

5. まとめ

小原 一成 (東京大学地震研究所)

スロー地震が 2000 年前後に発見された直後の 10 年は主として陸域観測網によって、その次の 10 年は主として海域観測網によって新たな知見が得られてきた。特に、トラフ軸付近の浅部でも固着域より深部側と同様のスロー地震現象が発見されたことは、温度や圧力条件が大きく異なる環境でも同様の遷移的現象を引き起こすすべり・摩擦特性を提供し得ることを示すものであり、今後解明すべき大きな課題の一つである。

また、最近 10 年の成果として、スロー地震活動の系統性や多様性がそれぞれ明確になってきたことが挙げられよう。例えば、深部の長期的 SSE については当初、東海と豊後水道のみで検出されていたが、最近 10 年間でそれ以外の領域でも検出されるようになり、ETS と固着域のギャップを埋めるものとして認識されるようになってきた。つまり、少なくとも南海トラフではプレートの沈み込み方向に沿って、浅部スロー地震、固着域、長期的 SSE、深部 ETS と現象が系統的に棲み分ける描像が明確になった。さらに、長期的 SSE も複数のセグメントに分かれ、セグメント間での運動も明らかとなり、時空間的スケールは異なるものの ETS と同様の特徴を有することがわかってきた。長期的 SSE と ETS という時定数の異なる現象を分ける一つの要因としては、プレート境界におけるレオロジーの違いが挙げられる。つまり、ETS 域と固着域が摩擦的挙動を示すのに対して、長期的 SSE 域では粘性的性質が含まれると考えられ¹⁾、それぞれマントルウェッジと島弧下部地殻という上盤側の構造の違い²⁾が影響しているのかもしれない。

これまでの結果に基づくと、南海トラフ沈み込み帯では異なるタイプのスロー地震がプレート境界面の深さに応じて系統的に棲み分けており、同様の深さでは同一現象が複数のセグメントを形成するという不均質性を示すのに対して、最近日本海溝付近で発見された浅部スロー地震は同一の深さでプレート走向方向に固着域と棲み分けており、不均質の程度がさらに強くなっているように見える³⁾。これと同様の走向方向の不均質については、南海トラフの浅部スロー地震についても見られる⁴⁾。

また、スロー地震間の相互作用もより明確になってきた。特に興味深いのは、深部と浅部のスロー地震間にみられる相互作用である。2003 年と 2010 年に発生した豊後水道の長期的 SSE 活動期間中に深部側の微動が活発化したことはすでに述べたとおりだが、同時に足摺岬沖での浅部 VLF も活発化していた⁵⁾。このことは、長期的 SSE のすべり域が南海トラフ近傍の浅部 VLF 震源域まで延びていたとして解釈され、これらのプレート沈み

込み方向に並んだスロー地震が 1946 年の南海地震の破壊を遮ったものとも考えられる。さらに、小繰り返し地震によって明らかにされたプレート間準静的すべりとスロー地震活動の時空間変化から、南海トラフ全域における大規模な移動現象が明らかにされた⁶⁾。これらは、広範囲にわたる現象間相互作用とみなすことができ、スロー地震活動域に隣接する巨大地震震源域に対しても同様の影響を及ぼしていることは十分に考えられる⁷⁾。実際に、東北沖地震や 2014 年のチリ・イキケ地震の際にも巨大地震の発生に先立ってスロー地震の移動が検出されており^{8), 9)}、そのような観点でスロー地震を継続的にモニタリングすることは非常に重要であろう。

参考文献

- 1) Kano, M., A. Kato, & K. Obara, 2019. Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough, *Scientific Reports*, 9, 9270, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45781-0>.
- 2) Uchida, N., R. Takagi, Y. Asano, & K. Obara, 2019. Migration of shallow and deep slow earthquakes toward the locked segment of the Nankai megathrust, *Earth and Planetary Science Letters*, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.115986>.
- 3) Nishikawa, T., T. Matsuzawa, K. Ohta, N. Uchida, T. Nishimura, & S. Ide, 2019. The slow earthquake spectrum in the Japan Trench illuminated by the S-net seafloor observatories, *Science*, 365, 808-813.
- 4) Takemura, S., A. Noda, T. Kubota, Y. Asano, T. Matsuzawa, & K. Shiomi, 2019b. Migrations and Clusters of Shallow Very Low Frequency Earthquakes in the Regions Surrounding Shear Stress Accumulation Peaks Along the Nankai Trough, *Geophysical Research Letters*, 46, 21, 11830-11840, <https://doi.org/10.1029/2019GL084666>.
- 5) Hirose, H., Y. Asano, K. Obara, T. Kimura, T. Matsuzawa, S. Tanaka, & T. Maeda, 2010. Slow earthquakes linked along dip in the Nankai subduction zone, *Science*, 330, 1502.
- 6) Kato, A., T. Iidaka, R. Ikuta, Y. Yoshida, K. Katsumata, T. Iwasaki, S. Sakai, C. Thurber, N. Tsumura, K. Yamaoka, T. Watanabe, T. Kunitomo, F. Yamazaki, M. Okubo, S. Suzuki, & N. Hirata, 2010. Variations of fluid pressure within the subducting oceanic crust and slow earthquakes, *Geophysical*

- Research Letters*, 37, L14310,
<https://doi.org/10.1029/2010GL043723>.
- 7) Obara, K. & A. Kato, 2016. Connecting slow earthquakes to huge earthquakes, *Science* 353, 253–257.
- 8) Kato, A., K. Obara, T. Igarashi, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, & N. Hirata, 2012. Propagation of slow slip leading up to the 2011 Mw9.0 Tohoku-Oki earthquake, *Science*, 335 (6069), 705–708,
<https://doi.org/10.1126/science.1215141>.
- 9) Kato, A., & S. Nakagawa, 2014. Multiple slow-slip events during a foreshock sequence of the 2014 Iquique, Chile Mw 8.1 earthquake, *Geophysical Research Letters*, 41, 5420-5427,
<https://doi.org/10.1002/2014GL061138>.