

2. 能登半島北東部の継続的地震活動と 2023 年 5 月の M6.5 の地震

石川県能登半島の北東端部 (図 1a) では、2020 年末頃から地震活動度が急激に増加しており、2022 年 6 月 19 日にもマグニチュード (M) 5.4 の地震が発生したことから、地震活動の推移に注目が集まっていた。2022 年度には科学研究費助成事業 (特別研究促進費) による総合調査および地震・火山噴火予知研究協議会からの各課題への追加予算により、その発生原因を調べる研究が進められていた。その中で 2023 年 5 月 5 日に、この領域で M6.5 の地震が発生し、石川県珠洲市では震度*6 強を観測、各地で被害も生じた。この地震の震源*は、それまでの地震活動域の北端部付近に位置している。地震波形を用いたすべり分布の推定によると、その主破壊域は震源よりも更に北側、これまでの地震活動域から連続する面構造の浅部延長に位置する (図 1b, d)。

これまでの研究から、一連の地震活動が発生する原因を知るための手がかりとして、2 点の特筆すべき観測結果が挙げられる。1 点目は、この地震活動中にみられた微小地震の発生位置の移動である (Amezawa et al., 2023; Yoshida et al., 2023)。高精度震源再決定の結果から、2023 年に発生した M6.5 の地震発生より前の期間では、地震活動の群発的な特徴が強く表され、複数の地震発生集中域に分かれて地震が発生していることが明らかとなった。またこの地震活動では、地震の発生場所が深部から浅部に移動していく傾向が見られた (図 1c, d)。この微小地震の移動が、地殻*内で複雑に入り組む複数の面構造を用いて、ゆっくりと生じていたことを示している (Yoshida et al., 2023)。このようなゆっくりとした微小地震の震源の移動は、自然の群発地震*活動や注水実験からもしばしば報告されており、流体の移動や非地震性すべり*の伝播に起因すると考えられている。今回報告された面構造を用いた地震発生域の深部から浅部への移動は、特に 2011 年東北地方太平洋沖地震 (東北沖地震) 後に東北日本内陸部のいくつかの領域で誘発された地震活動とよく似ている。これらの地震活動の発生は、様々な状況証拠から、深部から浅部へ向かう流体の移動が影響した可能性が示唆される。この地域の地殻深部に流体が存在していたことは、地震活動域深部における地震波低速度域や S 波反射面の存在からも示唆されている (図 1, Yoshida et al., 2023; Nakajima, 2022)。

特筆すべき観測結果の 2 点目は、群発地震活動中に観測された顕著な地殻変動である (Nishimura et al., 2023)。この水平変位の向きが群発的な地震活動域を中心とした放射状になっていること、単純な断層運動だけでは説明できないことから、今回の群発地震活動と密接に関わっていることが強く示唆されていた。そのような大きな変位が地殻内の群発地震活動時に広域的に観測されることは珍しいものの、過去には 1965 年に始まった松代の群発地震時にも同様の報告があった。その際には、地下水の湧出や既存の温泉水の増加も観測され、“水噴火説” と呼ばれる、火山のマグマ*が果たす役割を地下水が代わりに演じることで、一連の変動が生じたとする考えが提案されており (中村, 1971)、今回の地震活動の発生もこのような地殻内の流体の上昇が関与していた可能性がある。なお、近年世界的に流

体が断層に貫入*した際に生じる非地震性すべりの影響に注目が集まっており、今回の地表変位の成因には、そのような非地震性すべりの影響も含まれていたかもしれない。

2023年5月5日に発生したM6.5の地震は、2022年6月19日に発生したM5.4の地震の余震の震源が分布する面構造の最浅部付近で開始し、更にその浅部側で大すべりを生じた(図1b, d)。このことは、2023年5月5日のM6.5の地震が、地殻深部から既存の断層帯を通ってきた流体の上昇と、それに誘発された非地震性すべりに伴う地殻の変形により引き起こされたことを想起させる。この地震の主破壊域の北東側では、1993年にM6.6の地震が発生している。しかしながら、その震源域*は陸上の観測点から離れているため、震源の深さの推定精度が悪く、現在の地震活動との3次元的位置関係は明確ではない。2023年5月5日のM6.5の地震後の地震活動の多くは、同じ面構造の浅部延長(北部側)で発生しているように見える。この地震時の断層破壊により、更に浅部の領域へ流体が供給されるようになった可能性が考えられる。

能登半島の地震活動

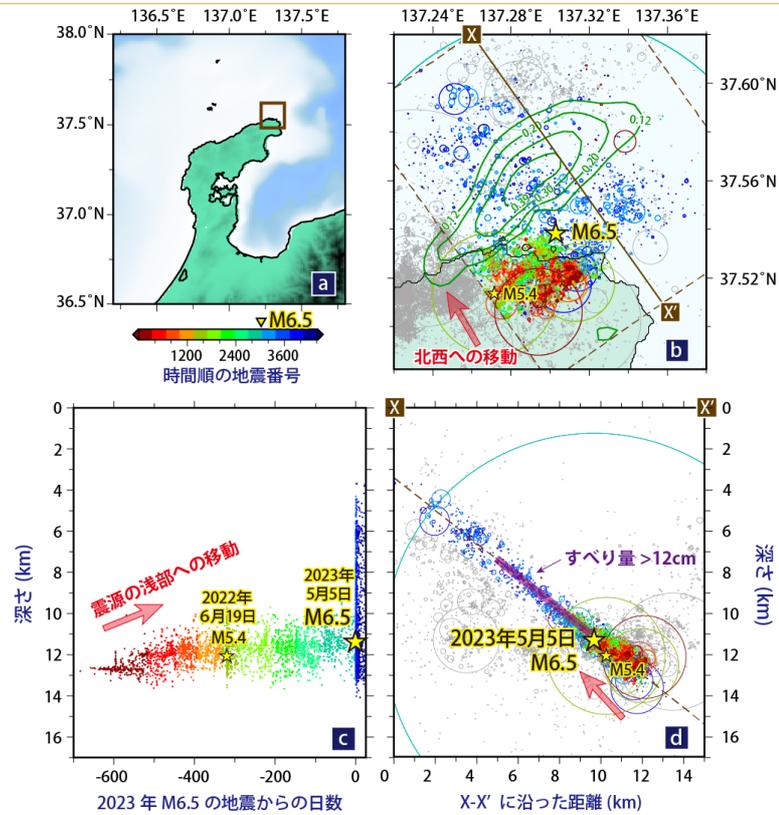


図 1. 能登半島の地震活動。能登半島の北東端部の地震活動について、震源分布を調べると、2023 年 M6.5 の地震前に浅部への移動がみられた。一連の地震活動の発生には地殻内流体*の上昇が関与していた可能性が示唆される。(a) 解析領域。(b) 震央*分布と 2023 年 M6.5 地震の地震時すべり分布 (緑のコンター。単位は m)。丸の大きさは断層のサイズに相当する。M6.5 地震の震源を含む面構造内 (d の破線から 1 km 以内) で発生した地震の発生順をカラースケールで表している。(c) 地震の発生時と震源の深さとの関係。M6.5 地震の震源を含む面構造内で発生した地震のみを示す。(d) 震源の断面図。測線の位置と範囲は、それぞれ (b) の実線と点線により示される。紫の線で M6.5 地震の主破壊域 (すべり量 ≥ 0.12 m の範囲)を表す (Yoshida et al., 2023 をもとに作成)。