

6-3 長期的ゆっくり滑りと静岡県中西部地殻内地震活動

Long-term Slow Slip Events and Seismic Activity in the crust of central and western part of the Shizuoka Prefecture of Tokai region, Japan

気象庁気象研究所

気象庁

Meteorological Research Institute, JMA

Japan Meteorological Agency

浜名湖周辺の長期的ゆっくり滑りが前回（2001年～2005年）事象の休止後、2013年頃から再び発生し2016年頃まで継続した^{1),2)}。このLSSE発生域直上の静岡県中西部周辺地殻内（地殻内）の微小地震活動がLSSEの発生・休止に対応して増減する傾向があることが近年知られている³⁾。つまり地殻内地震活動に関しては2001年頃のLSSE発生後に静穏化、2006年頃のLSSE休止後に活発化、2013年頃のLSSE発生後に再び静穏化したというものである。このような挙動が繰り返されるとすれば、2016年頃のLSSE休止に伴う地殻内地震活動の活発化が予想される。しかし現時点（2018年5月）においてその活発化は確認されていない⁴⁾。LSSEと東海地域のプレート境界固着域周辺の地震活動との関連については松村⁵⁾ などにより多くの調査が行われている。このためLSSE発生・休止に対応する地殻内の地震活動の静穏化・活発化の実態を固着域との関連に重点をおいて調査を行った。

eMAP⁶⁾の方法によりLSSEと地殻内地震活動の出現確率の時空間分布を解析した結果、次のような期間毎の特徴が明らかになった（第1図～第3図）。

(a)2001～2005年のLSSE発生期間、北東—南西方向に3本の帯状の活発化域が確認され、それらは南東側へ傾斜する傾向を示した。

(b)2006～2012年のLSSE休止期間、上述の活発化域の拡大が認められた。2009年8月に駿河湾でM6.5の地震が発生したため、余震域とその周辺では地震活動とLSSEとの関連が見えにくくなった。

(c)2013～2015年のLSSE発生期間、前回(a)のLSSEと概ね同形状の活発化域の分布を示した。

(d)2016年以降のLSSE休止期間、地殻内で一部領域（E領域）における活発化が確認され、同時に領域の南東隣接部に静穏化域が現れていることが分かった。

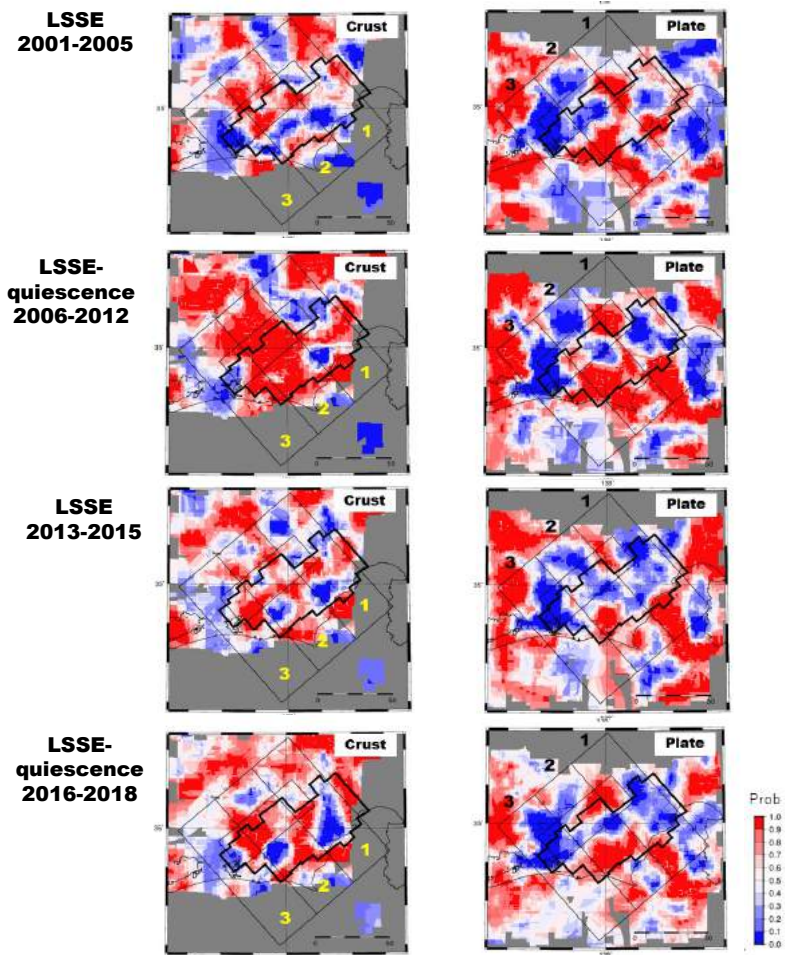
以上の各期間についてのプレート内地震活動の一部領域では地殻内に比べて変化が明瞭ではないが概ね同様の傾向を示した。地域内の広域とE領域における地震回数とLSSEとの対応を調べた結果を第4図に示す。LSSE発生期間には地震活動が低調であるが休止期間に活発化する傾向が認められ、E領域で2017年半ば以降の増加が確認された。従って2018年において地殻内広域において明瞭な地震活動の増加が確認されないのは、地震活動に地域的不均一性があり活発化の範囲が一部領域（E領域）とその周辺に留まっていることとその南東隣接部に静穏化が生じたことが原因と見られる。

地殻内のb値にはLSSE発生時に高くLSSE休止時に低下する傾向が見られたことはLSSE休止時の応力の高まりを反映したと考えられる⁶⁾。国土地理院GNSSデータから算出された東海地域の収縮ベクトルの空間分布をLSSE発生・休止期間毎に比較すると、2回のLSSE発生時とも浜名湖周辺では収縮ベクトルが小さく明確な方向が定まらないのに対し、LSSE休止時には概ね北西—南東方向の収縮ベクトルが確認される（第5図）。これはLSSE休止時の北西—南東方向圧縮応力が大きい

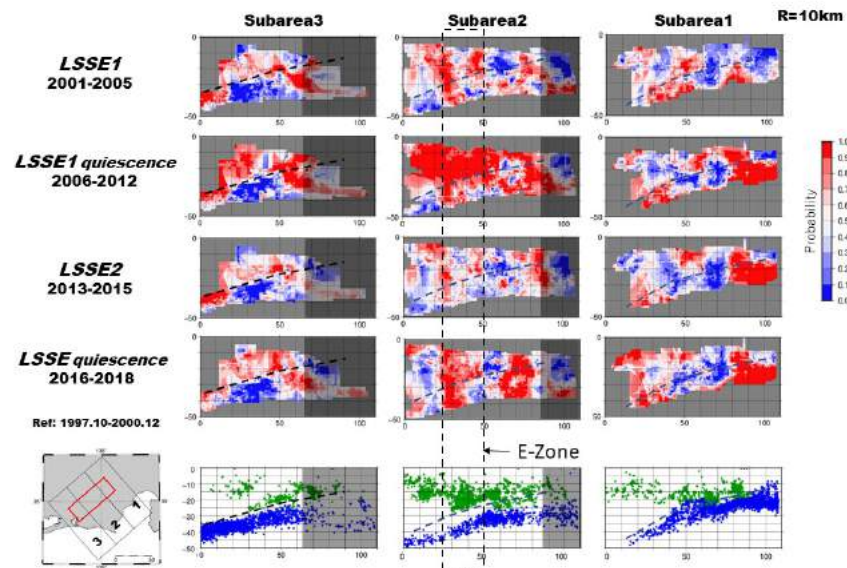
期間に地殻内地震活動の活発化に起きている事を示し、フィリピン海プレート沈み込みによってもたらされる定常的な広域応力場への回復を反映している可能性を示す。

参考文献

- 1) Ozawa, S., M. Tobita, and H. Yarai, 2016, A possible restart of an interplate slow slip adjacent to the Tokai seismic gap in Japan, *Earth, Planets and Space* **68**:54.
- 2) 国土地理院, 2017, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 第 98 巻, 197-241.
- 3) 気象庁, 2008, 東海地域とその周辺地域の地震活動(2007 年 5 月~10 月), 地震予知 連絡会会報, 第 79 巻, 206-228.
- 4) 気象庁 a, 2018, 第 386 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料, 気象庁ホームページ http://www.jma.go.jp/jma/press/1806/07a/mate02_1.pdf
- 5) 松村正三, 2007, 東海地震のアスペリティの推定(東海地域の地震活動変化:その 4),地震 **2**, **59**, 271-284.
- 6) 吉川澄夫・林元直樹・明田川保・勝間田明男・宮岡一樹, 地震学会誌に投稿中.

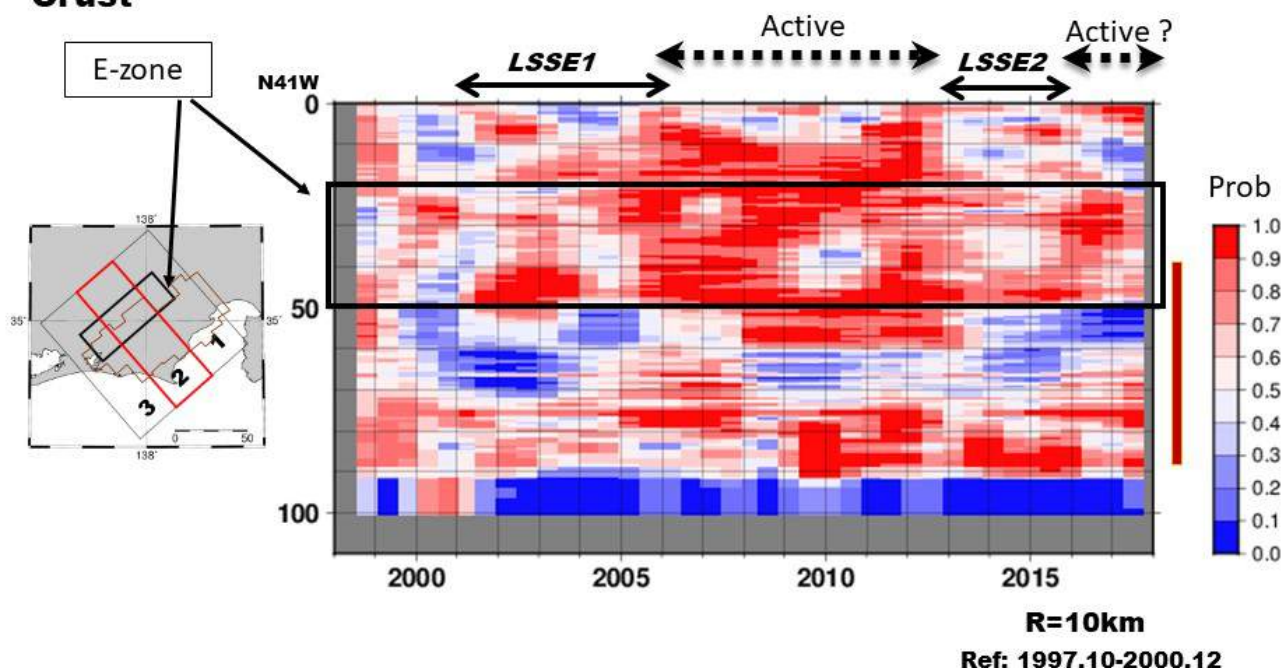


第1図 地殻内(左)とプレート内(右)における地震活動出現確率空間分布のLSSE活動期間毎の平面図。矩形は調査領域の小区分、不規則な閉曲線は松村⁵⁾の固着域を示す。基準期間は1997年10月から2000年12月。
 Fig. 1 Plan views showing the appearance probability of the seismic activities in crust (left) and plate (right). The rectangles show subareas of the target area and the irregular shaped box is the locked zone found by Matsumura⁵⁾. The reference period is from October 1997 to December 2000.

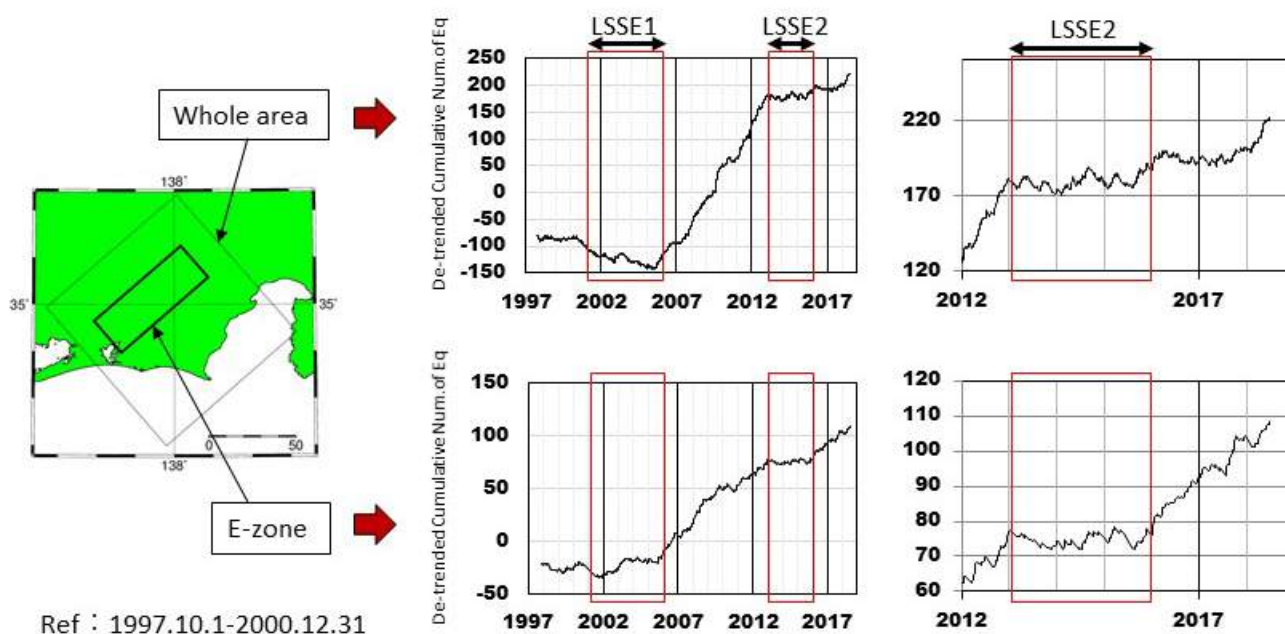


第2図 サブ領域1~3における地震活動出現確率空間分布のLSSE活動期間毎の鉛直断面図。E領域は全期間を通じて安定的に活発な領域を示す。各図の破線はプレート境界。最下段は各領域の地殻(緑)とプレート(青)の震源分布断面図。
 Fig. 2 Vertical profiles of the appearance probability of the seismic activity for each LSSE period in subareas 1-3. The E zone is a persistently active zone. The dashed curve in each plot represents the plate boundary. Events in the bottom row of plots are crust events (green) and plate events (blue) for each subarea.

Crust

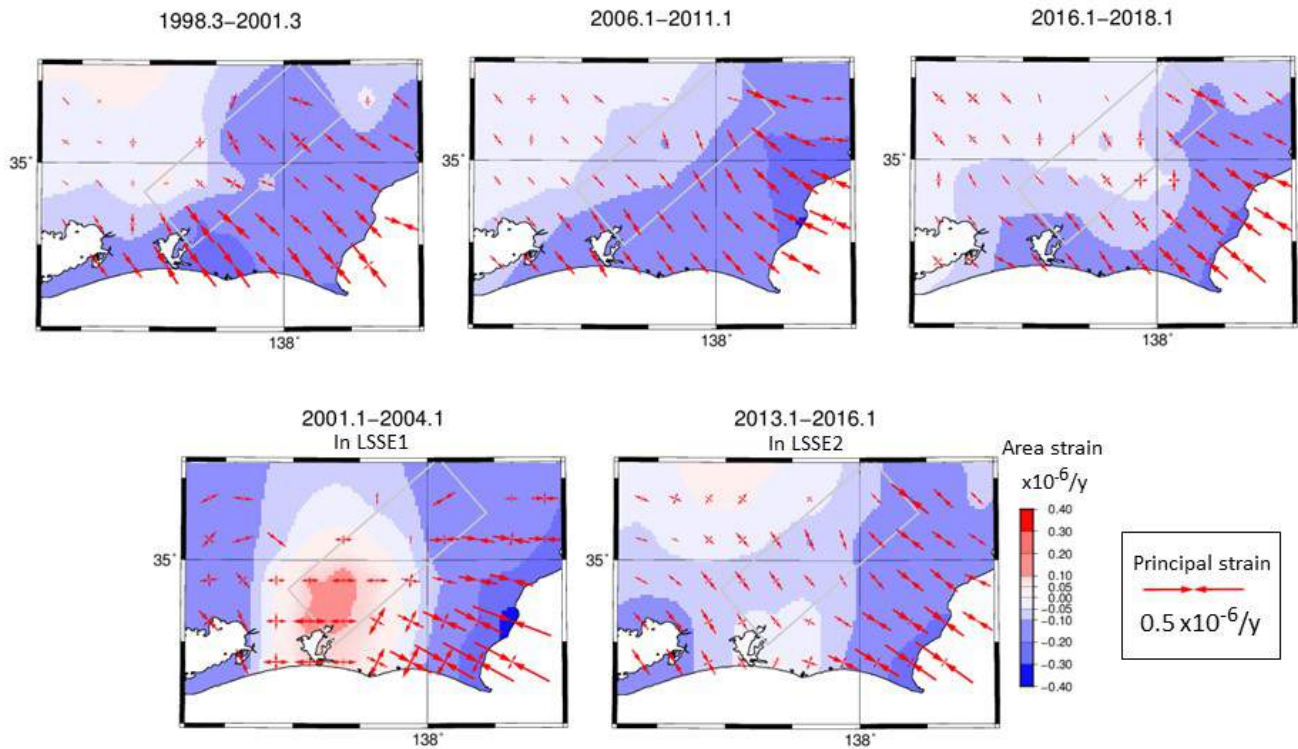


第3図 地殻内サブ領域2における地震活動出現確率の時空間分布図。矩形枠はE領域を示す。実線矢印はLSSE発生期間、破線矢印は地震活動が活発な期間を示す。縦の赤線は固着域の範囲を示す。
Fig.3 Spatiotemporal distribution of the appearance probability of the seismic activity in the crust of the subarea 2. Black rectangle outlines the E-zone. Solid arrows indicate LSSEs and dashed arrows indicate seismically active periods. The vertical red bar at right represents the locked zone.



第4図 地殻内全領域とE領域における地震回数の累積曲線を基準期間（1997年10月～2000年12月）の増加量との差で示したもの。左側は1997年10月から2018年半ば、右側は2012年1月から2018年半ばまでを示す。地震マグニチュード下限は気象庁カタログで1.1。

Fig. 4 De-trended variations in the cumulative number curves of earthquakes for the intervals (left) from October 1997 to middle 2018 and (right) from January 2012 to middle 2018, in the crust for the whole area and E-zone with respect to the reference period from October 1997 to December 2000. The magnitude threshold is 1.1 in the unified JMA catalogue.



第 5 図 浜名湖周辺における LSSE 休止期間（上段）および活動期間（下段）の最大主歪みの方向と大きさ（矢印）と面積歪み（カラー）の空間分布. 国土地理院 GNSS 観測データ F3 解（アンテナ交換時の補正）を使用（気象研・小林私信）. 年変化量の算出にあたっては 2004 年紀伊半島南東沖の地震と 2011 年東北地方太平洋沖地震の発生年を除外した. 灰色の矩形枠は E 領域を示す.

Fig. 5 Maximum principal strain orientation and annual rates (arrows) and area annual strain rates (colors) around Lake Hamana for the quiescent and active stages of the LSSE (top and bottom, respectively), estimated from GNSS observation data using the GNSS- F3 solution with corrections for changes in antenna position (Dr.Kobayashi(MRI), personal communication). Annual strain rates were not calculated for the years of the 2004 off- Kii Peninsula and 2011 Tohoku earthquakes. The light gray rectangle indicates the E-zone.