

サイスミック・カップリングを考慮した津波高予測データベースの構築と実証

東北大学工学部	学生会員	○中野 りさ
東北大学災害科学国際研究所	正会員	ADRIANO Bruno
東北大学災害科学国際研究所	正会員	MAS Erick
東北大学災害科学国際研究所	正会員	越村 俊一

1. はじめに

近年のリアルタイム津波予測手法は、沖合観測データとの整合を行うデータベース駆動型(例えばYamamoto *et al.* 2016)と、リアルタイムのフォワード計算を行うフォワード型(例えば越村, 2017)とに大別される。データベース駆動型では沖合での観測状況と整合する予測結果を短時間で得られるが、沖合観測網が整備されていない地域では導入が難しい。フォワード型は、緊急地震速報や国土地理院のGNSS情報から得られた断層モデルを利用して計算を行っているのが現状で、データベース型と比較して予測時間の強みは少ないが、あらゆる地域に展開可能であるという利点がある。

津波波源モデルの推定は、その推定精度が津波予測精度に直接的に関連するため、推定にかかる時間と精度とはトレードオフの関係にある。著者らは防災の観点から、震源・マグニチュードという限定的な地震情報から対象地域に最大の津波を発生させる波源の最悪シナリオを推定する手法を開発してきた。本研究では、その発展版として、プレート間カップリングを考慮した波源シナリオの推定手法について検討を行う。プレート間カップリングとは、プレートの相対速度から推定される歪みの蓄積に対する、地震によって解放される歪みの比率であり、プレート間の固着の程度を表す指標としてよく知られ、世界のプレート境界においてカップリングを推定する研究が進められている(例えばLoveless *et al.* 2011)。

本研究では、地震発生直後に得られる震源情報とマグニチュードからスケーリング則を用いて断層形状を、カップリング係数を用いてすべり分布を推定し、予測対象の沿岸部で最大のシナリオとなる断層配置を即時的に求めることで、波源シナリオを推定する手法を構築する。最悪となる波源シナリオの抽出については、プレート境界に沿って置いた副断層による津波波形のグリーン関数をあらかじめ計算しておき、地震の発生場所・規模・すべ

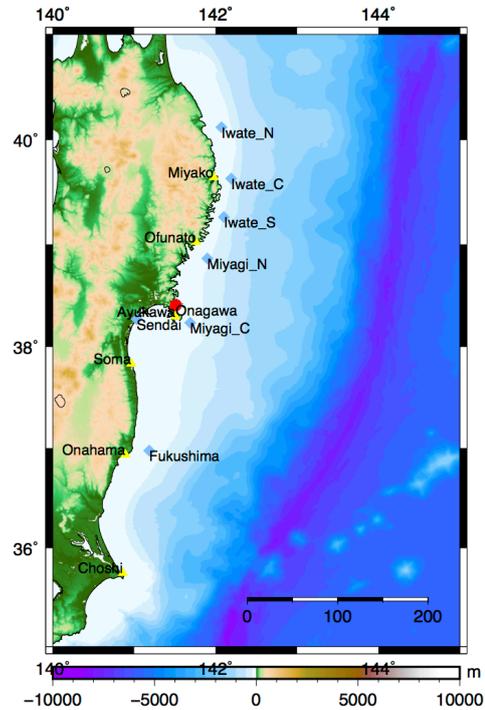


図-1 対象領域

り量に応じてグリーン関数の線形重ね合わせにより沿岸部の津波高を求める。本稿では、東北地方太平洋沖地震津波を対象として、地震発生時に得られる地震情報からのシナリオ設定について検討し、推定方法の検証結果について報告する。

2. 解析手法

(1) 対象領域

本研究の解析対象は図-1に示す領域とする。評価点には、津波観測計のある14個の水位予測点を使用する。

(2) グリーン関数の準備

はじめに、副断層*i*に対応する水位予測点 P_k のグリーン関数を作成する。副断層の幅と長さは20kmとし、走向は193°、すべり角は81°とする(Fujii *et al.* 2011)。傾斜角と深さはSlab1.0に基づいて求め、すべり量を1mとする。グリーン関数の作成は、線形長波理論に基づく津波数値計算によって行う。

(3) 多数の波源シナリオの設定

本地震は $M_w = 9.0$, 震央位置 ($38.1035^\circ N, 142.861^\circ E$) とし, 断層幅は200km, 断層長さは500kmとする (Fujii *et al.* 2011). 断層位置は震央が断層の左下, 中央, 右上, 等に位置する場合の全9通りを考える.

(4) すべり分布の推定

設定した多数の波源シナリオに対し, 式(1)に従って副断層 i のすべり量 D_i を求める. ここで, D_0 は重み係数, C_i は副断層 i のカップリング係数である.

$$D_i = D_0 \times C_i \quad (1)$$

地殻の剛性率 μ , 平均すべり量 D , 断層面積 S を用いて, 地震モーメント M_0 が算出できる. これを用いて, 式(2)に従って各シナリオの地震モーメント M_0^{Total} を求める. 本研究では, $\mu = 5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ とする (Fujii *et al.* 2011).

$$M_0^{Total} = \mu S \sum_{i=1}^n (1 \times C_i \times D_0) \quad (2)$$

本地震の地震モーメント M_0^{Tohoku} を用いて, $M_0^{Tohoku} = M_0^{Total}$ が成り立つように, 重み係数 D_0 を決定する.

(5) グリーン関数の線形重ね合わせ

式(3)に従って, 副断層 i のすべり量 D_i に対応する水位予測点 P_k のグリーン関数 η_i^k を線形重ね合わせすることで, 予測点時系列水位 η^k を算出する.

$$\eta^k = \sum_{i=1}^n D_i \times \eta_i^k \quad (3)$$

3. 解析結果

本手法による予測津波高を, 式(4)から算出される標準化残差を用いて観測値と比較する (Yoshimoto *et al.* 2017). ここで, R は標準化残差, A_i^o と A_i^c はそれぞれ観測津波波形・予測津波波形の波高の二乗平均平方根, N は水位予測点の個数である.

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(A_i^o - A_i^c)^2}{(A_i^o)^2} \quad (4)$$

震央が断層の右中央に位置するシナリオ1を図-2に, 震央が断層の中央に位置するシナリオ2を図-3に示す. 各シナリオに関し標準化残差を求めると, シナリオ2の方が観測値とより整合していることが確認できた. 副断層の設定箇所などによる誤差はあるが, 本手法において波源シナリオ

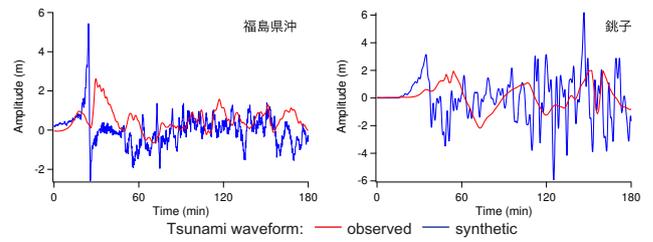


図-2 シナリオ1と観測津波波形の比較

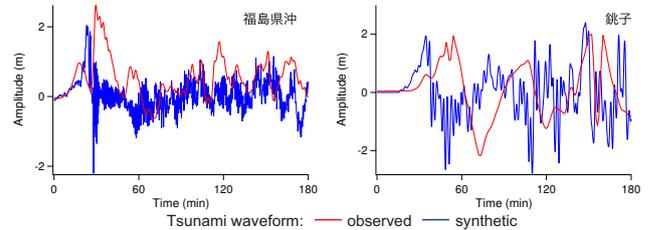


図-3 シナリオ2と観測津波波形の比較

を多数生成し最悪シナリオを抽出することで, 防災の観点からの津波予測の高度化が可能であることが分かった.

4. おわりに

本研究では, プレート間カップリングを考慮した津波高予測データベースを構築し, 検証を行った結果, 本手法による津波高予測が可能であることを明らかにした. 今後は他の地域での適用に向けた研究を進める予定である.

参考文献

- Fujii, Y., Satake, K., Sakai, S., Shinohara, M., Kanazawa, T. (2011). Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth, Planets and Space.*, 63, pp.815–820.
- 越村俊一 (2016). リアルタイム津波浸水・被害予測と災害情報の配信. *情報管理*, 59巻, 12号, pp.822–828.
- Loveless, J. P., Meade, B. J. (2011). Spatial correlation of interseismic coupling and coseismic rupture extent of the 2011 $M_w = 9.0$ Tohoku-oki earthquake. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L17306.
- Yamamoto, N., Aoi, S., Hirata, K., Suzuki, W., Kunugi, T., Nakamura, H. (2016). Multi-index method using off-shore ocean-bottom pressure data for real-time tsunami forecast. *Earth, Planets and Space.*, 68:128
- Yoshimoto, M., Kumagai, H., Acero, W., Ponce, G., Vázquez, F., Arrais, S., Ruiz, M., Alvarado, A., Pedraza, G. P., Dionicio, V., Chamorro, O., Maeda, Y., Nakano, M. (2017). Depth-dependent rupture mode along the Ecuador-Colombia subduction zone. *Geophys. Res. Lett.*, 44, pp.2203–2210.