

4-7 2013-2014年房総スロースリップイベントと地震活動

The 2013-2014 Boso slow slip event and associated seismic activity

東京大学地震研究所・名古屋大学環境学研究科・東北大学理学研究科

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Graduate School of Science, Tohoku University

房総半島東方沖のフィリピン海プレート上面では、1996年以来2011年までに、地震活動を伴う4回のスロースリップイベント(SSE)が検出されてきた。2013年12月から2014年1月にかけて新たなSSEによる地殻変動と地震活動が観測された^{1,2)}。以下では、2013-2014年のSSEとそれに伴う地震活動の時空間発展について報告する。

1. スロースリップイベント

国土地理院 GEONET の観測点 71 点、東京大学地震研究所・東北大学の観測点 6 点における 1 日毎の GNSS 時系列データ (第 1 図) を用いて、2013 年 11 月 1 日から 2014 年 2 月 1 日の期間に対して、フィリピン海プレート上面におけるすべり・すべり速度の時空間発展を時間依存インバージョン法³⁾により推定した。時系列に含まれる定常速度、季節変動、東北地方太平洋沖地震の余効変動は上記の解析期間以前のデータから推定したものを外挿し、除去したものをインバージョンに用いた。

推定された 1 日毎のすべり速度を第 2 図に示す。すべりは 12 月上旬から中旬頃に解析領域の東側でゆっくりと始まり、12 月下旬にかけて徐々に加速した。その後、12 月 31 日頃からすべりが急激に加速すると同時にすべりの伝播も加速し、西方向に約 10 km/day の速度で伝播した。すべり速度は 1 月 3 日に最大に達し、1 月 10 日にかけて急激に減速した。第 3 図に積算モーメント及びモーメントレートの時間変化を示す。2 月 1 日までの積算モーメントは 7.87×10^{18} Nm、Mw は 6.56 となっている。

2. 地震活動

気象庁一元化処理震源リスト内の地震をテンプレート地震として用いて、2013 年 12 月 1 日から 2014 年 1 月 31 日の連続波形記録に対して、波形相互相関処理によるパターン検索を実施することで、テンプレート地震と相似なイベントを検出した。解析には房総 SSE 域近傍の定常地震観測点 12 点の 3 成分地震波形データ (帯域 4-12Hz) を使用した。その結果、テンプレート地震 111 個を用いて、合計 399 個の地震から成る新たな地震カタログを構築した (第 4 図)。

地震活動は 12 月 31 日から始まり、その後徐々に活発化し、1 月 2 日から 5 日にかけて急激な増加を示した (第 4 図)。活動様式は群発的な地震活動に分類される。さらに、地震活動度が活発な期間には、地震活動の東北東-西南西方向への顕著な移動が見られた (第 4 図)。移動速度は約 3km/day であり、西南日本で観測されている短期的スロースリップの典型的な移動速度とも概ね一致する。また、群発地震活動中に小繰り返し地震も検出されており、震源移動はスロースリップの伝播を示唆すると考えられる。

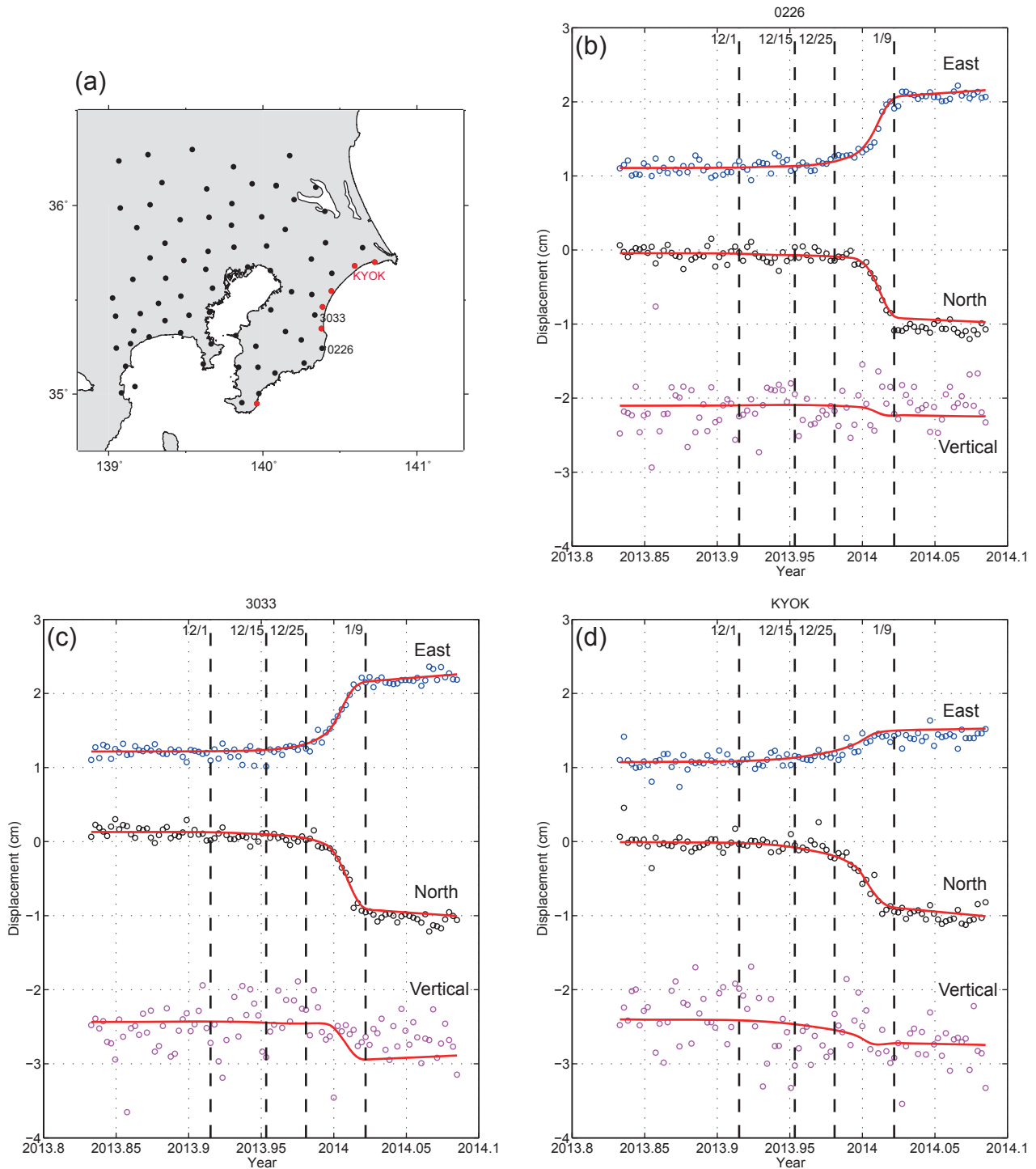
地震活動はスロースリップ域の深部に隣接して発生しており，震源の移動とすべりの伝播は調和的である（第2図，第4図）．12月上旬から下旬にかけてのすべり速度が比較的遅い期間には地震活動は活発化しなかったが，12月末に起きたすべり速度と伝播速度の急激な増加に同期して地震活動も活発化した（第2図，第3図）．

[福田淳一（東大地震研）・加藤愛太郎（名大環境）・五十嵐俊博・小原一成（東大地震研）・三浦哲（東北大理）]

Jun'ichi Fukuda, Aitaro Kato, Toshihiro Igarashi, Kazushige Obara, and Satoshi Miura

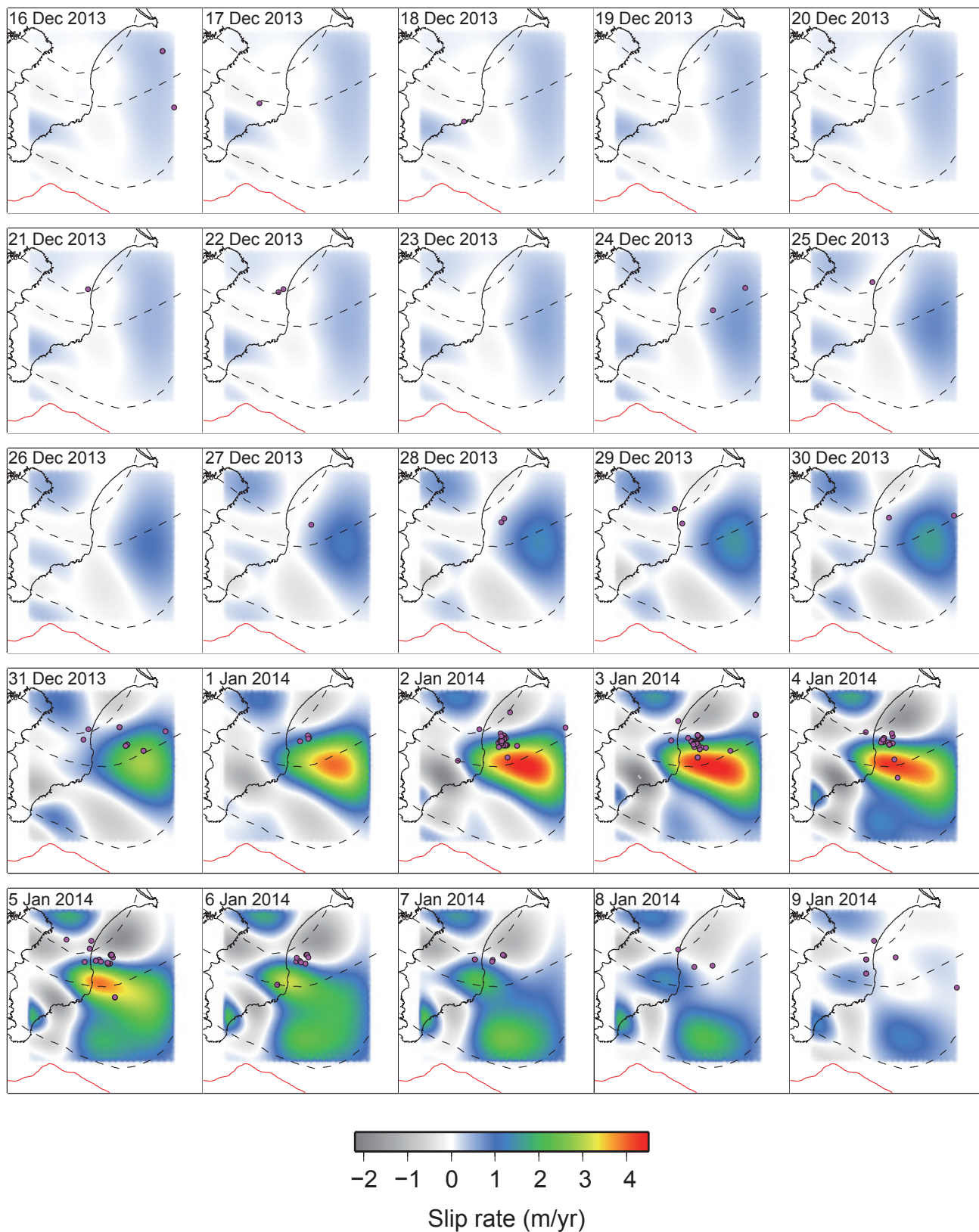
参考文献

- 1) Ozawa, S. (2014), Shortening of recurrence interval of Boso slow slip events in Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 2762-2768, doi:10.1002/2014GL060072.
- 2) 木村尚紀 (2014), 2014年1月房総半島沖スロースリップイベントと群発地震活動, 日本地球惑星科学連合2014年大会, SCG64-P03.
- 3) Fukuda, J., S. Miyazaki, T. Higuchi, and T. Kato (2008), Geodetic inversion for space-time distribution of fault slip with time-varying smoothing regularization, *Geophys. J. Int.*, 173, 25-48.



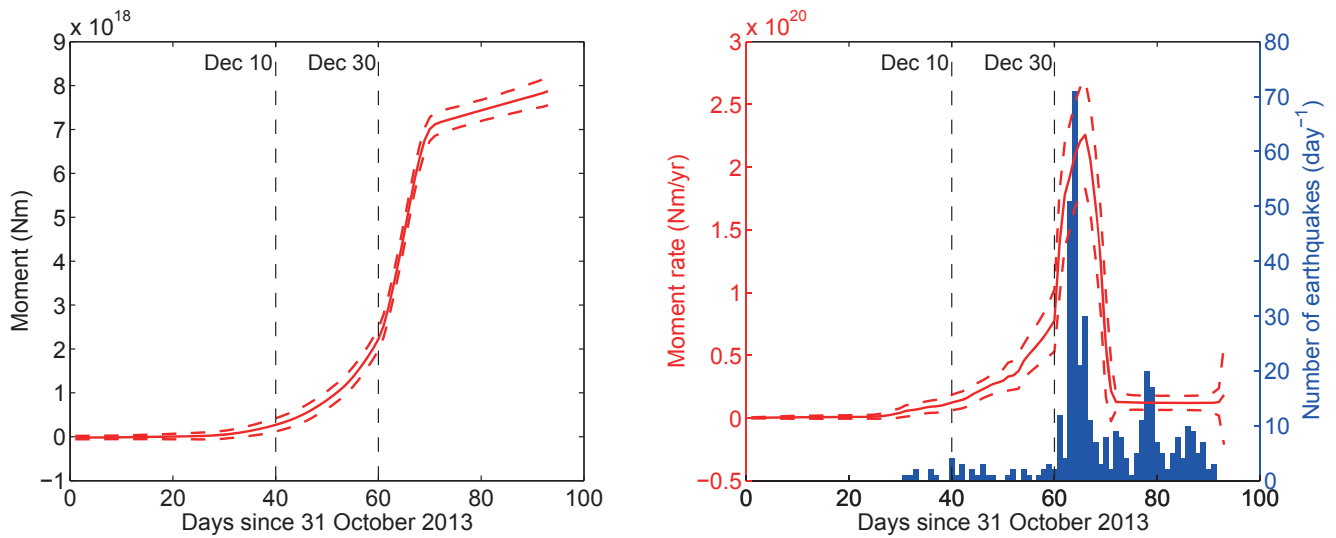
第 1 図 (a)スロースリップの時空間発展の推定に用いた GNSS 観測点. 黒丸は国土地理院 GEONET の観測点, 赤丸は東大地震研・東北大の観測点を示す. (b-d) (a)に示された 3 つの観測点(b) 0226, (c) 3033, (d) KYOK における GNSS 時系列. 青, 黒, 紫丸はそれぞれ, 東西, 南北, 上下成分を示す. 赤線は推定されたすべりからの計算値を示す. GNSS 時系列に含まれる共通誤差は除去されている.

Fig. 1 (a)Distribution of GNSS stations used to estimate the spatiotemporal evolution of slow slip. Black circles show GEONET stations operated by GSI and red circles denote stations operated by Earthquake Research Institute of University of Tokyo and Tohoku University. (b-d) GNSS time series at the three stations (b) 0226, (c) 3033, (d) KYOK shown in (a). Blue, black, and purple circles denote east, north, and vertical components, respectively. Red solid lines show time series predicted by the estimated slow slip. Common mode errors are removed from the GNSS time series.



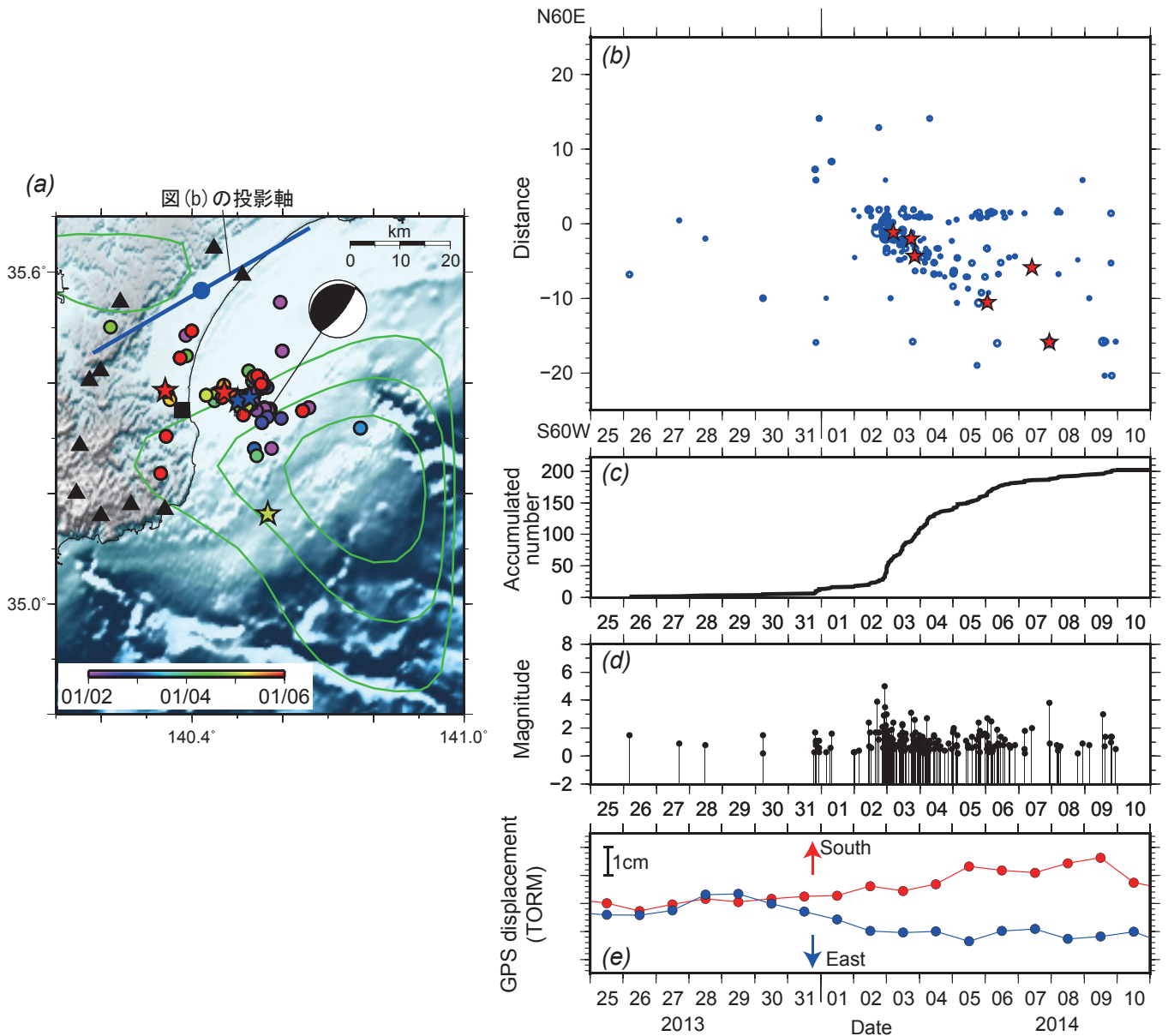
第2図 インバージョン解析により推定された1日毎のすべり速度分布。紫色の丸は当該の日に発生した地震を示す。

Fig. 2 Daily slip rate distribution estimated by the inversion analysis. Purple circles represent earthquake epicenters for each day.



第3図 (a) スロースリップの積算モーメントの時間変化. 赤実線と赤破線はモーメントとその標準偏差を示す. (b) スロースリップのモーメントレートと地震活動の時間変化. 赤実線と赤破線はモーメントレートとその標準偏差を示す. 棒グラフは1日毎の地震個数を示す. 地震個数は12月1日から1月31日の間のみ示されている.

Fig. 3 (a) Temporal variations in the cumulative moment of slow slip. Red solid line and red dashed lines denote the moment and its 1 standard deviation ranges, respectively. (b) Temporal variations in the moment rate of slow slip and seismic activity. Red solid line and red dashed lines denote the moment rate and its 1 standard deviation ranges, respectively. Blue bars indicate number of earthquakes per day. Note that the number of earthquakes is shown only between 1 December 2013 and 31 January 2014.



第4図

(a) 震央分布 (丸印) と解析に使用した地震観測点 (三角印) の分布. 震央の色は地震の発生時刻を示す. 星印は小繰り返し地震の震央を示す. 解析期間中に発生した最大マグニチュードの地震(M5.0)の発震機構解 (防災科学技術研究所) を示す. 緑線は2月1日までのSSEの積算すべり分布をコンター間隔3 cmで示す. 四角印はGNSS観測点TORMの位置を表す. (b) 地震活動の時空間発展図. 縦軸は(a)の青線に沿った東北東-西南西方向の距離を示す. 赤い星印は小繰り返し地震の震央を表す. (c) 地震の積算個数の時間変化. (d) マグニチュードの時間変化. (e) GNSS観測点TORMにおける変位の時間変化.

Fig. 4

(a) Distribution of epicenters of template events (solid circles) and seismic stations (solid rectangles) used in the analysis. Colors of the epicenters denote the occurrence time of the earthquakes. Stars denote epicenters of small repeating earthquakes. The focal mechanism solution for the earthquake with the maximum magnitude during the sequence (NIED) is also shown. Green contours with 3-cm interval represent cumulative slip distribution of the SSE on 1 February 2014. Solid squares denote the location of the GPS station TORM. (b) Space-time diagram of the detected seismic events. The vertical axis represents east-northeast distance along the blue line in (a). Red stars denote epicenters of small repeating earthquakes. (c) Temporal variations in the cumulative number of earthquakes. (d) Temporal variations in the magnitude. (e) Temporal variation in the displacement at the GNSS station TORM.