

2007年能登半島地震震源域における海底地形及び変動地形について

泉紀明・長野勝行：海洋調査課 及川光弘：大陸棚調査室 西澤あずさ：技術・国際課
小野寺健英・伊藤弘志・笹原昇：海洋研究室

Seafloor topography and tectonic relief in the source region of the Noto Hanto Earthquake in 2007.

Noriaki IZUMI, Katsuyuki NAGANO : Hydrographic Surveys Division

Mitsuhiro OIKAWA : Continental Shelf Surveys Office

Azusa NISHIZAWA : Technology Planning and International Affairs Division

Kenei ONODERA, Koji ITO, Noboru SASAHARA : Ocean Research Laboratory

1 はじめに

2007年3月25日に能登半島沖、輪島の西南西40 km深さ11 km付近でMj 6.9の地震が発生した。この地震により死者1名、負傷者359人、一部損壊を含め住宅1万5千戸余に被害が及んだ（総務省消防庁による、2007年6月11日現在）。気象庁はこの地震を平成19年（2007年）能登半島地震と命名した。

陸上では地震に伴い輪島市や七尾市で地形の変形や液状化現象が観察され、水準測量の結果からは志賀町から輪島市にかけて最大約41 cmの隆起が認められている（国土地理院、2007）。

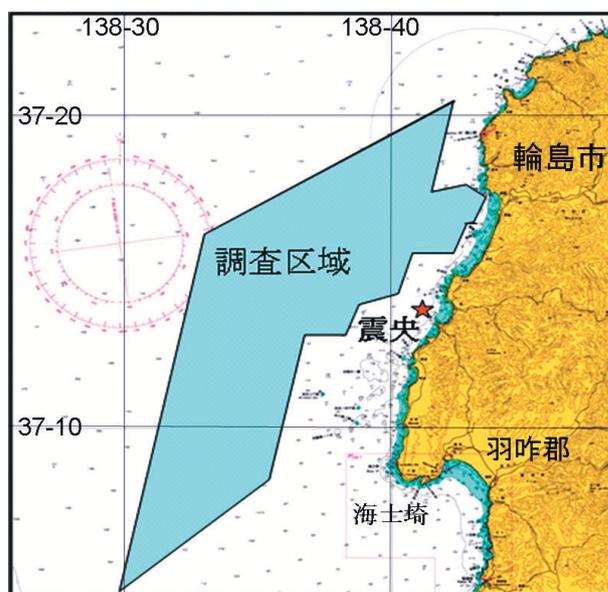
地震調査研究推進本部によれば、この地震の発震機構は余震分布から西北西－東南東方向に圧力軸を持ち、横ずれ成分を伴う逆断層型である。

2 「天洋」による調査

2.1 海底地形調査

海上保安庁では、地震発生から約1ヶ月後の2007年4月22日から5月5日にかけて測量船「天洋」による調査を実施した。調査海域は能登半島西岸の石川県羽咋郡～輪島市に至る海域である（第1図）。

以前の調査によれば、海士埼沿岸に安右エ門礁と呼ばれる浅所があるほかは、緩やかな傾斜の海底が沖合に続いており、水深160 mからは前ノ瀬・長平



第1図 測量船「天洋」による調査区域。赤星は本震の震央を示す。

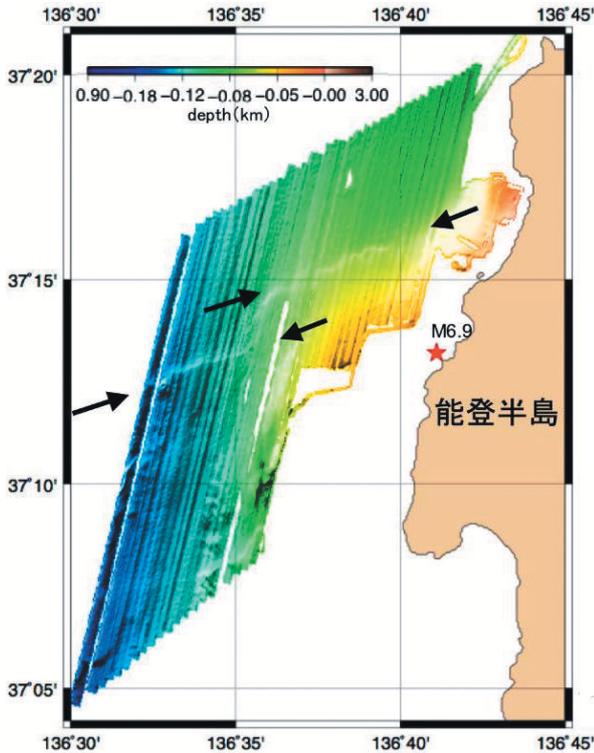
Fig. 1 Surveyed area by the survey vessel "Tenyo". Red star indicates an epicenter of main shock.

礁・沖ノ瀬からなる西能登堆群が広がっている。

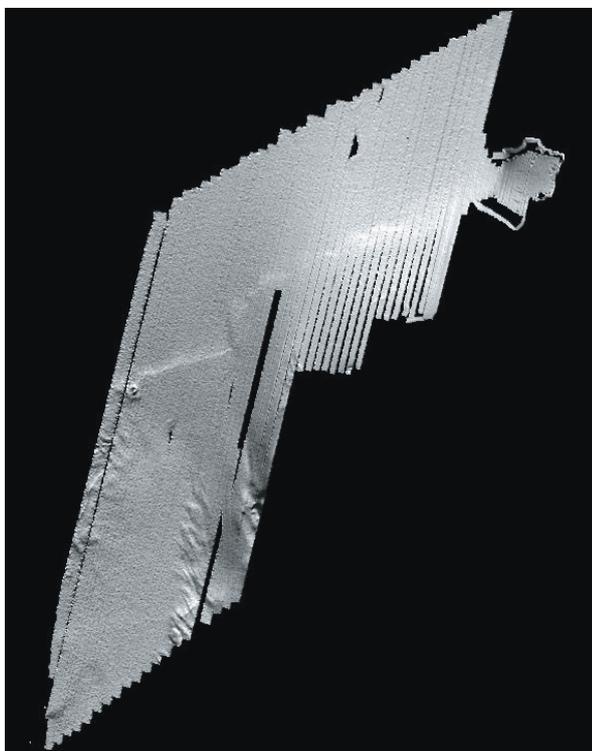
今回得られた地形データから作成した海底地形陰影図を第2図、第3図に示す。北北西方向から光を当てたイメージ図である。矢印で挟まれた領域では海底面の南側が北側に対して相対的に隆起しており、その傾斜変化に対応して明るい（白い）帯状に見える。両者の比高はおおよそ1～2 mである。

北陸電力のデータを用いた解析 (片川ほか, 2005) によれば, 高角度の南傾斜逆断層 3 本が北東-南西

方向走向で存在しているとされており, 今回得られた海底地形図と重ねてみると海底地形の隆起場所と断層線はほぼ一致している。



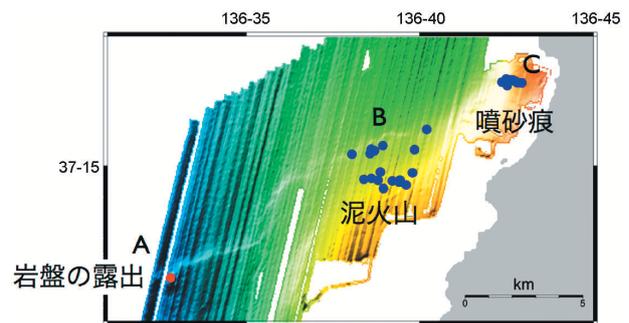
第 2 図 海底地形陰影図
Fig. 2 Shaded bathymetric map.



第 3 図 海底地形陰影図. 深さを 5 倍に表現した.
Fig. 3 Shaded bathymetric map. Vertical exaggeration of the depth is five.

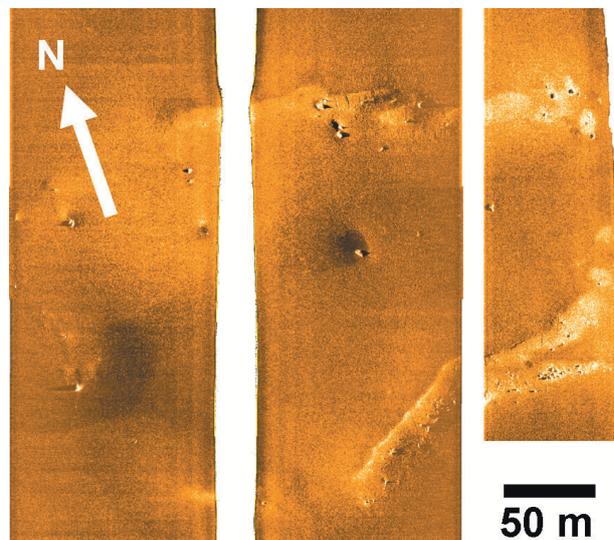
2.2 海底面調査

サイドスキャンソナーにより得られた音響画像の代表的なものを第 5 図から第 7 図に, その位置を第 4 図に示す. サイドスキャン画像は, 明るい部分が反射強度の強い箇所に該当する。

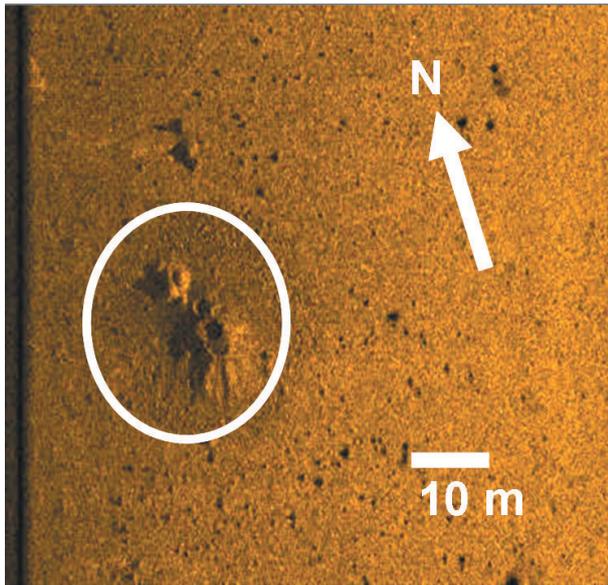


第 4 図 サイドスキャンソナー画像位置図
Fig. 4 Positions of sidescan image.

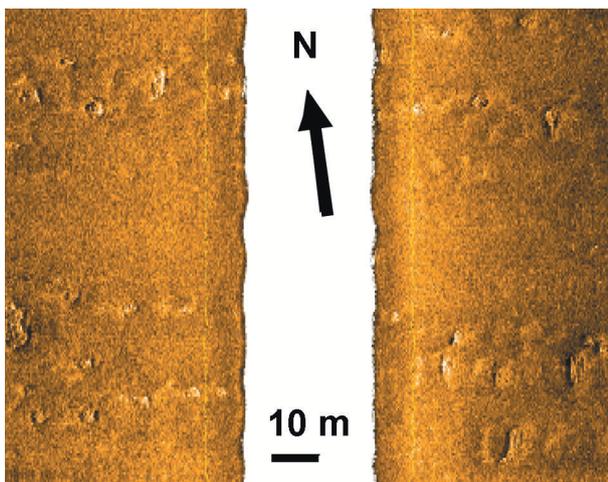
A 地点ではドーム状の盛り上がりがあり, その頂部に反射強度の強い硬い岩盤による馬蹄形状の地形が見られる (第 5 図). 岩盤には北東-南西の割れ目が見られ, 新鮮な地形であることが示唆されている. B 地点では, 泥火山と思われる円錐形の高まりがあり, その頂部にはクレーターも認められる (第 6 図). C 地点では, 地震によると思われる噴砂痕が



第 5 図 サイドスキャン画像 (A 点)
Fig. 5 Sidescan image (Point A).



第6図 サイドスキャン画像 (B点)
Fig. 6 Sidescan image (Point B).



第7図 サイドスキャン画像 (C点)
Fig. 7 Sidescan image (Point C).

線状に分布しているのがわかる (第7図)。これらは陰影図上で断層と思われる白い線の南側に存在しており、地震による液状化に関連する変動地形の例と見られる。

3 浅部構造調査

3.1 現地調査

能登半島地震を引き起こした沿岸域や陸上の構造の調査のため、内閣府により「平成19年能登半島地震に関する緊急調査研究」が指定され、海上保安庁と産業技術総合研究所が海域で浅部構造調査を行う



写真1 調査使用船舶 (昌久丸 6.98 t)
Photo. 1 Research vessel (SYOKYU MARU 6.98 t)

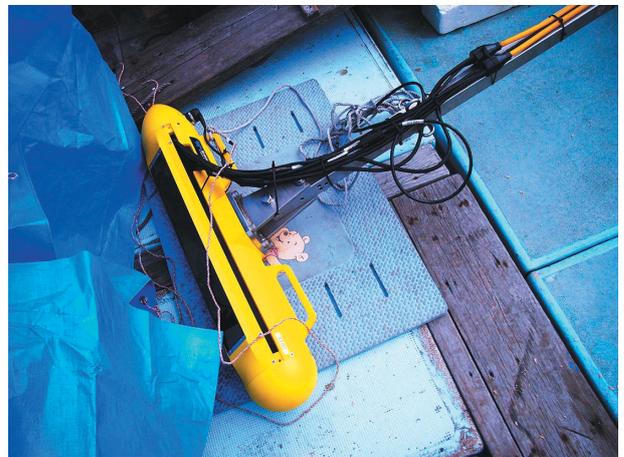


写真2 音響測深機 (C3D-LPM)
Photo. 2 Echo-sounders (C3D-LPM)



写真3 音波探査装置 (FS-SB SB-216 S)
Photo. 3 Acoustic profiling system (FS-SB SB 216 S)

こととなった。

調査は2007年9月30日から10月5日までの6日間

第1表 調査機器概要
Table 1 Summary of survey equipment.

調査使用機器	
チャープソナー (EdgeTech)	FS-SB(SB-216S)型 周波数2-16kHz 垂直分解能6cm
サイドスキャンソナー (BENTHOS)	C3D-LPM型 周波数200kHz 横方向分解能5cm
(KLEIN)	SYSTEM5400 周波数455kHz 最大解像度7.5*10cm

実施した。現地での調査作業項目は音響測深、音波探査及びサイドスキャンソナー調査であり、船速は3～4ノットとした。

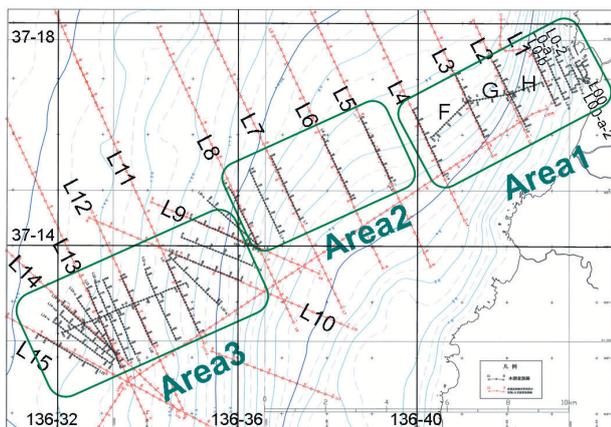
調査にあたり、海域を3領域に分け考えた(第8図)。

Area 1: 今回の地震で断層が滑ったと推定されるが、産業技術総合研究所の調査では海底下に変位が検出されなかった領域。

Area 2: 地震に伴う変形が推定された領域。

Area 3: 今回の地震で動かなかったとされた、地形から見られる断層の屈曲部及びその西側の領域。

総測線長は音波探査が79.7 km, サイドスキャンソナー調査はC3D-LPMによる観測が20.0 km, SYSTEM 5400による観測が24.5 kmの計44.5 kmで

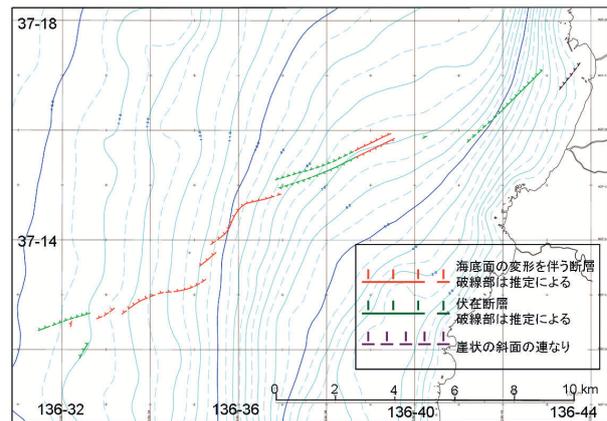


第8図 調査測線。赤線は産業技術総合研究所による測線、黒線が海上保安庁の測線を表す。
Fig. 8 Surveyed lines. Red lines are investigated by Advanced Industrial Science and Technology, and black lines are surveyed by JCG.

ある。

3.2 調査結果

調査の結果得られた音波探査記録及び産業技術総合研究所の調査結果から作成した地質構造図を第9図に、また代表的な記録及び解釈図を第10図に示す。



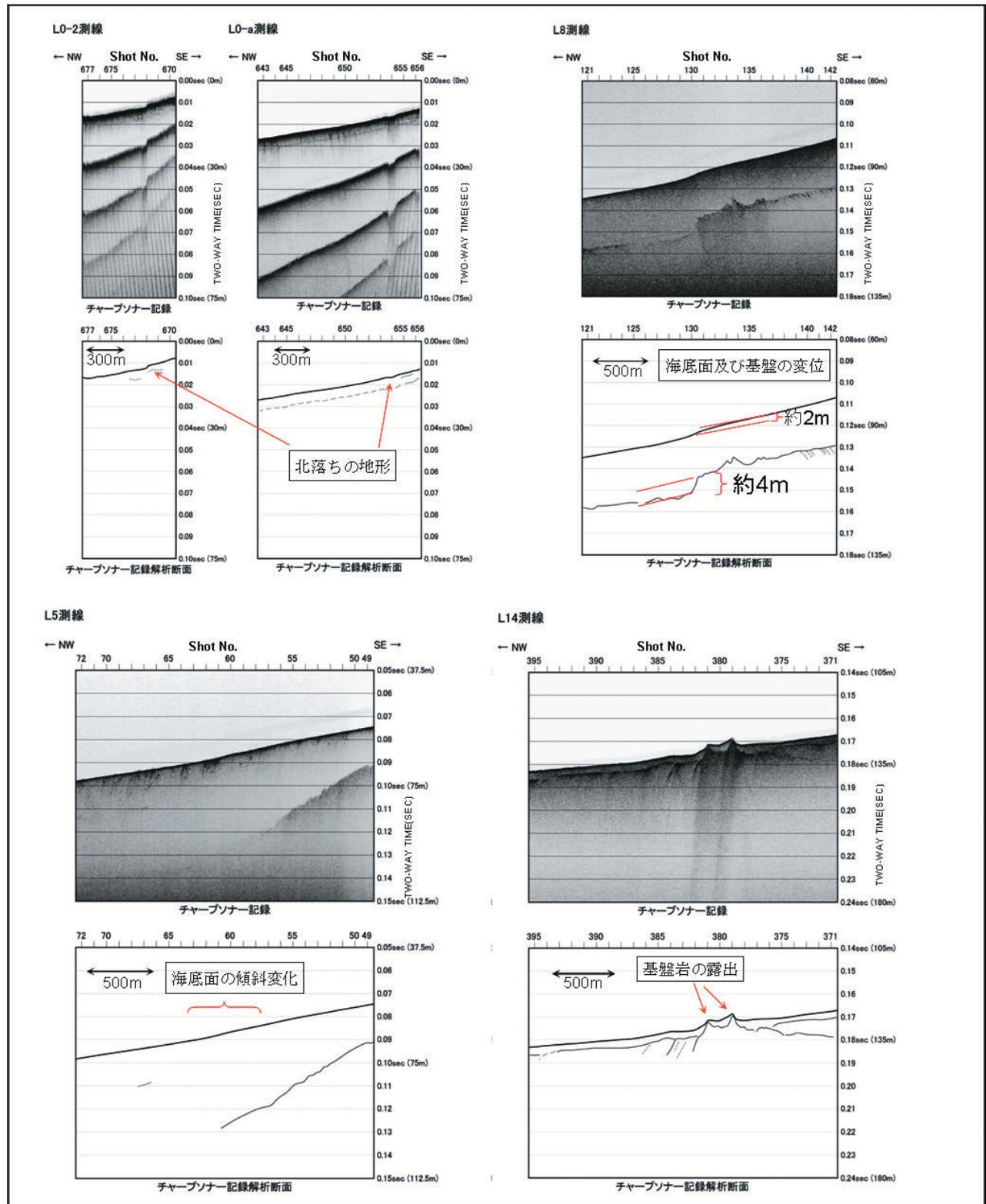
第9図 地質構造図
Fig. 9 Structural map.

Area 1 領域について

- Area 1 では地震に伴った海底面の傾斜変化は認められない。しかし、L0-a測線からL00測線にかけては、北東-南西方向に長さ約1 kmの、相対的に北落ちの段差のある地形が存在している。連続性はあるが、音波探査記録では地層内部構造が不明瞭であり、今回の地震に関係するものか浸食によるものかについては不明である。

Area 2 領域について

- L5測線, L8測線においては海底地形の傾斜変化が見られた。その比高が最大の箇所はL8測線上であり、南側が北側に対し約2 m程度高くなっている。
- 海底下約15 mに基盤岩と思われる強い反射面が存在している。これらは凹地を伴っており、浸食作用を受けたように見える。この面はその連続性・深度・形状などから最終氷期浸食面に該当すると考えられる(井上ほか, 2007)。強い反射面は海底面の傾斜変化箇所の下部で変位が存在しており、例えばL8測線では約4 m程度のずれが認められる。



第10図 チャーpsonar記録及び解釈
 Fig. 10 Chirp sonar profiles and interpretation.

・L6測線からL7a測線にかけてチャープソナー記録からは海底面の傾斜変化は捉えられなかった。

Area 3 領域について

・沖側ほど上位層の堆積層層厚は薄くなり、基盤が一部海底面に露出する (L14測線)。
 ・L10測線からL13測線まで約1 m程度の海底地形の傾斜変化が東北東-西南西方向に存在している。

4 考察

Area 2 の領域の一部で海底面とその下部基盤に変位を見いだした。浸食面形成時に基盤が平坦であったと仮定すれば、その変位は最終氷期 (1.8万年前) 以降の変位量の累積を表していると考えられる。一般的に用いられる1000年あたりの変位量を計算すると約0.2 m/kaとなり、平均変位速度による活断層の活動度の分類 (松田, 1975) によればB級の活動度と見積もることができる。

その他のチャープソナー記録では、沖積層内に有意の反射面が見られる箇所は少なかった。これは沖積層の層相変化が非常に小さいものであったため捉えきれなかったものと思われる。一方、産業技術総合研究所の調査では沖積層内にいくつかの地質構造が見出されている。これは受信部に12 chのマルチチャンネルを用い、重合処理により信号対雑音比の向上が図られたためと考えられる。

5 おわりに

能登半島地震は今まであまり調査が行われていなかった沿岸海域で発生した。このため、これまで海域活断層の調査が十分に行われてきていなかったことが明らかとなり、その調査の重要性が再認識される契機となった。

なお、浅部構造調査の詳細については2007年能登半島地震震源域調査報告書に取りまとめている。

謝辞

測量船「天洋」乗組員の方々、浅部構造調査の実施・解析にあたられた川崎地質株式会社の皆様に感謝いたします。産業技術総合研究所からは音波探査

資料の提供をいただいた。産業技術総合研究所の岡村行信氏には調査全般にわたりご助言をいただいた。また、関係者の皆様からは調査手法やデータ処理に多くのご指導を賜った。ここにあらためてお礼申し上げます。

なお、浅部構造調査にあたっては科学技術振興調整費を使用いたしました。

参 考 文 献

- 井上卓彦・村上文敏・岡村行信：能登半島西方海域における海底活断層の分布と活動度-2007年能登半島地震に関して-，日本地震学会講演予稿集2007年度秋季大会，162 (2007)
- 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：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，791-810，(2005)
- 海上保安庁水路部：能登半島西方海底地形図(1974)
- 国土地理院：平成19年 (2007年) 能登半島地震に伴う水準測量結果について，<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2007/0711.htm> (2007)
- 井上卓彦・村上文敏・岡村行信・池原研：2007年能登半島地震震源域の海底活断層，地震研究所彙報 (印刷中)
- 地震調査研究推進本部：平成19年 (2007年) 能登半島地震の評価，http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07_mar_noto/index.htm (2007)
- 松田時彦：活断層から発生する地震の規模と周期について，地震，28，269-283 (1975)