

令和3年(2021年)9月16日の能登半島の地震発生域の地質と活断層

産業技術総合研究所

令和3年9月16日18時42分に能登半島の北東部でマグニチュード5.1(気象庁暫定値)の地震が発生しました。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型です。産業技術総合研究所では、2008年に能登半島の北岸沖で海底地質調査を実施し、海底に分布する活断層の全貌を明らかにしました(岡村ほか, 2010)。それによると、この地震が発生した地域の北方沖の海底には北東-南西走向の逆断層が分布していることが示されています。ここでは、能登半島の地質と活断層について簡単に紹介します。

能登半島の地質と活断層

能登半島には中新世の火山岩及び堆積岩が広く分布し、一部の地域ではジュラ紀の深成岩が露出します(尾崎, 2010)。これらのうち、北岸に分布する中新世の地層には、褶曲や断層が発達しています(図1;井上ほか, 2010)。褶曲軸と断層の走向は東北東-西南西で、中新世末期(500-600万年前)に南北方向の圧縮応力が強まったことによって、形成されたと考えられています(尾崎, 2010)。

現在の能登半島には、標高550m以下の比較的なだらかな山地が広がっています。標高は北岸側で高く、南南東に向かって低下する傾向があります(太田・平川, 1979)。過去数十万年間にわたって海岸付近で形成された海成段丘が広く分布しますが、その高度も北から南に向かって低くなっており、南に傾動しながら隆起してきたことが明らかになっています。

陸域の活断層は、富山湾側の穴水町から能登町にかけての海岸沿いに分布します(図1)。日本海側では、海岸から5-10km沖に活断層が断続的に分布しています(図2;井上・岡村, 2010)。それらは東から西へ、珠洲沖セグメント、輪島沖セグメント、猿山岬沖セグメント、門前沖セグメントに区分されており、それぞれ20km前後の長さを持ちます。すべての断層は南側が隆起する逆断層です(図3)。

このうち、門前沖セグメントは2007年能登半島地震の震源断層であったことが確認されています(井上ほか, 2007)。高分解能反射断面で、2007年の地震に伴う変位が確認され、さらに過去約15,000年間の地層に記録された累積変形構造から2,000-3,000年間隔で地震が発生してきたと推定されています(池原ほか, 2007)。また、猿山沖セグメントから珠洲沖セグメントに面した海岸沿いに分布する低位段丘及び離水生物遺骸群集の調査が行われ、最高で7mに達する3段の段丘が断続的に分布すること、過去約1,500年間の離水生物遺骸群集が標高2m以下に分布することが明らかになっています(宍倉ほか, 2020)。段丘の年代は直接測定できていませんが、間接的な仮定に基づいた参考値として、平均隆起速度は0.6~1.5m/ky、地震発生間隔は数百年から2,000年と推定されています。

令和3年9月16日に発生したM5.1の地震の震央は、珠洲沖セグメントの南東約7-8km付近に位置します(図2)。その地震と海域の活断層との関係を検討するために、北北西-南南東方向の断面(図1の断面図⑥に投影)で地震活動の分布を表示しました(図4)。赤色の破線は参考として60°及び70°の傾斜を示すもので、活断層の地下形状を示しているわけではありません。

謝辞

本稿の作成に当たっては、気象庁一元化处理による震源カタログ及び検測値を使用しました。

引用文献

- 池原 研・井上卓彦・村上文敏・岡村行信 (2007) 能登半島西方沖の堆積作用・完新世堆積速度と活断層の活動間隔. 地震研彙報, 82, 313-319.
- 井上卓彦・村上文敏・岡村行信・池原 研 (2007) 2007 年能登半島地震震源域の海底活断層. 地震研彙報, 82, 301-312.
- 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, 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.
- 井上卓彦・尾崎正紀・岡村行信 (2010) 能登半島北部域 20 万分の 1 海陸シームレス地質図及び地質断面図. 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, 地質調査総合センター, https://www.gsj.jp/data/coastal-geology/GSJ_DGM_S1_2010_03_a.pdf
- 太田陽子・平川一臣 (1979) 能登半島の海成段丘とその変形. 地理学評論, 52, 4, 169-189.
- 岡村行信・井上卓彦・尾崎正紀・池原 研・駒澤正夫・大熊茂雄・加野直巳・伊藤 忍・横田俊之・山口和雄 (2010) 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, 地質調査総合センター, <https://www.gsj.jp/researches/project/coastal-geology/results/s-1.html>.
- 尾崎正紀 (2010) 能登半島北部 20 万分の 1 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, 地質調査総合センター, <https://www.gsj.jp/researches/project/coastal-geology/results/s-1.html>.
- 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見た海域活断層の活動性. 活断層研究, no. 53, 33-49.
- Waldhauser, F., & Ellsworth, W. L. (2000). A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90, 1353-1368. <https://doi.org/10.1785/0120000006>

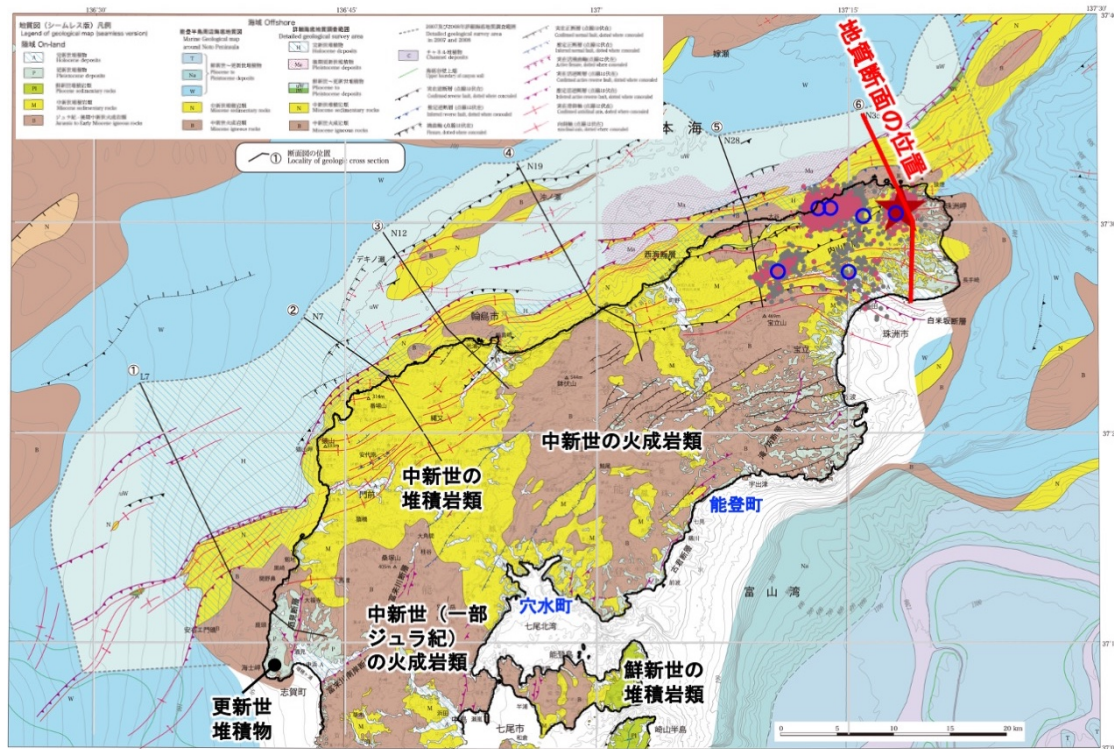


図1. 能登半島の海陸シームレス地質図. 基図は, 井上ほか (2010).

灰色の点は2021年6月1日~9月15日, ピンク色の点は2021年9月16日~10月3日の深さ20km以浅で発生したM0.5以上の地震の震央分布を示す. 青丸は2019年以降に発生したM2.9以上の地震の震央, 赤星印は2021年9月16日に発生したM5.1の地震の震央を示す. 震源位置は気象庁一元化処理検測値を用いてhypoDD法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)により再決定したものをを使用した.

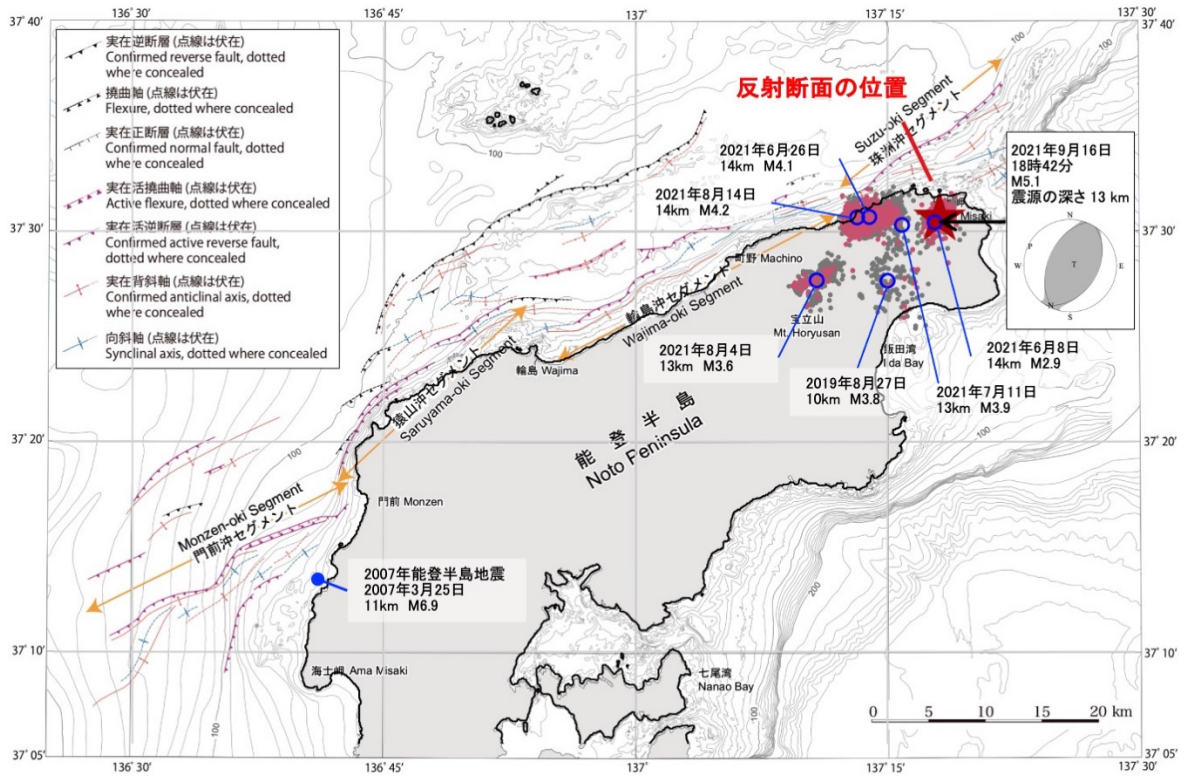


図2. 能登半島の北岸沖の活断層図. 基図は、井上・岡村 (2010). 灰色の点は2021年6月1日～9月15日、ピンク色の点は2021年9月16日～10月3日に発生した地震の震央を示す. 震源位置は気象庁一元化処理検測値を用いて hypoDD 法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)により再決定したものを使用した. 2021年9月16日の地震 (M5.1) のメカニズム解は、気象庁による CMT 解である.

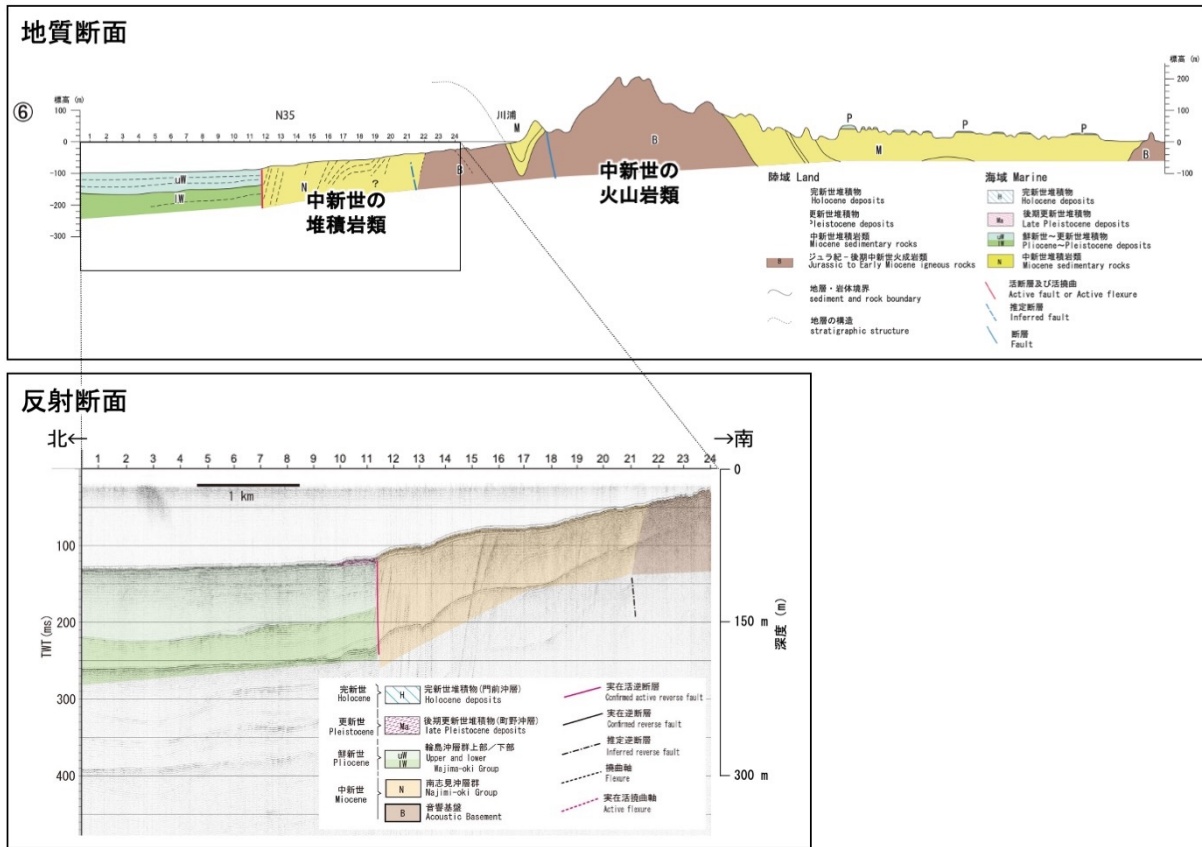


図3. (上) 能登半島東端部の地質断面 (井上ほか, 2010). 図の縦横比は5 : 1. 断面図の位置は, 図1に赤線で示す. (下) 珠洲沖セグメントの活断層を横断する反射断面 (井上・岡村, 2010). 断面図の位置は, 図2に赤線で示す. 中央のほぼ垂直な赤線が活断層位置で, その左側(北側)の地層はほぼ水平であるが, 右側(南側)の地層は北側に傾斜していることから, 南側が隆起する逆断層であると解釈される. この断面は縦方向に約10倍拡大しているため, 実際の傾斜はもっと緩やかである.

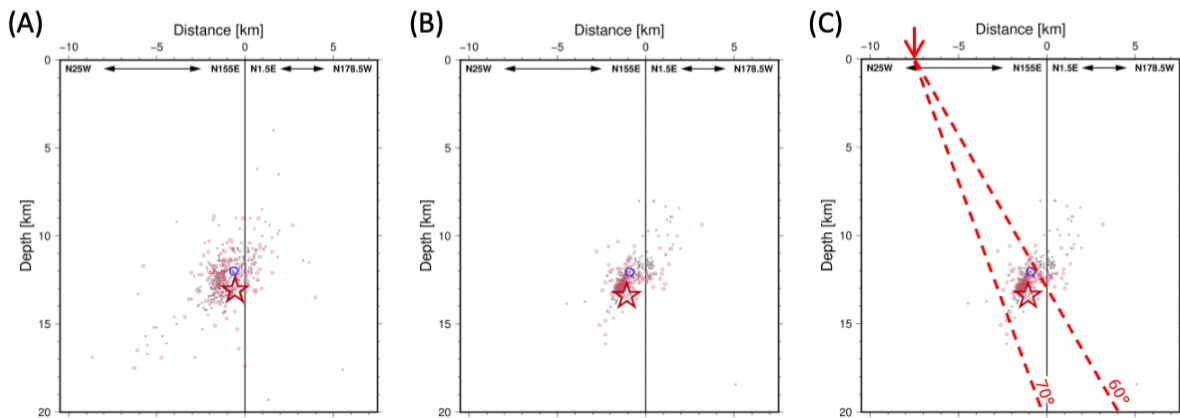


図4. 2021年9月16日に発生したM5.1の地震の周辺で発生した地震の震源分布. 図1の断面図⑥の両側2km以内で発生した地震についてプロットした. 灰色の点は2021年6月1日~9月15日, ピンク色の点は2021年9月16日~10月3日に発生した地震を示す. (A)は気象庁一元化カタログの震源, (B), (C)は気象庁一元化処理検測値を用いて hypodD 法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)により決定した相対震源. (C)の赤矢印は, 地表(海域)の活断層の位置. 参考として, 赤破線で傾斜60°及び70°を示す.