

12-11 東北地方太平洋沖地震前後のスロー地震活動の変化

Activity of slow earthquakes before and after the 2011 Off-Tohoku earthquake

松澤 孝紀 (防災科学技術研究所)

Takanori Matsuzawa

(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)

日本付近ではプレートの沈み込み過程に伴う現象として、スロースリップイベント(以下, SSE), 超低周波地震, 低周波微動といった, スロー地震の発生が報告されている^{1,2,3,4)}. 以下では, 十勝沖から南西諸島にかけての各領域でのスロー地震の活動状況について, 防災科学技術研究所によるモニタリング結果に他機関の結果を併せ, 報告する.

十勝沖では超低周波地震の活動が 2003 年十勝沖地震の後に活発化していたが, 徐々に低調になってきている⁵⁾. この傾向は, 2011 年東北地方太平洋沖地震(以下, 東北沖地震)の後も継続しており, 東北沖地震に伴う顕著な変化はみられていない.

東北地方太平洋沖については, 近年, 超低周波地震の発生が, 東北沖地震の大すべり域付近および, 岩手沖や福島・茨城沖の領域で報告されている⁶⁾. 第 1 図に示すように, 岩手沖や福島・茨城沖の活動は, 東北沖地震後に活発化し, その後徐々に低調になりながらも活動が検出されている. 一方で, 大すべり域付近の活動は地震後には検出されておらず, 静穏化の可能性が示唆される. 加えて, 近年海底水圧計や海底地震計を用いた研究からは, 東北沖地震前に SSE や低周波微動が発生していたことも報告されている^{7,8)}.

房総半島沖では, SSE の繰り返し発生が報告されている. この SSE は地震活動を伴い, 1980 年代以降について活動状況が明らかにされている^{9,10)}(第 2 図). 加えて, 東北沖地震の直後には小規模な SSE が発生したことが, 相似地震の解析から指摘されている¹¹⁾. その後も, 2011 年 10~11 月および 2013 年 12 月~2014 年 1 月に, SSE の発生が報告されており, 後者は小規模なものであったことが地殻変動データの解析から推定されている^{12,13)}. これらの活動間隔は東北沖地震前に比べて短くなっている.

南海トラフにおいては, 深部低周波微動が繰り返し活発化し, それに伴う短期的 SSE や深部超低周波地震の発生が検出されているが¹⁴⁾, これらの活動について, 東北沖地震前後で顕著な変化はみられない. また, これらのスロー地震活動よりも沈み込むプレートの浅い側では長期的 SSE が発生しており^{15,16)}, 東北沖地震後は東海地方^{17,18)}, 紀伊水道付近¹⁴⁾, 豊後水道付近^{19,20)}でそれぞれ小規模なものが報告されている. 長期的 SSE の発生間隔は未だ明らかでないか長いものが多く, また, 3 地域のいずれも前回のイベントからある程度の時間が経過しているため, 現状として顕著な活動の変化としては確認できない. 海溝軸付近にみられる浅部超低周波地震の活動についても, 東北沖地震の前後で顕著な変化はみられていない^{5,21)}.

日向灘から南西諸島にかけての領域では, 超低周波地震および SSE の発生が報告されている^{22,23,24)}. これらの活動についても, 東北沖地震の前後で顕著な変化はみられていない.

以上のように, 日本周辺の沈み込み領域で発生するスロー地震に関し, 東北地方太平洋沖と房総沖に地域については東北沖地震前後で活動の変化がみられた一方, その他の地域では地震前後の顕著な変化はみられていない. ただし, とくに長期的 SSE や活動度の低い領域の浅部超低周波地震のように活動間隔が未だ明確でない, あるいは間隔が長くそのばらつきの大きい活動に関して, 微

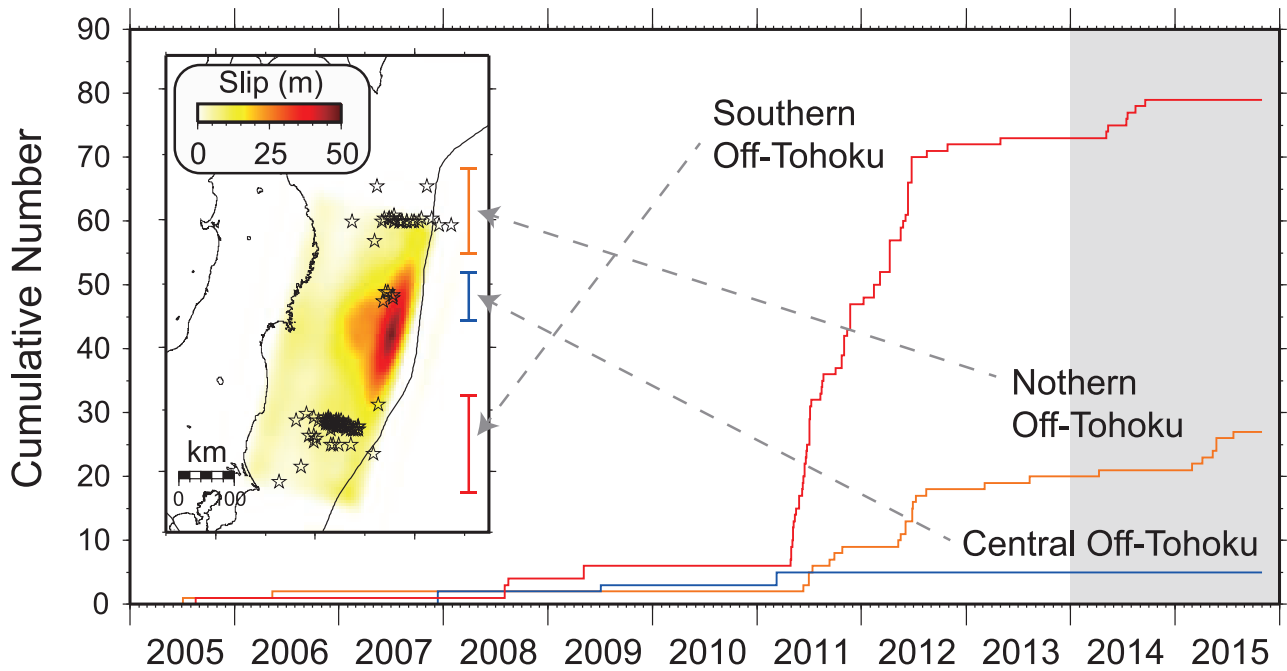
少な変化を評価するためには、より長期間の観測データを用いて解析し、検討していく必要がある。

参考文献

- 1) Obara, K., 2002, Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, *Science*, 296, 1679-1681.
- 2) Obara, K., Hirose, H., 2006, Non-volcanic deep low-frequency tremors accompanying slow slips in the southwest Japan subduction zone, *Tectonophysics*, 417, 33-51.
- 3) Obara, K., Hirose, H., Yamamizu, F., Kasahara, K., 2004, Episodic slow slip events accompanied with non-volcanic tremors in southwest Japan subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L23602, doi:10.1029/2004GL020848.
- 4) Ito, Y., Obara, K., Shiomi, K., Sekine, S., Hirose, H., 2007, Slow earthquakes coincident with episodic tremors and slow slip events, *Science*, 315, 503-506.
- 5) 防災科学技術研究所, 2015, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2014年11月~2015年5月), 予知連会報, 94, 5-7.
- 6) Matsuzawa, T., Asano, Y., Obara, K., 2015, Very low frequency earthquakes off the Pacific coast of Tohoku, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 4318-4325, doi:10.1002/2015GL063959.
- 7) Ito, Y., et al., 2013, Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Tectonophysics*, 600, 14-26, doi:10.1016/j.tecto.2012.08.022.
- 8) Ito, Y., Hino, R., Suzuki, S., Kaneda, Y., 2015, Episodic tremor and slip near the Japan Trench prior to the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 1725-1731, doi:10.1002/2014GL062986.
- 9) Hirose, H., Kimura, H., Enescu, B., Aoi, S., 2012, Recurrent slow slip event likely hastened by the 2011 Tohoku earthquake, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 109(38), 15157-15161.
- 10) Hirose, H., Matsuzawa, T., Kimura, T., Kimura, H., 2014, The Boso slow slip events in 2007 and 2011 as a driving process for the accompanying earthquake swarm, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 2778-2785, doi:10.1002/2014GL059791.
- 11) Kato, A., Igarashi, T., Obara, K., 2014, Detection of a hidden Boso slow slip event immediately after the 2011 M_w 9.0 Tohoku-Oki earthquake, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5868-5874, doi:10.1002/2014GL061053.
- 12) Ozawa, S., 2014, Shortening of recurrence interval of Boso slow slip events in Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 2762-2768, doi:10.1002/2014GL060072.
- 13) Hirose, H., Matsuzawa, T., Kimura, T., Kimura, H., 2014, 2014 Boso slow slip events: the source slip process based on tilt and GNSS measurements, AGU fall meeting.
- 14) 防災科学技術研究所, 西南日本における深部低周波微動活動(2015年5月~2015年10月), 予知連会報, 本号.
- 15) 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.
- 16) Kobayashi, A., 2014, A long-term slow slip event from 1996 to 1997 in the Kii Channel, Japan, *Earth, Planets and Space*, 66:9, doi:10.1186/1880-5981-66-9.
- 17) 気象庁, 2015, 東海・南関東地域におけるひずみ観測結果(2014年5月~10月), 予知連会報,

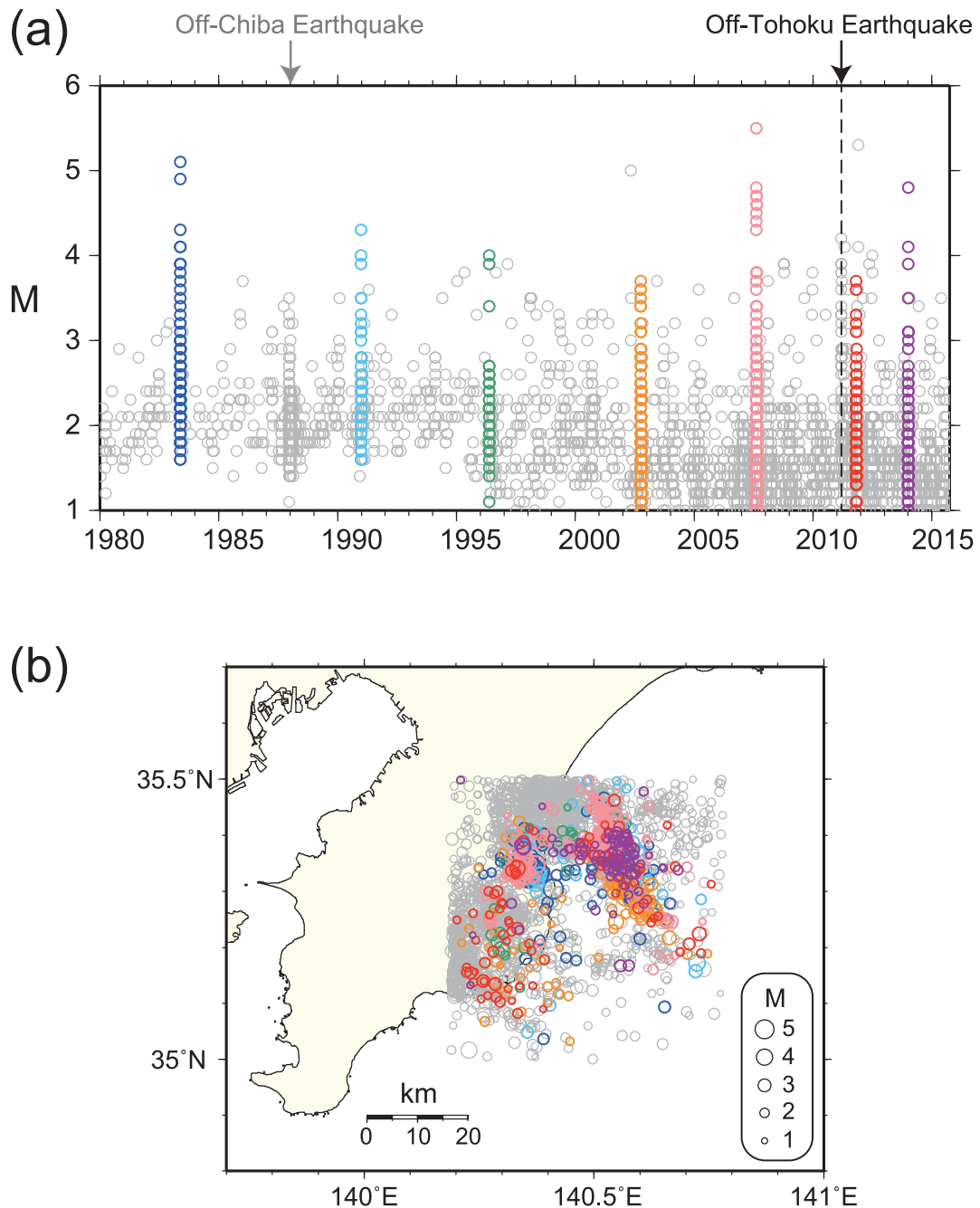
93, 227-244.

- 18) 国土地理院, 2015, 東海地方の地殻変動, 予知連会報, 94, 190-230.
- 19) 国土地理院, 2015, 中国・四国地方の地殻変動, 予知連会報, 93, 336-343.
- 20) 東京大学地震研究所, 2015, 2014年豊後水道長期的スロースリップイベントの発生と今後, 予知連会報, 93, 344-348.
- 21) 防災科学技術研究所, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2015年5月~10月), 予知連会報, 本号.
- 22) Nakamura, M., Sunagawa, N., 2015, Activation of very low frequency earthquakes by slow slip events in the Ryukyu Trench, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 1076-1082, doi:10.1002/2014GL062929.
- 23) 浅野陽一, 松澤孝紀, 後藤和彦, 八木原寛, 平野舟一郎, 針生義勝, 小原一成, 2015, 南西諸島北部~日向灘における浅部超低周波地震活動の特徴, 日本地震学会秋季大会.
- 24) Nishimura, T., 2014, Short-term slow slip events along the Ryukyu Trench, southwestern Japan, observed by continuous GNSS, *Progress in Earth and Planetary Science*, 1:22, doi:10.1186/s40645-014-0022-5.
- 25) Suzuki, W., Aoi, S., Sekiguchi, H., Kunugi, T., 2011, Rupture process of the 2011 Tohoku-Oki mega-thrust earthquake (M9.0) inverted from strong-motion data, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L00G16, doi:10.1029/2011GL049136.



第1図 東北地方太平洋沖で発生した超低周波地震の、クラスター毎の積算個数変化. Matsuzawa et al. (2015)⁶⁾の結果に、2014年～2015年10月の暫定解析結果を加えたものを示す. 橙線, 青線, 赤線はそれぞれ岩手沖, 大すべり域付近, 福島・茨城沖のクラスターでの活動に対応する. 図内の地図には、超低周波地震の震央を星印で示し、Suzuki et al. (2011)²⁵⁾による2011年東北地方太平洋沖地震のすべり量分布を色で示した.

Fig. 1 Cumulative number of very low frequency earthquakes in each off-Tohoku cluster. Orange, blue and red lines show the numbers in the northern, central, and southern off-Tohoku clusters, respectively. Our preliminary result from 2014 to October 2015 is added to the result of Matsuzawa et al. (2015)⁶⁾. The inset figure shows the epicenters of the very low frequency earthquakes and seismic slip of the 2011 Tohoku earthquake²⁵⁾.
The central off-Tohoku cluster is located around the large slip area of the 2011 Tohoku earthquake



第2図 (a) 1980年～2015年9月までの房総沖の地震活動のMT図。SSEの発生が推定される期間(2011年3月のSSEを除く)に発生した房総沖の地震分布を、SSE毎に色付きの丸印で示した。また、灰丸はその他の期間の地震を示す。(b) (a)に示した地震の震央分布。色は(a)で示したSSEにそれぞれ対応する。(a)、(b)ともに、2001年までは関東・東海地震観測網による震源、2002年以降は防災科研Hi-netによる震源データを用い、深さ28km以浅のM1以上のイベントを表示した。震源情報の推定には、防災科研に加え、気象庁および東京大学のデータを利用した。

Fig. 2 (a) MT diagram of seismicity in the region of off Boso from 1980 to September 2015. Seismicity during slow slip events, except for the event just after the 2011 Tohoku earthquake, is indicated by colored circles. Gray circles show the seismicity in the other period. (b) Epicenters of the seismicity shown in (a). Each color corresponds to the slow slip events shown in (a). In (a) and (b), we selected earthquakes which are larger than M1 and shallower than 28 km. We used an earthquake catalog of the Kanto-Tokai observation network for crustal observation before 2002, and a Hi-net, NIED catalog is used after 2002. Hypocenter information is estimated using the data of NIED, JMA, and the University of Tokyo.