

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22681025

研究課題名(和文) グローバルスケールの津波災害インパクトの即時的開示と国際災害救援活動への新展開

研究課題名(英文) Numerical Modeling, Remote Sensing and GIS-based Approach to Identify the Impact of Catastrophic Earthquake Tsunami Disaster

研究代表者

越村 俊一 (Koshimura, Shunichi)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号：50360847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 16,300,000円、(間接経費) 4,890,000円

研究成果の概要(和文)：巨大地震災害発生直後の津波災害インパクトの即時的開示を目標とした広域被害把握技術の体系を構築した。広域被害把握までの流れは、数値解析と津波被害関数による浸水域内建物棟数および被害棟数の推定、衛星画像解析による津波浸水状況の把握、浸水域内建物棟数の推計、航空写真の判読による建物被害の把握、航空写真・衛星画像による瓦礫量の把握という、4つの技術で構成する。本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震津波災害を事例として上記研究の実証を行い、その有効性と課題を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：This research proposed a framework in developing a method to search and detect the impact of catastrophic tsunami disaster by integrating numerical modeling, remote sensing and GIS technologies, which consist of four damage mapping efforts, 1) Inundation mapping by numerical modeling and satellite remote sensing, 2) Estimation of structural damage with numerical modeling and tsunami fragility curve, 3) Structural damage mapping by aerial photo interpretation, 4) Mapping tsunami debris by post-event image analysis as an indicator of impact. The method is implemented to the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster to identify the regional impact of this event. Based on a comprehensive study in the 2011 Tohoku earthquake tsunami affected areas, the insights into reconstruction and tsunami-resilient communities were discussed. The findings and results lead to implications for land use management and relocation planning for reconstructing tsunami-resilient coastal communities.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学

キーワード：東日本大震災 津波 リモートセンシング GIS 被害関数

### 1. 研究開始当初の背景

近年の巨大災害(たとえば2004年スマトラ島沖地震津波, 2010年チリ地震津波, 2011年東北地方太平洋沖地震)の災害救援活動における最も深刻な問題は, 被害の全容把握が大幅に遅れ, 全ての意志決定が後手に回ることである。巨大災害の発生直後の一定期間は, 激甚な被災地からの情報が途絶え, 本当に救援を必要とする地域が置き去りになる(情報空白期)。特に2004年スマトラ島沖地震津波では, インド洋全体に波及した津波被災地の全容を把握するのに1ヶ月以上を要した。災害発生直後から救援活動を迅速に進めるためには, どの地域がどのくらいの被害を受けているかを, 被災地からの情報を待たずに能動的に知る必要がある。

### 2. 研究の目的

地球上のいかなる場所で巨大地震津波が発生しても, 24時間以内に地域別の津波浸水域, 被災者人口, 被害建物棟数を定量的に推計し, 被災地からの情報を待たずに能動的に被災地を探索する「激甚津波被災地探索技術」を確立し, 国際災害救援活動の枠組みに実装することを目的とする。

### 3. 研究の方法

目的を達成するために, (1)地球全体に対応した全球型の即時的津波浸水予測と津波曝露人口の推計, (2)独自に構築した「津波被害関数」による人的・建物被害推計と, それを尺度とした「激甚被災地」の探索, (3)衛星画像の自動処理による実被害の把握, という3つの技術課題を設定し, それらの統合により標準化した「激甚津波被災地探索技術」を国際社会に提案してその有効性を実証する。

### 4. 研究成果

巨大地震津波発生直後に速やかに被災地を探索して被害を推計する技術を「激甚津波被災地探索技術」と定義し, 津波発生後に即時的に実施する全球リアルタイム数値解析をベースとしたアプローチと, 人工衛星による緊急観測の実施および衛星画像解析によるリモートセンシングベースの2つのアプローチで技術体系を確立した。以下の課題に取り組みながら, 2011年東北地方太平洋沖地震津波の被災地をフィールドとして, フィージビリティスタディを行った。

(1)地球全体を対象とした津波曝露人口指標による予想津波被災地の探索: 海溝型巨大地震による津波の発生・伝播・浸水域を予測する全球型のマクロな津波浸水予測モデルを開発し, 世界の人口データとの統合解析により津波曝露人口を推計するモデル(曝露人口指標モデル)を開発した。さらに, 浸水レベルに対応した死亡率の経験則を掛け合わせることで, 津波曝露人口・推定死者数の空間分布を尺度として, 詳細な被害推計を実施すべき地域(予想津波被災地)を明らかにした。

(2)津波被害関数の構築: 東日本大震災の被災地を撮影した航空写真(国土地理院)を用いて, 建物被害を判読し, 独自の建物被害地図を作成した。また, 現地調査により得られた浸水深データとの統合解析により, 津波による建物被害の程度を流失率として浸水深の関数で表した, 津波被害関数を構築した。

(3)合成開口レーダ(SAR)を用いた建物被害把握: 光学センサによる衛星画像の取得は被災地の昼夜や天候に左右されるという欠点があるため, 全天候型の合成開口レーダ(SAR)を用いた建物被害把握手法を開発した。SAR強度画像は, 空間分解能が低いことと地表からのマイクロ波の後方散乱強度で表現されるため, 画像の処理と解釈に特別なアルゴリズムを開発した。ここでは, 航空写真で判読した過去の津波被災地の家屋被害の有無とSAR画像の後方散乱強度との関連を明らかにし, 後方散乱強度を被害建物棟数に換算するための新しい画像処理手法を開発した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計25件)

1. Hayashi, S. and S. Koshimura, The 2011 Tohoku Tsunami Flow Velocity Estimation by the Aerial Video Analysis and Numerical Modeling, Journal of Disaster Research, Vol.8 No.4, pp.561-572, 2013, 査読有
2. Koshimura, S., S. Hayashi, H. Gokon, Lessons from the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Disaster, Journal of Disaster Research, Vol.8 No.4, pp.549-560, 2013,

- 査読有
3. 林 里美, 成田裕也, 越村俊一 : 東日本大震災における建物被害データと数値解析の統合による津波被害関数, 土木学会論文集 B2, Vol. 69, No. 2, pp. I\_386-I\_390, 2013, 査読有
  4. 福岡巧巳, 越村俊一: 航空写真と LiDAR データの統合解析による津波瓦礫の 3 次元マッピング, 土木学会論文集 B2, Vol. 69, No. 2, pp. I\_1436-I\_1440, 2013, 査読有
  5. 郷右近英臣, J. Post, E. Stein, S. Martinis, A. Twele, M. Muck, 越村俊一, 土木学会論文集 B2, Vol. 69, No. 2. pp. I\_1441-I\_1445, 2013, 査読有
  6. 堺 友里, 越村俊一, 松岡昌志 : TerraSAR-X 強度画像の変化に着目した津波被災地の建物被害程度の把握, 土木学会論文集 B2, Vol. 69, No. 2. pp. I\_1456-I\_1460, 2013, 査読有
  7. Suppasri, A., E. Mas, S. Koshimura, K. Imai, K. Harada and F. Imamura, Developing tsunami fragility curves from the surveyed data of the 2011 great east japan tsunami in Sendai and Ishinomaki plains, Coastal Engineering Journal, Vol. 54, No. 1, 125008-1-16, 2012, DOI: 10.1142/S0578563412500088, 査読有
  8. Suppasri, A., S. Koshimura, K. Imai, E. Mas, H. Gokon, A. Muhari and F. Imamura, Damage characteristic and field survey of the 2011 great east japan tsunami in Miyagi prefecture, Coastal Engineering Journal, Vol. 54, No. 1, 125005-1-30, 2012, DOI: 10.1142/S0578563412500052, 査読有
  9. Gokon, H. and S. Koshimura, Mapping of building damage of the 2011 Tohoku earthquake tsunami in Miyagi Prefecture, Coastal Engineering Journal, Vol. 54, No. 1, 125006-1-12, 2012, DOI: 10.1142/S0578563412500064, 査読有
  10. Kamthonkiat, D., S. Koshimura and M. Matsuoka, Multi-temporal Analysis of Shoreline Variability in the Area Impacted by the 2004 Indian Ocean Tsunami in Phang Nga Province, Thailand, Journal of Earth Science and Engineering, Vol.2, No.1, pp.35-41, 2012, 査読有
  11. 越村俊一, 郷右近英臣, 福岡巧巳, 林里美 : リモートセンシングによる 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の広域被害把握, 日本地震工学会論文集, 第 12 巻, 第 6 号, pp.50-62, 2012, 査読有
  12. 郷右近英臣, 越村俊一 : 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の被災地における斜め視空中写真判読による建物被害のマッピング, 土木学会論文集 B2, Vol.68, No. 2, pp.I\_1421-I\_1425, 2012, 査読有
  13. 福岡巧巳, 越村俊一, オブジェクトベース画像解析による津波被災地の瓦礫量の把握, 土木学会論文集 B2, Vol.68, No. 2, pp.I\_371-I\_375, 2012, 査読有
  14. 林 里美, 越村俊一 : 映像解析による 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の流速測定, 土木学会論文集 B2, Vol.68, No. 2, pp.I\_366-I\_370, 2012, 査読有
  15. 越村俊一, 郷右近英臣 : 2011 年東北地方太平洋沖地震津波災害における建物脆弱性と津波被害関数, 土木学会論文集 B2, Vol.68, No. 2, pp.I\_336-I\_340, 2012, 査読有
  16. Suppasri, A., S. Koshimura and F. Imamura, Developing tsunami fragility curves based on the satellite remote sensing and the numerical modeling of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand, Natural Hazards and Earth System Sciences, 11, pp.173-189, 2011, 査読有
  17. Kamthonkiat, D., C. Rodfai, A. Saiwanrungkul, S. Koshimura and M. Matsuoka, Geoinformatics in mangrove monitoring: damage and recovery after the 2004 Indian Ocean tsunami in Phang Nga, Thailand, Natural Hazards and Earth System Sciences, 11, pp.1851-1862, 2011, 査読有
  18. Kamthonkiat, D., S. Koshimura and M. Matsuoka, Tsunami Responses in Phuket Island, Thailand: Land uses/Land covers and Facilities in 2010, International Journal of Geoinformatics, Vol.7, No.7, pp.55-61, 2011, 査読有
  19. 郷右近英臣, 越村俊一, 松岡昌志, 行谷佑一 : 2009 年米領サモア地震津波における津波被害関数の構築, 土木学会論文集 B2, Vol. 67, pp.I\_1321-I\_1325, 2011, 査読有
  20. 郷右近英臣, 越村俊一, 今井健太郎 : 2009 年米領サモア地震・津波の発生メカニズムの検討, 土木学会論文集 B2, Vol. 67, pp.I\_211-I\_215, 2011, 査読有
  21. 越村俊一, 松岡昌志 : 合成開口レーダーを利用した津波被害の面的把握, 土木学会論文集 B2 第 57 巻, pp.1426-1430,

- 2010, 査読有
22. 萱場真太郎, 越村俊一: 高分解能衛星画像のオブジェクトベース解析による津波被災地マップの作成と建物被害評価, 土木学会論文集 B2 Vol.66, pp.1421-1425, 2010, 査読有
  23. 行谷佑一, 越村俊一, ほか 5 名: 2009 年サモア諸島沖地震津波の米領サモアにおける津波高さおよび被害の調査, 土木学会論文集 B2 Vol.66, pp.1366-1370, 2010, 査読有
  24. 越村俊一, 今村文彦: 2010 年チリ沖地震津波の数値解析と人口統計データに基づく被災地の探索, 土木学会論文集 B2 Vol.66, pp.1356-1360, 2010, 査読有
  25. 越村俊一, ほか 7 名: 数値解析・GIS 分析・衛星画像解析の統合による津波被災地探索技術-2009 年サモア諸島沖地震津波災害における実践と検証, 土木学会論文集 B2 Vol.66, pp.1361-1365, 2010, 査読有

[学会発表] (計 13 件)

1. Koshimura, S. and S. Hayashi, Hideomi Gokon, Evaluation of the post 2011 Tohoku tsunami reconstruction plan - Case study in Sendai city, The 9th APRU Research Symposium on Multi-Hazards around the Pacific Rim, 2013 年 10 月 28, 29 日, 台湾, 台北
2. Koshimura, S. and T. Fukuoka, 3-D Mapping of Tsunami Debris in Onagawa, Using High-resolution Optical Images and LiDAR Data, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS), 2013 年 6 月 26 日, オーストラリア, ブリスベン
3. Koshimura, S., Tsunami Fragility Curves to Identify Structural Vulnerability against Tsunamis - Case Study from the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami -, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS), 2012 年 8 月 15 日, シンガポール
4. Koshimura, S., The impact of the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster, American Geophysical Union, Fall meeting, 2011 年 12 月 8 日, USA, San Francisco
5. Koshimura, S., Tsunami inundation flow characteristics interpreted by survivor videos, American Geophysical Union, Fall meeting, 2011 年 12 月 7 日, USA, San Francisco
6. Koshimura, S., Surviving tsunami: Lessons learned from the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster, Workshop on School and Tsunami Safety in APEC Economies : Reducing Risk and Improving Preparedness, 2011 年 10 月 17 日, 台湾, 台北
7. Koshimura, S., The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Disaster : Its impact, lessons for renovation, 10th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA), 2011 年 10 月 12 日, タイ, チェンマイ
8. Koshimura, S., The 2011 Tohoku tsunami disaster and its impact - Satellite image interpretation and the ground truth -, Asia Oceania Geosciences Society, 2011 年 8 月 12 日, 台湾, 台北
9. Koshimura, S., The 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster, Asia Oceania Geosciences Society, 2011 年 8 月 11 日, 台湾, 台北
10. Koshimura, S., The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Disaster: Its Impact and Lessons, IEEE, IGARSS 2011 Public Lecture, 2011 年 7 月 28 日, カナダ, バンクーバー
11. Koshimura, S., Identifying the impact of the 2011 Tohoku tsunami disaster : remote sensing and ground truth, IEEE, IGARSS 2011 Special session on the great earthquake of East Japan on March 11, 2011, 2011 年 7 月 28 日, カナダ, バンクーバー
12. Koshimura, S., Post-tsunami field survey of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami, IUGG 2011 General Assembly, 2011 年 7 月 3 日, オーストラリア, メルボルン
13. Koshimura, S., M. Matsuoka, Searching tsunami affected area by the 2010 Chilean earthquake tsunami by integration of tsunami numerical model and satellite images, The 8th International Workshop on Remote Sensing for Disaster Management, 2010 年 9 月 30 日, 東京

[図書] (計 4 件)

1. 越村俊一, 郷右近英臣, 福岡巧巳, 柴山明寛, 衛星画像・航空写真による津波の広域被害把握, 東日本大震災を分析する 1, 地震・津波のメカニズムと被害の実態, 第 3 部 1 津波と洪水の被害 第 1

- 章, pp.134-143, 明石書店, 2013 (2013年6月12日刊行)
2. 越村俊一, 林里美, 郷右近英臣, 東北地方を襲った津波の流況-名取川河口周辺の事例, 東日本大震災を分析する 1, 地震・津波のメカニズムと被害の実態, 第3部 1 津波と洪水の被害 第2章, pp.143-154, 明石書店, 2013 (2013年6月12日刊行)
  3. 越村俊一, 郷右近英臣, 林里美, 復興まちづくりにおける津波数値シミュレーションの活用-仙台市沿岸部, 東日本大震災を分析する 2 震災と人間・まち・記録, 第2部 第4章, pp.125-134, 明石書店, 2013, 2013年6月12日刊行
  4. Suppasri, A., S. Koshimura, M. Matsuoka, H. Gokon, and D. Kamthonkiat, Application of Remote Sensing for Tsunami Disaster, Remote Sensing of Planet Earth, Dr Yann Chemin (Ed.), ISBN: 978-953-307-919-6, InTech, 2012.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

[www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/tohoku2011/mapping\\_damage.html](http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/tohoku2011/mapping_damage.html)

6. 研究組織

(1)研究代表者

越村 俊一 (KOSHIMURA SHUNICHI)

東北大学・災害科学国際研究所・教授 (採択

時は東北大学・大学院工学研究科・准教授)  
研究者番号：50360847

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし