

6-5 能登半島の地殻変動 (2023 年 5 月) Crustal deformation in the Noto Peninsula (May 2023)

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
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.
College of Science and Engineering, Kanazawa Univ.
Graduate School of Science, Tohoku Univ.

能登半島の群発地震に伴う地殻変動について、ソフトバンク株式会社 (以下、ソフトバンク) が設置・運用している GNSS 観測網 (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。

2023 年 5 月 5 日の地震 (M6.5) 時には, 石川県珠洲市北部沿岸の観測点で隆起と西方向への地殻変動が観測された (第 1 図 b)。主な観測点での変動量は, SZHK で南西方向に約 6cm, 下方向に 18cm (隆起)。SZMT 観測点で西南西方向に約 10cm, 上下方向に 18cm (隆起)。BR13 観測点で北西方向に約 3cm, 上下約 3cm (隆起) となっている。

約 3 ヶ月間毎の変位のスナップショット (第 2 図) を見ると, 2022 年 6 月 19 日の M5.4 の地震以降 2023 年 5 月 5 日の M6.5 の地震までは, それ以前に比べて変動速度が低下する傾向にあった (第 2 図 h-j)。2022 年 9 月下旬から 2023 年 1 月上旬まで (第 2 図 i) は, 変動の中心が地震活動の活発な海岸線付近に位置しており, M6.5 の地震の直前の約 4 ヶ月以前 (第 2 図 j) においては, 能登半島北東部全体が北西方向に移動していたように見えるが, ノイズの影響も否定できないため検討が必要である。時系列データを見ても, 多くの観測点で変動は停滞する傾向にある (第 3 図, 第 4 図) が, 能登半島北岸に位置する観測点では地殻変動が継続していたように見える (第 3 図 b, d など)。

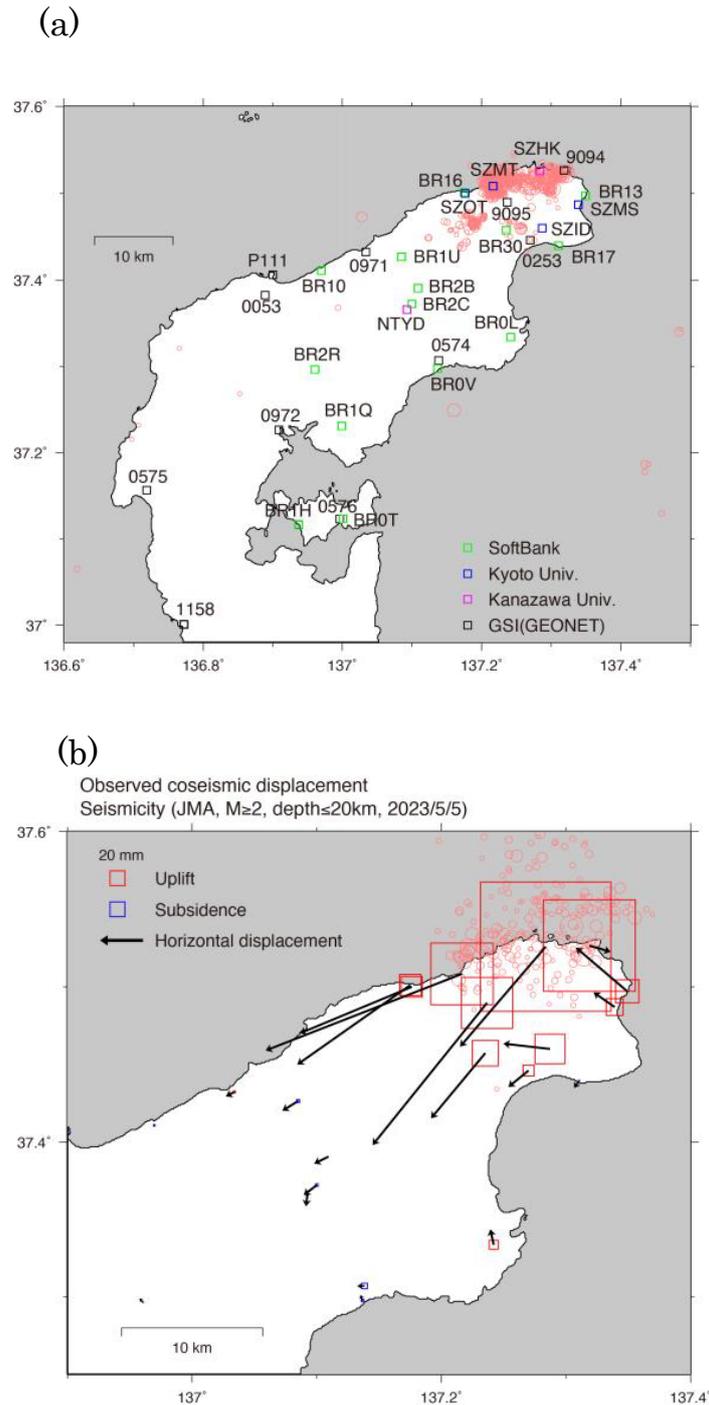
なお, 本資料では, 京都大学防災研究所において米国ジェット推進研究所 (JPL) の精密暦及び速報暦を用いて GipsyX Ver1.4 の精密単独測位法 (PPP) により計算した日座標値を用いた。

(西村卓也・平松良浩・太田雄策)

NISHIMURA Takuya, HIRAMATSU Yoshihiro, and OHTA Yusaku

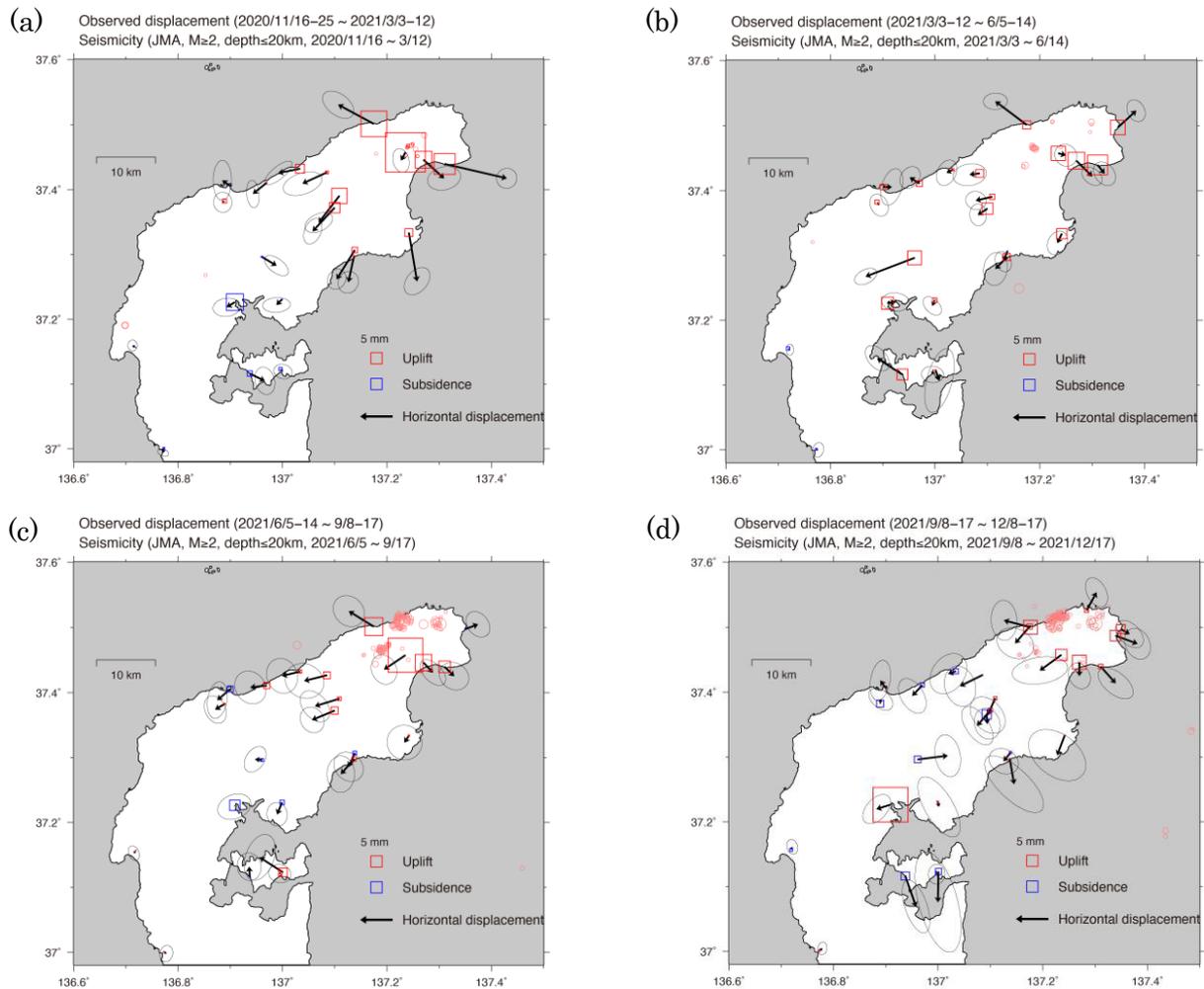
謝辞

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。観測及び解析には JSPS 科研費 JP22K19949 の助成及び文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第二次)」の支援を受けました。ここに記して感謝の意を表します。



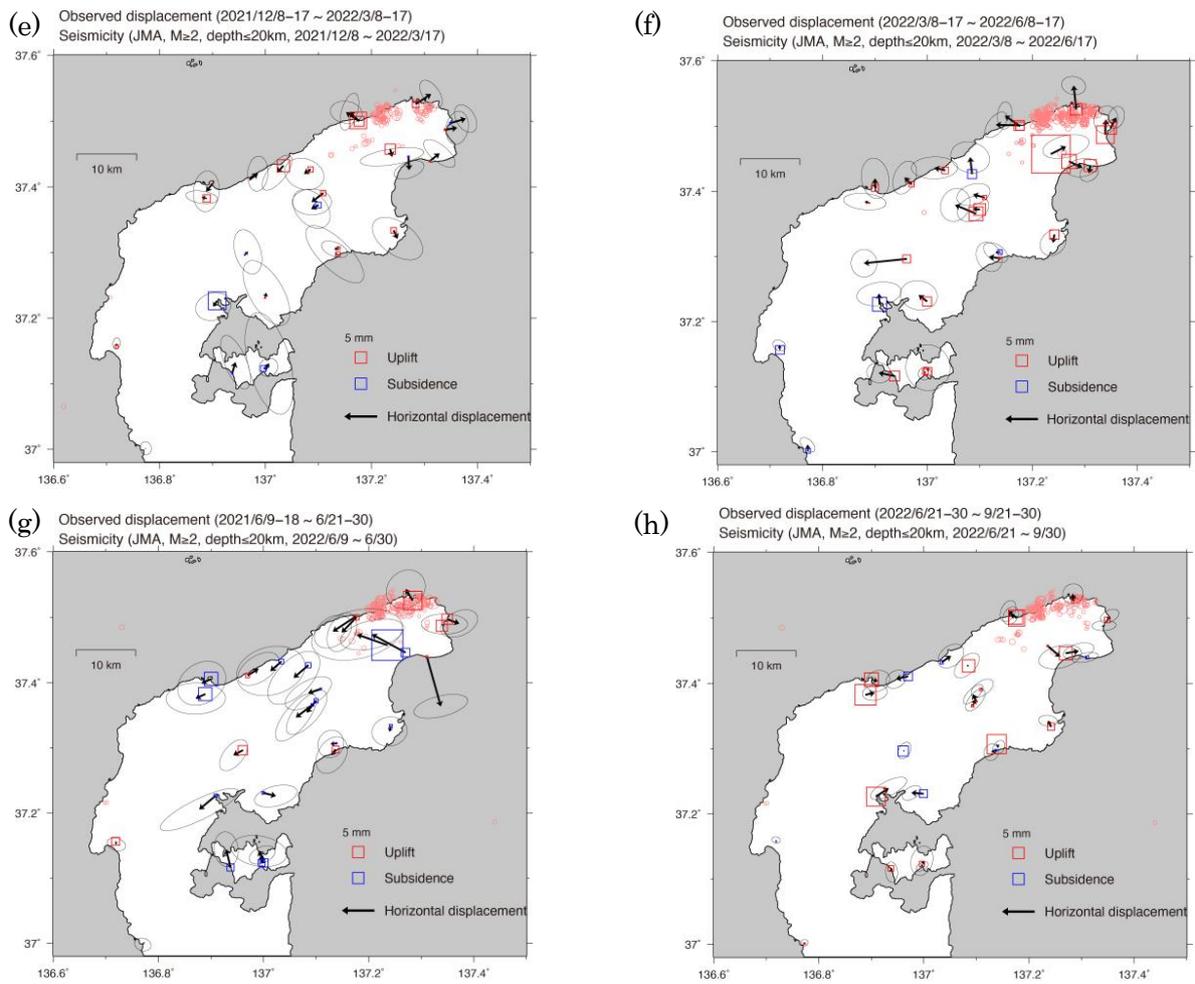
第 1 図 ソフトバンク，大学，国土地理院の GNSS 観測点統合解析結果。赤丸は気象庁一元化震源 ($M \geq 2$ ，深さ $\leq 20\text{km}$) を表す。(a) 解析に用いた GNSS 観測点の ID。BR から始まる観測点がデータ提供を受けたソフトバンクの観測点。SZOT, SZMS, SZMT, SZID 及び SZHK, NTYD は，それぞれ京大防災研と金沢大の観測点。P111 と数字 4 桁は，GEONET 観測点。(b) 2023 年 5 月 5 日の地震 ($M6.5$) に伴う地震時地殻変動ベクトル図 (速報暦使用，固定局 1158)。赤青の四角は上下変動を表す。

Fig. 1 Result of the combined analysis of SoftBank Corp., Universities, and GSI GNSS stations in the Noto Peninsula. Red dots represent epicenters of earthquakes ($M \geq 2$ and Depth $\leq 20\text{ km}$) determined by JMA. (a) Station ID of the GNSS stations. Stations with ID are operated by SoftBank. SZOT, SZMS, SZMT, and SZID are operated by Kyoto Univ. SZHK and NTYD are operated by Kanazawa Univ. (b) Coseismic displacement of the $M6.5$ earthquake on May 5, 2023 using the JPL rapid orbit. The reference station is GEONET 1158. Blue and Red rectangles represent vertical displacement.



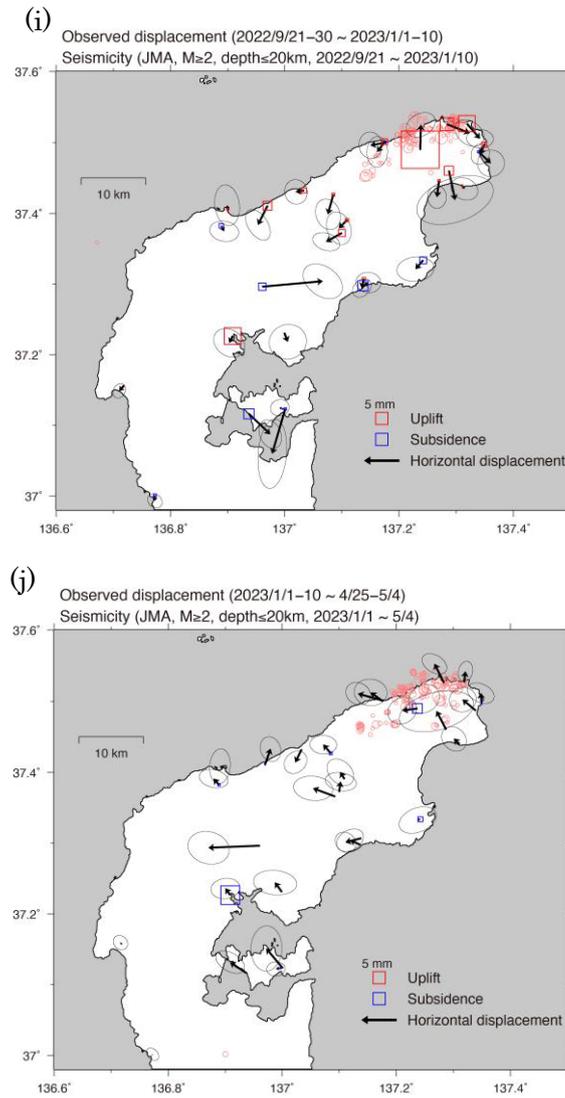
第 2 図 各期間の変動ベクトル図（精密暦使用）。赤青の四角は上下変動を表す。赤丸は図中に示した各期間の気象庁一元化震源 ($M \geq 2$, 深さ ≤ 20 km)。 (a) 2020 年 11 月 16-25 日から 2021 年 3 月 3-12 日まで (107 日間)。 (b) 2021 年 3 月 3-12 日から 6 月 5-14 日まで (95 日間)。 (c) 2021 年 6 月 5-14 日から 9 月 8-17 日まで (96 日間)。 (d) 2021 年 9 月 8-17 日から 12 月 8-17 日まで (91 日間)。

Fig. 2 Detrended crustal movement vectors at GNSS stations in each period. Blue and Red rectangles represent vertical displacement. Red dots represent epicenters of earthquakes ($M \geq 2$ and Depth ≤ 20 km) determined by JMA. (a) From December 1-10, 2020 to March 3-12, 2021 (107 days). (b) From March 3-12, 2021 to June 5-14, 2021 (95 days). (c) From June 5-14 to September 8-17, 2021 (96 days). (d) From September 8-17 to December 8-17, 2021 (91 days).



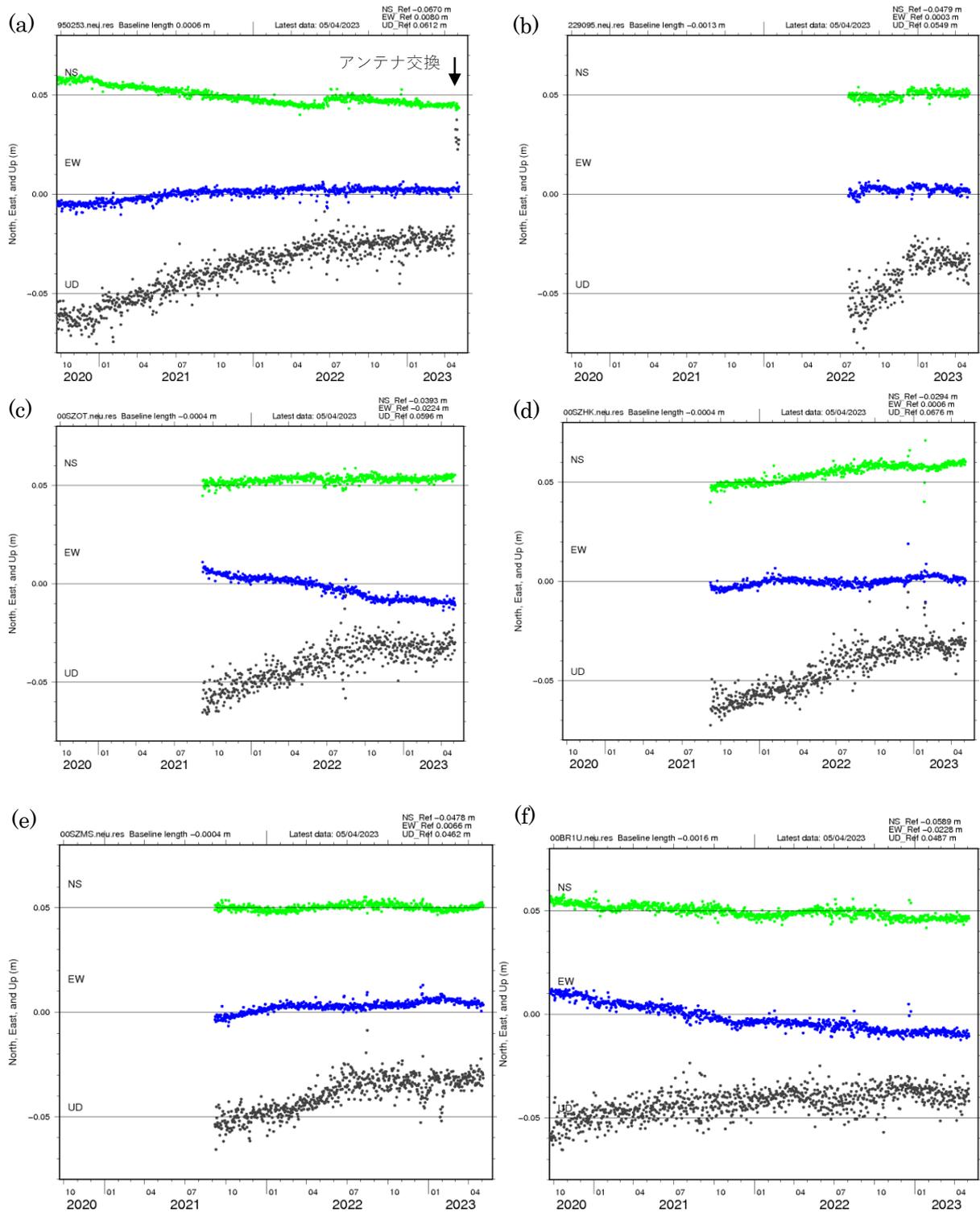
第 2 図 (続き) (e) 2021 年 12 月 8-17 日から 2022 年 3 月 8-17 日まで (90 日間). (f) 2022 年 3 月 8-17 日から 6 月 8-17 日まで (92 日間). (g) 2022 年 6 月 9-18 日から 6 月 21-30 日まで (12 日間). 2022 年 6 月 19 日 M5.4 の地震を含む期間. (h) 2022 年 6 月 21-30 日から 9 月 21-30 日まで (92 日間).

Fig. 2 (Continued) (e) From December 8-17, 2021 to March 8-17, 2022 (90 days). (f) From March 8-17 to June 8-17, 2022 (92 days). (g) From June 9-18 to June 21-30, 2022 (12 days including an M5.4 earthquake). (h) From June 21-30 to September 21-30, 2022 (92 days).



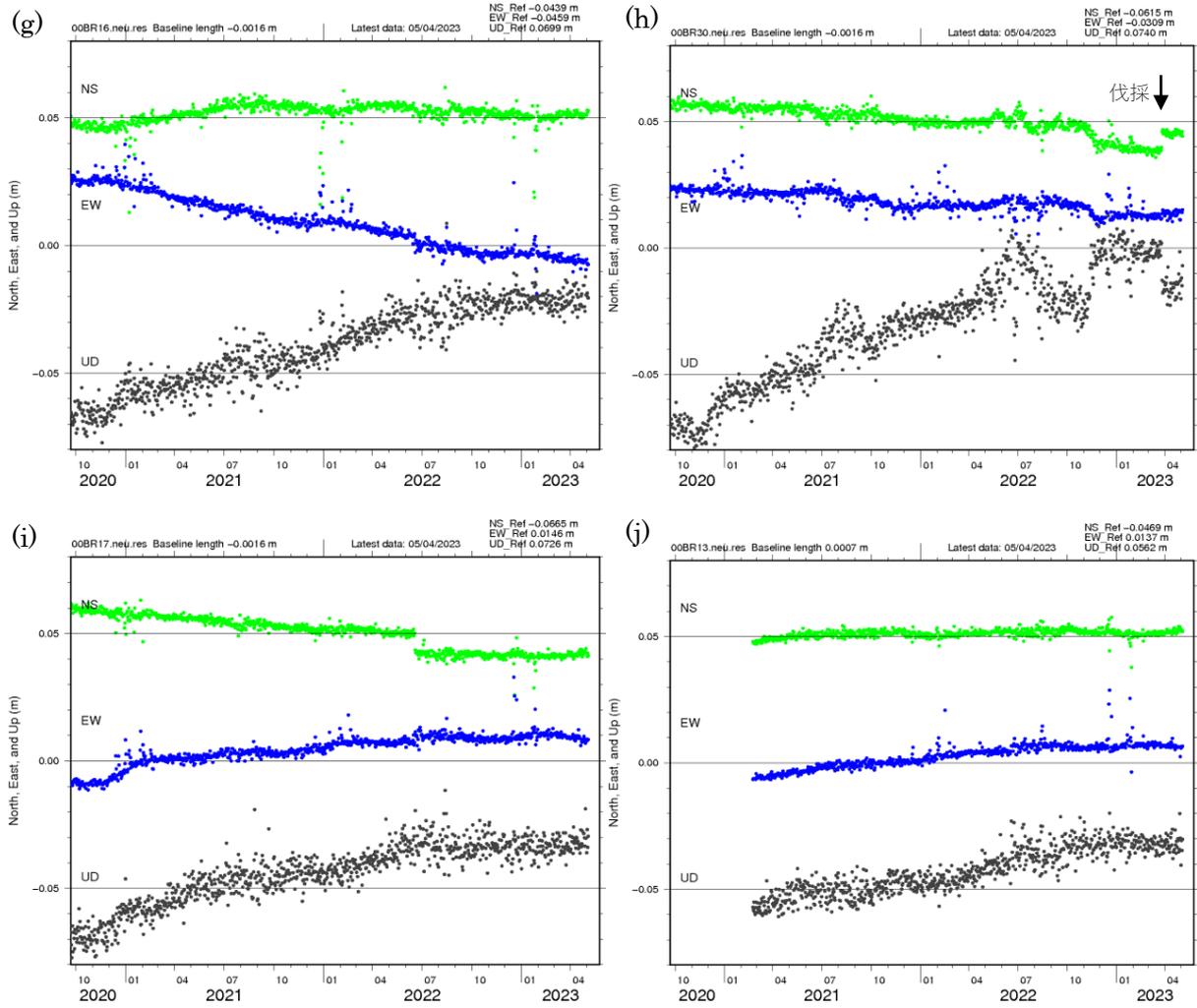
第 2 図 (続き) (i) 2022 年 9 月 21-30 日から 2023 年 1 月 1-10 日まで (102 日間). (j) 2023 年 1 月 1-10 日から 4 月 25-5 月 4 日まで (114 日間).

Fig. 2 (Continued) (i) From September 21-30, 2022 to January 1-10, 2023 (102 days). (j) From January 1-10 to April 25-May 4, 2023 (114 days).

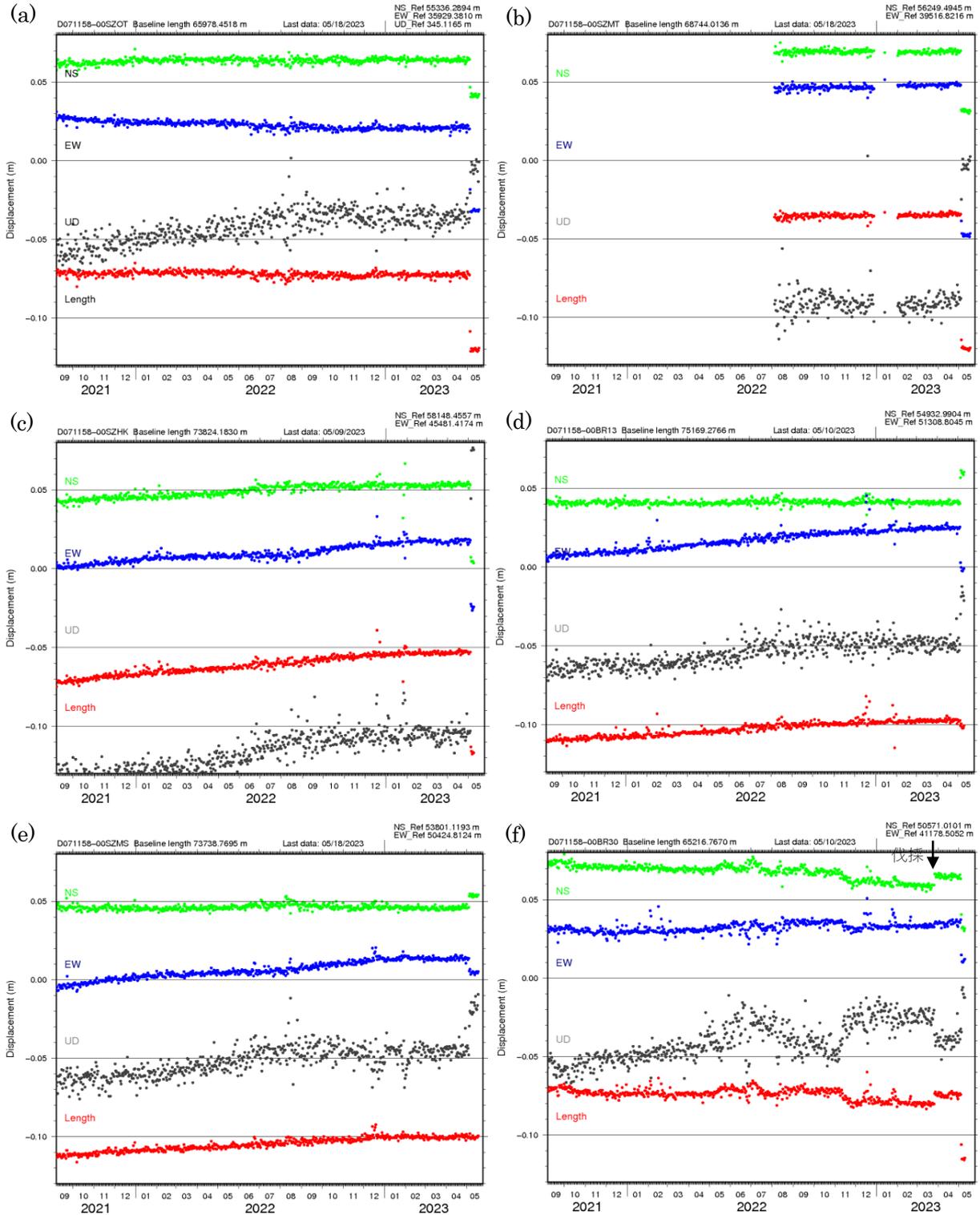


第 3 図 各観測点の日座標値変化（精密暦使用）。各観測点の位置は第 1 図 a 参照。(a)0253。(b)9095。(c)SZOT。(d)SZHK。(e)SZMS。(f)BR1U。

Fig. 3 Daily GNSS coordinate of selected stations calculated using the JPL final orbit. Refer to Fig. 1(a) for station locations. (a)0253. (b)9095. (c)SZOT. (d)SZHK. (e)SZMS. (f)BR1U.



第 3 図 (続き) (g)BR16. (h)BR30. (i)BR17. (j)BR13.
 Fig. 3 (Continued) (g)BR16. (h)BR30. (i)BR17. (j)BR13.



第 4 図 各基線における日座標値変化。速報暦に基づく日座標値を使用。2023 年 5 月 5 日の地震 (M6.5) に伴うステップが各基線に認められる。トレンド補正及びノイズ軽減処理は行っていない。(a) 1158-SZOT. (b) 1158-SZMT. (c) 1158-SZHK. (d) 1158-BR13. (e) 1158-SZMS. (f) 1158-BR30.

Fig. 4 Daily GNSS coordinate of selected baselines calculated using the JPL rapid orbit. A step associated with the M6.5 earthquake is recognized for each baseline. Pre-event trend correction and noise reduction are not applied. (a)1158-SZOT. (b)1158-SZMT. (c)1158-SZHK. (d)1158-BR13. (e)1158-SZMS. (f)1158-BR30.