すべり分布の不確実性を考慮した津波発生シナリオの多様性

東北大学大学院 工学研究科	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
東北大学大学院 理学研究科		日野	亮太
東北大学大学院 理学研究科		太田	雄策
東北大学大学院 工学研究科	学生会員	井上	拓也

すべり断層を考慮してシナリオ設定を行った場合,断層 配置(位置,大きさ)と大すべり域配置(位置,大きさ), それぞれのパターン数を掛け合わせた数だけシナリオ数 が考えられるため,膨大なシナリオ数を想定しなくては ならない.そこで本研究では,起こりうる最大津波の即 時推定のため,均質すべり断層解析と不均質すべり断層 解析を組み合わせた効率的な多数シナリオ解析手法を提 案する.

### a) Step1:均質すべり断層解析

Step1では均質すべり断層を用いた多数シナリオ解析か ら、高い津波高をもたらす断層配置を特定する.はじめ にEEWのMjとスケーリング則から断層面積Sと平均すべ り量Uaveを決定し、断層長さLと断層幅Wについて、L/W が2,3,4となる3通りの断層大きさを想定した。断層位置 (X,Y)は、EEWの震央位置が断層面内に含まれように、走 向方向に29通り、傾斜方向に9通り、合計261通りを想定 した.走向φ・傾斜角δ・深さDはSlab1.0から参照し、す べり角λは90°とした。この際、断層面がプレート境界範 囲に収まらないシナリオは除外した。以上の基準に基づ いて多数のシナリオを設定し、前述の手法を用いて解析 を行う。その解析結果から対象エリアに高い津波高をも たらす断層配置を特定し、水位予測点での最大津波高の 平均が上位となる10通りの断層配置を、Step2で微視的波 源特性を想定する際の断層配置として選定する。

# b) Step2:不均質すべり断層解析

Step2では特性化波源モデル (杉野ら, 2014) を用いて, 不均質すべり断層シナリオ設定・解析を行う.シナリオ 設定の流れを図-1に示す.はじめに断層配置を選択し,断 層面を小断層に分割した.小断層数は30個前後となるよ うに,断層大きさに小断層サイズを調整して設定した.各 小断層の走向・傾斜角・深さはSlab1.0から参照し,すべ り角は90°とした.続いて,すべり分布を考慮して各小 断層のすべり量を決定する.大すべり域の割合*R*<sub>A</sub>は不確

# 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 な津波発生シナリオの想定を瞬時に行う必要がある.特 にM8を超える大規模地震ではすべり分布の不確実性が波 源に多様性をもたらすため,より多くの津波発生シナリ オを考慮しなければならない.そこで本研究では,緊急地 震速報(EEW)に基づいて,すべり分布の不確実性を考慮 した数津波シナリオ設定・解析手法の構築を目的とする.

### 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., 2009)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、各単位波源の変動量 $a_i$ を算出する.続いて各単 位波源の変動量 $a_i$ と対応する水位予測点 $P_k$ のグリーン 関数 $\eta_i^r$ を式(1)に従って線形重ね合わせし、水位予測点  $P_k$ の時系列水位 $\eta^r$ を求める.

$$\eta^k = \sum_{i=1}^n a_i \eta_i^k \tag{1}$$

### (2) 効率的な多数シナリオ解析手法

EEWのMj・震源情報からプレート境界型地震の不均質

**キーワード:** リアルタイム解析,不確実性,シナリオ爆発,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



図-1 シナリオ設定の流れ:(a)断層配置を選択する.(b)小断層に分割する.(c)プレート境界データから,各小断層の走向・傾 斜角・深さを決定する.(d)大すべり域の大きさ・位置から,各小断層のすべり量を決定する.

実性を考慮して29~33%,35~39%,41~45%の3通りを 想定した.大すべり域のすべり量*U*<sub>A</sub>と背景領域のすべり 量*U*<sub>B</sub>は,それぞれ式(2)と式(3)より算出した.

$$U_A = 2U_{ave} \tag{2}$$

$$U_B = \frac{U_{ave} - U_A R_A}{1 - R_A} \tag{3}$$

また大すべり域位置は走向方向3通り,傾斜方向に2~3通 り位置を設定した.この基準で設定した多数シナリオに ついて解析を実施し,その結果から起こりうる最大津波 高を推定する.

### 3. 想定地震への適用

想定地震に本手法を適用し,起こりうる最大津波高の 推定を試みた.想定地震は北緯38.0°,東経143.0°,深 さ10kmを震源とする*M<sub>jma</sub>* = 8.3の地震とし,EEWの推定 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以上地点に位置した6つ の水位予測点を使用した.

## 4. 解析結果

Mj8.3, 震央(38°N,143°E)の想定地震に本手法を適 用した結果を図-2に示す.ここでは、シナリオ数を絞り 込まず、かつ大すべり域位置を走向方向に4~7通り設定 した超多数シナリオ解析の結果を比較対象として用いた. 図-2より、僅かに過小評価があるものの、推定される最 大津波高を維持することができた.計算コストについて、 単純な多数シナリオ解析では27785秒要したが、本手法 では485秒で計算を終えることができ、計算量を98%削減 することが出来た.また、Mj8.3、震央(38°N,143°E) の想定地震にも同様の解析を実施した結果、高い精度と 計算量削減効果を確認することが出来た.



## 5. 結論

本研究では,EEWを用いて,すべり分布の不確実性を 考慮した多数シナリオ設定・解析による多様な津波発生 シナリオ即時推定手法を提案した.本手法を想定地震に 適用し,即時推定した起こりうる最大津波高推定値の精 度検証を行った結果,リアルタイムかつ高い精度で最大 津波高を推定することができた.

### 参考文献

- Koshimura, S. et al.: Real-time tsunami inundation forecasting and damage mapping towards enhancing tsunami disaster resiliency, American Geophysical Union, Fall Meeting 2014, San Francisco, United States of America, 15-19 December 2014, abstract #NH23B-05, 2014.
- Tsushima, H. et al.: Tsunami waveform inversion incorporating permanent seafloor deformation and its application to tsunami forecasting, J.Geophys. Res., 117, B03311, doi:10.1029/2011JB008877, 2012.
- Okada, Y.: Surface Deformation Due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space, B. Seismol. Soc. Am., 75, 1135-1154, 1985.
- 杉野英治,岩渕洋子,橋本紀彦,松末和之,蛯澤勝三,亀田弘行,今 村文彦: プレート間地震による津波の特性化波源モデルの 提案,日本地震工学会論文集,Vol.14, No.5, 5.1-5.18, 2014.