

11 - 6 GNSS 統合解析による能登半島における地震活動に伴う地殻変動 Crustal deformation of an earthquake activity in the Noto Peninsula, based on combined analysis of multiple GNSS observation networks

西村卓也 (京都大学防災研究所)

平松良浩 (金沢大学理工研究域)

太田雄策 (東北大院理学研究科)

Takuya NISHIMURA (Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.)

Yoshihiro HIRAMATSU (Institute of Science and Engineering, Kanazawa Univ.)

Yusaku OHTA (Graduate School of Science, Tohoku Univ.)

1. はじめに

2020 年 12 月頃から活発化した能登半島の地震活動に伴い、能登半島北東部の GNSS 観測点 (国土地理院 GEONET) において非定常地殻変動が観測された。京大防災研と金沢大では、非定常地殻変動を詳細に観測するため 2021 年 9 月から能登半島北東部に臨時 GNSS 観測点を設置するとともに、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社からソフトバンク独自基準点のデータ提供を受けて、能登半島北東部での非定常地殻変動の詳細分布を明らかにしてきた。2024 年 1 月 1 日に発生した令和 6 年能登半島地震 (M7.6) の地震時および地震後地殻変動についても、これらの GNSS 観測データにより、震源域直上での地殻変動や余効変動が観測されている。本稿では、観測された地殻変動とその解釈の概要を述べる。

2. 地殻変動とその解釈

2020 年 12 月頃から始まった非定常地殻変動は、バースト的な地震活動とほぼ同期して始まっているが、その後の時間経過は地震活動のそれとは異なっている。地震活動は当初散発的な活動であったのが、2021 年 5 月頃から連続的な活動となり、地震発生数も大きく増加していった。一方、非定常変動は 2020 年 12 月当初の変動速度が一番大きく、その後は徐々に変動速度が低下し、2023 年 5 月 5 日の M6.5 の地震以降は、変動速度がかなり小さくなっていった。このような非定常地殻変動の原因は、地下深部からの流体の上昇とそれに誘発された非地震性すべりと考えられる (Nishimura et al., 2023)。群発地震の震源域の南部から上昇してきた流体が深さ 16km 程度に蓄積し、それがこの地域に由来からあった断層帯を通じてさらに浅部や北側へ拡散する過程において、地震発生深度の下限よりも深い場所では主に非地震性すべりを誘発し、下限よりもやや浅い場所では群発地震を引き起こしたと考えられる。流体の体積増加や非地震性すべりによる応力変化が、それ以前に応力の十分蓄積されていた能登半島北岸の活断層のすべりを促進したことや、流体自体が活断層の浅部へと移動拡散して、間隙流体圧の上昇による断層の強度低下を引き起こすこと (例えば、Kato, 2023) によって、令和 6 年能登半島地震 (M7.6) が発生したと考えられる。

GNSS 観測点での M7.6 の地震時地殻変動は最大 2m を超える西向き水平変位が卓越しているが、珠洲市北岸の観測点では北向き成分が大きい (第 1 図 a)。地震時隆起量は、輪島市西部と珠洲市北西部の観測点で 1.9m と最大であった。地震後の地殻変動のパターンは地震時と似ているが、能登半島北部の全域が沈降している点と震源域西部の一部の観測点で南東向きの水平変位が見られる点で異なる (第 1 図 b)。余効変動の主なメカニズムとして、断層の余効滑りとマントルや下部

地殻の粘弾性緩和などが知られているが、能登半島北部の沈降や南東向きの水平変位は余効滑りだけでは再現が難しく、粘弾性緩和と余効滑りの両方を考慮したモデル化が必要であることが示唆される。

能登半島で発生した一連の群発地震から大地震に至った過程は、稠密な GNSS 観測によって、その地殻変動がかつてないレベルで明らかになった事象である。我が国の地殻変動の基盤観測網である国土地理院の GEONET の平均観測点間隔は約 20km であるが、地殻内に変動源があるような現象の場合は、それに伴う地殻変動は局在化するため、そのモニタリングにはより稠密な地殻変動観測が望まれる。現在では、ソフトバンク独自基準点のような民間の GNSS 観測点網も構築されていることから、複数の稠密観測網を統合した GNSS 解析を行うことは地殻内での現象に対する検知能力を向上し、そのメカニズムを解明するために重要である。

(京都大学防災研究所 西村卓也)

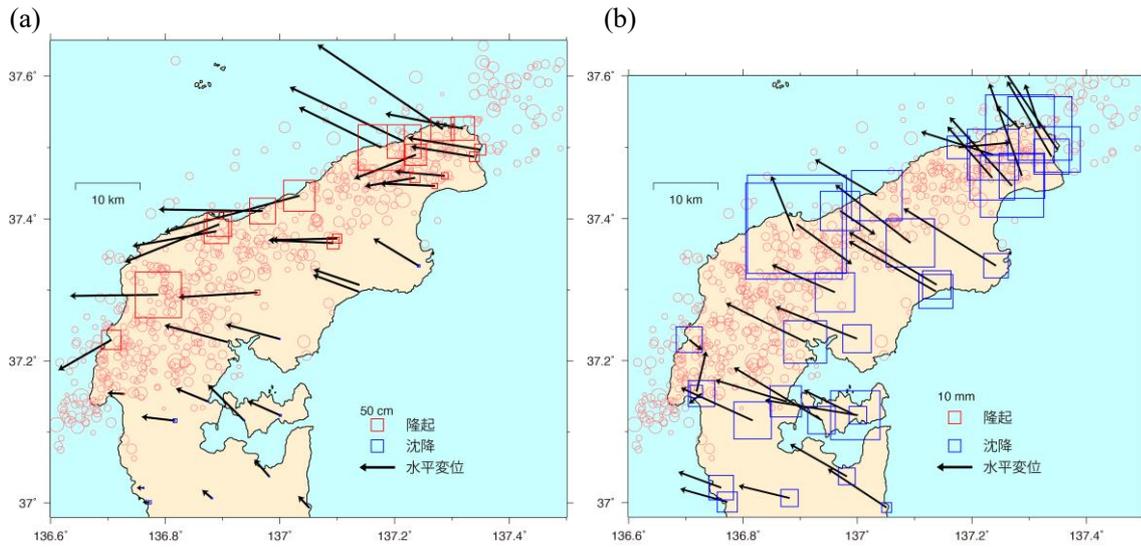
NISHIMURA Takuya

謝辞

本発表の地殻変動に関する部分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と 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、能登町、奥能登国際芸術祭実行委員会、輪島市、志賀町、北陸電力株式会社、日本海発電株式会社にお世話になりました。本研究は、JSPS 科研費 JP22K19949, JP23K17482 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。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Nishimura, T., Y. Hiramatsu, and Y. Ohta (2023), Episodic transient deformation revealed by the analysis of multiple GNSS networks in the Noto Peninsula, central Japan, *Scientific Reports*, **13**, 8381, doi:10.1038/s41598-023-35459-z.
- 2) Kato, A. (2023), Implications of fault-valve behavior from immediate aftershocks following the 2023 Mj6.5 earthquake beneath the Noto Peninsula, central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **51**(1), doi:10.1029/2023gl106444.



第 1 図 ソフトバンク独自基準点を含む GNSS 統合解析によって得られた令和 6 年能登半島地震 (M7.6) の地震時地殻変動 (a) と地震後地殻変動 (b)。赤丸は 1 月 1 日に発生した地震の震央 (気象庁による) を表す。(a) 2023 年 12 月 22-31 日と 2024 年 1 月 22-31 日 (1 点のみ 2 月 9-18 日) の日座標値から計算した地震時地殻変動。(b) 対数関数フィッティングによって得られた地震後 32 日間の地殻変動。

Fig. 1 Coseismic and postseismic displacements of the 2024 M7.6 Noto Peninsula earthquake based on combined analysis of multiple GNSS observation networks including one operated by SoftBank Corp. (a) Coseismic displacement calculated from the difference of daily position averages between December 22-31, 2023 and January 22-31, 2024 (b) Postseismic displacement for 32 days after the earthquake by fitting a logarithmic function.