

( 1 ) 実施機関名：

京都大学防災研究所

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

短スパン伸縮計等を活用した西南日本における短期的 SSE の観測解析手法の高度化

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) モニタリングによる地震活動予測

ア. プレート境界滑りの時空間発展

( 4 ) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(2) 低頻度大規模地震・火山現象の解明

イ. プレート境界巨大地震

(3) 地震・火山噴火の発生場の解明

ア. プレート境界地震

2. 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) モニタリングによる地震活動予測

イ. 地殻ひずみ・応力の変動

3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(4) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

4. 研究を推進するための体制の整備

(2) 研究基盤の開発・整備

ウ. 観測・解析技術の開発

( 5 ) 優先度の高い地震・火山噴火との関連：

南海トラフの巨大地震

( 6 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

南海トラフから沈み込むプレート境界深部で発生する短期スロースリップイベント ( SSE ) を新たな観測と解析手法の高度化によって詳細にモニタリングする手法を構築する。

( 7 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

GNSS ( GEONET ) データと既存および新設する観測網による地殻変動連続観測データを併合処理して、西南日本に発生する短期的スロースリップイベント ( SSE ) を時空間的に精度良く検出する手法を開発し、南海トラフ沿いのプレート境界深部における滑りのモニタリングを高度化する。そして、検出された短期的 SSE の発生頻度や規模からプレート境界深部における滑り特性を把握する。さらに、併合処理によって明らかにされる短期的 SSE 発生時の地殻変動の大きさや時定数をふまえて、長期間のデータの蓄積がある地殻変動連続観測データの再解析を行い、過去の短期的 SSE の発生状況を明らかにして南海トラフの巨大地震の発生サイクルの中で SSE の発生が時間変化しているのかどうかを調査する。

短期的 SSE の稠密観測を実現するために、短スパン伸縮計 ( 基準尺が 50 cm ~ 1.5 m ) を開発し、地殻変動観測の新たなツールとする。開発にあたっては、アレイ観測や臨時観測に用いることを念頭とし、ひずみ地震動や火山などでの地盤変形計測にも対応することを目指す。また、従来の横坑式伸縮計の補正や置き替えの可能性についても検討する。

短期的 SSE は、巨大地震発生域に隣接した深部延長領域で数ヶ月に一度発生しており、巨大地震震源域への応力蓄積過程を理解する上で重要な現象である。また、大地震発生サイクルの数値シミュレーションから、地震サイクル中に短期的 SSE の発生頻度が変化することや、短期的 SSE の準静的滑りが巨大地震の動的滑りにまで成長することがあることが予想されており、短期的 SSE と巨大地震の発生は密接に関連していると考えられる。よって本課題は、南海トラフの巨大地震を対象としたプレート境界滑りのモニタリング手法の高度化に資することを目的とする。具体的な実施項目の年次計画は、以下の通り。

平成 26 年度：基準尺 1.5 m の短スパン 3 成分伸縮計の仕様の確定と計器の完成。紀伊半島での稠密アレイ観測を開始。GNSS データを用いた短期的 SSE 推定手法の改良。地殻変動連続観測データにおける短期的 SSE に関連するシグナルの抽出。

平成 27 年度：基準尺 50cm の超短スパン伸縮計開発の開始と紀伊半島における短スパン伸縮計での観測の継続。GNSS データと地殻変動連続観測データの併合処理による短期的 SSE 推定手法の開発。地殻変動観測データの整理 ( 潮汐・気象擾乱の補正、デジタイズ ) 。

平成 28 年度：基準尺 50cm の超短スパン伸縮計開発の完成と紀伊半島における短スパン伸縮計での観測の継続。GNSS データと地殻変動連続観測データの併合処理による短期的 SSE 推定手法の開発。地殻変動観測データの整理 ( 潮汐・気象擾乱の補正 ) 。

平成 29 年度：紀伊半島における短・超短スパン伸縮計での観測の継続。過去の地殻変動データを用いた SSE 発生履歴の推定。地殻変動観測データの整理 ( 潮汐・気象擾乱の補正 ) 。

平成 30 年度：紀伊半島における短・超短スパン伸縮計での観測の継続。短期的 SSE 発生の発生状況の総括と地震サイクルにおける考察。

#### ( 8 ) 平成 26 年度の成果の概要：

短スパン伸縮計の開発及び観測網の構築に関しては、紀伊半島において基準尺 1.5m の短スパン伸縮計 ( 3 成分 ) の既設点 ( 和歌山県田辺市中辺路町 ) での観測継続と新規観測点 ( 田辺市大塔町 ) の設置を行った。2012 年 9 月から観測を開始した中辺路観測点では、順調にデータが蓄積されている ( 図 1 )。これらの観測点は使わなくなったトンネルを利用している。当初、トンネル内の温度変化の影響が大きかったことから、伸縮計全体を断熱材でおおう、間仕切りを増強するなどの対策を行った。そのほか、従来の伸縮計と同じく、降雨の影響も受けている。大塔町のサイトでは商用電源が確保できないことから、ソーラーパネルおよびバッテリーからの電力供給によって、変位検出器およびデータロガーが動作するように改良を行った。この方式をとると、一定の日照を確保できる地点であればよく、設置場所の制約を受けにくくなる。また、電気ノイズが小さいので、基準尺を短くすることにより犠牲にしたひずみについての分解能がいくぶん緩和されることも長所である。いっぽう、電力不足による欠測が起こりうるという短所もある。

これまでの観測により、紀伊半島での低周波地震活動に合わせて生じる  $5 \times 10^{-9}$  程度の伸縮変化を

観測している。2013年3月上旬に発生した低周波イベントの際に、伸縮変化も観測された(図2)。低周波イベントの移動にともなって伸縮変化も時間変化しているのが観測された。

短期的SSEの解析手法の高度化に関しては、GNSSデータ単独での短期的SSE断層モデル推定手法の改良を行い、九州から南西諸島のGNSS(GEONET)データに適用して、この地域での短期的SSEの発生状況を初めて系統的に明らかにした(図3)。また、GNSSデータから短期的SSEの継続時間を推定する手法のプロトタイプを作成し、大きな短期的SSEに関してはGNSSデータからでも継続時間を推定できることを示した。

九州から南西諸島にかけての短期的SSEについては以下のような新たな知見が得られた。九州では四国のSSE発生域の延長(深さ30~40km)でSSEが発生しているが、その数は南西に行くにつれて少なくなる。琉球海溝沿いでは、種子島沖、喜界島沖、沖縄本島南部沖、八重山諸島において短期的SSEの活発な領域が見られ、八重山諸島を除いた3領域のSSE発生深度は10~30kmと浅い。南海トラフ沿いでは短期的SSEの発生深度は30~40kmに限られているが、琉球海溝沿いではそれより浅い領域でもSSEが発生していることが明らかになった。これらの短期的SSEの発生分布から、沈み込む海洋プレートの地形と関連性があることや、過去の大地震の震源域とは重ならないことが示唆される。

- (9)平成26年度の成果に関連の深いもので、平成26年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：  
Kinoshita, C., Y. Kano, and H. Ito, 2015, Shallow crustal permeability enhancement in central Japan due to the 2011 Tohoku earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:10.1002/2014GL062792.  
Nishimura, T., 2014, Short-term slow slip events along the Ryukyu trench, southwestern Japan, observed by continuous GNSS, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 1:22, doi:10.1186/s40645-014-0022-5

(10)平成27年度実施計画の概要：

短スパン伸縮計の開発及び観測網の構築に関しては、引き続き観測点の増設を行い、紀伊半島西部において、既存の伸縮計観測点も含め、深部低周波微動の発生域をとり囲むような観測網を構築する。これらのデータから、深部低周波微動にともなって発生する地殻変動の時空間分布を把握し、その発生様式について調べる予定である。平成27年度は2か所程度の増設を予定している。さらに簡易性を高めるために、基準尺が50cmの超短スパン伸縮計の開発も行っている。この大きさであれば、吊り枠は不要となり、固定端と自由端のそれぞれが、基準尺と変位検出装置と一体となる構造とすることができる。これらを同時に埋設することにより、設置および調整を簡単にするなどの工夫が可能になると考えられる。

短期的SSEの解析手法の高度化に関しては、引き続きGNSSデータを用いた短期的SSEの継続時間推定手法の開発と伸縮計データとGNSSデータを併合処理して短期的SSEの断層モデル推定を行う。

(11)実施機関の参加者氏名または部署等名：

京都大学防災研究所 西村卓也、加納靖之、山崎健一、伊藤喜宏  
他機関との共同研究の有無：無

(12)公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：京都大学防災研究所 地震予知研究センター  
電話：  
e-mail：  
URL：<http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/>

(13)この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名：西村卓也  
所属：京都大学防災研究所地震予知研究センター

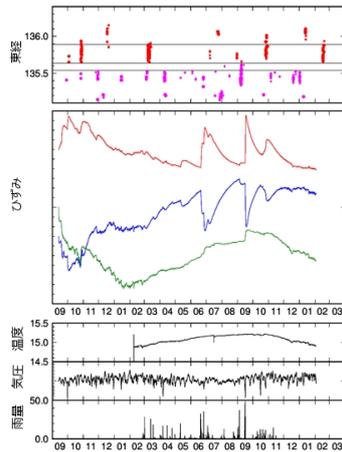


図 1 . 2012 年 9 月から 2014 年 1 月までの中辺路での観測データ .

上から , 低周波イベントの時空間分布 , 短スパン伸縮計 3 成分 , 坑内温度 , 大気圧 , 降雨量 . 低周波イベントについては気象庁による .

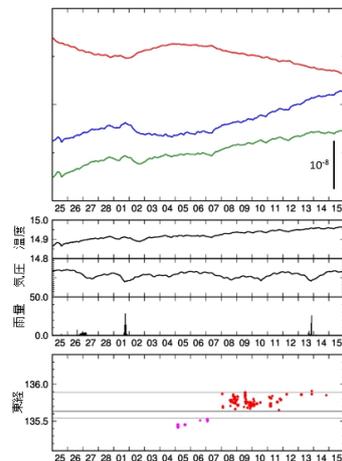


図 2 . 2013 年 2 月 25 日から 3 月 15 日までの中辺路での観測データ .

上から , 短スパン伸縮計 3 成分 , 坑内温度 , 大気圧 , 降雨量 , 低周波イベントの時空間分布 . 低周波イベントについては気象庁による .

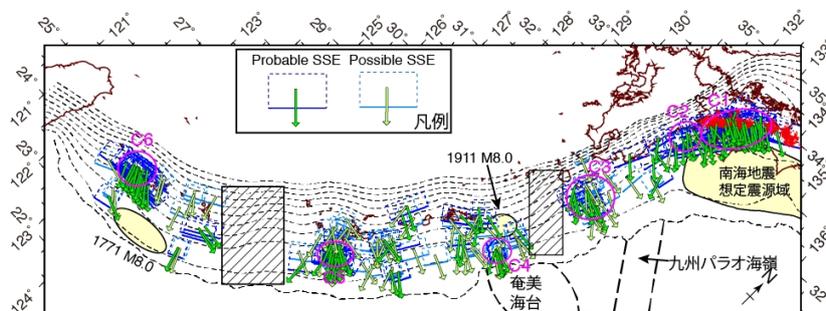


図 3 . GNSS データから推定された南海トラフ西部 ~ 琉球海溝沿いの短期的 SSE 分布

矩形領域及び矢印は , 短期的 SSE の断層モデルの位置とスリップベクトルの方向を表す . 網掛けの領域は GNSS データの解像度がないため , 短期的 SSE の検出を行わなかった領域 . C1 ~ C6 は顕著な SSE のクラスターの領域 . 黄色い領域は , 過去の大地震の発生域 .