

12 - 5 東海地域の割れ残り と 東海地域および豊後水道の長期的スロースリップイベントの再現

Simulation of the Unbroken Focal Zone in the Tokai Region and the Long-term Slow Slip Events in the Tokai District and Bungo Channel

弘瀬冬樹・前田憲二 (気象研究所地震火山研究部)

Fuyuki Hirose and Kenji Maeda

(Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute)

1. はじめに

駿河・南海トラフ沿いでは、巨大地震がおおよそ100～150年間隔で過去幾度となく発生しており¹⁾、今世紀中にもその再来が懸念されている。特に東海地域では、前回の1854年安政東海・南海地震から150年以上が経過(2011年現在)し、1944年の東南海地震で割れ残った領域は、いわゆる想定東海地震として、いつ地震が発生しても不思議ではないといわれている²⁾。一方、長期的スロースリップイベント(LSSE)が東海地域では約10～30年周期で発生している³⁾、最近では、2000年中頃から2005年中頃までの約5年間継続し、年間5～10 cmのすべり量を持ち、規模はMw7.1以上と推定されている⁴⁾。また、豊後水道では約6年周期でLSSEが発生している⁵⁾。

東海地域付近の地下構造に関する知見として、東海地域下に沈み込むフィリピン海プレートの構造は非常に複雑であり、沈み込んだ海嶺の存在⁶⁾やスラブの脱水が想定される領域の存在⁷⁾が指摘されている。そこで本研究では、沈み込んだ海嶺やスラブの脱水が想定される領域のパラメータに空間的不均質を与えて数値シミュレーションを行い、東海地域の応力状態に大きな影響を与えている以下の現象の再現を試みた。

A. 1944年東南海地震で東海地域が割れ残った状態を再現。

B. 東海地域および豊後水道で繰り返し発生しているLSSEを再現。

2. 計算手法

プレート境界面でのすべりの時間発展の計算には、食い違い弾性論⁸⁾から得られる応力とComposite lawと呼ばれる速度-状態依存摩擦構成則^{9),10)}に従う摩擦力の準静的つり合いから導出される微分方程式を、5次のRunge-Kutta法を用いて数値的に解く手法¹¹⁾を用いた。

計算領域は、南海トラフ沿いの東海から九州南部までとした。これは上記「A.」を再現するためには、東南海地震は勿論のこと、東南海地震の発生に影響を与える南海地震の再現も必須となり、結局南海トラフ全域を計算対象とする必要があるためである。過去の大地震の繰り返し間隔が100～150年であること¹⁾、東海地域に沈み込んだ海嶺が存在すること⁶⁾、浜名湖の北側や豊後水道の下部のプレート境界付近には水の存在が示唆されていること⁷⁾、などを考慮してパラメータを設定した。具体的には、摩擦パラメータa-bは深さ10～30 kmで負となるよう設定した(第1図)。特徴的すべり量Lを、LSSE域で0.01～0.02 m、東海沖に沈み込む海嶺や九州-パラオ海嶺付近で0.5 m、その他は0.1 mとした(第1図)。有効法線応力は、東海LSSE域で30 MPa、豊後水道LSSE域で60-70 MPa、その他は100 MPaとした。また、プレート収束速度は、西(6.5 cm/y)から東(1.5 cm/y)へ徐々に小さくなるように与えた¹²⁾。

3. 結果

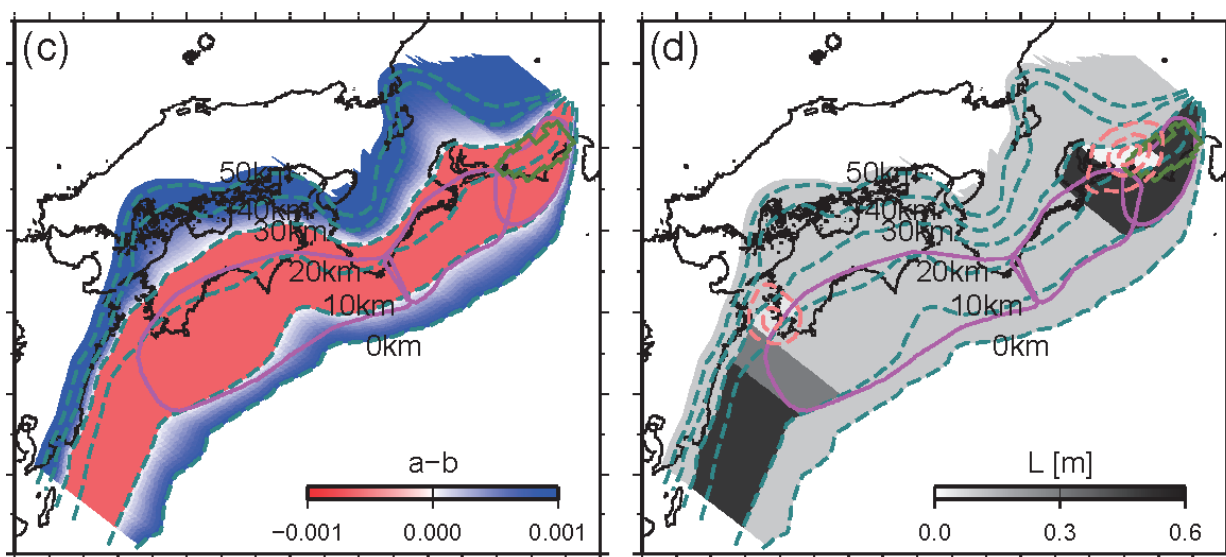
上記パラメータを与えてシミュレーションを行ったところ、紀伊半島沖を破壊開始点とする東南海地震・南海地震が約 120 年のサイクルで発生し、2 回に 1 回は東海地域も破壊する（2 回に 1 回は東海地域が割れ残る）モデルが得られた。さらに地震サイクル中には、浜名湖の北側領域で約 15-18 年、豊後水道で約 6-10 年の周期を持つ LSSE が発生した。LSSE の周期は時間とともに短くなり、規模は大きくなる傾向を示した。東海 LSSE については、東海地域が割れ残った後のサイクルにおける規模の方が大きくなった。このことから、近年の大規模なスロースリップが発生したのは、1944 年の東南海地震で東海地域が割れ残ったことに起因しているのかもしれない。なお、豊後水道の LSSE は、東海地域の割れ残りの影響は見られなかった。

また、与えるパラメータによっては、豊後水道の LSSE が加速し、南海トラフ沿い巨大地震のトリガーとなるパターンも現れた。南海トラフ沿い巨大地震の破壊開始点は紀伊半島沖¹⁾と考えられているが、豊後水道の LSSE が将来の南海トラフ沿い巨大地震のトリガーとなる可能性も検討する必要がある。

東海地震についてであるが、現在のモデルは東海地域に沈み込んだ海嶺を考慮して、大きな特徴的すべり量(L)をその地域に設定することで、東海地域の割れ残りを再現している。しかしながら、その大きなLの存在のため、LSSEが加速しても破壊伝播が抑制され、M7クラスの地震が深部で発生するだけで、東海地震には至らない。本シミュレーションでは東海地域が破壊されるのは、紀伊半島沖から破壊が開始し、東南海地震と連動して東海地震が発生する場合だけである。このように現時点では東海地震が単独で発生するケースの作成には至っていないが、モデルやパラメータの設定で発生パターンは変わる可能性があるため、今後のさらなる検討が必要である。

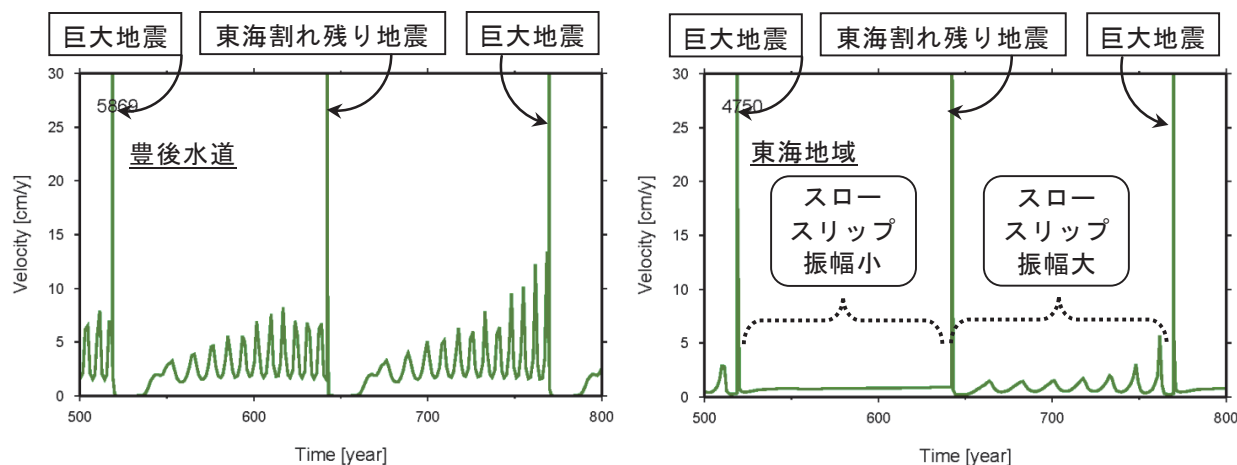
参 考 文 献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001), 南海トラフの地震の長期評価について.
- 2) 石橋克彦(1976), 地震学会予稿集, 30-34.
- 3) 小林昭夫・吉田明夫(2004), 測地学会誌, 50, 209-212.
- 4) 国土地理院(2007), 予知連会報, 77, 229-312.
- 5) Kobayashi, A. and T. Yamamoto (2011), J. Geophys. Res., 116, B04406.
- 6) Kodaira, S., T. Iidake, A. Kato, J. Park, T. Iwasaki, and Y. Kaneda (2004), Science, 304, 1295-1298.
- 7) Hirose, F., J. Nakajima, and A. Hasegawa (2008), J. Geophys. Res., 113, B09315.
- 8) Rice, J. R. (1993), J. Geophys. Res., 98, 9885-9907.
- 9) Dieterich, J. H. (1979), J. Geophys. Res., 84, 2161-2175.
- 10) Kato, N. and T. E. Tullis (2001), Geophys. Res. Lett., 28, 1103-1106.
- 11) Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery (1992), Cambridge Univ. Press, 963 pp.
- 12) Heki, K. and S. Miyazaki (2001), Geophys. Res. Lett., 28, 2313-2316.
- 13) 中央防災会議(2001), 「東海地震に関する専門調査会」報告書.
- 14) 国土地理院(2011), 予知連会報, 85, 318-332.



第1図 (左) 摩擦パラメータ $a-b$ および (右) 特徴的すべり量 L の空間分布. 紫線で囲まれた領域は東海¹³⁾・東南海・南海地震¹⁾の想定震源域を示す. 青破線はフィリピン海プレートの等深線を示す(7). 桃破線は2001年~2005年における東海 LSSE のすべり速度 (1-5 cm/y)⁴⁾ および豊後水道 LSSE のすべり量 (10-20 cm)¹³⁾を示す.

Fig. 1 Spatial distribution of (left) the frictional parameter $a-b$ and (right) the characteristic slip distance L . Areas enclosed by purple lines represent the expected source regions of the Tokai13), Tonankai and Nankai1) earthquakes. The broken blue lines denote iso-depth contours of the Philippine Sea plate interface(7). The broken pink line denotes the observed Tokai slow slip rate (1-5 cm/y) in the period of 2001-2005(4) and Bungo slow slip (10-20 cm) on the plate interface.



第2図 第1図の+におけるプレート間すべり速度の時間変化. (左) 豊後水道, (右) 東海地域.

Fig. 2 Time evolutions of slip velocity at the plate interface beneath the crosses in Fig. 1(left). (left) Bungo channel, (right) Tokai district.