

緊急地震速報からの多様な津波シナリオ即時推定手法の構築

東北大学大学院

学生会員 ○古屋 敬士

東北大学災害科学国際研究所

正会員 越村 俊一

1. 序論

今日の計算機演算性能の発達により、津波到達前に浸水被害予測を行うリアルタイム津波シミュレーションが可能となった(Koshimura *et al.*, 2014). 一方、即時推定した断層パラメータで単一シナリオのみの想定では津波波源モデルの不確実性が十分に考慮されず、予測以上の津波被害が生じる恐れがある。想定外の被害を防ぐには、多様な津波シナリオの想定を瞬時に行う必要がある。本研究では、緊急地震速報に基づいた多数シナリオ想定・解析手法の構築を目的とし、リアルタイム津波浸水予測への活用を目指す。

2. 解析手法

(1) グリーン関数の線形重ね合わせによる津波計算

本研究ではリアルタイムでの多数津波シナリオ解析を行うため、事前に計算した二次元ガウス分布単位波源(Tsushima *et al.*, 2014)に対応するグリーン関数の線形重ね合わせにより、即座に時系列水位を計算できる解析手法を用いた。本手法では各シナリオについて、Okada(1985)により初期地盤変動量を求めて津波波源とし、これを二次元ガウス分布の重ね合わせへ変換することで、各单位波源の変動量 a_i を算出する。続いて各单位波源の変動量 a_i と対応する観測点 K のグリーン関数 η_i^K を式(1)に従って線形重ね合わせし、観測点 K の時系列水位 η^K を求める。

$$\eta^K = \sum_{i=1}^n a_i \times \eta_i^K \quad (1)$$

(2) 二段階シナリオ解析

断層パラメータは津波被害に大きな変化を与えるため、細かいパラメータ刻み幅で多数シナリオの設定を行うべきだが、リアルタイムでの解析可能シナリオ数には限りがある。解析可能数は計算環境によって異なるが、ここでは1000シナリオを一つの目安とした。Xeon E5-2687W(2CPU,6nodes)で1000シナリオの解析を行った

ところ、計算時間は3分程度であった。本研究では多様な津波シナリオを高精度に即時推定する手法として、90シナリオ解析と900シナリオ解析の二段階で構成されるシナリオ解析手法を構築した。

a) Step1: 90シナリオ解析

Step1では、粗い刻み幅で走向を設定し、高い波高をもたらす走向範囲を特定する。はじめに緊急地震速報のマグニチュードと震源を基準にして、不確実性を持つ断層パラメータに異なる値を与えることで、起こりうるシナリオを設定する。断層パラメータ設定基準を表-1の1列目に示す。走向は 20° 刻みで18通り設定し、傾斜は 45° 、滑り角は 90° とした。断層大きさはスケーリング則から算出した。断層位置は断層面内に震源が含まれる範囲に限定されるので、その範囲内で5点設定した。滑り量はモーメントマグニチュードと断層面積から算出される値とした。この90シナリオの解析を行い、対象エリアに設置した N 個の観測点それぞれに最大波高をもたらす走向 $str_1 \sim str_N$ を求め、その平均値 str_{ave} を算出する。

b) Step2: 900シナリオ解析

Step2では、Step1で限定した走向範囲で細かい刻み幅で走向を設定し、観測点時系列水位から最大波高シナリオと最速到達シナリオの推定を行う。Step2の断層パラメータ設定基準を表-1の2列目に示す。Step2では、走向をStep1で算出した str_{ave} を中心とする 36° 範囲、すなわち $str_{ave}-18^\circ, str_{ave}-14^\circ, \dots, str_{ave}+14^\circ, str_{ave}+18^\circ$ の10通りとした。断層大きさはスケーリング則のばらつきを考慮して面積固定で幅と長さを変動させた3通りを、断層深さは緊急地震速報の誤差を考慮して速報値より浅い場合を含めた3通りを設定した。

3. 対象イベント

本研究では想定地震を対象イベントとして、本手法による解析を行った。想定地震は北緯 37.5° 、東経 144.0° 、深さ10kmを震源とする $M_{jma}=7.4$ の地震とし、緊急地震速報の速報値もこれと同値とした。また、シナリオを評価する水位出力点として仙台湾沖の水深50m以上地点に

キーワード: リアルタイム解析, 不確実性, 多数津波シナリオ, 緊急地震速報

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉468-1, TEL: 022-752-2082, FAX: 022-752-2083

表-1 各Stepにおける断層パラメータ設定基準

	Step1 : 90シナリオ	Step2 : 900シナリオ
走向	18通り(0°, 20°, 40°, ..., 340°)	10通り(str_{ave} を中心とする36°範囲)
傾斜・滑り角	1通り(45°)・1通り(90°)	2通り(45°, 65°)・1通り(90°)
断層大きさ	1通り(スケーリング則より算出)	3通り(ばらつきを考慮)
断層位置・深さ	5通り・1通り(緊急地震速報の値)	5通り・3通り(速報値の誤差を考慮)
滑り量	1通り(マグニチュード, 断層面積から算出)	1通り(マグニチュード, 断層面積から算出)

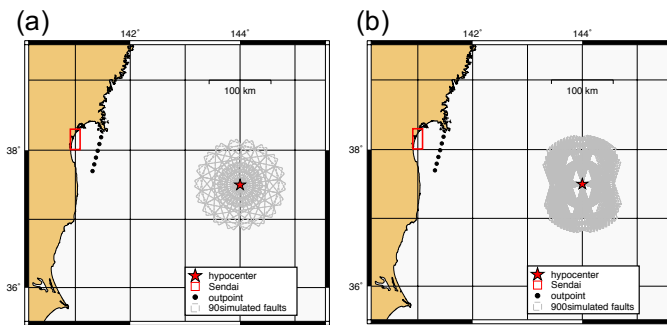


図-1 想定シナリオ (a)Step1 (b)Step2

位置した6つの観測点を使用した。

4. 解析結果

想定イベントに表-1の断層パラメータ設定基準を適用して設定した想定シナリオを図-1に示す。Step1の解析の結果、 str_{ave} は356.7°となった。よってStep2で設定する走向は、338.7°, 342.7°, ..., 10.7°, 14.7°の10通りとした。

また、本手法で推定した波高最大シナリオと最速到達シナリオをリアルタイムでは計算出来ないシナリオ数の解析結果と比較することで、本手法の精度を検証した。比較対象は、走向を0°～359°まで1°刻みで想定し、他パラメータはStep2と同様に設定した合計32400シナリオの解析結果とした。最大波高と最速到達時間の比較結果を図-2に示す。最大波高はグリーンの法則で、水深1m地点での波高へ補正した。

(1) 波高最大シナリオ

図-2の通り、全ての観測点高い精度で取りうる最大波高を推定できた。相対誤差は2%以下であり、本手法で波高最大シナリオを高精度かつリアルタイムで推定できたといえる。また本手法では自動的に高い波高をもたらす走向範囲を特定できるので、異なる震源・マグニチュードの地震に適用した場合も、同様に高い精度を達成できると考えられる。

(2) 最速到達シナリオ

本手法で推定した最速到達シナリオは32400シナリオ

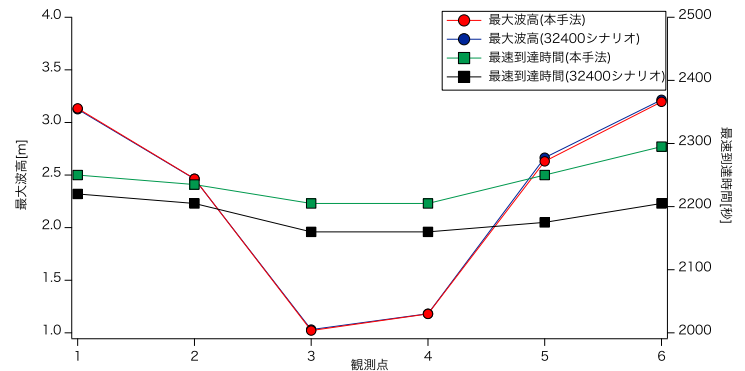


図-2 波高最大シナリオ・最速到達シナリオの比較

解析のものとは比べ、1分程度到達が遅いシナリオとなった。本手法ではStep2で走向範囲を限定しているため、得られる最速到達シナリオは、低い波高で早く到達するシナリオを除外したうえでの最速到達するシナリオとなる。低波高の津波は浸水被害が小さいと考えられるため、防災の観点において、本手法の最速到達シナリオのほうがより想定すべきシナリオだと言える。

5. 結論

本研究では、緊急地震速報を用いたリアルタイム多数津波シナリオ解析により多様な津波シナリオを即時推定する手法を構築した。また、本手法を想定地震に適用し、即時推定した波高最大シナリオと最速到達シナリオの精度検証を行った。その結果、リアルタイムかつ高い精度で最大波高および最速到達時間を推定することができた。

参考文献

- Koshimura, S. *et al.* (2014): Real-time tsunami inundation forecasting and damage mapping towards enhancing tsunami disaster resiliency, American Geophysical Union, Fall Meeting 2014, abstract #NH23B-05.
- Tsushima, H. *et al.* (2014): tFISH/RAPiD: Rapid improvement of near-field tsunami forecasting based on offshore tsunami data by incorporating onshore GNSS data, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 3390-3397, doi:10.1002/2014GL059863.
- Okada, Y.(1985): Surface deformation due to shear and tensile faults in half-space, *B. Seismol. Soc. Am.*, 75(4), pp.1135-1154.