9-3 西南日本における短期的スロースリップイベント (2011 年 6 月~ 2011 年 10 月) Short-term slow slip events with non-volcanic tremor in southwest Japan (June-October, 2011)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2011 年 6 月から 10 月にかけて西南日本の深部低周波微動¹⁾ に同期して発生した短期的スロース リップイベント^{2,3)} (SSE) について報告する. 第 1 図に今回報告する SSE をまとめた. これまで のイベントの履歴については,連絡会報¹⁾を参照されたい.

(1) 2011 年 6 月 紀伊半島北部

6月28日から29日にかけて,三重県中部の観測点において,深部低周波微動と同期したSSE による傾斜変化がとらえられた(第2図). この2日間の傾斜変化ベクトル,そのデータから推定 されたSSEの矩形断層モデル,およびそのモデルから計算される傾斜変化ベクトルを第3図に示 した. このSSEは志摩半島北西部を中心とする領域に推定され,同期間に発生した微動および超 低周波地震⁵⁾ (VLFE)の震央位置とよく一致する. 2010年11月にほぼ同じ領域で Mw 5.8の短期 的 SSE が発生しており⁶⁾,その再来と考えられる.

(2) 2011 年 7 月 四国西部

7月2日から3日にかけて、四国西部の観測点で、微動と同期した短期的 SSE による傾斜変化 がとらえられた(第4図).傾斜変化量は最大でも 0.05 μ rad に満たず、この領域の SSE としては 小さく、継続時間も短い. この2日間の傾斜変化ベクトル、そのデータから推定された SSE の矩 形断層モデル、およびそのモデルから計算される傾斜変化ベクトルを第5図に示した. SSE のす べり域は愛媛県の豊後水道北部に面する海岸線付近を中心とする領域に推定され、同期間に発生し た微動および VLFE の震央分布ともよく一致している. 推定された規模は Mw 5.6 となり、この領 域の短期的 SSE としては最も小さいクラスのものである. この SSE のすべり域は 2011 年 5 月の SSE (Mw 5.9)の西隣に位置する⁶⁾.

(3) 2011 年 7 月 愛知県東部

7月28日から8月1日にかけて、愛知県東部の観測点で、微動と同期した短期的SSEによる 傾斜変化がとらえられた(第6図). この5日間の傾斜変化ベクトル、そのデータから推定された SSEの矩形断層モデル、およびそのモデルから計算される傾斜変化ベクトルを第7図に示した. SSEのすべり域は愛知県東部に推定され、同期間に発生した微動およびVLFEの震央分布と概ね一 致する. Mwは5.7. 今回のSSEは2010年11月のSSE(Mw 5.9)以来、約9か月ぶりの断層モデ ルが推定されたイベントとなる⁶⁰. ただし7月中旬から下旬にかけて通過した台風6号の影響が 記録に現れており、モデルの推定にも悪影響を与えている可能性がある. (4)2011年8月四国中・西部

8月上旬から中旬にかけて,四国中部から西部にかけての広い領域で,微動を伴う傾斜変化が観 測された(第8図). 微動活動は8月6日頃から西条付近で始まり,徐々に活動範囲を拡大しなが ら西へ移動していった1).最終的には(2)で記載した7月の活動領域に隣接する領域まで達した. このような微動活動に対応し,傾斜記録にも場所による時間的な変化がとらえられている.そこで, 第8図に示すように(1),(2)の2つの期間に分けて断層モデルを推定した. 第9図にその結果を 示す. 期間(1)では観測点 SJOH から TBEH 付近にかけての領域に,期間(2)では KWBH 付近 から UWAH にかけての領域に,それぞれすべり領域が推定された.すなわち上述の微動と同様に, SSE のすべりも四国中部から西部にかけて伝播した. これらは 2011 年 5 月に四国西部で発生した SSE (Mw 5.9)の領域⁶⁾をほぼ全域にわたり含み,さらに東側の領域までが一度に活動したものと 見られる. SSE の規模は期間(1),(2)の通算で Mw 6.1 となった.

なお,8月5,6日に四国中部の山間部で40mm/dayを超える降雨があった.上述の7月の台風と 合わせ,特にこのSSEの初期の段階の記録に影響しており,ここではそれを避けるため,期間(1) の開始を8月10日に設定した.また,期間(1)の断層モデルは,断層の南側を制約するために 利用できる観測点がないため,微動の配列(沈み込むフィリピン海プレートの走向)に直交する方 向の位置精度は良くない.

(5) 2011 年 9 月 紀伊半島北·中部

9月12日から16日にかけて、三重県および奈良県の観測点で、微動活動と同期したゆっくりと した傾斜変化がとらえられた(第10図). この5日間の傾斜変化ベクトル、そのデータから推定 された SSE の矩形断層モデル、およびそのモデルから計算される傾斜変化ベクトルを第11図に示 した. SSE のすべり域は紀伊半島北部から中部にかけての領域に推定され、同期間に発生した微 動の震央分布ともほぼ一致する. Mw は 6.0. 今回の活動場所は(1)で記載した SSE の南隣に位 置する. 過去には 2010 年 9 月にほぼ同位置で SSE (Mw 5.8) が検出されている⁷⁾.

なお9月上旬の記録に台風12号通過の影響が見られる.

謝辞

気象庁のホームページで公開されている気象台等の気象観測データを使用させていただきました.記して感謝いたします.

(廣瀬仁・木村尚紀) Hitoshi Hirose and Hisanori Kimura

参考文献

- 1)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(2011年6月~2011年10月), 連絡会報,87,425-429.
- 2) Obara, K., H. Hirose, F. Yamamizu, and K. Kasahara, Episodic slow slip events accompanied by non-volcanic tremors in southwest Japan subduction zone, Geophys. Res. Lett., 31 (23), doi:10.1029/2004GL020848, 2004.
- 3) Hirose, H. and K. Obara, Repeating short- and long-term slow slip events with deep tremor activity around the Bungo channel region, southwest Japan, Earth Planets Space, 57 (10) , 961-972, 2005.
- 4) Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe, M. Ishiguro, A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, Geophys. J. Int., 104, 507-516, 1991.
- 5) Ito, Y., K. Obara, K. Shiomi, S. Sekine, and H. Hirose, Slow Earthquakes Coincident with Episodic Tremors and Slow Slip Events, Science, 315, 503-506, 2007.
- 6)防災科学技術研究所,西南日本における短期的スロースリップイベント(2010年11月~2011 年5月),連絡会報,86,474-479,2011.
- 7)防災科学技術研究所,西南日本における短期的スロースリップイベント(2010年5月~2010年 10月),連絡会報,85,313-317,2011.



第1図 2011 年 6 月~2011 年 10 月の期間に検知された短期的 SSE (ピンク矩形). 同期間に発生した深部低周波微動 (赤点)及び VLFE の震央 (青 菱形)を重ねて表示した.





- 第2図 2011 年 6 月 23 日から7 月 3 日までの傾斜時系列. 観測点位置は第 3 図に示した.記録は上方向への変化が北・東下がりの傾斜変動を表す. 気圧応答・潮汐成分を BAYTAP-G4) により除去し, 直線トレンドを補正した後の記録を示した.点線で示した期間の傾斜変化量を SSE によ るものと仮定した.同地域での微動活動度・津での気圧変化および雨量をあわせて表示した.
- Fig. 2 Time series of tiltmeter records, daily tremor counts, atmospheric pressure change and daily precipitation in the northern Kii peninsula from June 23 to July 23, 2011. 'N' and 'E' that follow a four-character station code denote the northward and eastward ground down tilt components, respectively. The tilt changes for the time window indicated by broken lines are assumed to be caused by an SSE. The atmospheric pressure and precipitation were observed at the JMA Tsu meteorological observatory. The displayed tilt records are detided and their atmospheric pressure responses are corrected with BAYTAP-G.





- 第3図 2011年6月紀伊半島北部 SSE の断層モデル.6月28日から29日の期間に観測された傾斜変化ベクトル(青矢印)・このデータから推定された SSE の断層モデル(赤矩形・矢印)・モデルから計算される傾斜変化ベクトル(白抜き矢印)を示す.同じ期間の微動の震央を橙円で,また VLFE の 震央を星印で示した.
- Fig. 3 Observed tilt change vectors for two days from June 28, 2011 (blue arrows), the estimated fault slip (red arrow) and rectangular fault location and geometry (pink rectangle) based on the tilt change vectors, and the calculated tilt changes due to the fault model (open arrows) for the June 2011 SSE in the northern Kii peninsula. Orange circles and stars show epicenters of the tremor activity and VLFEs occurred in this time period, respectively.
- 第4図 2011 年 6 月 22 日から7月4日までの傾斜時系列.図の見方は第2図と同様.観測点位置は 第5図に示した.四国西部における微動活動度・宇和島での気圧変化および雨量をあわせて 表示した.
- Fig. 4 Same as Fig. 2 but for the records observed around western Shikoku from June 22 to July 4, 2011. The atmospheric pressure and the precipitation were observed at the JMA Uwajima meteorological observatory. The station locations and the tilt changes during the time window indicated by broken lines are shown in Fig. 5.





- 第5図 2011年7月四国西部 SSE の断層モデル.図の見方は第3図と同じ.7月2日から2日の期間の傾 斜変化に基づくモデルを示す.
- Fig. 5 Same as Fig. 3 but for the July 2011 short-term SSE in western Shikoku.

第6図 2011 年 7 月 15 日から 8 月 7 日までの傾斜時系列.図の見方は第 2 図と同様.観測点位置は 第 7 図に示した.愛知県付近における微動活動度・名古屋での気圧変化および雨量をあわせ て表示した.

Fig. 6 Same as Fig. 2 but for the records observed around the eastern Aichi area from July 15 to August 7, 2011. The atmospheric pressure and precipitation were observed at the JMA Nagoya meteorological observatory.





- 第7図 2011年7月の愛知県東部 SSE の断層モデル.図の見方は第3図と同じ.7月28日から8月1日の 期間の傾斜変化に基づくモデルを示す.
- Fig. 7 Same as Fig. 3 but for the July 2011 SSE around the eastern Aichi area.

- 第8図 2011 年 7 月 25 日から 8 月 31 日までの傾斜時系列.図の見方は第 2 図と同様. 観測点位置は 第 9 図に示した.四国中部・西部における微動活動度・松山での気圧変化および雨量をあわ せて表示した.
- Fig. 8 Same as Fig. 2 but for the records observed around the central and western Shikoku from July 25 to August 31, 2011. The atmospheric pressure and precipitation were observed at the JMA Matsuyama meteorological observatory.





- 第9図 2011 年 8 月の四国中・西部 SSE の断層モデル.図の見方は第 3 図と同じ.期間 (1):8月10日から 15日,期間 (2):8月16日から18日のそれぞれの期間の傾斜変化に基づくモデルを示す.
- Fig. 9 Same as Fig. 3 but for the August 2011 SSE around the central and western Shikoku.

- 第10図 2011年9月1日から9月18日までの傾斜時系列.図の見方は第2図と同様.観測点位置 は第11図に示した.紀伊半島における微動活動度・津での気圧変化および雨量をあわせて 表示した.
- Fig. 10 Same as Fig. 2 but for the records observed around the Kii peninsula from September 1 to 18, 2011. The atmospheric pressure and precipitation were observed at the JMA Tsu meteorological observatory.



第11図 2011年9月の紀伊半島北・中部 SSE の断層モデル.図の見方は第3図と同じ.9月12日から 16日の期間の傾斜変化に基づくモデルを示す.

Fig. 11 Same as Fig. 3 but for the September 2011 SSE around the northern and central Kii peninsula.