

12 - 4 スロースリップ, SSE の予測能力

Prediction Capability of the Occurrence of Slow Slip Events

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

近年の高度な地震・測地観測網の展開により、南海トラフのプレート間大地震発生域の周辺では、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明らかになってきた¹⁻⁵⁾。防災科研ではこれまで、大量の地震・測地データからこれらスロー地震の解析・モニタリングを行い、その特徴を明らかにするとともに、数値シミュレーションによる特徴の再現を試みてきた。これらの取り組みにより、プレート境界のすべり特性に関する理解を深めることが重要である。

これまで明らかになったスロー地震の発生様式の特徴としては、特に大地震発生域の深部で発生する微動活動から、①1つのエピソード中で発生域がプレート走向方向に伝播し、その速度は5-15 km/s 程度であること¹⁾、②走向方向にセグメント構造が見られ、各セグメントで異なる周期を持って繰り返し活発化すること⁶⁾、③深部では連続的、浅部では間欠的という発生様式に深さ依存性が見られること^{7,8)}、などが挙げられる。また、他のスロー地震も合わせた解析より、④微動活動域では継続時間が数日程度の短期的 SSE が数ヶ月周期で繰り返し発生しているのに対し、豊後水道では半年～1年程度継続する長期的 SSE が約6年間隔で発生していること³⁾、⑤豊後水道の長期的 SSE に伴って深部近傍の各種スロー地震および浅部超低周波地震が同期して発生していること⁹⁾、などが明らかになってきた。

観測・データ解析より明らかになってきたスロー地震の特徴は、プレート境界のすべりの数値シミュレーションによって、再現が試みられてきた^{9,10)}。例えば四国地域について、実際のプレート形状とスロー地震の空間分布を考慮したモデルを設定することにより、上述②のセグメント構造や周期性が再現できている(第1図)。微動の発生様式の深さ依存性(③)については、微動発生域での摩擦力が深さによらず一定のモデルよりも、深さとともに摩擦力が低くなるモデルを設定した場合に、発生様式の変化をより良く再現できた(第2図)。また④の豊後水道長期的 SSE については、長期的 SSE 発生域に不安定すべりを起こしうる $(a-b) < 0$ の領域を仮定することによって、発生場所・間隔(数年間隔)を再現できている。

(木村 武志)

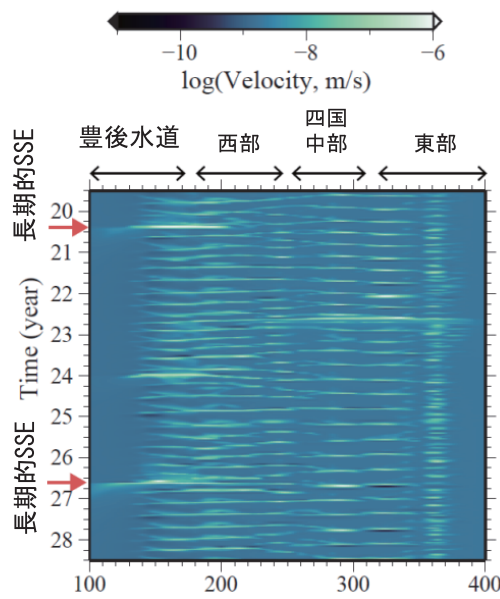
(Takeshi Kimura)

参 考 文 献

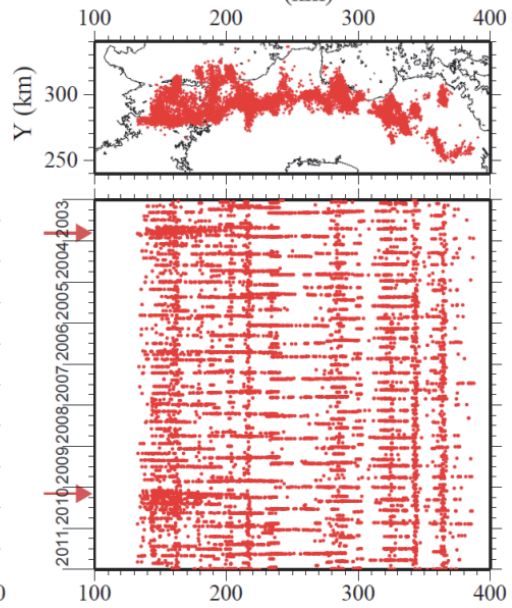
- 1) Obara, K., 2002, Non-volcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, *Science*, 296, 1679–1681.
- 2) Obara, K., H. Hirose, F. Yamamizu, and K. Kasahara, 2004, Episodic slow slip events accompanied by non-volcanic tremors in southwest Japan subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L23602, doi10.1029/2004GL020848.
- 3) Hirose, H., and 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) Ito, Y., K. Obara, K. Shiomi, S. Sekine, and 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, and S., Maeda, T., 2010, Slow earthquakes linked along dip in the Nankai Subduction Zone, *Science*, 330, 1502, doi:10.1126/science.1197102.
- 6) Obara, K., 2010, Phenomenology of deep slow earthquake family in southwest Japan: Spatiotemporal characteristics and segmentation, *J. Geophys. Res.*, 115, B00A25, doi:10.1029/2008JB006048.
- 7) Obara, K., S. Tanaka, T. Maeda, and T. Matsuzawa, 2010, Depth-dependent activity of non-volcanic tremor in southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2010GL043679.
- 8) Obara, K., T. Matsuzawa, S. Tanaka, T. Maeda, and T. Kimura (2011), Migration properties of non-volcanic tremor in Shikoku, southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L09311, doi:10.1029/2011GL047110.
- 9) Matsuzawa, T., H. Hirose, K. Obara, and B. Shibazaki, 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.
- 10) Matsuzawa, T., B. Shibazaki, K. Obara, and H. Hirose, 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.

(a) 数値シミュレーション
すべり速度の時空間分布 (短期的SSE)

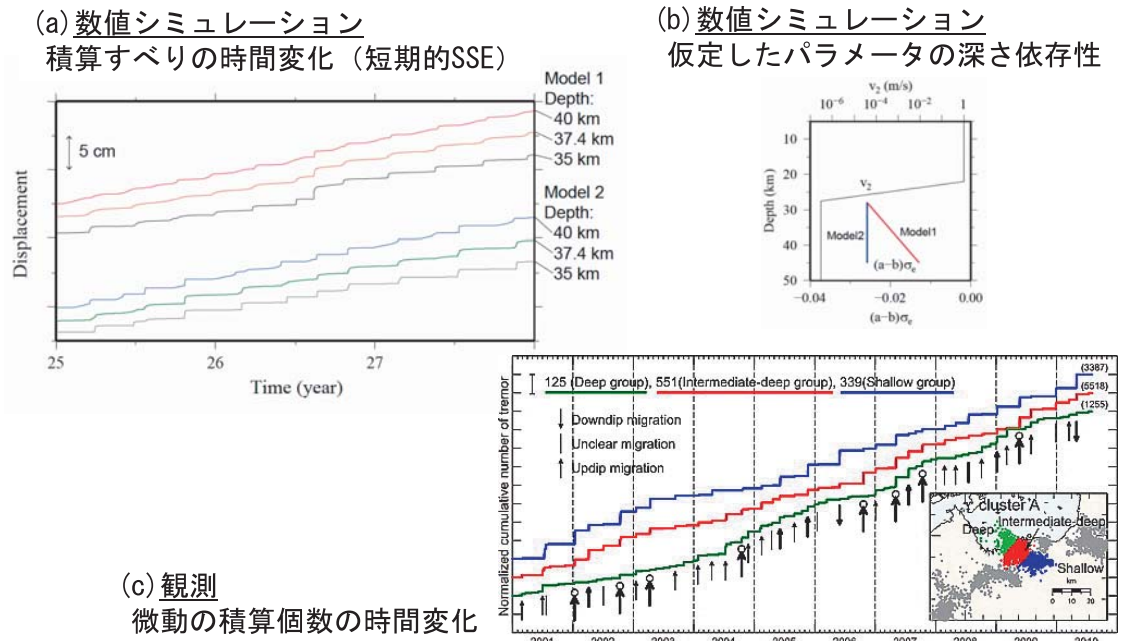


(b) 観測
微動の震央分布 (km)



第1図 (a) 数値シミュレーションによる四国周辺の短期的SSE発生域のすべり速度の時空間分布¹⁰⁾. 赤矢印は豊後水道域での長期的SSE発生時を示す. (b) 観測された四国域での微動の時空間分布⁷⁾.

Fig.1 (a) Spatial-temporal distribution of slip velocity at the short-term SSE depth in the numerical model¹⁰⁾. Red arrows are the occurrence of long-term SSEs in the Bungo Channel. (b) Spatial-temporal distribution of observed tremors in the Shikoku region⁷⁾.



第2図 (a) 数值シミュレーションによる短期的SSE発生域での各深さにおける積算すべり量の時間変化¹⁰⁾. 短期的SSE発生域で摩擦力が深さに依存する場合 (Model 1), 一定の場合 (Model 2) の結果を示す. (b) 数值シミュレーションで仮定したカットオフ速度 v_2 と短期的SSE発生域でのModel 1, 2における $(a-b)\sigma_c$ の深さ変化¹⁰⁾. (c) 四国中部域の各領域で観測された微動積算個数の時間変化⁸⁾.

Fig. 2 (a) Cumulative displacements at the depths of 35-40 km around the short-term SSE region in the numerical model¹⁰⁾. The three upper and three lower lines represent results of Models 1 and 2 in Figure 2b. (b) Cut-off velocity and $(a-b)\sigma_c$ in the short-term SSE region for Models 1 and 2 as a function of the depth¹⁰⁾. (c) Temporal changes in the cumulative number of observed tremors in the central Shikoku. Green, red, and blue lines represent cumulative numbers in deep, intermediate-deep, and shallow regions, respectively⁸⁾.