3-4 リモートセンシングと技術試験衛星の連携による災害時被害予測と伝送に関する国際貢献の研究

3-4 Development of Earthquake Damage Estimation System and its Result Transmission by Engineering Test Satellite for Supporting Emergency Response

鄭 炳表　滝澤 修　細川直史　座間信作　金 泰運
Hoang Nam Nguyen
JEONG Byeong-pyo, TAKIZAWA Osamu, HOSOKAWA Masafumi, ZAMA Shinsaku, KIM Taewoon, and Hoang Nam Nguyen

要旨

日本は、自然災害の対応に関する技術と経験が豊富なことから、救助チームなどからなる国際緊急援助隊を、2004 年のスマトラ島沖地震や 2008 年の中国四川地震などの被災地域に派遣している。部隊の派遣をより効率よくするために、災害の規模や被災地域を迅速に把握することが必要であるが、これら情報収集には困難が伴うことから、本研究では、地震による被害を予測することが可能な地震被害推定システムの構築を目指している。このシステムは、地形データにより予め計算された地震による揺れやすさのデータや人口分布データに基づき、地震の強さや建物被害の予測分布図を表示することが可能であり、被害予測結果は人工衛星やインターネットによって派遣された部隊や関係機関で共有されることによって、迅速な救援活動に役立てることが可能である。

Drawing on its extensive experience with natural disasters, Japan has been dispatching Japan Disaster Relief (JDR) team to disaster-stricken countries to provide specialist assistance in rescue and medical operations. The JDR team has assisted in the wake of disasters including the 2004 Indian Ocean Earthquake and the 2008 Sichuan Earthquake in China. Information about the affected area is essential for a rapid disaster response. However, it can be difficult to gather information on damages in the immediate post-disaster period.

To help overcome this problem, we have built on an Earthquake Damage Estimation System. This system makes it possible to produce distributions of the earthquake's seismic intensity and structural damage based on pre-calculated data such as landform and site amplification factors for Peak Ground Velocity, which are estimated from a Digital Elevation Model, as well as population distribution.

The estimation result can be shared with the JDR team and with other international organizations through communications satellite or the Internet, enabling more effective rapid relief operations.

[キーワード]
地震災害，数値標高モデル，地形分類，地盤増幅度，地震被害想定システム
Earthquake disaster, Digital elevation model, Landform classification, Site amplification factor, Earthquake damage estimation system

1 まえがき

2010年中南米のハイチで発生した大地震は、死者が30万、建物被害30万棟を超える大惨事となった。また、2008年中国四川省で発生した大地震は、死者・行方不明者を合わせて9万人を超えていることや、2004年スマトラ沖地震によって発生したインド洋における大津波も、死者・行方不明者が30万人に及んだことは記憶に新しい。このような国、特に開発途上国においては、これまで積み上げてきた経済発展が阻害されると同時に、十分な災害対策がなされていないため自国の力だけでは緊急対応が行えないのが現状であり、日本のような防災先進国からの緊急救援活動や防災応急技術を含めた国際援助は喫緊の課題である。

海外において地震など大規模災害が発生した場合、国際緊急援助隊の1つとして国際消防救助隊が日本から派遣されることがある。最近では、2008年中国四川省地震及び2011年ニュージーランド地震において派遣された事例がある。国際消防救助隊が、倒壊家屋下での閉じ込めにおける救助のタイムリミットとされる「黄金の72時間」に到着を間に合わせ、十分な派遣効果を得るためには、現地の被害状況を的確に把握し、要救助者のいる災害現場に迅速に駆けつけ、他国からの救助隊と連携をして救助活動を行う必要がある。そのためには、「被害の大きい地域を迅速に推定すること」と、「現地に向かう途中の救助隊に被害や関係機関の対応状況の情報を迅速に届けること」の2つを実現する必要がある。

地震被害想定を実施するためには、人口分布、建物分布のような社会条件を調査した基本的なデータベース以外に、地盤の特性を把握できるデータベースが必要となる。地震防災の先進国である日本においては、全国にわたって整備されている国土数値情報を用いて地盤の特性を推定する手法が提案され[1]、既存のデータベース（例えば、国勢調査地域メッシュなど）を用いることで、地震発生前の事前対策に役立てたり、地震直後の合理的かつ迅速な初期対応を実施するための、リアルタイム地震想定システムが構築されたりしている[2]。それに対し、アジア地域を含む多くの開発途上国においては、地震被害想定に必要とされている地盤、建物などに関する基礎的な基盤データの整備が遅れ、地震被害想定が殆どなされておらず、これらの地域への技術援助は喫緊の課題でもある。

また、地理的に不慣れな外国の災害現場に向かう救助隊に被害や関係機関の対応状況の情報を迅速に届けるためには、移動中であることや現地の通信事情の悪さを考慮すると、人工衛星を経由することが現実的である。

一方、従来から情報通信研究機構（以下NICT）では、電磁波技術を応用したリモートセンシング技術の開発とJGN2など超高速ネットワーク技術及びETS-Ⅷや WINDSなどの衛星を用いた遠隔伝達技術の研究開発を行ってきている。

そこでNICTは平成20年度から3年間、総務省消防庁等と連携して、戦略的研究推進課題の1つとして、リモートセンシングによって取得したDEM（Digital Elevation Model：デジタル標高データ）に基づく地震被害想定技術の開発とそこから得られる計算結果をWINDSなどの衛星によって移動中あるいは現地まで届けるための研究開発プロジェクトを行った。本稿では、戦略研究プロジェクト「リモートセンシングと技術試験衛星の連携による災害時被害予測と伝送に関する国際貢献の研究」の概要を述べるとともに、海外地震解析事例及び、海外派遣される救助隊の応急対応活動を支援するシステムとして、地震被害推定技術と衛星通信の融合について述べる。

2 戦略プロジェクト「リモートセンシングと技術試験衛星の連携による災害時被害予測と伝送に関する国際貢献の研究」の概要

本プロジェクトは、海外での地震発生時に大まかな震度分布及び建物被害分布を迅速に推定するための、国際版簡易型地震被害想定システムの研究開発を行う。この研究開発は、国際緊急援助隊（以下、JDR）の救援活動戦略の策定に資することを主な目的とし、総務省消防庁消防大学校消防研究センター（以下、消防研）と連携して推進した。

多くのアジア地域をはじめ、開発途上国においては、地震被害想定を実施するための基盤データである地盤情報、建物データベースの整備が遅れている現状である。これらの基盤データの整備に

は膨大な費用と時間を必要とするため、日本で行われているような精度が高く、かつきめ細かい被害想定ではなく、ある程度の大雑把な精度でも許容する被害想定手法の確立が必要である。その場合、日本のように先進国で行われているようなGIS（地理情報システム）を用いた建物データの構築及び更新、フィールド調査による地盤データの整備などは非現実的であり、地震被害想定に必要なデータを広範囲にわたり素早く整備できる何らかの手法が要求される。

日本国内における地震に関しては、1995年阪神・淡路大震災をきっかけとして、消防研で開発され、総務省消防庁における職員召集システムとして既に実用化されている、国内版の簡易型被害想定システムがある（図1）。同システムは、被災地以外の自治体の消防本部に対して、緊急消防援助隊の派遣を要請する初動判断に資するための、総務省消防庁職員向けのシステムである。同システムは、ボーリング調査や国勢調査による詳細な国土基盤データに基づいているため、日本国内にしか適用できない。本プロジェクトによる開発システムは、これの国際版という位置づけを目指している。

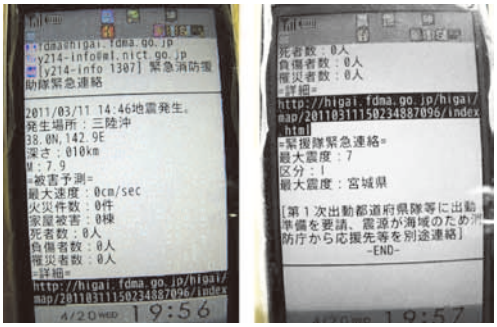

図1 実用中の総務省消防庁簡易型地震被害想定システム（国内版）の携帯電話での受信画面例（2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に際して実際に発報された初動情報）

一方、JDRは迅速に招集されて被災地入りするため、周辺の情報や被害情報を持たない状況での救助活動を強いられる場合が多い。過去の災害時に派遣経験を持っている組織などからのヒアリングやニーズ調査を行った結果、被災地での活動に際しては、地形図や道路地図のような基礎的な地図データが必要との意見が多かった。これらのデータは、リモートセンシングの技術を応用すると作成が可能であるが、データの取得・解析に時間を要する場合が多く、情報が比較的集まりやすい日本においてもその有用性についての課題が指摘されている。しかし、救助部隊が海外の現場に移動中に、データ取得と解析を実施し、これらの結果を現地活動支援情報として、衛星通信を用いて現場部隊と共有できれば、リモートセンシングデータの有用性を発揮することが可能である（図2）。そこで、地震被害推定結果に加えて、これら

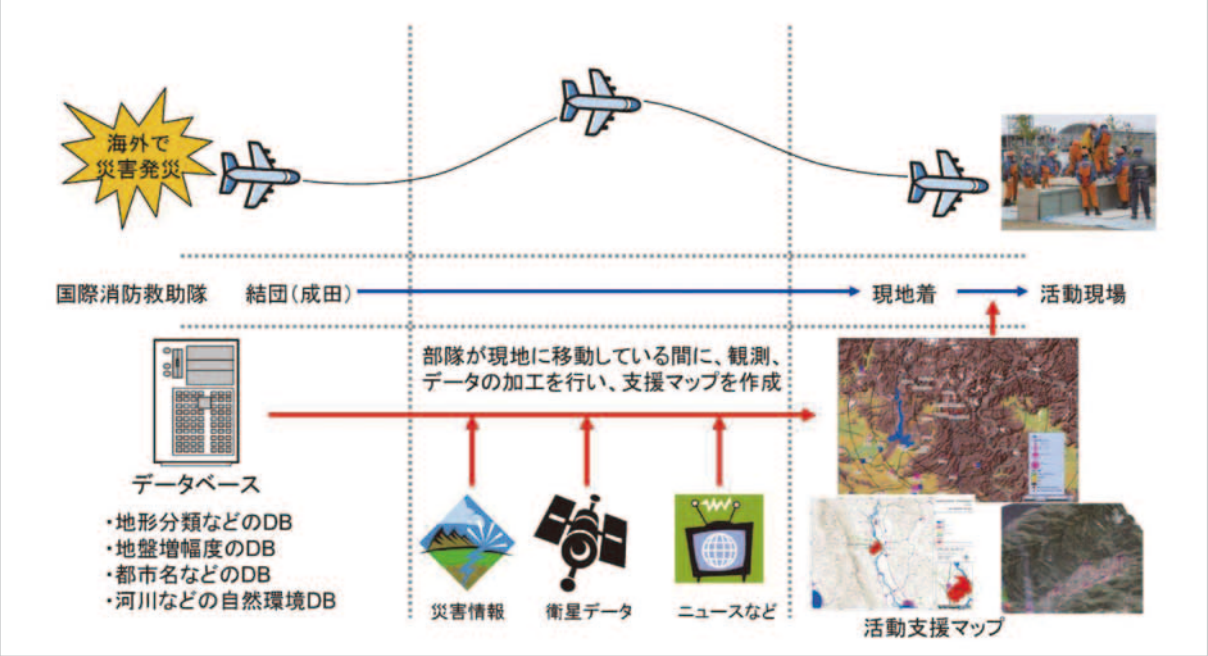

図2 国際消防救助隊活動支援のイメージ

の情報も現地活動支援情報として、衛星通信を用いて現場部隊と共有する支援システムの研究開発を、本プロジェクトで進めた。

3 基盤データがない地域での地震被害推定

海外で突発的に発生する自然災害に対応するJDRは、自ら活動現場を選定せざるをえない場合もある。地理的に不慣れな外国に派遣されるJDRがより効率的に活動を行うためには、まず、被害集中地域等をできるだけ早期に把握をし、限られた防災資源をどこに投入するかについて、迅速的確な判断が必要となる。

ここでは、甚大な被災地域をいち早く把握するために、スペースシャトルによって取得された数値標高データ(DEM)であるSRTM-3を用いて[3]、2011年2月22日に発生したクライストチャーチ地震の震度分布の推定過程とその精度分析を紹介するとともに、2010年1月12日に発生したハイチの地震の分析結果について述べる。

3.1 SRTM-3を用いた地形分類と地盤増幅度の推定

筆者らが提案しているDEMを用いる地形分類手法に基づき[4]、SRTM-3を用いてニュージーランドのクライストチャーチ周辺の地形分類を行い、山地(Mountain)、台地(Plateau)、低地(Lowland、含む谷底平野)、後背低地(Back marsh)、自然堤防(Natural Levee)の5つの地形を抽出した。

分類過程を簡単にまとめると以下のようになる。

a) SRTM-3を用いて地形分類を行う前に事前準備として、海域にあたる部分は標高を0mに揃え、海域に隣接する部分や湿地帯の陸域の標高値が0m以下の値を0.1mに揃えた。また、ノイズを除去するため3セル×3セルの空間ウインドーを用いたMedianフィルタを作用させた。Medianフィルタは通常画像のスパイク状のノイズを消すために利用され、SRTM-3に適用した場合、pitやpeakと呼ばれる孤立した突起・穴を丸めたり、埋めたりする効果がある。

b) 地形は大きく山地と平野に分けることができる。山地には山地(含む火山)丘陵が含まれ、台地や低地は平野に含まれる。これを傾斜地(山地)と平坦地(平野)に置き換えられると判断し、地表面が平坦か否かを判断するために、各セルについて隣接セルに対する傾斜角を計算しその最大値を判定した。地表面は、傾斜角により平坦面、緩斜面、急斜面、崖、懸崖などに区分が可能であるが、これらの境界の角度は、研究者や研究分野によって異なる。しかし、低地の微高地である扇状地の傾斜角が3°以上になっていることや緩急の基準を傾斜角5°とする研究などがなされていること[5]、また、若松ら[6]により作成された新潟地域の250mメッシュの地形・地盤分類データの山地と山地以外の地形に対し、約5°を基準として山地と山地以外と分類出来るため、本研究では平坦面か否かの判定基準を5°とし、5°以上の傾斜地を山地、5°未満を平坦地としてみなした。

c) b)の山地以外の平坦面として分類された地域には、台地、自然堤防、低地、谷底低地などが含まれる。この地域を大きく分けると、台地と後背低地、自然堤防などを含む低地に分けられ、台地と低地の違いは河川からの比高である。低地は、そこを流れている河川と殆ど同じ高さであり(標高差は、数m以下)、河川の影響で作られる地形である。また、台地は周辺を流れる河川、または低地より一段高い地形であり、河川の影響を受けない地形でありながら、緩やかな傾斜をなしている地形である。本研究では、5°以下の傾斜角を有しながら幾何学的に最短距離にある河川の絶対標高差が7m以上の地域を台地として分類し、他を低地として分類した。ただし、ここでいう河川とは実際の河川ではなく、SRTM-3を用いて作成した仮想の河川である[7]。なお、絶対標高差を計算するため、仮想の河川に対して、アメリカESRI社の製品であるArcInfoのEUCALLOCATION関数を適用した。

d) また、c)で抽出した低地の中には、自然堤防及び埋立地が含まれる。堤防、氾濫源である後背低地、谷底低地などが含まれる。自然堤防は、河川に沿い両側あるいは片側に帯状にのびる頂部の平滑な微高地であり、平水位の比高は、数十cmから十数mにも及ぶ。本研究では幾何学的に最短距離にある河川との絶対標高差が2m以上7m以下のものを自然堤防として、

それ以外の地形を谷底平野、また、特に河川との絶対標高差がない（1m 以下）地形を後背低地として分類した。

図3の左は、提案している手法に基づき、ニュージーランドのクライストチャーチ周辺を対象として分析した分類結果を示したものである。周囲にAvon 川と Heathcote 川の2本の川が流れているクライストチャーチが後背低地として分類されており、クライストチャーチの地盤は、氷河起源の堆積扇状地の上に火山起源の土など様々な土から成っているカンタベリー平原であること、また、最表層は沼沢地であることと対応していることが分かる。

個別にみると、クライストチャーチの南に位置しているバンクスハンドの火山体（リットルトン火山とアトロア火山）とその中の谷地形の微細な火山独特地形が判読されている。なお、クライストチャーチ西側のロールストン周辺やラカイア周辺の扇状地が分類されていないことから、改善の余地がある。

また、提案手法により得られた分類結果が地震被害推定に有効であることを示すために、地盤による PGV 増幅度推定へ適用した。

松岡・翠川によると[1]、地盤による最大速度（PGV）の増幅度 AVR は、次式（1）、（2）により求めることができる。

$$\log AVS_{30} = a + b\log H \pm \sigma \qquad (1)$$

$$\log AVR = 1.98 - 0.71\log AVS_{30} \qquad (2)$$

ここで、AVS_{30} は、地表から地下 30m までの平均 S 波速度（m/s）、a、b は、地形区分ごとの係数、H は、標高（m）、AVR は、地表から地下 30m までの速度増幅度である。

しかし、ニュージーランドにおける地形区分ごとの地盤増幅パラメータが存在しないため、翠川・松岡によるパラメータを改良したものを用いた。

図3の右に最大速度に対する地盤の増幅度の推定結果を示す。ただし、同じ地形でも地域により、約2倍の差が指摘されていることなどから[8]、本

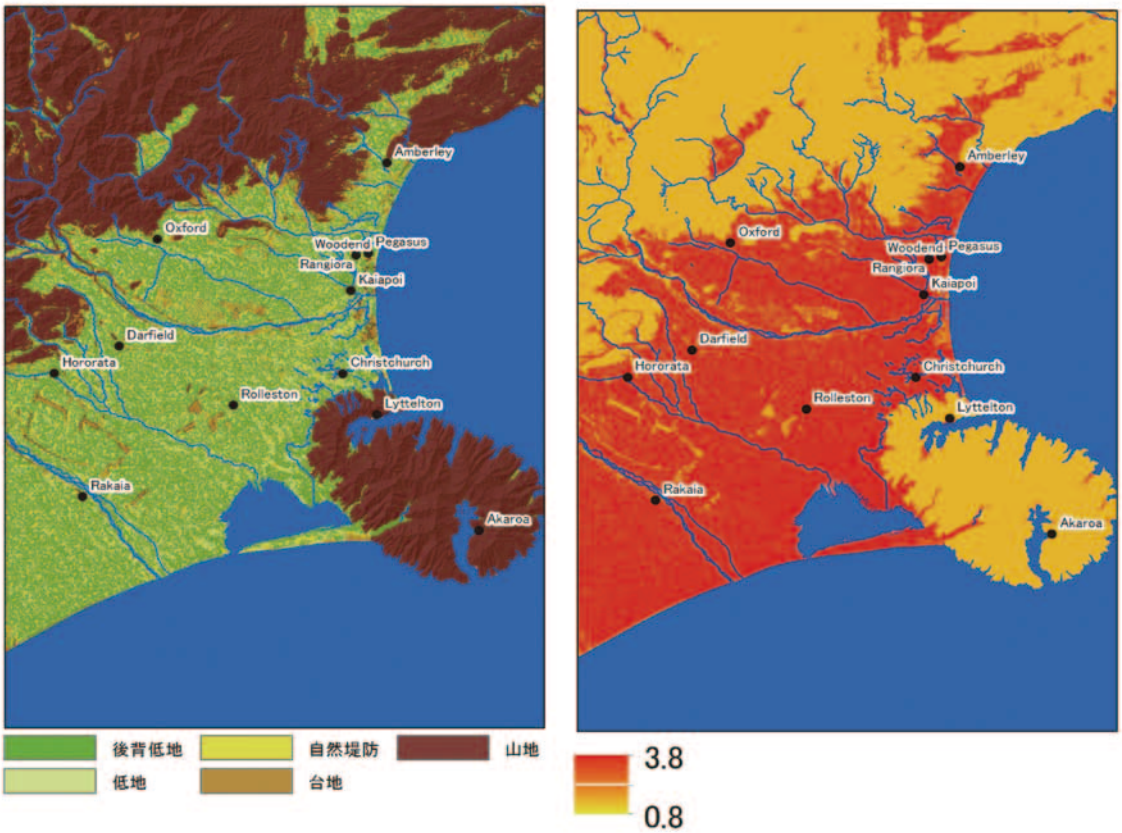

図3 SRTM-3 を用いた地形分類結果及び増幅度
（左：地形分類結果、右：地形分類に基づき推定した増幅度）

結果は暫定的なものであり、今後、実際の地盤調査等のデータと比較検討する必要がある。

3.2 震度分布の推定と精度

2011年2月22日に発生したクライストチャーチ地震に対しては、アメリカUSGS、ニュージーランドGeoNetからの震源情報があり、GeoNetの震源はUSGSのそれより2kmほど北へずれている[9][10]。後述するように推定した気象庁震度と強震記録による気象庁震度を比較するため、GeoNetの震源情報を採用し、気象庁震度分布を評価した。なお、距離減衰式には、司・翠川[11]による断層面からの最短距離を用いた最大速度の式を用いた(式(3))。

また、地表での地震動の強さを表す最大速度を求める式(4)を用いた。さらに、地表面の最大速度から気象庁震度(I_{JMA})への変換には、翠川ら[12]が示している最大速度と計測震度との関係式を用いて、地表での最大速度から気象庁震度を計算し、その分布を求めた。

$$\log PGV_b = o.58\,Mw + 0.0038\,D - 1.29 - \log(X + 0.0028 \times 10^{0.50\,Mw}) - 0.002\,X \quad (3)$$

$$PGV_s = PGV_b \cdot AVR \quad (4)$$

$$I_{JMA} = 2.68 + 1.72 \log PGV_s \quad (5)$$

PGV_b	:	硬質地盤での最大速度(cm/s)
Mw	:	モーメントマグニチュード
D	:	震源の深さ(km)
X	:	震源までの距離(km)
I_{JMA}	:	計測震度
PGV_s	:	地表面における最大速度

ただし、最大速度と気象庁震度との関係式における最大速度PGVは水平動2成分を合成した最大速度である。

図4の右に本研究により推定された気象庁震度を、また、図4の左にUSGSが公表している最大速度PGVを式(5)で評価した気象庁震度を示す。両者ともクライストチャーチを中心に最大震度が表れている。しかし、本研究によるクライストチャーチ周辺の震度が7から6強を示しているのに対して、USGSによる震度は6弱から5強と推定されている。また、本研究結果では、震源から

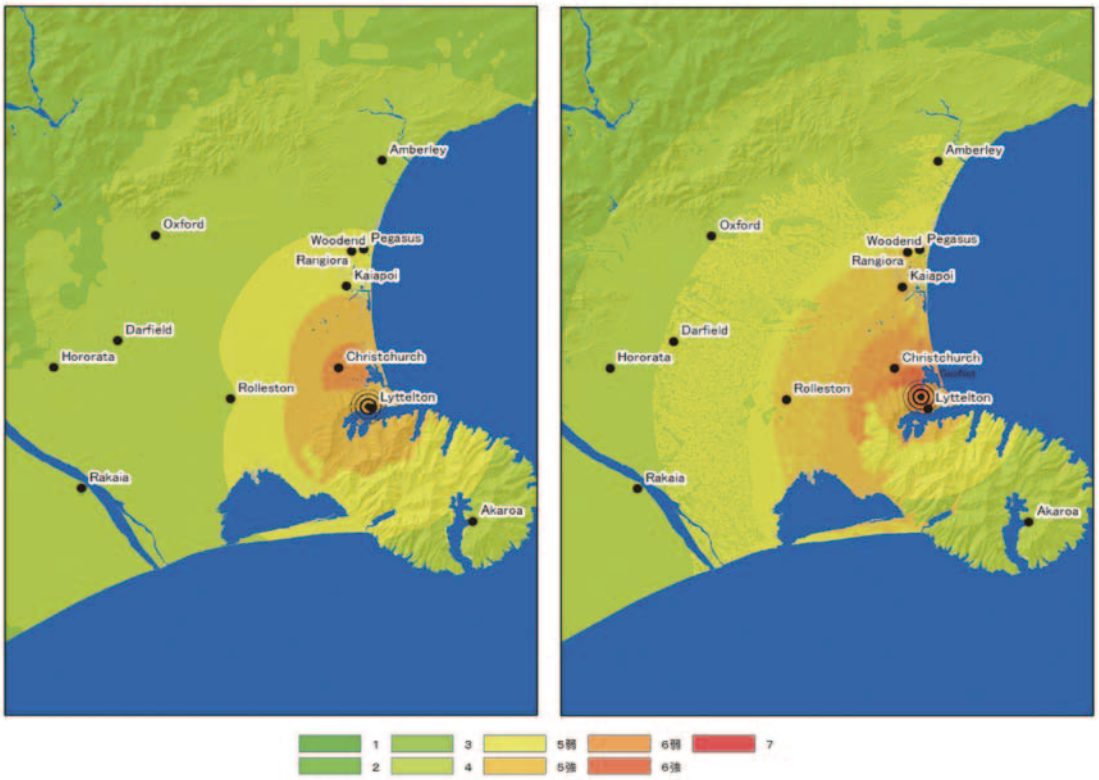

図4 推定した気象庁震度(左: USGSが推定したPGVを式(5)で評価、右: 本研究による)

南へ約10kmの大きな被害が発生したと報告されている漁村のリトルトン(Lyttleton)の震度が6弱から6強を示しているのに対し、USGSの推定結果は5弱を示しており、USGSの推定結果よりは本研究による推定結果のほうが地震動による被害の実態を説明しやすい。

なお、クライストチャーチ北部のカイアポイ(Kaiapoi)、ランギオラ(Rangiora)、クライストチャーチ西部のロールストン(Rolleston)の震度も本研究の結果とUSGSによる推定では、1階級ずつ差がみられる。

ニュージーランドでは、GNS ScienceとEarthquake Commission(EQS)によるプロジェクトGeoNetがニュージーランド全国土をカバーする強震観測網を運用している。今回、地震が発生したクライストチャーチ周辺には更に多くの強震計が設置されており、観測したデータなどはGeoNetからダウンロードすることができる。

図5は、震央から20km以内で得られた強震記録の加速度波形から、PGV及び気象庁震度を評価し、本研究の推定値と比較したものである。全体的にUSGSによる推定値は過小評価、本研究による推定値は過大評価の傾向が認められるが、観測値との差が大きい観測点が本研究の方が少ないと言える。

図6は、2010年1月12日に発生したハイチ地震の推定建物被害分布と実被害の空間的分布を比較したものである。建物被害分布を計算には、アメリカOrk Ridge National Laboratoryが公表している世界人口統計データであるLANDSCAN(2006)を加工し、建物データとして用いた。ただし、ハイチの建物の構造や被害関数などが把握されていないため、ここでは、日本の内閣府などが用いている被害関数を代用し、建物被害分布を推定することにした。

地震が発生して1日後に観測された衛星写真(解像度50cm、GeoEye社)を用いて判読された建物被害データ(図6の黒い点)と本研究での推定震度分布と重ね合わせてみると、実際の被害と良く対応していることが分かる。一方、激しい揺れが予測され、衛星写真からも被害は確認できるにもかかわらず、ニュースなどで被害情報が伝わってこなかった地域、たとえば、ジャクメル地域(図の丸印)などにおいても被害の可能性を示している。なお、国際組織が衛星写真や航空写真を利用し、目視で判断した建物被害量(約30万棟)と、本研究の被害量(約20万棟)を比較した結果、約10万棟の差がみられた。

以上のように、地形データと地盤増幅度が予めDEMから推定されていれば、USGSなどから提供される震源情報から、日本国内版の簡易型地震被害推定システムと同様に短時間で震度分布や被

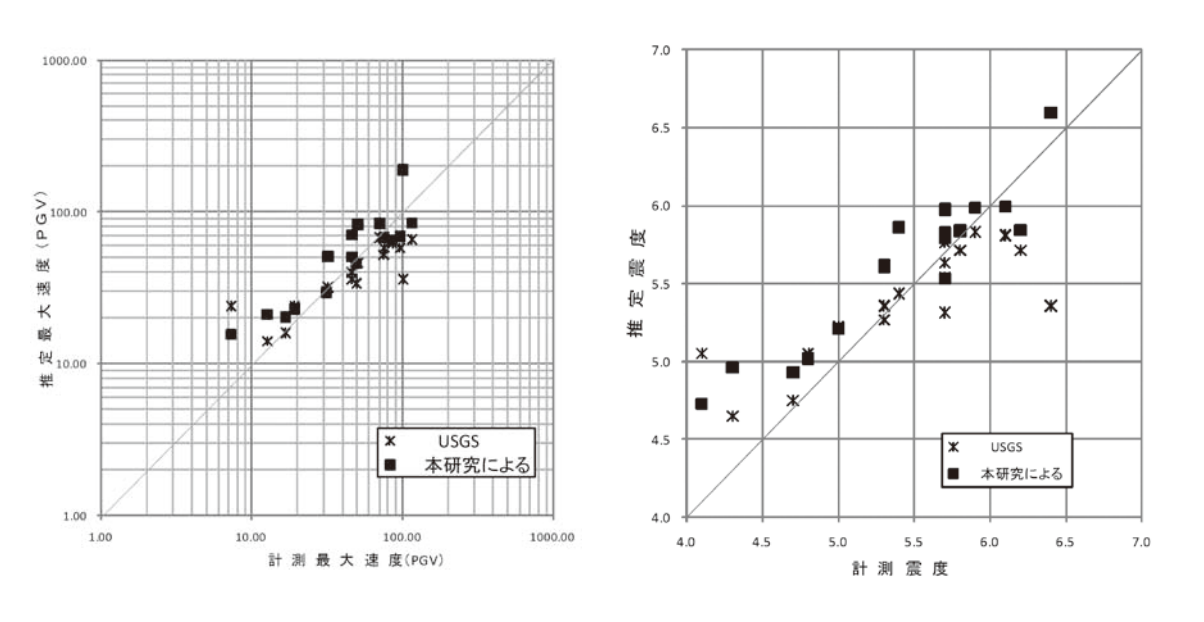

図5 観測点における強震記録と推定結果との比較(左: 最大速度、右: 計測震度)

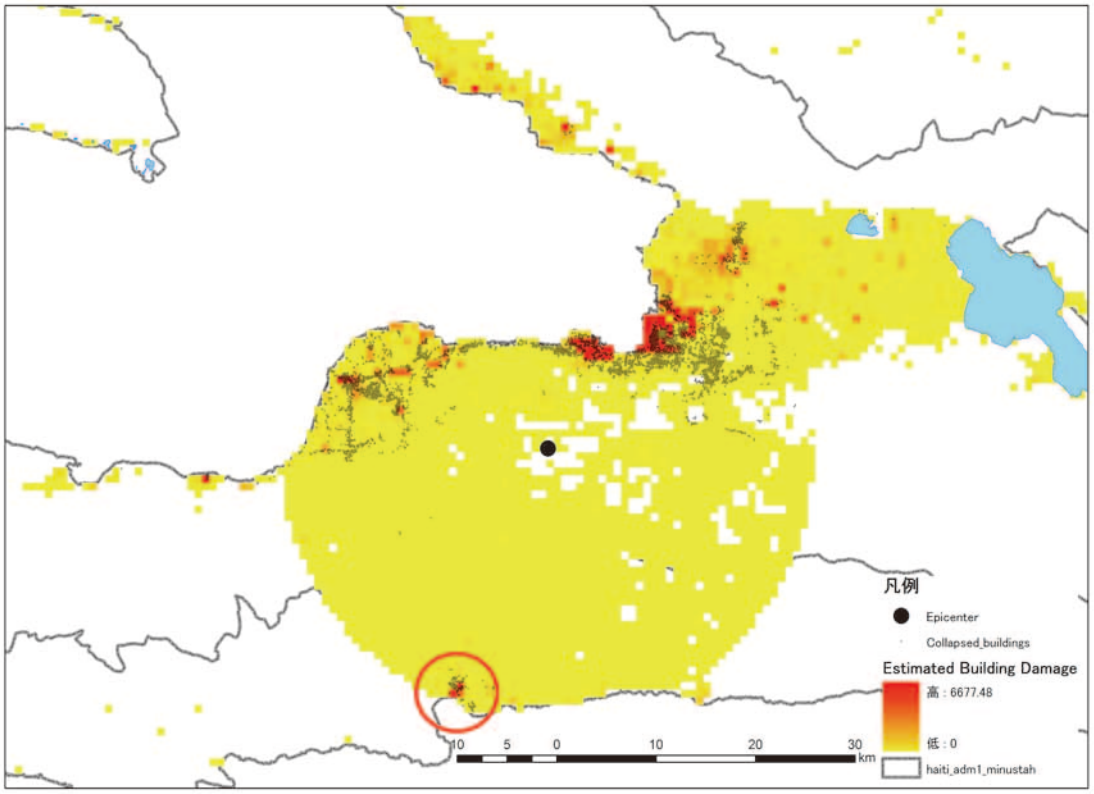

図 6 2010 年 1 月 12 日に発生したハイチ地震の推定建物被害分布と実被害との比較

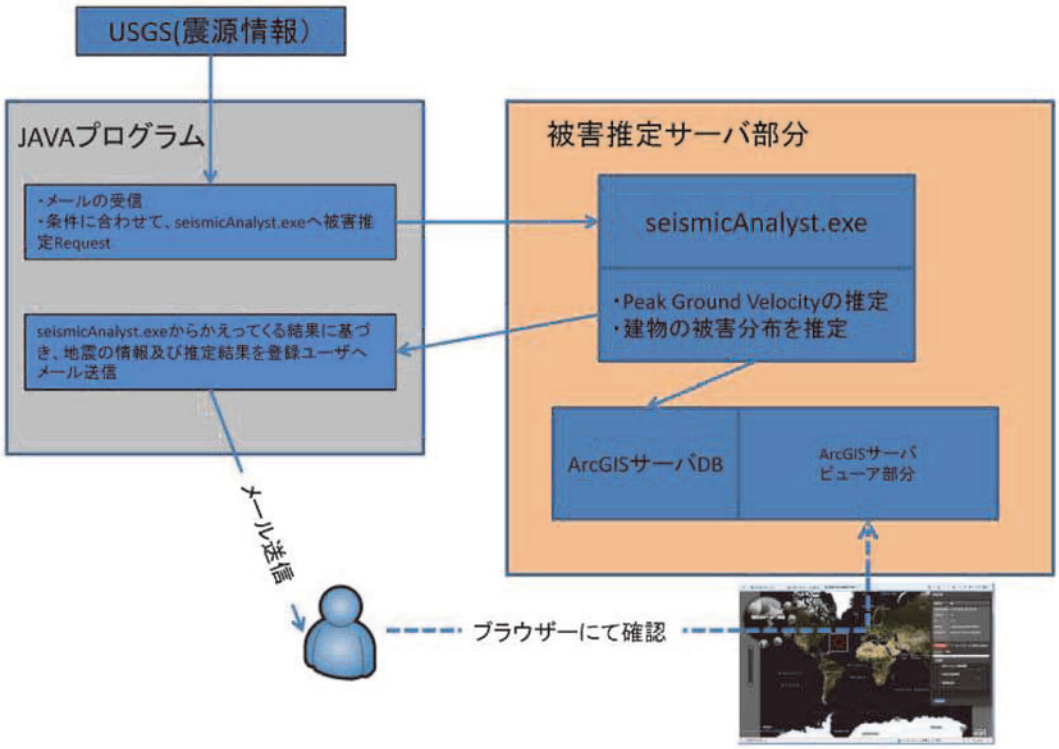

図 7 国際版簡易型地震被害想定システムの構成及び情報の流れ

害の分布など災害の規模を予測することが可能である。これらの推定結果は、今回の解析結果のような誤差を有していたとしても、災害発生直後の「災害情報の空白」の時間帯では応急対応の意志決定を行う上で有用な情報になると考えられる。

4　国際版簡易型地震被害想定システムの構築

3 を踏まえて、日本を含むアジア地域内で、地震や津波・洪水の被害状況の把握、被害情報や活動支援情報を共有が可能な Web サーバシステムのプロトタイプを構築した。本システムは、図 7 に示す通り、USGS がメールで配信する震源情報を実時間で受け取り、それを用いて被害を推定した後、登録者にメールで周知すると同時に地震の概要と推定被害分布などの情報を Web で公開できるリアルタイム被害推定システムである。図 8 に、登録者に自動送信されるメールの例を示す。これは、総務省消防庁で既に運用されている国内版の簡易型地震被害想定システム（図 1）の仕組みを踏襲している。図 8 のメールを受け取ったユーザは、メール中のリンク先をクリックすることにより、国際版簡易型地震被害想定システムの推定結果をみることが可能である。ただし、地形分類に基づく地盤増幅度のデータベースは現在、アジア地域の限られた範囲のみ構築されており、今後システムの本格運用に向けて、データベースを完成する必要がある。

5　衛星通信を活用した支援システムへの展開

救助隊が被災地に入ったときに、その周辺の被害状況は直接確認することが可能であるが、そこから離れた地域や被災地全体の状況を個々の部隊が独立して把握することは困難である。そこで、適切な応急対応を行うためには、様々な手段で収集された災害情報や救助隊の活動状況が、関係機関や部隊間で共有されることが求められる。本研究では、以下に示すように、地震被害想定技術を基本に衛星通信と図 9 の Web サーバーによって災害情報を共有することで、国際救助活動を支援可能な情報システム（図 10）の研究開発が必要である。

(1)　災害発生前の準備として、地形データと地盤データの世界規模での収集とデータベース化を予め行い、地震後の速やかな被害想定結果算出を可能とする。さらに、震源情報などの取得や被害想定結果の配信などを自動処理化した災害

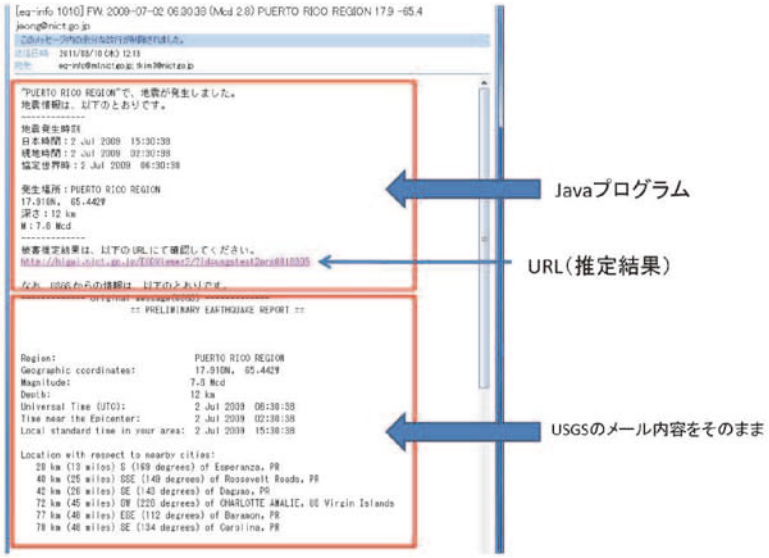

図 8　登録者に自動的に送られるメールの例

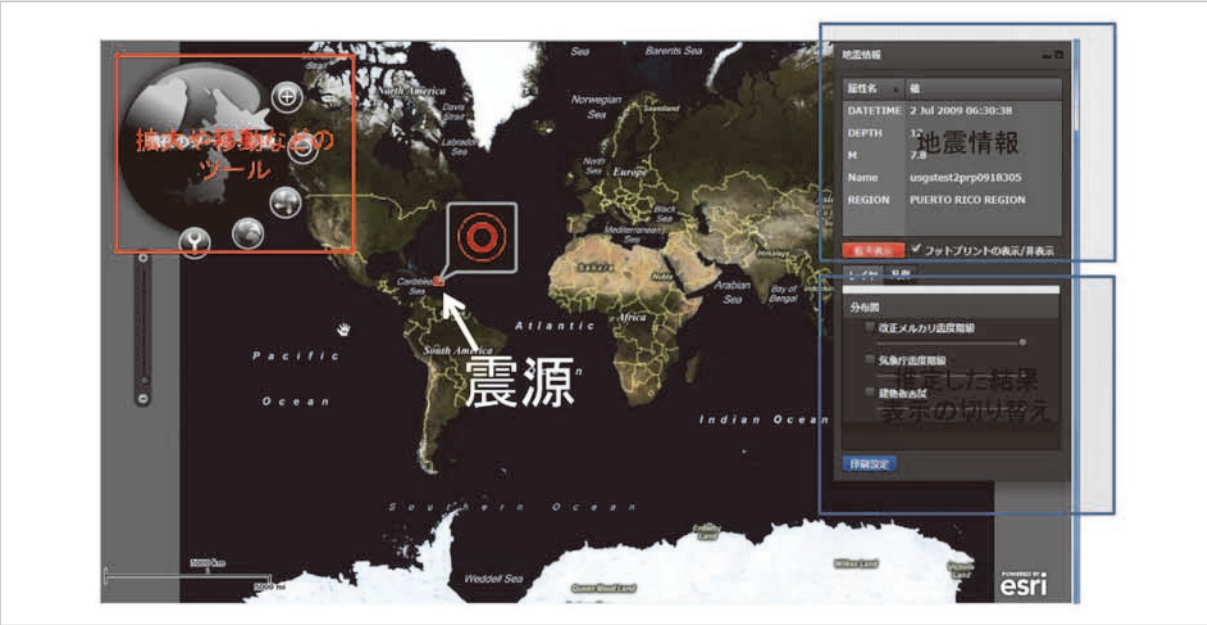

図 9 国際版簡易型地震被害想定システムの Web 公開版の初期画面の例

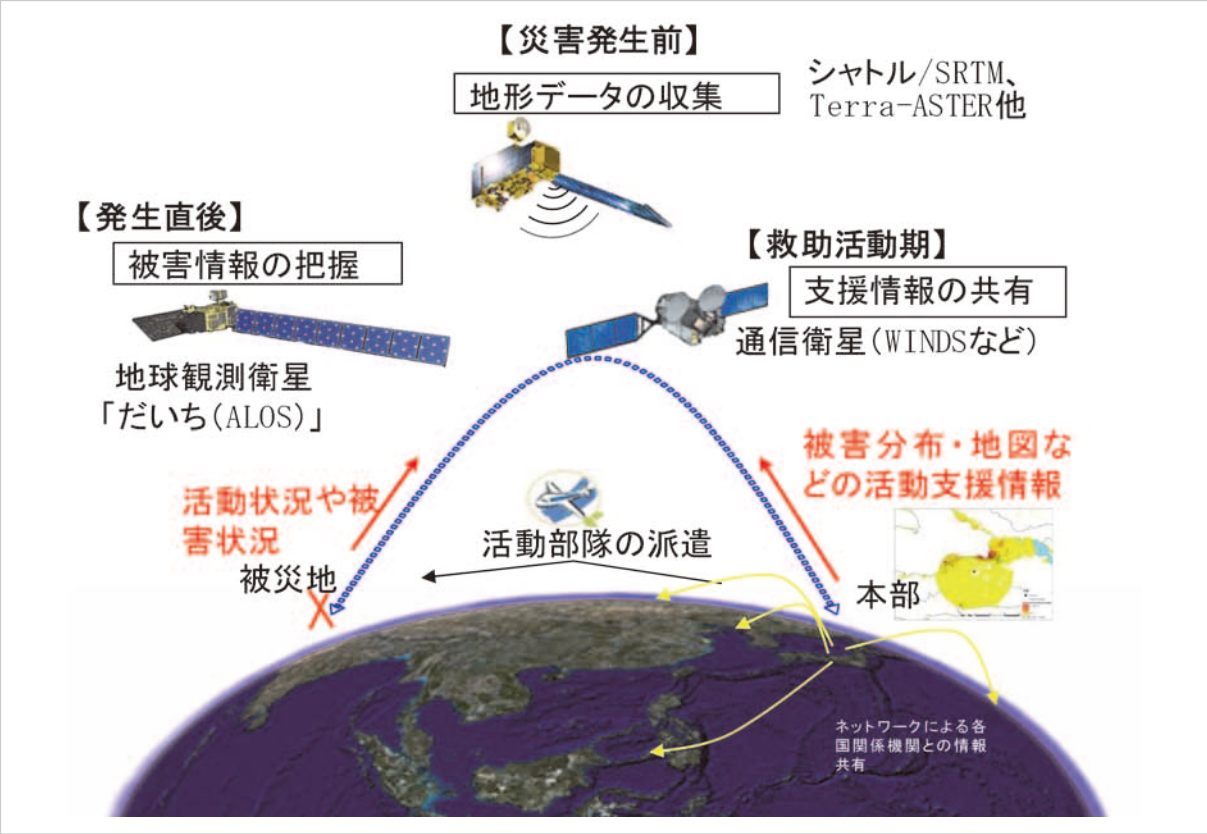

図 10 国際救助活動を支援する情報システム

対応支援システムとする。

(2) 地震発生後においては、救助隊が海外の被災地に移動期間中も含め、リモートセンシングデータ(衛星画像)や現地からの情報など、実際の被害情報を総合的に集約・分析し、支援情報システム上に登録可能とする。

(3) 救助活動実施時期には、被害想定結果や被災地域の地図、衛星画像などの災害情報を、WINDS

をはじめとした高速データ通信が可能な衛星によって、救助部隊と派遣本部が共有する。

6　システム評価実験とデモンストレーション

システムの検証実験とデモンストレーションが、平成22年10月28～31日に開催されたAPEC情報通信経済担当大臣会合（TELMIN）において、消防研究センター、東京消防庁、タイ王国電子コンピュータ技術センター（NECTEC）、NICTの参加によって行われた[13]。WINDSで沖縄県名護市の万国津梁館とタイ王国バンコク市郊外のNECTECを結ぶことによって、地震被害推定システムとハイビジョンテレビ会議システムなどを活用した国際救助活動時の情報共有実験が行われた。デモンストレーションは、タイ王国北部チェンマイ付近で大地震が発生したという災害想定に基づき、タイ王国へ派遣されたJDR救助チームと日本の派遣本部が、指揮支援に本システムを活用するという内容で行われた。タイへ派遣された東京消防庁隊員からなるJDR救助チームと本部が、被害想定システムの想定結果とチェンマイの衛星画像などを相互に確認しながら、活動現場の確認や転戦に必要な経路など指揮支援情報の共有を実施した。今回の実験に参加した救助チームからは、初動時の派遣先決定や転戦時のオペレーションにおけるシステムの有効性について、良好な評価を得ることができた。図11にその様子を示す。

図11　APEC-TELMIN8におけるデモ

7　まとめ

突発的に発生する大規模自然災害に対応するためには、災害リスクをあらかじめ評価し、発災後は迅速に被災状況を把握し、対応するための要員や資源を迅速に投入することが求められる。そのためには、グローバルな災害観測技術とそれを活用するためのネットワークの構築が必要である。その観点から本研究では、平成20年度から3年間、総務省消防庁等と連携して、戦略的研究推進課題の1つとして、リモートセンシングによって取得したDEM（Digital Elevation Model：デジタル標高データ）に基づく地震被害想定技術の開発とそこから得られる計算結果をWINDSなどの衛星によって移動中あるいは現地まで届けるための研究開発プロジェクトを行った。

全世界の地震による甚大な被災地域をいち早く把握するため、アメリカ、NASAのSRTM-3を用いて、2011年2月22日に発生したクライストチャーチ地震、2010年1月12日に発生したハイチ地震などの震度分布及び建物被害分布を推定し、地震発生後、得られたデータと比較した結果、おおむね調和的であることが確認できたことから、海外で地震災害が発生し、国際消防救助隊の派遣、救助現場の選定等の1つの判断材料として用いることができると考える。

一方、アジアを含む多くの開発途上国における地震被害想定のあり方を考える時、日本で行われているような精度が高くかつきめ細かい地震被害想定は必ずしも必要ではなく、被害想定を実施するためのコスト等を考慮し、ある程度の精度を確保した被害想定を早期に策定し、どの地域に限られた資源を重点的に投入するか等の事前の地震防災対策の策定にも利用可能と考えられる。

このような観点から、本研究では地球の殆どをカバーしているSRTM-3に、筆者らが提案しているDEMを用いた地形分類手法を適用することで、ある程度の精度を持った空間的に詳細な地震被害を推定することが出来ることを示した。

また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、被災を被った殆どの地域で通信障害が発生し、情報収集や情報伝達に支障があった。通常は国内の都市部で活動する救助隊であっても、山間地での活動時や大規模災害による通信

インフラの障害時には、海外で活動する国際救助隊と同様の通信環境におかれる可能性がある。

救助隊が海外や国内に派遣された場合であっても、活動現場を意識することなくいつでもコミュニケーション可能とする衛星通信と地上系通信がシームレスに融合した通信システムが、大規模災害時のシステムの理想形であろう。

本稿で紹介した支援システムは実運用に向け、今後、被害推定精度の向上に取り組むとともに、活動時のオペレーションに適応した操作インターフェースの開発を行う予定である。

謝辞

APEC 情報通信経済担当大臣会合での検証実験とデモンストレーションは、東京消防庁の方々や国際協力機構（JICA）をはじめとした関係機関の協力によって実施されたことから、ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

1 翠川三郎，松岡昌志，“国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価，”物理探査 8 巻第 6 号，pp. 519–529, 1995.
2 座間信作，細川直史，“簡易型地震被害想定システムの開発，”消防研究所報告，第 82 号，pp. 26–33, 1996.
3 NASA,“Shuttle Radar Topography Mission,”http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/
4 B. Jeong, S. Zama, M. Hosokawa, O. Takizawa, and B.C. Bautista,“A study on classification of landform based on SRTM-3 for estimation of site amplification factors in Metro Manila, Philippines,”14WCEE, 2008.
5 Toshiya Matsuura et al,“Automated identification of Yatsu Valleys based on a semantic modeling of landforms using digital elevation models,”Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Vol. 25, pp. 17–33, 2004.
6 若松加寿江，“新潟地域 250m メッシュ地形・地盤分類 Ver.2,”http://home.kanto-gakuin.ac.jp/~wakamatu/wakamatsu/geomNiigata.html
7 B. L. Jensen and J. O. Domingue,“Extracting topographic structure from raster elevation data for geographic information system analysis,”Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, pp. 1593–1600, 1998.
8 座間信作，遠藤真，細川直史，“土地条件図に基づく地盤の増幅度の推定，”消防研究所報告，No. 92, pp. 16–26, Sep. 2001.
9 USGS, http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usb0001igm/
10 GeoNet, http://www.geonet.org.nz/
11 司宏俊，翠川三郎，“断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，”日本建築学会構造系論文集，建築学会，第 523 号，pp. 63–70, 1999.
12 翠川三郎，藤本一雄，村松郁栄，“計測震度と旧気象庁震度及び地震動強さの指標との関係，”地域安全学会論文集，Vol. 1, pp. 51–56, 1999.
13 “消防研究センターにおける簡易型地震被害想定システムの研究開発，”消防の動き，No. 477, pp. 24–25, http://www.fdma.go.jp/ugoki/h2212/2212_24.pdf，総務省消防庁，2010 年 12 月.

（平成 23 年 3 月 30 日 採録）

鄭（じょん）　炳表（ぴょんぴょ）[†1]
情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ専攻研究員
(2007年6月～2011年3月)
博士(工学)
消防防災、都市防災

滝澤（たきざわ）　修（おさむ）[†2]
情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループグループリーダー（2006年4月～2011年3月）/ セキュリティ基盤グループグループリーダー（2008年5月～2010年3月）　博士（工学）
非常時防災通信、コンテンツセキュリティ

細川直史（ほそかわまさふみ）
総務省消防庁消防大学校消防研究センター地震等災害研究室長 / 情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ特別研究員 (2008年9月～2011年3月)
博士(工学)
消防防災

座間信作（ざましんさく）
総務省消防庁消防大学校消防研究センター地域連携企画担当部長
理学博士
地震防災、強震動予測

金（きむ）　泰運（てーうん）[†3]
情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ技術員
(2008年12月～2011年3月)
アプリケーションプログラミング、エンベデッドシステム

Hoang Nam Nguyen[†4]
情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ専攻研究員
(2006年4月～2011年3月)
Ph.D.
Communication Networks for Emergency and Crisis Management: Issues of System Models, Security, Capacity and Quality-of-Service

---

†1　現在、総務省消防庁消防大学校消防研究センター
†2　現在、社会還元促進部門技術移転推進室　マネージャー
†3　現在、統合国際深海掘削計画の日本法人（IODP-MI）アソシエイト データ アンド インフォメーション マネージャ
†4　現在、国立ベトナム大学工業技術大学　講師