

11 - 3 能登半島北部周辺海域の活断層と沿岸の隆起痕跡

Offshore active faults and uplift traces along the northern coast of the Noto Peninsula

産業技術総合研究所 宍倉正展・岡村行信

Geological Survey of Japan/AIST, Masanobu SHISHIKURA, Yukinobu OKAMURA

1. はじめに

令和 6 年 (2024 年) 能登半島地震 (M7.6) は、能登半島北部周辺海域に延びる海底活断層を震源として発生したと推定される地殻内地震である¹⁾。能登半島では 2007 年にも半島西部沖の海底活断層を震源とする M6.9 の地震があり、産業技術総合研究所 (産総研) では当時から能登半島周辺海域での活断層調査や海岸地形の調査を行ってきた^{2,3)}。2024 年能登半島地震の震源となった活断層やこの地震に伴う海岸の隆起は、これまで産総研が蓄積してきた調査データやそこから想定される現象と概ね整合している。ここでは海底活断層と海岸隆起について、地震前から明らかになっていた知見と今回の地震で生じた現象との関係について紹介する。

2. 海底活断層について

能登半島北部周辺海域では、エアガン及びブーマーを震源とする反射探査が行われていた。それらの反射断面に基づいて、輪島市門前町の南西沖から珠洲市禄剛崎の北東沖まで、完新世に活動履歴を持つ南東傾斜の逆断層が約 140 km にわたって断続的に分布することが明らかになっていた^{2,4)} (第 1 図)。そのうち門前町から南西の約 20 km は 2007 年能登半島地震で破壊していた⁵⁾。2024 年能登半島地震の発生前は、門前町付近から北東へ連続する長さ 100 km 弱の南東傾斜の逆断層が今後地震を起こしうる活断層と考えられ、長さ 25 ~ 45 km の 3 つのセグメントに区分されていたが²⁾、それら全体が同時に破壊する可能性を考慮した津波の想定も行われていた⁶⁾。2024 年能登半島地震後の地震活動は事前に想定されていた 100 km 弱の断層だけでなく、その両側に全体として長さ約 150 km に広がった。南西側の広がりには南東傾斜に逆断層の分布域までであるが、北東側は北西傾斜の逆断層にまで達した (第 1 図)。一方、地殻変動や津波インバージョンから推定される断層モデル^{7,8)}も 100 km 弱の南東傾斜の断層をやや超える可能性がある。ただし、実際に発生した津波の規模は概ね想定内であった。

3. 海岸隆起と海成段丘について

2024 年能登半島地震は大きな地殻変動を伴い、海岸で顕著な隆起現象が生じた。国土地理院による陸域観測技術衛星「だいち 2 号」の観測データ (原初データ JAXA 所有) の 2.5 次元解析結果では、半島西部で最大約 4 m の隆起が報告され⁹⁾、地震直後の現地調査でも確認された^{10, 11)}。輪島市門前町鹿磯ではこの隆起によって波食棚の離水が生じ、海成段丘の形成も認められた (第 2 図 a)。

能登半島北部沿岸では完新世に形成されたと考えられる海成段丘 (低位段丘) の存在が地震前から明らかになっており (第 2 図 b)³⁾、その分布域は今回の地震によって海岸の離水現象がみられた範囲¹²⁾とほぼ一致する。低位段丘は少なくとも 3 面 (高位から L1 ~ 3 面) に区分され、過去に段丘を形成するような隆起が千~数千年間隔で少なくとも 3 回生じたと考えられる。またそれらの高度分布は、今回の地震による隆起パターンと調和的である (第 3 図)。したがって見かけ上、今

回の地震と同様の地殻変動を伴う地震がくり返し生じていたことを示している。

一方で能登半島では、2007 年の地震(M6.9)や 2023 年の地震(M6.5), さらに 1729 年の歴史地震(推定 M6.6–7.0) も記録されているが、いずれも隆起量は数 10 cm 程度と小さく、その範囲は海底活断層の各セグメント内に収まっており、段丘も形成されていない。これは地震の階層性を示していると考えられ、今回の地震はセグメントが連動することでマグニチュード 7 後半に達する規模になり、海岸が大きく隆起したことがわかる。

4. 今後に向けて

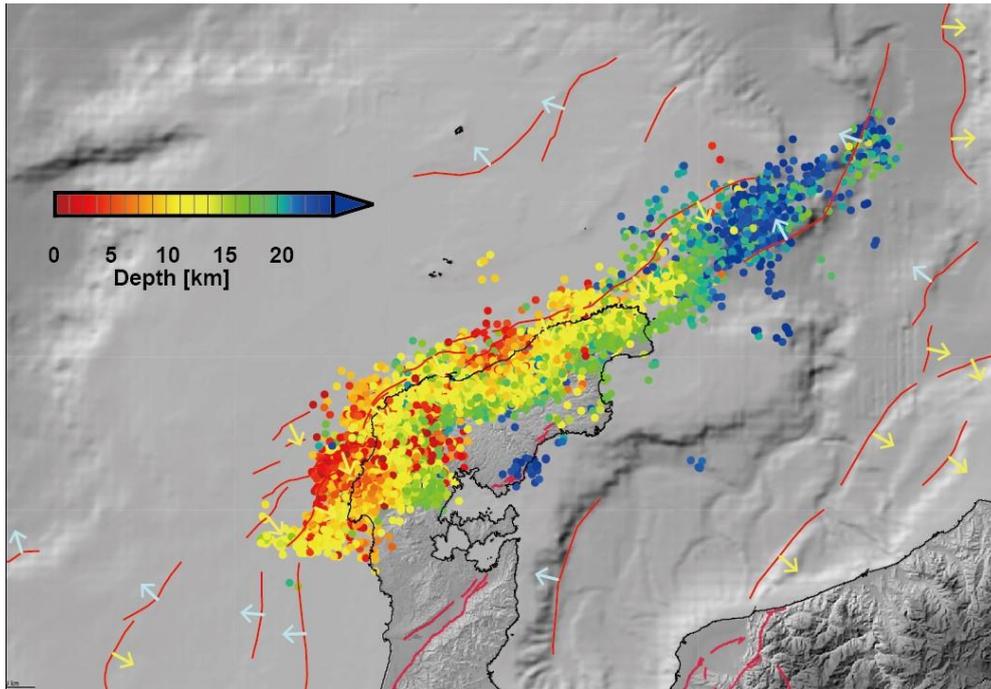
活断層と地震との関係から考えると、事前に想定されていた最大クラスの震源断層を超える規模の断層活動があったかどうかを確認することが重要である。その結果によっては、現在用いられている活断層情報から地震規模を予測する手法の再検討が必要になるかもしれない。また、断層の変位速度や活動履歴の解明と海成段丘との比較も重要な課題である。

海成段丘に関しては、今のところ 1 段 1 段の形成年代が不明であるため、それらを明らかにする必要がある。また段丘面の分布が断続的であるため、段丘面の地域間の対比も明確ではない。これは同じ L1 面であっても半島東部と西部で同じ時期に離水したとは限らないことを意味する。つまり段丘を作る過去の隆起が、単純に今回の地震と同じパターンのくり返しではない可能性を考慮しなければならない。このため段丘の形成年代の推定を広域で行うことで、1 回 1 回の隆起による離水の範囲を解明し、それらをもたらず断層活動の特徴を抽出する必要がある。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部 (2024) 令和 6 年能登半島地震の評価. 52p, https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf.
- 2) 井上卓彦・岡村行信 (2010) 能登半島北部周辺 20 万分の 1 海域地質図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集, 「能登半島北部沿岸域」. 数値地質図 S-1, 産総研地質調査総合センター, https://www.gsj.jp/data/coastal-geology/GSJ_DGM_S1_2010_01_b_sim.pdf.
- 3) 宍倉正展・越後智雄・行谷佑一, 2020, 能登半島北部沿岸の低位段丘および離水生物遺骸群集の高度分布からみた海域活断層の活動性, *活断層研究*, **53**, 33-49.
- 4) 岡村行信 (2019) 日本海における活断層の分布と今後の課題. *地震第 2 輯*, **71**, 185–199.
- 5) 国土地理院 (2007) 平成 19 年 (2007 年) 能登半島地震を起こした震源断層の姿. <https://www.gsi.go.jp/common/000040795.pdf>.
- 6) 日本海における大規模地震に関する調査検討会 (2014) 日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/.
- 7) 国土地理院 (2024a) 令和 6 年能登半島地震の震源断層モデル (2024 年 2 月 29 日更新). <https://www.gsi.go.jp/cais/topic20240101Noto.html>.
- 8) 佐竹健治・藤井雄士郎 (2024) 令和 6 年能登半島地震の津波波源モデル. <https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/news/20465/>.
- 9) 国土地理院 (2024b) 「だいち 2 号」観測データの解析による令和 6 年能登半島地震に伴う地殻変動 (2024 年 1 月 19 日更新). https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html.
- 10) 石山達也・廣内大助・松多信尚・立石良・安江健一 (2024) 令和 6 年能登半島地震 (M7.6) で生じた海岸隆起【速報その 3】. <https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/news/20465/>.

- 11) 宍倉正展・行谷佑一・越後智雄 (2024) 令和 6 年 (2024 年) 能登半島地震の関連情報, 第四報 2024 年能登半島地震の緊急調査報告 (海岸の隆起調査). <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/ното2024/ното2024-04.html>.
- 12) 国土地理院 (2024c) 「だいち 2 号」観測データの解析による令和 6 年能登半島地震に伴う海岸線の変化 (2024 年 1 月 11 日更新). https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101ното_pwr.html.



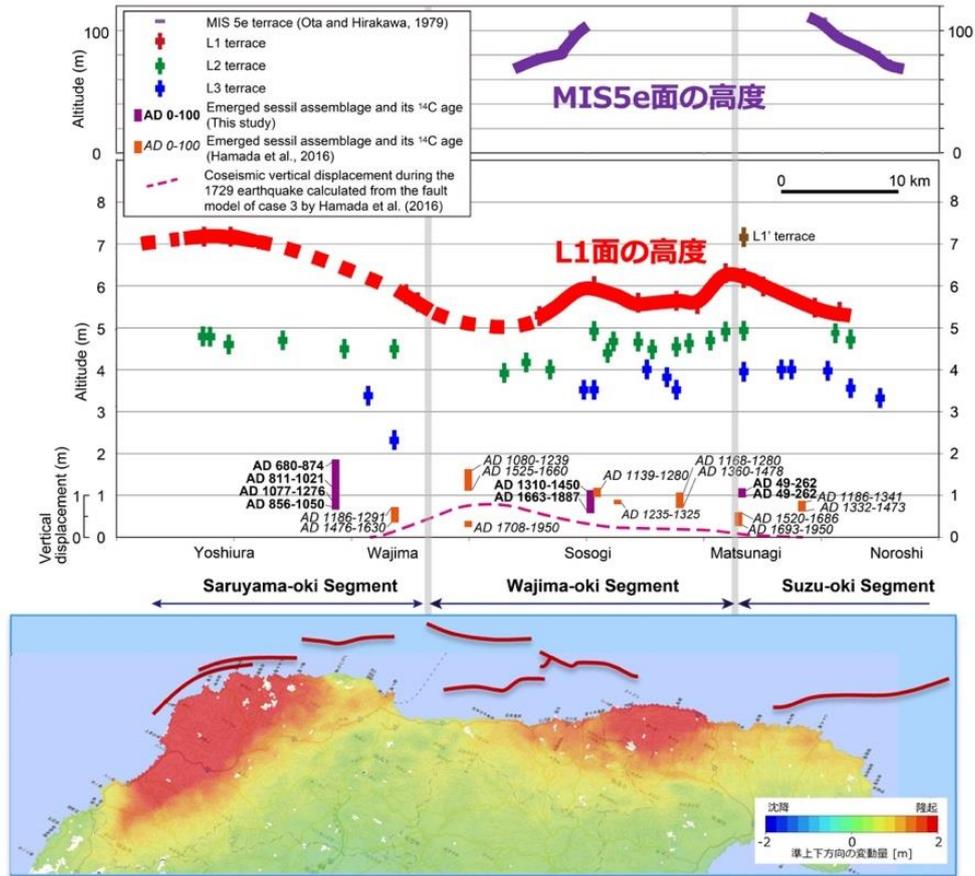
第 1 図 能登半島周辺の活断層の分布と令和 6 年能登半島地震の余震分布。陸域活断層は産総研活断層データベース、海域活断層は岡村 (2019)⁴⁾に基づく。2024 年 1 月 1 日～1 月 31 日に発生した余震について、AI による自動検知・自動検測に基づいて震源を求め、hypoDD により再決定。作成者：内出崇彦・佐脇泰典。

Fig. 1 Distribution of active faults around the Noto Peninsula and aftershocks of the 2024 Noto Peninsula earthquake. Based on AIST Active Fault Database for inland active faults and Okamura (2019)⁴⁾ for submarine active faults; epicenters of aftershocks that occurred from January 1 to January 31, 2024, were obtained based on automatic detection and logging by AI and redetermined by hypoDD. Prepared by: Dr. T. Uchide and Dr. Y. Sawaki.



第 2 図 令和 6 年能登半島地震で新たにできた海成段丘 (a) と能登半島北部沿岸に分布する低位段丘 (b)。 (a) の写真は石川県輪島市門前町鹿磯で撮影 (宋倉ほか, 2024¹¹⁾に基づく)。 (b) の写真は石川県輪島市門前町五十洲で撮影 (宋倉ほか, 2020³⁾に基づく)。

Fig. 2 Newly formed marine terraces during the 2024 Noto Peninsula earthquake (a) and lower terraces along the northern coast of the Noto Peninsula (a). Photo (a) was taken at Kaiso, Monzen-machi, Wajima City, Ishikawa Prefecture (based on Shishikura et al., 2024¹¹⁾). Photo (b) was taken at Igisu, Monzen-machi, Wajima City, Ishikawa Prefecture (based on Shishikura et al., 2020³⁾).



第 3 図 能登半島北部沿岸における海成段丘の高度分布 (上) と令和 6 年能登半島地震による地殻上下変動の分布 (下)。上の図は宍倉ほか (2020)³⁾ に加筆。下の図は国土地理院 (2024)⁹⁾ による「だいち 2 号」観測データ (原初データ JAXA 所有) の 2.5 次元解析による準上下方向の変動。赤線は井上・岡村 (2010)²⁾ に基づく海底活断層。

Fig. 3 Height distribution of marine terraces along the northern coast of the Noto Peninsula (upper) and distribution of vertical crustal deformation caused by the 2024 Noto Peninsula earthquake (lower). The upper figure is based on Shishikura et al (2020)³⁾. The lower figure shows quasi-vertical displacement based on a 2.5-dimensional analysis of observation data by GSI (2024)⁹⁾ using data from “Daichi-2” (original data by JAXA). Red lines represent submarine active faults based on Inoue and Okamura (2010)²⁾.