

11 - 9 能登半島北東部の群発地震活動と流体

Earthquake swarms' activity and fluid in the northeastern Noto Peninsula

金沢大学

Kanazawa University

能登半島北東部の珠洲市周辺では 2018 年 6 月頃から地震数が増加し、2020 年 12 月頃から地震活動の活発化と局所的な非定常地殻変動が観測され、2023 年 5 月 5 日に M6.5（最大震度 6 強）の地震が発生し、群発地震活動が継続する中で、2024 年 1 月 1 日に M7.6（最大震度 7）の地震が発生した。

群発地震の活動域は 4 つのクラスター（発生順に南、西、北、東）から成る。西、北、東クラスターの地震の震源分布は主に南東傾斜の複数の面を成し、拡散的な震源移動が確認された^{1),2)}。これらのクラスターでは逆断層型の震源メカニズムが卓越し、南東傾斜の断層面に流体が浸透し、広域応力場の下で地震が発生したと考えられる³⁾。静的応力降下量は断層面浅部先端部の地震で大きく、間隙水圧の違いを反映している可能性がある⁴⁾。南クラスターの地震活動は、他クラスターより速い拡散速度の震源移動や円環状の震源分布が特徴的であり、大量の流体が過去の火山活動時の構造を使って深部から間欠的に上昇し、南東傾斜の断層へ浸透し、地震活動が活発化したと考えられる^{1),2)}。南クラスターの震源メカニズム解は正断層型や横ずれ型を示し、広域応力場では動きにくい断層面に高間隙圧の流体が浸透し、局所的な応力場の下での地震発生が示唆される³⁾。2023 年の M6.5 の地震は、それ以前の東クラスターの活動域の浅部端を震源とし、珠洲沖セグメントとは異なる伏在断層で起こった^{5),6)}。M7.6 の地震の震源は、精密震源決定結果から、東クラスターと西クラスターを繋ぐ伏在断層面上に本震震源が位置することが明らかとなった⁷⁾。

局所的な非定常地殻変動は、南クラスターと他のクラスター間の地震空白域に位置する南東傾斜の低角な断層での開口またはせん断開口（逆断層型スロースリップを伴う）が変動源であり、深部から上昇した流体が南東傾斜の断層帯に浸透し、その深部で非地震性の断層運動を起こし、それに伴う歪変化により断層帯浅部では断層運動を促進する力が働き、群発地震活動の活発化が生じた⁸⁾。

南クラスターの 15 km 以深には地震波速度構造の高 VP/VS、高 VP、低 VS 領域や低比抵抗領域が確認され、流体の存在が示唆される^{9),10)}。また、群発地震活動域の西側には高速度岩体の存在が推定され、過去の火山活動の固化したマグマが流体の浸透を妨げていた可能性が指摘されている¹¹⁾。

この地震の震源域では重力値の減少が観測され、M6.5 の地震前の流体蓄積量⁸⁾の約 1 割が浅部へ上昇したと考えられる¹²⁾。同様の重力値の減少は M7.6 の地震前後でも確認されている。温泉成分分析結果から、南クラスター周辺での高いヘリウム同位体比 ($3\text{He}/4\text{He}$) はマントル起源の流体の寄与を示し、その時間変動は歪変化による帯水層の岩石からの脱ガスによるものと考えられる¹³⁾。

M7.6 地震後は余効変動や余震活動以外の顕著な活動は群発地震活動域で見られない。群発地震活動を引き起こしていた流体は、少なくとも現在、局所的な地殻変動や地震活動を生じさせない平衡状態にある可能性が考えられる。

(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 平松 良浩)

Faculty of Geosciences and Civil Engineering, Institute of Science and Engineering, Kanazawa University,
HIRAMATSU Yoshihiro

謝辞

本報告の成果は主として、科学研究費助成事業（特別研究促進費）「能登半島北東部において継続する地震活動に関する総合調査」（22K19949）および「2023 年 5 月 5 日の地震を含む能登半島北東部陸海域で継続する地震と災害の総合調査」（23K17482）により得られました。調査観測では現地の方々にご協力いただきました。記して感謝します。

参考文献

- 1) Amezawa et al. (2023), *Geophys. Res. Lett.*, **50**, e2022GL102670, Long-living earthquake swarm and intermittent seismicity in the Northeastern tip of the Noto Peninsula, Japan.
- 2) Yoshida et al. (2023), *J. Geophys. Res.*, **128**, e2022JB026047, Upward earthquake swarm migration in the northeastern Noto Peninsula, Japan, initiated from a deep ring-shaped cluster: Possibility of fluid leakage from a hidden magma system.
- 3) Takano et al. (2024), *Earth Planets Space*, **76**, 151, The role of fluids in earthquake swarms in northeastern Noto Peninsula, central Japan: insights from source mechanisms.
- 4) Fukuoka et al. (2024), *Earth Planets Space*, **76**, 125, Linking the spatiotemporal distribution of static stress drops to source faults in a fluid-driven earthquake swarm, northeastern Noto Peninsula, central Japan.
- 5) Yoshida et al. (2023) *Geophys. Res. Lett.*, **50**, e2023GL106023, Updip fluid flow in the crust of the northeastern Noto Peninsula, Japan, triggered the 2023 Mw 6.2 Suzu earthquake during swarm activity.
- 6) Kato (2024), *Geophys. Res. Lett.*, **51**, e2023GL106444, Implications of fault-valve behavior from immediate aftershocks following the 2023 Mj6.5 earthquake beneath the Noto Peninsula, central Japan.
- 7) Yoshida et al. (2024), *Geophys. Res. Lett.*, **51**, e2024GL110993, Role of a hidden fault in the early process of the 2024 Mw 7.5 Noto Peninsula earthquake.
- 8) Nishimura et al. (2023), *Scientific Reports*, **13**, 8381, Episodic transient deformation revealed by the analysis of multiple GNSS networks in the Noto Peninsula, central Japan.
- 9) Okada et al. (2024), *Earth Planets Space*, **76**, 24, Shear wave splitting and seismic velocity structure in the focal area of the earthquake swarm and their relation with earthquake swarm activity in the Noto Peninsula, central Japan.
- 10) 吉村・他 (2024), 2024 年能登半島地震震源域周辺の 3 次元比抵抗構造, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, U15-P56.
- 11) Takagi et al. (2025), *Science Adv.*, **11**, eadv5938, Rupture of solidified ancient magma that impeded preceding swarm migrations led to the 2024 Noto earthquake.
- 12) Tanaka et al. (2025), *Earth Planets Space*, **77**, 32, A possibility of fluid migration due to the 2023 M6.5 Noto Peninsula earthquake suggested from precise gravity measurements.
- 13) Kagoshima et al. (2025), *Nature Comm.*, in press, Helium isotope anomaly in groundwater prior to the 2024 Noto Peninsula earthquake.