基準なら延焼少なく　東大研試算	目黒公郎 助教授
2003.5.8	新聞報道	日本工業新聞	東大生研などがコンクリ橋梁の劣化診断システムを開発	魚本健人 教授
2003.5.11	新聞報道	毎日新聞	コンクリート　橋の劣化診断ソフトを開発　東大生産技術研	魚本健人 教授
2003.3.26	新聞報道	東京新聞(夕刊)	イメージ訓練を！目黒公郎東大助教授が提言，地震対策事前準備につながる	目黒公郎 助教授
2003.3.4	新聞報道	読売新聞	『水の世紀 1』「仮想水」640 億トン日本に	沖大幹 助教授
2003.3.23	新聞報道	読売新聞	シンポジウムの詳細報告	沖大幹 助教授
2003.3.17	新聞報道	読売新聞	シンポジウム報告	沖大幹 助教授
2003.3.17	新聞報道	水フォーラム新聞	論点・焦点「水と食糧」	沖大幹 助教授

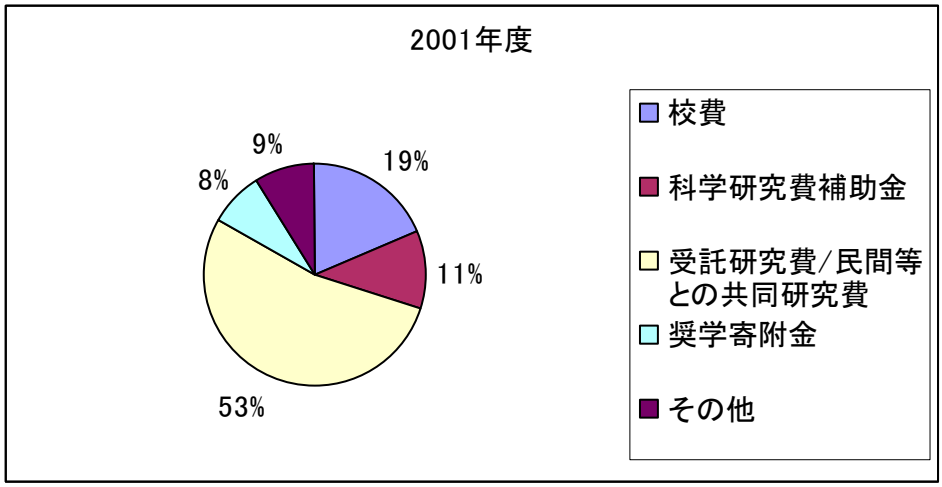
2003.3.13	新聞報道	朝日新聞	「命の源はいま」国境を越え　水は巡る	沖大幹 助教授
2003.2.22	新聞報道	秋田魁新報	社説「世界水フォーラム―立ち止まって見直しを―」	沖大幹 助教授
2003.2.16	新聞報道	北海道新聞	卓上四季「日本は『世界一の水の輸入国』だという」	沖大幹 助教授
2003.1.19	新聞報道	東京新聞　朝刊 中日新聞	「『仮想水』輸入量は世界一」	沖大幹 助教授
2003.1.1	新聞報道	京都新聞　朝刊	「水は本当に豊かか」	沖大幹 助教授
2003.1.1	新聞報道	毎日新聞　朝刊	「水の豊かな日本、どこへ」	沖大幹 助教授
2003.1.1	新聞報道	山陽新聞　朝刊	「水は本当に豊かか」	沖大幹 助教授
2002.12.9	新聞報道	保険銀行新聞	効果的な防災対策を実現するために　ハードとソフト、事前と事後　下	目黒公郎 助教授
2002.12.6	新聞報道	保険銀行新聞	効果的な防災対策を実現するために　ハードとソフト、事前と事後　上	目黒公郎 助教授
2002.10.17	新聞報道	朝日新聞　夕刊	「日本は水を大量輸入？」	沖大幹 助教授
2002.9.13	新聞報道	京都新聞　朝刊	エコ研究最前線「物に形を変え膨大な量を輸入」	沖大幹 助教授
2002.8.27	新聞報道	日本工業新聞	「次代を想う　環境主義への提言」	沖大幹 助教授
2002.8.20	新聞報道	ジャパンタイムズ	″Researcher urges water consciousness″	沖大幹 助教授
2002.8.13	新聞報道	山陽新聞	「海外から年間 1000 億トン以上」	沖大幹 助教授
2002.8.9	雑誌掲載	日経コンストラクション	大学を技術開発のパートナーに　未利用特許や共同研究がもたらす新たなビジネスチャンス　約 20 社が補修工法を共同開発	魚本健人 教授
2002.8.8	新聞報道	産経新聞朝刊	地震防災イランに協力　計画策定ノウハウ伝授	目黒公郎 助教授
2002.8.8	新聞報道	毎日新聞　朝刊	耐震化の必要性感じた	目黒公郎 助教授

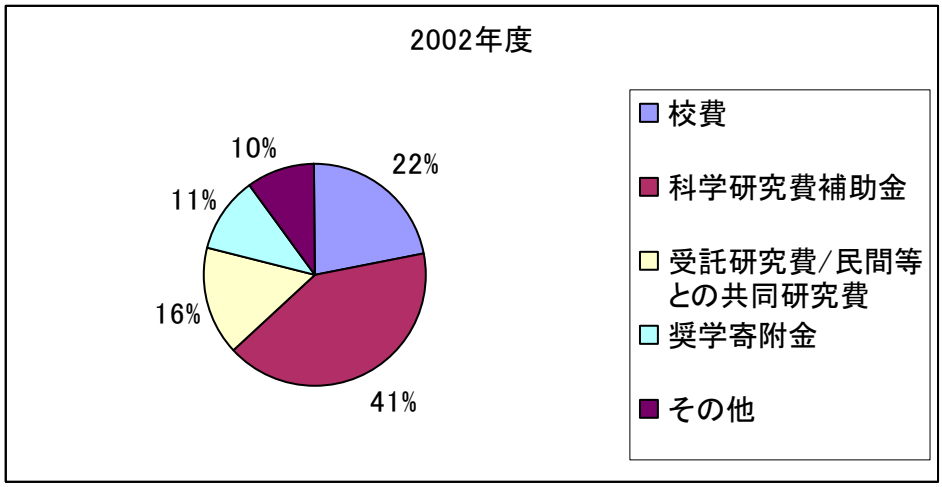
2002.8	雑誌掲載	S&Tジャーナル	第 51 回　研究室訪問　東京大学生産技術研究所魚本研究室　コンクリート構造物の「専門医」	魚本健人 教授
2002.7.31	新聞報道	毎日新聞	「明日の地球は…(6)」商品化めぐり争い激化、枯渇する水	沖大幹 助教授
2002.7.23	新聞報道	読売新聞	「輸入品を国内生産すると水使用量は 2 倍に」	沖大幹 助教授
2002.7.23	新聞報道	読売新聞	「『仮想水』1035 億トン」	沖大幹 助教授
2002.7.23	新聞報道	日本工業新聞	「国内の年間水資源使用量半分を海外依存」	沖大幹 助教授
2002.7.22	新聞報道	日本経済新聞	「忍び寄る水資源危機　石油並みの戦略物質に」	沖大幹 助教授
2002.7.19	新聞報道	日刊工業新聞	「水資源　牛の飼育に 10 万倍必要」	沖大幹 助教授
2002.2.25	新聞報道	東大新報	【企画】知の肖像　生産技術研究所　目黒公郎助教授　　災害の軽減が目的　最重要課題から挑戦	目黒公郎 助教授
2002.2.19	新聞報道	毎日新聞　朝刊	巨大地震に備える　個人が災害のイメージを	目黒公郎 助教授
2002.2.8	新聞報道	毎日新聞　朝刊	巨大地震に備える　　強い都市づくりを	目黒公郎 助教授
2002.1.29	新聞報道	毎日新聞　朝刊	巨大地震に備える　都市づくり　個人が災害のイメージを	目黒公郎 助教授
2002.1.28	新聞報道	水道産業新聞	目黒助教授らが講演　東大土木工学研究会　「都市基盤の安全工学」で	安岡善文 教授 大岡龍三 助教授 目黒公郎 助教授 高橋健文 客員教授 魚本健人 教授
2002.1.28	新聞報道	水道産業新聞	目黒助教授らが講演　東大土木工学研究会”都市基盤の安全工学で”	目黒公郎 助教授

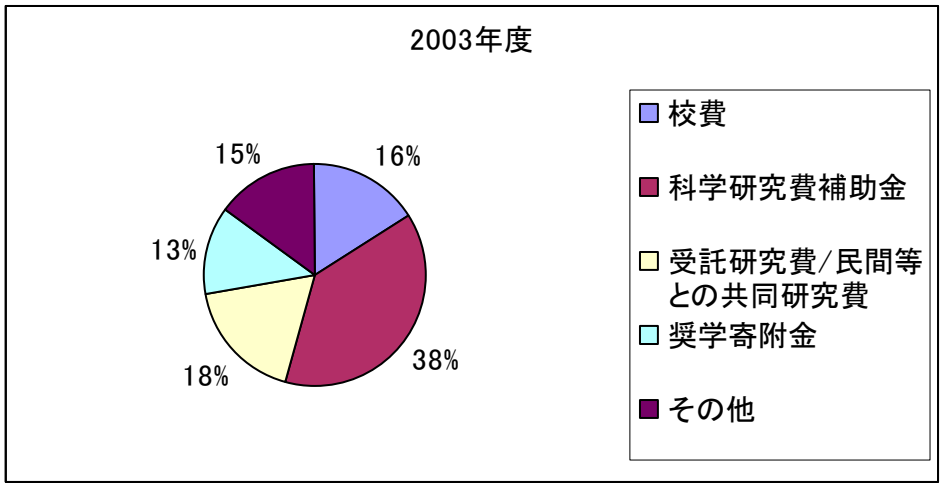
2002.1.1	雑誌掲載	TRIGGER	防災力・危機管理力を向上させる使えるマニュアルとは	目黒公郎 助教授
2001.11.25	新聞報道	京都新聞	住宅の耐震補強で震災復興が大幅減	目黒公郎 助教授
2001.11.25	新聞報道	日本経済新聞朝刊	対新住宅に「震災補償」導入で… 復興費は大幅減	目黒公郎 助教授
2001.11.23	新聞報道	日刊工業新聞	次世代型の防災マニュアル構築 総合的防災力を向上	目黒公郎 助教授
2001.11.20	新聞報道	建設通信新聞	脚光浴びるコンクリート診断士 時代の要請にこたえ社会的使命果たす 大切なのは「点検」と「劣化予測」	魚本健人 教授
2001.11.15	新聞報道	日本工業新聞朝刊	時系列で示し事前に最適配分 東大生研が防災マニュアル構築システム 政府や地方自治体向けに開発	目黒公郎 助教授
2001.11.10	新聞報道	静岡新聞 朝刊	被災の耐震住宅に行政補助 補強促進へ新提案 静岡 地域安全学会が開幕	目黒公郎 助教授
2001.11.10	新聞報道	静岡新聞 朝刊	被災の耐震住宅に行政補助	目黒公郎 助教授
2001.11.8	新聞報道	コンクリート工業新聞	コンクリートの診断と診断士 人材の育成が大切	目黒公郎 助教授
2001.9.19	新聞報道	読売新聞 夕刊	米同時テロ 日本の高層ビルなら 柱太く「崩壊の恐れ少ない」	目黒公郎 助教授
2001.9.1	新聞報道	日本海新聞	防災意識の高揚、体制強化を	目黒公郎 助教授
2001.9.1	新聞報道	四国新聞	防災意識を高める機会	目黒公郎 助教授
2001.9.1	新聞報道	大分合同新聞	身近な防災を強めよう	目黒公郎 助教授
2001.8.31	新聞報道	長崎新聞	防災の日 身近な備えから強めよう	目黒公郎 助教授
2001.7.1	雑誌掲載	文藝春秋	災害ダメージを最小限にとどめるために	目黒公郎 助教授
2001.6.4	新聞報道	静岡新聞 朝刊	被害最小へ県民備え 防災シンポ盛況	目黒公郎 助教授
2001.6.4	新聞報道	中日新聞 朝刊	住宅耐震化の必要性強調	目黒公郎 助教授

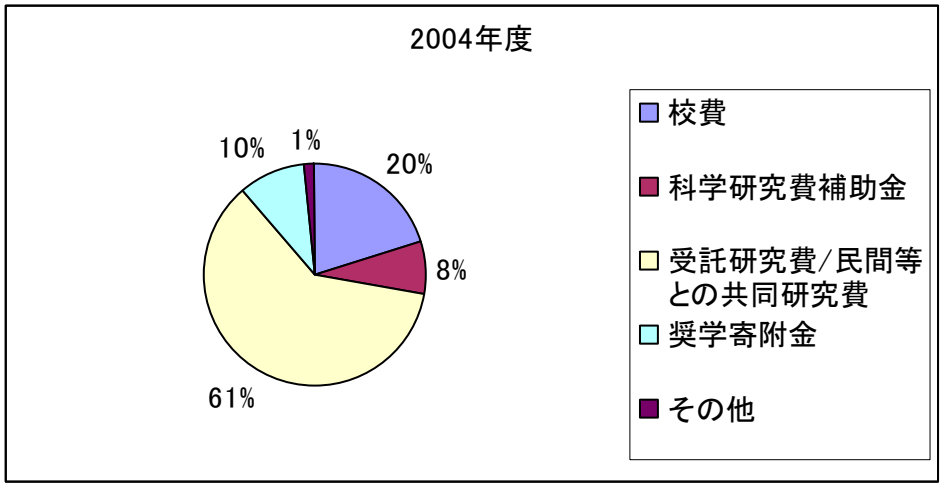
2001.6.4	新聞報道	毎日新聞　朝刊	起きてからでは遅い　静岡で東海地震シンポ	目黒公郎
				助教授
2001.5.15	新聞報道	静岡新聞　朝刊	家具の動きをアニメで解析	目黒公郎
				助教授

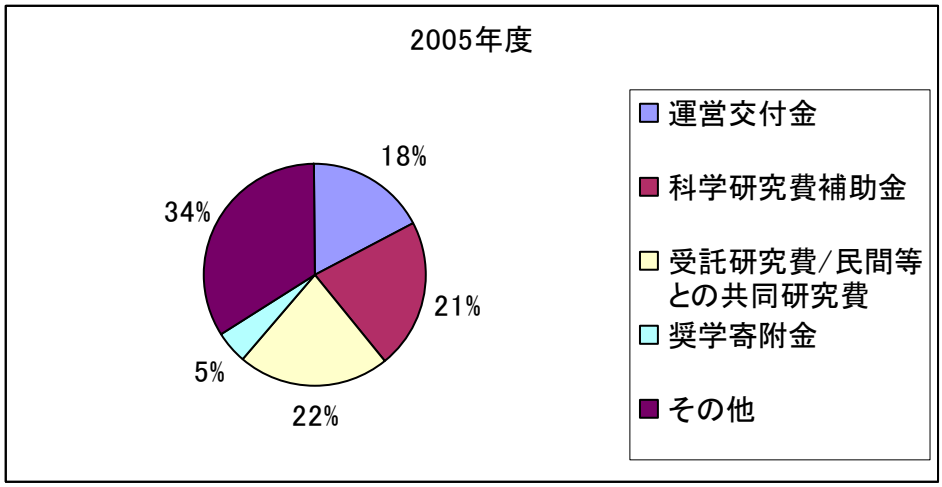
E.　過去 5 年間の ICUS の予算内訳








2004年度
10%
1%
20%
8%
61%
校費
科学研究費補助金
受託研究費/民間等との共同研究費
奨学寄附金
その他

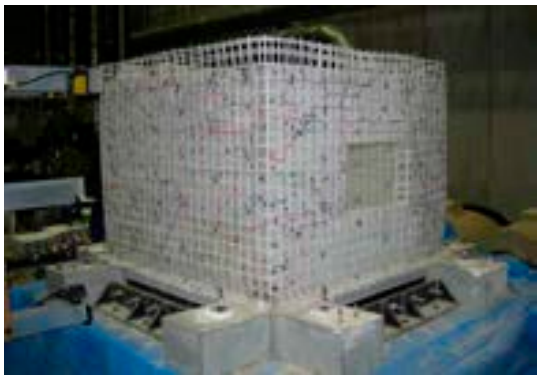

2005年度
18%
34%
21%
5%
22%
運営交付金
科学研究費補助金
受託研究費/民間等との共同研究費
奨学寄附金
その他

肩書	氏名	2001									2002												2003												2004												2005												2006		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
教授	魚本健人																																																												
教授	目黒公郎																																											12/1～教授															
客員教授	天野玲子																																			3/1～																								
助教授	大岡龍三																																																												
助教授	加藤佳孝												4/1～																																														
講師	須崎純一																																							8/1～			2/1～（AIT）																
助手	遠藤貴宏																								4/1～																																			
助手	吉村美保																										6/1～																																
特任助手	金田尚志																																																			8/1～							
特任研究員	Rakutipong Sahamitmongkol																																																					10/1～					
秘書	吉本英子																	9/1～週3回																1/1～週4回																										
研究員	徳田稔夫																																																	研究員										
助手	越智士郎																							～3/31																																				
客員教授	Misra Sudhir						9/1～12/10										7/15～												～7/20									研究員																							
客員教授	高橋健文									12/1～																							～11/30					研究員																							
客員教授	瀬戸島政博												4/1～																										～6/30			研究員																		
教授	安岡善文																																										～10/30																	
助教授	Dutta Dushmannta																															11/1～助教授11/5～AITへ長期出張3ヶ月に1度帰国																				7月21日			研究員					
特任助教授	Ansary Mehedi Armed																																																										1/16～3/15		
客員教授	林　省吾																																							7/1～																				
助教授	沖　大幹																																																3/1～											

ICUS の歩み

2001	ICUS 設立 第 1 回オープンレクチャ 2001 年度生研公開 ワークショップ（AIT） セミナー（IIS） インド・グジャラート地震被害調査 ペルー地震被害調査
2002	第 2 回オープンレクチャ 2002 年度生研公開 第 3 回オープンレクチャ 第 1 回 USMCA（バンコク･タイ） RNUS 開設 WTC テロ被害調査 コンクリート橋梁の基礎調査(首都圏・バンコク市)

2003	BUET（バングラデシュ）と MOU BES（バングラデシュ）と MOU 第 4 回オープンレクチャ 2003 年度生研公開 第 5 回オープンレクチャ 千葉実験所公開 第 2 回 USMCA(東京･日本) アルジェリア・ブーメルダス地震被害調査
2004	第 6 回オープンレクチャ 2004 年度生研公開 第 7 回オープンレクチャ 千葉実験所公開 第 3 回 USMCA(アグラ･インド) IIT･カンプール校(インド)と MOU 耐震化促進資料作成（総務省消防庁） イラン・バム地震被害調査 新潟中越地震被害調査



2005	第 8 回オープンレクチャ NUS(シンガポール)と MOU PTRC･NTU(シンガポール)と MOU 2005 年度生研公開 第 9 回オープンレクチャ 第 4 回 USMCA（シンガポール） 千葉実験所公開 メンテナンステクノショー2005 港湾技研 LCM センターと MOU 震災対策技術展 PP バンド補強耐震実験 防災マニュアル作成(和歌山市) 東大病院と共同研究 スマトラ地震津波被害調査 インド･パキスタン国境カシミール地震被害調査 コンクリート橋梁の劣化診断調査(多摩川) コンクリート道路橋の健全度モニタリング・システムの開発

2006	アルジェリア・首都アルジェ圏の地震マイクロゾーニング調査