

防災・減災への取り組み事例 —リアルタイム津波浸水・被害予測システムの構築—

鈴木 崇之・村嶋 陽一・井上 拓也・田野邊 睦（国際航業株式会社）

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う津波では、死者行方不明者が1万人以上におよぶ未曾有の大災害となり、被害の大きかった岩手県から福島県の沿岸では海岸線から数kmまで浸水域が広がり人命のみならず多くの建物が流出した。大津波警報の過小評価による避難の遅れや、津波被害が広範囲にわたり、日中の発生にもかかわらず直後の被害把握が困難となり、すべての対応が遅れ被害全容把握に数日を要した。広域巨大災害の発生直後は、激甚な被害を受けた地域からの情報が断片的となり、被害の全容把握が極めて困難になるとともに、被災地の救援、復旧活動が難航する。震災から7年が経過した現在も、津波災害に強い安心安全なまちづくりに向けた復興への取り組みが行われている。

本稿では、震災後の新たな防災・減災の取り組みとして、起こりうる津波被害の概略を地

図情報として配信し、その後の適切な避難行動や災害対応、防災・減災の一助とすべく産学連携で研究開発を進め、最先端技術により実現したリアルタイム津波浸水・被害予測システムについて紹介する。

2. これまでの取り組み

リアルタイム津波浸水被害予測システムは、気象庁の緊急地震速報（地震情報・津波情報）をトリガーにシステムが起動し、地震発生直後に断層推定、スーパーコンピュータを用いた津波浸水予測・被害推計、情報配信までを20分以内に全自動で行うシステム（図1）で、東北大学災害科学国際研究所、東北大学理学研究科、東北大学サイバーサイエンスセンター、大阪大学サイバーメディアセンター、日本電気株式会社、株式会社エイト、国際航業株式会社の産学連携のコンソーシアムで構築したものである

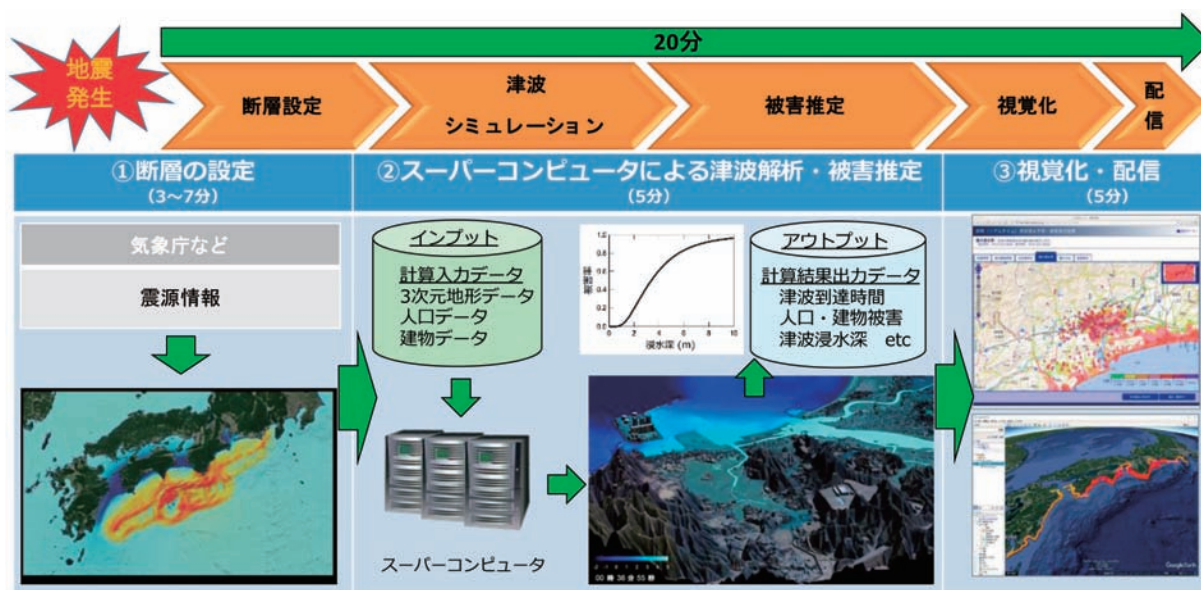


図1 リアルタイム津波浸水被害予測システムの概要

(特許第6161130号)¹⁾。

これまでの取り組みとしては、G空間事業²⁾(G空間シティ構築事業、G空間防災システムとLアラートの連携推進事業)にて社会実証実験を行い、その即時性の高さと有効性が評価された。それを受けて、巨大地震の発生が懸念されている南海トラフ域(静岡県～鹿児島県の沿岸域約6000km)における津波による浸水被害状況を早期に把握し、政府の的確な意思決定・初動対応を支援する内閣府総合防災情報システムの一機能としての導入が決まり、平成30年4月より本運用が開始されている。

3. リアルタイム津波予測システムとは

リアルタイムで津波を予測するシステムは、事前に大量のシナリオを計算しておく「データベース型」と、地震発生後に即時解析を行う「フォワード型」の2種類に大別される。前者としては、気象庁の量的津波予測や防災科学技術研究所のS-net、DONETといった沖合観測データに対応する浸水予測データベース(シナリオバンク)などが挙げられる。データベース型では、事前に仮定した波源断層モデル・地形等の条件下において津波浸水データベースを構築するために細かい条件設定が難しく、構築後の地形改変など

の土地利用変化に対して経年的な精度低下を免れない。データベースの保守に膨大な費用と時間が必要である。気象庁の量的津波予測では全国を66の予報区に分割し、予報区ごとの津波高さを予測するもので、地震発生から3分程度で情報が配信される即時性の非常に高いものだが、予測対象の情報は浸水情報でなく、海岸線での津波の高さ及び到達時間となっている。

一方、本システムは、スーパーコンピュータを用いて地震発生後に解析を行うフォワード型の津波浸水予測である。海岸線における津波の高さだけでなく、詳細な陸域の浸水範囲と被害を予測し配信するシステムである(図2)。フォワード型のため、地震発生時の潮位条件の取り込みや、浸水・被害予測の精度向上に重要となる地形・土地利用・海岸施設の変化を定期的なデータ更新により柔軟に反映できるメリットがある。また、津波解析の初期条件となる波源モデル選択の自由度が高く、将来的にはGPS波浪計等の沖合観測情報に基づいた、より高精度で複雑な波源モデルも利用できるなど、さらなる精度向上・機能拡張が期待できる。

即時予測の所要時間は予測範囲、格子解像度、予測期間、計算リソース等に依存する。本システムのスーパーコンピュータを用いた津波解

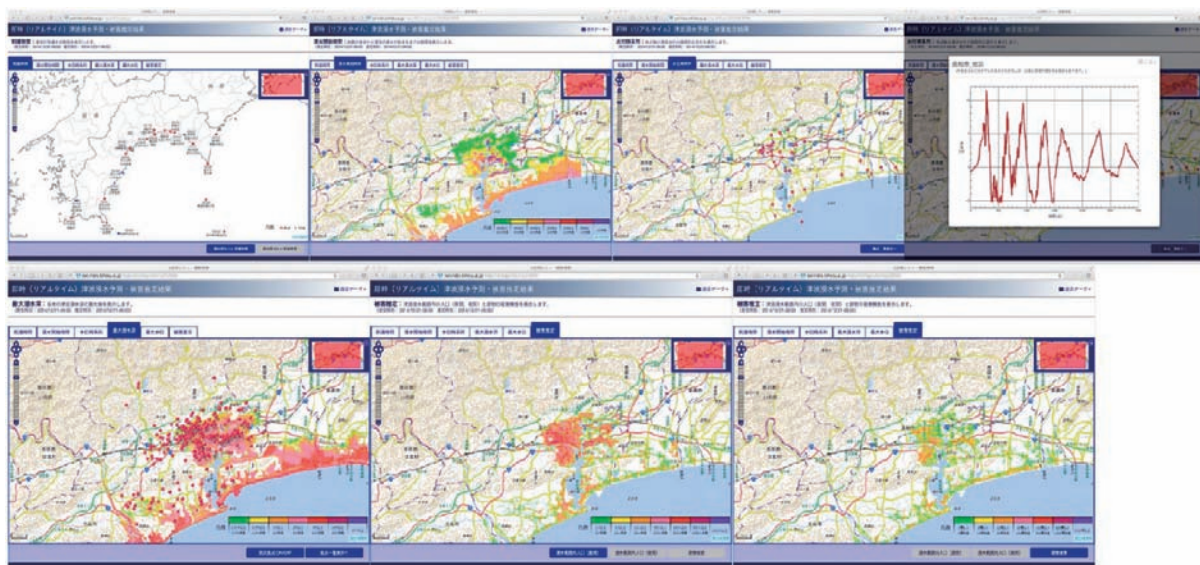


図2 リアルタイム津波浸水被害推計システムの配信情報例

析^{3、4、5)}及び被害推定においては、30km程度の海岸線での10m解像度、6時間予測で約5分、配信までを含めて約15～20分となっている(図2)。

4. 高精度測位技術と空間情報による津波予測

津波の予測精度は、計算入力データと外力条件(波源断層モデル)に大きく依存する。

津波予測に用いる計算入力データは、地形データ(海域及び陸域)、粗度データ、構造物データの3つで構成される。これらの3つの情報を正方メッシュ上に近似したものが津波予測に用いる計算入力データとなる。本システムでは、測量成果に基づく空間情報を活用して作成した高精度の計算入力データを用いている。(図3)具体には、航空レーザ測量成果DEM(グランドデータ)に基づく地形データ、施設台帳やDSM(オリジナルデータ)に基づく構造物データ、同時撮影のオルソ画像判読による土地利用に基づく粗度データである。

また、フォワード型の津波予測を行う上で重要となるのが、津波予測の初期条件となる外力条件の波源断層モデルである。本システムでは、主に以下の二つの方法を採用している。一つは、地震波の初動に基づく気象庁の緊急地震速報等の情報に、経験的なスケーリング則を併用して断層の広がりやすべりの大きさを仮定し、1枚の矩形断層として断層モデルを推定する方法である³⁾。もう一つは、人工衛星による全地球測

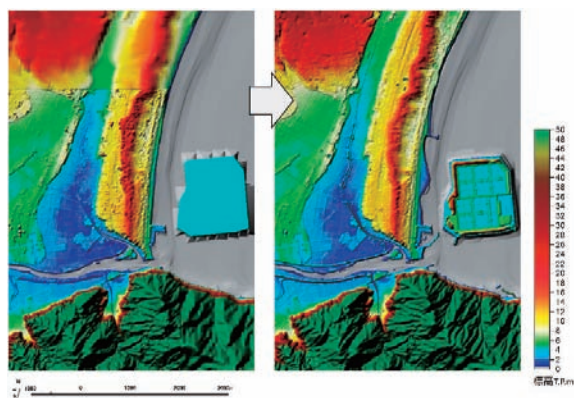


図3 航空測量成果に基づく計算入力データ例

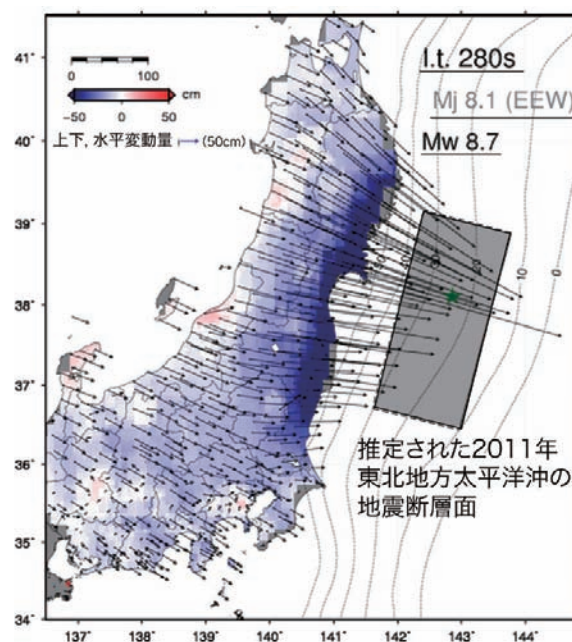


図4 GNSSによる波源断層モデル例⁴⁾

位システム(GNSS)を利用した地殻変動のリアルタイム連続観測データに基づき、地震による永久変位を算出し即時的に断層モデルを推定する方法である⁴⁾。(図4)

一つ目の方法においては地震規模の適切な把握が肝要であるが、2011年東北地方太平洋沖地震においては緊急地震速報のマグニチュードが過小評価されたという課題がある。二つ目のGNSS測位による方法は、地震波だけではなく永久変位も直接的に測定できるため、推定マグニチュードが飽和することはなく、巨大地震に対しても地震発生後数分という短時間でマグニチュードや断層の広がり等を推定可能となる。プレート境界型の巨大地震の場合、断層面上でのすべり不均質等を考慮することでより実際の現象に近い初期水位変動量を推定することも可能である。図5は、2011年東北地方太平洋沖地震津波を再現するGNSSによる波源断層モデルを用いて、津波被害が甚大であった石巻市街地を対象として本システムによる再現検証結果を示している。図中赤線は、浸水実績、○は津波痕跡を表しており、良好に浸水範囲を再現していることが確認できる。

以上のように、本システムは高精度な測量成

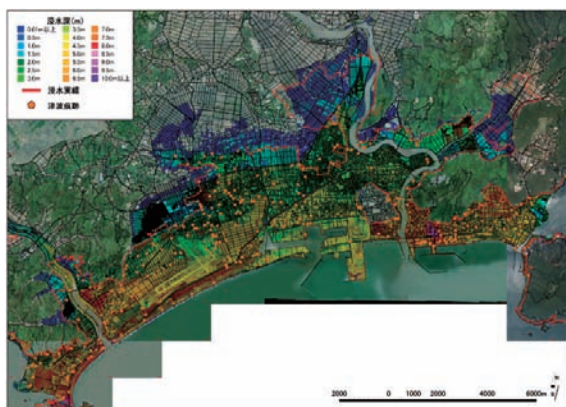


図5 本システムの再現検証例

果や様々な空間情報の活用、最先端の測位技術により構築されたフォワード型の即時津波浸水予測システムである。

3. まとめと今後の課題・展望

本稿では、東日本大震災後の防災・減災の取り組みとして新たに構築した、リアルタイム津波浸水・被害予測システムについて紹介した。

広域にわたる浸水被害を早期に把握することが減災の鍵であり、このシステムが普及すれば、災害発生時の限られた情報の中での救援や救護活動、人的リソースの振り分け判断といった災害対応だけでなく、企業のBCP対策、ライフラインやインフラ系企業の復旧対応等の効率化、意思決定などの一助となると考える。

今後の展開としては、日本海溝・千島海溝や相模トラフシステムを拡張することで日本全国の防災・減災に資すること、自治体の防災情報システムと連携することでより高度な即時予測情報の利活用を行うことがあげられる。この目的において、計算リソースや精度といった技術的な課題、情報利活用に関する法制度上の課題を解決しつつ、G空間社会（地理空間情報高度利用社会）の実現に向けてユーザーの多様性を踏まえたシステムの高度化、継続的な技術開発を進めているところである。また、本技術は、わが国同様に津波災害のリスクを抱えている米州・アジア諸国でも適用可能であり、国

際展開することで世界的な貢献を果たすことも視野に活動を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 津波浸水予測システム、制御装置、津波浸水予測の提供方法及びプログラム、特許第6161130号、June 23.2017.
- 2) “G空間シティ構築事業”. 総務省. http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local_support/02ryutsu06_03000054.html, (accessed 2016-12-19).
- 3) Ohta Y., T. Inoue, S. Koshimura, S. Kawamoto, and R. Hino, Role of real-time GNSS in near-field tsunami forecasting, J. Disaster Res, 2018.
- 4) Ohta, Y., T. Kobayashi, H. Tsushima, S. Miura, R. Hino, T. Takasu, H. Fujimoto, T. Iinuma, K. Tachibana, T. Demachi, T. Sato, M. Ohzono, and N. Umino : Quasi real-time fault model estimation for near-field tsunami forecasting based on RTK-GPS analysis : Application to the 2011 Tohoku-Oki earthquake (Mw 9.0) , J. Geophys. Res., 117, B02311, 2012.
- 5) 井上拓也、阿部孝志、越村俊一、撫佐昭裕、村嶋陽一、小林広明：多角形領域接続・MPI並列による広域津波解析の効率化、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol.72、No.2、pp.I_373-I_378、2016.

執筆者

鈴木 崇之（すすき たかゆき）

国際航業株式会社

（共著者）所属は筆頭著者に同じ

村嶋 陽一（むらしま よういち）

井上 拓也（いのうえ たくや）

田野邊 睦（たのべ あつし）