

## 12 - 10 南海トラフにおける長期的・短期的スロースリップイベントとプレート間大地震準備過程の数値モデリング

### **Numerical model of long- and short-term slow slip events and preparation process of megathrust earthquakes in the Nankai trough**

松澤 孝紀 (防災科学技術研究所)

Takanori Matsuzawa

(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)

共同研究者：芝崎 文一郎 (建築研究所),

小原 一成 (東京大学地震研究所),

廣瀬 仁 (神戸大学)

南海トラフでは、フィリピン海プレートの沈み込みに伴うプレート間大地震が繰り返し発生している。その周辺領域では、長期的・短期的スロースリップイベント (SSE) や、深部低周波微動、超低周波地震といった、様々なスロー地震が発生していることが、近年明らかになってきた<sup>1~5)</sup>。これらスロー地震もまた、観測データの解析からプレート境界面上でのすべり現象であることが明らかになってきており、大地震の発生が予想される領域への歪みの蓄積過程を反映していると考えられる。

我々は、数値モデルによる長期的・短期的 SSE の再現を通じたプレート間大地震の準備過程の理解を目指しており、これまで平板状のプレートを仮定した単純化されたモデルを用いた研究を行い、プレート間大地震の発生サイクル間においてその挙動が変化する可能性を指摘した<sup>6)</sup>。現在、実際のプレート形状とスロー地震の分布を考慮したモデルによる研究を進めており、四国地域については、第1図 (a) で示すようなプレート形状を考慮した数値モデルによるシミュレーション研究を行った<sup>7)</sup>。また、仮定したパラメータ分布の例として、数値シミュレーションで採用しているカットオフ速度を考慮したすべり速度・状態依存摩擦則の (a-b) の値を第1図 (b) に示す。パラメータの設定においては、深部低周波微動の分布および豊後水道長期的 SSE の断層モデルに基づいている。この (a-b) が正である場合は安定なすべりをもたすが、負の場合は不安定なすべりを起こし得るようになるため、大地震や SSE の領域での間欠的なすべりが発生する領域では負となるようにパラメータをとっている。手法や結果の詳細については、Matsuzawa et al. (2013)<sup>7)</sup> を参照されたい。

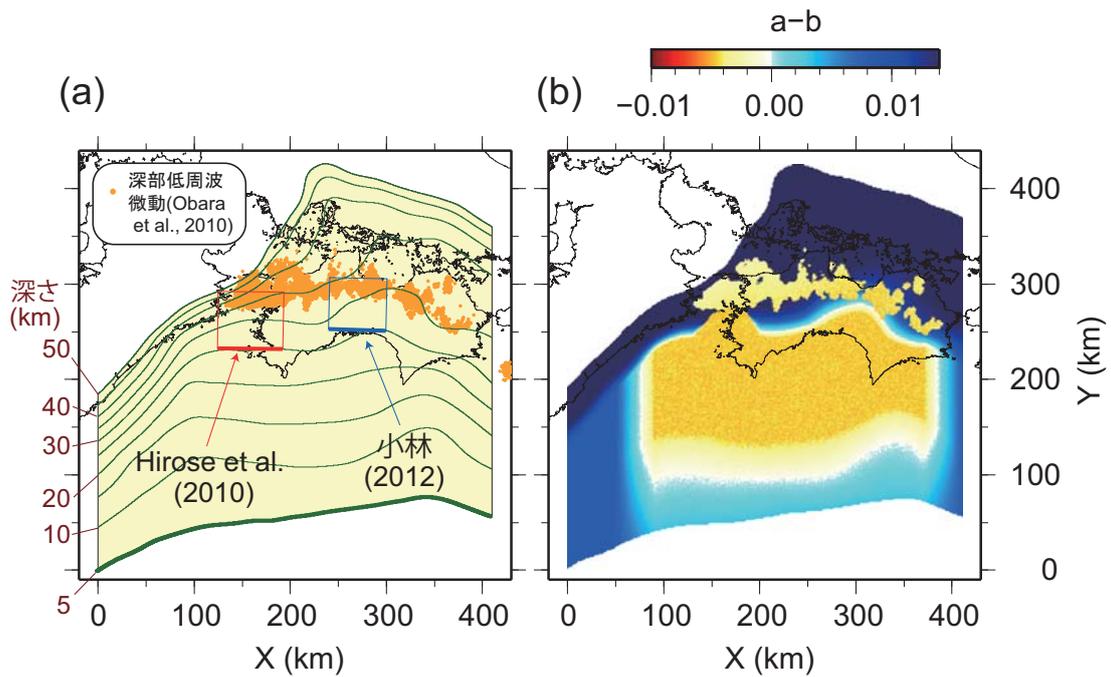
第2図、第3図に示す計算結果の例のように、このモデルにおいて豊後水道付近で6~7年周期で繰り返す SSE<sup>5)</sup> と、高知市付近で発生する SSE<sup>8)</sup> の2つのタイプの長期的 SSE を再現することに成功している。また、深部低周波微動領域において数か月間隔で発生する短期的 SSE についても再現されている。なお、高知市付近の長期的 SSE は現在のところ1回しか発見されていないが、数値モデルの結果からは10年以上の長い間隔で、不定期に繰り返す可能性が示唆される。

このようにプレート間大地震域への歪みの蓄積が、短期的 SSE 領域から長期的 SSE 領域へ、長期的 SSE 領域から大地震発生域へと、深部から浅部に向けて間欠的かつ階層的に行われていくような、大地震の準備過程の描像が数値モデルから得られている。ただし、ここではカットオフ速度を考慮したすべり速度状態依存摩擦則によるモデル化を行っているが、スロー地震の発生メカニズムについても新たなモデルが現在も提案されつづけている状況であり、仮定したモデルの妥当性について

はまだ検証が必要である。そのため、今後も観測や実験、様々な数値モデルとの比較を通じ、現象を適切に捉えるモデルを検討していくことが不可欠である。

#### 参 考 文 献

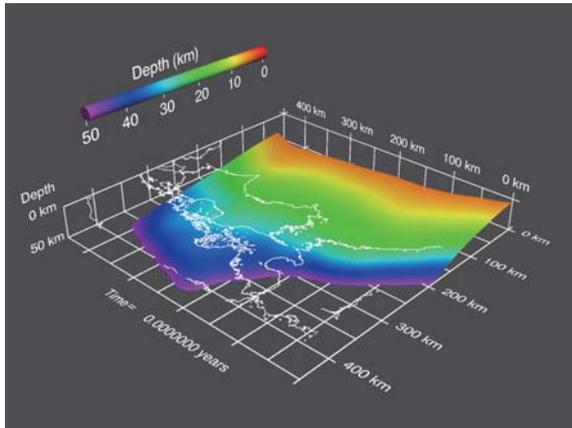
- 1) Obara, K., 2002, Non-volcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, *Science*, 296, 1679–1681.
- 2) K. Obara, H. Hirose, F. Yamamizu, K. Kasahara, 2004, Episodic slow slip events accompanied by non-volcanic tremors in southwest Japan subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L23602, doi:10.1029/2004GL020848.
- 3) H. Hirose, K. Obara, 2005, Repeating short- and long-term slow slip events with deep tremor activity around the Bungo channel region, *Earth Planets Space*, 57, 961–972.
- 4) Y. Ito, K. Obara, K. Shiomi, S. Sekine, H. Hirose, 2007, Slow earthquakes coincident with episodic tremors and slow slip events, *Science*, 315, 503–506, doi:10.1126/science.1134454.
- 5) Hirose, H., Asano, Y., Obara, K., Kimura, T., Matsuzawa, T., Tanaka, S., Maeda, T., 2010, Slow earthquakes linked along dip in the Nankai Subduction Zone, *Science*, 330, 1502, doi:10.1126/science.1197102.
- 6) Matsuzawa, T., Hirose, H., Obara, K., Shibazaki, B., 2010, Modelling of short- and long-term slow slip events in the seismic cycles of large subduction earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 115, B12301, doi:10.1029/2010JB007566.
- 7) Matsuzawa, T., Shibazaki, B., Obara, K., Hirose, H., 2013, Comprehensive model of short- and long-term slow slip events in the Shikoku region of Japan, incorporating a realistic plate configuration, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5125-5130, doi:10.1002/grl51006.
- 8) 小林, 2012, 高知市付近で 1977 ~ 1980 年頃に発生した長期的スロースリップ, *地震*, 64, 63-73.
- 9) Maeda, T., Obara, K., 2009, Hypocenter distribution of deep low-frequency tremors in Nankai subduction zone, Japan, *J. Geophys. Res.*, 114, B00A09, doi:10.1029/2008JB006043.
- 10) Obara, K., Tanaka, S., Maeda, T., Matsuzawa, T., 2010, Depth-dependent activity of non-volcanic tremor in southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2010GL043679.



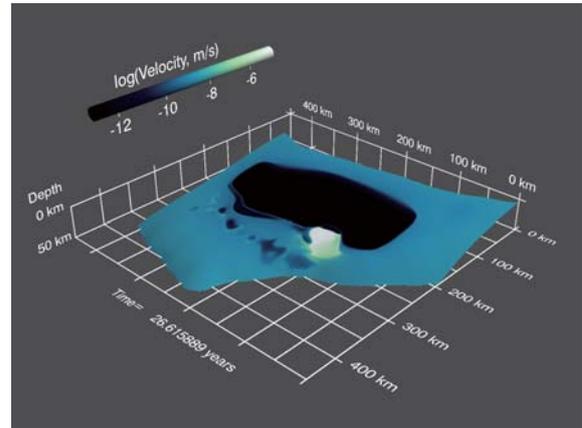
第1図 (a) 赤矩形および青矩形は、それぞれ豊後水道で発生する長期的スロースリップイベント (SSE)<sup>5)</sup>および高知市付近で発生する長期的SSE<sup>8)</sup>。橙色の点は、クラスタリング処理によって決定された微動源分布<sup>9), 10)</sup>を示す。黄色の部分、数値モデルの対象領域を示し、緑色線は数値モデルにおけるプレート境界面の深さを示す。(b) 数値モデルで用いたすべり速度・状態依存摩擦則における(a-b)の値の分布。パラメーターの設定は、実際の微動分布および豊後水道長期的SSEの断層モデルに基づいている。

Fig.1 (a) Fault models of long-term slow slip events (SSEs) in the Bungo Channel<sup>5)</sup> and the Kochi<sup>8)</sup> region are indicated by red and blue rectangle, respectively. Orange circles are epicenters of deep low-frequency tremor<sup>9), 10)</sup>. Yellow region is a target region in our numerical model. Green lines are contours of depth of the numerical plate model. (b) Spatial distribution of (a-b) value in the rate-and state-dependent friction law with cutoff velocities in our model. The distribution is based on the actual distribution of deep low-frequency tremor and the Bungo Channel long-term SSE.

(a) プレート形状

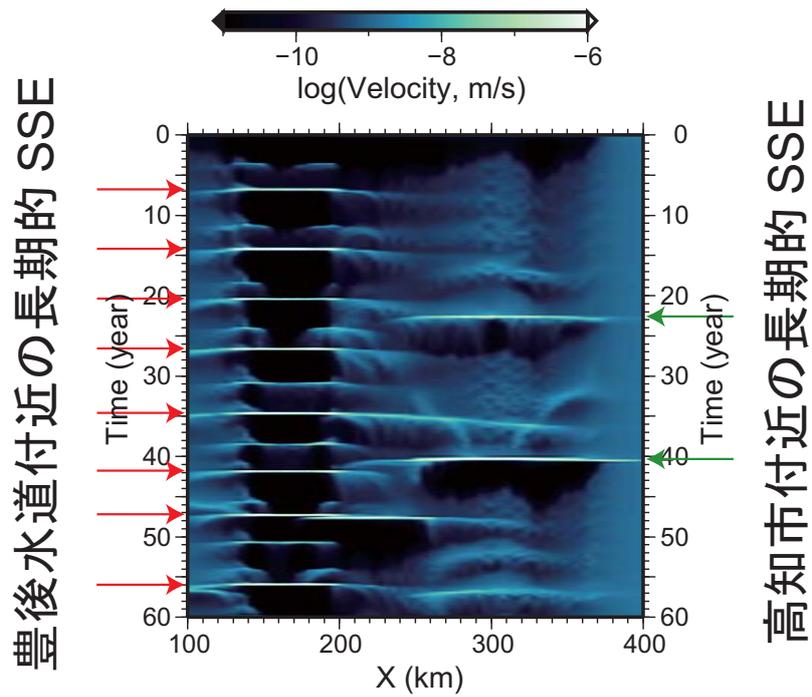


(b) すべり速度 (豊後水道長期的SSE)



第2図 (a) 数值モデルのプレート形状を3次元表示した図. 四国地域を北西方向から俯瞰している. 色は深さを示し, 白線は海岸線を示す. (b) 数值モデルによって, 再現された長期的SSEのすべり速度を示す.

Fig.2 (a) Bird view of the configuration of the subducting plate interface in the numerical model. Depth is indicated by color, and coast lines are indicated by while lines. (b) Slip velocity of the reproduced long-term SSE in the Bungo Channel.



第3図 数値モデルによって得られた、深さ25~27 kmで平均したすべり速度の時空間分布。横軸は第1図に示したX方向の位置を示す。豊後水道および高知市付近において、それぞれ赤矢印および緑矢印で示すように、長期的SSEが繰り返す様子が得られている。

Fig.3 Spatial-temporal distribution of slip velocity averaged at the depth between 25 km and 27 km. X-axis is the position shown in Fig. 1. Long-term SSEs recur at the Bungo Channel (red arrows) and the Kochi region (green arrows).