

能登半島及びその周辺海域の地質構造発達史と活構造

Tectonic evolution and active tectonics of the Noto Peninsula (Hanto) and its surrounding area

岡村行信¹

Yukinobu Okamura¹

¹ 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST)

Abstract: The Noto Peninsula was a large-scale basement high on which small-scale rifts have been formed during the period of Japan Sea's opening. The rifts trending in E-W to ENE-WSW direction were deformed by N-S compression stress mainly in late Miocene. In Quaternary, some of the ENE-WSW trending reverse faults of late Miocene began to reactivate and N-S to NE-SW trending reverse faults have newly grown by E-W to ESE-WNW compression. The 2007 Noto Hanto earthquake occurred along one of the reactivated faults. Two Quaternary contractional deformation zones can be defined, which is composed of discontinuous Quaternary faults. The one continues from the NE offshore of the Noto Peninsula to western offshore of the peninsula, and the zone includes the source area of the 2007 earthquake. The other is located in the southern part of the peninsula to the Kanazawa area. The amount of displacement of the faults in the deformation zones is much smaller than those along the eastern margin of the Japan Sea, but there is a possibility that the slip rates of the faults have been increasing. It is necessary to make clear the recent slip rate of the faults.

キーワード: 2007年能登半島地震, 日本海, リフト, 盆地反転, 活断層

Keywords: The 2007 Noto Peninsula earthquake, Japan Sea, rift, inversion tectonics, active faults.

1. はじめに

能登半島地震は能登半島北西部の門前町付近を震源として発生した。震源域付近の陸域には顕著な活断層は知られていなかったが、海域には第四紀以降に活動した断層がいくつか分布している(片川ほか, 2005; 岡村, 2007)。本報告では、能登半島周辺の海底地質図をまとめたデータを基に、能登半島とその周辺海域の地質と活断層について紹介し、当該地域の地質構造発達史及び地震との関係を議論する。

2. 能登半島及び周辺の地形・地質概略

能登半島とその周辺の海底地形全体を見ると、水深 1000 m 以上の海盆域が半島の東側から、北側及び西側を取り囲んでいる(第1図)。東側では富山トラフと呼ばれる凹地が、能登半島に接するように南-北から北東-南西方向に伸び、富山湾にまで入り込んでいる。富山トラフの北側延長は大和海盆に達する。能登半島の北側から西側には幅 60 km 以上の水深 500 m 以浅の平坦な台地状の海底が広がり、その北から北西側には大和海盆が、西側には隠岐トラフが広がる。大和海盆は日本海で2番目に大きい海盆で、水深は 2500 m 以上に達する。隠岐トラフは北東-南西方向に伸びる水深 1500 m 以上の凹地である。

このように、能登半島は周囲を海盆に取り囲まれた地形的な高まりの上に位置する。

七尾湾と海士崎(あまさき)を結ぶ線より北側の能登半島北部は全体として東北東-西南西方向に伸びる山地を形成する。その北側に広がる水深 200 m 以浅の台地にも、東北東-西南西方向の地形的な高まりが少なくとも2列形成されており、七つ島、舳倉島瀬、西能登堆群などの島や浅瀬となっている。

一方、七尾湾と海士崎を結ぶ線より南側の半島は全体として南北に伸び、北東-南西方向に伸びる地形が重なる。特に邑知潟と石動山地は北東-南西方向に伸びる顕著な地形であるが、これらの地形は海域には延長しない。

このような地形的特徴は海底下の地質の特徴を反映したものである。半島周辺の水深 1000 m を超える海盆底は日本海が拡大した時期に形成されたリフトで、厚さ 1000 m 以上の堆積物に覆われる。一方、能登半島北部からその北側に広がる水深 200 m 以浅の台地は局所的に厚さ数百 m 以上の堆積物が分布するが、堆積物がほとんど分布しない場所も多い。このようなことから、半島の周辺域が大きく沈降した日本海拡大時にも、半島とその北側は直径 100 km 以上の地形的高まりとして残っていたと考えられる。

半島北部には中生代以前の深成岩や変成岩が小規

模ながら露出し、それを前期－中期中新世の火山岩類が広く覆っている（第2図）（鮎野，1993）。また半島の北東部には中期－後期中新世の海成層が（吉川ほか，2002）、北西部には前期中新世の陸成層が分布する（小林ほか，2005）。このような地質は、能登半島北部の北東部を除いて、日本海拡大時以降も海面下まで沈降しなかったことを示している。

七尾湾より南側では、新第三紀の堆積物が次第に厚くなる。陸域では先新第三系も露出するが、南側ほど新しい地層が分布する傾向がある（第2図）。海域では大部分が第四系に覆われる。

3. 東西性のリフトと後期中新世の南北圧縮変形

能登半島は日本海拡大時にも大きく沈降することはなかったが、東－西から東北東－西南西方向に伸びる小規模なリフトはいくつか形成されたと考えられる。それらは、後期中新世に生じた南北圧縮によって変形し、断層・褶曲帯を形成している（第2, 3図）。

七尾湾と海士崎を結ぶ線より北側では基盤が浅いが、前期－中期中新世の海成層は東北東－西南西方向に伸びる限られたゾーンに分布する傾向があり、リフトの位置を示していると考えられる。まとまって堆積物が分布するのは、能登半島北東部とその東北東延長部、舳倉島の東北東側と西南西側である。能登半島北東部はそれらの堆積物が地表に露出している（第2図）。吉川ほか（2002）によると、下部は海成層を挟在する火砕岩を主体とし、上部は主に海成の砂岩・泥岩からなる。後期中新世の約7 Maまでの堆積物が分布し、それら全体が褶曲していることから、後期中新世に顕著な南北圧縮変形が発生したと考えられる（鮎野，1993）。吉川ほか（2002）は褶曲の形成時にリフト南縁の正断層が逆断層として再活動したことを明らかにしている。このリフトは海域にまで広がり、西方延長は輪島沖に達する。リフトの北縁に沿って南傾斜の逆断層が連続して発達し、それに沿って背斜構造が発達する（第4図）。それらの断層は断続的に西に延び、半島の北西沖まで続く（第3図）。そこで断層の位置は大きく南側にジャンプして、門前沖の2007年能登半島沖地震の震源域に現れ（第5図）、さらに南西に連続する。

七尾湾より南側では、石動山付近のコロサ断層及び加賀平野北東側に位置する宝達山付近の断層と褶曲が後期中新世に形成された東西方向に伸びる構造である（第2図）。海士崎より南側の西方沖海域ではリフトの形態がはっきりせず、幅広い沈降域になっていた可能性が高い。現在は第四系に広く覆われるが、その下に東西方向の背斜構造が発達する（第3, 6図）。背斜構造の上部は浸食平坦面になっており、それを鮮新世以降の地層が覆っている。その中には変形はほとんど認められない。この背斜構造の一つは、陸上の宝達山に連続する。

同様の変形構造は山陰地方から北陸地方の沿岸海底下に広く発達し、中期－後期中新世の変動として知られている（田中・小草，1981；伊藤・荒戸，1999）。この変動によって、能登半島北部は全域が隆起したため、それ以降のまとまった海成層は知られていない。また、半島北側に広がる水深200 m以浅の台地にも、同時期に形成された浸食面が広く分布する（岡村，2007）。

4. 第四紀の逆断層活動

能登半島とその周辺に分布する第四紀の逆断層には、後期中新世の逆断層が再活動している逆断層と第四紀に新たに形成された逆断層とがある（第3図）。

再活動している断層は東北東－西南西から北東－南西方向に伸びる断層で、2007年能登半島地震の震源断層もそれに相当する。能登半島の北岸沿いに分布する後期中新世の逆断層も、三沢（1997）によって第四紀に再活動していることが報告されている。能登半島の北東沖から北西沖まで断続的に連続する後期中新世の逆断層全体が第四紀に再活動しているかどうかは明らかになっていないので、今後詳しく調査する必要がある。2007年能登半島地震の震源断層も、片川ほか（2005）によって後期更新世以降に活動していることが示されている。その断層はさらに南西に連続し、顕著な背斜構造を伴う（第7図）。これらの断層は古い構造と重なっているため、従来の調査では、第四紀の変位量や変位速度に関する情報はほとんど得られていない。同じく、後期中新世に形成された構造でも、七尾湾と海士崎より南側の東西方向の背斜構造には第四紀に再活動した様子は認められない。断層のわずかな走向の違いによって、第四紀に再活動するかしないかが決まった可能性が考えられる。

一方、能登半島の西方沖では第四系に変形を与える南－北に伸びる断層・褶曲群が発達する。西傾斜の逆断層が2列あり（第8図）、さらにその西側に撓曲帯が形成されている。これらの逆断層は後期中新世には活動しておらず、第四紀になって活動し始めたと考えられる。田中・小草（1981）に示された能登半島西方沖のマルチチャンネル反射断面を見ると、南北方向の西傾斜逆断層はハーフグラバーを隆起させていることから、これらの逆断層もかつての正断層が逆断層として再活動した可能性が高い。小林ほか（2005）は能登半島北西部の前期中新世後期の堆積物に発達する断層群の解析から、日本海拡大時のある時期に東西から北東－南西方向の伸張応力が優勢であったことを示した。能登半島西方沖の南北方向のリフトの形成、能登半島東側の南北方向の富山トラフの形成は、このような応力場に関連していると考えられる。

5. 地質構造から見た第四紀の歪み集中帯

以上のような地質構造から、能登半島とその周辺海域では、第四紀に南-北から北東-南西方向の逆断層及び褶曲構造が成長しはじめたことがわかる。そのような変形構造は断続的ながら帯状のゾーンに沿って発達しており、第四紀の地質学的歪み集中帯を形成する(第3図)。能登半島には2列の歪み集中帯が認められる。一つは半島の北岸から西側に延びる。これは全長約180 kmに達するが、断続的な構造からなり個々の断層の長さは25 kmを超えることはない。2007年能登半島地震はこの歪み集中帯の中で発生した。1993年の能登半島沖地震(M 6.6)も、この歪み集中帯の東部に接するように発生しているが、地質構造と関係あるかどうかさらに検討する必要がある。また、西暦1892年に羽咋郡で被害が発生したマグニチュード6.3及び6.4の地震(宇佐美, 2003)も、この歪み集中帯で発生した可能性が考えられる(穴倉ほか, 2007)。

その歪み集中帯の約50 km南側には邑知潟から加賀平野の東縁に沿った北東-南西から北北東-西南西方向の逆断層が発達し、別の歪み集中帯を形成している。前期更新世には富山側の砺波平野と加賀平野とは海がつながっており、その後隆起して現在の地形となったのは、この歪み集中帯の活動によるものと考えられる。

一方、このような歪み集中帯とは別に、能登半島のほぼ全域に更新世の段丘面が発達している。これは半島全体が隆起していることを示すが、先に述べた歪み集中帯とは明らかに隆起パターンが異なり、隆起メカニズムも不明である。

6. 日本海東縁との比較

このように、能登半島周辺にも第四紀に活動した断層が分布しているが、いずれの断層も累積変位量は200~300 m以下と考えられ、新潟以北の日本海東縁の海底に分布する断層に比較して変位量は半分以下である。さらに断層の数もかなり少ない。この変位量と断層の数との差から、能登半島周辺の最近約200万年の短縮量は日本海東縁の半分以下であると推定される。しかしながら、第四紀の後半に活動度が高まってきている可能性もあり、それぞれの逆断層の最近の変位速度や活動を明らかにすることが重要である。

7. まとめ

能登半島は後期中新世に南北圧縮による逆断層と褶曲が発達し、その後、第四紀に東西圧縮による変形を受けた。これらの変形は日本海拡大時のリフトに集中する傾向がある。後期中新世の逆断層の中で、北東-南西から東北東-西南西方向のものは第四紀

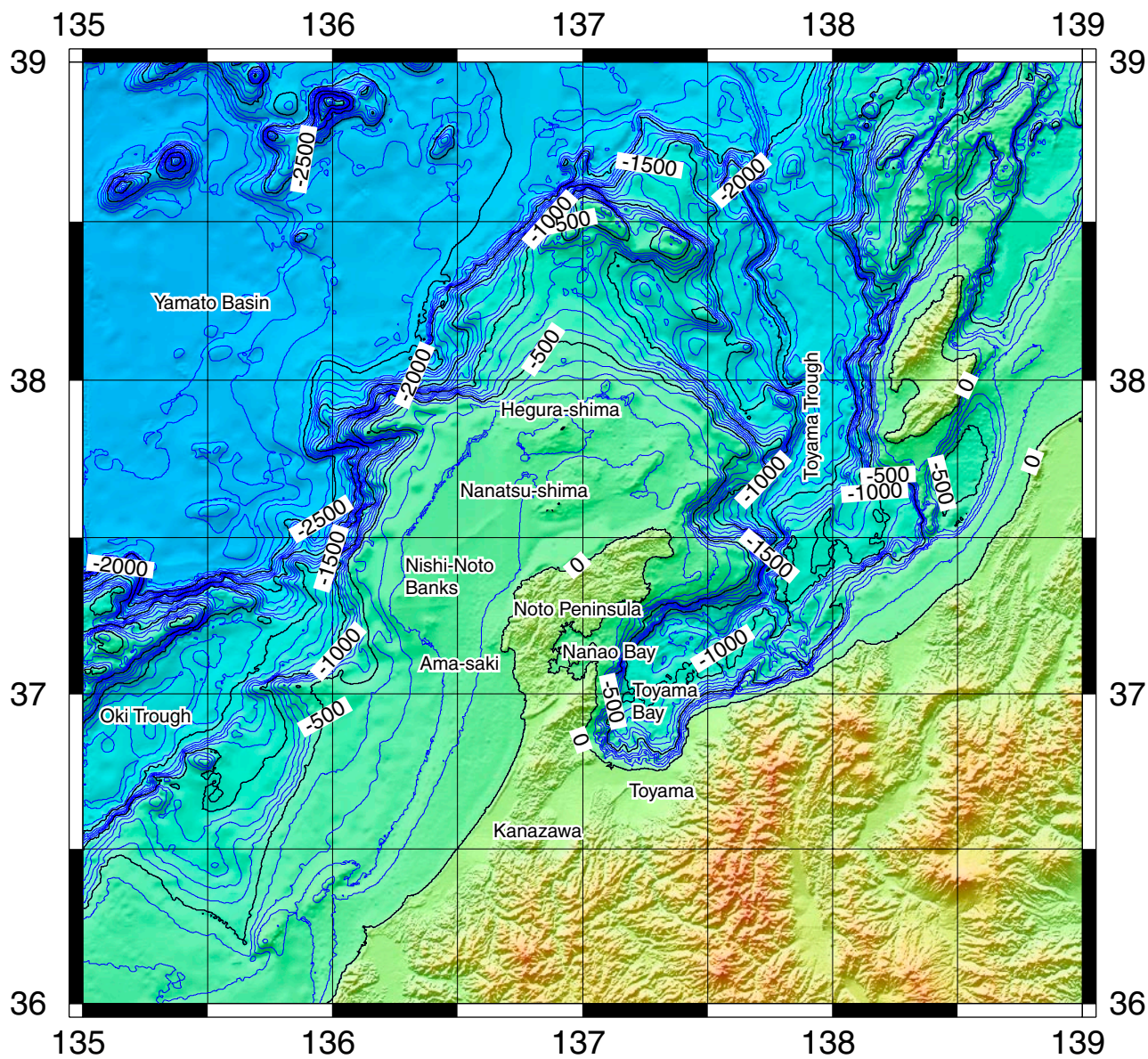
にも再活動しているが、東西方向の断層は再活動していない。また、南北方向の逆断層・褶曲が第四紀になって新たに成長し始めている。

これらの第四紀の断層・褶曲は断続的であるが、その分布が比較的集中する地質学的歪み集中帯が2列定義できる。一つは半島北岸から北西岸に抜け、さらに西方沖に連続し、もう一つは邑知潟から加賀平野の東縁に沿って連続する。これらの歪み集中帯は日本海東縁からややはずれた場所に位置し、累積変位量も小さいように見えるが、最近の変位速度は大きくなっている可能性もあり、今後活動度をさらに詳しく調査する必要がある。

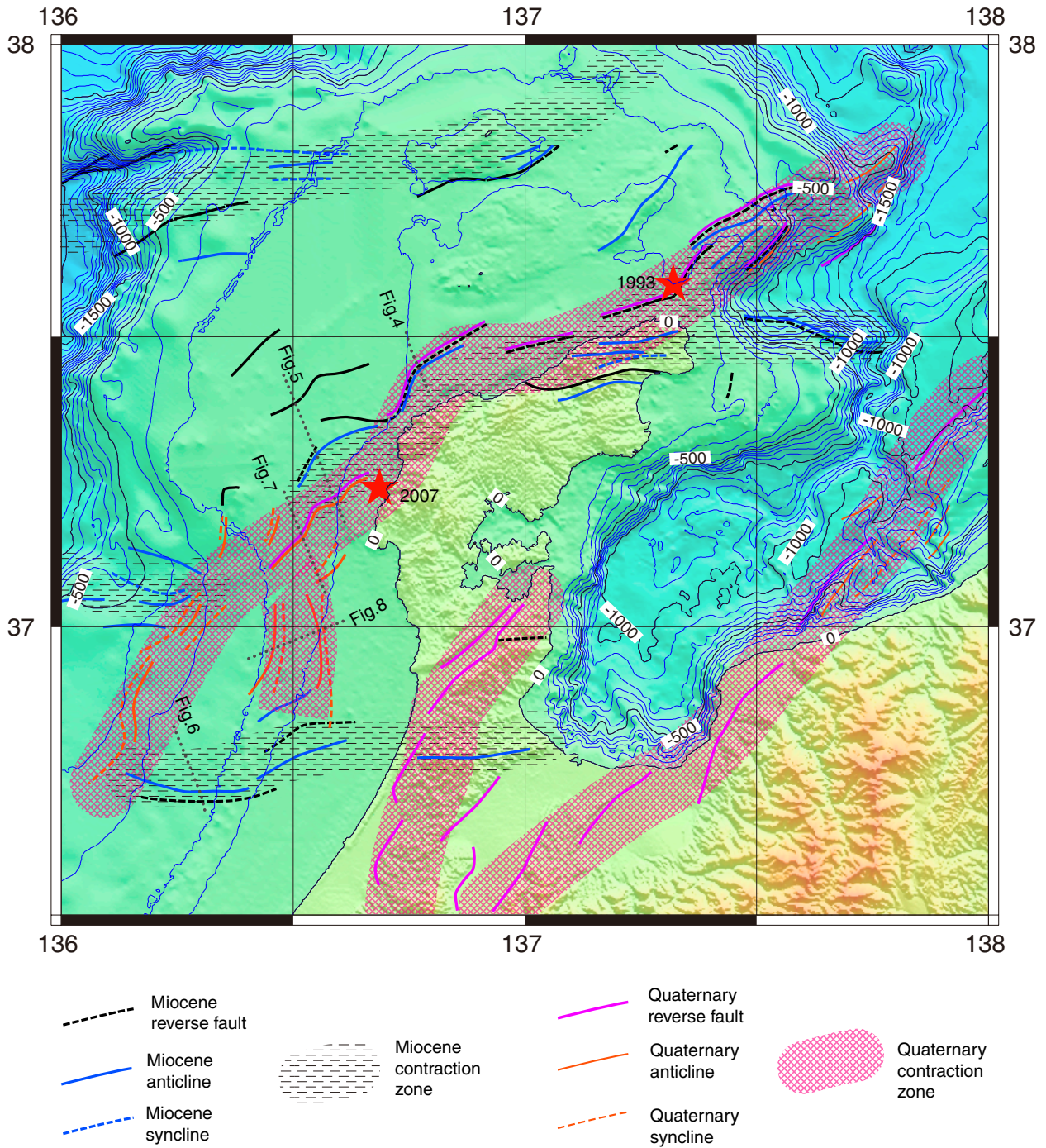
文 献

- 地質調査所(1992) 100万分の1日本地質図, 第3版, 地質調査総合センター。
- 伊藤康人・荒戸裕之(1999) 九州西方-山陰・北陸海域-日本海南部における鮮新世以降の応力場変遷-。地質ニュース, 541, 25-31, 実業公報社。
- 粕野義夫(1993) 新版・石川県地質図(10万分の1)及び石川県地質誌。石川県・北陸地質研究所, 321p。
- 片川秀基・浜田昌明・吉田 進・廉澤 宏・三橋 明・河野芳輝・衣笠善博(2005) 能登半島西方海域の新第三紀~第四紀地質構造形成。地学雑誌, 114, 791-810。
- 小林博文・山路 敦・増田富士雄(2005) 能登半島輪島地域の中新統の層序・堆積環境・テクトニクス, 地質学雑誌, 111, 286-299。
- 三沢良文(1997) 大陸棚に分布する海底活断層(その1)-能登半島北方海域での調査手法の研究-, 東海大学紀要 海洋学部, 43, 185-200(東海大学海洋学部)。
- 岡村行信(2007) 能登半島西方海底地質図及び同説明書, 海洋地質図シリーズ, no. 59 (CD), 産業技術総合研究所。
- 穴倉正展・越後智雄・行谷佑一・村上文敏・井上卓彦・岡村行信(2007) 過去にも生じていた能登半島沖地震-2007年震源断層の南西延長が1892年に活動した?-日本地震学会2007年秋季大会講演要旨集, p.126。
- 田中 隆・小草欽治(1981) 山陰沖における中期中新世以降の構造発達史。地質学雑誌, 87, 725-736。
- 宇佐見龍夫(2003) 日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 605p。
- 吉川敏之・加野和彦・柳沢幸夫・駒沢正夫・上嶋正人・木川栄一(2002) 珠洲岬, 能登飯田及び宝達山地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 76p。

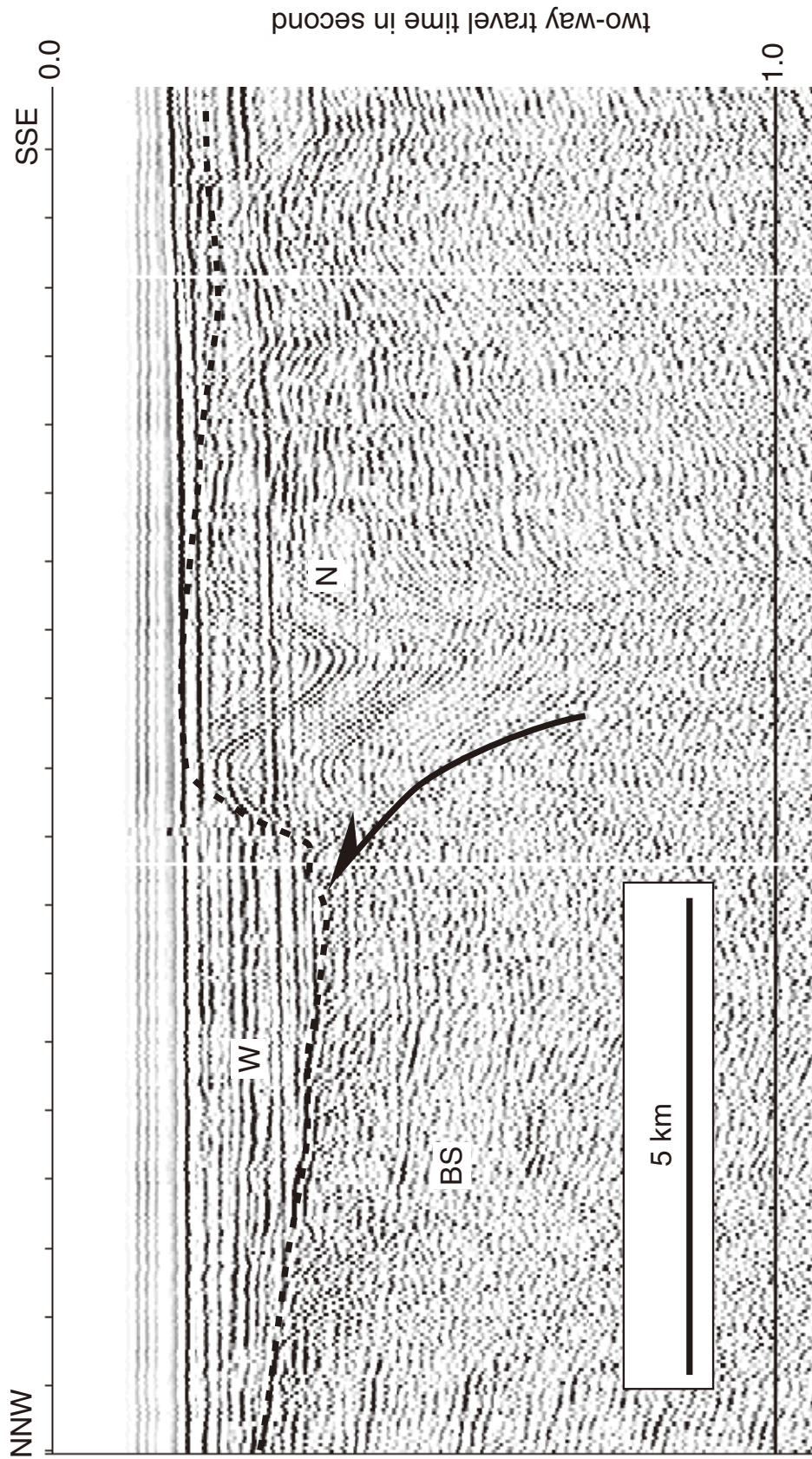
(受付:2007年8月30日, 受理:2007年11月2日)



第1図. 能登半島周辺の地形.
Fig. 1. Topographic map around Noto Peninsula.

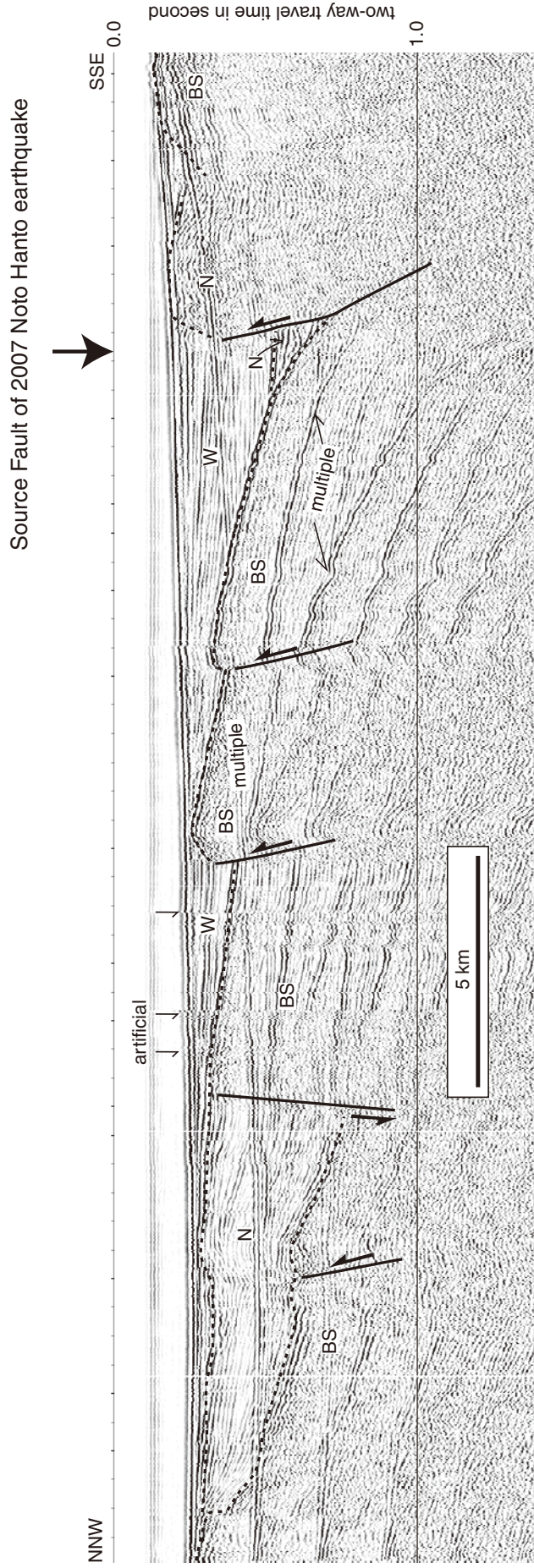


第3図. 能登半島周辺の地質構造と歪み集中帯.
 Fig. 3. Geologic structure and contractional deformation zones around Noto Peninsula.

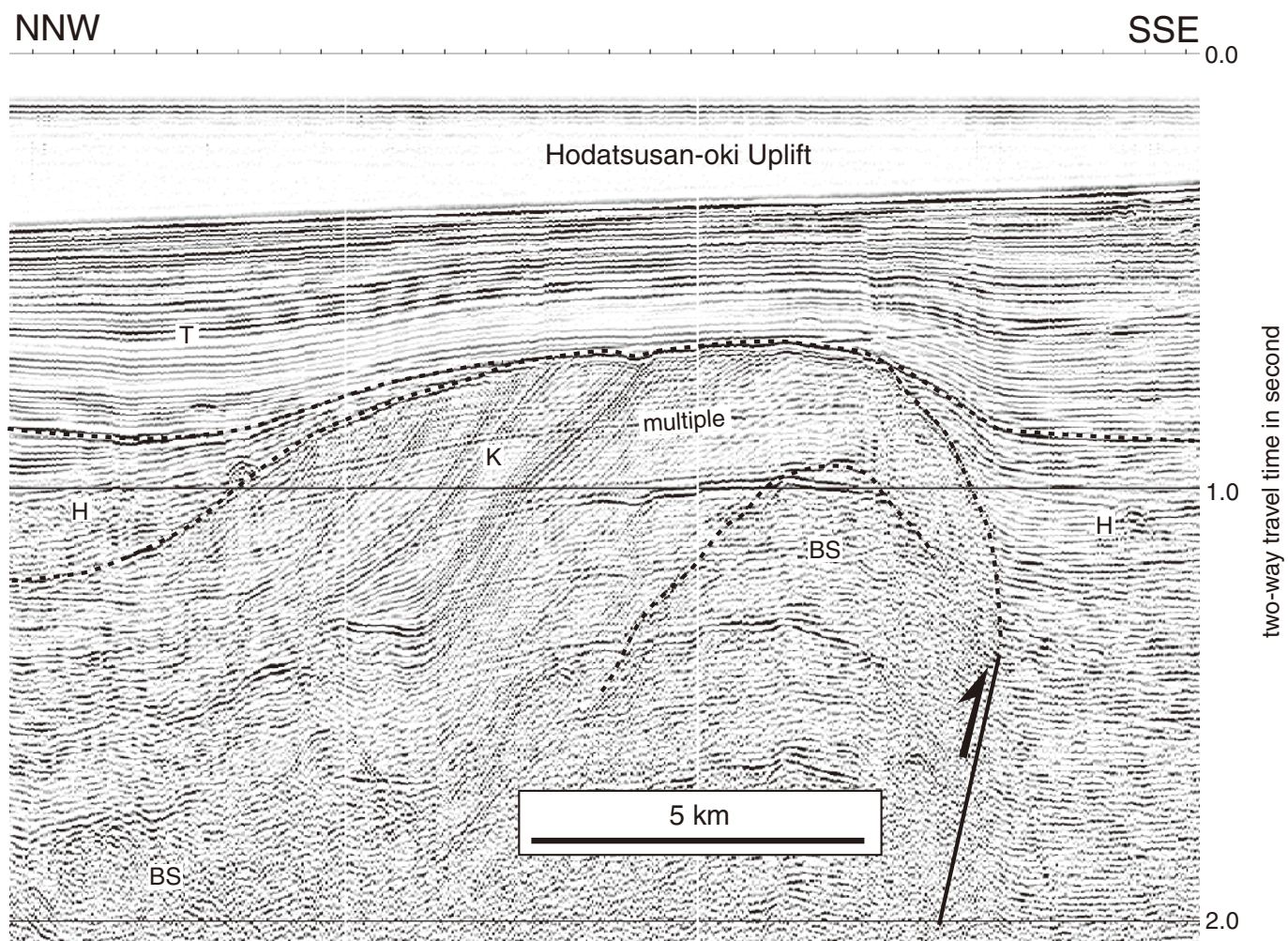


第4図. 輪島北西沖の反射断面. リフトの北縁に沿って形成された逆断層と背斜構造. BS: 音響基盤, N: 中新統, W: 鮮新統-第四系, 実線: 断層 (矢印はすべりの向き).

Fig. 4. Seismic profile off Wajima, showing a reverse fault and an anticline along the northern margin of a rift. BS: basement, N: Miocene, W: Pliocene and Quaternary, Solid line: fault (Arrow indicates slip direction).

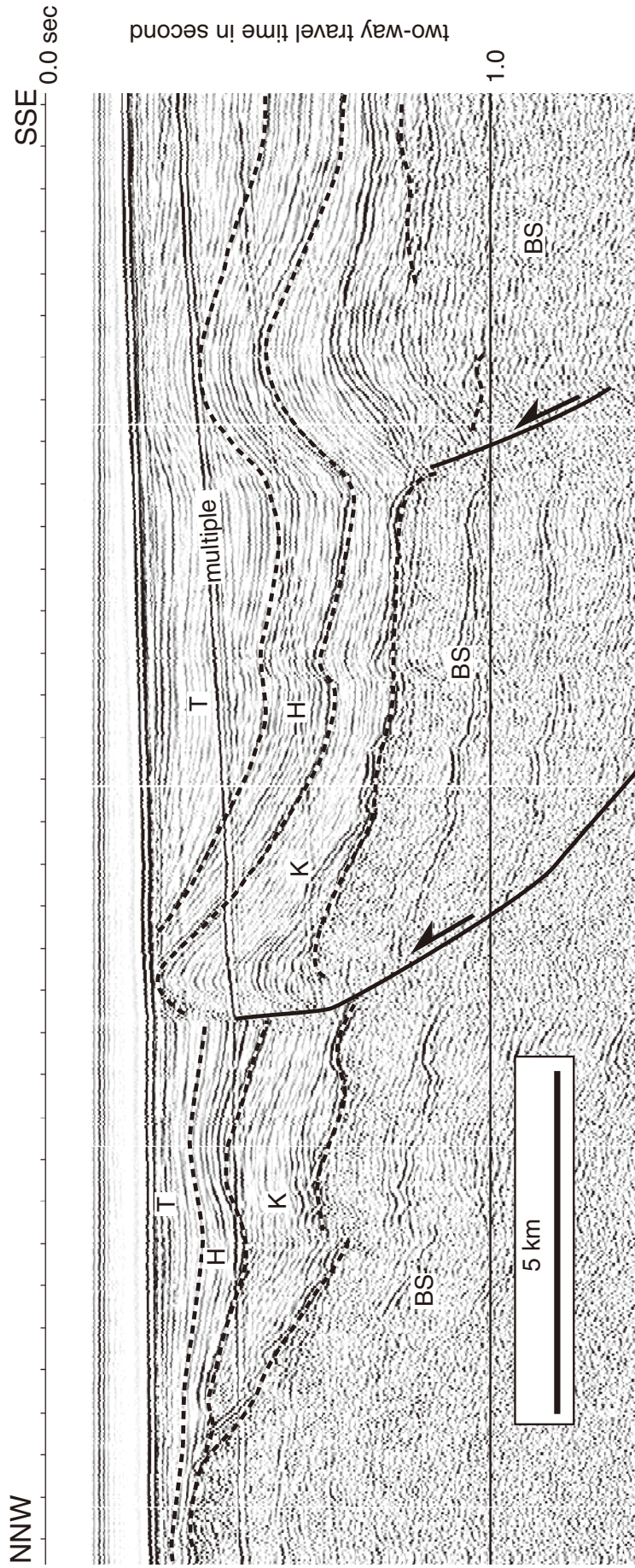


第5図. 能登半島地震の震源域の反射断面. 図中のキャプションは第4図に同じ.
Fig. 5. Seismic profile in the source area of the 2007 Noto Hanto earthquake. Captions are the same as shown in Fig. 4.

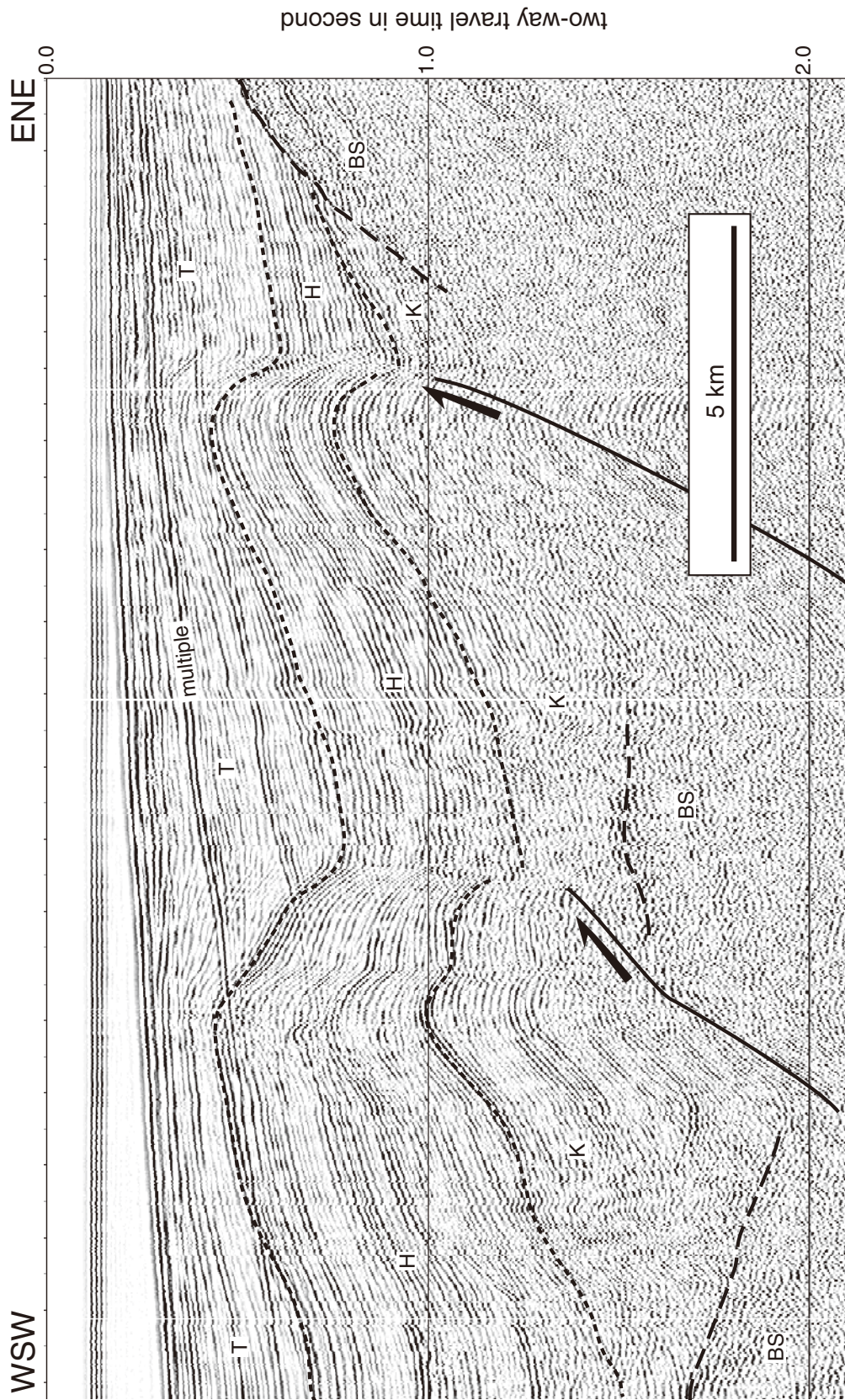


第6図. 宝達山西方沖の反射断面. 東西方向の背斜構造上の顕著な浸食面を数百メートルの堆積物が覆う. BS: 音響基盤, K: 中新統, H: 鮮新統, T: 第四系.

Fig. 6. Seismic profile west offshore of Hodatsu-san. Erosional surface on an E-W trending anticline are covered by several hundreds meter thick sediments. BS: basement, K: Miocene, H: Pliocene, T: Quaternary



第7図. 能登半島地震の震源域の南西延長部の断層と背斜構造を示す反射断面. 図中のキャプションは第6図に同じ.
Fig. 7. Seismic profile showing faults and anticlines to the SW of the source area of the 2007 Noto Hanto earthquake. Captions are the same as shown in Fig. 6.



第 8 図．能登半島西方沖の南北方向の逆断層と背斜構造を示す反射断面．図中のキャプションは第 6 図に同じ。
 Fig. 8 Interpreted seismic profile showing faults and anticlines trending N-S. Captions are the same as shown in Fig. 6.