

静岡市三保半島における浅部地下構造調査

Shallow seismic reflection survey at the Miho peninsula, Shizuoka City

山口和雄^{1*}・伊藤 忍¹・入谷良平^{1,2}

Kazuo Yamaguchi^{1*}, Shinobu Ito¹ and Ryohei Iritani^{1,2}

Abstract: We conducted P-wave high-resolution shallow seismic reflection survey near the point of Miho peninsula, Shizuoka City, to obtain subsurface structure between 100m and 300m deep. E-W and N-S orthogonal survey lines were set along paved road, unpaved road and baseball sub-ground. They are approximately 600m and 400m long, respectively. The preliminary CMP stacked sections show several continuous reflectors between 60m and 400m in depth. Reflector of 60m in depth is correlated to the boundary detected by nearby boring cores. Below 60m, reflectors dip southward with 4 to 13 degree apparently in the N-S section. Dips of shallow reflectors are larger than those of deep reflectors. Onlap structure is perceived between 100m and 200m in depth.

Keywords: high-resolution shallow seismic reflection survey, subsurface structure, Miho peninsula

要旨

静岡市の三保半島先端付近で深度 100m ~ 300m を目標深度として反射法地震探査を実施した。測線は東西方向長さ約 600m, 南北方向約 400m の直交 2 測線を設定した。予備的な反射断面を作成し、深度 60m ~ 400m の範囲で複数の連続の良い反射面を捉えた。深度 60m 付近の反射面は測線近傍のボーリングコアで確認された標高 -57m の地層境界とほぼ一致する。60m 以深は、南北方向で見掛け 4 度から 13 度の南傾斜の反射面が見られ、浅部の反射面の方が傾斜が大きい。深度 100m ~ 200m 付近にオンラップ構造が認められる。

1. はじめに

「沿岸域の地質・活断層調査」のプロジェクトは、平成 25 年度に駿河湾奥部周辺を対象として各種調査を進めている。駿河湾西部に位置する三保半島は、南西にある安倍川と有度丘陵が堆積物の供給源となり、これらの堆積物が波によって運ばれ形成された複合砂嘴である (依田ほか, 1998, 2000)。三保半島の地

質層序は、ボーリング資料と海域の音波探査記録に基づいて検討されている (依田ほか, 1998)。石原ほか (2014) は三保半島の層序を解明するために三保半島先端付近で深度 70m のボーリングを実施した。ボーリングの解析に資することと三保半島の地下構造を明らかにすることを目的として、坑井近傍を通る測線で反射法地震探査による地下構造調査を実施した。

2. 調査概要

測線は静岡市清水区三保本町の市道および野球練習場内に設定した (第 1 図, 第 2 図)。測線 1 は長さ約 600m で、旧三保文化ランドから東海大学松前球場に至る東西方向のアスファルト舗装道路である (第 3 図 (a))。測線 2 は長さ約 400m で、野球練習場内の地面 (測点 1 - 42), 供用されていない未舗装道路 (同 43 - 84), アスファルト舗装道路 (同 85 - 192) である (第 3 図 (b))。測線 1 測点 199 と測線 2 測点 84 で両測線は交差する。測線 1 の標高は 1m - 4m, 測線 2 の標高は 0.9m - 4.3m である。測線 1 とボーリング GS-MMB-1 (石原ほか, 2014) の距離は約 27m である。

第 1 表に調査の測定諸元, 第 3 図 (c), (d) に使用

* 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, Institute of Geology and Geoinformation)

² 現在, シュルンベルジェ (株) (Presently, Schlumberger K.K.)



第 1 図 調査位置図。

矩形は第 2 図の範囲を示す。基図として国土地理院の地理院地図 (電子国土 web) を利用した。

Fig. 1 Survey area map.

The rectangle shows area of Fig. 2. The basemap is from Geospatial Information Authority of Japan.

した機器類を示す。本件調査の目標深度はボーリング深度の 70m よりやや深い 100m ~ 300m 程度を想定しており、震源は P 波、測点間隔は 2m、最大オフセットは 384m とした。探鉱器では垂直重合せず個々の発震データを全て記録した。マーキング・測量・設置撤収・測定など実質 4 日間の作業だった。取得した反射法データは総発震点数 473 点、合計 2529 ファイルとなった。

3. 調査結果

垂直重合と振幅調整を適用した後の発震記録を第 4 図に示す。S/N は良好で初動は最大オフセットまで届き、反射波はゼロオフセットで走時 0.05s 付近から 0.5s 付近に見られる。顕著なノイズは見掛け速度 200m/s - 300m/s 程度の低周波数の波群が卓越する。発震記録では目立たないが、測線 2 の測点 85 - 192 の区間は見掛け速度約 1200m/s の高周波数の波

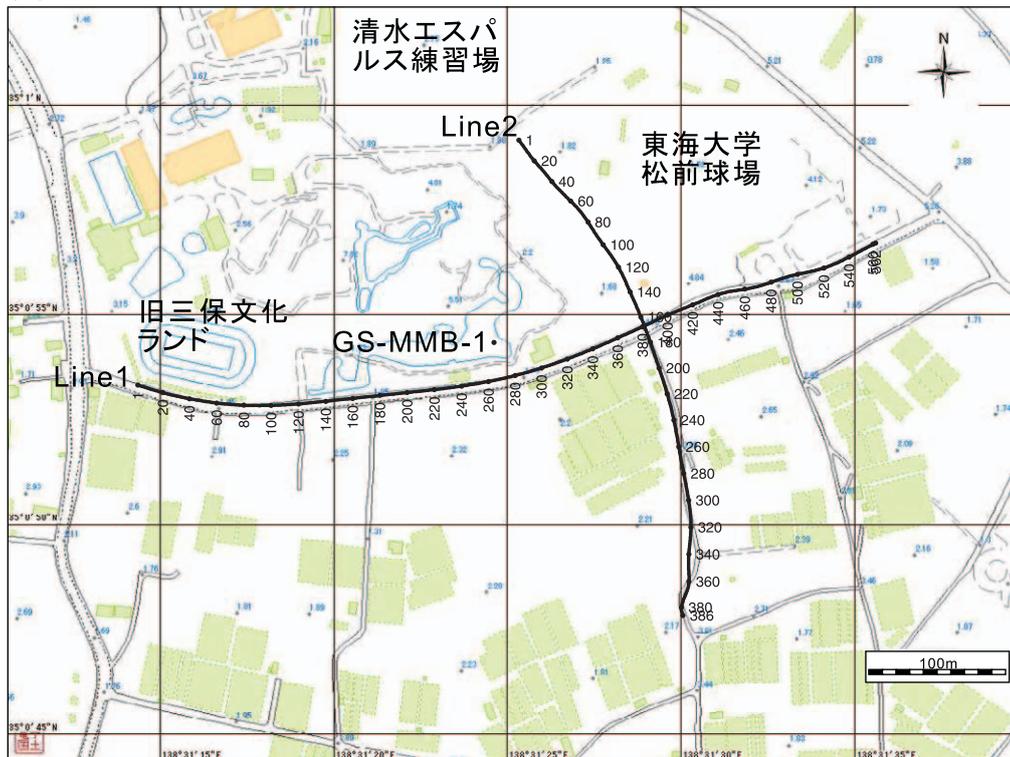
群が共通受振記録で認められ、これは上水道埋設管に起因するチューブ波と考えられる。

データ処理は通常の CMP 重合法を適用した。処理項目を第 2 表に示し各処理の概要を以下に記す。前処理としてトレース編集、同一発震点重合 (ダイバーシティ重合) 等を適用し、受振点および発震点の座標データを入力しジオメトリを定義した。測量はトータルステーションと GPS を併用した。初動屈折解析による静補正で表層低速度層の影響を除去し、振幅調整、デコンボリューション、バンドパスフィルタにより反射イベントを強調した。速度解析は、定速度走査法と定速度重合法により 100CMP(100m) 毎に実施した。解析点数は測線 1 が 5 点、測線 2 が 3 点である。速度解析で求めた重合速度を用いて NMO 補正、CMP 重合を適用し CMP 重合時間断面を作成した。その後、見掛けの傾斜を真の傾斜に変換する重合後時間マイグレーション、さらに時間軸を距離軸に変換する深度変換を行った。マイグレーションと深度変換には時間空

(a) Survey lines



(b) CMP lines



第2図 測線図.

(a) 調査測線 数値は測点番号 (2m 間隔), (b) CMP 測線 数値は CMP 番号 (1m 間隔). GS-MMB-1 の位置は石原ほか (2014) による. 基図として国土地理院の地理院地図 (電子国土 web) を利用した.

Fig. 2

Seismic lines.

(a) Survey lines with station number (2m interval), (b) CMP lines with CMP numbers (1m interval).

GS-MMB-1 is from Ishihara et al. (2014). The basemap is from Geospatial Information Authority of Japan.

(a) Line1



(b) Line2



(c) Impactor



(d) Receiver, remote unit



第 3 図 調査測線風景と調査機器.

(a) 測線 1, (b) 測線 2, (c) P 波油圧インパクト, (d) 受振器とリモートユニット

Fig. 3 Photos of survey lines and instruments.

(a) line1, (b) line2, (c) Pwave Yuatsu impactor, (d) Receiver and remote unit.

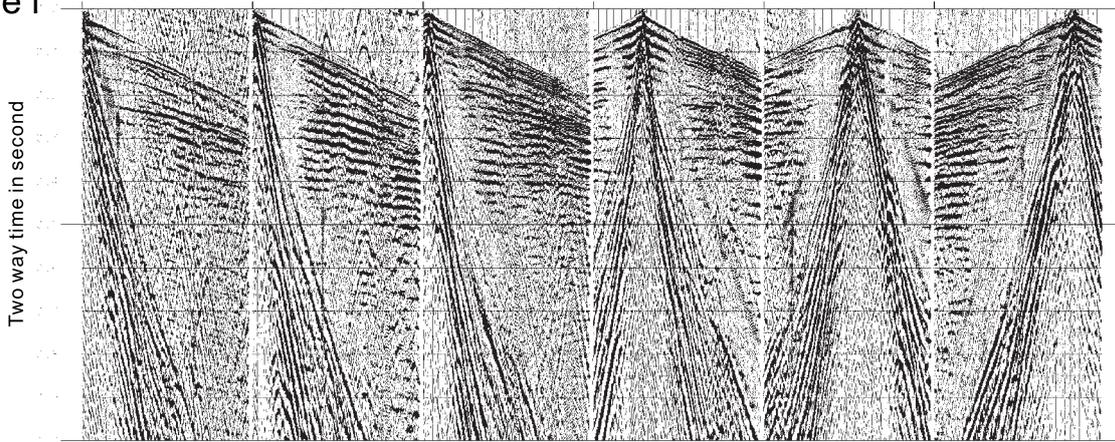
第 1 表 調査諸元と使用機器.

Table1 Survey parameters and instruments.

測線名	測線1	測線2
総発震点数	282	191
総受振点数	288	192
測点番号	7-294	1-192
発震受振展開	西端から1-192番目の受振点を固定し1-48で発震, 49-240番目の受振点を固定し49-96で発震, 97-288の受振点を固定し97-288で発震	192受振点を固定し各点で発震
調査方向	西→東	北→南
調査年月日	平成26年2月18日-19日	平成26年2月17日
CMP番号	1-562	1-386
CMP数	562	386
CMP測線長	561m	385m
坑井との距離	27m(CMP271)	
震源	P波油圧インパクト(地球科学総合研究所製)	
発震点間隔	2m	
発震パタン	1箇所固定	
発震回数	5回あるいは10回	
受振器	GS20-DM(GeoSpace製)	
受振点間隔	2m	
受振器個数	1個/受振点	
固有周波数	28Hz	
探鉱器	DSS-12(サンコーコンサルタント製)	
チャンネル数	192ch	
記録長	1s	
サンプリング間隔	0.5ms	
CMP重合数	標準96	
CMP間隔	1m	
測線交点	測線1測点199=測線2測点84, 測線1CMP381=測線2CMP167	

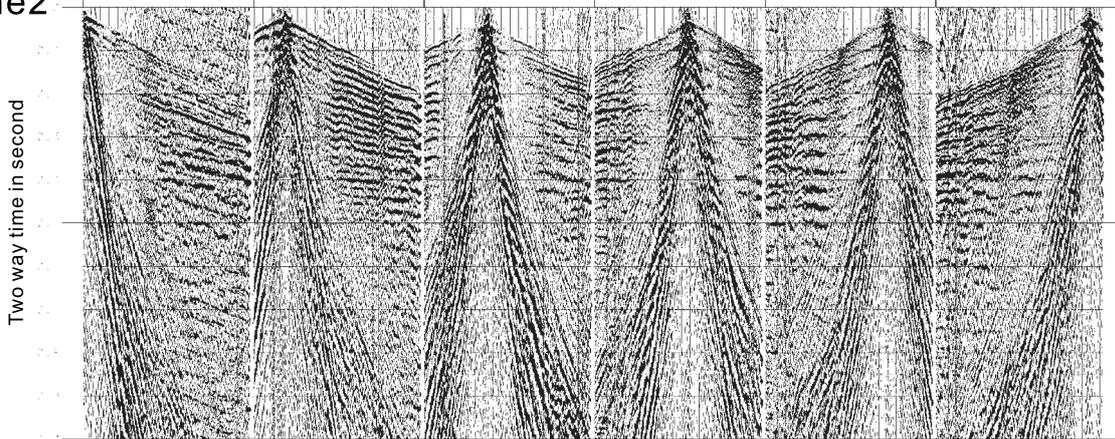
(a)

Line1



(b)

Line2



第 4 図 発震記録.

(a) 測線 1, (b) 測線 2. SOURCE は発震点番号, RECEIVER は受振点番号.

Fig. 4 Shot records.

(a) line1, (b) line2. SOURCE is source point number, RECEIVER is receiver point number.

第 2 表 反射データ処理メニュー.

Table2 Processing menu of seismic data.

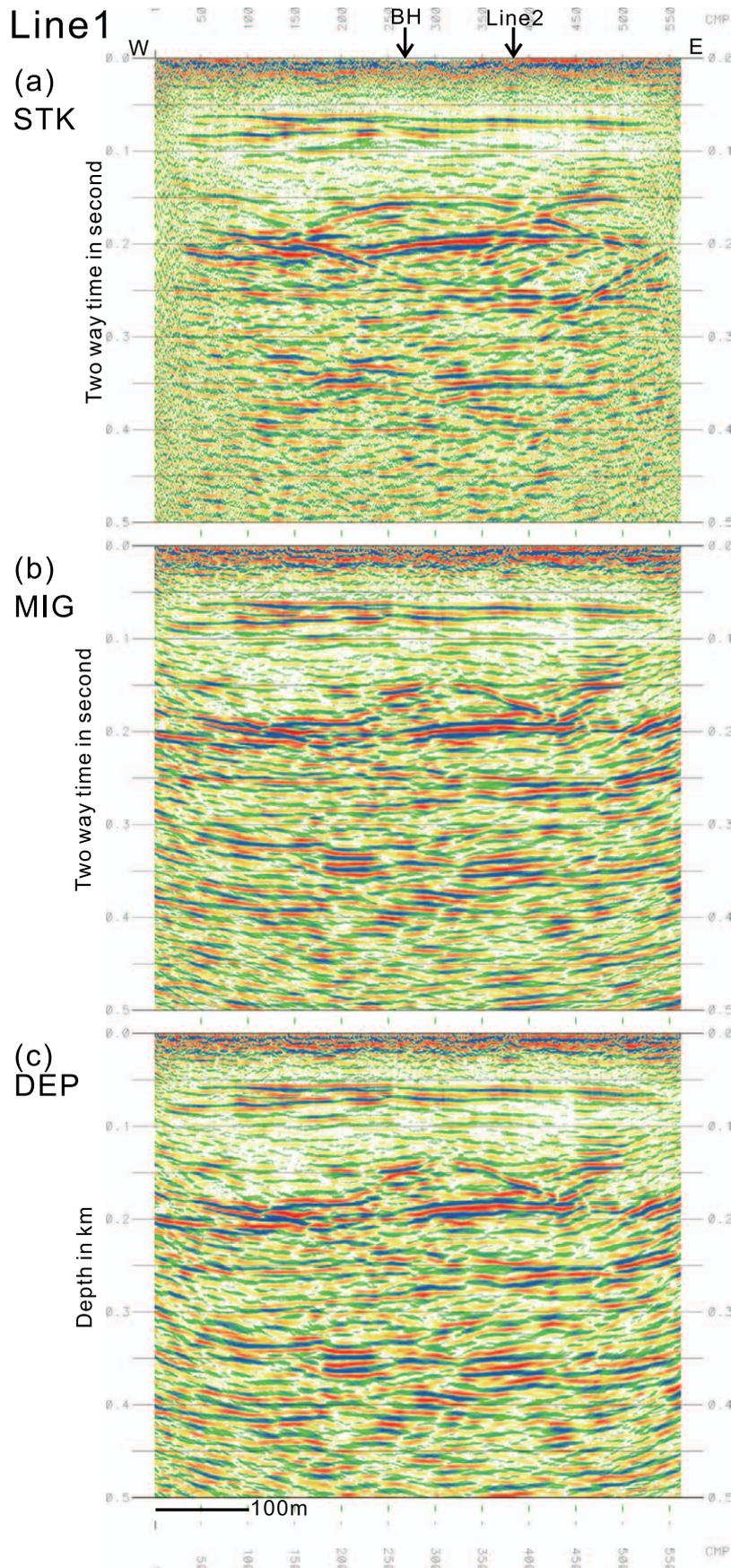
データ変換(SEG2→SEG-Y→内部形式)
トレース編集(不良ch除去)
垂直重合(ダイバーシティスタック)
ジオメトリ適用
初動屈折解析による静補正
振幅調整
デコンボリューション
バンドパスフィルタ
速度解析
NMO補正
初動ミュート
CMP重合
FX時間マイグレーション
深度変換

間方向に平滑化した重合速度を用いた.

以上により, 予備的な CMP 重合時間断面図, マイグレーション時間断面図, 深度断面図を作成した(第 5 図, 第 6 図). 標高 0m をデータ処理の基準面としており, 各断面図の走時 0s, 深度 0m は標高 0m に相当する. データ処理には Linux 上で動作する反射法処理ソフトウェア Omega(WesternGeco 社製)を使用した.

4. 結果と考察

いずれの測線も往復走時で 0.06s から 400ms, 深度では 60m から 400m に連続の良い反射面が見られる. それら反射面を測線 2 の深度断面上で上から順に A ~ E としてトレースし, 交点で測線 1 に繋ぎ, 測

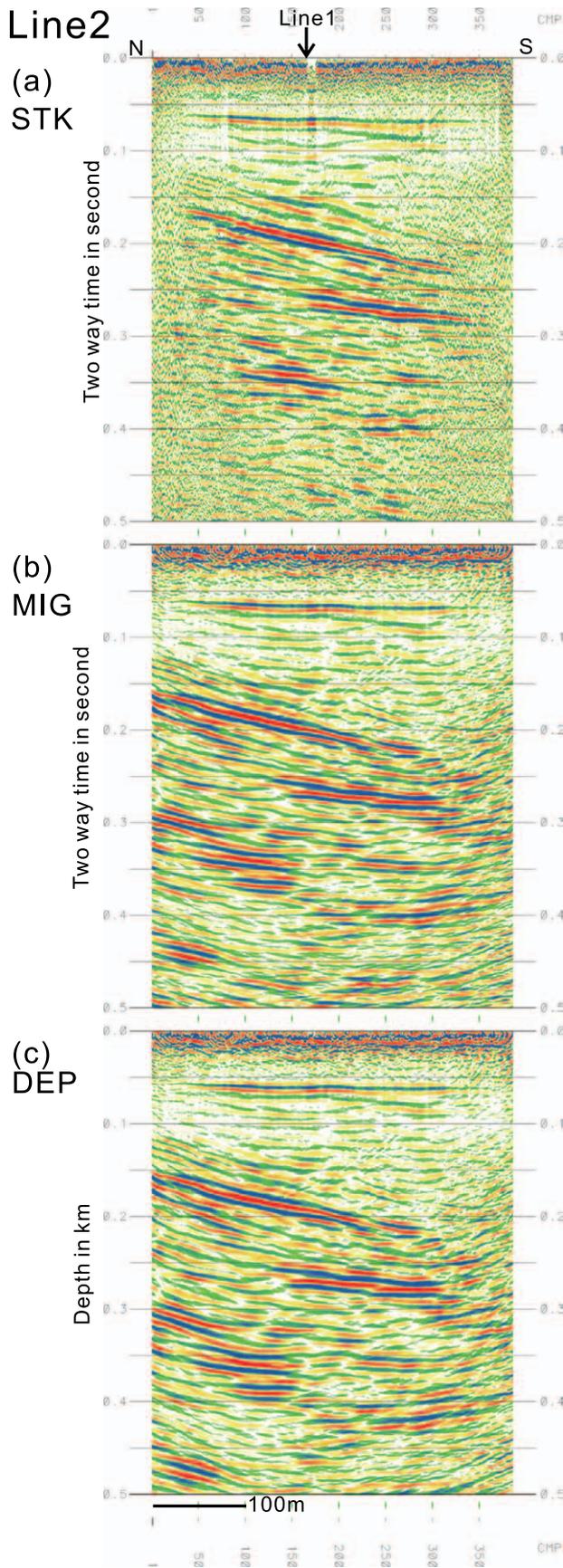


第 5 図 測線 1 予備的な各種断面図。

(a)CMP 重合時間断面, (b) マイグレーション時間断面, (c) 深度断面。深度断面は縦横 1:1。

Fig. 5 Line1 Preliminary seismic sections.

(a) CMP stacked time section, (b) Migrated time sections, (c) Depth section. Vertical exaggeration of depth section is 1.



第 6 図 測線 2 予備的な各種断面図。

(a)CMP 重合時間断面, (b)マイグレーション時間断面,

(c) 深度断面。深度断面は縦横 1:1。

Fig. 6 Line2 Preliminary seismic sections.

(a) CMP stacked time section, (b) Migrated time sections,

(c) Depth section. Vertical exaggeration of depth section is 1.

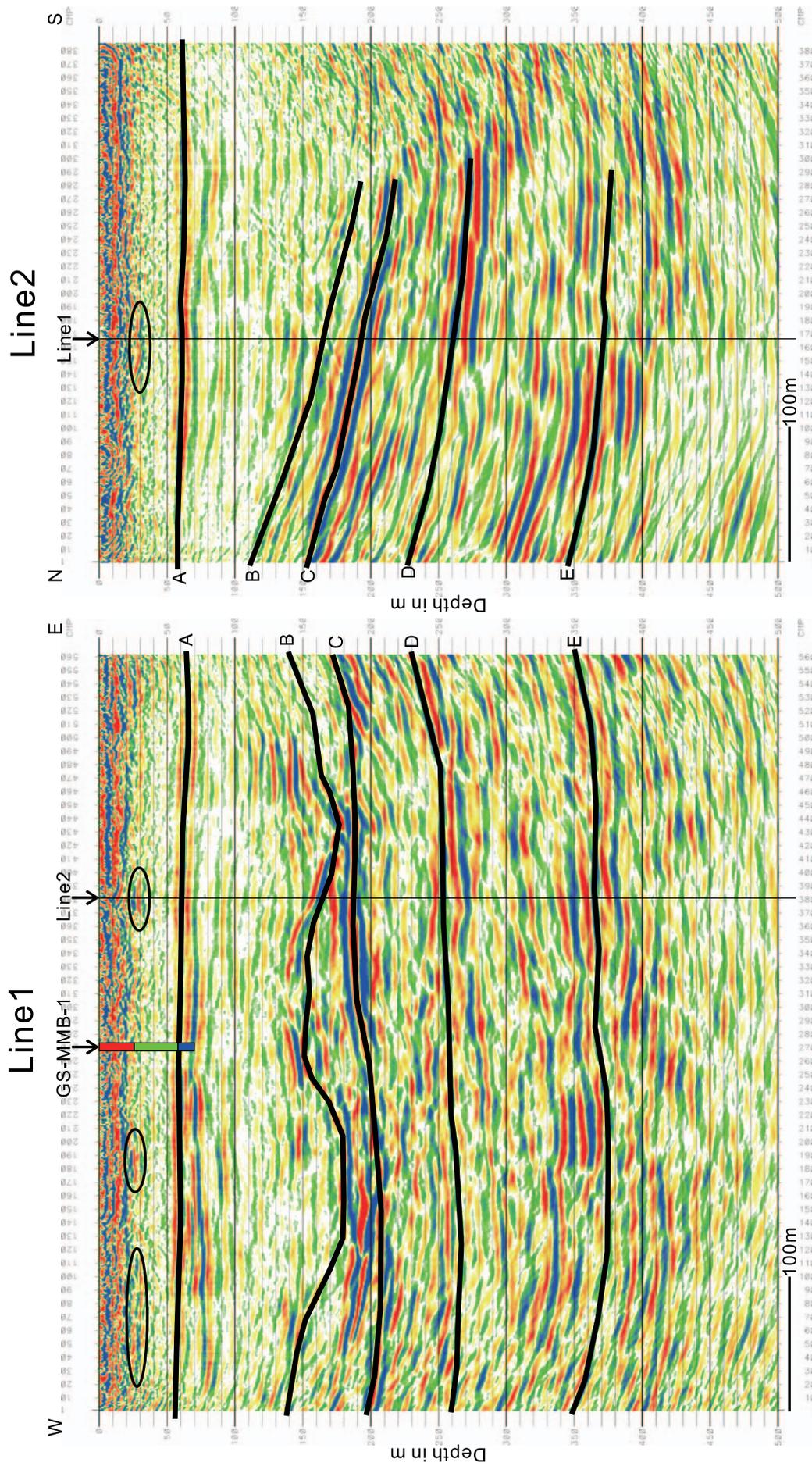
線 1 の反射面をトレースした (第 7 図)。交点での反射面の対応は良好である。A はいずれの測線でも深度 60m 付近に分布し、測線 1 でわずかに東傾斜、測線 2 でわずかに南傾斜である。A の上位 (浅部) は、交点位置など部分的に深度 25 ~ 30m 辺りに断片的なイベントが見られる (楕円で囲んだ)。深度 20m 以浅のイベントは真の反射か否か検討が必要である。A の下位には複数の連続の良い反射面が捉えられた。測線 1 の B は、時間断面の buried focus 状の波列 (CMP160 と 410 付近、走時 0.15 ~ 0.2s) がマイグレーションにより凹部としてイメージされたと考えてトレースした。測線 2 の B, C, D, E はいずれも滑らかな形状を示し南に傾斜する。見掛けの傾斜は上から順に 13 度、13 度、7 度、4 度であり、浅い反射面の方が深い反射面より傾斜が急である。A - B 間の反射面は B に対してオンラップの関係にある。

測線 1 近傍の坑井 GS-MMB-1 (石原ほか, 2014) の地層区分を簡略化して断面図に投影した。コアの層相は、標高 -6.9 m ~ -63 m が砂礫層、-63 m ~ -57 m が砂層、-57 m ~ -25 m が砂泥層、-25 m ~ -0.1 m が砂礫層である (石原ほか, 2014)。ボーリングの -57m の地層境界と反射面 A の深度はほぼ一致し、-25m の地層境界は深度 25 ~ 30m の断片的な反射面に対応すると考えられる。

5. おわりに

静岡市の三保半島先端付近で深度 100m ~ 300m を目標深度として反射法地震探査を実施した。測線は東西方向長さ約 600m、南北方向約 400m の直交 2 測線を設定した。予備的な反射断面を作成し、深度 60m ~ 400m の範囲で複数の連続の良い反射面を捉えた。深度 60m 付近の反射面は測線近傍のボーリングコアで確認された標高 -57m の地層境界とほぼ一致する。60m 以深は、南北方向で見掛け 4 度から 13 度の南傾斜の反射面が見られ、浅部の反射面の方が傾斜が大きい。深度 100m ~ 200m 付近にオンラップ構造が認められる。

今後、低速度波群やチューブ波の抑制、初動ミュートの最適化、マイグレーション後に測線外に移動する傾斜反射面の保持等により反射断面図の精度を向上させる。特に坑井 GS-MMB-1 の標高 -25 m の地層境界に対応する反射面の鮮明化を目指す。反射断面の地質



第 7 図 反射面のトレース。
 深度断面 (第 5 図 (c), 第 6 図 (c)) で連続の良い反射面をトレースした。楕円は断片的な反射面。GS-MMB-1 は坑井データを (石原ほか, 2014) を簡略化して測線 1 に投影した。

Fig. 7 Traces of reflectors.
 Continuous reflectors traced on depth sections Fig. 5(c) and Fig. 6(c). Ellipses show discontinuous reflectors. GS-MMB-1 is simplified from Ishihara et al. (2014) and projected to Line1.

解釈は、周辺の陸域ボーリングデータや海域音波探査データを参照して行う。

謝辞

本調査の実施にあたり、東海大学の柴正博氏、手塚慎太郎氏、(株)しずおか体験企画の武藤善章氏、三保本町一区自治会長の遠藤亮司氏、静岡市役所建設局にご協力いただきました。以上の皆様に心からの謝意を表します。

文献

- 石原武志・水野清秀・本郷美佐緒・細谷卓志(2014) 駿河湾北部の沿岸域における平野地下の第四系地質調査. 平成25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.65, 65-76.
- 依田美行・石井良・中西のぶ江・田中政仁・根元謙次(1998) 三保半島沖大陸棚の堆積構造からみた三保半島の形成過程. 東海大学紀要海洋学部, 45, 101-119.
- 依田美行・黒石修・根元謙次(2000) 堆積シーケンスからみた三保半島及び半島沖大陸棚の形成. 海洋調査技術, 12, 31-47.