

能登半島の地殻変動（2022年11月）

京都大学防災研究所

金沢大学理工研究域

東北大学大学院理学研究科

能登半島の群発地震に伴う地殻変動について本資料では、ソフトバンク株式会社が設置・運用している GNSS 観測点（独自基準点）と周辺の国土地理院 GEONET 観測点、及び京都大学防災研究所と金沢大学理工研究域の臨時 GNSS 観測点のデータを合わせて解析した結果について報告する。

4 機関のデータの統合解析を行なった 2020 年 9 月から 2022 年 10 月までの地殻変動については、群発地震の震源域を中心とする膨張・隆起を示す地殻変動が捉えられていることが明瞭となった（図 1 b, c）。水平変動のパターンは、概ね群発地震震源域から放射状に広がっており、比較的深部（深さ 10km 以深）に変動源があるという従来の解釈と矛盾しないと考えられる。

GEONET を除いた観測点については群発地震に伴う変動以前の観測データがなく、季節変動成分の補正が行うことができないため、1 年未満の変位については誤差が大きいことに留意する必要があるが、約 3 ヶ月間毎の変位のスナップショット（図 2）を見ると、地震活動が活発化した当初の 2020 年 11 月 -2021 年 3 月の変動量が一番大きく（図 2a）、その後変動速度は徐々に低下している（図 2b-f）ことがわかる。2022 年 6 月 14 日の地震（M5.4）を含む期間（図 2g）における一部の観測点の大きな変動は、観測点固有の局所的なものも含むと考えられる。2022 年 6 月 21 日以降（図 2h）においては変動速度は小さいものの、能登半島北岸などの一部の観測点では依然として変動が継続しているように見える。能登半島北岸の観測点の時系列からは、2022 年 9 月頃に変動が加速するような傾向も見られるが（図 3c, d）、速報暦に基づく各基線の変化を見ると 10 月半ばには以前の速度に戻っている（図 4c, e）。

2022 年 8 月上旬からの 11 月上旬までの観測変位に対して、地震の震源位置やメカニズム解を参考に逆断層を仮定してパラメータの推定を行った（図 5）。観測された地殻変動は、現在地震活動が活発な北側の地震クラスターにおける南東傾斜の断層において、逆断層すべりと開口が同時に生じるモデルで説明可能である。2022 年 6 月以前の変動に対するモデルでは、地震活動が低調な地域において変動源が推定されていたが、変動源が北側かつ浅部に移動している可能性がある。

なお、本資料では、京都大学防災研究所において米国ジェット推進研究所（JPL）の精密暦及び速報暦を用いて GipsyX Ver1.4 の精密単独測位法（PPP）により計算した日座標値を用いた。

（文責 西村）

謝辞：本研究で使用したソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より東北大学大学院理学研究科が提供を受けたものおよび、「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より提供を受けたものを使用しました。国土地理院の電子基準点 RINEX データ、気象庁一元化震源データを使用しました。京都大学及び金沢大学の GNSS 観測点の設置にあたり、珠洲市教育委員会、珠洲市企画財政課、珠洲市産業振興課、珠洲市総務課、能登町教育委員会及び奥能登国際芸術祭実行委員会にお世話になりました。ここに記してこれらの機関に感謝いたします。

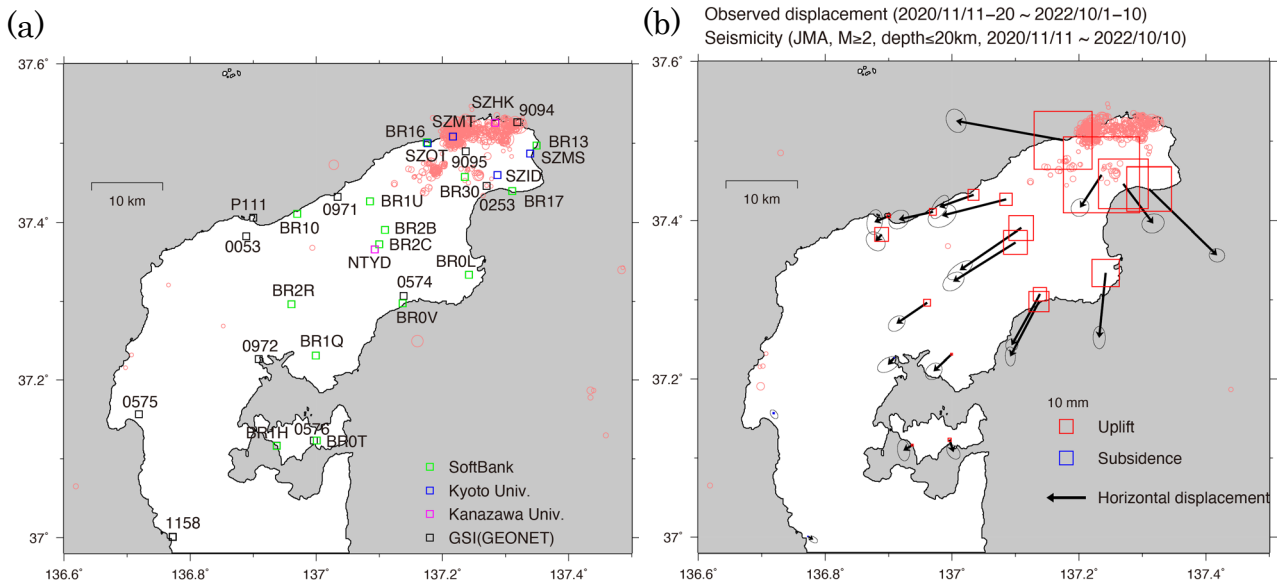


図1 ソフトバンク、大学、国土地理院のGNSS観測点統合解析結果。赤丸は気象庁一元化震源 ($M \geq 2$, 深さ $\leq 20\text{km}$) を表す。(a) 解析に用いたGNSS観測点のID。BRから始まる観測点がデータ提供を受けたソフトバンクの観測点。SZOT、SZMS、SZMT、SZID及びSZHK、NTYDは、それぞれ京大防災研と金沢大の観測点。P111と数字4桁は、GEONET観測点。(b) 2020年11月16-25日から2022年10月1-10日までの変動ベクトル図(精密暦使用)。赤青の四角は上下変動を表す。精密暦を用いたITRF2014準拠の日座標値に基づき、群発地震活動の前から観測が行われている国土地理院による観測点の2017-2019年の期間で推定した1次トレンド・指数・対数・年周・半年周成分を外挿して除去した各期間の変位を表示した。ソフトバンク及び大学観測点については、一次トレンド成分のみを周囲のGEONET観測点での推定値からOkazaki et al.(2022)の方法で補間して除去した。これらに加えて空間フィルターにより共通誤差成分についても除去している。

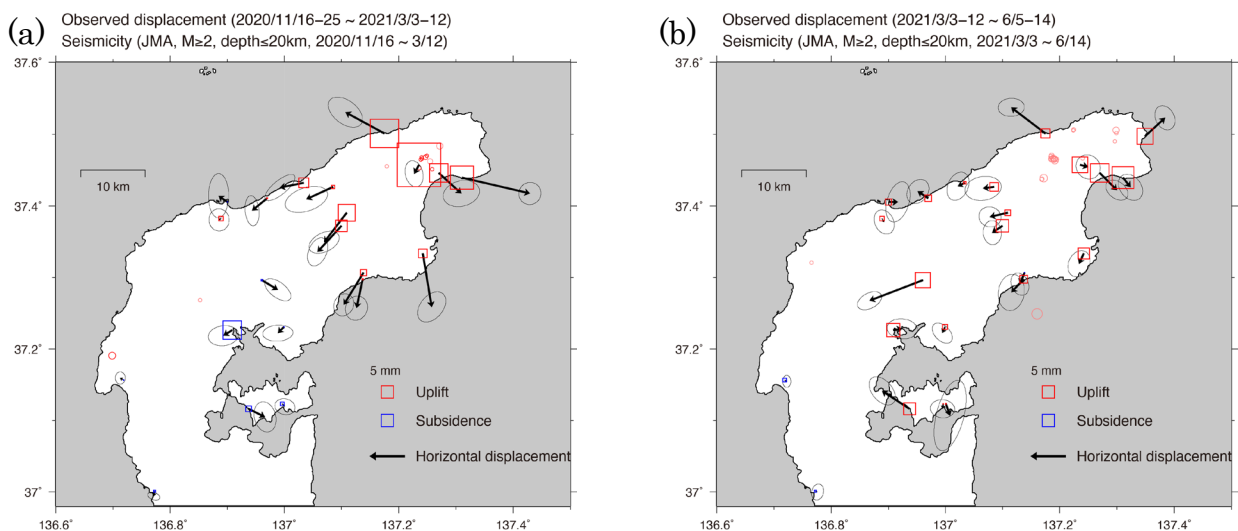


図2 各期間の変動ベクトル図(精密暦使用)。赤青の四角は上下変動を表す。赤丸は各期間の気象庁一元化震源 ($M \geq 2$, 深さ $\leq 20\text{km}$)。図1と同様のノイズ軽減処理を行なった。(a) 2020年11月16-25日から2021年3月3-12日まで(107日間)。(b) 2021年3月3-12日から6月5-14日まで(95日間)。

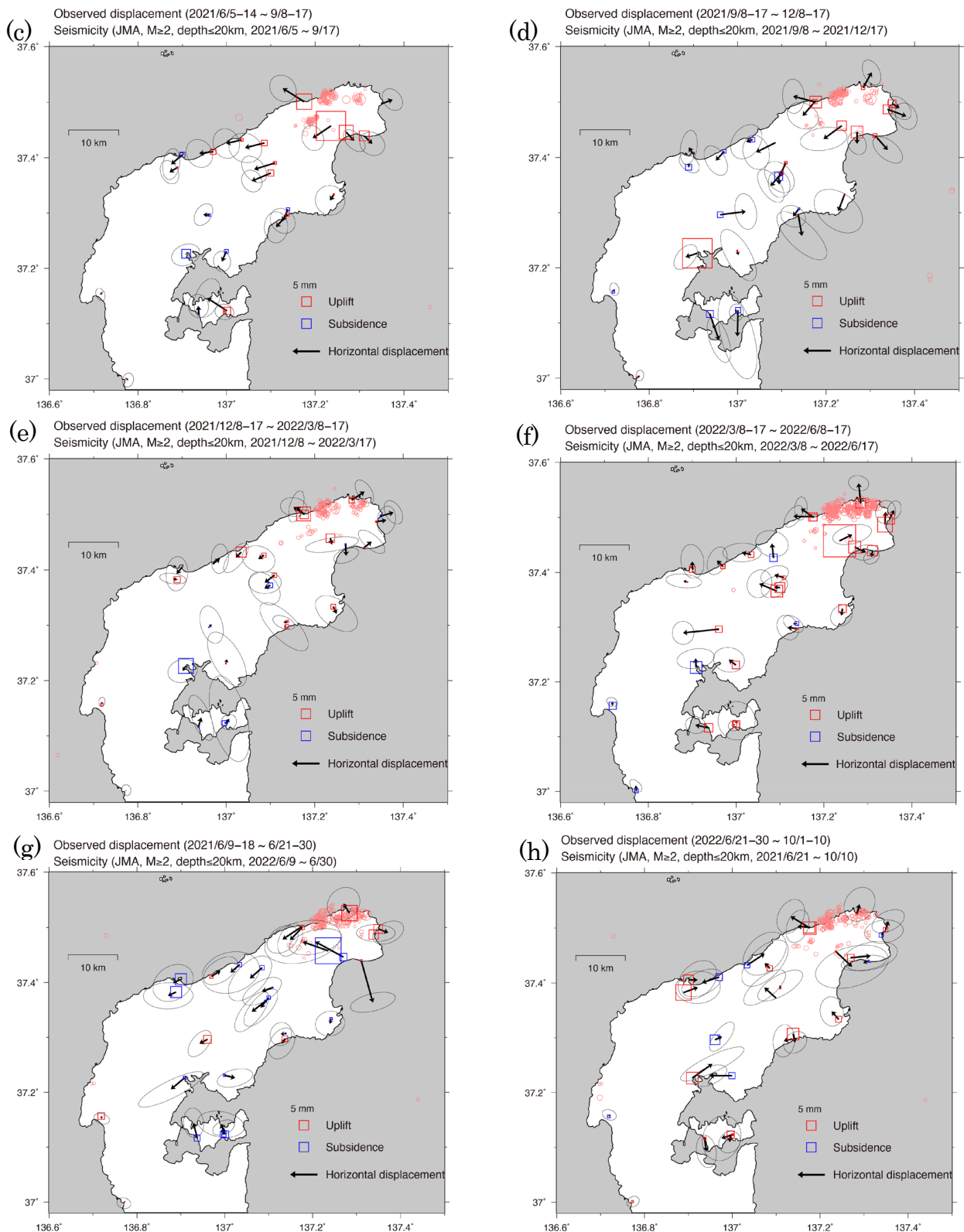


図2 (続き) (c) 2021年6月5-14日から9月8-17日まで(96日間)。(d) 2021年9月8-17日から12月8-17日まで(91日間)。(e) 2021年12月8-17日から2022年3月8-17日まで(90日間)。(f) 2022年3月8-17日から2022年6月8-17日まで(92日間)。(g) 2022年6月9-18日から2022年6月21-30日まで(12日間)。2022年6月19日 $M5.4$ の地震を含む期間。(h) 2022年6月21-30日から2022年10月1-10日まで(102日間)。

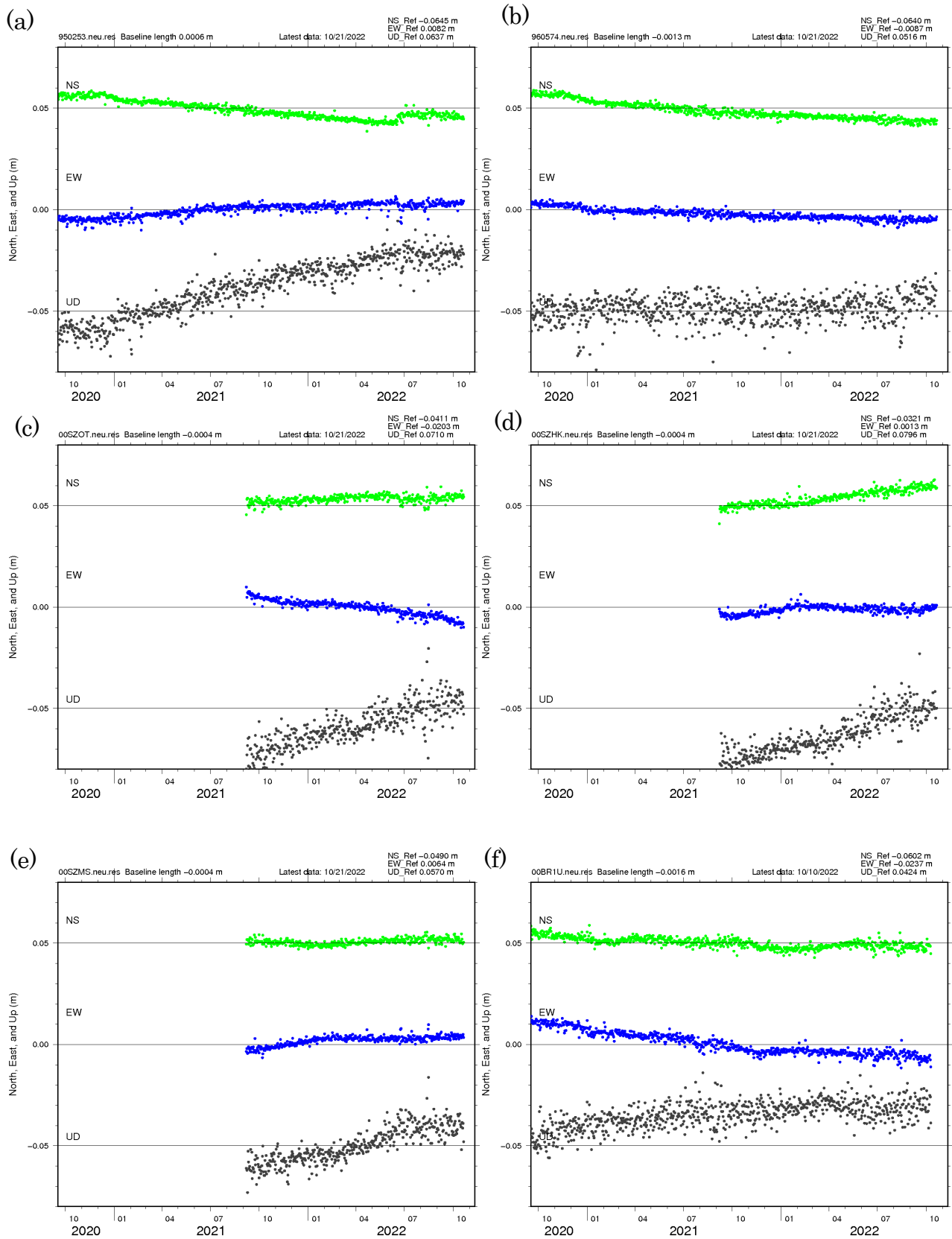


図3 各観測点の日座標値の時間変化（精密暦使用）。図1と同様のトレンド補正及びノイズ軽減処理を行なっている。各観測点の位置は図1b参照。(a) 0253。(b) 0574。(c) SZOT。(d) SZHK。(e) SZMS。(f) BR1U。

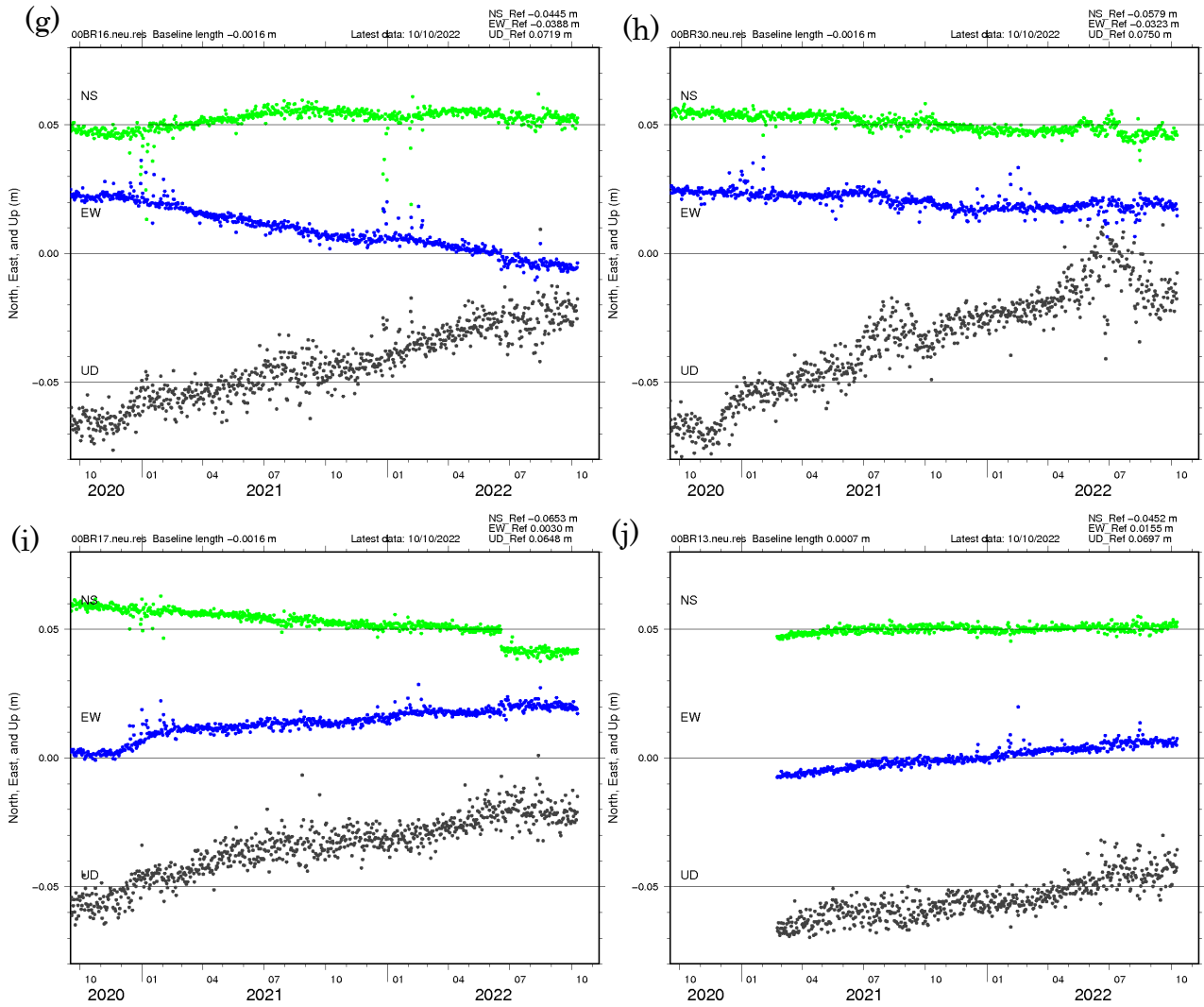


図3 (続き) (g) BR16。 (h) BR30。 (i) BR17。 (j) BR13。

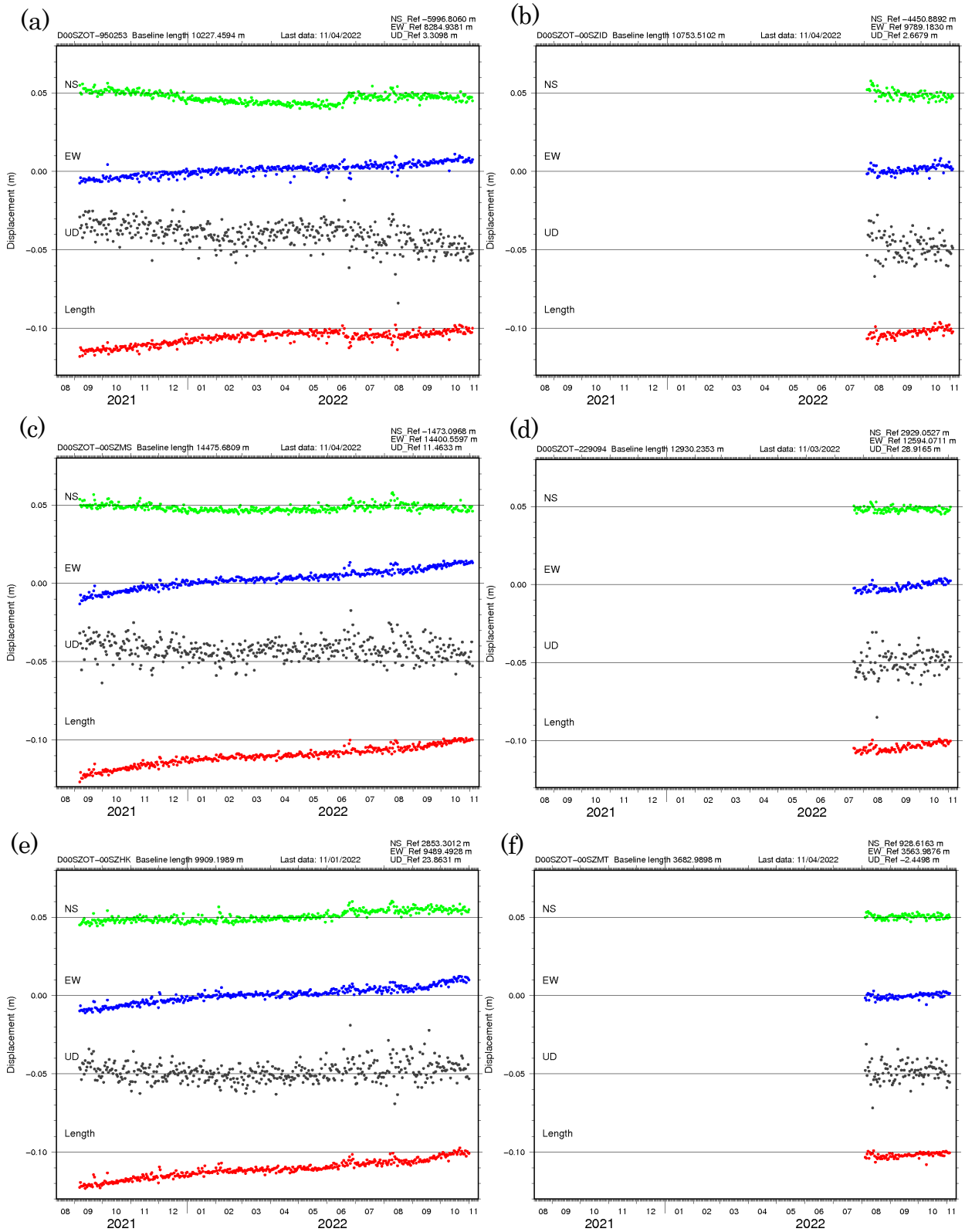


図4 各基線における日座標値の時間変化。速報暦に基づく日座標値を使用。トレンド補正及びノイズ軽減処理は行っていない。(a) SZOT-0253。(b) SZOT-SZID。(c) SZOT-SZMS。(d) SZOT-9094。(e) SZOT-SZHK。(f) SZOT-SZMT。

137.180°E 37.050°N Depth 9.0 km Length 5.0 km Width 3.0 km Strike 50°
 Dip 30° Rake 89° Slip 0.13 m, Open 0.11 m

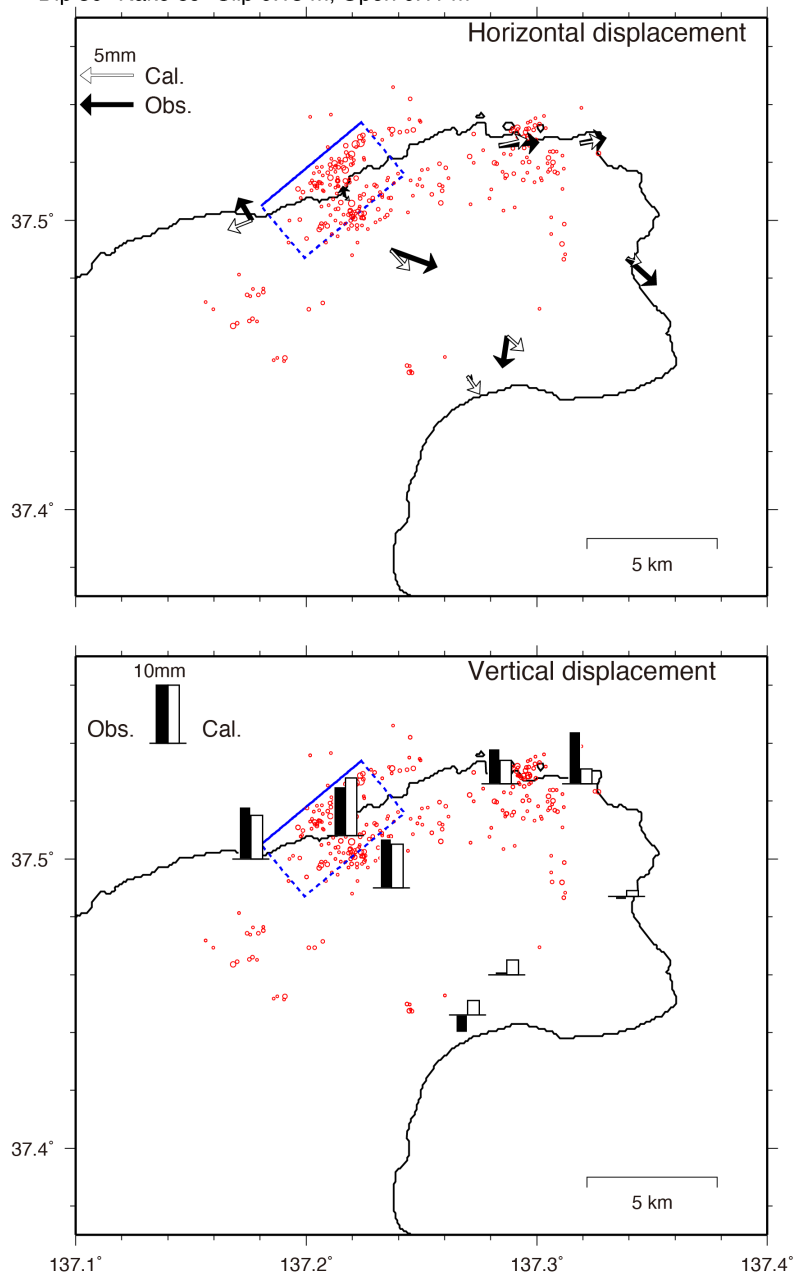


図5 2022年8月5-14日から10月15日-11月2日の約3ヶ月間の地殻変動に対する力源モデル。南東傾斜の断層が逆断層滑りと同時に開口することを仮定したモデル。断層滑りは、 M_w 5.1相当（剛性率を30GPaと仮定）。体積増加量は $1.6 \times 10^6 \text{m}^3$ 。上端深さは9km。