

相模湾沿岸海域における反射法音波探査概要

Preliminary results of the seismic reflection survey in the coastal sea area of Sagami Bay, central Japan

阿部朋弥^{1*}・佐藤智之¹
Tomoya Abe^{1*} and Tomoyuki Sato¹

Abstract: Seismic reflection survey was conducted in the coastal sea area of Sagami Bay to compile marine geological map. We obtained seismic sections, 388 km in total length with a boomer and a multi-channel (12 channel) streamer cable. Seismic sections off Oiso Hills to Sagami River, around Kamakura Spur and Enoshima Spur, and west and south off Miura Peninsula were introduced.

Keywords: seismic reflection survey, coastal sea area, Sagami Bay

要 旨

的な報告を行う。

相模湾沿岸域の海底地質図を作成するため、反射法音波探査を実施した。ブーマーと 12 チャンネルのストリーマーケーブルを用い、合計 388 km にわたる反射断面を得た。大磯丘陵～相模川の沖合、鎌倉海脚と江ノ島海脚周辺、三浦半島の西方沖と南方沖の反射断面を紹介する。

1. はじめに

産業技術総合研究所地質調査総合センターでは、陸地地質図と海域地質図の境界部である沿岸域の地質情報の整備を 2008 年度から進めている。本プロジェクトに関連し、これまでに能登半島北部沿岸域や新潟沿岸域、福岡沿岸域、石狩低地帯南部沿岸域、駿河湾北部沿岸域の海底地質図が作成された(井上・岡村, 2010; 井上ほか, 2011; 松本, 2013; 佐藤, 2014; 佐藤・荒井, 2016)。2014 年度からは関東平野周辺の沿岸域の調査が開始し、2014～2015 年度は房総半島外房地域の沿岸海域で反射法音波探査が実施され(古山・佐藤, 2015; 古山・佐藤, 2016)、2016 年度は相模湾の沿岸海域で調査が行われた。

本研究の目的は、小型船を用いた高分解能マルチチャンネル音波探査を実施し、相模湾沿岸海域の地質情報を整備し、さらには、取得された反射断面の解釈に基づいて地質図を作成し、相模湾沿岸海域の地質構造発達史や活構造を明らかにすることである。本稿では、2016 年 7 月 17 日から 8 月 3 日にかけて、相模湾の沿岸海域で実施した反射法音波探査の概要について、予察

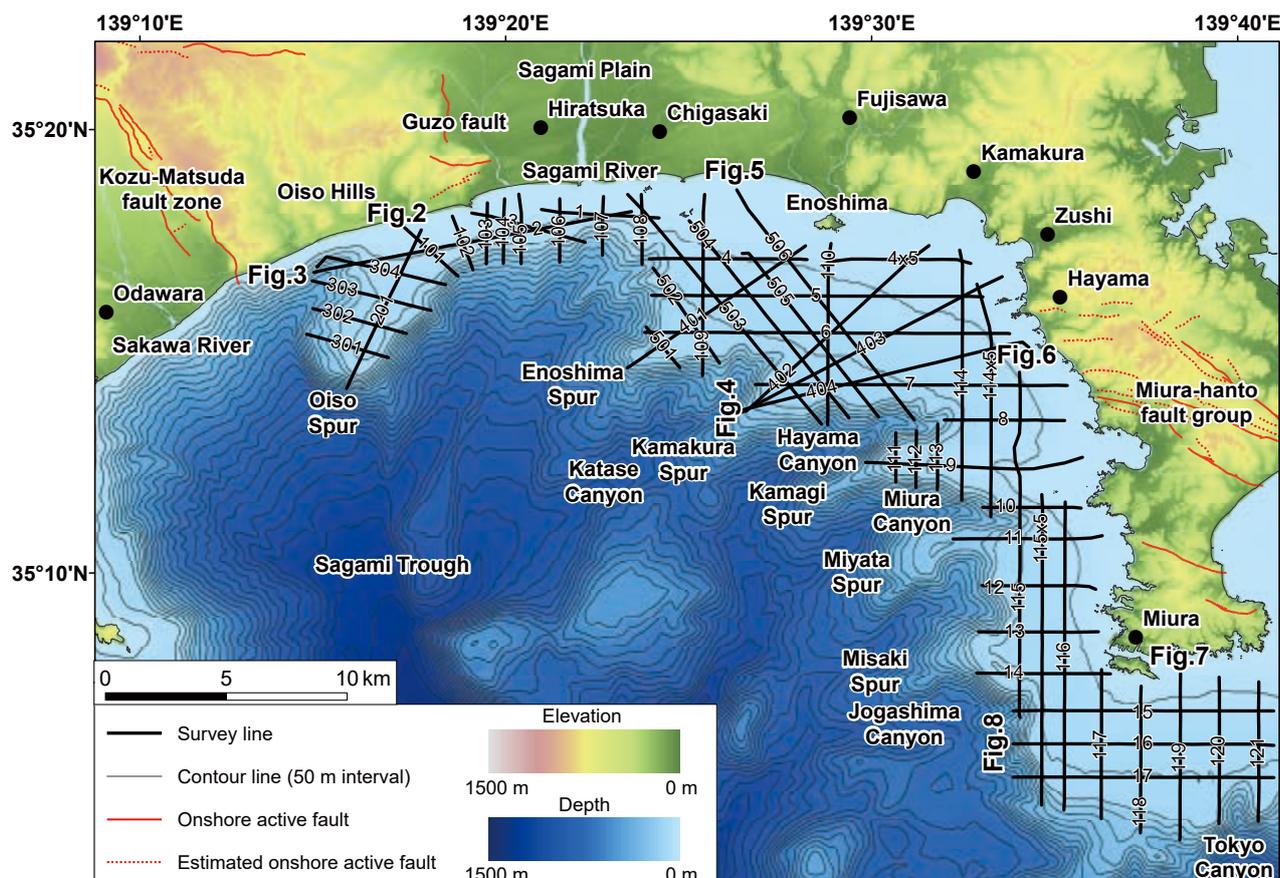
2. 地域概説

相模湾は、西側を箱根火山、北側を足柄平野(酒匂川低地)、大磯丘陵及び相模平野(相模川低地)、東側を丘陵と段丘からなる三浦半島に囲まれた南側に開いた湾である。本調査海域は、三浦半島南方沖から、三浦半島西方沖と相模平野沖合を経て、大磯丘陵沖合までの距離約 60 km の海岸線に沿った水深約 300 m 以浅の沿岸域である。(第 1 図)。

まず、相模湾の海底地形について述べる。相模湾は、非常に複雑な海底地形からなり、中央の深い海盆を囲んで、多くの海底谷、多くの海丘が複雑に入り組んでいる(加藤, 1999)。大陸棚は全体的に狭く、相模川河口以東では約 5～8 km で、水深約 120 m 付近の大陸棚外縁には明瞭な遷急線が認められるが、相模川河口以西では、大磯海脚を除いて大陸棚の発達が悪く、平塚沖で約 3 km、相模舟状海盆の延長に位置する小田原沖では、大陸棚に相当する平坦面が存在せず、海岸線から急斜面で海盆底に下る。三浦半島南部の長井・荒崎付近では、岩礁の主軸が海岸線から西方向に延び、亀城礁を経て亀城海脚に至る。亀城海脚の北側及び南側にはそれぞれ葉山海底谷及び三浦海底谷があり、その谷頭は大陸棚に大きく食い込む。大陸斜面は、相模舟状海盆から延び、谷幅も広く大陸棚を深く刻む幾つかの海底谷に加え、大陸棚外縁付近から発達する小規模な海底谷に多数刻まれ複雑な地形を示す。大陸棚の海底勾配は、水深 20 m 付近までは、相模川河口付近で約 20/1,000、江ノ島付近で約 10/1,000 を示す。江ノ島

*Correspondence

1 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)



第1図 反射法音波探査測線図。

黒線が調査測線を示す。赤線と赤点線は陸上の活断層の分布（中田・今泉編，2002）を示す。

Fig. 1 Line map of the survey lines.

Black solid lines represent the survey lines. Red solid/dotted lines show the distribution of onshore active fault referred to Nakata and Imaizumi eds. (2002).

から城ヶ島までの水深20 m前後は湾内を除いて岩礁で、特に亀城礁西方及び城ヶ島南西方沖では岩礁区域が水深約100 mまで達す。水深約20～50 mの海底勾配は、江ノ島沖で約18/1,000を示すものの他の海域は約33/1,000と比較的急斜面である。水深約50～120 mの海底勾配は、大陸棚が発達する相模川河口以東の海域では約17/1,000を示すが、大陸棚が発達していない平塚沖では約70/1,000と比較的急斜面を示す。平島、烏帽子岩（姥島）及び江ノ島付近では、海面上より露出した岩盤が点在する。

次に、相模湾の海底地質について述べる。木村（1976）は、本調査海域を含む相模灘とその周辺海域において、エアガンやスパーカー、サブトムプロファイラーを用いた反射法音波探査を実施し、反射断面上、広域にわたって追跡できる不整合を鍵として、海底からドレッジで採取した岩石・堆積物及びピストンコアラーで採取した堆積物を、周辺陸域に露出する地層と対比することで、地層を上位からA層、B層、C層、D層、E1層、E2層の6つに層序区分した。木村（1976）は、E層を音響的基盤層としており、陸域での不整合関係に

基づき、内部反射面が全く観察できないE2層と時として内部反射面が観察できるE1層に細分している。これらの地層については、E2層を鮮新統～下部中新統の葉山層群、E1層を下部～中部中新統の葉山層群に対比している（木村，1976）。木村（1976）によると、これらの地層の上位にあたる、D層、C層、B層、A層は内部反射面が明瞭な地層で、A～Eの各層は不整合関係によって区分され、それぞれ中部～上部中新統の三浦層群、鮮新統～下部更新統の上総層群、中部～上部更新統の相模層群（下総層群相当層）、完新統に対比される。

次に、相模湾沿岸の重力異常について述べる。大熊ほか（2015）は、相模湾北部沿岸域で海底重力を調査し、大磯海脚付近と相模川河口の沖合に低重力異常が分布することを明らかにした。また、大熊ほか（2016）は、相模湾東部沿岸域で海底重力を調査し、三浦半島に認められる西北西～東南東方向の高重力異常が三浦郡葉山町南部から西北西方向に延び、江ノ島付近まで連続すること、亀城海脚付近に高重力異常が分布することを明らかにした。

最後に、相模湾沿岸の活構造について述べる。相模

湾沿岸域に発達する断層としては、神奈川県足柄上郡大井町付近から大磯丘陵の西縁に沿って延び、相模湾内に至る国府津―松田断層帯（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2015）と、大磯丘陵の東縁に沿って延びる公所断層（貝塚ほか、1977；東郷ほか、1996a, b）、三浦半島の中・南部及びその周辺海域に発達する三浦半島断層群（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2002）が挙げられる。国府津―松田断層帯は、反射法弾性波探査の結果からフィリピン海プレートが相模トラフ沿いに陸側のプレートに沈み込む境界から分岐した断層の一つで、プレート境界で発生する海溝型地震に伴って活動すると考えられている（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2015）。この断層帯は、北北西―南南東方向に延び、断層の北東側が南西側に対して相対的に隆起する逆断層である（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2015）。この断層の長さは、陸域部と海域部を合わせると約 35 km 以上と推定される（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2015）。丸山ほか（2015）は、相模湾北部沿岸域における高分解能マルチチャンネル音波探査記録に基づき、海岸線から約 3 km 沖合の二宮海底谷までの国府津―松田断層帯は、東傾斜の逆断層に関連する反射面の撓曲変形で特徴付けられるとしている。また、丸山ほか（2015）は、国府津―松田断層帯の海域延長部の東側にある大磯海脚は、この断層の走向にほぼ直交し、海脚の地形の延びの方向と平行な北東―南西方向を軸とする背斜構造により海食台が幅広く緩やかに変形していることを明らかにした。公所断層は、南北走向で東落ちの断層であり（貝塚ほか、1977）、相模平野側の沖積面下に伏在する可能性がある（水野、2016）。三浦半島断層群は、三浦郡葉山町から横須賀市を経て浦賀水道に至る三浦半島断層群主部と、三浦市に位置する三浦半島断層群南部からなり、ともに上下変位を伴う右横ずれ断層である（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2002）。三浦半島断層群主部は、ほぼ西北西―東南東走向の北側の衣笠・北武断層帯と南側の武山断層帯に細分される（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2002）。陸上において確認されているこれらの断層帯（群）の長さは、衣笠・北武断層帯は約 14 km、武山断層帯は約 11 km、三浦半島断層群南部は約 6 km であるが、さらに相模湾側（西側）と金田湾側（東側）の海域に延長する可能性がある（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2002）。森ほか（2015）は、高分解能マルチチャンネル音波探査記録とバイプロコアラを用いた柱状採泥調査の結果に基づき、三浦半島断層群海域延長部における断層の分布・性状について検討した。森ほか（2015）は、三浦半島断層群主部の全長は、陸域部と相模湾側及び金田湾側の海域部を含めると、約 22.1 km 以上となるが、

両海域において断層の終端部は確認できていないため、実際の長さはこの長さ以上になると推定している。また、佐藤（2016）は、海上保安庁が 1979 年に実施した反射法音波探査記録（茂木ほか、1981）を再解釈し、三浦半島断層群主部は、森ほか（2015）が推定した相模湾側の海域延長部の西側に位置する鎌倉海脚まで延長する可能性を指摘した。

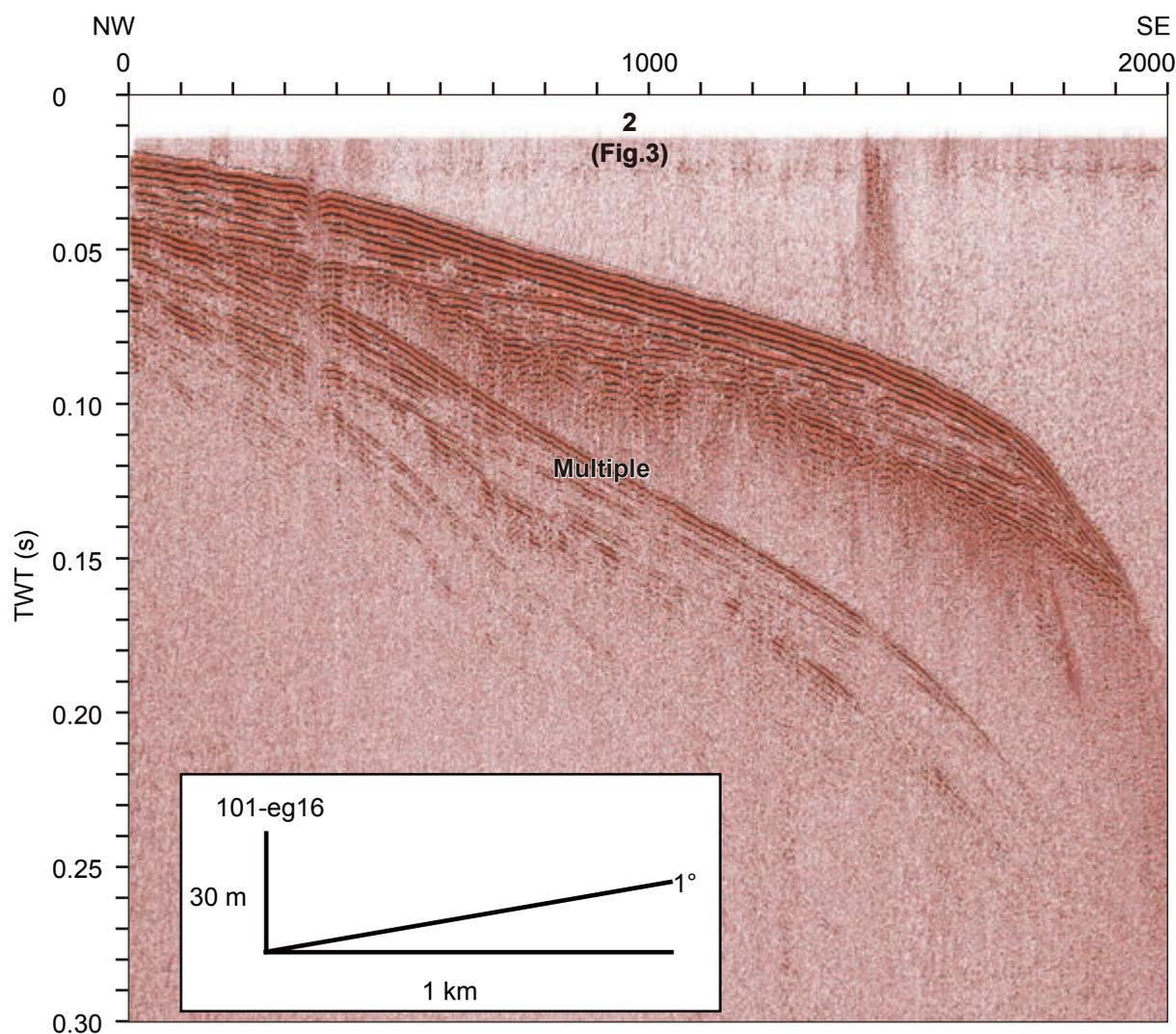
3. 調査方法

本調査では、水深に応じて発振装置を変えており、以下にそれぞれについて記載する。まず、水深 200 m 以浅での仕様を述べる。発振装置はブーマー（AAE 社製 AA300）を用い、出力は 200 J とした。受波用のストリーマーカーケーブル（総合地質調査株式会社製）のチャンネル数は 12、チャンネル間隔は 2.5 m であり、発振間隔は 1.25 m である。収録長は 0.6 sec を基本として水深に合わせて適宜調節しサンプリングレートは 0.1 msec とした。水深 200 ~ 500 m では、同じ装置を使うものより深部まで観察するため、ブーマーの出力を 300 J、発振間隔を 2.5 m、収録長を 1.2 sec に変更した。

デジタル信号として受波した信号はオープンソフトウェアである Seismic Unix を用いて以下のように処理を行った。まず、バンドパスフィルタリング、直達波のミュート、ゲイン補償、デコンボリューションを行った。その後、速度解析と垂直動補正（NMO）を行って重合し、再びデコンボリューションとバンドパスフィルタリング、ゲインの正規化を行った。処理後のデータは SEG-Y 形式、位置情報は調査中にディファレンシャル GPS によって取得し、重合後の共通反射点位置について ASCII 形式で出力した。バンドパスフィルタの通過周波数などはブーマーの出力や調査結果ごとのノイズレベルに合わせて適宜調整したが、300 ~ 2,000 Hz を基本とした。

総測線長は計 388 km である（第 1 図）。測線名については以下のルールに従って命名した。まず、地域と測線の方向ごとにグループ分けし、それぞれに百の位をつけ、さらにグループ内で西、あるいは北から連番で三桁あるいは二桁の数字を与えた。計画された測線間に追加した測線は中間であることを示す x5 などを連番数字に付した。さらに 2016 年度の沿岸域（EnGan）調査であることを示す eg16 をハイフンで区切って数字末尾につけることで測線名とした。

各調査測線は調査工程、海況のために複数回に分けて観測を行った場合もあるが、その場合は重合後の共通反射点の位置を基準に繋ぎ合わせて一つのデータとし、一連の断面として扱った。その場合は潮位や波浪条件が異なるために継ぎ目で深度方向のずれが発生し



第2図 測線 101-eg16 の反射断面図。
Fig. 2 Seismic section of line 101-eg16.

たり、ノイズレベルが異なったりする場合もある。

4. 観測結果

今年度実施した音波探査で取得された反射断面の中で、大磯丘陵～相模川の沖合、鎌倉海脚と江ノ島海脚周辺、三浦半島の西方沖と南方沖の反射断面を紹介する。各反射断面（第2図～8図）の横軸は、共通反射点 CMP（Common Mid Point、発振点と受振点の midpoint）であり、CMP の間隔は 1.25 m である。また、縦軸は、往復走時 TWT（Two Way Travel Time、発振した音波が海底や海底下の地層から反射して帰ってくるまでの時間）である。

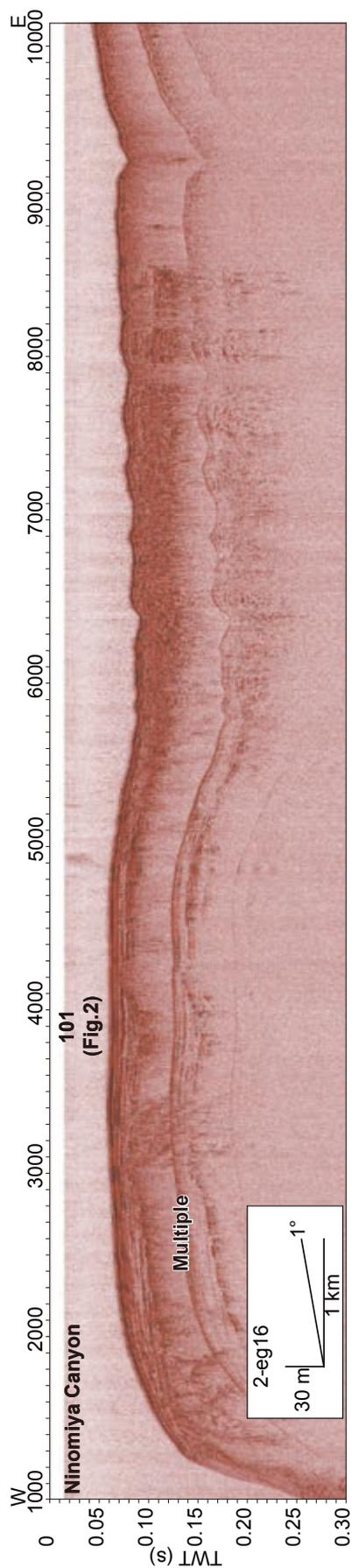
4.1 大磯丘陵～相模川の沖合

海岸線とほぼ直交する北西南東方向の測線 101-eg16（第2図）、及び海岸線とほぼ平行する東西方向の測線

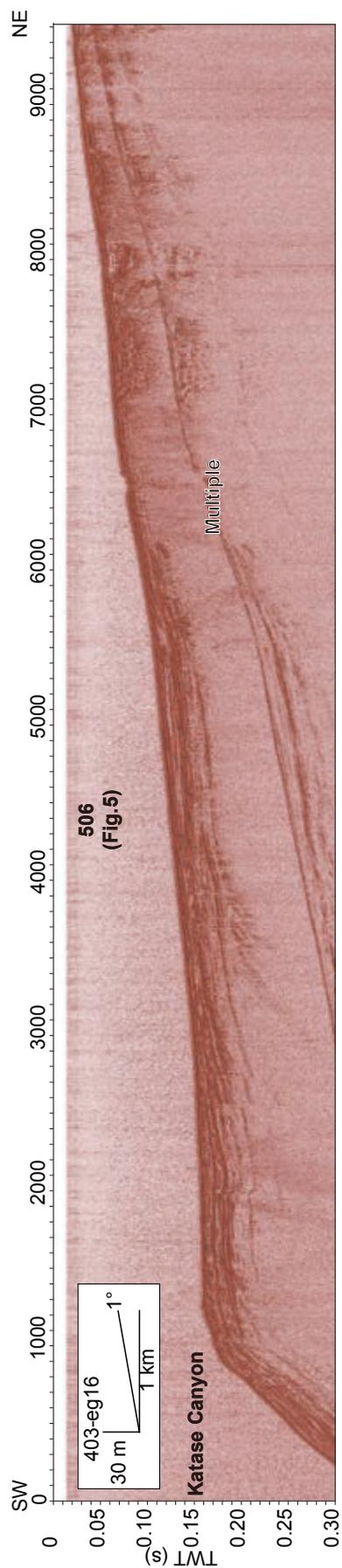
2-eg16（第3図）の反射断面を示す。2-eg16（第3図）の CMP6,000 付近以西が大磯丘陵中部～東部の沖合にあたり、今後の解析によって大磯丘陵周辺に分布する活断層の海域部への連続性を明らかにできる可能性がある。

4.2 鎌倉海脚と江ノ島海脚

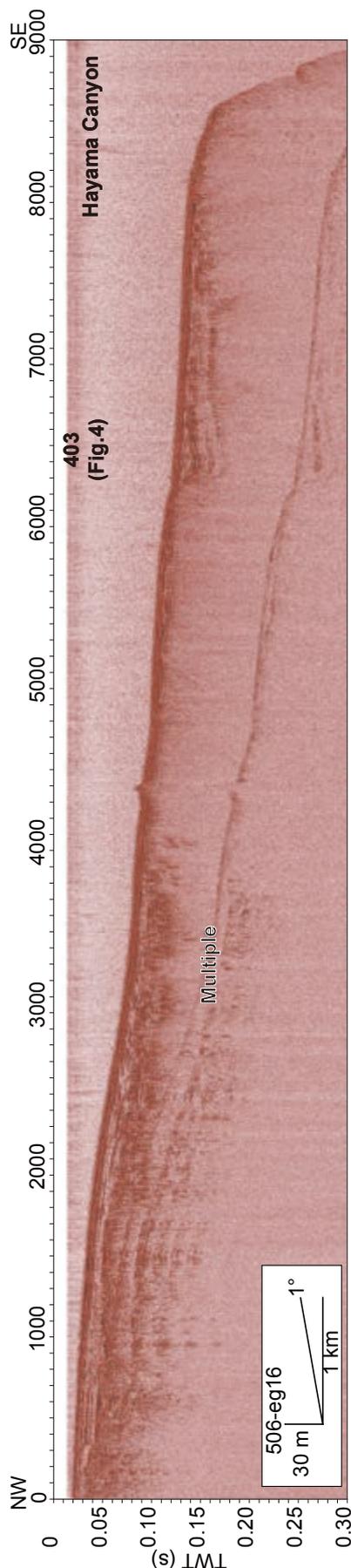
鎌倉海脚の地形の延びの主軸と平行する（三浦半島北西部の海岸線とほぼ直交する）北東南西方向の測線 403-eg16（第4図）を示す。また、鎌倉海脚と江ノ島海脚の地形の延びと直交する（三浦半島北西部の海岸線とほぼ平行する）北西南東方向の測線 506-eg16（第5図）の反射断面を示す。測線 403-eg16 の CMP2,000～CMP4,000 付近と測線 506-eg16 の CMP6,000～7,000 付近に、三浦半島断層群主部が延長していることが既存の音波探査記録の解析結果（佐藤, 2016）から予想される。本海域周辺の反射断面の解析を今後進めること



第3図 測線 2-eg16 の反射断面図.
Fig. 3 Seismic section of line 2-eg16.



第4図 測線 403-eg16 の反射断面図.
Fig. 4 Seismic section of line 403-eg16.



第5図 測線506-eg16の反射断面図.
Fig.5 Seismic section of line 506-eg16.

で、三浦半島断層群主部の海域部における断層の分布・性状と活動履歴を解明できると期待される。

4.3 三浦半島の西方沖と南方沖

三浦半島の西方沖で取得された南北方向の測線115-eg16の反射断面(第6図)を示す。本断面では、CMP3,300～3,700付近に位置する亀城海脚付近において内部反射面が不明瞭な地層が海底下に露出している様子が観察される。次に、三浦半島の南方沖で取得された南北方向の測線119-eg16の反射断面(第7図)と東西方向の測線16-eg16の反射断面(第8図)を示す。両断面では、成層した堆積層が大きく波打っている様子が認められ、今後の解釈によって本地域の構造運動と堆積作用について明らかにできる可能性がある。

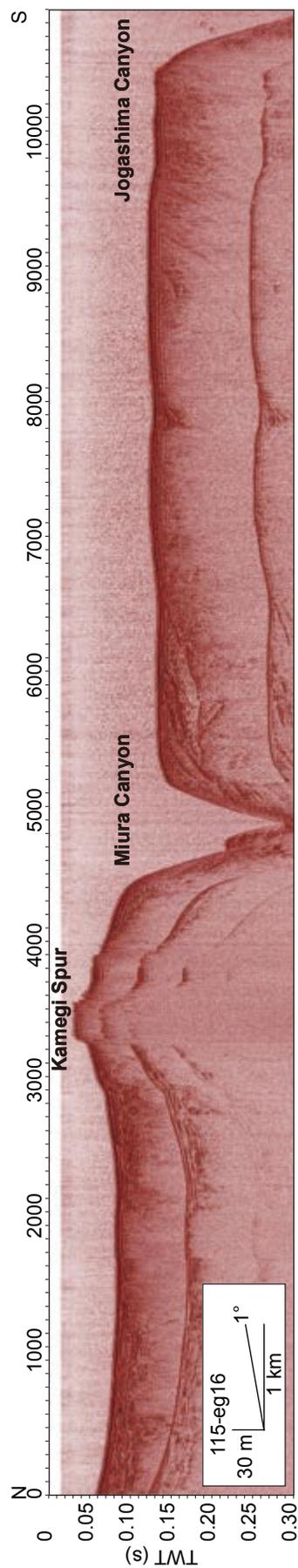
5. まとめ

本年度は、相模湾沿岸域における海底地質図作成のために反射法音波探査を実施した。本報告では、相模湾沿岸の各海域ごとの代表的な反射断面を紹介した。本海域には、陸域の活断層の海域延長部が分布することが予想されているが、今回の調査では分布推定地点の反射断面を取得することができ、今後の解析によって本海域の活断層の分布や活動履歴を明らかにできると期待される。

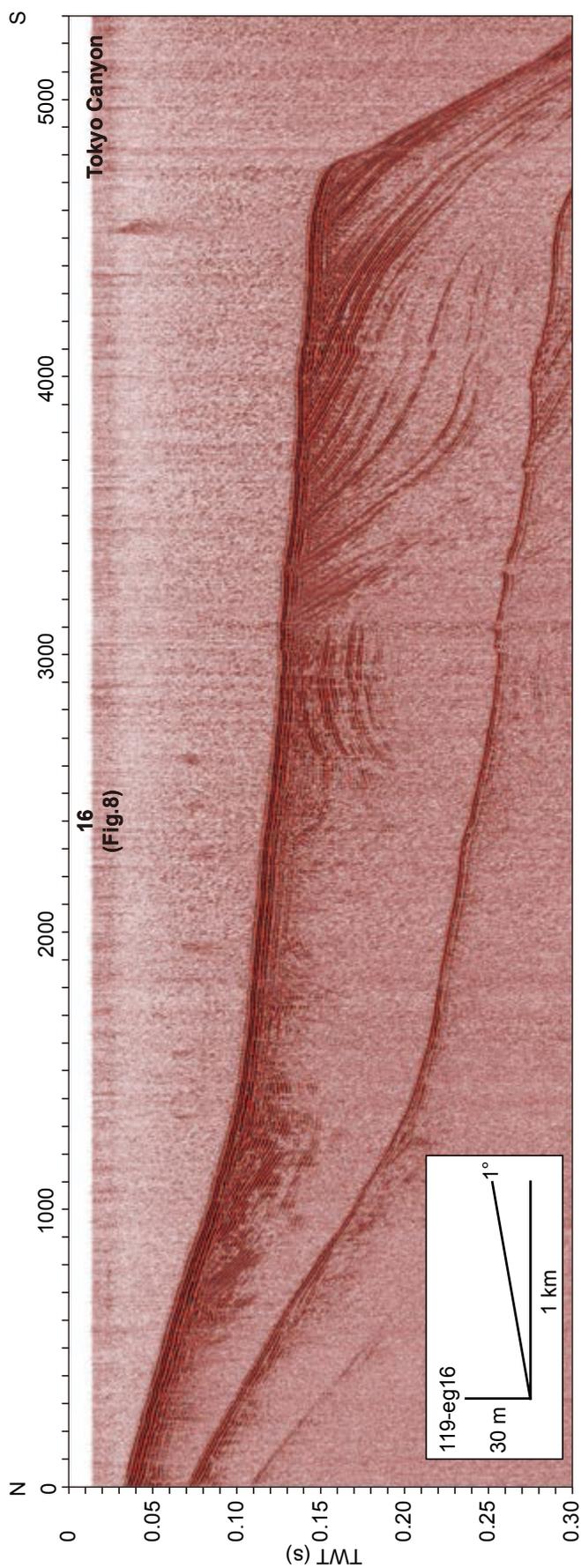
謝辞: 本研究における反射法音波探査は総合地質調査株式会社の方々に実施していただいた。現地調査では、船長ならびに関係者には大変お世話になった。また、神奈川県内の地元漁協や関係機関には、現地調査にあたり様々な便宜を図っていただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文献

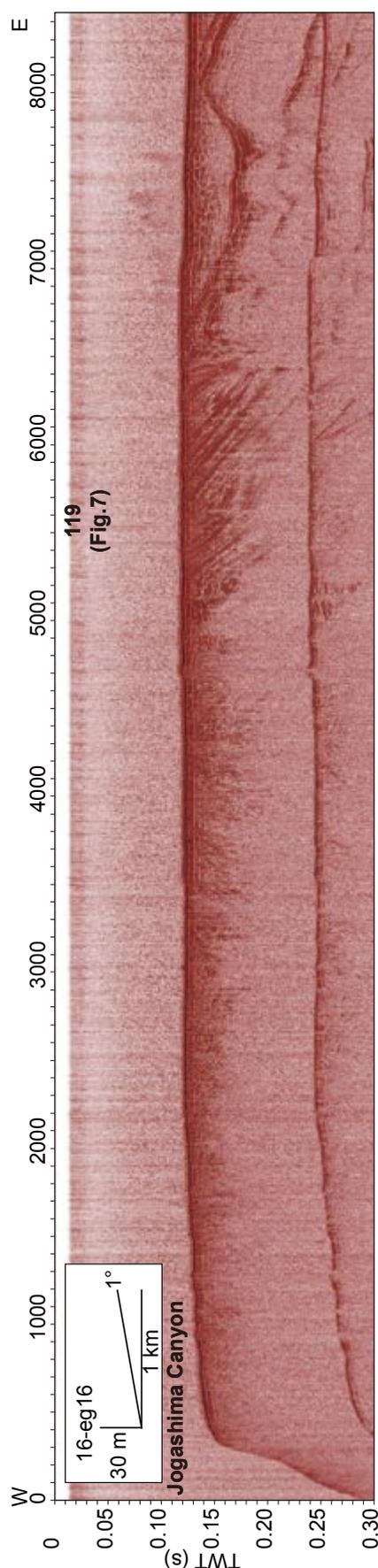
- 井上卓彦・岡村行信(2010) 能登半島北部周辺20万分の1海域地質図及び説明書。海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」, 数値地質図S-1, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 井上卓彦・木村治夫・岡村行信(2011) 新潟沿岸域20万分の1海域地質図及び説明書。海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」, 数値地質図S-2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 古山精史朗・佐藤智之(2015) 房総半島東部沿岸における反射法音波探査概要。平成26年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.68, 1-8。
- 古山精史朗・佐藤智之(2016) 房総半島東北部沿岸に



第 6 図 測線 115-eg16 の反射断面図。
Fig. 6 Seismic section of line 115-eg16.



第 7 図 測線 119-eg16 の反射断面図。
Fig. 7 Seismic section of line 119-eg16.



第8図 測線 16-eg16 の反射断面図.
Fig. 8 Seismic section of line 16-eg16.

における反射法音波探査概要と地質構造. 平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.71, 1-11.

貝塚爽平・松田時彦・町田 洋・松田磐余・菊池隆男・丸田英明・山崎晴雄・松田明美 (1977) 首都圏の活構造.「東京直下型地震に関する調査研究(その4)ー活断層および地震活動状況等に関する考察ー」, 東京都防災会議, 165-220.

加藤 茂 (1999) 相模湾の海底地形と地質構造. 第四紀研究, **38**, 469-477.

木村政昭 (1976) 20 万分の 1 海底地質図「相模灘付近」. 海底地質図, no.3, 工業技術院地質調査所

丸山 正 (2015) 相模湾北西部沿岸海域における高分解能音波探査. 活断層・古地震研究報告, **15**, 179-209.

松本 弾 (2013) 福岡沿岸域 20 万分の 1 海底地質図及び同説明書. 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」, 数値地質図 S-3, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

水野清秀 (2016) 大磯丘陵東部に分布する第四紀堆積物の地質構造調査 (予報). 平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.71, 153-160.

茂木昭夫・桂 忠彦・中嶋 逞・桜井 操・加藤 茂 (1981) 駿河・相模トラフ付近の海底調査概報. 月刊地球, **3**, 443-451.

中田 高・今泉俊文編 (2002) 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, 68p.

大熊茂雄・駒澤正夫・宮川歩夢・押田 淳 (2015) 相模湾北部沿岸域における海底重力調査. 平成 26 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.68, 107-114.

大熊茂雄・駒澤正夫・伊藤 忍・押田 淳 (2016) 相模湾東部沿岸域における海底重力調査. 平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.71, 129-138.

佐藤智之 (2014) 勇払平野沿岸域 20 万分の 1 海底地質図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集「石狩低地帯南部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-4, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

佐藤智之 (2016) 既存の反射法音波探査記録からみた相模湾北東海域の地質構造: 予察. 平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.71, 121-128.

- 佐藤智之・荒井晃作（2016）20 万分の 1 駿河湾北部沿岸域海底地質図及び説明書．海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」，海陸シームレス地質図 S-5，産業技術総合研究所地質調査総合センター．
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2002）三浦半島の長期評価について．33p．
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2015）塩沢断層帯・平山－松田北断層帯・国府津－松田断層帯（神縄・国府津－松田断層帯）の長期評価（第二版）．55p．
- 東郷正美・宮内崇裕・佐藤比呂志（1996a）2.5 万分の 1 都市圏活断層図「藤沢」国土地理院技術資料，D.1-No.333．
- 東郷正美・宮内崇裕・佐藤比呂志（1996b）2.5 万分の 1 都市圏活断層図「平塚」国土地理院技術資料，D.1-No.333．
- 森 宏・阿部信太郎・荒井良祐・田之口英史・津村紀子・青柳恭平（2015）三浦半島断層群海域延長部における断層分布と活動性について．活断層・古地震研究報告，**15**，143-177．