

GNSS 連続観測に基づく 1997-2017 年東海地方 SSE の推定
 Estimation of the Spatiotemporal Evolution of the Slow Slip Events in the Tokai Region,
 Central Japan, Based on Continuous GNSS Data during 1997-2017

○坂上啓・西村卓也・福田淳一・加藤照之

○Hiromu SAKAUE, Takuya NISHIMURA, Jun'ichi FUKUDA, Teruyuki KATO

We analyzed Global Navigation Satellite System (GNSS) data in the Tokai region of the Nankai subduction zone from 1997 to 2017, in order to study long- and short-term slow slip events (SSEs) on the subduction interface. The dataset included our temporary stations to obtain high resolution observations with station spacing of about 5 km. Long- and short-term SSEs have been reported in the Tokai region, over the past two decades. It is difficult to directly compare those SSEs because long-term SSEs were observed by GNSS, while short-term SSEs were mainly observed by tiltmeters and strainmeters. We applied a time dependent inversion with improved temporal resolution to GNSS data and successfully obtained the spatiotemporal evolution of long- and short-term SSEs. Our results show the very slow and stable slip of a long-term SSE with M_w 6.6-7.1, along with several episodes of accelerated slip associated with short-term SSEs ($M_w < 6.0$).

1. はじめに

西南日本の南海トラフ沈み込み帯では、フィリピン海プレートが年間 2～6 cm ほどの速度でアムールプレートの下に沈み込んでいる。このプレートの沈み込みに伴い、南海トラフでは約 90～150 年周期でプレート境界地震が繰り返し発生してきた。このプレート境界地震の破壊域と考えられている領域の深部延長では、GNSS や傾斜計、ひずみ計等の測地学的観測手法によりスロースリップイベント (SSE) が繰り返し観測されており、プレート境界において蓄積されるひずみの解放プロセスの一部を担っていると考えられている。

南海トラフ沈み込み帯の東端に位置する東海地方では、2000～2005 年と 2013～2016 年に長期的 SSE の発生が報告されている。加えて、長期的 SSE の発生領域よりも深い領域で継続期間が数日から 2 週間程度の短期的 SSE が数ヶ月程度の間隔で繰り返し観測されており、深部低周波微動 (LFT) や深部低周波地震が同期して発生している。東海地方の GNSS データを用いて長期的 SSE の時空間発展を推定した結果は数多く報告されているが、短期的 SSE の時空間発展も同時に推定した先行研究はほとんどない。多くの先行研究では、長期的 SSE と短期的 SSE および LFT の活動の関係を議論する際に、異なるプレート形状、データから推定されたスリップモデルを用いて行われることが多かった。

本研究では、1997～2017 年の期間の東海地方における GNSS データを連続的に解析し、観測された地殻変動をプレート間すべりによってモデル化した。その結果、この地域における 21 年間に及ぶすべり履歴を推定し、長期的 SSE と短期的 SSE の同時推定に成功した。本研究では統一的な条件で得られたスリップモデルを用いて長期的 SSE と短期的 SSE の関係性について議論する。

2. データおよび解析手法

1997 年 1 月 1 日から 2017 年 12 月 31 日の期間の東海地方にある国土地理院 (253 点) と GPS 大学連合 (40 点) の GNSS データに対し、GIPSY-OASIS II (Ver 6.1.1) を用いて日々の座標値を推定した。推定された日々の座標値の時系列データにはプレート境界の固着の状態や SSE によるシグナルに加えて、年周・半年周成分やアンテナ交換等の人為的なオフセット等の系統的なノイズとして含まれる。年周・半年周成分とオフセットについては三角関数とステップ関数をフィッティングして補正した。また、東海地方では 2000 年の三宅島-神津島火山活動、2004 年紀伊半島沖地震や 2011 年東北地震の余効変動といった、プレート境界の固着やすべりによらない地殻変動も観測されている。2000 年の三宅島-神津島火山活動についてはポイントソースと矩形断層を用いたモデル (Nishimura

et al., 2001), 2004 年紀伊半島沖地震については余効すべり(水藤・小沢, 2009)と粘弾性緩和(水藤, 2017)のモデルを用いて補正した. 2008 年茨城県沖, 福島県沖地震に伴う地殻変動は太平洋プレート上での地震時および余効すべりを仮定し, 太平洋プレートとでのプレートすべりの時空間発展を独自に推定し, そのモデル計算値を用いて補正を行った. 2011 年東北沖地震の余効変動については Tobita (2016)を参考に余効変動の時系列が指数関数と対数関数の和で近似できると仮定し, 関数フィッティングを用いて補正した.

この時系列データに対し, 改良型の Network Inversion Filter (NIF) (Fukuda et al., 2004; 2008)を用いてプレート間すべりを推定した. Segall & Mathews(1997)の NIF では推定されるすべり速度の時間発展に過度なスムージングがかかるといった問題点があったが, 改良型の NIF ではこの問題点を改善し, すべり速度の急激な加速を推定することが可能となった.

3. 結果

暫定的な解析結果を紹介する. 2000 年から 2005 年と 2013 年から 2015 年に長期的 SSE が推定された. 2000 年の長期的 SSE は 2013 年の長期的 SSE よりも規模が大きく, 2003 年の 1 年間のすべり(図 1a) は 2013 年から 2015 年の期間のすべり(図 1b) よりも大きかった.

1997 年から 2017 年の 21 年間のすべり履歴(図 1c) より 2001 年と 2003 年にかけて深部低周波微動(LFT)の活動領域で約 6 cm/年のすべりが推定され, その期間のすべり分布から長期的 SSE のすべり領域が微動発生領域へと拡大していたことが判明した(図 1a). また, この期間には LFT の活動が活発化していたことも分かった(図 1c).

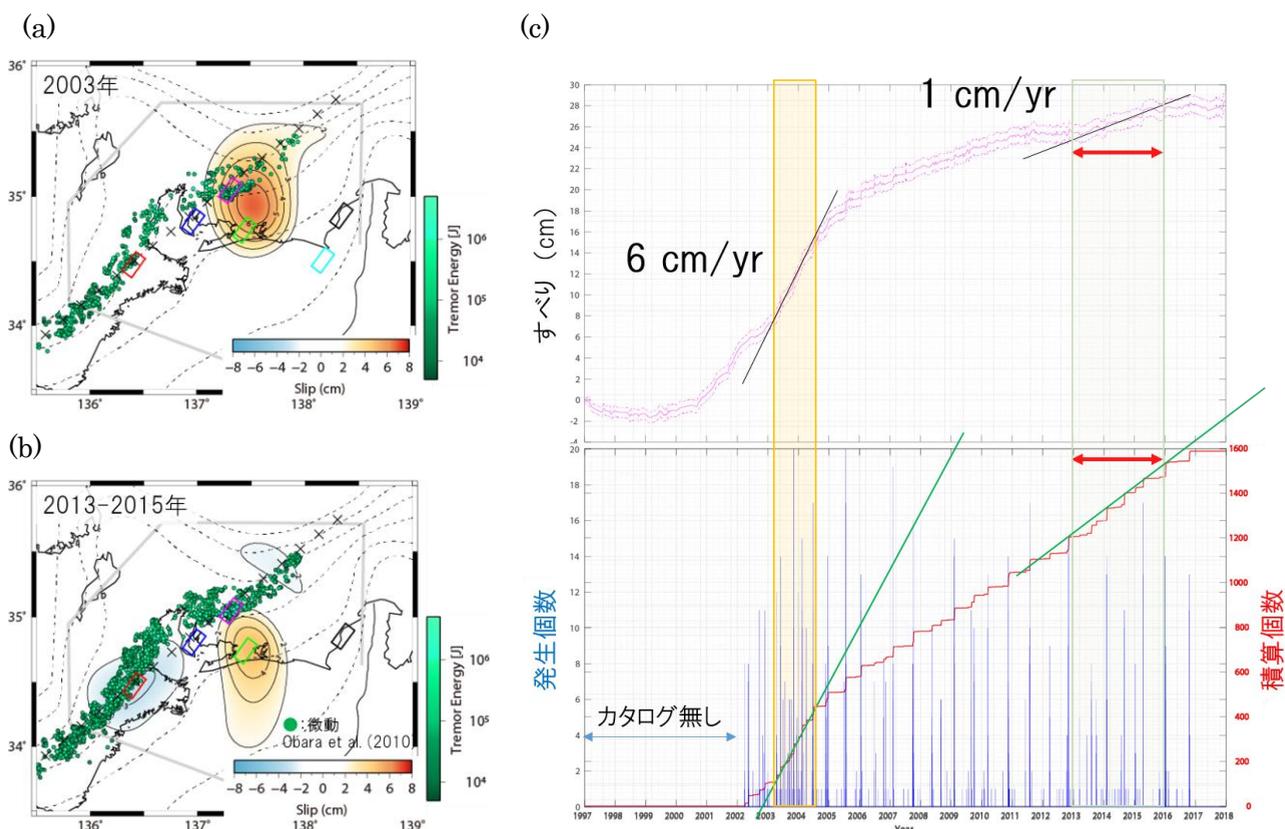


図 1. 本研究で推定されたすべりと微動の比較 (a) 2003 年 1 年間のすべり分布. 緑丸印: 深部低周波微動(LFT)の震央(Obara et al. 2010). (b) 2013 年から 2015 年のすべり分布. (c) 東海地方長期的 SSE のすべり域深部でのすべり履歴と LFT の発生様式の関係. 桃色線: 図(a)中の桃色枠内でのすべり履歴. 青線: 一日当たりの LFT の発生個数. 赤線: LFT の発生個数の積算値. 橙網掛けと緑の網掛けはそれぞれ図(a)および(c)の期間に対応.