

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 18 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400452

研究課題名(和文)房総半島スロースリップイベントを鍵としたプレート間すべり特性の研究

研究課題名(英文)Study on interplate slip properties by means of slow slip events

研究代表者

廣瀬 仁(Hirose, Hitoshi)

神戸大学・都市安全研究センター・准教授

研究者番号：00465965

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：房総半島東方沖で、スロースリップイベント(SSE)と呼ばれる現象が数年に1度の頻度で発生している。SSEは沈み込みプレート境界型地震と同じ断層すべり現象であり、プレート境界面の特性を知るための鍵となる。SSEは世界各地で検出されているが、房総半島沖SSEは群発地震活動を伴うという顕著な特徴を示す。この両者の関係を考察するため、GNSS・傾斜データに基づいてSSEのすべりの時空間変化を推定し、その結果と群発地震の活動の時空間的推移と比較した。その結果、両者の間に時空間的な相関があることが明らかになった。この結果は、SSEのすべりが群発地震発生の直接の引き金になっていることを示唆する。

研究成果の概要(英文)：Slow slip events (SSE) occur every 2-7 years off the east coast of the Boso Peninsula, Kanto area, Japan. Because SSEs are similar phenomena to megathrust earthquakes in subduction zones in a sense that a slip episode on a fault, they are a key to understand the physical characteristics of the plate interface. SSEs are found worldwide, mainly in subduction zones. The Boso SSEs have remarkable characteristics, that is, an earthquake swarm activity is coincident with an SSE. In order to examine the relation between an SSE and an earthquake swarm activity, we estimate spatiotemporal slip distributions of the Boso SSEs based on GNSS displacements and tilt changes, and compare them with the correlated earthquake swarm activities. We found a clear spatial and temporal correlation between them. This result suggests that slow slip directly triggers earthquakes during an SSE.

研究分野：地震学

キーワード：地殻変動 GNSS 傾斜 すべり過程 群発地震活動 地震の誘発

1. 研究開始当初の背景

スロースリップイベント (SSE) は、プレート境界面上の約 20~40 km の深さで、海溝型巨大地震と同じ低角逆断層型のメカニズムで発生するすべり現象で、その継続時間が数日から数年間と、通常の地震と比較して非常に長いという特徴を持つ。また SSE 自体は地震波を放射せず、その断層運動による地盤の変形が、地殻変動観測によって検出される。そのような性質のため、日本での GNSS 連続観測網 (国土地理院 GEONET) による稠密かつ連続的な地殻変動観測網の構築を契機として、豊後水道 (例えば, Hirose et al., 1999) などで世界で初めて検出された。これが世界的に注目され、様々な場所で地殻変動観測の充実が図られ、その活動が徐々に明らかになってきた。

その GEONET により、房総半島沖で SSE の発生が確認されている (例えば, Sagiya, 2004)。この房総半島 SSE は群発地震活動を伴うという顕著な特徴を持つ。この SSE は過去約 30 年間で 6 回繰り返し発生したこと、その繰り返し間隔は必ずしも規則的ではなく、平均 68 か月に対して最長 91 か月、最短 50 か月と大きく変動していること、その変動のうち最長および最短の間隔は近傍で発生した大地震の影響を受けた結果であるということが示唆されている (Hirose et al., 2012)。

房総半島 SSE と同様な、群発地震を伴う SSE は、他にハワイ島 (例えば, Segall et al., 2006) などで知られているが、房総半島周辺ほど地殻変動および地震計の観測網が充実している場所は他になく、それらの記録を活用することで、個々の SSE の活動領域やその時間的推移、地震活動との対比などが、これまでになく分解能で行うことができると期待されていた。

2. 研究の目的

房総半島 SSE とそれに連動して発生している群発地震活動に着目し、繰り返し発生する SSE の各イベントでのすべりの時空間発展の推定; および、SSE により生じる周辺領域の応力変化推定と、群発地震活動の定量的な対比; をすることで、沈み込みプレート境界のすべり特性に制約を与えることを目的とした。

3. 研究の方法

地表変位および傾斜変化という 2 種の異なる地殻変動データを同時に解析することができる断層すべりのインバージョン手法を開発し、SSE 発生期間のデータに適用した。対象として (1) Hi-net 展開以降に発生した 2007, 2011 の 2 イベントに関して、GNSS 変位および傾斜データに基づく解析; (2) GEONET 観測開始以降に発生した 1996, 2002, 2007, 2011 の 4 イベントに関して、GNSS 変位データに基づく解析; をそれぞれ行い、

SSE のすべり過程を推定した。その結果と、震源カタログに基づいた群発地震活動の時間・空間的な推移とを比較した。

4. 研究成果

大量の観測データを利用した大規模な解析を実施するために計算サーバを導入し、解析に使用できるように整備した。また、国土地理院 GEONET による地表変位データおよび防災科学技術研究所 Hi-net 併設の高感度加速度計による傾斜変化データ、さらに房総半島周辺域で高精度かつ約 30 年間にわたりほぼ均質な品質を持つ、防災科学技術研究所の震源カタログ、をそれぞれの機関より提供を受けた。

これらのデータと、開発したデータ解析手法を用いて、以下の結果を得た。

(1) 変位データおよび傾斜変化データに基づき、2007 年および 2011 年に発生した SSE のすべり過程を推定し、2 回の SSE ですべり域が異なること、および、SSE のすべりと SSE に同期して発生している群発地震活動との間に時空間的な相関があることが明らかになった。このことは、SSE のすべりが群発地震活動をトリガーしていることを示唆する。すなわち、地震の起こる場所はプレート境界面上でおおよそ決まっており、パッチ状に分布している。それらのパッチに、SSE すべりによる応力が集中すると、臨界に近づいていたパッチが破壊され地震となる、という連動メカニズムが考えられる。

(2) GNSS 記録が利用できる限りの過去にさかのぼって同様の解析を行い、複数サイクルでの SSE のすべり分布を比較した。その結果、すべりの空間パターンはいくつかのグループに分類できることがわかった。このことは、1 度のイベントで活動する場所が、プレート境界面上に存在するいくつかの基本単位領域 (内部構造) の組み合わせによって決まっていることを示唆する。ただし地殻変動データが陸上に限られ、特に海域での分解能が劣るため、詳細な基本構造はさらに検討の余地がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

1. Asano, Y., K. Obara, T. Matsuzawa, H. Hirose, and Y. Ito, Possible shallow slow slip events in Hyuga-nada, Nankai subduction zone, inferred from migration of very low frequency earthquakes, Geophys. Res. Lett., 査読有, 42, 331-338, doi:10.1002/2014GL062165, 2015.
2. 廣瀬仁, 松澤孝紀, 木村武志, 木村尚紀, 2007 年・2011 年房総半島沖スロースリップ

イベント：群発地震活動の駆動プロセス，神戸大学都市安全研究センター研究報告，査読無，19，1-9，2015.

3. Hirose, H., T. Matsuzawa, T. Kimura, and H. Kimura, The Boso slow slip events in 2007 and 2011 as a driving process for the accompanying earthquake swarm, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有，41，2778-2785, doi:10.1002/2014GL059791, 2014.
4. 廣瀬仁，浅野陽一，小原一成，松澤孝紀，豊後水道周辺域での「スロー地震」連動現象とその意義，神戸大学都市安全研究センター研究報告，査読無，18，16-22，2014.
5. Matsuzawa, T., B. Shibazaki, K. Obara, and H. Hirose, Comprehensive model of short- and long-term slow slip events in the Shikoku region of Japan, incorporating a realistic plate configuration, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有，40，5125-5130, doi:10.1002/grl.51006, 2013.
6. 廣瀬仁，木村尚紀，エネスクボグダン，青井真，2011年東北地方太平洋沖地震が房総半島スロースリップイベントを促進した可能性，神戸大学都市安全研究センター研究報告，査読無，17，13-21，2013.

[学会発表](計18件)

1. Matsuzawa, T., B. Shibazaki, K. Obara, H. Hirose, Numerical modeling of slow slip events in Nankai and Cascadia, considering plate configuration and tremor distribution, AGU Chapman Conference on the Slow Slip Phenomena, 2016年2月21-25日，イスタパ(メキシコ)
2. 松澤孝紀，浅野陽一，田中佐千子・木村武志，小原一成，前田拓人，伊藤喜宏，廣瀬仁，芝崎文一郎，日本列島周辺におけるスロー地震モニタリングと数値モデリング，日本地震学会2015年度秋季大会，2015年10月26-28日，神戸国際会議場(兵庫県)
3. Obara, K., R. Takagi, Y. Asano, T. Matsuzawa, S. Tanaka, H. Hirose, and T. Maeda, 2014-15 slow earthquake activity in Bungo Channel, Joint Workshop on Slow Earthquakes 2015, 2015年9月24-26日，名古屋大学(愛知県)
4. Hirose, H., Matsuzawa, T., Kimura, T., and Kimura, H., 2014 Boso Slow Slip Event: the Source Slip Process based on Tilt and GNSS Measurements, AGU Fall Meeting 2014, 2014年12月15-19日，サンフランシスコ(USA)
5. Obara, K., H. Hirose, T. Matsuzawa, S. Tanaka, T. Maeda, Ambient Tremor Triggered by Long-term Slow Slip Event in Bungo Channel, Southwest Japan, AGU Fall Meeting 2014, 2014年12月15-19日，サンフランシスコ(USA)
6. Matsuzawa, T., B. Shibazaki, K. Obara, H. Hirose, Numerical modeling of slow slip events in the seismic cycles of megathrust earthquakes in southwestern Japan, AGU Fall Meeting 2014, 2014年12月15-19日，サンフランシスコ(USA)
7. Hirose, H., Matsuzawa, T., A Variation in the Recurrence interval of the Boso Peninsula Slow Slip Events, Central Japan, GSA Annual Meeting 2014, 2014年10月19-22日，バンクーバー(カナダ)
8. 松澤孝紀，芝崎文一郎，小原一成，廣瀬仁，南海トラフの大地震発生サイクル間におけるスロースリップイベントの数値シミュレーション，日本地震学会2014年度秋季大会，2014年11月24-26日，朱鷺メッセ(新潟県)
9. Matsuzawa, T., B. Shibazaki, K. Obara, H. Hirose, Numerical Simulation of Long- and Short-term Slow Slip Events in the Nankai Subduction Zone, 研究集会「The prospects for studies of slow earthquakes toward Nankai Megaquake predictions and disaster preventions」, 2014年9月8日-10日，京都大学宇治キャンパス(京都府)
10. Obara, K., H. Hirose, Y. Asano, T. Matsuzawa, S. Tanaka, T. Maeda, Ambient tremor triggered by long-term slow slip event in Bungo channel, southwest Japan, 研究集会「The prospects for studies of slow earthquakes toward Nankai Megaquake predictions and disaster preventions」, 2014年9月8日-10日，京都大学宇治キャンパス(京都府)
11. 松澤孝紀，芝崎文一郎，小原一成，廣瀬仁，浅部超低周波地震と長期的スロースリップイベントの同期発生の数値モデリング，日本地球惑星科学連合2014年大会，2014年4月28日-5月2日，パシフィコ横浜(神奈川県)
12. 廣瀬仁，豊後水道周辺域での「スロー地震」連動現象，研究集会「海底地殻変動観測網構築に向けた検討会」, 2014年3月11日，東京大学(東京都)
13. Hirose, H., T. Matsuzawa, T. Kimura, A comparison of the source processes of four Boso Peninsula slow slip events from 1996 to 2011 based on nearly homogeneous GNSS stations, AGU Fall Meeting 2013, 2013年12月9-13日，サンフランシスコ(USA)
14. Montgomery-Brown, E. D., H. Hirose, Implications of slow slip without tectonic tremor: insights from Kilauea (Hawaii) and Boso (Japan), AGU Fall Meeting 2013, 2013年12月9-13日，サンフランシスコ(USA)
15. Matsuzawa, T., B. Shibazaki, K. Obara, H. Hirose, Numerical modeling of interaction between shallow very low

frequency earthquakes and deep slow slip events, AGU Fall Meeting 2013, 2013年12月9-13日, サンフランシスコ (USA)

16. 山崎隆史, 佐藤利典, 芝崎文一郎, 橋間昭徳, 廣瀬仁, 外部イベントによる応力変化が房総沖スロースリップの発生間隔に与える影響の定量的評価, 日本地震学会2014年度秋季大会, 2013年10月7-9日, 神奈川県民ホール・産業貿易センター (神奈川県)
17. 松澤孝紀, 芝崎文一郎, 小原一成, 廣瀬仁, 浅部超低周波地震と長期的・短期的スロースリップイベント発生の数値モデリング, 日本地震学会2014年度秋季大会, 2013年10月7-9日, 神奈川県民ホール・産業貿易センター (神奈川県)
18. Hirose, H., A comparison of the source processes of four Boso Peninsula slow slip events, Joint Workshop on Slow Earthquakes 2013, 2013年9月17-18日, 東京大学 (東京都)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www2.kobe-u.ac.jp/~zhirose1/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣瀬 仁 (HIROSE, Hitoshi)

神戸大学・都市安全研究センター・准教授

研究者番号: 00465965