

日本地震工学会
リモートセンシング技術を用いた災害軽減に
関する研究委員会 最終報告書

2009 年 3 月

リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する
研究委員会

目 次

1 . 研究委員会の概要	.....	1
2 . 研究会活動	.....	2
3 . 国際ワークショップ	.....	3
4 . リモートセンシングデータの購入・共有	.....	8
5 . オーガナイズ・セッションの開催	.....	21
6 . まとめ	.....	22

1. 研究委員会の概要

(1) 設置目的

近年におけるリモートセンシング技術の発展は著しいものがあり、地震や津波などの大規模災害が発生した場合の被害情報の収集手段や、平常時の空間データの取得手段として、有効性が示されつつある。とくに近年打ち上げられた商業用の高解像度光学センサ衛星（Ikonos, QuickBird など）や合成開口レーダ衛星(Envisat/ASAR, ALOS/PALSAR など)は、2003年イラン・バム地震、2004年新潟県中越地震、2004年スマトラ島沖地震津波、2006年ジャワ島中部地震などの災害において、迅速かつ明瞭に被害の状況を捉え、災害救援や応急復旧・復興などに極めて重要な情報を提供した。また、これらのリモートセンシングデータは、3次元都市モデルの構築などのリスク評価におけるデータ整備においても利用され始めた。

このようなリモートセンシングの災害軽減への利用に関して、本研究委員会のメンバーは、以前よりそれぞれ独自に研究を行うとともに、米国地震工学会(EERI)や米国多領域地震工学研究センター(MCEER)などと協力して、同分野の国際ワークショップを2005年までに計3回開催してきた。また、第4回目の以降の国際ワークショップに関しても、本研究委員会のメンバーが多数出席する予定である。

このような背景より、これまでの研究をより統合した形で発展させ、国際的な協力体制を築き上げるために、日本地震工学会の研究委員会として申請することにした。

(2) 活動期間

2006年9月1日～2009年3月31日

(3) 組織

- 委員長： 山崎文雄（千葉大学 大学院工学研究科）
- 副委員長： 翠川三郎（東京工業大学 大学院総合理工学研究科）
- 幹事： 松岡昌志（産業技術総合研究所 情報技術研究部門）
- 委員： 清野純史（京都大学 大学院工学研究科）
越村俊一（東北大学 大学院工学研究科）
庄司 学（筑波大学大学院 システム情報工学研究科）
高島正典（富士常葉大学 大学院環境防災研究科）
中井正一（千葉大学 大学院工学研究科）
能島暢呂（岐阜大学 工学部）
丸山喜久（千葉大学 大学院工学研究科）
三浦弘之（東京工業大学 大学院総合理工学研究科）
村尾 修（筑波大学 大学院システム情報工学研究科）

2. 研究会活動

本研究委員会では2年半の活動期間内に、計8回の研究会を開催した。各回においては、委員会メンバー等による話題提供を行うとともに、委員会活動に関する様々な審議を行った。話題提供は以下の内容で行われた。なお、発表資料のPDFは、以下のJAEEホームページに掲載している。<http://www.jaee.gr.jp/research/res08/res08.html>

第1回委員会（2007年3月2日，東京工業大学田町キャンパス）

- ・合成開口レーダ（SAR）による地震被害把握（松岡昌志）
- ・リモートセンシング技術による建物インベントリと地震被害想定（三浦弘之）

第2回委員会（2007年6月26日，産業技術総合研究所秋葉原オフィス）

- ・津波数値シミュレーションとリモートセンシングとの融合（越村俊一）
- ・Remotely sensed monitoring tsunami-affected areas: Banda Aceh case（Thuy T. Vu）
- ・GEO (Global Earth Observation) Grid について（松岡昌志）

第3回委員会（2007年9月4日，産業技術総合研究所秋葉原オフィス）

- ・震災復興デジタルアーカイブとしての Chi-Chi City on Google Earth の構築（村尾修）
- ・QuickBird 画像と航空写真による移動体の速度検出（山崎文雄，Liu Wen）
- ・中越沖地震における原子力発電所の被害（中井正一）

第4回委員会（2007年12月12日，東京工業大学田町キャンパス）

- ・2004年インド洋大津波による橋梁構造物の被災（庄司学）
- ・DMSP を用いたハリケーンカトリーナ被災地の復興状況のモニタリング（高島正典）
- ・PALSAR および ASTER データによる2007年ペルー沖地震の被害地域抽出（松岡昌志）

第5回委員会（2008年3月10日，産業技術総合研究所秋葉原オフィス）

- ・アナログ航空写真とデジタル航空写真を用いた新潟県中越地震における高速道路被害抽出結果の比較（丸山喜久）
- ・都市域における TerraSAR-X 画像の特徴と QuickBird 画像との比較（三浦弘之）
- ・GEO Grid の開発状況（松岡昌志）

第6回委員会（2008年6月9日，産業技術総合研究所秋葉原オフィス）

- ・産総研における中国・四川大地震での解析結果（松岡昌志）
- ・中国四川省地震での被災地における TerraSAR-X 画像の特徴（三浦弘之）
- ・Damage Detection of the 2008 Sichuan, China, Earthquake using ALOS/AVNIR-2 Images(Liu Wen , 山崎文雄)

第7回委員会（2008年9月8日，東京工業大学田町キャンパス）

- ・Multi-Scale Approach Assess the Impact of Major Tsunami Disaster（越村俊一）
- ・中国四川省地震による岩石流（山崎文雄）

第8回委員会（2009年1月29日，産業技術総合研究所秋葉原オフィス）

- ・震度情報とリモートセンシング情報の統合処理（能島暢呂）
- ・分光観測に基づく光学センサ画像の影補正（山崎文雄）

3 . 国際ワークショップ

リモートセンシングの災害軽減への利用に関して、本研究委員会のメンバーは、米国地震工学会(EERI)や米国多領域地震工学研究センター(MCEER)などと協力して、同分野の国際ワークショップを2003年より毎年継続して開催してきた。以下に、これまでに開催された計6回の国際ワークショップの概要を述べるとともに、本研究委員会の活動期間内に開催された最近の3回の国際ワークショップに関しては、委員会メンバーの報告内容も紹介する。

(1) 第1回国際ワークショップ (September 13, 2003, Irvine, CA, USA)

“Workshop on Application of Remote Sensing Technologies for Disaster Response”

Fifteen leading experts in the field of remote sensing technologies met to discuss its use in and application for improved disaster response. Topics included:

- ✓ Using airborne or satellite technologies for disaster mitigation and response
- ✓ Detecting damage to bridges and/or transportation systems
- ✓ Detecting damage to buildings or large urban areas
- ✓ Creating building and infrastructure inventories
- ✓ Use in recent earthquakes, including the 2003 Algerian earthquake
- ✓ Potential use for earthquake reconnaissance investigations



The format was a mix of presentations by the participants and discussion sessions focused on a particular aspect of remote sensing technologies, such as post-earthquake reconnaissance, and identifying important research needs. As a result of the workshop, the participants agreed to form an Ad Hoc Committee to outline how remote sensing technologies can help in post-earthquake reconnaissance field activities, damage detection for large regions, and quantifying or characterizing exposure or vulnerability of large mega cities or areas. Hosted by the University of California, Irvine (UCI), the workshop was sponsored by EERI, MCEER, UCI and the U.S. DOT, Research and Special Programs Administration (RSPA). Ron Eguchi, ImageCat, Inc. and M. Shinozuka, UCI, organized the workshop.

(2) 第2回国際ワークショップ (October 7-8, 2004, Newport Beach, CA, USA)

“The Second International Workshop on the Use of Remote Sensing for Post-disaster Response “

The Second International Workshop on the Use of Remote Sensing for Post-disaster Response was held October 7-8, 2004 in Newport Beach, California. The workshop was sponsored by MCEER, ImageCat, Inc., the Earthquake Engineering Research Institute (EERI), and the University of California at Irvine (UCI).

Professor M. Shinozuka, at UCI and Marjorie Greene, EERI Learning from Earthquakes Program Manager opened the workshop. During the keynote address, Prof. Shinozuka shared a wealth of experience in the use of advanced technology for emergency management, discussing "The Emerging Role of Remote Sensing in Post-disaster Response." In the following sessions, researchers from the US, Japan and Europe presented papers addressing the use of satellite and airborne imagery for post-earthquake and multi-hazard damage assessment and building inventory development. Lively discussion sessions rounded off each day, exploring the development of a standardized remote sensing-based earthquake damage scale, and the integration of remote sensing data within multi-hazard loss estimation.

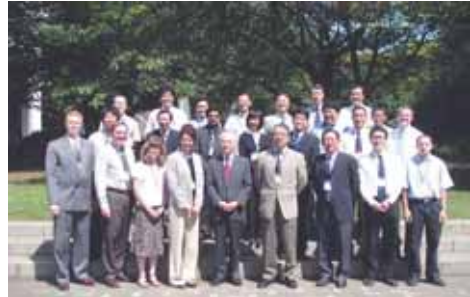


This workshop marked the formal establishment of an EERI Subcommittee on Remote Sensing, which will be chaired by Ron Eguchi of ImageCat, Inc.

(3) 第3回国際ワークショップ (September 12-13, 2005, Chiba, Japan)

“Third International Workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response “

The Third International Workshop on Remote Sensing for Disaster Response took place at Chiba University, Japan, on September 12-13, 2005. Hosted by Professor F. Yamazaki, the event was sponsored by Chiba University, MCEER, the EERI Learning From Earthquakes Program, and UCI.



More than 30 invited participants from the US, Europe and Asia attended the workshop. Papers had a multi-hazard focus that spanned earthquake, tsunami, wildfire and landslide/debris flow,

and hurricane. The Day 1 keynote address by Professor M. Shinozuka, MCEER Executive Committee member and Distinguished Professor and Chair of UCI's Department of Civil and Environmental Engineering, endorsed this multi-hazard theme, with his overview of the 'Application of Remote Sensing Technology in Natural Hazard Assessment.' The Day 2 keynote address by Professor S. Koshimura of Tohoku University provided an impressive overview of how 'Remote Sensing, GIS and Modeling Technologies Enhance the Synergistic Capability to Comprehend the Impact of the Great Tsunami Disaster.'

Presentations during the workshop sessions addressed technical, theoretical, and applied remote sensing research being conducted for events including: the 2001 Arequipa (Peru), 2003 Bam (Iran), and 2004 Niigata (Japan) earthquakes; the Indian ocean tsunami; and hurricane Katrina. Research areas included the implementation of high- and moderate-resolution imagery for post-disaster damage assessment and recovery monitoring, the development of disaster management decision support systems, the implementation of the ImageCat/MCEER VIEWS™ field reconnaissance tool, and furnishing risk assessment models with remote sensing-derived hazard and exposure data.

Dr. Rick Watson from the University of New Mexico Center for Rapid Environment and Terrain Evaluation (CREATE) led an animated group discussion on the emerging research needs for disaster response. Findings were integrated into the broader workshop resolutions presented by Ron Eguchi and Professor F. Yamazaki, which include: the establishment of a “benchmark” dataset for comparing and validating emerging approaches; and increased outreach by participants to involve the international emergency response community.

(4) 第4回国際ワークショップ (September 25-26, 2006, Cambridge, UK)

“Fourth International Workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response “

Over 25 remote sensing and GIS researchers and industry practitioners from around the world gathered at historic Cambridge University in England on September 25-26, 2006 for the Fourth International Workshop on Remote Sensing for Disaster Response. Hosted by Professor Robin Spence, a fellow of Magdalene College, Cambridge, the workshop was fourth in a series that began in 2003.



During the two-day event opened by keynote speaker Ray Williamson, Professor of Space Policy at George Washington, University, workshop attendees presented cutting-edge research on the use of satellite and aerial technologies for post-disaster damage response and recovery, and building inventory development. Sessions included SAR-based

techniques for disaster monitoring, multi-peril applications using advanced technologies, optically-based techniques for disaster management, multi-sensor techniques for disaster monitoring, disaster management: integrating in-field deployment, implementation of advanced technology for disaster management and research to operational implementation: next steps for remote sensing technologies. Presentations spanned multiple-disaster types, including response to storm surge, gas explosion, earthquake, flood and tsunami, with case study events ranging from Hurricane Katrina to the Bam earthquake and the Indian Ocean tsunami.

本研究委員会メンバーの発表論文(http://www.arct.cam.ac.uk/curbe/4thInt_workshop.html) :

Matsuoka, M., (EDM) and Yamazaki, F., (Chiba University), Use of SAR imagery for monitoring areas damaged due to the 2006 Mid Java, Indonesia earthquake.

Miura, H., and Midorikawa, S., (Tokyo Inst. of Tech), Slope failures by the 2004 Niigata-ken Chuetsu, Japan, earthquake observed in high-resolution satellite images.

Miura, H., (Tokyo Inst. of Tech.) Yamazaki, F., (Chiba University), and Matsuoka, M., (EDM), Building damage mapping of the 2006 Central Java, Indonesia earthquake using satellite optical images.

Vu, T., Yamazaki, F., (Chiba University), and Matsuoka, M., (EDM), Object-based extraction of building features from LiDAR and aerial photograph – MORPHSCALE method.

Yamazaki, F., Matsuoka, M., Miura, H., Vu, T., (Chiba University), Damage survey of the 2006 Central Java earthquake with enhanced use of satellite images and GPS.

Koshimura, S., Oie, T., Yanagisawa, H., and Imamura, F., (Tohoku University), Vulnerability estimation in Banda Aceh using the tsunami numerical model and the post-tsunami survey data.

(5) 第5回国際ワークショップ (September 10-12, 2007, GWU, Washington, DC, USA)

“Fifth International Workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response “

2008 marked the fifth anniversary of the International Workshop Series on the Application of Remote Sensing for Disaster Response. This year’s event was hosted by Ray Williamson, Research Professor of Space Policy and International Affairs at the Elliot School of International Affairs, George Washington University (GWU), and Ron Eguchi, President and CEO at ImageCat, Inc. MCEER and its Remote Sensing Institute has been a primary sponsor for each of the workshops, which have been hosted by international institutions including Chiba University in Japan, and Cambridge University in England.



To celebrate the coming of age for the workshop series, and recognize the increasingly widespread implementation of remote sensing applications during recent disasters such as Hurricane Katrina, the 2007 event included a one-day international Symposium on Remote Sensing Applications for Natural Hazards. A keynote by Gene Whitney from the President’s Office of Science and Technology Policy, together with application-oriented presentations including a review of the International Charter, Space and Natural Disasters by Barbara Ryan from USGS, drew policy makers and practitioners from the Washington, D.C. area. The symposium concluded with a user-led discussion of future research, development, and application needs.

The symposium was complemented by a two-day technical workshop, attended by forty of the world’s leading researchers in remote sensing and GIS for disasters. Following words of welcome from the workshop’s founding father, Masanobu Shinozuka, Distinguished Professor and Chair of Civil and Environmental Engineering at the University of California at Irvine (UCI), the first day focused on optical and radar-based

techniques for assessing urban damage caused by hazards ranging from earthquakes and hurricanes to floods.

Addressing one of the resolutions ratified at the 2006 workshop in Cambridge, England, Ellen Rathje, Associate Professor at the University of Texas at Austin and Dr. Beverley Adams from ImageCat's European office, presented an evaluation of earthquake damage scales used in remote sensing studies.

During the second day, attendees enjoyed diverse presentations on response and recovery, advanced technology-based tools, and techniques for modeling urban disasters that included a new application assessing impacts from near-earth objects. The workshop and symposium were sponsored by the MCEER Remote Sensing Institute, Space Policy Institute at GWU, EERI, UCI, Imaging Notes and ImageCat, Inc.

本研究委員会メンバーの発表論文(<http://www.gwu.edu/~spi/remotesensing.html>) :

Developing fragility functions for tsunami damage estimation using the numerical model and satellite imagery. S. Koshimura, H. Yanagisawa, Tohoku University.

Overview and Current State of the 'GEO (Global Earth Observation) Grid. by M. Matsuoka, S. Kodama, R. Nakamura, N. Yamamoto, H. Yamamoto, K. Iwao, S. Tsuchida and S. Sekiguchi, AIST.

Characteristics of Remote Sensing Image and Digital Elevation Model at Different Site Geomorphology Presentation Paper by S. Midorikawa, K. Ishii, H. Miura, Tokyo Tech

Detection of Building Damage due to the 2006 Central Java, Indonesia Earthquake Using Satellite Optical Images. H. Miura, S. Midorikawa, Tokyo Tech

Virtual Chi-Chi on Digital Earth Model as Post-Earthquake Recovery Digital Archive. O. Murao, A. Miyamoto, T. Sasaki, Tsukuba University

Speed Detection for Moving Objects from Digital Aerial Camera and QuickBird Sensors. F. Yamazaki, Wen Liu, Chiba University and T. Thuy Vu, AIST

(6) 第6回国際ワークショップ (September 11-12, 2008, EUCENTRE, University of Pavia, Italy)

“Sixth International Workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response “

Over 40 remote sensing and GIS researchers and industry professionals gathered at the EUCENTRE, the state-of-the-art earthquake research facility located at Italy's University of Pavia, for the Sixth International Workshop on Remote Sensing for Disaster Response. Held September 11-12, 2008 and hosted by Paolo Gamba, the workshop was the latest annual installment in a series begun in 2003.



Following welcoming remarks by the University of Pavia's Gamba and EUCENTRE director Michel Calvi, Ronald Eguchi, director of MCEER's Remote Sensing Institute, introduced participants to the newly-launched Virtual Disaster Viewer (VDV), for the 2008 Sichuan China Earthquake. The VDV was sponsored by MCEER in collaboration with EERI, EPICentre at University College London, the UK's Engineering and Physical Sciences Research Council and the Earthquake Engineering Field Investigation Team. Invited speaker Adina Gillespie, University College London, presented “The International Charter: Space and Major Disasters.” A discussion chaired by ImageCat's Beverley Adams followed, examining constraints and opportunities for the academic community and other value-adding service providers in accessing data provided by the Charter.

The two-day event featured cutting edge research presented using EUCENTRE's high-tech multimedia facilities. Sessions focused on the use of satellite, aerial and GPS technologies to support post-disaster damage

response and recovery activities for multiple hazards spanning earthquake, windstorm, tsunami and flooding.

Participants were also treated to some highlights of cultural Pavia, including a walking tour of the city and fine conference banquet overlooking the Ticino River. The event was sponsored by MCEER, the USGS, EERI, UCI, the University of Pavia and the Telecommunications and Remote Sensing Laboratory of the Department of Electronics and the EUCENTRE at the University of Pavia, and ImageCat, Inc.

本研究委員会メンバーの発表論文(http://tlc.unipv.it/6_RSDMA/6th%20Workshop%20Program.htm) :

F. Yamazaki, D. Suzuki, Y. Maruyama, Detection of Damages due to Earthquakes using Digital Aerial Images.

S. Midorikawa, H. Miura, Damage and high-resolution SAR image in the Iwate-Miyagi-Nairiku, Japan earthquake.

H. Miura, S. Midorikawa, Detection of slope failure areas using Ikonos images and Digital Elevation Models for the 2004 Niigata-Ken Chuetsu, Japan earthquake.

T. Kato, Y. Terada, T. Nagai, K. Shimizu, T. Tomita, S. Koshimura, Development of a new tsunami monitoring system using a GPS buoy.

S. Kayaba, S. Koshimura, Tsunami damage detection using high-resolution optical satellite imagery.

4．リモートセンシングデータの購入・共有

4.1 購入したリモートセンシングデータについて

リモートセンシングによる被害抽出やリスク評価のための技術開発にはデータの解析が必要である。本研究委員会では、効果的な研究推進のために、各年度の委員会予算の一部を衛星データに当て、商業衛星データについては複数研究機関で共有できるようマルチユーザーライセンスにて購入した。

以下に購入したデータの概要を示す。

2006 年度：

目的：津波復興状況のモニタリングと建物オブジェクト抽出アルゴリズムの検討

センサとプロダクト：QuickBird パンシャープンデータ

地域：インドネシア・バンダアチェ

時期：2005 年 8 月 6 日，2006 年 5 月 16 日

2007 年度：

目的：都市のリスク情報の把握

センサとプロダクト：QuickBird パンシャープンデータ

地域：東京都中心部

時期：2007 年 3 月 20 日

2008 年度：

目的：リスク評価のためのベースマップ（DSM とオルソ画像の作成）

センサとプロダクト：ALOS/PRISM 2 方向視データ

地域：千葉市の一部，横浜市の一部，奥尻島，タイ・カオラック，タイ・プーケット，ペルー・ピスコ，能登半島

時期：2006 年 12 月 28 日，2007 年 1 月 14 日，2007 年 8 月 25 日，2008 年 4 月 19 日，2007 年 12 月 3 日，2007 年 4 月 24 日，2007 年 9 月 11 日

図 1(a)～(j)に購入したデータの一覧を示す。QuickBird 画像^{*1}の分解能は 0.6m で，ALOS/PRISM のデータ^{*2}の分解能は 2.5m である。(d)～(j)の右側に示す DSM(Digital Surface Model)^{*3}については，赤色ほど標高が高くなることを表している。海域の標高データは立体視の困難さから誤差が非常に大きいのでマスクして示している。とくに，タイのカオラックやプーケットなどの陸域の雲がかかった地域についても，標高データを正しく求めることができずに誤差が大きい。

*1 © Digital Globe

*2 © JAXA, processed by GEO Grid, AIST

*3 © JAXA, processed by GEO Grid, AIST



図 1(a) QuickBird パンシャープン画像
2005 年 8 月 6 日撮影 インドネシア・バンダアチェ



図 1(b) QuickBird パンシャープン画像
2006 年 5 月 16 日撮影 インドネシア・バンダアチェ



図 1(c) QuickBird パンシャープン画像
2007年3月20日撮影 東京都中心部

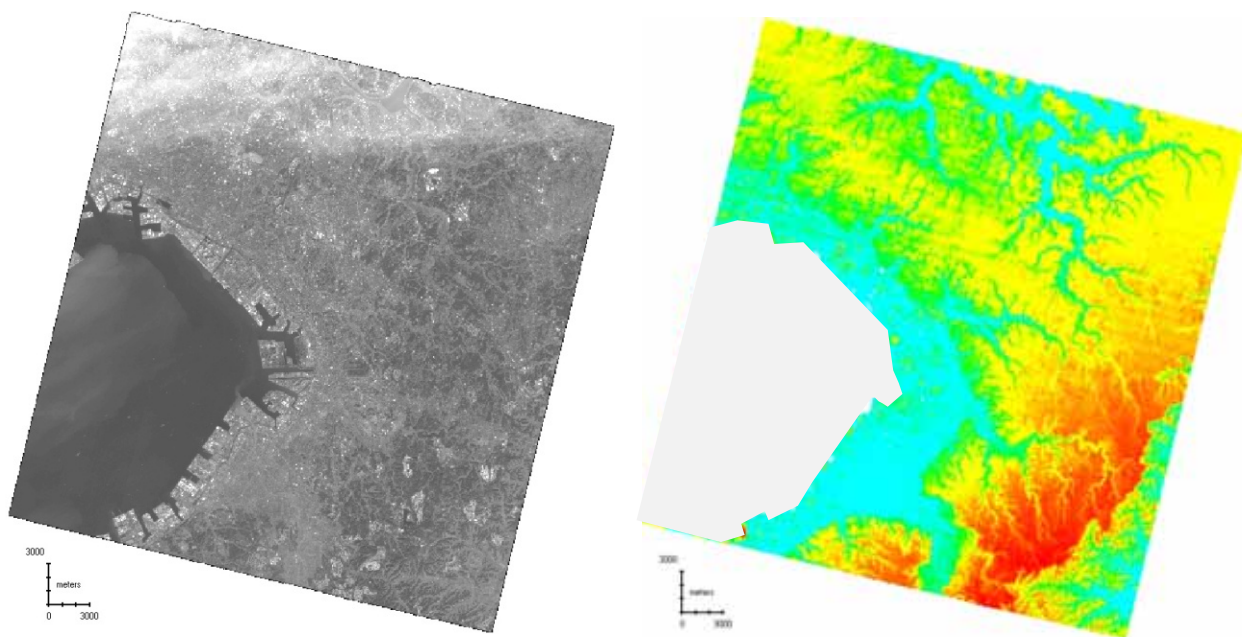


図 1(d) ALOS PRISM オルソ画像 (左), DSM (右)
2006 年 12 月 28 日撮影 千葉市域

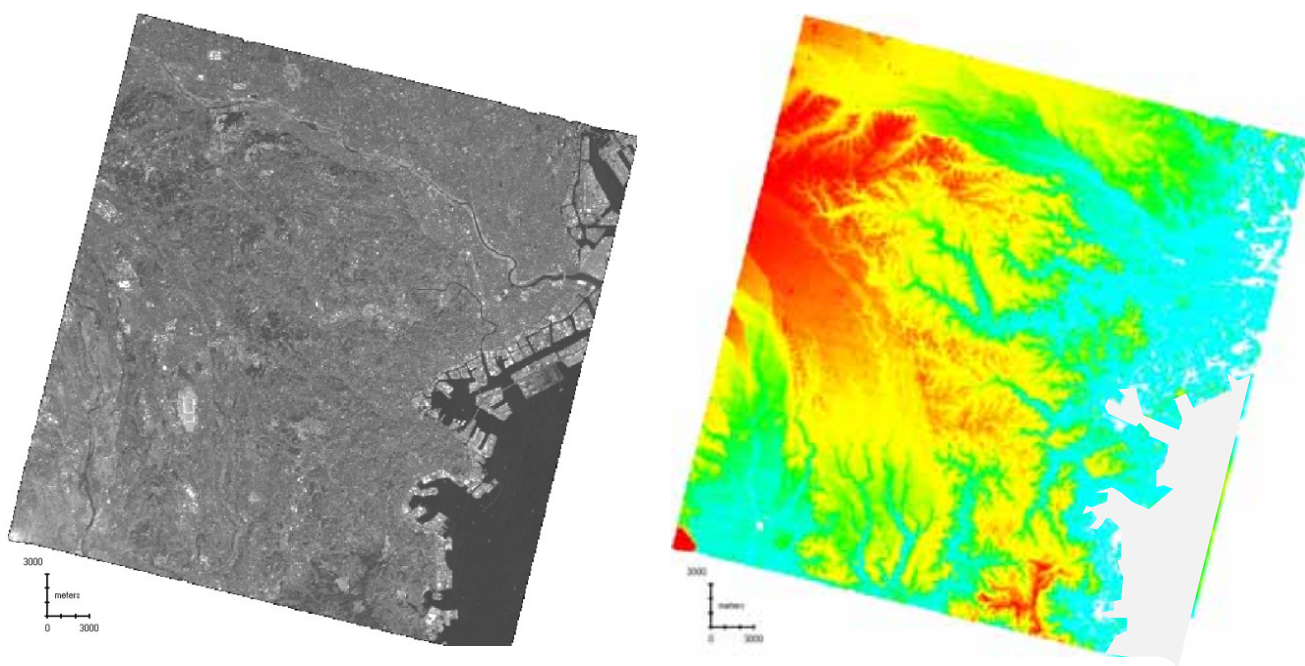


図 1(e) ALOS PRISM オルソ画像 (左), DSM (右)
2007 年 1 月 14 日撮影 横浜市域

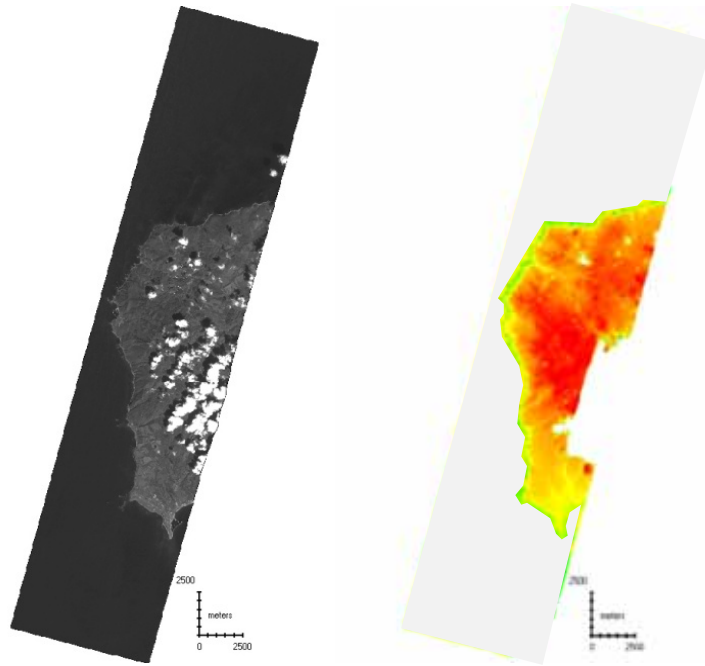


図 1(f) ALOS PRISM オルソ画像 (左), DSM (右)
2007 年 8 月 25 日撮影 奥尻島

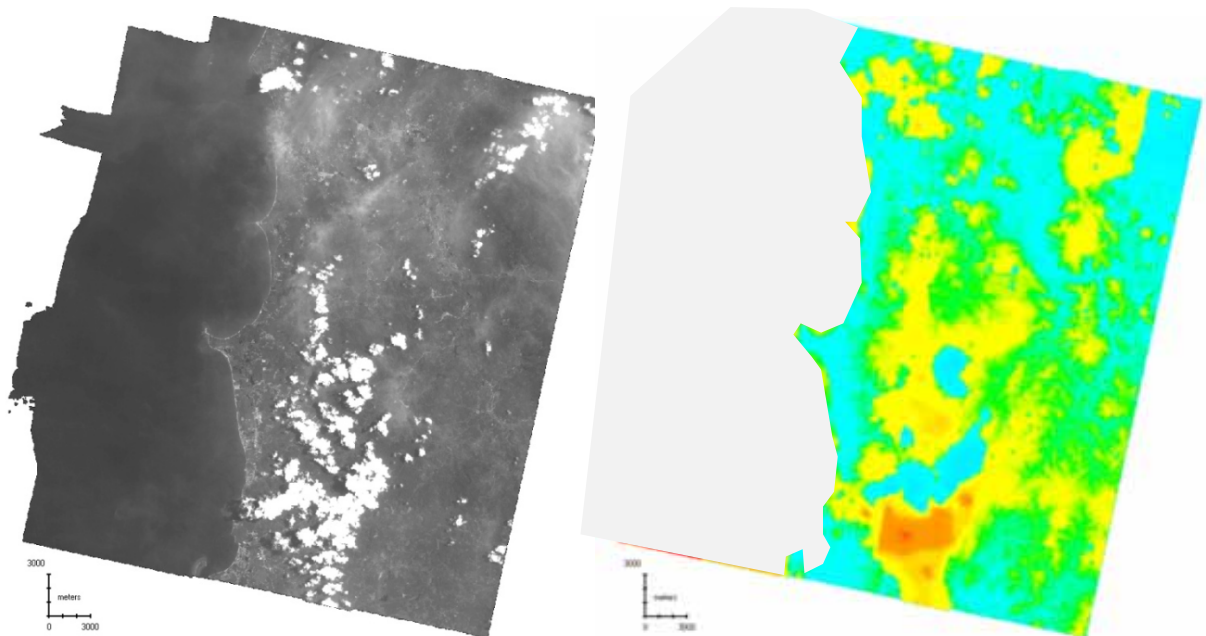


図 1(g) ALOS PRISM オルソ画像 (左), DSM (右)
2008 年 4 月 19 日撮影 タイ・カオラック

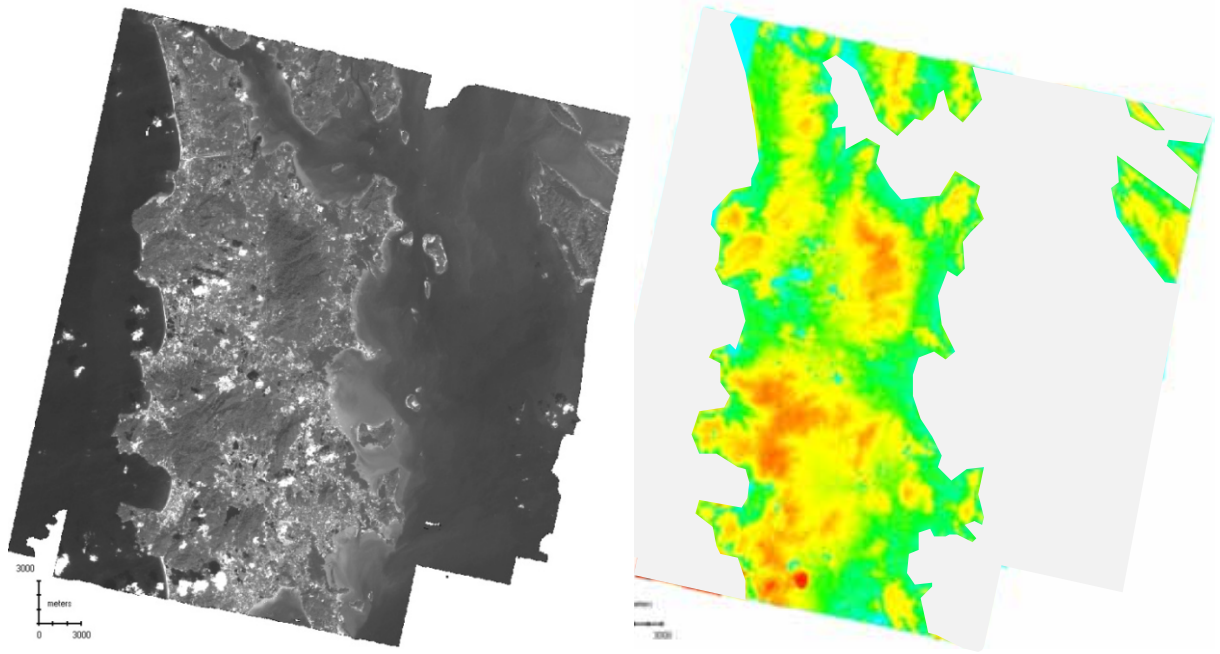


図 1(h) ALOS PRISM オルソ画像 (左), DSM (右)
2007 年 12 月 3 日撮影 タイ・プーケット

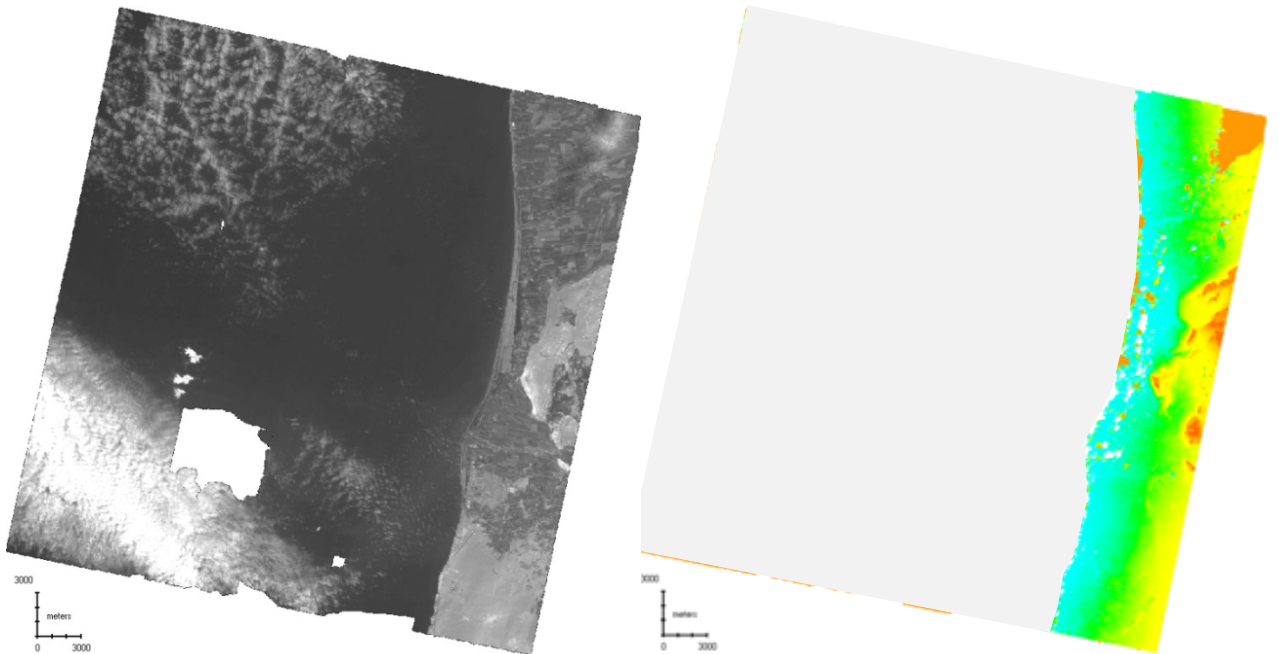


図 1(i) ALOS PRISM オルソ画像 (左), DSM (右)
2007 年 4 月 24 日撮影 ペルー・ピスコ

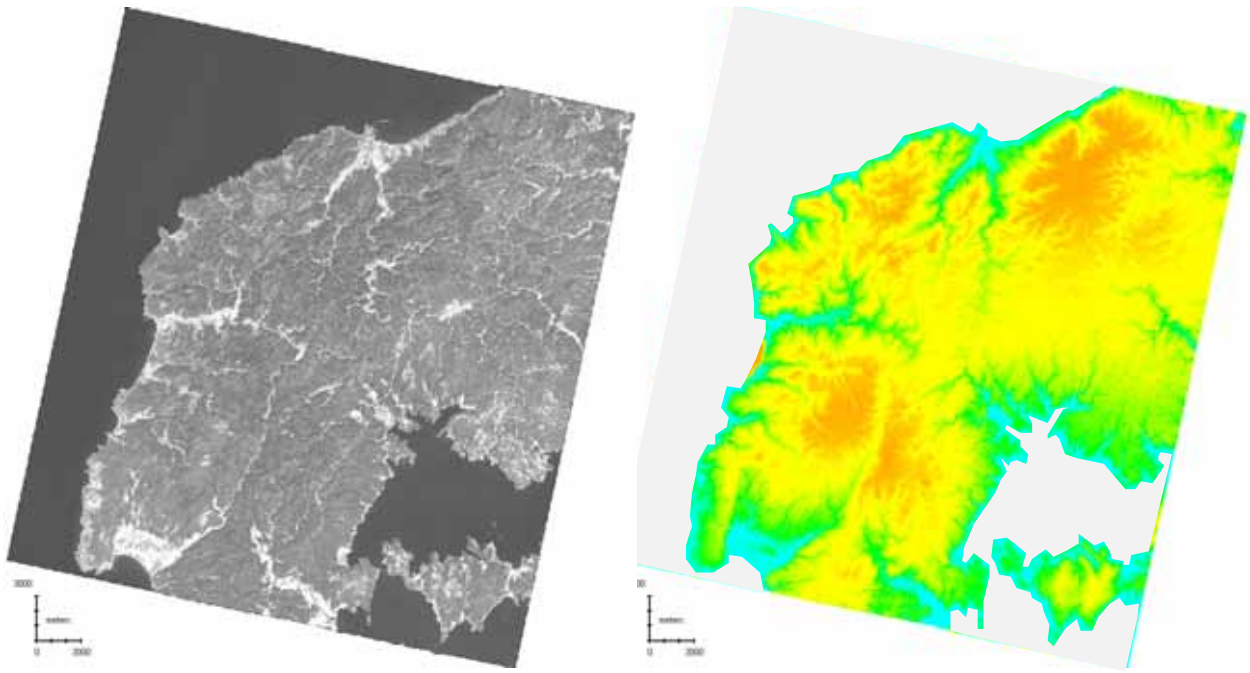


図 1(j) ALOS PRISM オルソ画像 (左) , DSM (右)
2007 年 9 月 11 日撮影 能登半島周辺

4.2 データの解析

(a) インドネシア・バンダアチェの QuickBird 画像の解析

インドネシア・アチェの津波復興状況について、購入画像を含む津波前後の時系列画像および画像処理にて自動抽出したオブジェクト分類結果（薄黄色が建物オブジェクト）を図2および図3に示す。津波前の状況には未だ至らないが、徐々に建物が建設されていく様子が把握できる。

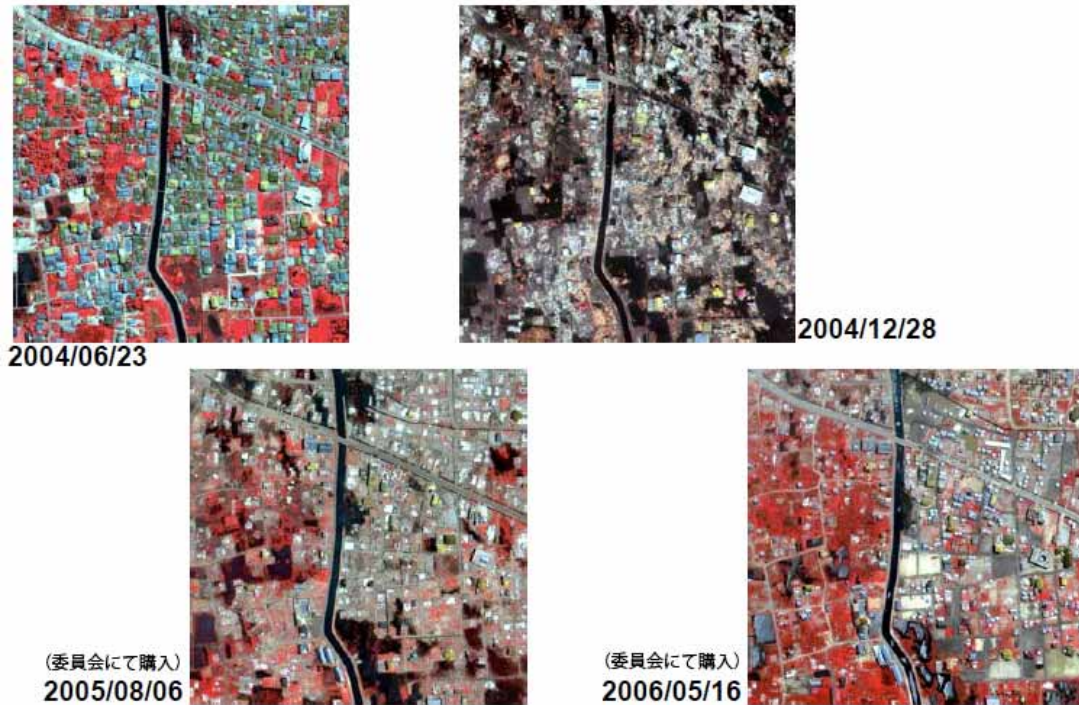


図2 津波前後の QuickBird パンシャープン・フォールスカラー画像

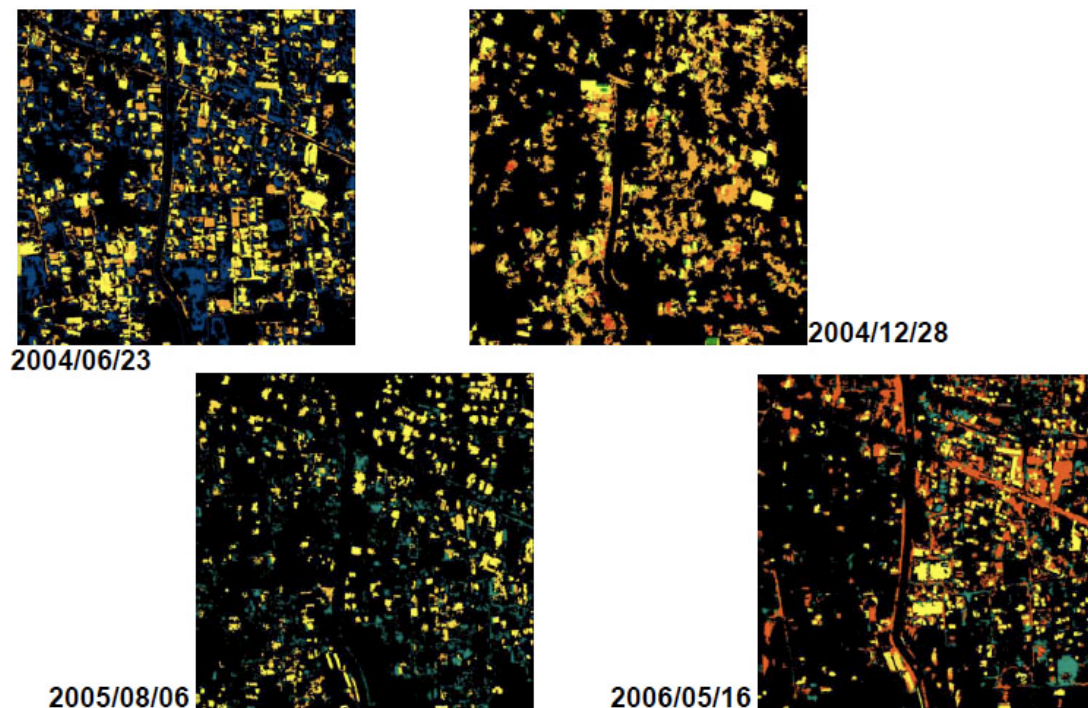


図3 QuickBird 画像から自動抽出したオブジェクト（薄黄色が建物）

(b) 東京都中心部の QuickBird 画像と TerraSAR-X 画像の比較

都市域の高分解能光学センサ画像と高分解能 SAR 画像の特徴を比較するために、東京都心部の QuickBird 画像と TerraSAR-X 画像^{*4}の比較を行った。人工衛星 TerraSAR-X は 2007 年に打ち上げられたもので、使用した画像は 2007 年 8 月 12 日に高分解能 SpotLight モードで撮影されたもの（分解能 1m，偏波 HH）である。使用した TerraSAR-X 画像を図 4 に示す。

高層建物密集地域（東京駅周辺）、中・低層建物密集地域、植生地域（皇居周辺）の拡大図を図 5 に示す。上段の高層建物密集地域をみると、QB 画像からは建物の輪郭は明瞭にみられ、建物の側面の長さや影の長さから各建物の高さ情報も判読できることがわかる。一方で、TerraSAR-X 画像では比較的規模の大きな建物については、建物の輪郭をある程度把握することができるが、ノイズが多いことから、規模の小さな建物については一棟一棟の輪郭を判読することは容易ではない。また、高層建物については倒れ込んで写っていることがわかる。中段の画像をみると、TerraSAR-X 画像において南西部の建物群の強度が高くなっていることがわかる。QB 画像をみると、この地域は特に周囲と変化している様子はみられない。この地域の建物群は、図中に示したレーダの照射方向に対して直行方向に位置するものが多いために、レーダの反射が強くなったものと推定される。このような傾向は他の地域でもみられた。また、植生については、X バンドのレーダの反射が比較的弱いことから、TerraSAR-X 画像では強度が低く（暗く）なっていることがわかる。

両者の画像のエッジの特徴を検討するため、Prewitt の方法によりエッジを計算した。図 6 に計算結果を示す。赤色ほどエッジ強度が大きいことを表す。QB 画像のエッジは建物の輪郭を多くとらえており、建物や道路の輪郭はエッジが連続して抽出されている。これに対して、TerraSAR-X 画像のエッジはノイズのため建物のエッジ以外のものも多く抽出されており、建物の輪郭を連続してエッジとして抽出することは困難となっている。ただし、建物群としては強いエッジ強度がえられるため、建物の大まかな位置を把握することはできるものと考えられる。

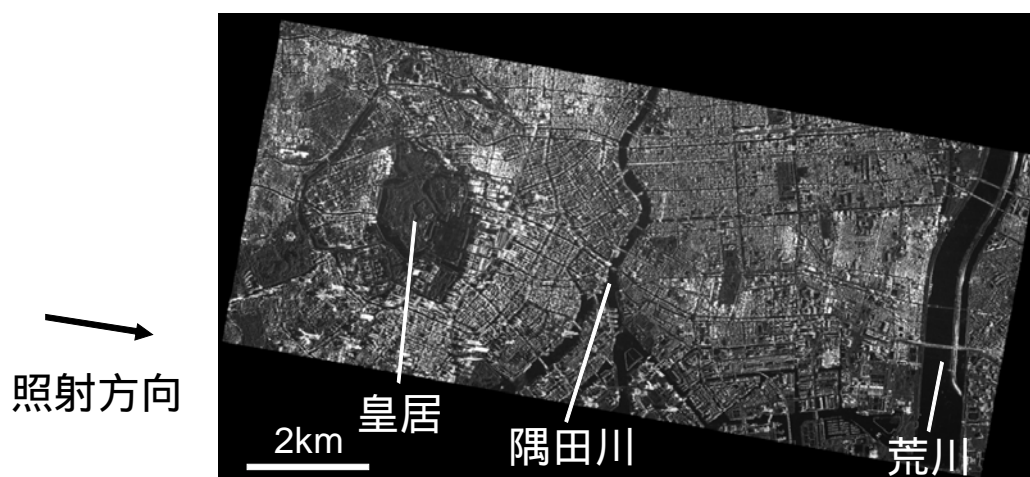
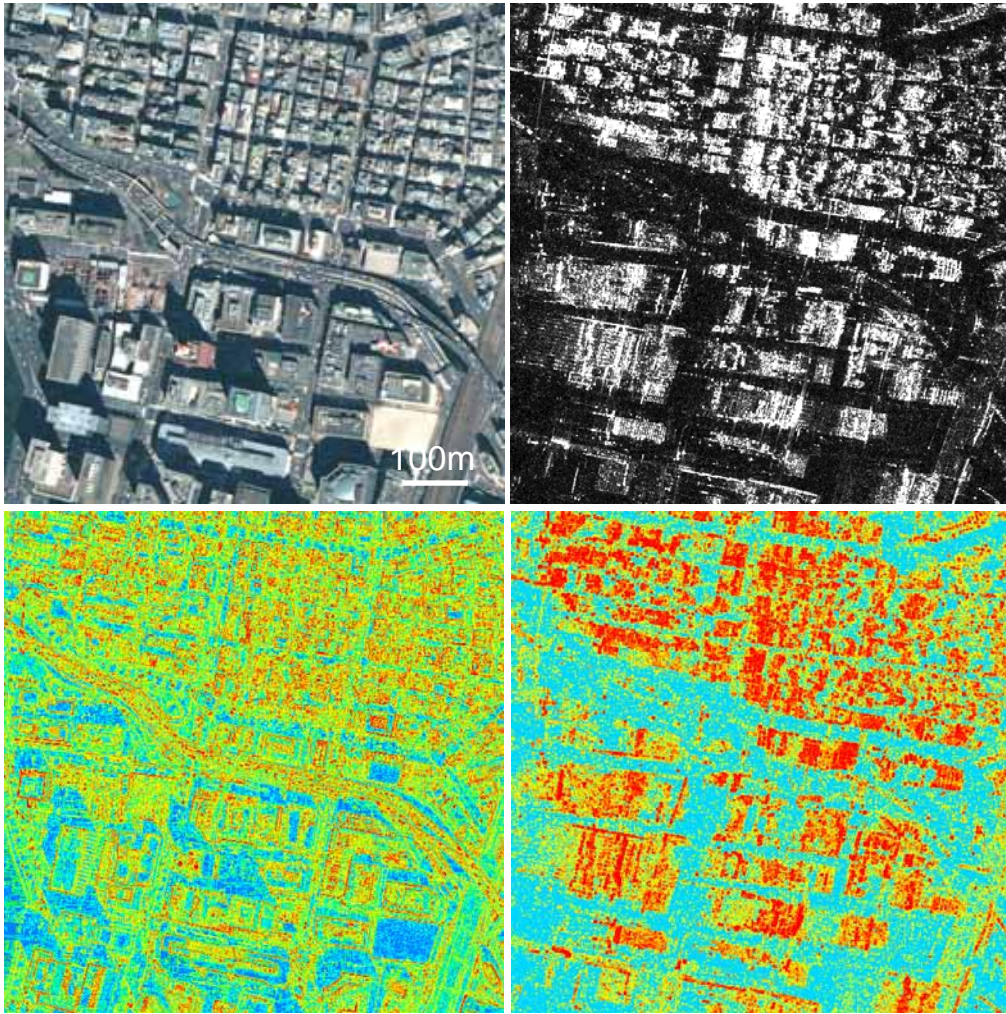


図 4 使用した TerraSAR-X 画像

*4 © DLR/EADS



図5 東京都心部におけるQB画像(左), TerraSAR-X画像(右)
 (上段: 高層建物密集地域, 中段: 中・低層建物密集地域, 下段: 植生地域)



QuickBird画像

TerraSAR-X画像

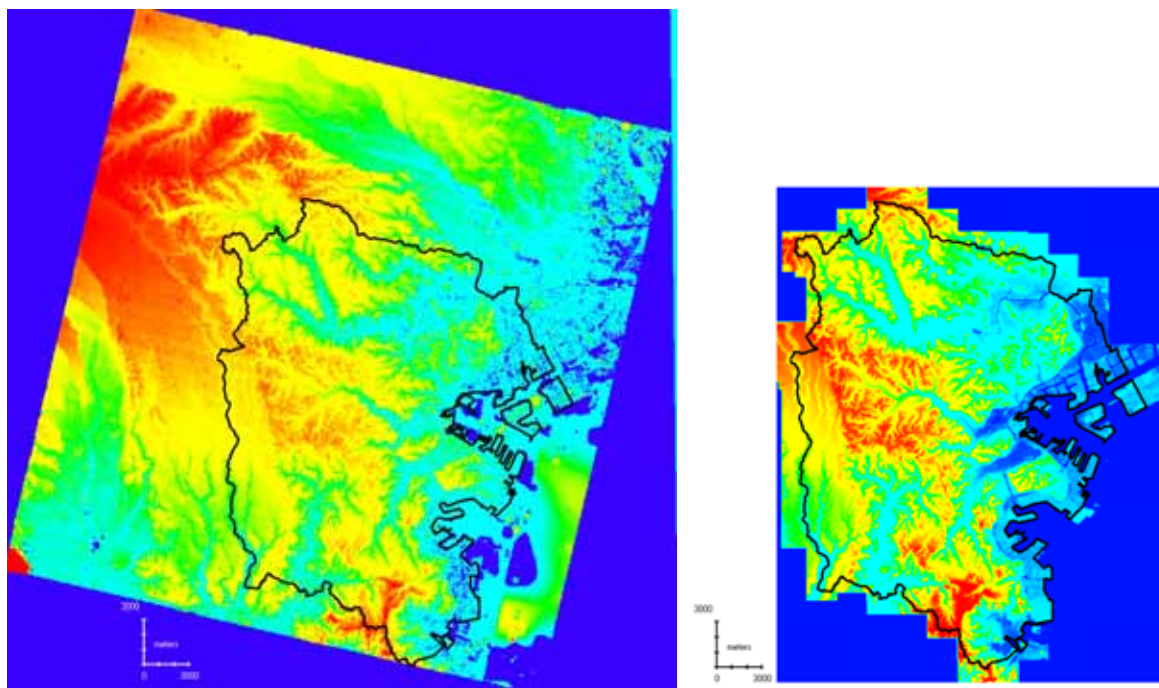
図6 QB画像とTerraSAR-X画像のエッジ強度画像の比較
(上段：原画像，下段：エッジ強度画像)

(c) 衛星画像から作成した DSM とその他の DEM の比較

衛星画像から作成した DSM の精度を検討するため、ALOS/PRISM 画像から作成された横浜市域の DSM と航空機レーザスキャナで取得された横浜市の DEM を比較した。ALOS/PRISM 画像による 2.5m メッシュの DSM の分布を図 7(a)に示す。また、レーザスキャナによる 1m メッシュの DEM を図 7(b)に示す。前者の DSM は地形だけでなく建物や樹木等の高さも含まれた高さを表すデータであるのに対して、後者の DEM は地形そのものの標高を表すデータであるため、本質的に建物高さや樹木高さの違いが含まれるものの、DSM の特徴を検討するために比較を行った。

図 7 の標高データの差を計算したものを図 8 に示す。ここでは、2.5m メッシュ DSM の標高値から 1m メッシュ DEM の標高値を差し引いた値を求めた。また、横浜市以外の地域をマスキングして示している。全体としては、図 7(a)の標高に比べると(b)の標高の方がやや高い傾向がみられ、差の値は-5~10 に多く分布している。ただし、図中の丸で示すように、新横浜駅周辺や横浜市、桜木町といった横浜市中心部においては、標高差が 10m 以上の地域が多くみられる。これらの地域では高層建物が多く分布しており、DSM には建物の高さも含まれているために DSM の標高の方が高くなったものと考えられる。また、全体的に西北西-東南東方向に縞状の標高差が生じている。この違いについては、人工衛星の軌道に起因する誤差が影響していることが可能性として考えられるが、詳細については今後検討する必要がある。

両 DEM について、横浜市北東部の鶴見区や神奈川区周辺の俯瞰図の比較を図 9(a)と(b)に示す。図 9(a)が 2.5m メッシュ DSM による俯瞰図で、図 9(b)が 1m メッシュ DEM による俯瞰図を表す。地形の違いを明瞭にするため、標高値を実際の 10 倍にして表示している。また、両データには ALOS/PRISM によるオルソ画像も貼り付けて表示している。これらと比較すると、1m メッシュ DEM に比べると、2.5m メッシュ DSM は細かい地形が表現されていない部分があるものの、2.5m メッシュ DEM でも地形を表現できていることがわかる。



(a) ALOS/PRISMによる2.5mメッシュDSM

(b) 航空機レーザによる1mメッシュDEM

図 7 ALOS/PRISM による DSM と航空機レーザによる DEM の比較

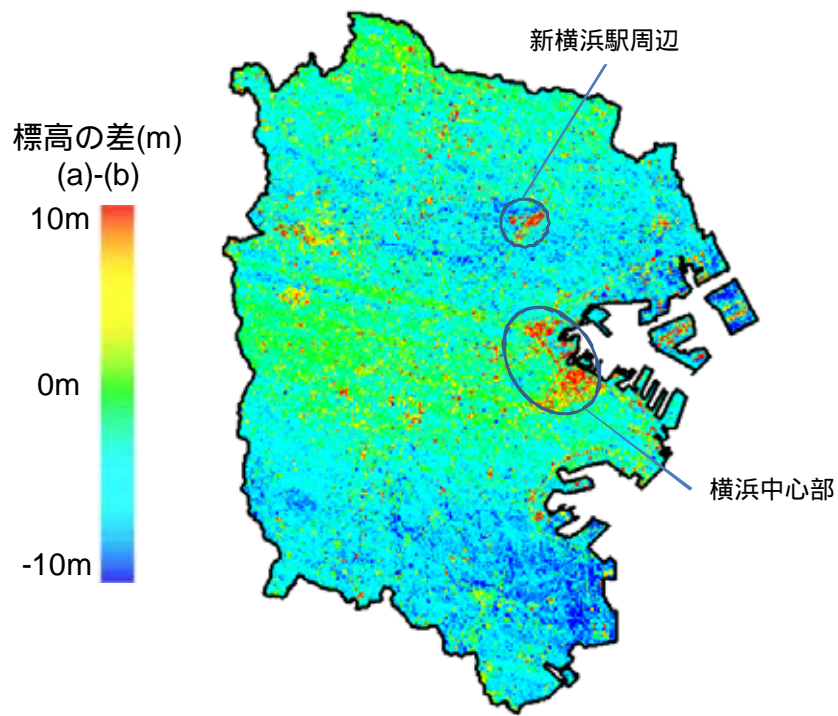
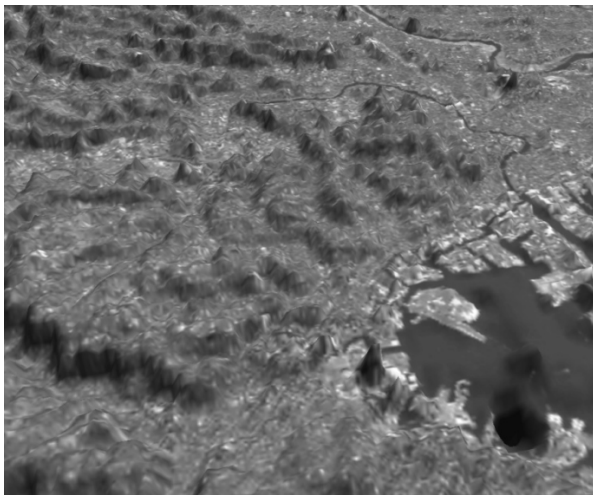
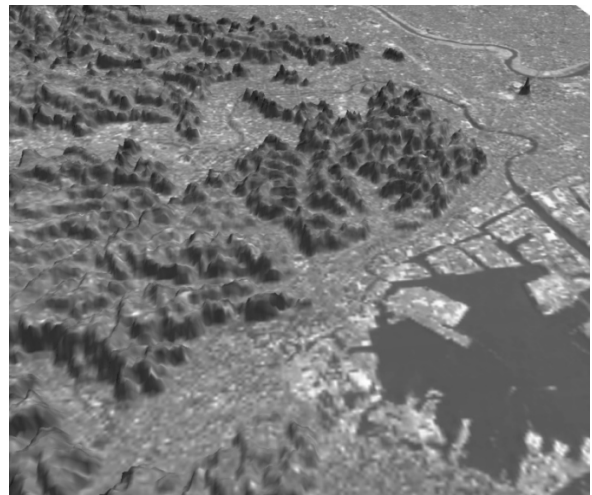


図8 2.5mメッシュDSM(a)と1mメッシュDEM(b)の標高差分布



(a) ALOS/PRISMによる2.5mメッシュDSM



(b) 航空機レーザによる1mメッシュDEM

図9 各データによる横浜市北東部の俯瞰図の比較

5. オーガナイズ・セッションの開催

本研究委員会の成果報告の1つの場として、日本地震工学会の2008年研究発表会において、以下のオーガナイズドセッションを実施した。

日時：2008年11月5日 9:30～13:00

セッション名：リモートセンシングによる災害把握

座長：山崎文雄（千葉大学）、三浦弘之（東京工業大学）

概要： このセッションでは、オーガナイズドセッションとして人工衛星画像などのリモートセンシングデータによる災害把握に関する計10編の発表が行われた。対象となった災害は、2008年中国四川地震、2008年岩手・宮城内陸地震などの近年の地震だけでなく、インド洋における津波、豪雨による洪水など多岐に渡り、光学センサ画像、合成開口レーダ、夜間可視画像など様々なデータを用いた検討結果が発表された。災害前後の画像による被害検知技術、推定された被害に基づく被害関数の構築、災害後の再建状況のモニタリング手法などについて活発な議論が行われた。論文のタイトルと著者は以下であり、会場の参加者は約20名であった。

2008年岩手・宮城内陸地震での斜面崩壊地における高分解能 SAR 画像の特徴

翠川三郎（東京工業大学）・三浦弘之

2008年中国四川大地震での被害地域における高分解能 SAR 画像の特徴

三浦弘之（東京工業大学）・翠川三郎

ALOS-AV2 画像を用いた 2008 年中国四川地震における山間部の被害検出

リュウ・ウェン（千葉大学）・山崎文雄

映秀の谷を埋めた岩石流の謎：中国四川地震の衛星画像と現地調査

山崎文雄（千葉大学）・Liu Wen・顧林生

ALOS/PALSAR による 2007 年ペルー沖地震および 2008 年中国四川大地震での建物全壊率分布の推定

松岡昌志（産業技術総合研究所）・能島暢呂

高解像度衛星画像を利用した津波被害の把握手法

越村俊一（東北大学）・萱場真太郎

スリランカにおける 2004 年インド洋津波による建物被害

仲里英晃（筑波大学）・村尾修

DMSF 夜間可視画像を用いたハリケーン・カトリーナ被災地の再建状況のモニタリング

高島正典（富士常葉大学）

ALOS/PALSAR データを用いたミャンマー・サイクロンによる浸水地域の抽出

加藤圭太（千葉大学）・山崎文雄

デジタル航空画像を用いた 2007 年新潟県中越沖地震の建物被害抽出

鈴木大輔（千葉大学）・山崎文雄・丸山喜久

6．まとめ

本報告書では、2006年9月から2009年3月までの2年半の期間、日本地震工学会の中に設置された「リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する研究委員会」の活動内容とその成果についてまとめた。この分野における技術的な進歩は著しく、とくに人工衛星に搭載された新しいセンサによる災害前後の画像が、次々に得られるようになった。これらを災害リスクの評価や緊急対応にいかにも利用できるようにするかが、研究者に科せられた大きな課題である。

本研究委員会では、12人のメンバーが集まって、研究の方向性を議論し、情報交換を密に行った。また、米国や欧州の同分野の研究者・実務者と一緒に、毎年、リモートセンシング技術の防災への利用に関する国際ワークショップを行ってきた。本委員会は、2009年3月末をもって終了するが、新たなメンバーを加えて、「災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会」として再発足する。また、これまでの活動成果を論文として収めるとともに、関連する研究論文を広く公募し、地震工学の分野にリモートセンシング技術を浸透されるべく地震工学会論文集特集号としての企画を進めている。さらに、国際ワークショップも2009年は10月に米国テキサス州で開催予定である。この関連の研究分野が更に発展すること期待し、防災実務に役に立つ技術の開発とその検証を、今後とも続けていきたいと考えている。