

物性不均質性・不確かさを考慮した信頼性の高い数値計算・パラメータ推定による固着・すべりの現状把握及び推移予測の統合的研究

飯沼 卓史 海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター

飯沼 卓史^{*1}, 堀 高峰^{*1}, 日吉 善久^{*1}, 村上 颯太^{*1}

^{*1} 海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター

キーワード：不均質構造，地震サイクル，粘弾性変形

1. 推移予測のための地震発生サイクル計算と予測の数値実験の試行

南海トラフ沿いでは、東海沖から紀伊半島沖を越えて四国沖までが一つの地震として発生したこともあれば、紀伊半島を境にして東と西に分かれて発生したこともある。後者（南海トラフ全体の約半分の領域で地震が発生するので半割れと呼ばれる）の場合、東西で分かれて発生する時間間隔は様々で、1日半だったこともあれば、2年以上のこともある。片方の地震が起こってから次の地震までの間隔を、海底地殻変動の観測データにもとづいて予測するための手法が提案されている[1]。発生間隔が様々な異なる半割れのシミュレーションを行ない、半割れ後の断層滑りによる地殻変動を計算しておく。その中から真の場合を決めて誤差を与えることで模擬観測データを作り、それが半割れ後に一定時間間隔で得られた場合に、その模擬観測データと様々なシミュレーションでの地殻変動とを比較して残差を調べる。各シミュレーションでの次の地震までの時間間隔に対して、残差に応じた重みつき平均を求めることで、発生間隔を推定する。本課題では、前年度からこの手法を高度化するための課題として、地震後の地殻変動に含まれる粘弾性応答を考慮した数値実験を行なってきた。

ES4 を用いて、この数値実験で必要となる真の場合と、それと比較するための複数の場合の計算を行った。今年度は、粘弾性応答の影響がより明瞭に現れる、発生間隔が1年前後以上の長い場合の計算を実施するとともに、前年度とは異なる場所の摩擦特性を変えた場合の計算を行った。

前年度と同じ場所で変化させた摩擦パラメータの値に対する発生間隔を図1に示した。パラメータ範囲の前半では、大きく2系統でほぼ線形に発生間隔が変化し、後半では変化が鈍る傾向がある。なぜほぼ同じパラメータの値で、このような2系統の発生間隔になるか、また、なぜ後半で変化が鈍るかの原因はまだ検討中である。得られた半割れ地震後のゆっくり滑りに対して、一定時間間隔での各点の滑り量のデータを計算した。

この滑り量のデータを、粘弾性構造モデルに入力することで、半割れ後の粘弾性も含めた DONET 観測点での地殻変動を計算した。地殻変動計算は前年度まで富岳で行ってきたが、今年度 GPU への移行を東大地震研の GPU クラスタで行った。計算結果の妥当性を確認できたので、その結果を発生間隔推定の数値実験に用いるとともに、年

度内に ES4 の GPU ノードで計算を開始するため、資源追加を申請中である。発生間隔推定の数値実験を ES4CPU ノードで行った結果を図2に示す。ここでは試行段階として図1で示したケースの一部を用いている（図2a）。地殻変動のパターンが異なる A と B に分けた場合と両者を合わせた場合について、発生間隔の推定を行なった（図2b, 2c）。今後、より短い発生間隔のシナリオも加えた上で、数値実験を行う予定である。

また、紀伊半島先端付近の摩擦パラメータを変化させた場合（図3）のシミュレーションも行なった。その結果、紀伊半島の東から先に地震が発生する場合、次の M8 までの発生間隔がオリジナルと比べて数倍から数十倍程度長くなり、西から先に発生する場合には百倍以上長くなった。より長い発生間隔を得るために摩擦パラメータを大きくしたところ、紀伊半島先端部で大きな滑りが生じて、南海トラフ全域で震源域となる全く異なった発生様式が生じた。

2. 粘弾性地殻変動計算プログラム・VISCO3D を用いた南海トラフ沿いのプレート境界でのすべりによるプレート境界面上及び周辺における応力変化計算の試行

南海トラフ地震想定震源域におけるゆっくり滑りの推移評価手法を確立するとともに、将来起こりうる南海トラフ地震発生シナリオを構築するため、三次元不均質粘弾性構造モデルにもとづいて地殻変動や応力変化を計算する手法を開発する。

そのために、スペクトル要素法に基づく数値計算コード「VISCO3D」[2]を使用して、南海トラフで発生する大地震後の粘弾性地殻変動及び応力評価を地球シミュレータ上で実施するための体制を整備するとともに試験的な計算を行って、先行研究と同様の結果が得られるかどうかを確認した。「VISCO3D」の作者によって用意されているチュートリアル計算を再現するとともに、必要な入力ファイル・パラメータファイル等について確認を行い、マニュアルを作成した（図4）。次いで、Sherrill and Johnson (2021) [3]に倣った粘弾性地殻変動数値計算を役務によって実施し、結果の整合性を確認した。

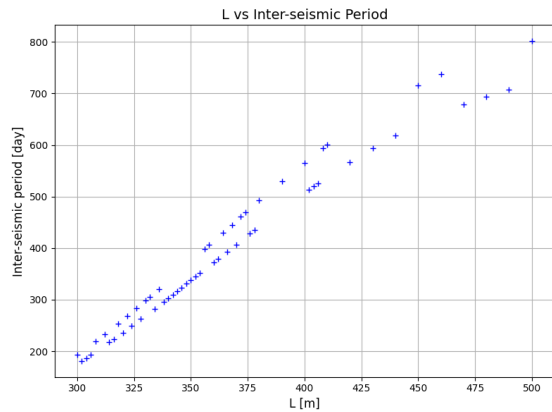


図1 変化させた摩擦パラメータの値に対する半割れ後のM8発生までの時間間隔変化。

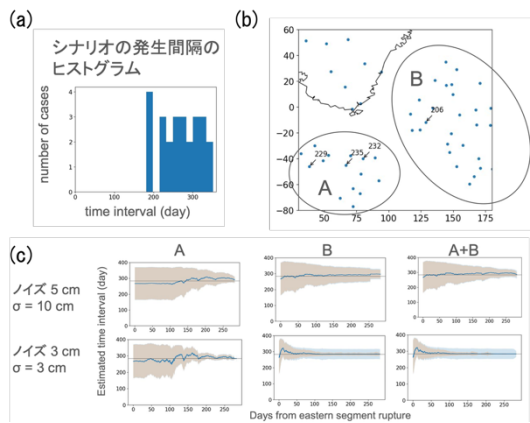


図2 発生間隔推定の数値実験結果の例。(a) 実験用いたシナリオの発生間隔の頻度。(b) DONET観測点の分布。地殻変動のパターンによってA, Bに分ける。(c) A, Bそれぞれと両者を合わせたデータに対して、発生間隔推定で仮定するノイズレベルを変えた数値実験結果。

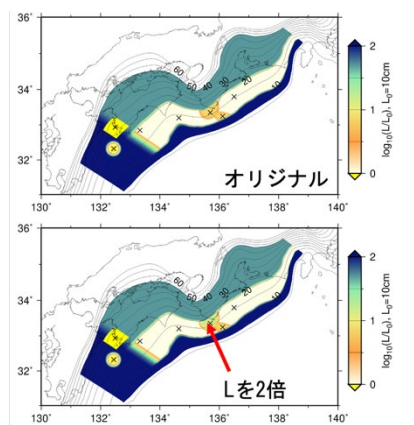


図3 紀伊半島先端の摩擦パラメータを変化させた例。

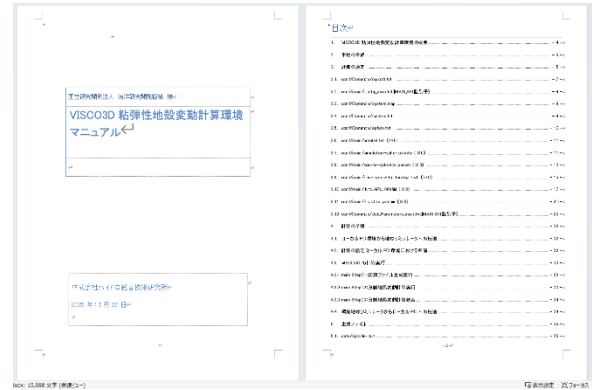


図4 役務により作成した、「VISC03D」を地球シミュレータ上で作動させるためのマニュアルの表紙及び目次（の一部）

謝辞

本研究の一部は、南海トラフ地震等巨大地震災害の被害最小化及び迅速な復旧・復興に資する地震防災研究プロジェクトの下に行われた。

文献

- [1] Hori, T., Hyodo, M., Miyazaki, S., Kaneda, Y., “Numerical forecasting of the time interval between successive M8 earthquakes along the Nankai Trough, southwest Japan, using ocean bottom cable network data”, Mar. Geophys. Res. 35:285-294, 2014.
- [2] Pollitz, F.F., “Post-earthquake relaxation using a spectral element method: 2.5-D case”, Geophys. J. Int., 198, 308-326, 2014.
- [3] Sherrill, E. M., Johnson, K. M., “New insights into the slip budget at Nankai: An iterative approach to estimate coseismic slip and afterslip”, J. Geophys. Res., 126, 2021.