

(2) 気象庁・気象研究所による観測

1. はじめに

気象庁および気象研究所では、東海地域を含む南海トラフ領域の周辺に設置されているひずみ計および GEONET の GNSS のデータを用い、東海地震、南海トラフ地震の監視を行うと共に、この地域のプレート境界深部に発生する短期的ゆっくりすべり（以下、SSE）、長期的 SSE の観測、解析を行ってきている。本稿ではこれらの解析結果を紹介する。

2. ひずみ計による短期的 SSE 解析

気象庁では静岡県、愛知県および長野県に、体積ひずみ計 16 地点、多成分ひずみ計 9 地点を設置している。加えて、静岡県および産業技術総合研究所（以下、産総研）設置のひずみ計データの提供を受けており、これらを用い、主に東海地域に沈み込むフィリピン海プレート境界深部で発生している短期的 SSE を捉え、規模や断層モデル推定などの解析を行っている。

多くの場合、短期的 SSE には低周波地震（微動）を伴うので、低周波地震（微動）の発生によって短期的 SSE の発生を検知し、解析を開始する。図 1 には、例として板場ほか（2012）¹⁾ の手法を用いて求めた 2019 年 2 月の短期的 SSE の断層モデル（赤い矩形）および低周

波地震（微動）の震央（青い丸印）を示す。この例では愛知県の低周波地震（微動）の発生場所付近に Mw5.9 相当のすべりが解析された。なお、一連の活動期間中にひずみの変化速度や極性などに変化が認められた場合には、活動期間を分けて期間毎の変化量に基づいた複数の断層モデルを求め、すべりの拡大や移動を監視している。

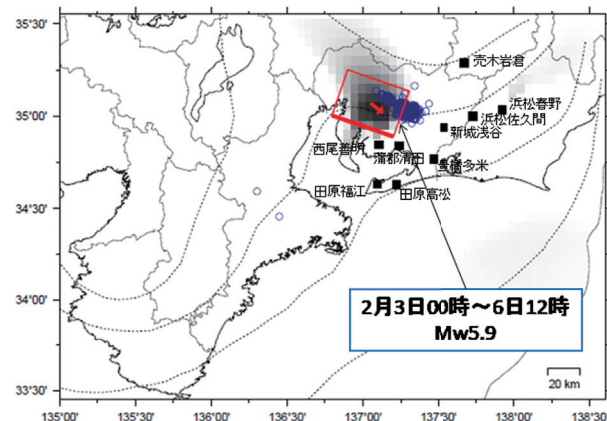


図 1 東海地域で観測された短期的 SSE の断層モデル（2019 年 2 月 3 日～2 月 6 日、Mw5.9 相当）

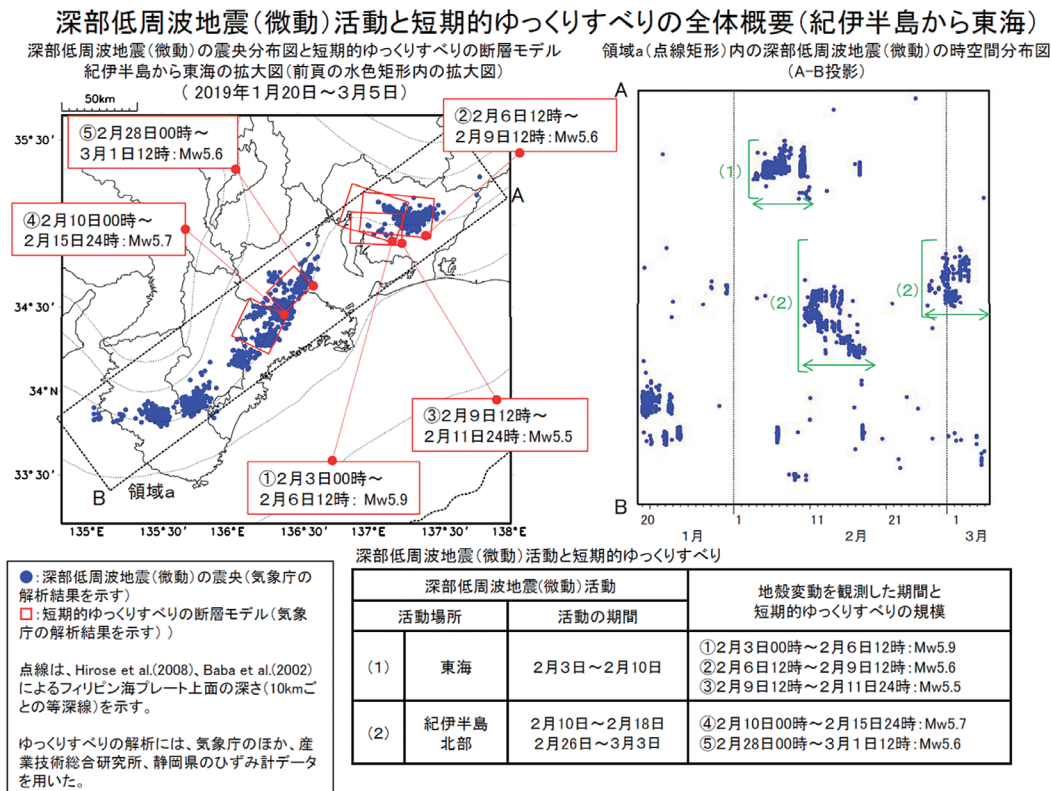


図 2 深部低周波地震（微動）活動と短期的 SSE の概要図（評価検討会資料²⁾に加筆・修正）

現在、気象庁で毎月開催している南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会（以下、評価検討会）においては、プレート境界の固着状況の変化を捉えることを目的に、短期的 SSE および低周波地震（微動）活動の詳細な資料を提出している。図 2 にその一例を示す²⁾。

過去に発生した個々の短期的 SSE 解析結果から、この地域におけるプレート境界のすべりモーメント解放量の時間変化を把握することができる。図 3 には東海地域（愛知県中部～東部）の短期的 SSE のモーメント積算図を示した。南海トラフにおいて、長期的 SSE の発生がその深部側の低周波微動活動や短期的 SSE に影響を与えることが報告されている³⁾など、東海地域においては、2000～2005 年と 2013～2016 年に長期的 SSE が発生しており（図 5 参照）、その時期に短期的 SSE によるモーメント解放レートが上がっていることが見て取れる。

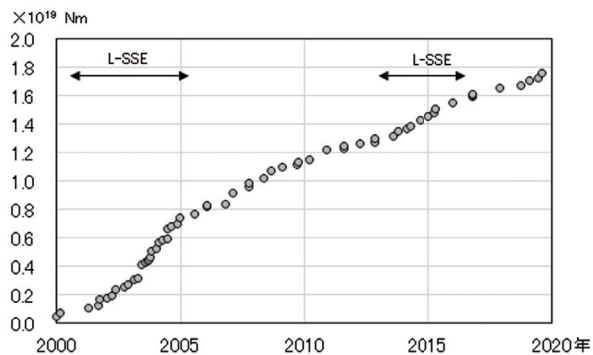


図 3 東海地域（愛知県中部～東部）の短期的 SSE のモーメント積算図。図中の「L-SSE」は長期的 SSE の発生時期を示す。

3. ひずみ計による長期的 SSE 解析

ボアホール型ひずみ計は感度や時間分解能が高く、短期的 SSE の検出に有効な一方で、長期的な安定性に劣り、GNSS で捉えられるような長期的 SSE の検出は困難であるとの報告がある⁴⁾。しかし、観測点数の増加や近年の観測機器の検出精度、安定性の向上、各種補正、解析手法の進展により、継続時間が数ヶ月から数年に及ぶ長期的 SSE の解析が可能となってきている。

そのような中、東海地域の 2013 年から 2016 年の長期的 SSE がひずみ計で捉えられ、そのモーメント解放量の時間変化をモニターすることができた⁵⁾。概ね、活動が収まった 2016 年末までのすべりは Mw6.8 相当で、国土地理院の GNSS データによる解析結果⁶⁾と調和的であった（図 4）。

この他、産総研が四国に設置しているひずみ計で 2018 年秋頃からの豊後水道の長期的 SSE が捉えられている⁷⁾。

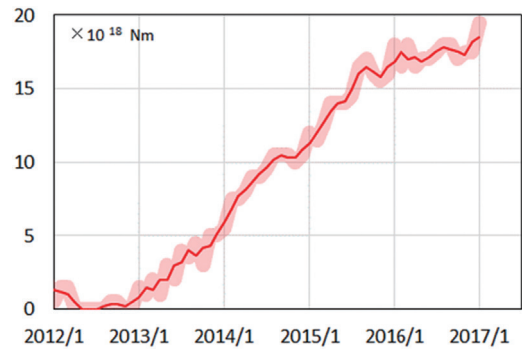


図 4 ひずみ計を用いた解析による東海長期的 SSE のモーメント解放量の時間変化

4. GNSS による長期的 SSE 解析

Kobayashi (2017)⁸⁾は、GNSS 座標値データを用い南海トラフ沿いの長期的 SSE を客観的に検出した。気象研究所では、この手法による図の更新版を定期的に評価検討会や地震予知連絡会に報告⁹⁾などしている（図 5）。同手法により、既に報告されていた以外に、2000～2002 年（K2）、2014～2016 年（K3）の紀伊水道付近、2017～2018 年（SH）志摩半島付近¹⁰⁾の長期的 SSE（図 6）が新たに検出された。

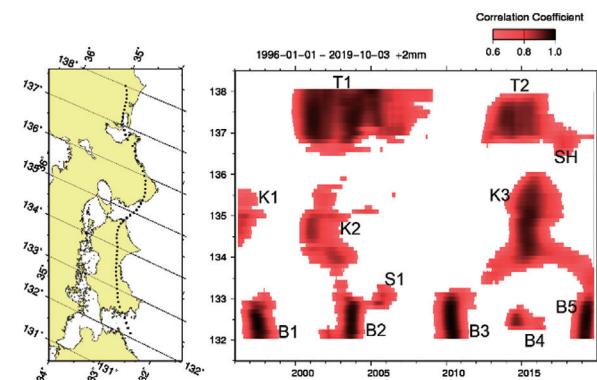


図 5 南海トラフ沿い長期的 SSE 客観検知図（1996 年から 2019 年 9 月）。相関係数が大きいほど SSE の可能性が高い。

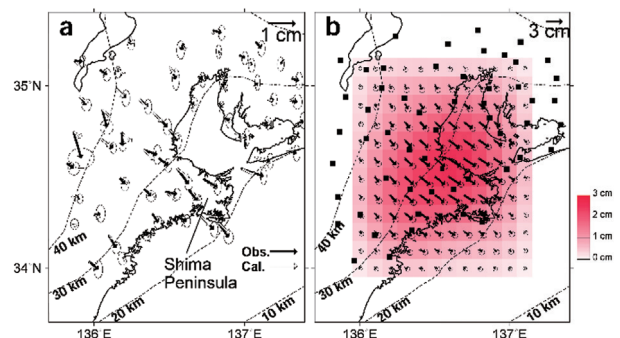


図 6 志摩半島付近の非定常変位 (a) と推定されたすべり分布 (b)（2017 年 4 月から 2018 年 10 月）。

このほか、GNSS 観測が始まる前の期間について、水準測量と潮位データを用いて上下変位が解析され、1977-1980 年頃に高知市付近¹¹⁾、1980 年頃から豊後水道付近¹²⁾でくり返し長期的 SSE が発生していたことが明らかになった。

(宮岡 一樹・小林 昭夫)

謝辞

本稿および引用した各資料等では、静岡県および産総研のひずみ計データおよび国土地理院による GEONET の GNSS データを使用させていただいた。

参考文献

- 1) 板場智史, 松本則夫, 北川有一, 小泉尚嗣, 松澤孝紀, 2012. 歪・傾斜・地下水統合解析による短期的スロースリップイベントのモニタリング, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会.
- 2) 気象庁, 2019, 深部低周波地震活動と短期的 SSE の概要図, 南海トラフ地震評価検討会 (2019 年 3 月) 資料.
- 3) Hirose, H., Y. Asano, K. Obara, T. Kimura, T. Matsuzawa, S. Tanaka, and T. Maeda, 2010. Slow earthquakes linked along dip in the Nankai Subduction Zone, *Science*, 330, 1502, doi:10.1126/science.1197102.
- 4) Yamamoto, T., A. Kobayashi, A. Katsumata, and S. Mori, 2008. Evaluation of detection level of crustal deformation observation in the time domain through power spectrum analysis, *J. Geod. Soc. Japan*, 54, 81-91.
- 5) 宮岡一樹, 木村久夫, 2016. ひずみ計によるスタッキング法を用いた長期的ゆっくりすべりの検出. 験震時報, 79, 15-23.
- 6) 国土地理院, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会報, 99, 216-225.
- 7) 気象庁, 2018, 南海トラフ周辺の地殻活動 (2018 年 11 月～2019 年 4 月), 地震予知連絡会報, 100, 259.
- 8) Kobayashi, A., 2017. Objective detection of long-term slow slip events along the Nankai Trough using GNSS data (1996-2016). *Earth, Planets and Space*, 69, 171, doi:10.1186/s40623-017-0755-7.
- 9) 気象研究所, 2018, 南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知, 地震予知連絡会報, 100, 280-283.
- 10) Kobayashi, A. and T. Tsuyuki, 2019. Long-term slow slip event detected beneath the Shima Peninsula, central Japan, from GNSS data. *Earth, Planets and Space*, 71, 60, doi:10.1186/s40623-019-1037-3.
- 11) 小林昭夫, 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 2, 64, 63-73.
- 12) Kobayashi, A. and T. Yamamoto, 2011. Repetitive long-term slow slip events beneath the Bungo Channel, southwestern Japan, identified from leveling and sea level data from 1979 to 2008, *J. Geophys. Res.*, 116, B04406, doi:10.1029/2010JB007822.