

## 4-2 2014年1月房総半島沖スロースリップイベント

### The Slow Slip Event off the Boso Peninsula in January, 2014

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2013年12月31日より房総半島沖で地震が群発的に発生した。主な地震の発震機構解はフィリピン海プレートと日本島弧との相対運動方向にすべりベクトルを有する低角逆断層型である(第1図, 発震機構解は防災科研高感度地震観測網 Hi-net および AQUA(松村ほか, 2006)<sup>1)</sup>による)。また, これと同期して房総半島の観測点で傾斜変動が観測された。勝浦東(KT2H)観測点では, 北西下がりの傾斜が約  $0.4 \mu\text{rad}$  に達した。

房総半島沖ではスロースリップイベントが繰り返し発生することが知られている。房総半島沖スロースリップイベントは群発地震を伴うことが特徴であり, 測地データおよび地震活動から, これまでに第2図に示した時期の発生が知られている(防災科研, 2003<sup>2)</sup>; Hirose et al., 2012<sup>3)</sup>)。今回の群発地震は, 過去の活動とほぼ同じ場所で発生した(第1図)。一方, 今回のスロースリップイベントは, 過去約30年間で最短の2年2ヶ月で再来した。房総半島沖における応力の蓄積状況をモニタリングするために, スロースリップイベントのすべり履歴を明らかにすることは重要である。そこで, 詳細震源分布を決定するとともに, 傾斜データより断層モデルの推定を行い, 過去の活動と比較した。

第3図に示した領域の30km以浅で2005年1月1日から2014年2月1日までの期間に発生した地震を対象として, 波形相関を用いた Double Difference 法<sup>4)</sup>によって詳細震源分布を決定した。初期震源は防災科研 Hi-net による。ただし, 一部自動処理結果を含む。再決定結果を第3図, 時空間分布を第4図に示す。今回の活動は, 解析期間中に地震が発生した領域(地震発生域とする)の北端周辺で発生した。2014年1月2日頃から一宮沖で地震が発生しはじめ, 翌日から西に発生域が拡大し, 5日から地震発生域の南端でも地震が少数発生した。

第5図に, 房総半島の観測点での傾斜記録を日別地震発生数とともに示す。2013年12月31日頃から勝浦東(KT2H)観測点等で変動が現れはじめ, 2014年1月2日頃から明瞭になった。群発地震は傾斜変動と同期して1月2日から発生数が増加した。2013年12月31日から2014年1月6日までの傾斜変化を元に矩形断層モデルを推定したところ, 第6図に示す解が得られた。スロースリップイベントの規模は  $M_w6.1$  と推定された。

前回の2011年および前々回の2007年のスロースリップイベントに伴う群発地震の活動を第7図に示す。今回の活動と比較すると, 以下の特徴が見られる。群発地震がはじめ東の海域で発生し, 次いで西に移動する点は2007年, 2011年とも共通しており, また2007年および2011年の期間(I)(はじめの2日半)では主に地震発生域の北端周辺で地震が発生した点も今回と類似している。今回推定されたすべり域の位置は, 傾斜データから推定された2007年および2011年の期間(I)のすべり域(防災科研, 2008<sup>5)</sup>の第5図; Hirose et al., 2012<sup>3)</sup>の Fig. S1(1)を参照)とほぼ重なる。KT2Hの傾斜変動量は2007年( $M_w6.4$ , 北西方向に約  $0.7 \mu\text{rad}$ )の約1/2で,  $M_w6.1$  と規模が小さいことと調和的である。また, 2011年の期間(I)の傾斜変動(西北西方向に約  $0.3 \mu\text{radian}$ )と方向・変動量とも近く, この期間の規模( $M_w6.2$ )とほぼ同じである。一方, 2011年は, 期間(II)以降に勝浦直下でも

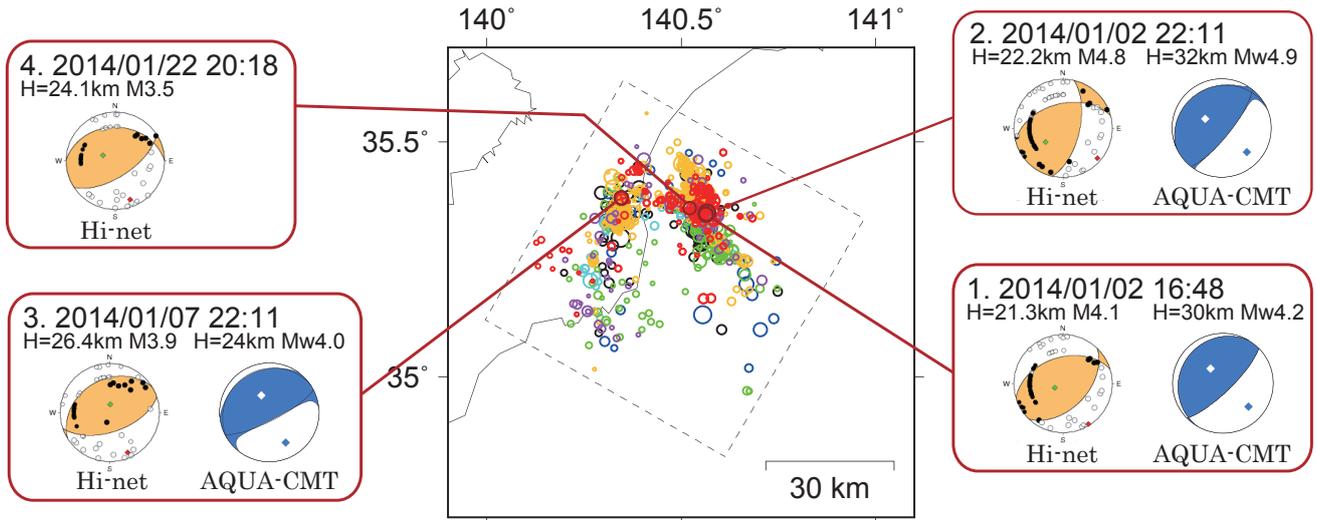
地震が多数発生するとともに、KT2H で北北西方向に約  $1.0 \mu \text{radian}$  に達する大きな変動が見られ、勝浦沖および勝浦直下でもすべり域が推定されている点(Hirose et al., 2012<sup>3)</sup>の Fig. S1 (2), (3)を参照)が今回と異なる。今回のすべり域は、2007 年および 2011 年の期間(I)とほぼ重なるが、全体の規模は小さく、そのために過去約 30 年間で最短の 2 年 2 ヶ月で再来した可能性が考えられる。今後、さらに詳細なすべり過程を明らかにする必要がある。

謝辞： 気象庁のホームページで公開されている気象データを使用させていただきました。記して感謝いたします。

(木村尚紀)  
Hisanori Kimura

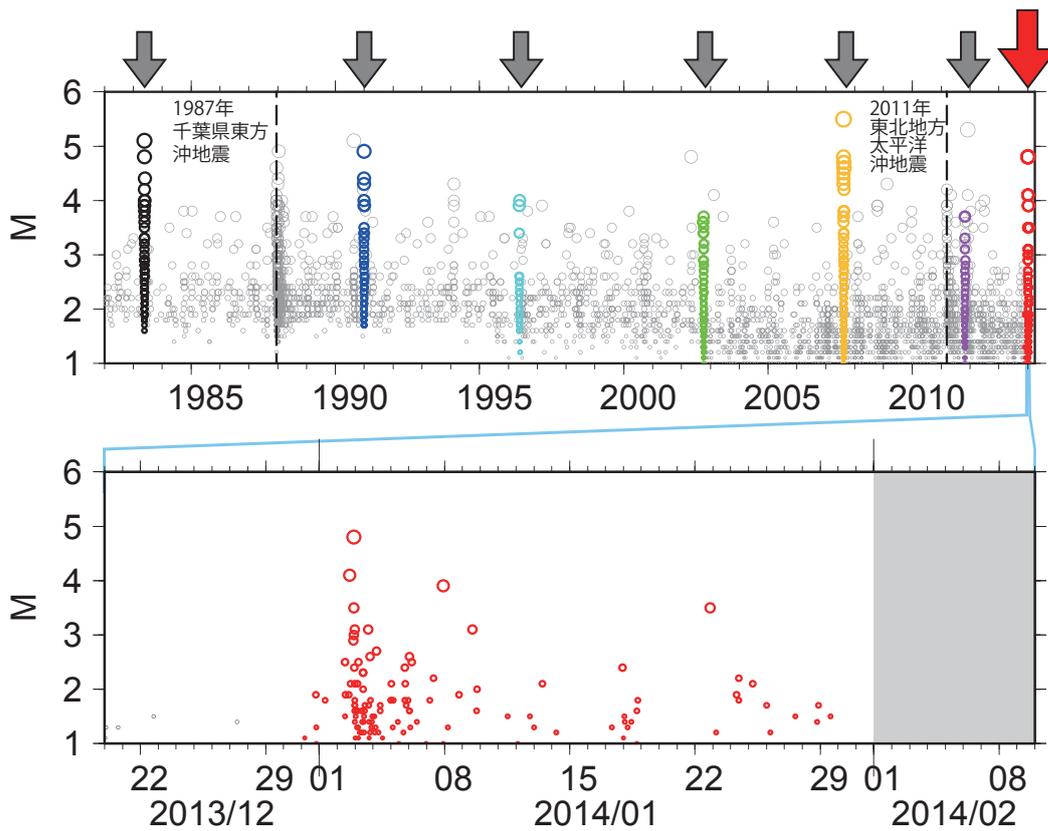
#### 参考文献

- 1) 松村 稔・伊藤善宏・木村尚紀・小原一成・関口渉次・堀 貞喜・笠原敬司：高精度即時震源パラメータ解析システム(AQUA)の開発，地震 2，59，167-184，2006.
- 2) 防災科研，地殻傾斜の連続観測で捉えた 2002 年 10 月に発生した房総半島東方沖のスロースリップ，連絡会報，69，198-204，2003.
- 3) Hitoshi Hirose, Hisanori Kimura, Bogdan Enescu, and Shin Aoi, 2012, Recurrent slow slip event likely hastened by the 2011 Tohoku earthquake, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 109, 15157-15161.
- 4) Waldhauser, F. and Ellsworth, W. L. : A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California, Bull. Seismol. Soc. Am., 1353-1368, 2000.
- 5) 防災科研，2007 年 8 月に発生した房総沖スロースリップと群発地震活動，連絡会報，79，123-127，2008.
- 6) Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe, M. Ishiguro, A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, Geophys. J. Int., 104, 507-516, 1991.



第 1 図 房総半島沖の房総スロースリップイベントに伴う震央分布. 震源要素は 2002 年 9 月 1 日以降は防災科研 Hi-net, それ以前は防災科研 関東東海観測網による. 赤丸は 2013 年 12 月 31 日以降の地震を示す(自動処理結果を含む). 主な地震の防災科研 Hi-net および AQUA<sup>1)</sup>による発震機構解をあわせて示す.

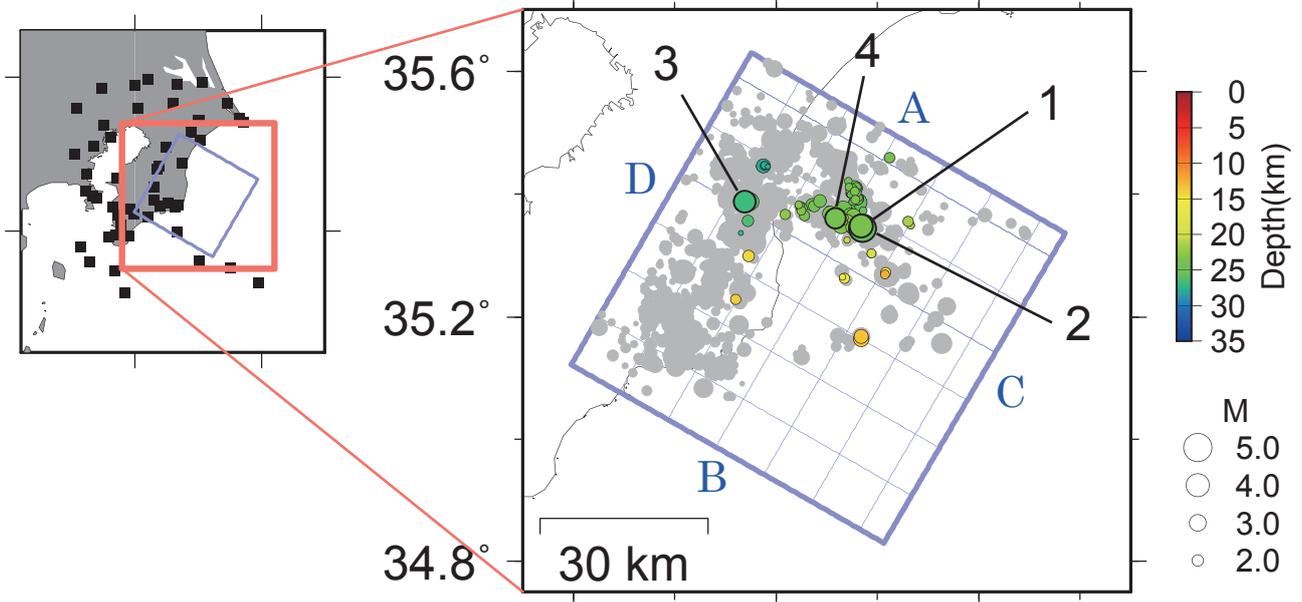
Fig. 1 The epicentral distribution associated with the Slow Slip Event (SSE) off the Boso Peninsula. Hypocentral parameters from NIED Hi-net and NIED Kanto-Tokai network are used for earthquakes after and before September, 1, 2002, respectively. Red symbols denote earthquakes after December 31, 2013 (automatically determined hypocenters are included). Focal mechanisms determined by NIED Hi-net and AQUA<sup>1)</sup> are shown for major earthquakes.



第2図 房総半島沖の M-T 図. 第1図の矩形領域について示す. 房総半島沖スロースリップイベントを矢印で, スロースリップイベントに同期した地震活動を色付きシンボルで表す.

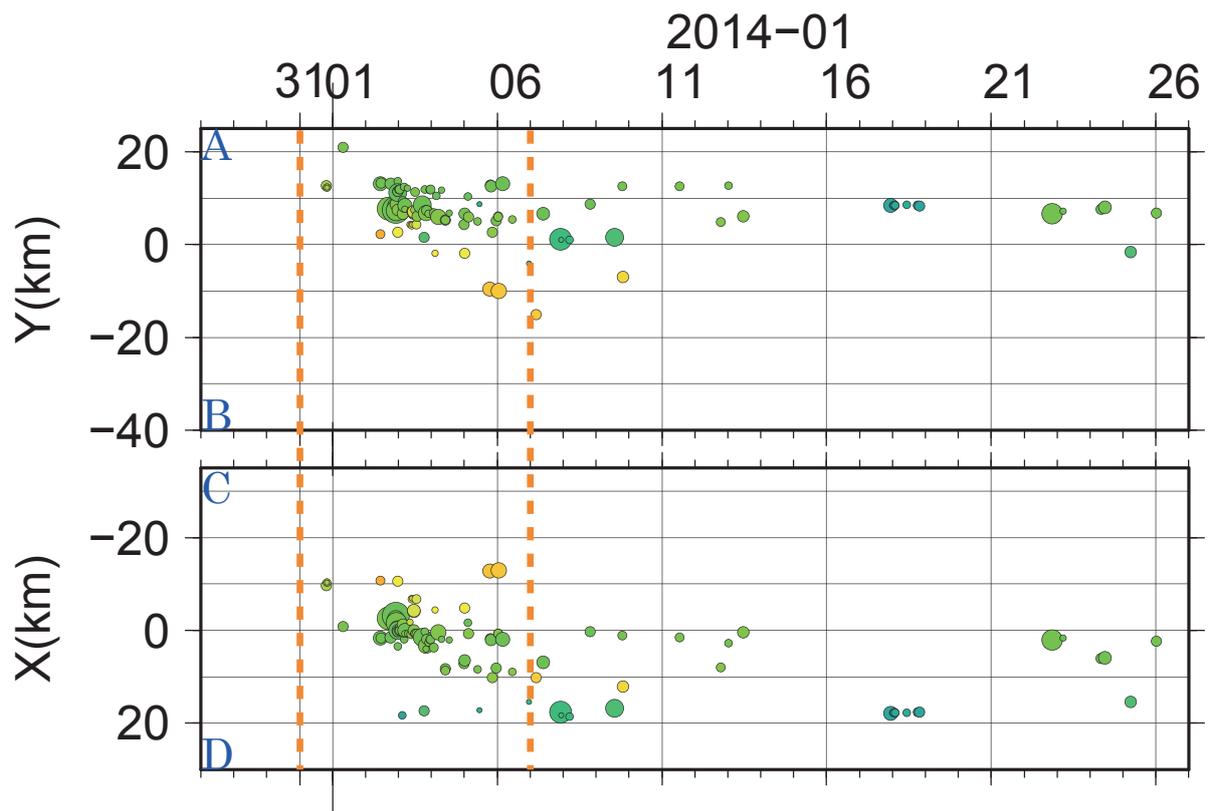
Fig. 2 The M-T diagram for earthquakes off the Boso Peninsula. Earthquakes in the rectangle in Fig. 1 are shown. Arrow denotes the Boso SSE, and colored symbol shows earthquake associated with the Boso SSE.

20131228 – 20140127 No=108  
 140° 140.4° 140.8°

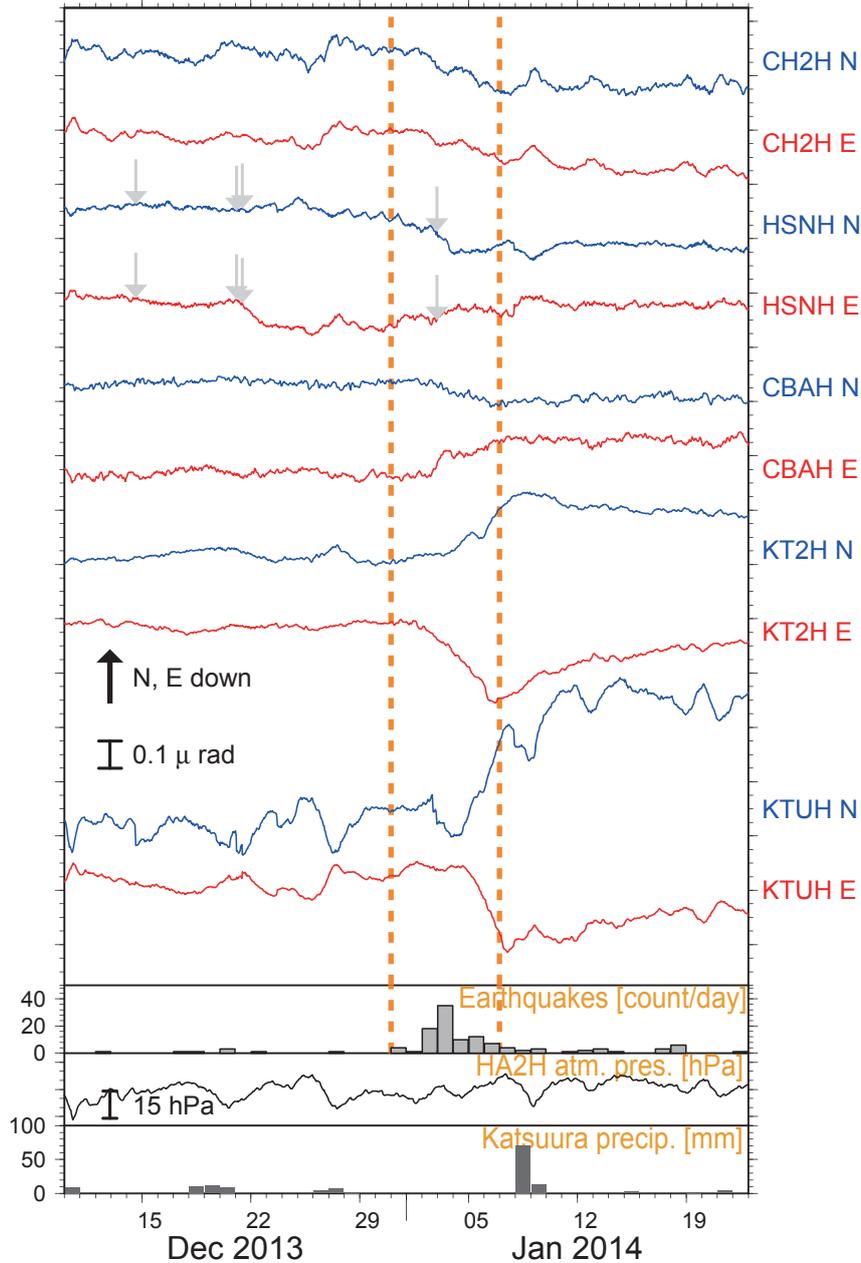


第3図 波形相関データを用いた Double Difference 法<sup>4)</sup>による高精度震央分布. 再決定処理は2005年1月1日から2014年2月1日までの期間に左図の青線で示した領域の30km以浅で発生した地震を対象として行った. 初期震源として, 防災科研 Hi-net を用いた(一部自動処理結果を含む). 灰丸は解析期間の震央分布を示す. 2014年1月房総半島沖スロースリップイベントに伴う群発地震を色付きシンボルで示す. 左図の黒四角は解析に使用した観測点を示す.

Fig. 3 The high-precision epicentral distribution determined by Double Difference method<sup>4)</sup> by incorporating waveform cross correlation data. Earthquakes in the blue rectangle in the left panel shallower than 30 km from January 1, 2005 to February 1, 2014 are relocated. Hypocentral parameters from NIED Hi-net are used as initial hypocenters (automatically determined hypocenters are included). Gray symbols denote earthquakes during the analyzing period. Colored symbols denote earthquakes associated with the Boso SSE in January, 2014. Solid square in the left panel shows the seismographic station used for relocation.

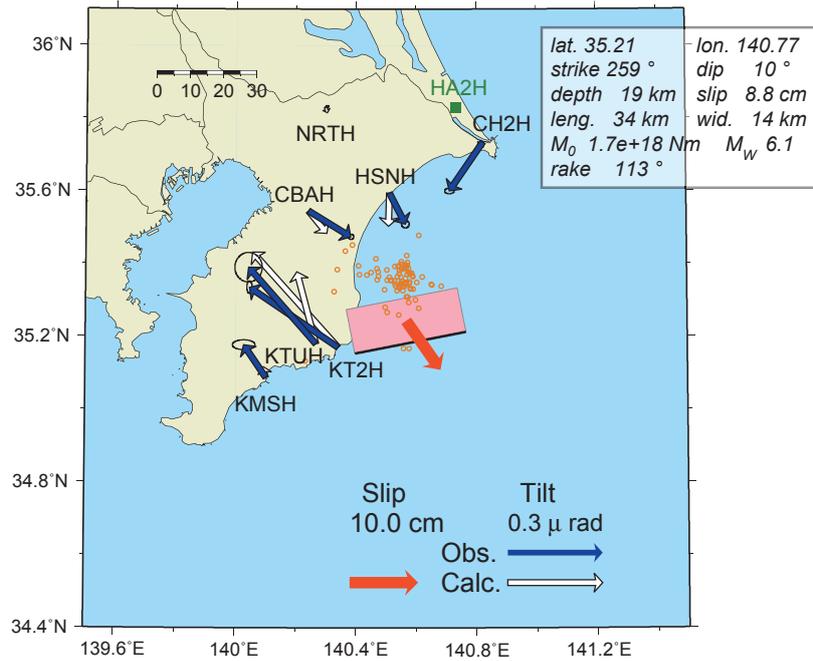


第4図 第3図 A-B および C-D に投影した時空間分布.  
 Fig. 4 The space-time plot projected along the A-B and C-D in fig. 3.



第 5 図 2013 年 12 月 10 日から 2014 年 1 月 22 日にかけての房総半島の観測点での傾斜時系列。観測点位置は第 6 図に示した。上方向への変化が北・東下がり傾斜変動を表す。BAYTAP-G<sup>6)</sup>による潮汐・気圧成分補正，リニアトレンド除去後の記録を示した。Hi-net 波崎 2 観測点 (HA2H) の気圧観測値を使用した。灰矢印で示した時刻のステップを補正した。この期間の房総半島沖 (第 1 図矩形領域) の日別地震数，HA2H の気圧，勝浦での雨量をあわせて表示した。

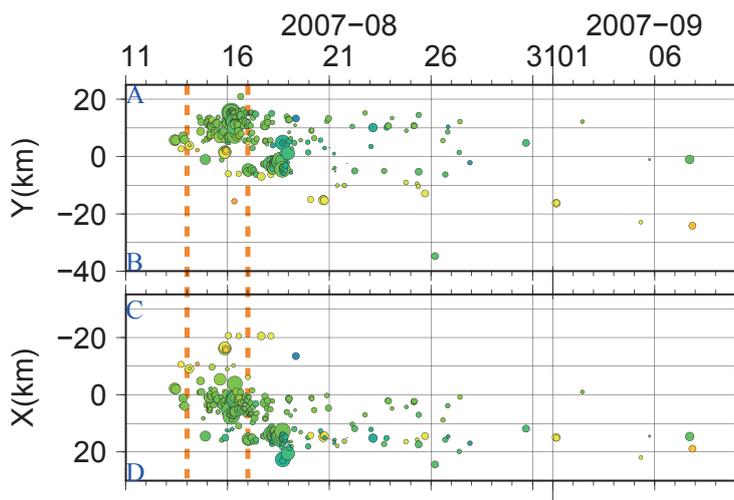
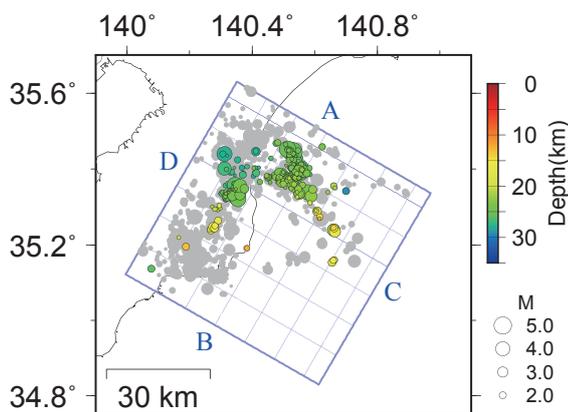
Fig. 5 The time series of tilt records at the stations around the Boso peninsula from December 10, 2013 to January 22, 2014. Station locations are shown in Fig. 6. 'N' and 'E' that follow a four-character station code denote the northward and eastward ground down tilt components, respectively. The displayed tilt records are detided and their atmospheric pressure responses are corrected with BAYTAP-G<sup>6)</sup>. In analysis, atmospheric pressure change observed at the Hi-net HA2H station is used. Their linear trends are removed and steps of time-series data accompanied with ground motion due to earthquakes are also corrected (gray arrows). The daily numbers of earthquakes around the Boso peninsula (rectangle in Fig. 1), atmospheric pressure change at HA2H, and daily precipitation at Katsuura are also shown.



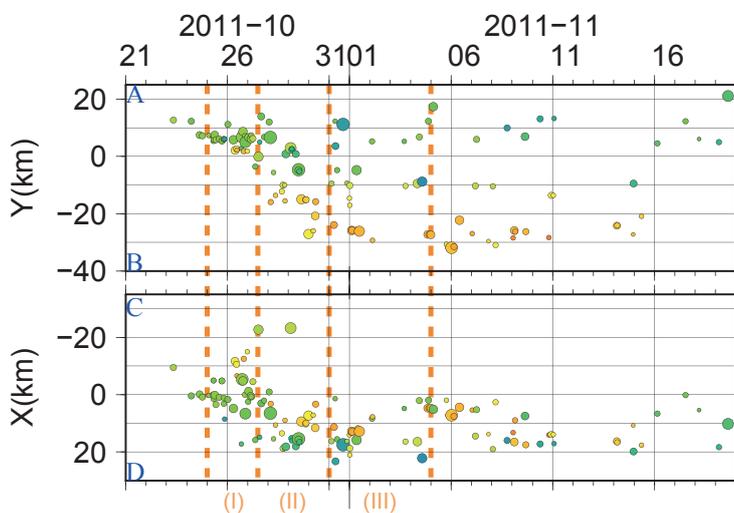
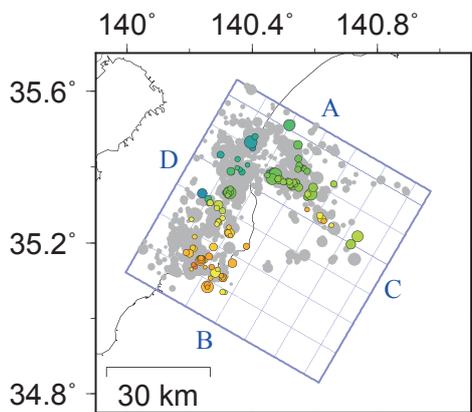
第 6 図 観測された傾斜変化ベクトル(青矢印)・このデータから推定されたスロースリップの断層モデル(赤矩形・矢印)・モデルから計算される傾斜変化ベクトル(白抜き矢印)．期間中に発生した地震の震央分布を橙色の円で示す．

Fig. 6 Observed tilt change vectors (blue arrows), the estimated fault slip (red arrow) and rectangular fault location and geometry (pink rectangle) based on the tilt change vectors, and the calculated tilt changes due to the fault model (open arrows). Orange circles show epicenters of the earthquake swarm occurred in the same time period.

(A) 20070811 – 20070910 N=333



(B) 20111021 – 20111120 N=123



第7図 (A)2007年8月および(B)2011年10月の房総スロースリップイベントに伴う群発地震の震央分布および時空間分布. 図の見方は第3, 4図と同じ.

Fig. 7 The epicentral distribution and the space-time plot for earthquake swarm associated with the Boso SSE in (A) August, 2007 and (B) October, 2011. Nomenclatures are the same as those in Figs. 3 and 4.