

## 津波警報の改善について Tsunami Warning Improvement

尾崎 友亮<sup>1\*</sup>, 永岡利彦<sup>1</sup>, 桑山辰夫<sup>1</sup>, 中田健嗣<sup>1</sup>, 五十嵐陽子<sup>1</sup>, 南雅晃<sup>1</sup>, 上野俊洋<sup>1</sup>

Tomoaki Ozaki<sup>1\*</sup>, Toshihiko Nagaoka<sup>1</sup>, Tatsuo Kuwayama<sup>1</sup>, Kenji Nakata<sup>1</sup>, Yohko Igarashi<sup>1</sup>, Masaaki Minami<sup>1</sup>, Toshihiro Ueno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 気象庁

<sup>1</sup>Japan Meteorological Agency

東北地方太平洋沖地震における甚大な津波被害を受け、気象庁では、有識者等よりご意見を頂きつつ津波警報改善の検討を進め、2012年3月、津波警報の改善策をとりまとめた。この改善策を踏まえた新たな津波警報の運用を、2013年3月より開始する。

東北地方太平洋沖地震の課題を踏まえた新たな津波警報の主な改善点は以下のとおりである。

### (1) マグニチュード過小評価対策

東北地方太平洋沖地震においては、地震発生3分後に発表した気象庁マグニチュード(Mj)7.9に基づく津波警報第1報での津波高さ予想が実際のもを大きく下回ることとなった。Mjをはじめ短周期変位振幅を用いるマグニチュードは概ね8程度で飽和し、また、3分程度でM8を超える巨大地震のマグニチュードを推定する技術は確立していないことを踏まえ、この課題に対処するため、地震発生約3分後の津波警報第1報発表までにMjの過小評価の可能性を速やかに認識する監視・判定手法を導入し、Mjが過小評価していると判定されれば、地震が発生した海域で想定される最大マグニチュード等を適用して津波警報第1報を発表する。連合大会では、この過小評価判定手法や想定される最大のマグニチュード等の概要を紹介する予定である。

### (2) 津波警報の情報文の変更

東北地方太平洋沖地震の津波警報第1報において、Mj7.9に基づいて発表した予想高さ「3m」等が避難の遅れに繋がった可能性が指摘されている。また、予想高さの区分が従来は8段階(0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10m以上)と細かく設定されており、現実に取り得る防災対応の段階等を踏まえたものとする必要がある。これらのことから、(1)により発表する第1報においては、予想高さは「巨大」等の定性表現とする。また、数値で発表する場合の予想高さ区分は5段階(1, 3, 5, 10, 10m超)とする。

### (3) 警報の適切な切り替え

東北地方太平洋沖地震では、広帯域地震計が振り切れたため、モーメントマグニチュード(Mw)を速やかに計算することができなかった。また、水圧式沖合津波計データを利用した警報更新手段が不十分であった。このため、広帯域にわたって振り切れず地震波を記録できる広帯域強震計を整備するとともに、沖合津波計データの警報への活用の運用を昨年3月より開始した。また、海溝軸付近で発生した津波をいち早く捉えるため、東北地方太平洋の沖合にブイ式津波計3式を整備した。なお、沖合津波観測値については、新たに沖合津波観測情報を設け、従来のGPS波浪計に加え、水圧式沖合津波計の観測値も発表する。

上記の警報改善とともに、強い揺れや弱くても長い揺れを感じたら警報を待たずただちに避難することが何よりも重要であること等の周知・普及活動を一層進めていくこととしている。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 津波警報の改善

Keywords: The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Tsunami warning improvement

## 最大振幅に基づく津波警報のための即時的マグニチュード決定 Rapid magnitude determination from peak amplitudes for tsunami warning

勝間田 明男<sup>1\*</sup>, 上野 寛<sup>1</sup>, 青木 重樹<sup>1</sup>, 吉田 康宏<sup>2</sup>, Sergio Barrientos<sup>3</sup>  
Akio Katsumata<sup>1\*</sup>, Hiroshi UENO<sup>1</sup>, Shigeki Aoki<sup>1</sup>, Yasuhiro Yoshida<sup>2</sup>, Sergio Barrientos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所, <sup>2</sup> 文部科学省, <sup>3</sup> チリ大学

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, JMA, <sup>2</sup>Ministry of Education,Culture,Sports,Science & Technology in Japan, <sup>3</sup>University of Chile

Rapidly determining the magnitude soon after a great earthquake is necessary for issuing effective tsunami warnings, as demonstrated in the great earthquake off Tohoku district in Japan on March 11, 2011. The earthquake magnitude for the first tsunami warning was underestimated due to magnitude saturation.

We present an empirical method to determine magnitude rapidly from peak velocity and displacement of long-period seismic waves up to 100 seconds at local stations. When waveform data at local stations are available, the magnitude from S-wave peaks is expected to be determined faster than that from only P-wave peaks. Velocity/displacement records are obtained from strong-motion acceleration records with numerical integration. Processing with recursive digital filters makes it possible to observe magnitude value change soon after the hypocenter determination.

It took about 140 second to estimate a magnitude of about 9 for the March 11, 2011, earthquake, which enables us to issue the first tsunami warning within three minutes after the same type of earthquakes. It was also possible to get a magnitude value of 8.8 for the 2010 Chile Maule earthquake within three minutes from the origin time.

Correction for epicentral distance is applied for the magnitude determination. Effect of the hypocenter location on magnitude value was estimated for the events on March 11, 2001. Magnitude values were calculated with assumed hypocenter locations within the source area, and the magnitude differences were no more than 0.1 in a large part of the source area. Focal mechanism also affects the observed peak amplitudes. Effect of focal mechanism is considered to be slight for local events, and it could be considerable for the case of observing events near Kuril Islands on Japanese islands.

We used data obtained by Japan Meteorological Agency, University of Chile, and National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

キーワード: 即時的マグニチュード決定, 最大振幅, 津波警報

Keywords: rapid magnitude determination, peak amplitude, tsunami warning

## 沿岸波高高精度予測システムの開発

### Development of the system for high-precision prediction of coastal tsunami wave heights

林 豊<sup>1\*</sup>, 対馬 弘晃<sup>1</sup>, 前田 憲二<sup>1</sup>, 横田 崇<sup>1</sup>, 村嶋 陽一<sup>2</sup>, 村田 泰洋<sup>2</sup>, 石綿 利光<sup>2</sup>

Yutaka Hayashi<sup>1\*</sup>, Hiroaki Tsushima<sup>1</sup>, Kenji Maeda<sup>1</sup>, YOKOTA, Takashi<sup>1</sup>, Yoichi Murashima<sup>2</sup>, Yasuhiro MURATA<sup>2</sup>, Toshimitsu ISHIWATA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所, <sup>2</sup> 国際航業株式会社

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>Kokusai Kogyo Co. Ltd.

気象研究所と国際航業株式会社では、2012年9月までに「沿岸波高高精度予測システム」を開発した。このシステムは、Windows 7ワークステーションをベースとし、津波の伝播・遡上に関する一連の津波数値解析のための統合ソフトウェアを組み込んでおり、津波数値解析に関する以下1.~6.のルーチンの作業を支援するインタラクティブ操作環境を提供する。なお、システムの機能のいくつかは、この統合ソフトウェアに汎用ソフトウェアを組み合わせて実現している。

1. 計算領域とネスティング構造の設定
2. 津波波源の設定 (断層モデルから計算される地殻変動分布、または、水位分布による)
3. 水深・標高、海岸構造物、粗度パラメータの格子点データの準備 (測地系の変換、データの併合などの作業を含む)
4. 各種パラメータと計算オプションの設定 (例えば、津波時の潮位、遡上・非線形を考慮するかしないか、出力する計算結果の項目、観測点位置)
5. ソースプログラムと実行ファイルの生成、計算の実行
6. 計算結果を可視化 (水位・流速ベクトルの分布図・時系列図、浸水分布図、およびそれらの動画などを作成) して分析

また、日本海溝または南海トラフからそれらに面する太平洋岸を対象に、津波伝播遡上計算を実行するために必要な水深・標高、海岸構造物、粗度パラメータの基礎的なデータも整備した。開発したシステムを利用すれば、津波数値解析の研究効率を改善できるだろう。大会では、このシステムのいくつかの利用例を発表する。

キーワード: 流れの可視化, 津波遡上計算, 津波伝播計算, 統合ソフトウェア

Keywords: integrated software, tsunami inundation computing, tsunami propagation computing, flow visualization

## 日本海溝海底地震津波観測網の整備について ( 2 ) Ocean bottom seismic and tsunami network along the Japan Trench (2)

植平 賢司<sup>1\*</sup>, 金沢 敏彦<sup>1</sup>, 野口 伸一<sup>1</sup>, 汐見 勝彦<sup>1</sup>, 功刀 卓<sup>1</sup>, 青井 真<sup>1</sup>, 関口 渉次<sup>1</sup>, 松本 拓己<sup>1</sup>, 岡田 義光<sup>1</sup>, 篠原 雅尚<sup>2</sup>, 山田 知朗<sup>2</sup>

Kenji Uehira<sup>1\*</sup>, Toshihiko Kanazawa<sup>1</sup>, Shin-ichi Noguchi<sup>1</sup>, Katsuhiko Shiomi<sup>1</sup>, Takashi Kunugi<sup>1</sup>, Shin Aoi<sup>1</sup>, Shoji Sekiguchi<sup>1</sup>, Takumi Matsumoto<sup>1</sup>, Yoshimitsu Okada<sup>1</sup>, Masanao Shinohara<sup>2</sup>, Tomoaki Yamada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Huge tsunami, which was generated by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake of M9 subduction zone earthquake, attacked the coastal areas in the north-eastern Japan and gave severe casualties (about 20,000 people) and property damages in the areas. The present tsunami warning system, based on land seismic observation data, did not work effectively in the case of the M9 earthquake. It is strongly acknowledged that marine observation data is necessary to make tsunami height estimation more accurately. Therefore, new ocean bottom observation project has started in 2011 that advances the countermeasures against earthquake and tsunami disaster related to subduction zone earthquake and outer rise earthquake around Japan Trench and Kuril Trench. A large scale ocean bottom cabled observation network is scheduled to be deployed around Japan Trench and Kuril Trench by 2015. Concepts of this network are: 1) Locate one station by each M7-7.5 class seismic source region (that is minimum size tsunami generation earthquake). 2) Incorporate the land and sea networks in on observation network. The network consists of about 150 ocean bottom observation stations. Ocean bottom fiber optic cables, about 5,700 km in total length, connect the stations to land. Observation stations with tsunami meters and seismometers will be placed on the seafloor off Hokkaido, off Tohoku and off Kanto, in a spacing of about 30 km almost in the direction of East-West (perpendicular to the trench axis) and in a spacing of about 50 - 60 km almost in the direction of North-South (parallel to the trench axis).

This cable system is divided into 6 subsystems. Both ends of each cable subsystem will be landed, and electric power will be fed from both sides. And also all data will be acquired from both sides in order to ensure operation in case of cable trouble. In addition, the neighboring cables will be brought into the same landing station, and 6 subsystems are going to be finally connected into one big loop. By do this, the minimum data necessary for the warning which is acquired the whole cable subsystems can be transmitted from one landing station of somewhere.

Two sets of JAE three component servo accelerometers, a Geospace Technologies three component velocity seismometers, and two Paroscientific quartz type depth sensors and a three-component quartz type accelerometers (frequency outputs) will be installed. Tsunami data and seismometer data will be digitized at sampling frequency of 10 Hz and 100 Hz, respectively, and will be added clock information at land stations. These digitized data will be transmitted to the data centers (main at NIED and backup at ERI), JMA (Japan Meteorological Agency), universities, and so on, using IP-VPN network.

## 沖合展開距離制限の無い GPS 津波計の開発 ETS-VIII によるデータ伝送実験

### A development of GPS tsunami meter —A data communications experiment using ETS-VIII—

寺田 幸博<sup>1\*</sup>, 今田 成之<sup>1</sup>, 山本伸一<sup>2</sup>, 橋本剛正<sup>3</sup>, 加藤 照之<sup>4</sup>, 林 稔<sup>5</sup>  
Yukihiro Terada<sup>1\*</sup>, Naruyuki Imada<sup>1</sup>, Shinichi Yamamoto<sup>2</sup>, Gousei Hashimoto<sup>3</sup>, Teruyuki Kato<sup>4</sup>, Minoru Hayashi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 高知高専, <sup>2</sup>NICT, <sup>3</sup>JAXA, <sup>4</sup> 東大地震研, <sup>5</sup> 日立造船

<sup>1</sup>Kochi National College of Technology, <sup>2</sup>National Institute of Information and Communications Technology, <sup>3</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>4</sup>Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, <sup>5</sup>Hitachi Zosen Corporation

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震津波によって、これまでに開発した GPS 津波計に2項目の課題が提起された。それは、GPS 津波計のさらなる沖合展開の技術開発と被災地域に情報発信基地を置クリスクの回避であった。室戸岬沖 GPS 津波計実証実験機を用いて、この課題への取り組みを行った結果を報告する。

前者の取り組みでは、RTK-GPS 法の対流圏補正及び精密暦を適切に行うことによって、沖合 100km 程度までの安定した FIX 解が得られた。また、陸上基準局を用いない方法として、短周期の変位に対応できる単独高精度変位測定法の PVD 法及びアンビギュイティを解く精密単独測位法の PPP-AR 法を適用し、観測データを約 1 年間継続的にリアルタイム発信 (<http://www.tsunamigps.com>) することによって、実用レベルにあることを実証した。

後者の取り組みでは、400MHz 帯 1W の無線伝送の延伸距離が 50km 程度であることを見極め、さらなる沖合への展開には衛星通信が必要であることを再確認した。衛星通信における課題は、供給電力の制限の中で動き回るブイとの通信の利得を確保することである。そこで、通信衛星 ETS-VIII(きく 8 号)と通信可能な無指向性アンテナを用いて、ブイ上のデータだけで計算できる単独高精度変位測定法の PVD 法のデータを室戸岬沖の GPS 津波計実証実験機から伝送する通信実験を行い、良好な結果が得られた。また、これによって将来の防災通信衛星の性能を明らかにするための基礎データを得ることができた。

これらの一連の検討によって、設置における距離制限の無い GPS 津波計が実現出来ることを明らかにした。また、GPS 津波計で観測された津波データを通信衛星に送り、ここを中継点として津波被害がない地域の陸上局で受信し、リアルタイムデータを世界に発信する方法の有効性が確認できた。

本研究は、科研費基盤研究 (S) 212210007 で支援されている。

キーワード: GPS 津波計, きく 8 号, PVD, PPP-AR

Keywords: GPS tsunami meter, ETS-VIII, PVD, PPP-AR

## 海底の荷重変形を考慮した長距離津波伝播シミュレーション Simulation of distant tsunami propagation with a loading deformation effect

稲津 大祐<sup>1\*</sup>, 齊藤 竜彦<sup>1</sup>  
Daisuke Inazu<sup>1\*</sup>, Tatsuhiko Saito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

一般的な津波のシミュレーションモデルによって大洋をまたぐ津波の伝播を表現しようとする、観測走時に比べ計算走時が1%ほど短くなることが知られてきている。我々は、ある一般的な津波シミュレーションモデルに、津波荷重による海底の変形効果を簡易な方法で導入したところ、件の走時問題は概ね解決し、また津波波形の再現性は変更しないことを、2010年チリ、および、2011年東北の両津波の事例で確認した。これらの巨大津波による荷重変形の効果はほぼ共通して津波直下で波高の約2%であった。

キーワード: 津波伝播, 走時, 荷重変形

Keywords: tsunami propagation, travel time, loading deformation

## 遠地津波の観測・シミュレーション波形間に生じる走時差の原因

### Cause of travel-time difference between observed and synthetic waveforms of distant tsunami

楠本 聡<sup>1\*</sup>, 佐竹 健治<sup>1</sup>, 綿田 辰吾<sup>1</sup>

Satoshi Kusumoto<sup>1\*</sup>, Kenji Satake<sup>1</sup>, Shingo Watada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>ERI, the University of Tokyo

遠地津波の観測波形の走時は線形長波理論に基づくシミュレーション波形より数分から数十分遅くなることが知られている。海底の水圧計で記録された2011年東北地方太平洋沖地震や2010年チリ中部地震に伴う津波でも最大15分程度の遅れが見られる。この原因として津波伝播シミュレーションに使用する地形データの影響[楠本・他(2011)]やパラメータの影響、現在のシミュレーションで考慮されていない地球の弾性や海水の圧縮性、重力ポテンシャル変化による影響[例えば、綿田・他(2011)]などが考えられる。本研究ではこれらが走時差に与える寄与をそれぞれ評価し、走時差の生じる原因を調べた。

観測波形の走時と走時差の関係は地震によって異なる。東北地方太平洋沖地震で生じる走時差は走時に対して単調増加して走時1200分では15分近くになるのに対し、チリ中部地震では走時600分まで走時差は殆ど生じず、それ以降急激に増加し、走時1200分では10分以上となる。

3種類の海底地形データ(ETOPO5, ETOPO1, GEBCO)を用いて津波伝播シミュレーションを行い、使用する地形データに起因する走時差の違いを調べた。ETOPO1とGEBCOで生じる走時差に殆ど差はなく、ETOPO5は他二つに比べて走時差が1-3分大きい。

従来のシミュレーションでは重力加速度や地球半径は定数として扱われているが、本研究では地球を回転楕円体とみなして緯度だけに依存する場所の関数として扱った。このとき走時400分以内の走時差は全く変わらないが、走時600分以上の走時差は1-2分減少する。

観測波形の位相速度を求め、基準水深(4km)で規格化して、地球の弾性や海水の圧縮性、重力ポテンシャル変化を考慮した水深4kmの海洋を持つ次元地球モデル(PREM)から求まる理論分散曲線と比較した。規格化された観測波形の位相速度は周期2,000秒以上の長周期では線形重力波の位相速度より1%以上遅く、PREMから求まる分散曲線と整合的であった。

遠地津波の走時差の主原因は、現在のシミュレーションで考慮されていない地球の弾性や海水の圧縮性、重力ポテンシャル変化によるものであることがわかった。重力加速度が全球平均より小さい赤道域を長時間伝播する津波を議論する場合には、地球を回転楕円体とみなして重力加速度や地球半径を場所の関数として扱う必要があることも明らかとなった。

実際の海底地形を用いた線形長波近似に基づくシミュレーションにおいて、上記の主原因、すなわち地球の弾性や海水の圧縮性、重力ポテンシャル変化の影響を考慮する一方法として、シミュレーション波形にPREMの理論分散曲線による位相差を与えてみた。これを観測波形の走時と比較すると、走時差はどちらの地震でも5分以内に収まった。

キーワード: 津波伝播, 走時差, 海底水圧計, 2011年東北地方太平洋沖地震, 2010年チリ中部地震

Keywords: tsunami propagation, travel-time differences, Deep-Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis, the 2011 Tohoku-Oki earthquake, 2010 Chilean earthquake

## 2012年10月27日カナダ西部地震津波の規模 Magnitude of the Western Canada Earthquake Tsunami of October 27,2012

羽鳥 徳太郎<sup>1\*</sup>  
Tokutaro Hatori<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> なし

<sup>1</sup>Nnne

2012年10月27日に、カナダ西部クイーン・シャーロット諸島付近で大規模な地震が発生し、太平洋の広域で津波が観測された(WC/ATWC,NOAA)。USGSによれば、震央は52.788N,132.101W、深さ14km、M7.7である。本稿では、NOAAと気象庁の検潮記録をもとに、津波の波源域や規模、各地の波高偏差を調べ、周辺域で発生した津波と比較検討してみる。

震源周辺域での最大波の片振幅値は、3-25cmにとどまった。しかし、ハワイで43-79cm、米国西岸のクレスセント・シテイ44cm、ニュージーランド10-14cmが突出している。日本沿岸でも10~24cmの津波が観測され、久慈・鮎川・鹿児島中之島が比較的大きい。その分布パターンは、津波波源から強いエネルギーが南西と東方向に放射したことを示唆する。各地の津波初動の伝播時間(時:分)は、米国西岸2:40-3:53、ハワイ5:30前後、日本で10:30-12:00、ニュージーランドでは14:16-15:34時間であった。逆伝播図から、波源域はモレスビ島西岸沿い長さ120kmと推定される。

太平洋広域の振幅値と震央距離の関係図によれば、津波マグニチュードは $m = 1.5$ と判定され、上記観測点の波高偏差が大きい。地震の規模と比べ、 $m$ 値は標準を下回っている。大きな津波歴があった(1700年カスケード、1899年ヤクタット)区域が、大地震の空白域になっており注目したい。

キーワード: カナダ西部, 地震津波, 規模, 2012年10月27日

Keywords: Western Canada Earthquake, Earthquake Tsunami, Magnitude, October 27,2012



## 2013年サンタクルーズ諸島沖の地震 (M8.0) で生じた津波分散波 Dispersive tsunami generated by the 2013 off the Santa Cruz Islands earthquake (M8.0)

三好 崇之<sup>1\*</sup>, 齊藤 竜彦<sup>1</sup>, 稲津 大祐<sup>1</sup>, 田中 佐千子<sup>1</sup>  
Takayuki Miyoshi<sup>1\*</sup>, Tatsuhiko Saito<sup>1</sup>, Daisuke Inazu<sup>1</sup>, Sachiko Tanaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 防災科研

<sup>1</sup> NIED

2013年2月6日、南太平洋に位置するソロモン諸島のサンタクルーズ諸島沖で津波を伴う巨大地震が発生した。米国地質調査所 (USGS) によれば、震源は南緯 10.7 度、東経 165.1 度、深さ 28.7km で、モーメントマグニチュードは 8.0 と推定された。発震機構解は、北東-南西圧縮の低角逆断層を示し、太平洋プレートの下に沈み込むオーストラリアプレートの上面で発生した、プレート間巨大地震であったと推定される。

齊藤・他 (2012, JpGU) では、津波のリアルタイムシミュレータの開発を目指して、地震波から推定された地震のモーメントテンソル解と適当なスケールリング則を用いて、断層面を仮定し全球津波計算を行った。本研究では 2013 年サンタクルーズ諸島沖の地震で生じた津波について、この方法論を適用して津波計算を行った。仮定した断層面は、USGS によるモーメントテンソル解とモーメントマグニチュードから、走向 309 度、傾斜 17 度、すべり角 61 度とし、長さ 119km、幅 59km、一様なすべり量 5.9m をもつ矩形断層とした。津波シミュレーションは、線形長波近似に基づく方程式系および分散性を考慮した線形分散波方程式系の 2 通りで行った。

シミュレーション結果について、最大波高分布図を作成して両者を比較した。両者の違いは、津波波源の短軸方向に顕著に現れた。例えば、波高 0.4m 以上の領域の広がりに関して、線形長波の結果では津波波源から南西方向に約 700km 延びていた。一方、分散性を考慮した結果では、約 370km しか延びていなかった。これは、津波波源の短軸の方向で、水深に比べて津波の波長が十分長いという長波近似が崩れて、分散波が生じたことによる。

震源周辺に展開された DART 海底水圧計で得られた 5 点の津波観測記録と、線形長波近似によるシミュレーションの結果を比較した。津波初動の押し引きや走時など、概ね観測記録を説明できていた。しかし、震源から南西方向の約 900km に位置する観測点 (55012) では、第 1 波と第 2 波の振幅がともに 0.1m 程度であったが、線形長波のシミュレーション結果では第 1 波が第 2 波よりも振幅が有意に大きく、観測記録の特徴を説明できていなかった。観測点 55012 は、津波波源の短軸の方向に位置しており、この方位では長波近似が崩れて分散波が生じたことが予想される。そこで、分散性を考慮したシミュレーション結果と比較した。分散性を考慮した結果では、第 1 波と第 2 波の振幅がともに同程度となり、観測波形を説明できることが分かった。つまり、観測点 55012 では津波分散波が観測された可能性が高い。一方、震源から西南西方向の約 1300km に位置する観測点 (55023) では、第 2 波以降の津波波形に関して、線形長波のシミュレーション結果との一致はよくなかったが、分散性を考慮したシミュレーション結果とはよく一致した。したがって、第 2 波以降に津波分散波が観測されたといえる。以上のことから、2013 年サンタクルーズ諸島沖の地震津波では、津波のモデリング、特に最大振幅分布および波形記録のモデリングにおいて、分散効果が無視できないことが明らかになった。

謝辞：本研究では、米国海洋大気庁 (NOAA) の DART の記録を使用しました。記して感謝いたします。

キーワード: 2013 年サンタクルーズ諸島沖の地震, 津波, 分散波, シミュレーション

Keywords: the 2013 off the Santa Cruz Islands earthquake, tsunami, dispersive wave, simulation

## Analysis of Tsunami Generated by the 1994 East Java Tsunami Earthquake Analysis of Tsunami Generated by the 1994 East Java Tsunami Earthquake

Haris Sunendar<sup>1\*</sup>, Yuichiro Tanioka<sup>1</sup>, Aditya Gusman<sup>1</sup>  
Haris Sunendar<sup>1\*</sup>, Yuichiro Tanioka<sup>1</sup>, Aditya Gusman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ISV-Hokkaido University

<sup>1</sup>ISV-Hokkaido University

A tsunami earthquake (Mw7.8) occurred off the south coast of Java Island, Indonesia on June, 1994. This earthquake generated a large tsunami. Average tsunami height of around 4-6 meter along the south coast of East Java and maximum tsunami height of 13 meter were measured by a field survey (Tsuji et al., 1995). Tsunami waveforms of this event were also recorded at two tide gauges in Cilacap, Central Java and Banyuwangi, East Java.

To simulate the tsunami propagation and inundation, Geoclaw model is used. Bathymetry dataset used for the simulation is assimilated from Indonesian Navy-chart, GEBCO 30 arc second, and topography data of Indonesian Geospatial Information Agency base-map with scale of 1:25.000.

The propagation and inundation is simulated using source model estimated by seismic data analysis of a previous study (Bilek and Engdahl, 2006). The simulation results were compared with the measured tsunami heights, inundation extents, and tsunami waveforms at the two stations. The seismic source model produced tsunami heights of only about 12% of the measurements. This mean that source model from seismic data could not explained tsunami heights along the coast.

Therefore, we try to add an additional source model which can explain tsunami heights and tsunami waveforms data. The additional fault model is located near the trench in the shallowest segment of subduction zone. The estimated source model produced tsunami heights of about 70% of the measured data.

キーワード: East Java Tsunami, tsunami earthquake, tsunami waveforms, tsunami heights

Keywords: East Java Tsunami, tsunami earthquake, tsunami waveforms, tsunami heights

## Analysis of the doublet outer-rise earthquake and tsunami in Off-Miyagi coast occurred in 7 December 2012

## Analysis of the doublet outer-rise earthquake and tsunami in Off-Miyagi coast occurred in 7 December 2012

Abdul Muhari<sup>1\*</sup>, Kentaro Imai<sup>1</sup>, Anawat Suppasri<sup>1</sup>, Fumihiko Imamura<sup>1</sup>  
Abdul Muhari<sup>1\*</sup>, Kentaro Imai<sup>1</sup>, Anawat Suppasri<sup>1</sup>, Fumihiko Imamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

<sup>1</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

An earthquake with M7.3 occurred in Off-Miyagi coast, Japan in 7 December 2013. This earthquake was reviewed differently from seismological point of view. The US Geological Survey (USGS, 2012), for instance, concluded this event as reverse faulting in oceanic lithosphere. In contrary, the Geofon program (GFZ, 2012) and Aqua project (NIED, 2012) suggested the event as the normal faulting in the subducted slab. Global moment tensor (Harvard, 2012), however, examined this event as doublet earthquake consists of two different fault mechanisms as described by the previous sources. We carried out numerical analysis to determine the appropriate source and reconstruct the tsunami by verifying the simulated waves with the observed tsunami in 4 tide gauges and one GPS buoy (central Miyagi) in off-Miyagi coast. We conclude that tsunami were generated by two earthquakes where the reverse fault occurred much deeper than the normal faulting yield a lower through followed by high amplitude peak of the first tsunami wave.

キーワード: normal fault, outer-rise earthquake, tsunami simulation

Keywords: normal fault, outer-rise earthquake, tsunami simulation

## Tsunami Vulnerability Assessment of the Southern Boso Peninsula Tsunami Vulnerability Assessment of the Southern Boso Peninsula

Gerasimos Voulgaris<sup>1\*</sup>

Gerasimos Voulgaris<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba, Spatial Information Science

<sup>1</sup>University of Tsukuba, Spatial Information Science

The Southern Boso Peninsula has been affected by tsunamis during historic years and during the Holocene. This study attempted to assess the tsunami hazard in the southern Boso Peninsula city of Tateyama, and assess the vulnerability in two of Tateyama's districts of Aihama and Mera. By using GIS it was possible to establish an inundation scenario for Tateyama, as well as to roughly approach some of its potential threat to the locals. Utilizing GIS and the PPATHOMA Tsunami Vulnerability Assessment model allowed for the vulnerability assessment of buildings in the scenario floodzone of Aihama and Mera. Applying a building population estimation model in both the hazard assessment of Tateyama and the vulnerability assessment of Aihama and Mera, allowed the estimation of the population distribution in dangerous zones and buildings in different vulnerability classes. Results show that almost half of the buildings in Tateyama and more than half of its population would be affected by the tsunami of the considered worst-case scenario. For the coast of Aihama and Mera, almost half of the buildings show high or very high vulnerability to tsunamis, with the population in these buildings distributed in similar fashion.

キーワード: Tsunami, Vulnerability, Boso Peninsula, GIS, PTVA Model, Tateyama

Keywords: Tsunami, Vulnerability, Boso Peninsula, GIS, PTVA Model, Tateyama

## 西南日本太平洋岸で観測された津波に見られるハワイ諸島からの反射波の性質 Tsunamis reflected from Hawaiian Islands and observed at south-west Pacific coast of Japan

阿部 邦昭<sup>1\*</sup>, 岡田 正実<sup>2</sup>, 林 豊<sup>3</sup>

Kuniaki Abe<sup>1\*</sup>, Masami Okada<sup>2</sup>, Yutaka Hayashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 網川原津波研究室, <sup>2</sup> 気象研究所, <sup>3</sup> 気象研究所

<sup>1</sup> Amigawara tsunami study room, <sup>2</sup> Meteorological Research Institute, <sup>3</sup> Meteorological Research Institute

はじめに) 西南日本太平洋岸では、1952年カムチャッカ地震津波や1995年奄美大島地震津波のような斜めに入射する津波において、時間減衰率が小さいことが明らかにされている(たとえば阿部・岡田、2012)。1952年カムチャッカ津波の場合、原因の一つとしてハワイ諸島からの反射波の存在が指摘された。また2006年の千島東方沖地震津波では、数値実験から欽明海山の散乱波が卓越することが明らかにされている(たとえば宗本他、2007)。ここでは欽明海山もハワイ諸島に含めてその反射波が紀伊半島突端に位置する串本にどのように及んでいるかを、串本検潮所の観測した3つの北方起源の津波(1952年カムチャッカ、2006年千島東方沖、2011年東北地方の各津波)で調べる。

方法) 串本検潮所で観測した3つの津波に対し、初動直前の正時から24時間にわたり1分間隔で読み取った。潮汐を除いた後、応答補正を施し(Satake et al., 1986)、移動平均をとって滑らかにした水位から個々の波の全振幅、周期のサンプリングを行う。波の識別にはゼロクロス法を用いる。反射波の走時を津波の伝搬図と串本からの逆伝搬図を用いて評価し、予想される到達時刻と振幅、周期の関係を見る。波形への影響はスペクトルも用いて検討する。反射波の到来によるスペクトルの変化を見るため24時間を3時間ずつずらしながら6時間に対し7ケースのスペクトルを求める。スペクトル計算には移動平均をかける前の水位を使う。スペクトルの計算は従来の方法に基づいている。各時間ごとのスペクトル成分(周期7-280分)をミッドウエイ島、ハワイ島ヒロ、カワイハエで観測した初動6時間のスペクトルの同じ成分と比較し、全体の成分間で相関係数を計算し、相関関係を検討する。

結果) ハワイ諸島の反射体を欽明海山、ミッドウエイ島、ハワイ島で代表させ、反射波の走時を求めると、いずれの津波でも走時に大きな違いはなく、それぞれ7.4-8.0, 9.7-10.3, 15.5-16.6時間になる。この時刻における振幅、周期をみると各津波について3点の変化の現れ方は一様ではないが、前2つの津波では振幅の増加が、後者では周期の変化が認められた。この結果は波源、観測点、ハワイ諸島の3者の空間配置と関連付けることができる。つまり2011年東北地方津波で振幅の大きな変化が見られなかったことは、波源から見てミッドウエイ島とハワイ島が同じ方位にあって、後者では反射体の機能を果たせなかったこととして理解される。前回に定義した減衰率で比較すると大きい順に2011年、2006年、1952年の各津波になる。津波波形が紡錘状になるのは島がとびとびにあって各島ごとに反射波が出ていることを示すものである。図1は1952年カムチャッカ津波の串本における津波スペクトルを、ミッドウエイ島、ハワイ島ヒロのスペクトルと比べて時間相関を示したものである。相関係数は前者で第2段階の5日0-6時(UT以下すべて同じ)が、後者で第5段階の5日9-15時で最大になることを示した。これは走時が前者で9.7、後者で15.5時間になることから説明できる。発震時は4日16時58分であるから前者で5日2時40分、後者で8時28分がその到達予想時刻である。この時刻以降にハワイ諸島のスペクトルの影響が出てくるはずであるから最大になる時間帯はその条件に合っている。このことからミッドウエイ島、ハワイ島から放射された津波が串本に到達し、観測されたと推測することができる。この関係は2011年東北地方津波についても成り立っていることが確認された。串本の津波スペクトルがハワイ諸島でのそれに類似するように変化することはハワイ諸島が単なる反射体の域を出て、第2の波源としてその場所特有の波を放射していることを示すものである。西南日本の代表的な観測点として串本を選んでいますが、串本は半閉鎖状海岸に位置することで斜め方向の直達波を減衰させ陸棚に直交する方向から来る波を選択的に受け入れやすい構造になっていることと、半島の突端にあることで短周期成分が集まりやすいことで、反射波の観測に有利な条件を備えているといえる。なお伝搬図、逆伝搬図は気象庁が作成したものを使用しました。また検潮記録は1952年の場合は報告書を引用し、2006年の場合は気象庁から提供されたものを使用し、2011年の場合はNOAA及び気象庁のホームページで公開している結果を使用しました。これらの協力に対し感謝いたします。

キーワード: 津波, 反射波, 串本, ハワイ諸島, スペクトル

Keywords: tsunami, reflected wave, Kushimoto, Hawaiian Islands, spectra

HDS26-13

会場:301B

時間:5月21日 11:00-11:15

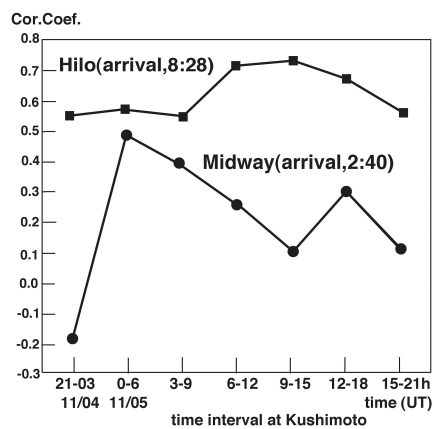


図 1

## 大分県における1596年豊後地震の津波痕跡に関する現地調査報告 Field Survey of the Beppu Bay Tsunami accompanied by the 1596 Keicho Bungo Earthquake

都司 嘉宣<sup>1\*</sup>, 松岡 祐也<sup>2</sup>, 行谷 佑一<sup>3</sup>, 今井健太郎<sup>4</sup>, 岩瀬 浩之<sup>5</sup>, 原 信彦<sup>5</sup>, 今村 文彦<sup>4</sup>

Yoshinobu Tsuji<sup>1\*</sup>, Yuya Matsuoka<sup>2</sup>, Yuichi Namegaya<sup>3</sup>, Kentaro Imai<sup>4</sup>, Hiroyuki Iwase<sup>5</sup>, Nobuhiko Hara<sup>5</sup>, Fumihiko Imamura<sup>4</sup>

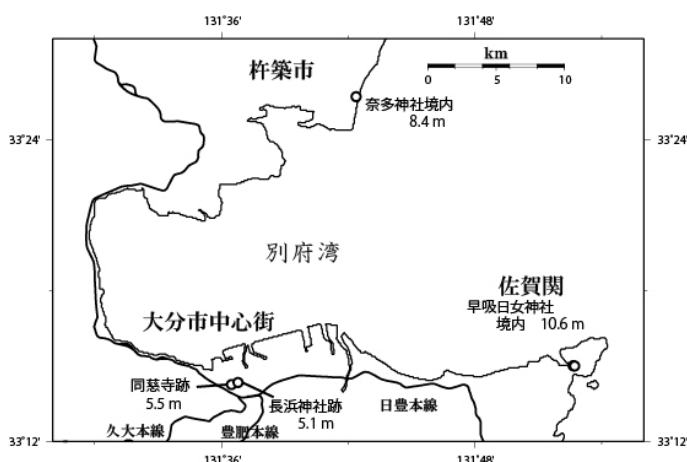
<sup>1</sup> 深田地質研究所, <sup>2</sup> 仙台市博物館, <sup>3</sup> 産総研, <sup>4</sup> 東北大学災害科学国際研究所, <sup>5</sup> 株・エコー

<sup>1</sup>Fukada Geolog. Inst., <sup>2</sup>Sendai City Museum, <sup>3</sup>AIST, <sup>4</sup>IRIDeS, <sup>5</sup>Echo Co. Ltd.

慶長元年閏7月12日(1596年9月4日), 別府湾で発生した慶長豊後地震(M6.9と推定されている(羽鳥, 1985))は, 別府湾内の沿岸部で津波の被害をもたらした。本稿は, 羽鳥(1985)による大分県内(図)における1596年慶長豊後地震による津波痕跡地点を対象に, より測定精度の高いRTK-GPSを利用した地盤高の再測量を実施し津波痕跡値の精度向上を検討したものである。『佐賀関史』(M-597, Mは武者史料)には, 大分市佐賀関の関神社について, 「慶長丙申年閏七月十二日地震, 海嘯大に至り関神社の鳥居倒れ, 海水社殿を浸し崖岸は崩壊し, 家屋は倒壊し(後略)」とある。関神社は, 現在の早吸日女神社である。宮司によれば, 慶長の津波で海岸に一番近い鳥居が流され, 海水が拝殿まで浸したと言う。建物は宝暦13年(1763)に建てられたが, 社殿の位置は往古から変わっていない。基礎土台前の地盤高はT.P.+8.61mとなる。社殿床面が浸されたことから津波浸水深を2mと仮定すると, 津波高はT.P.+10.6mと推定できる。大分市府内町3丁目4番地は現在大分中央郵便局の敷地であるが, ここには当時同慈寺という寺院があった。『雉城雑誌』(S-18, Sは新収日本地震史料第1巻の略)には「(神護山同慈寺址)(前略)慶長元年閏七月十二日水害當寺境内中の天満宮流失所在を知らず」とあり, 『豊府紀聞』(S-13)には「(前略)神護山同慈寺之薬師堂一宇毅然独存之。然其仏殿大傾斜。同境内菅神廟社不知流行方」とある。大分中央郵便局裏の地盤高を測量するとT.P.+3.53mとなった。天満宮の社殿が流れた事から津波浸水深を2mと仮定すると, 津波高はT.P.+5.5mと推定できる。大分市大手町3丁目1番地にある現在の大分警察本部の庁舎の付近に, 当時長浜明神社があった。『豊府紀聞』(S-13)によれば「(前略)長浜明神之神殿流来于春日山」とある。大分警察本部前の地盤高を測量するとT.P.+3.13mとなった。津波で流された事から津波浸水深を2mと仮定すると, 津波高はT.P.+5.1mと推定できる。別府湾の北岸, 杵築(きつき)市奈多の海岸に, 奈多八幡神社がある。『杵築郷土史全』(S-1)によれば「八幡奈多宮の神殿神庫社殿悉く海嘯のために流さる」とあり, 『勝山歴代・豊城世譜』では「奈多宮本社拝殿楼門鳥居残なく沈没す」とある。境内の地盤高を測量するとT.P.+6.36mとなった。社殿が流れた事から津波浸水深を2mと仮定すると, 津波高はT.P.+8.4mと推定できる。以上によって, 図の津波高さの分布図を得る。本調査は(独)原子力安全基盤機構からの委託業務「平成22~23年度津波痕跡データベースの高度化・痕跡データの信頼度の評価-」(代表, 東北大学 今村文彦)の成果の一部を取りまとめたものである。

キーワード: 慶長豊後地震, 津波, 別府湾, 津波浸水高, 大分

Keywords: the 1596 Keicho Bungo Earthquake, Tsunami, Beppu Bay, tsunami inundation height, Oita



## ビデオ映像を用いて斜め単写真測量により得られた千葉県旭市沿岸の津波波面図と津波速度について

### Maps and speeds of Tsunami measured by oblique mono photogrammetry with video image in Asahi City, Chiba Prefecture

春川 光男<sup>1\*</sup>

Mitsuo Harukawa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 2011年旭市の津波被害を記録する会

<sup>1</sup>The Group of Recording for Tsunami Damage of Asahi City in 2011

ビデオ映像から取得した写真の斜め単写真測量により津波波面を図化し津波速度を算出した。ここでは第1波(15:44飯岡堤防着岸)と第3波(16:17同着岸)について報告する。カメラキャリブレーションは未実施である。

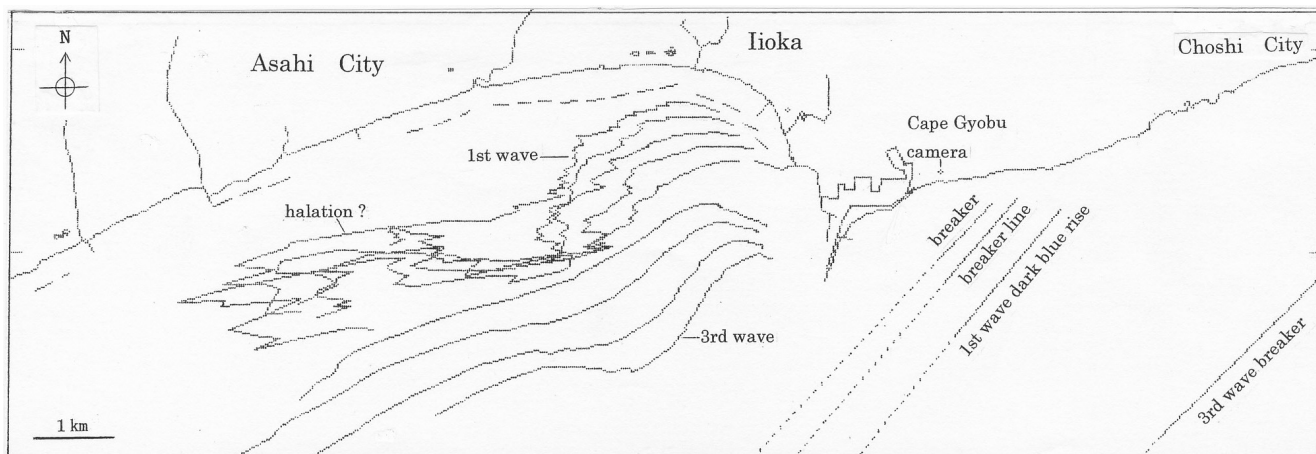
(1) 刑部岬の東方 津波は平面波で押し寄せ、その走向は第1波がN40°E、第3波がN44°Eであった。第1波は紺色の波で立ち上がり、45秒後に砕波となった。第3波は画面に砕波で現れ、約10分後にカメラの前面(刑部岬)に達した。算出された津波の群速度は第1波では8.6m/s(紺色の波から砕波)、9.4m/s(砕波間)、第3波で4.9m/sである。第3波砕波の前面にはほとんど水深が無かった。津波がカメラ方向に移動したため速度の精度が低い。

(2) 刑部岬の西方 第1波をほぼ17秒間隔で5枚、第3波をほぼ60秒間隔で4枚それぞれ図化した。算出された速度は第1波が10~12m/s、第3波が4~6m/sである。第1波では潮位が存在して上下に波立ったため凹凸の多い曲線となった。目那川南方沖では波面の北進が遅れた。さらに西部の乱れは太陽のハレーションによる可能性があるが今後の検討を要する。第3波では干上がった砂の海底を津波が低く前進したため滑らかな曲線となり、速度は第1波の2分の1程度だった。

今回の解析にはReflect Image Channel制作の「東北地方太平洋沖地震」-津波-のDVDを使用した。なお、「記録する会」では今年中の記録集の出版を予定している。

キーワード: 津波波面図, 津波速度, 写真測量, ビデオ映像, 旭市, 飯岡

Keywords: maps of tsunami, tsunami speed, photogrammetry, video image, Asahi City, Iioka





## 非構造格子有限体積法による「京」コンピュータを用いた高解像度津波浸水計算 High resolution tsunami inundation simulation using an unstructured mesh finite volume method and the K computer

大石 裕介<sup>1\*</sup>, Stephen G Roberts<sup>2</sup>, 今村文彦<sup>3</sup>, 菅原 大助<sup>3</sup>, 馬場 俊孝<sup>4</sup>, Michael Li<sup>1</sup>

Yusuke Oishi<sup>1\*</sup>, Stephen G Roberts<sup>2</sup>, Fumihiko Imamura<sup>3</sup>, Daisuke Sugawara<sup>3</sup>, Toshitaka Baba<sup>4</sup>, Michael Li<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 欧州富士通研究所, <sup>2</sup> オーストラリア国立大学, <sup>3</sup> 東北大学災害科学国際研究所, <sup>4</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Fujitsu Laboratories of Europe, <sup>2</sup>Australian National University, <sup>3</sup>IRIDeS, Tohoku University, <sup>4</sup>JAMSTEC

津波防災において数値シミュレーションは重要な役割を果たしている。例えば、都市部での浸水域を示すハザードマップの作成においては津波の浸水計算が必要になる。従来、津波シミュレーションは Leap-Frog 差分法を長波方程式に適用するのが一般的で、震源域から海岸線に向けて段階的に格子が細くなるネスティングされた直交格子が用いられる。ネスティングされる格子間の解像度の比率は 1/3 などに保たれる。また一般に、これらのシミュレーションはワークステーション等の比較的小規模な計算機を用いて実施される。

本研究では、高速計算機を用いることによる津波シミュレーション技術の高度化についての検討を行う。例えば、近年配備が進む海底水圧計や GPS 津波計による沖合津波観測に基づいて、即時的に高分解能の津波波源分布解析を行う研究が進んでいる。即時的に解析された津波波源に基づき、高速計算により浸水計算を実時間よりも十分に短く実施できれば信頼度の高い浸水情報を津波の襲来前に得ることが考えられる。また高速計算によりこれまでよりも高解像度な計算が現実的な時間内に実施できるようになる。広範囲の海岸線を高解像度にモデル化することにより、2011 年東北地方太平洋沖地震の際に見られたような、繰り返し来襲する海岸線からの反射波まで含めた高精度の評価が可能になる。さらに近年整備が進む高解像度地形データを組み込んだ高解像度モデルにより、都市部への浸水過程をより高精度に予測することが期待される。

高速計算機による計算の高速化・高精度化をより効率的に行うために本研究では非構造格子有限体積法を採用する。計算コードとして、オーストラリア国立大学と Geoscience Australia により開発されている ANUGA を用いる。従来の直交格子による方法では、ネスティングされた各格子領域は基本的には矩形である必要がある。そのため、伝播する津波の波長が長く高解像度が不必要な深海部に高解像度格子が及びタイムステップに強い制約がかかる、あるいは波が届かない標高の高い場所に格子が及び無駄な処理が必要になるなどの非効率が生じ得る。非構造格子を用いて、地形に合わせて計算格子の解像度を調整することにより、これらの非効率を回避できる。また、ネスティング格子においては、高解像度格子で発生した津波の短波長成分が低解像度格子の領域に伝播せずに境界で反射してしまうという問題が起こりうるが、より滑らかに解像度を変えられる非構造格子によりこの問題も回避できる。

本発表においては、非構造格子有限体積法による大規模津波計算を 2011 年東北地方太平洋沖地震に適用し従来の Leap-Frog 差分法による計算結果と比較を行った結果や、スーパーコンピュータ「京」上での計算性能について報告する。

## 2011年東北沖地震に伴う津波によって誘導された海底電場変動 Electric field variations induced by the tsunamis of the 2011 Tohoku-oki earthquake

市原 寛<sup>1\*</sup>, 浜野 洋三<sup>1</sup>, 笠谷 貴史<sup>1</sup>, 馬場 聖至<sup>2</sup>

Hiroshi Ichihara<sup>1\*</sup>, Yozo Hamano<sup>1</sup>, Takafumi Kasaya<sup>1</sup>, Kiyoshi Baba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

津波の伝播に伴う海水の particle motion は電磁場を誘導する。近年の電磁気観測技術の進展に伴い、津波による磁場変動の観測例が報告されている (Toh et al., 2011; Manoj et al., 2011; Suetsugu et al., 2012; Ichihara et al., in rev)。また、2011年東北沖地震に伴って発生したパルス状の津波波源の解明にも磁場データが貢献している (Ichihara et al., in rev)。海底電磁場データの利点として、従来の観測手法では不可能であった津波の伝播方向の推定が推定可能であることが挙げられる。一方で、磁場観測値は地震に伴う磁力計の姿勢変化の影響を強く受ける他、地下の比抵抗分布の影響を受けるという欠点がある。これに対して、電場変動はこれらの影響を受けない事から、理想的な津波の観測手段となり得るが、これまでに観測例は報告されていなかった。本発表では、下記の2011年東北沖地震によって生じた津波誘導電場と考えられるデータについて報告するとともに、津波観測における電場変動データの可能性についても議論する。

2011年10月、ROV かいこうを用い、2011年東北沖地震の影響により自己浮上不可能となっていた海底電位差磁力計 (OBEM) の回収を行った。OBEM 設置点は北緯 39.1 度、東経 143.9 度であり、パルス状の津波の波源域の西側に位置する。地震動によって磁場変動の解釈は困難であったが、電場には以下の2フェーズから成る変動が観測された。1) 14:47 から 14:51 までに観測された北北東方向に卓越する変動 (振幅 8mV/km)。2) 14:48 から 15:00 までに観測された東南東方向に卓越する変動 (振幅 2mV/km)。これらの波形を津波によって誘導されたものと仮定すると、1)、2) はそれぞれ東南東方向から伝搬した波高 5.0m の津波および南南西方向から伝搬した波高 1.4m の津波と考えられる。これらは Fujii and Satake (2013) および Ichihara et al. (in rev) などによって提唱された、北緯 39 度および北緯 38 度の二つの波源域から生じた津波と調和的であり、観測された2フェーズの電場変動が津波によって誘導された可能性を支持する。

キーワード: 海底電位差磁力計, 津波, 2011年東北沖地震

Keywords: OBEM, tsunami, 2011 Tohoku-oki earthquake

## 断層の動的パラメータが津波波高の不確実性に与える影響の検討

## Uncertainties of tsunami wave height in the tsunami simulation due to dynamic fault rupture effects

福谷 陽<sup>1\*</sup>, Suppasri Anawat<sup>1</sup>, 今村 文彦<sup>1</sup>

Yo Fukutani<sup>1\*</sup>, Anawat Suppasri<sup>1</sup>, Fumihiko Imamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学災害科学国際研究所

<sup>1</sup>International research institute of disaster science, Tohoku University

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、これまでの想定を超える波高の津波が東日本太平洋沿岸に襲来し甚大な被害を発生させた。このような想定外のケースを無くす手段の一つとして、津波シミュレーションの出力である津波波高の不確実性を定量的に理解することが挙げられる。

本研究では、津波シミュレーションにおける動的パラメータ（破壊伝播速度、ライズタイム）の変化が、津波波高にどの程度影響するかを定量的に見積もった。東北地方太平洋沖地震等の破壊規模が比較的大きい地震を想定する場合には、動的パラメータの変化が津波波高に与える影響が小さくないと考えられる。

不確実性の定量的な評価手法は以下の通りである。まず、理想的な5つの小断層を設定した。ライズタイムは、過去のマグニチュード7.0以上の地震データから推定した確率分布（対数正規分布）に基づいて、モンテカルロシミュレーションにより500ケース発生させた。乱数により発生させたライズタイムを各小断層に適用し、津波シミュレーションを行った。12地点でデータを取得し、それぞれの地点において、波高の中央値からのばらつき（対数標準偏差）を計算した。破壊伝播速度は、同様な手法でモンテカルロシミュレーションにより100ケース発生させた。破壊開始点を各小断層に設定し、そこから、破壊が放射状に広がるようにして（全5ケース）、津波シミュレーションを行った。同様に12地点でデータを取得し、それぞれの地点において、波高の中央値からのばらつき（対数標準偏差）を計算した。

結果、破壊伝播速度の変化による波高のばらつきの最大対数標準偏差 = 0.14、ライズタイムの変化による波高のばらつきの最大対数標準偏差 = 0.01となった。これらから、破壊伝播速度の変化による波高のばらつきは、すべり量等の静的パラメータの変化が与える影響と比較しても無視できない程度であることが分かった。また、波高のばらつきは断層のすべり量や水深によって変化することも分かった。得られた結果は、確率論的津波ハザード評価における偶然的な不確実性の一つとして取り込み、確率論的評価手法の高度化を図る。

キーワード: 津波ハザード評価, 確率論的評価, 破壊伝播速度

Keywords: tsunami hazard assessment, probabilistic approach, rupture velocity

## 富士山の山体崩壊による駿河湾における津波シミュレーションの検討 Numerical simulation of tsunami in Suruga Bay by debris avalanche of Mt. Fuji

原田 賢治<sup>1\*</sup>, 小山 真人<sup>1</sup>

Kenji Harada<sup>1\*</sup>, Masato Koyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学 防災総合センター

<sup>1</sup>Shizuoka University, Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards

東日本大震災以降、巨大地震にともなう津波の危険性についての検討が各地域で始まっており、巨大な津波高の想定結果も公表されつつある。このような巨大地震は1000年に1度とも言われる低頻度の現象であるが、一度発生すればその影響は計り知れないものになる。一方で、巨大地震がプレート境界で発生すると、近隣の火山における火山活動が活発になることも過去の事例から予想されており、巨大地震と合わせて火山活動の影響についても検討しておく事が、地域のリスクや防災対策を適切に考える上で必要となる。巨大地震が発生するプレート境界近隣の火山で山体崩壊に伴う岩屑なだれが発生した場合、局所的に大きな津波が発生する事もあり、各地域でその危険性を検討しておく必要がある。

本研究では、巨大地震の発生が危惧されている南海トラフに近い富士山が山体崩壊を起こし、岩屑なだれが駿河湾に流入した場合を想定した2つのシナリオについて検討した。具体的には、陸上の現況地形を考慮し、田子ノ浦港付近の区間、狩野川河口付近の区間の2つの区間について、岩屑なだれが海へ流れ込む状況を想定している。碎屑なだれの発生状況や津波の生成メカニズムにおいては、今回の検討では未知の要素が多いため大胆な仮定のもとに検討している。陸上の地形や既往の文献等を参考にし、流入海岸線長 3.6, 7.2km、総流入体積 0.1, 1.0km<sup>3</sup> として、駿河湾内における津波高の変化を数値シミュレーションにより検討した。対象とした駿河湾は、湾の中央部に水深 2500m に達するトラフがあり、湾奥の田子ノ浦港、狩野川河口周辺で発生する津波は、このトラフに導かれる様に湾外に向かって伝播して行く状況が確認できた。また、焼津から御前崎の沖にある浅瀬の影響により、駿河湾西岸で局所的に津波高が 3m 程度高くなる地域が発生することを確認した。一方、駿河湾東岸の伊豆半島西側では、大きな津波高とはならなかった。駿河湾の伊豆半島側の海底地形には浅瀬は見られず、湾奥から伝播して来た津波が湾外へ抜けて行ったものと考えられる。いくつかの条件を仮定し、駿河湾における津波の基礎的な検討を行った。

キーワード: 津波シミュレーション, 岩屑なだれ, 駿河湾, 富士山

Keywords: Tsunami simulation, debris avalanche, Suruga Bay, Mt. Fuji