

3. 研究報告

3. 1 活断層の詳細位置・形状・活動性解明のための調査研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層の詳細位置・形状・活動性解明のための調査研究

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	石山 達也
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	蔵下 英司
国立大学法人東京大学地震研究所	名誉教授	佐藤 比呂志
国立大学法人東京大学地震研究所	特任研究員	加藤 直子
法政大学人間環境学部	教授	杉戸 信彦
国立大学法人信州大学学術研究院教育学系	教授	廣内 大助
国立大学法人広島大学文学部	准教授	後藤 秀昭
国立大学法人岡山大学学術研究院教育学域	教授	松多 信尚
国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター連携推進室国内連携グループ	グループ長	宍倉 正展

(c) 業務の目的

三浦半島断層群（主部／武山断層帯）の変動地形調査を行い、断層帯を構成する活断層の詳細な位置・分布を明らかにする。その結果を踏まえて、本断層帯の長期評価に資する高精度の断層活動性を解明する調査研究観測を複数の調査地点で行う。また、本断層帯および隣接する断層帯を横断する浅部・深部構造探査を行い、震源断層モデルを構築するとともに、隣接する断層帯やプレート上面との構造的関係について明らかにすると共に、断層帯の分布・活動履歴等を考慮し、活動の関連性について検討する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 令和5年度：

断層の位置・分布・変位様式や長期間地殻変動を把握するために、本断層帯及び三浦半島周辺地域の変動地形調査を実施し、次年度以降の本格的な活動性調査の調査地点・手法の検討を進めた。また、断層形状及び盆地構造を解明するために、本断層帯を横断する測線で深部構造探査を行った。さらに、本断層帯の海域延長部における分布・構造を解明するために、マルチチャネル反射法地震探査を行った。加えて、次年度以降の活動性調査・深部構造探査・震源断層モデル構築に向けて、既存の調査研究資料の収集・整理を行った。

2) 令和6年度：

活断層の位置・分布・変位様式や長期間地殻変動を把握するために、本断層帯及び三浦半島周辺地域の変動地形調査を引き続き実施し、その結果を踏まえて断層帯の

適切な地点にて地形・地質学的な調査手法で活断層の活動性調査を実施する。さらに、1年目の調査結果を踏まえて、断層帯海域延長部の詳細な位置や活動性に関する資料を得るために、海域にて高分解能反射法構造探査等を行う。

3) 令和7年度：

引き続き断層帯および三浦半島周辺地域の変動地形調査を行い、その結果を踏まえて断層帯の適切な地点・手法にて活断層の活動性調査を実施する。また、これまでに得られた変動地形や断層帯海域延長部、フィリピン海プレート上面および上盤側の構造などの情報を考慮して、断層帯の震源断層モデルの構築を行う。さらに、周辺の断層帯およびメガスラストとの分布・構造的関係・活動履歴の比較検討等を行い、断層帯の構造・活動の関連性について明らかにする。

(2) 令和5年度の成果

(a) 業務の要約

三浦半島断層群（主部／武山断層帯）の位置・形状を明らかにするために、既往資料を収集・整理するとともに、米軍・国土地理院撮影の小～大縮尺空中写真および0.5 mグリッドの数値標高モデルの解析による変動地形の検討を行い、活動性（特に平均変位速度の推定）調査の地点・推定手法の検討を進めた。また、断層形状及び盆地構造を解明するために、本断層帯を横断する測線で測線長約16 kmの深部構造探査を行い、武山断層・北武断層などが高角で北に傾斜するほか、南下浦断層が高角で南に傾斜する構造や、三浦半島の南北方向の第四系の盆地構造やP波速度構造が明らかとなった。さらに、本断層帯の海域延長部における断層の分布・構造を解明するために、マルチチャンネル反射法地震探査を行い、相模湾に分布する海底活断層が大陸棚の平坦面や完新統を変位させることがわかった。

(b) 業務の成果

1) 変動地形調査

三浦半島断層群（主部／武山断層帯）は、三浦半島を横断して分布する、長さ約11 km以上、北西走向の右横ずれ主体の断層帯である（図1；地震調査研究推進本部地震調査委員会，2002）。武山断層帯およびこれと並走する北武・衣笠断層帯と、三浦半島南部に分布する南下浦断層・引橋断層に沿っては、後期更新世の海成段丘面の変形や、丘陵・山地や海成段丘面を下刻する谷の右屈曲が連続的に分布するとされる（杉村，1964；Kaneko，1969；伊藤・他，1970；垣見・他，1971；安藤，1972；活断層研究会編，1980；太田・他，1982；Williams，1983；渡辺，1990；活断層研究会編，1991；太田・山下，1992；渡辺・他，1996；中田・今泉編，2002）。今回、武山断層帯の変動地形を再検討するにあたり、武山断層帯および周辺の断層帯の地形・地質学的研究を主とする既存研究資料を広く収集し、レビューを行った。

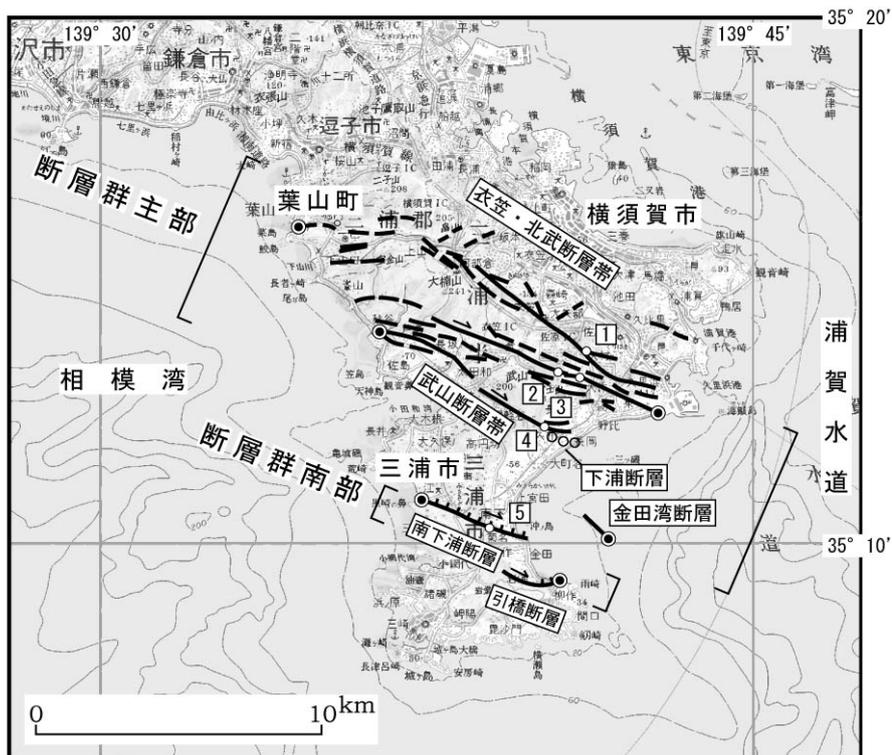


図1 三浦半島断層群（主部／武山断層帯）の位置図（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2002）。

三浦半島の地形は、半島北部にて北西方向に延びる三浦丘陵と、その南に広く分布する海成段丘面群で特徴づけられる（図2；太田，2000）。三浦丘陵は主に前～中期中新世葉山層群および中～後期中新世・鮮新世安房層群から構成される（江藤・他，1998；竹内・他；2015；地質調査総合センター，2021）。一方、その南に分布する宮田台地は主に後期更新世の海成層およびその上位の関東ローム層で構成される海成段丘面群からなる。宮田台地は高位から引橋面・小原台面・三崎面に区分され（図2）、火山灰層序（町田・新井，2003）に基づき引橋面の形成時期は下末吉期海洋酸素同位体ステージ（MIS）5eの一部にあたる可能性があるほか、小原台面は MIS 5c、三崎面は MIS 5a とされる（小池・町田編，2001）。

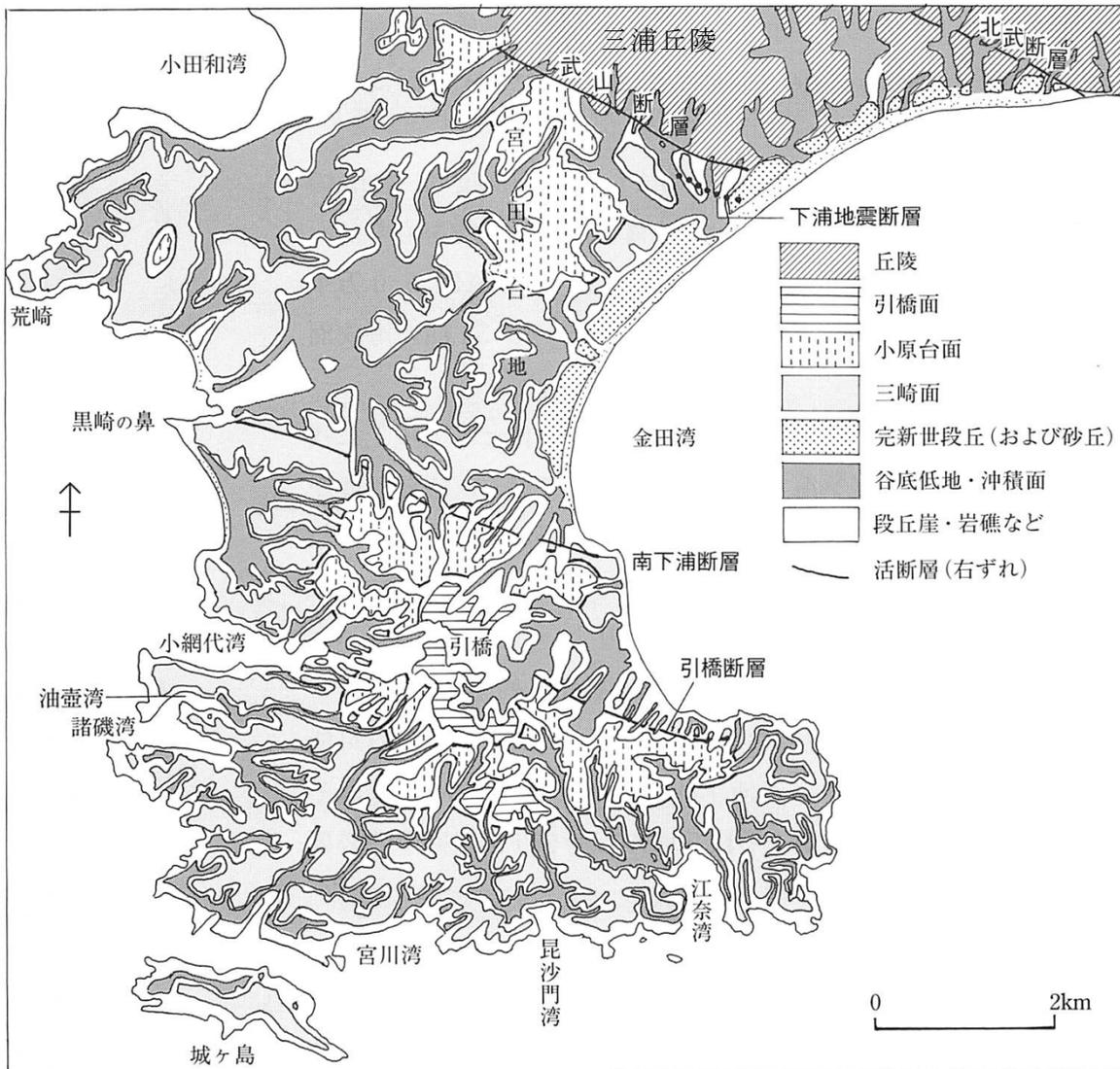


図2 三浦半島中南部の地形学図 (太田, 2000)。一部を加筆。

三浦半島断層群 (主部) の南部を構成する武山断層帯は、三浦半島を横断する武山断層と東京湾側の延長に存在する金田湾断層からなる。このうち、主たる活断層である武山断層は三浦丘陵の南麓部の地形・地質境界に分布する右横ずれ断層である。武山断層に沿っては三浦半島西海岸の横須賀市秋谷から半島東海岸の同市長沢にかけて、丘陵・台地を刻む谷に系統的な右屈曲が認められるほか、これらの地形に整合的な風隙や尾根の屈曲・鞍部・小地溝等が断続的に認められる (Kaneko, 1969; 安藤, 1972; 活断層研究会編, 1980; 太田・他, 1982; 活断層研究会編, 1991; 太田・山下, 1992; 渡辺・他, 1996; 中田・今泉編, 2002)。また、武山断層に沿っては、断層露頭 (太田・他, 1982) が確認されたほか、津久井地区で実施されたトレンチ調査において完新世の地層を変位・変形させる断層露頭が確認されている (横須賀市, 1998; 太田, 1999)。このほか、武山断層東端部の約 100~250 m 南東側において、1923 年関東地震時に縦ずれ主体 (南西側低下) の地表地震断層が長さ約 1 km にわたって出現し、下浦断層と名付けられた (山崎, 1925; 蟹江, 1967; Kaneko, 1969)。ただし、下浦断層の地形は宅地造成等の人工改変によって 1980 年代の時点で既に

ほぼ消失している（太田・他，1982）。

三浦半島断層群を構成する断層の地質学的意義については、尾崎（2021）によるレビューに詳しい。武山断層帯と地質構造との関係については、武山断層中央部を南西に流下す

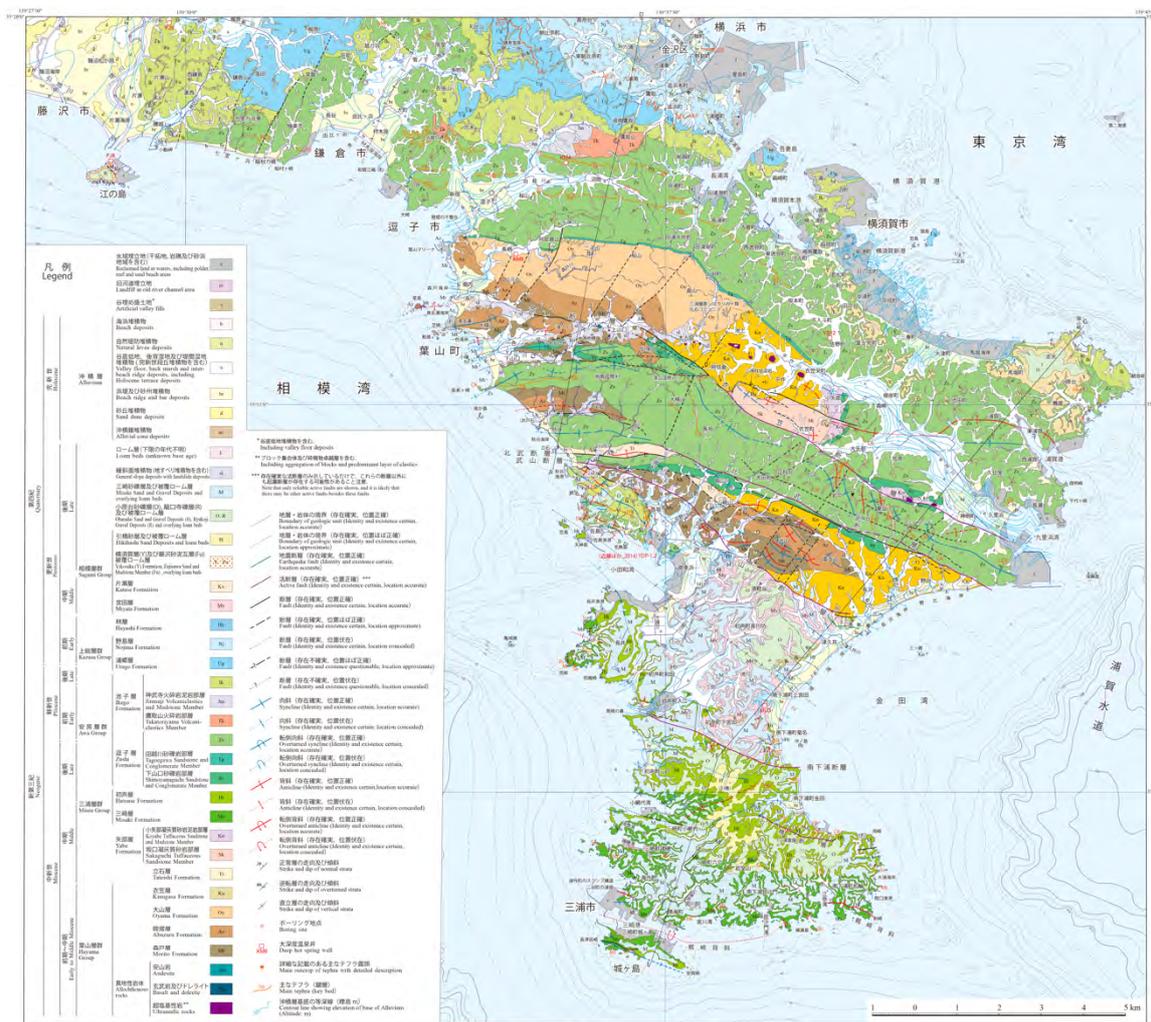


図3 三浦半島の地質図（地質調査総合センター，2021）。

る竹川以東（横須賀市林から同市長沢の区間）の武山断層は、葉山層群・安房層群が参加する複背斜の急傾斜ないしは逆転する南翼部と、これ以南に分布する中下部更新統（林層・宮田層）の境界に位置する地質断層としての武山断層と概ね一致する（江藤・他，1998；地質調査総合センター，2021；図3）。一方、竹川以東（横須賀市大田和から同市秋谷の区間）では、武山断層は葉山層群を切らないしは急傾斜させるほか、武山断層以南に安房層群（池子層・逗子層）の複背斜構造が分布する（江藤・他，1998；地質調査総合センター，2021）。

武山断層帯の平均右横ずれ変位速度については、丘陵・台地を下刻する谷の横ずれ量や、丘陵・台地（小原台および三崎面；小池・町田編，2001）の形成年代に基づき、太田・他（1982）、太田・山下（1992）、横須賀市（1998）が武山断層の平均右横ずれ変位速度を0.2-4 m/千年と推定した。上下変位については、松島（1984）は縄文海進最高期に堆積した海成層の上限高度分布を推定・検討し、武山断層を境に上下方向の不連続があることや、林付近に海成層の上限高度分布の凹部が存在することを指摘した。さらに、熊木（1981）・Kumaki

(1985)は、三浦半島東海岸沿いに分布する完新世段丘面の分布高度と形成年代に基づき、完新世における武山断層の平均上下変位速度を0.5 m/千年と推定した。

武山断層帯とともに三浦半島断層群主部を構成する衣笠・北武断層帯は、武山断層帯の北側に位置し、特に北武断層に沿っては明瞭な新期の右横ずれ変位地形が分布することが従来から指摘されてきた(Kaneko, 1969; 安藤, 1972; 活断層研究会編, 1980; 太田・他, 1982; Williams, 1983; 渡辺, 1990; 活断層研究会編, 1991; 太田・他, 1991; 太田・山下, 1992; 太田・他, 1994; 渡辺・他, 1996; 中田・今泉編, 2002)。北武断層に沿っては、横須賀市芦名から半島東海岸岸の同市野比にかけて、丘陵・台地を刻む谷に系統的な右屈曲が認められるほか、これらに整合的な風隙や尾根の屈曲・鞍部・小地溝等が断続的に認められる(Kaneko, 1969; 安藤, 1972; 活断層研究会編, 1980; 太田・他, 1982; 活断層研究会編, 1991; 渡辺, 1990; 太田・山下, 1992; 渡辺・他, 1996; 中田・今泉編, 2002)。また、北武断層に沿っては複数地点で断層露頭(太田・他, 1982; 高橋・他, 2016; 柴田・他, 2021)が確認されたほか、芦名地区(横須賀市芦名)、ようろし地区(同市光の丘)、コウロ地区(同市長沢)、四ツ田地区(同市長沢)および野比地区(同市野比)で実施されたトレンチ調査において完新世の地層を変位・変形させる断層露頭が確認されている(神奈川県, 1996; 横須賀市, 1998; 佐藤・他, 1997; 杉村・他, 1999)。

地質断層としての北武断層は、横須賀市秋谷から同芦名の区間では北側に分布する葉山層群と南側に分布する安房層群が接する高角ないしはほぼ鉛直な断層面を有し、芦名以東では安房層群を切断するないしは北側の安房層群と南側の葉山層群が接する高角ないしは

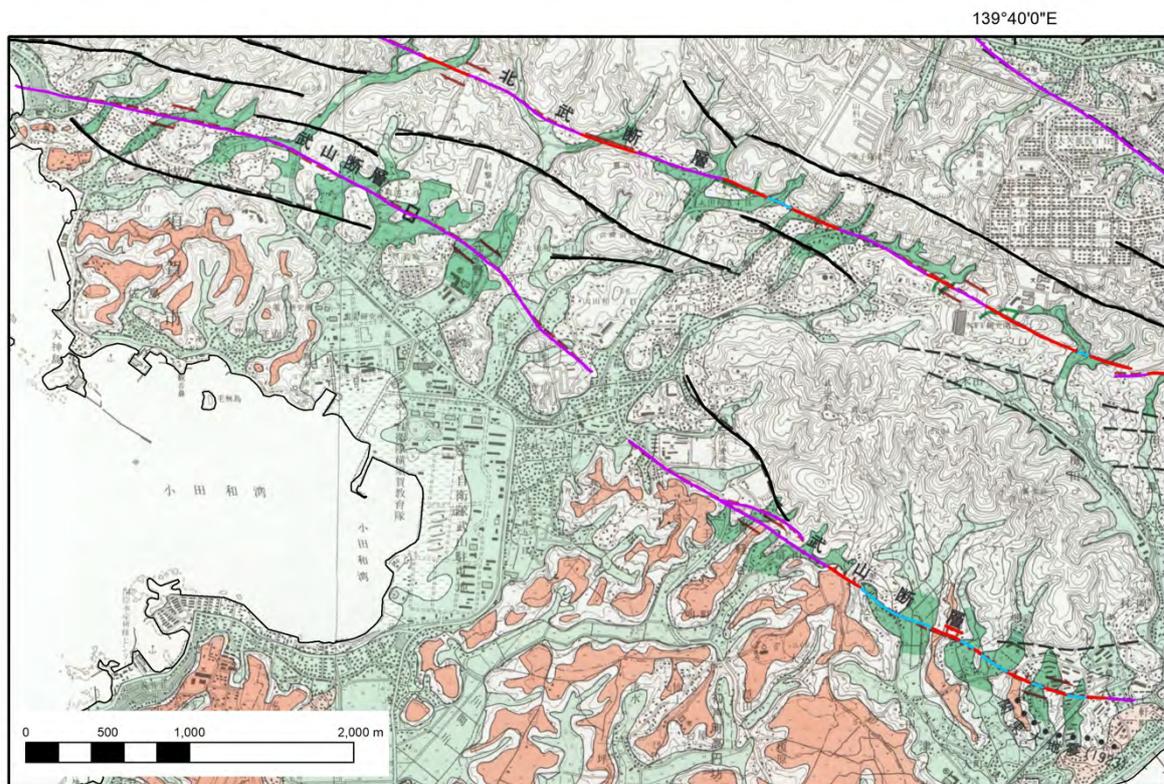


図4 既存研究の結果による武山断層の詳細位置図の比較。背景は渡辺・他(1996)。赤・紫・水・黒色の線は中田・今泉編(2002)による活断層の位置で、それぞれ位置確実・位置不明瞭・伏在・推定活断層を示す。

ほぼ鉛直な断層面をなす。活断層としての北武断層は横須賀市芦名以東で確認され、同市芦名から扇山および同市野比以東では地質断層とほぼ位置が一致するが、扇山～野比の区間では活断層は地質断層の北側に概ね位置する。

衣笠・北武断層帯の平均右横ずれ変位速度については、丘陵・台地を下刻する谷の右屈曲量や、丘陵・台地の形成年代に基づき、太田・他(1982)が衣笠断層帯の平均右横ずれ変位速度をそれぞれ0.4–3 m/千年と推定した。また、太田・他(1982)、Williams(1983)、太田・他(1991)、太田・山下(1992)、横須賀市(1998)が北武断層帯の平均右横ずれ変位速度をそれぞれ0.4–5 m/千年と推定した。ただし、これらの推定における小原台面の形成年代は約8万年前とされているが、町田・新井(1992)によれば小原台の年代は約10万年前である。

以上を踏まえて、武山断層帯周辺で取得された既存の航空レーザー測量データの点群データから事前に作成した0.5 mグリッドのDEMや、米軍および1960～70年代国土地理院撮影の小～大縮尺空中写真を使用して、断層帯周辺の変動地形解析を行った。その結果、現状では活断層の位置については、渡辺・他(1996)や中田・今泉編(2002)などの既往研究(図4)と概ね整合的であると考えている。一方で、より詳細に変動地形を検討することで活動性の信頼性を向上させる可能性がある地点を見出した。

横須賀市須軽谷^{すがるや}では、三浦丘陵南麓の丘陵南斜面の尾根および小原台面を下刻する谷が、武山断層沿いに右屈曲する様子が認められる(太田・他, 1982; 太田・山下, 1992; 渡辺・他, 1996)(図5)。太田・他(1982)は、断層の下流側の谷Aと上流側の谷A'を右屈曲した同一の谷地形と考えた場合と、AとA''を右屈曲した同一の谷地形と考えた場合の二通りについて検討し、それぞれの場合における谷の右屈曲量を約280 mおよび80 mと推定した(図5)。このような谷地形の検討に基づき、小原台面の年代を約8万年と仮定した上で、この地点での平均右横ずれ変位速度を3.5 m/千年および1.0 m/千年と推定した。一方、太田・他(1982)は谷の地形的な特徴から、AとA'を右屈曲した同一の谷地形であった可能性が最も高いと指摘している。このような場合に、断層両側での尾根・谷の対比をより確実にすることによって、信頼度の高い平均右横ずれ変位速度を推定できると考えられる。今回、改めて米軍および国土地理院撮影の大縮尺空中写真を検討したところ、須軽谷では右屈曲する尾根頂部に段丘地形が見られ、断層を横断して連続的に分布するよう見える(図6)。周辺の家成段丘面の分布を考慮すれば、これらの段丘地形の少なくとも一部もまた、最終間氷期に形成された家成段丘面の可能性がある。このように、右屈曲が認められる河川および尾根頂部に残存する段丘地形の詳細な地形発達を検討することによって、より信頼性の高い平均右横ずれ変位速度を求めることが出来ると期待される。

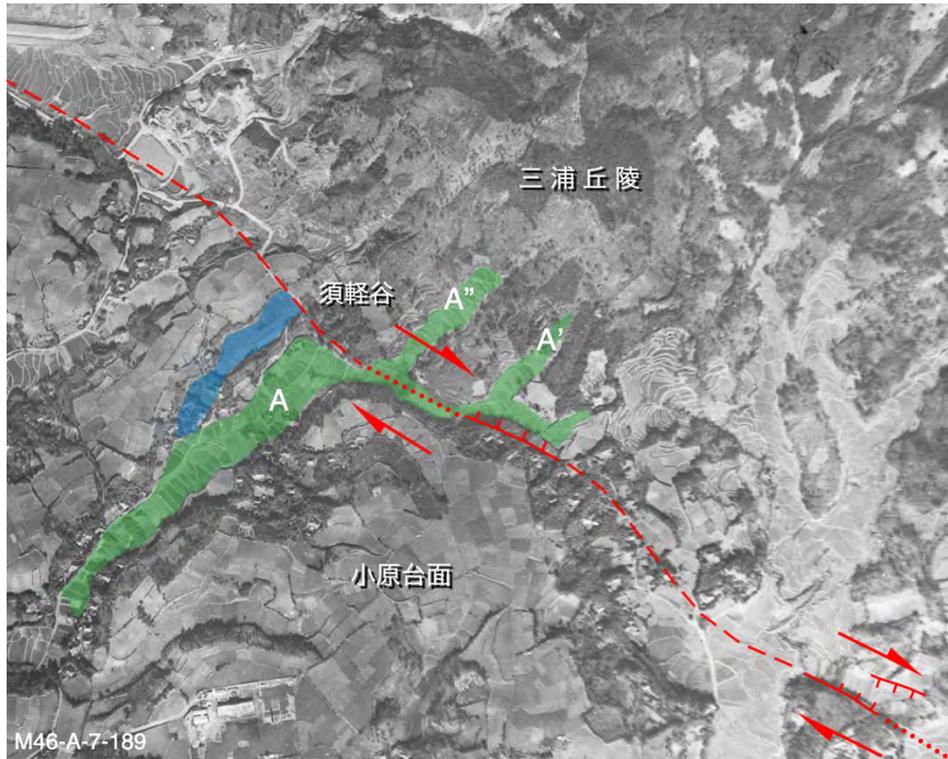


図5 横須賀市須軽谷周辺の武山断層沿いの変位地形。谷の右屈曲は太田・他(1982)を参照。背景は米軍1946年撮影の大縮尺空中写真。

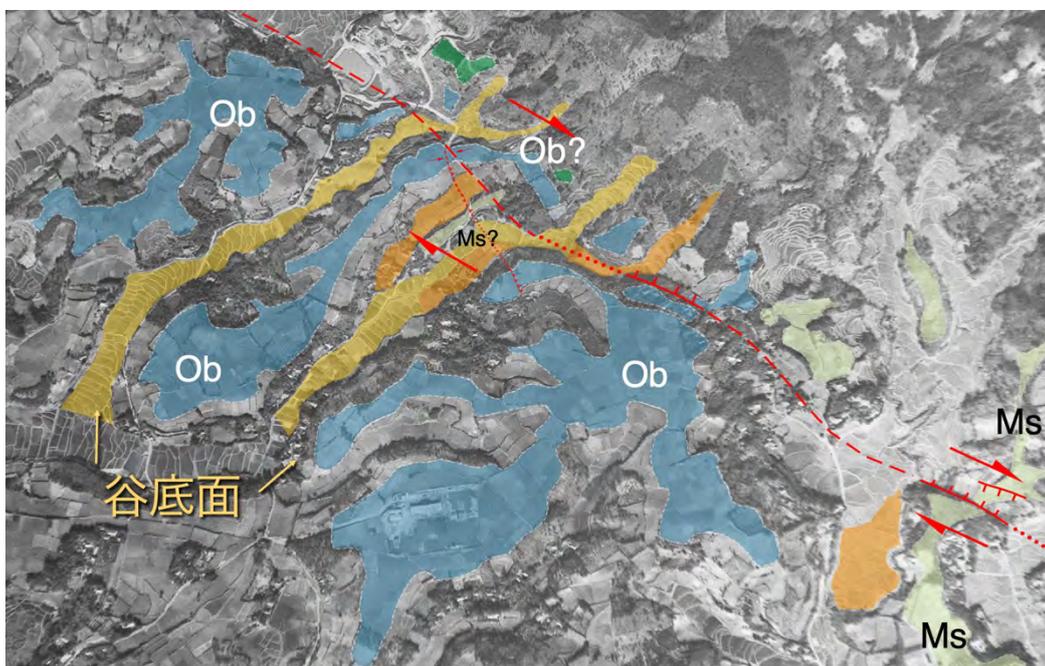


図6 横須賀市須軽谷周辺の武山断層沿いの変位地形。段丘面・谷の地形分類は今回新たに再検討した結果。背景は米軍1946年撮影の大縮尺空中写真。Ob; 小原台面、Ms; 三崎面。

2) 三浦半島断層群（主部／武山断層帯）を横断する深部構造探査

三浦半島断層群（主部／武山断層帯）や隣接する衣笠・北武断層帯、南下浦断層の深部形状や断層帯間の構造的な関係、および三浦半島の第四系・新第三系堆積盆地の詳細構造および速度構造を推定する目的で、断層帯を横断する約 16 km の測線にて深部構造探査（三浦－横須賀測線）を実施した。以下では、先ず構造探査のデータ取得・解析について述べ、最後に得られた反射法断面の断層解釈について議論する。

a) 深部構造探査のデータ取得

深部構造探査は、北端の横須賀市逸見駅付近を起点として、大楠山・扇山の山沿い、国道 134 号沿いを経て、三浦市南下浦町内の海岸線付近に至る約 16 km の区間に調査測線を設定して実施した（図 7、8、9）。

観測は 2024 年 1 月 11 日から 1 月 29 日の 19 日間を作業期間とし、測量作業、受振器設置・回収作業、および発震作業を実施した。観測装置として、GPS 刻時装置、バッテリー、AD 変換器およびデジタル記録機器を内蔵した 1 ch 仕様の独立型受振システム (UNITE) と、有線テレメトリ型受振システム (Sercel428XL) を併用した。有線テレメトリ型の記録を利用して発震作業と同時にリアルタイムで記録の確認を行い、独立型の記録は準リアルタイム観測として翌日までにデータの回収及び記録の確認を行った。

受振点間隔は投影距離 25 m で 728 点設定した。728 点設定した。受振器の設置例と発震作業の様子を図 10 に示す。

計画測線を GPS 機器にて実測した。その際、道路の曲線部分は詳細に測量した。次に現況測量で得た座標値を用いて作成した線形に対し、仮想測線から 25m 間隔で垂線をたらし、交点を予定測点とした。GPS 機器を用いて予定測点全点を逆うち法にてプラスチック杭またはマーキングで標示した。ネットワーク型 RTK 法 (VRS 方法) の単点観測法により受振点、発震点を直接測定し、座標値および標高値を得た。なお、GPS 測量の実施できないエリアにおいては、GPS 機器にて測線付近に基点を新設し、その基点を用いてトータルステーションによる細部測量を実施した。標高値は間接水準測量による。データ取得仕様を表 1 に示す。

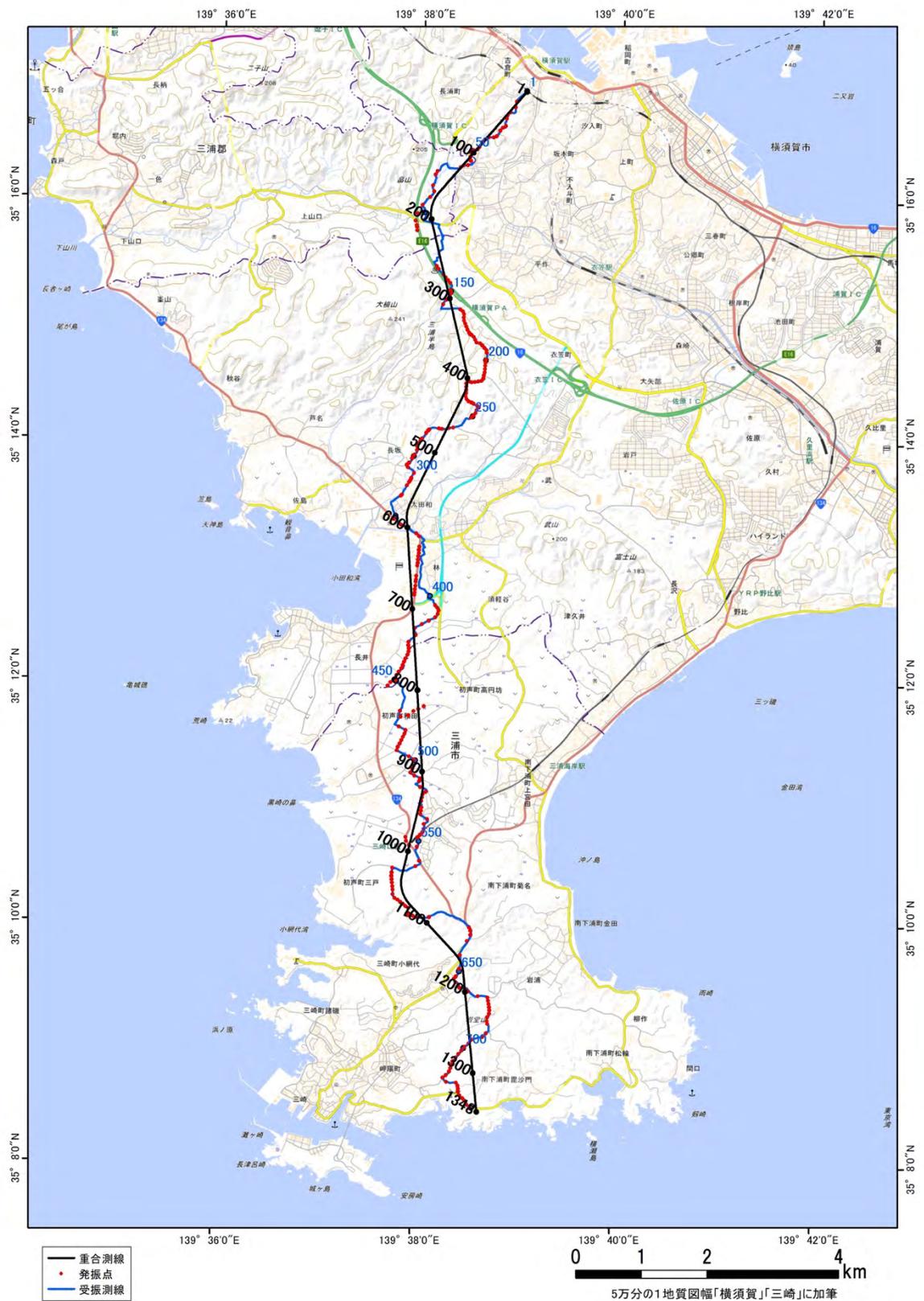


図7 三浦—横須賀測線の測線位置図。背景は地理院地図による地形図を使用。青線は受振測線、黒線は重合測線、赤点は発震点を示す。

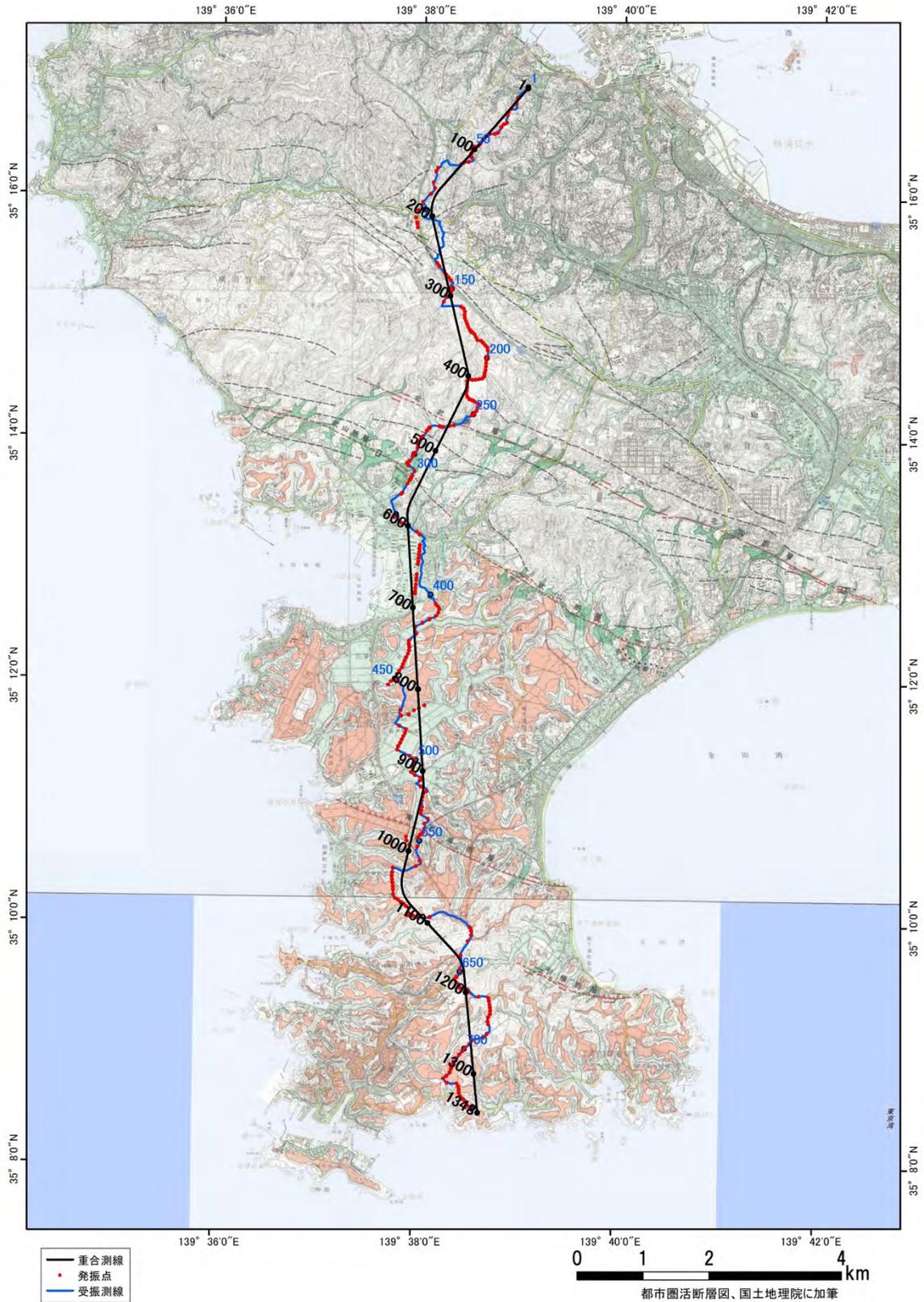


図8 三浦－横須賀測線の測線位置図。背景は地理院地図による地形図および地理院活断層図（渡辺・他, 1996）を使用。記号は図7と同じ。



図9 三浦－横須賀測線の測線位置図。背景は1/5万地質図「横須賀」(江藤・他, 1998)・「三崎」(小玉・他, 1980)を使用。記号は図7と同じ。



図 10 受振器の設置状況例（上段；左：横須賀ごみ処理施設「エコミル」管理道路、右：長井一丁目横須賀市道）および大型バイブロサイス車による発震作業（下段；左：横須賀ごみ処理施設「エコミル」管理道路、右：三崎口駅周辺）。

表1 三浦－横須賀測線のデータ取得仕様一覧

調査測線	反射法	屈折法
総測線長（投影）	約 16 km	
調査測線位置	神奈川県横須賀市、葉山町、三浦市	
発震系パラメータ		
震源	INOVA UNIVIB2	
バイプロサイス台数	標準 2 台	2 台（一点のみ 4 台）
標準発震点間隔	50 m	約 4 km
スイープタイプ	Linear Up Sweep	
スイープ長	20 sec	
スイープ周波数	3 ～ 50 Hz	3 ～ 30 Hz
テーパー	300 msec	
バイプロサイスアレイ長	BtoB	
発震点位置	Half Integer	
標準発震回数／発震点	8 回	50 回
総発震点数	262 点	5 点
受振系パラメータ		
標準受振点間隔	25 m	
受振器種別	SG-5（5 Hz）	
受振器数／受振点	1 個組	
受振器アレイ／受振点	バンチング	
総受振点数（チャンネル数）	728 点	
展開パターン	固定展開	
記録系パラメータ		
探鉱器	Sercel428XL（有線）：RP160～308（308～318DEAD） UNITE（独立型）：RP 1～159、319～738	
サンプルレート	2 msec	
プリアンプゲイン	12 dB	
デシメーションフィルター	Linear Phase	
Diversity Edit パラメータ	Window Length…4000 msec Overlap Length…2000 msec Scale Factor…3.0	
相互相関	CAS	
記録長	8 sec	12 sec

図 11 から図 15 に反射法で、図 16 から図 20 に屈折法で、それぞれ取得された発震記録例を示す。以下に主な測線状況を記す。

①横須賀市逸見総合管理センター内 (RP 1～65)

水道管理施設の管理する道路。車両の通行はほとんどなく、静穏な環境である。マンホール近く、急勾配な坂、および民家近くでは、発震台数や出力を減じて発震したが、それ以外のほとんどの発震点でバイプロサイズ車 2 台での標準発震が可能であった。反射法発震の記録からは、発震点近傍では往復走時 1 秒程度まで連続的な反射波が確認できる。発震点から南側は SN 比が急激に低下する。しかし、この区間における屈折法発震記録の屈折初動は南側 5 km 程度まで明瞭に追え、以遠も一部不明瞭ながら南端まで確認できる。

②葉山町不動橋入線-県道 27 号線 (RP66～110)

大型車両の離合がやや困難な町道と片側一車線の県道。この区間は、交通量が比較的多い。民家近くの発震点が多く、約 5 割の発震点が欠落した。発震可能な点においても、発震台数と出力を減じて発震作業を行った。一部欠落箇所の代わりに高速道路沿いにオフセット発震を行った。

③葉山町大楠山登山動線-横須賀市道阿部倉地内 (RP111～154)

民家が密集する区間であり、車両の通行は非常に少ない。民家と接近している幅員狭小区間は 10 点発震点が欠落した。それ以外の点においても、路面の強度から出力を減じての発震となった。

④横須賀市道長坂 5 丁目地内 - 長坂浄化センター (RP155～253)

ゴミ処理施設エコミルの管理道路で片側一車線道路区間。ゴミ収集車や一般車の往来があるが、交通量は少ない。エコミル周辺で焼却炉由来と考えられる低周波ノイズが、また、RP210 付近の高圧線直下では高周波ノイズが、それぞれ恒常的に発生している。令和 5 年度 丹沢東部-三浦半島地殻構造探査発震作業 (以下、「丹沢-三浦調査」) との兼ね合いで、大型車 3 台での発震が可能であったが、横断管や急勾配の坂では出力を減じて発震した。反射法発震の記録からは、往復走時約 1 秒まで連続的な反射波が認められる。3 台での発震であるが、発震点から北側では測線北端まで SN 比は高いが、南側オフセット約 2.5 km 以遠になると SN 比が低下する。屈折法発震記録において、4 台での発震ということもあり、屈折初動が南北両端まで確認できる。南側約 10 km 程度において屈折初動の傾斜の変化が認められる。

⑤横須賀市道長坂 5 丁目地内-長坂 3 丁目地内 (RP254～353)

片側一車線の道路区間。交通量は砂取り場を出入りする大型車も含めて比較的多い。この砂取り場 (RP292 付近) の作業により、周辺のノイズレベルが高い。断層推定箇所付近のため、民家や事業所前でも可能な限り周知をしながら、台数、出力を減じた発震を行った。RP344-353 は民家と接近する区間のため、国道 134 号沿いにオフセット発震を行った。

⑥横須賀市道太田和 1 丁目-林 5 丁目地内 (RP354～402)

国道 134 号と並走する住宅地区間。交通量はほとんどない。発震作業は並走する国道 134 号沿いで実施した。民家や商店近くは出力を落として発震した。国道は交通量が非常に多

く、発震作業の影響で渋滞が激しくなったことから、一部発震回数を減じた。

⑦横須賀市道林5丁目地-下宮田地区 (RP403~540)

横須賀市の田園地帯。測線沿いは、収穫作業の軽自動車の通行がある程度で、概ね静穏な環境である。路面の弱い箇所や水路の横断箇所付近では、台数や出力を減じて発震した。反射法発震記録において、往復走時1秒程度まで反射波と思われる波列が確認できる。表面波の影響でニアバーティカルはやや不明瞭である。発震点から南北両側で、オフセット距離約1~1.5 km 以遠はSN比が低下する。屈折法発震記録において、屈折初動が南北両端まで確認できる。南側約4.5 km 程度において屈折初動の傾斜の変化が認められる。

⑧三崎口駅周辺-三浦市道三戸地区 (RP541-619)

三崎口駅周辺の国道134号沿いと市道の区間。国道沿いは上述の通り交通量が非常に多いが、市道は非常に少ない。区間南側は民家に接近するため、5点ほどの発震の欠落が生じた。反射法発震記録は、比較的SN比が高い。また、発震点から南側往復走時1~2秒程度に反射波が確認できる。発震点近傍で比較的厚い風化層が覆っていると考えられる。屈折法発震記録において、屈折初動が南側は測線端まで、北側はオフセット9 km 程度まで確認できる。

⑨三浦市道岩堂山地区 (RP669-738)

田園地帯の片側一車線の市道区間。交通量は比較的少ない。標準仕様で発震可能な箇所が多く、交通量の多い他の区間におけるSN比を上げる目的で、発震回数を10回に増やした。反射法発震記録においては、比較的表面波と屈折初動の繰り返しが顕著であるがSN比は比較的高い。屈折法発震記録において、屈折初動は北側8 km 程度まで明瞭に追え、以遠も一部不明瞭ながら北端まで確認できる。

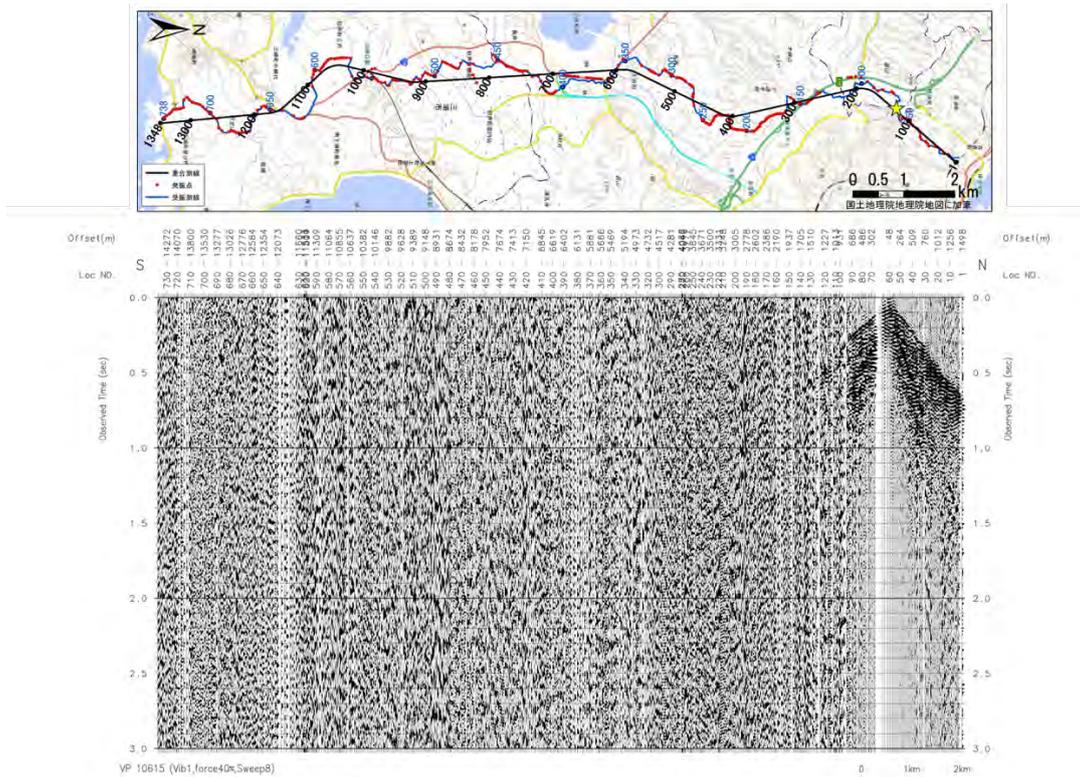


図11 三浦－横須賀測線の反射法発震記録 (VP61.5)。発震系仕様概要：大型パイプロサイス車1台、出力エネルギー40 %、スイープ回数8回。

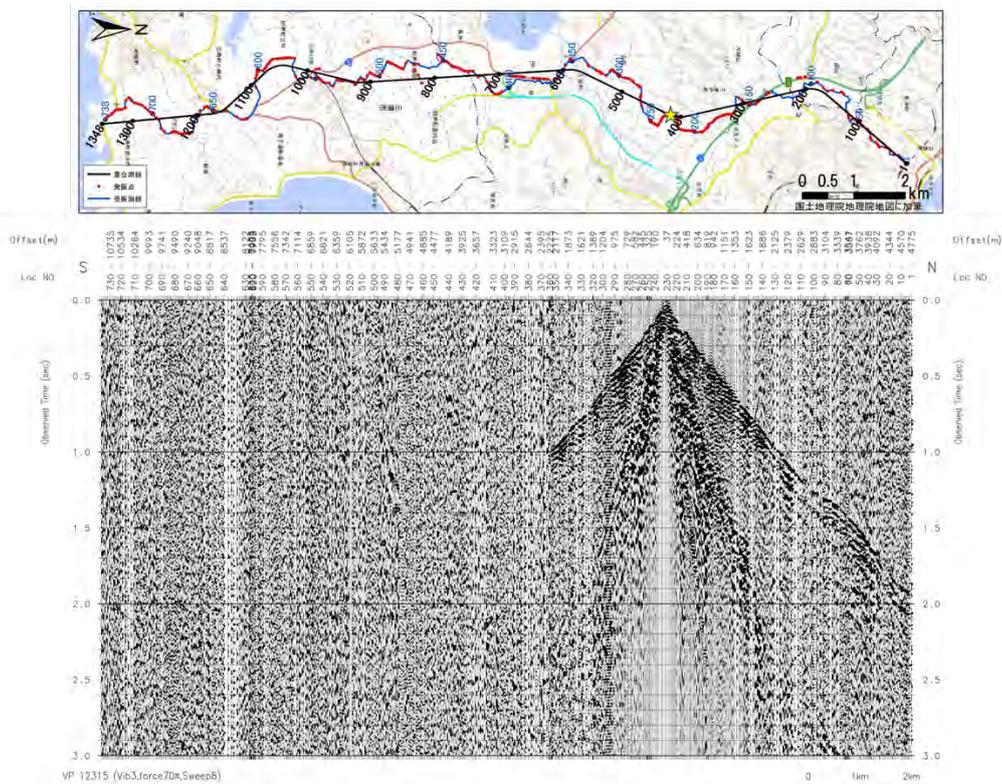


図12 三浦－横須賀測線の反射法発震記録 (VP231.5)。発震系仕様概要：大型パイプロサイス車3台、出力エネルギー70 %、スイープ回数8回。

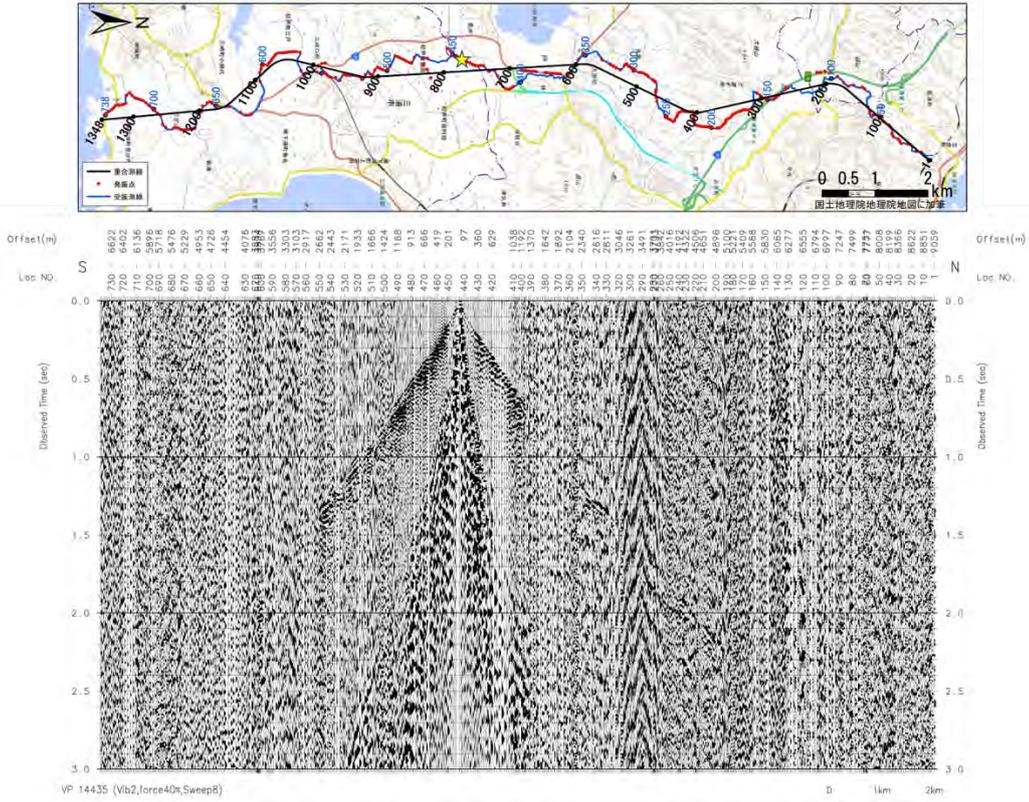


図13 三浦－横須賀測線の反射法発震記録（VP443.5）。発震系仕様概要：大型パイプロサイス車2台、出力エネルギー40 %、スイープ回数8回。

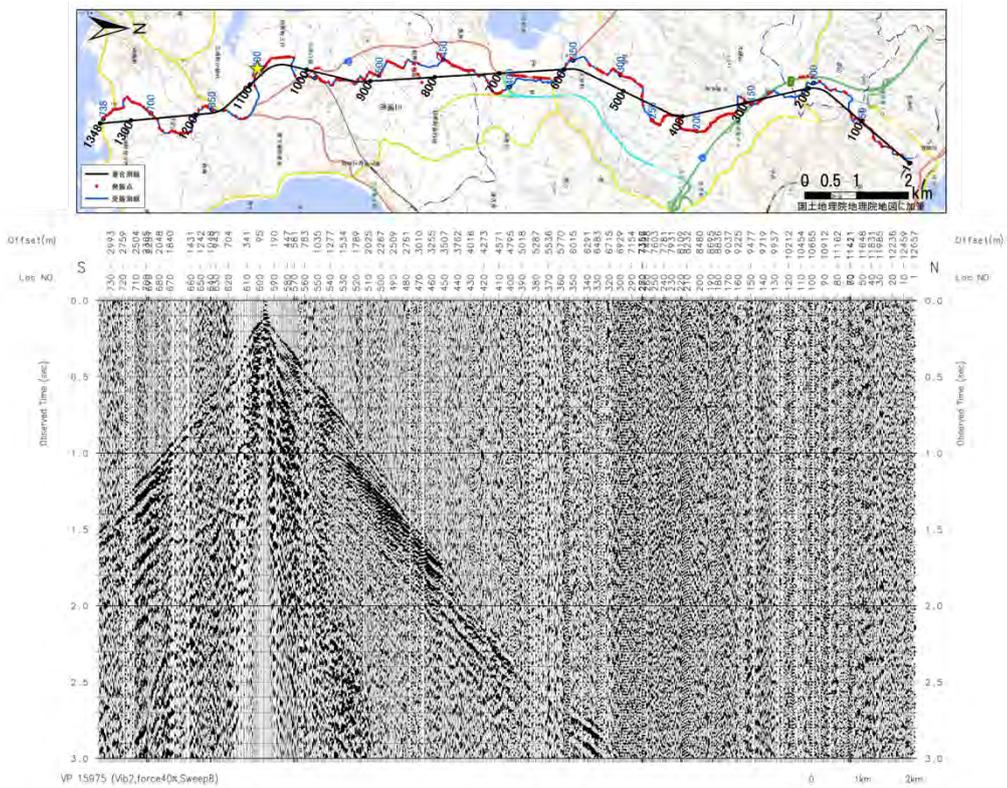


図14 三浦－横須賀測線の反射法発震記録（VP597.5）。発震系仕様概要：大型パイプロサイス車2台、出力エネルギー40 %、スイープ回数8回。

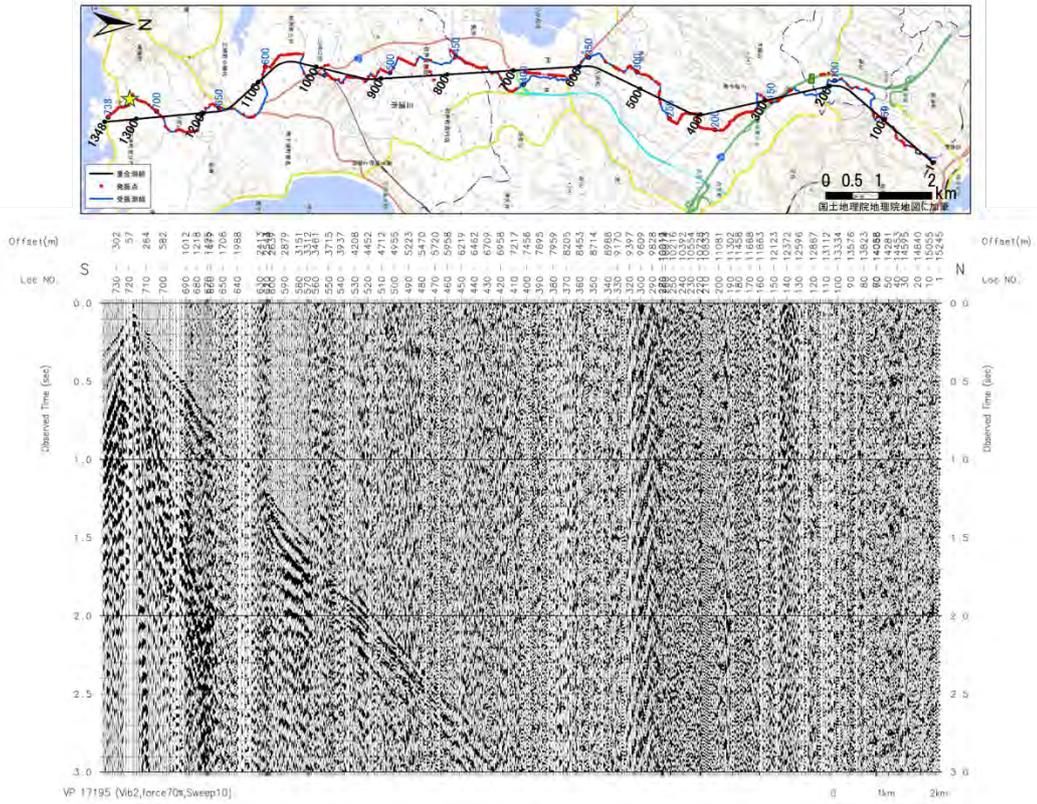


図15 三浦－横須賀測線の反射法発震記録（VP719.5）。発震系仕様概要：大型バイプロサイス車2台、出力エネルギー70%，スイープ回数10回。

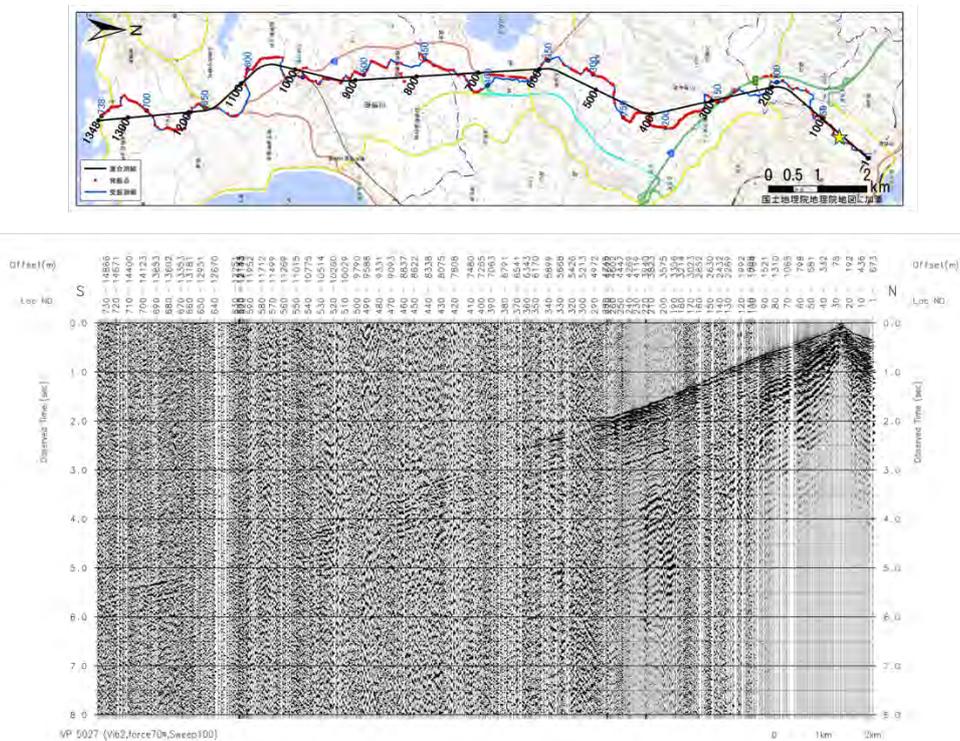


図16 三浦－横須賀測線の屈折法発震記録（VP27.5）。発震系仕様概要：大型バイプロサイス車2台、出力エネルギー70%、スイープ回数100回。

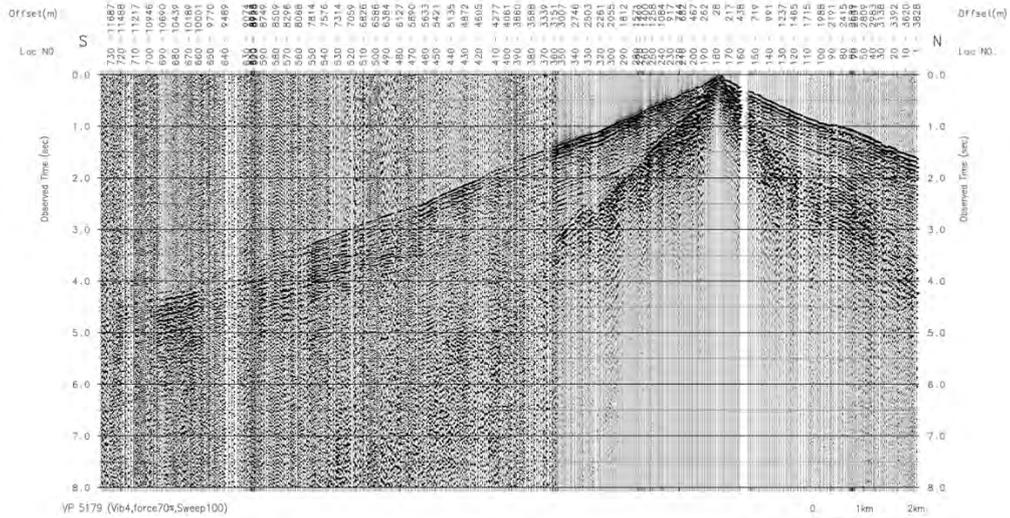


図 17 三浦－横須賀測線の屈折法発震記録 (VP179.5)。発震系仕様概要:大型パイプロサイス車4台、出力エネルギー70%、スイープ回数100回。

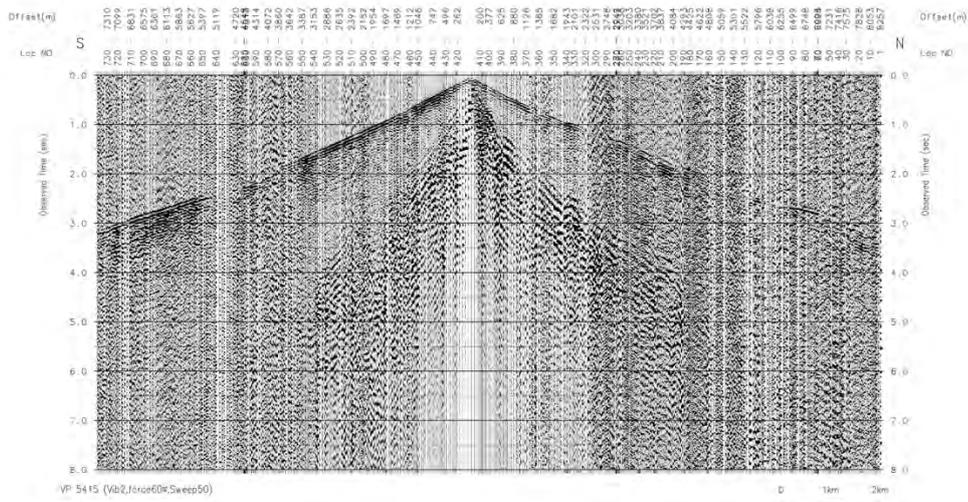


図 18 三浦－横須賀測線の屈折法発震記録 (VP415.5)。発震系仕様概要:大型パイプロサイス車2台、出力エネルギー60%、スイープ回数50回。

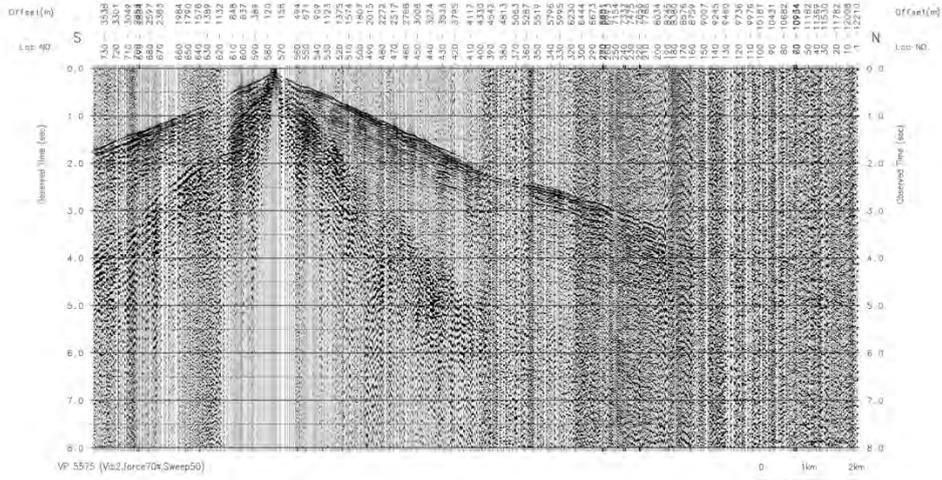


図 19 三浦－横須賀測線の屈折法発震記録 (VP575.5)。発震系仕様概要：大型パイプロサイス車 2 台、出力エネルギー70%、スイープ回数 50 回。

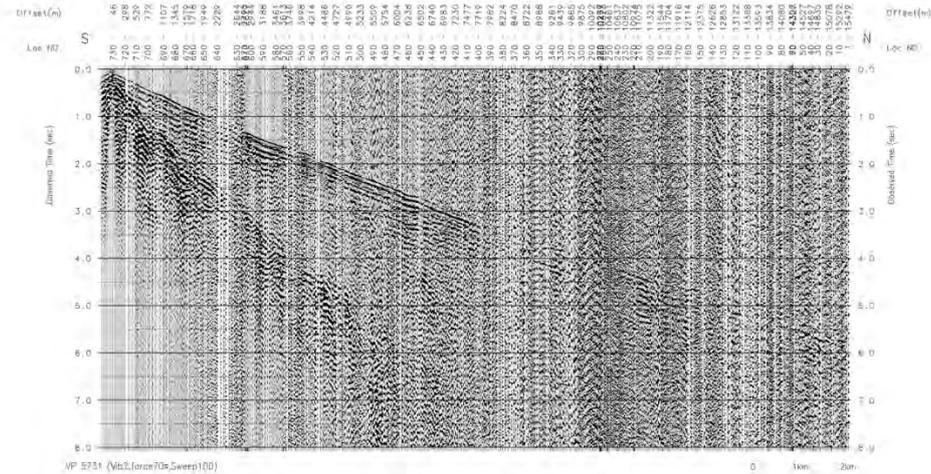


図 20 三浦－横須賀測線の屈折法発震記録 (VP731.5)。発震系仕様概要：大型パイプロサイス車 2 台、出力エネルギー70%、スイープ回数 100 回。

b) 反射法データ解析

反射法データ解析の処理ワークフローを図 21 に示す。以下に処理内容を詳述する。

i) フォーマット変換およびデータ編集

フィールドユニットに記録された原記録（SEG-D フォーマット）を、データ処理ソフトウェアの内部フォーマットへ変換した。その際、すべての発震記録毎にノイズエディットを伴う垂直重合を用い、パイプロサイスのリファレンス波形との相互相関処理を行った。

ii) トレースヘッダーへの測線情報の入力

各トレースのヘッダーに、受発振点及び各 CMP（Common Midpoint）のインデックス、座標、標高値、オフセット距離、基準面標高値等の測線情報を入力した。データ解析における基準標高面は標高 200 m に設定した。また、CMP 重合測線は下記の基準によって決定した。

- CMP 間隔 12.5 m
- CMP 範囲 1 ~ 1,348
- 重合測線からの最大偏倚制限 なし

重合数及び重合測線位置について、オフセット距離に制限を与えない場合を図 22 に示す。また、また、CMP の各種情報(重合数分布、オフセット距離分布、アジマス分布、標高および偏差分布)を図 23 および図 24 に示す。ここで、アジマスは受振点から発震点に向かう方向と重合測線方向とのなす角を表す。

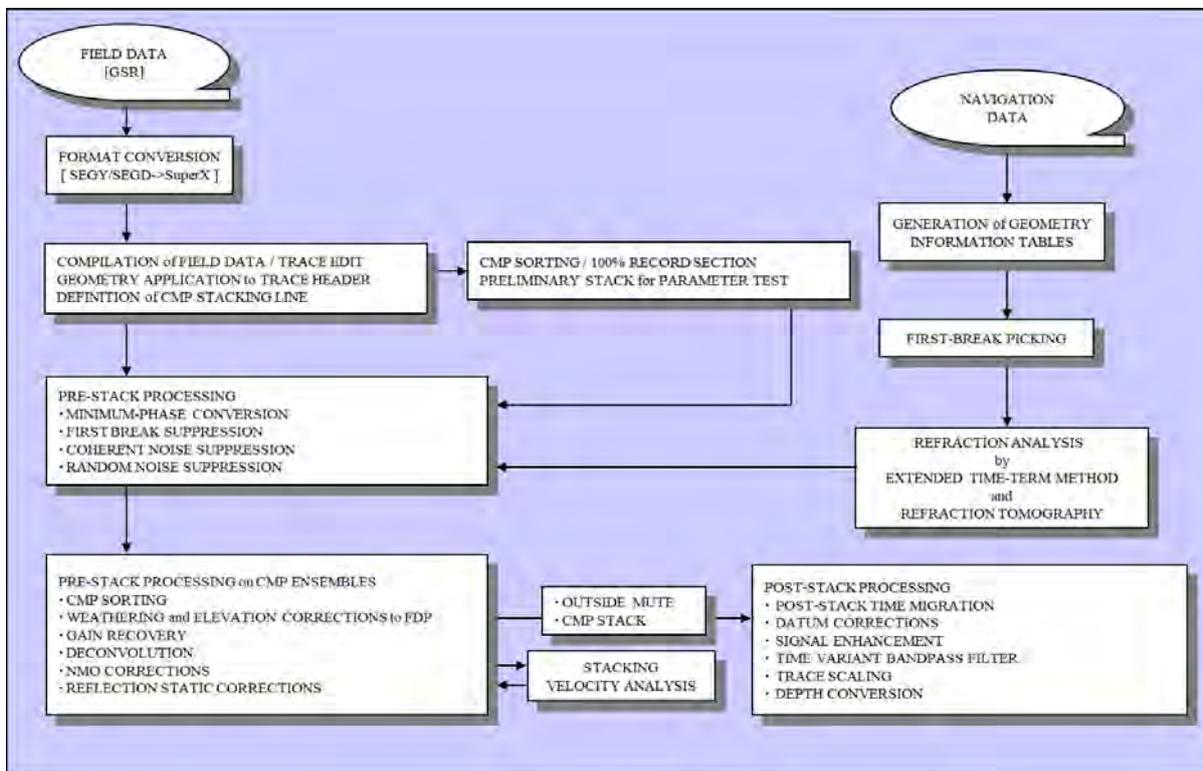


図 21 反射法処理ワークフロー

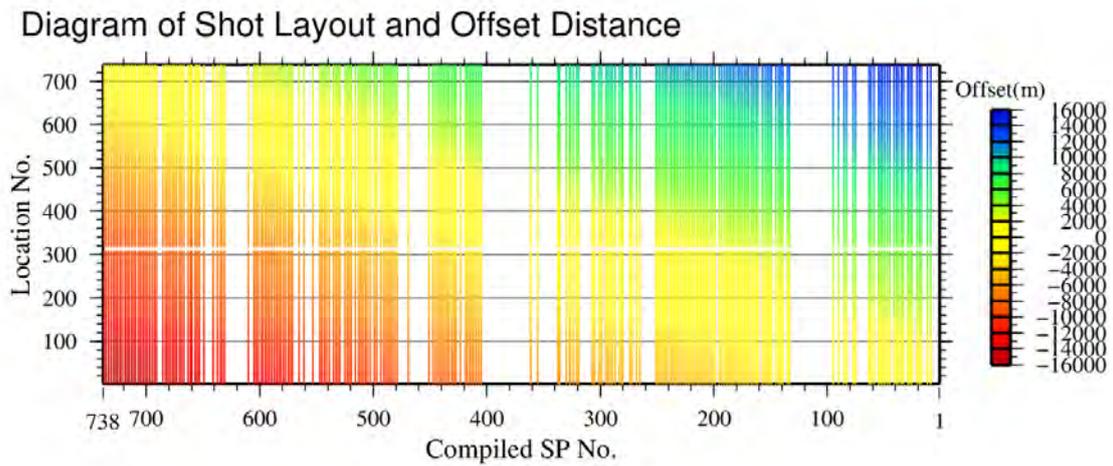
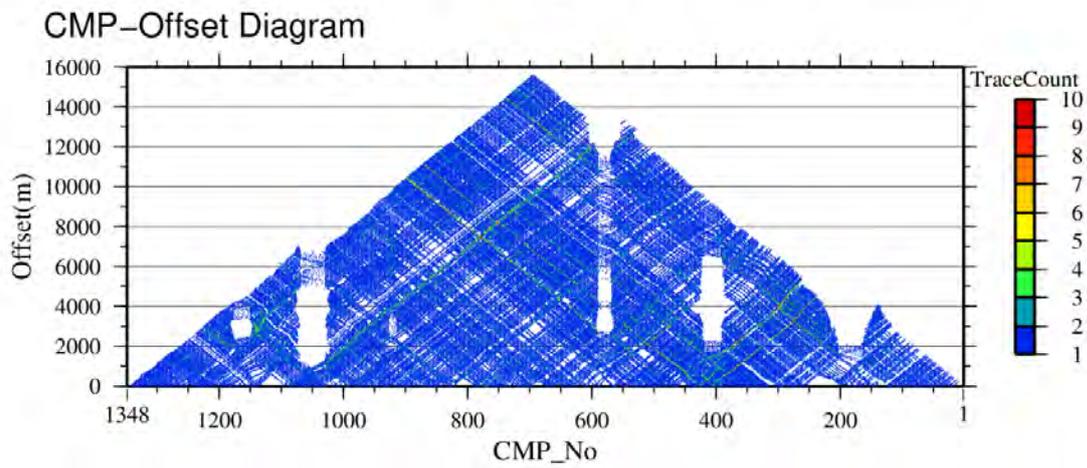
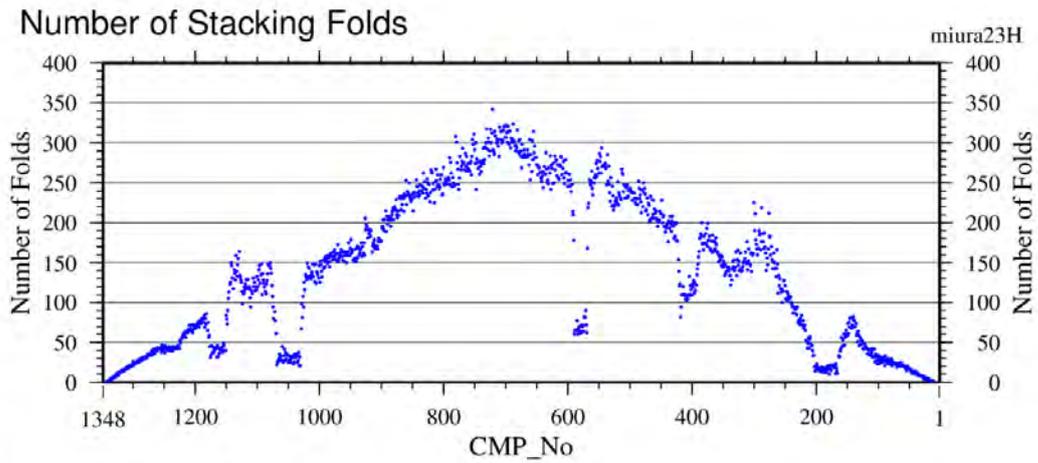


図 23 三浦－横須賀測線の CMP 沿いの (上) 重合数分布・(中) オフセットダイアグラム及び (下) 発震レイアウト。Location No. は受振点 (RP) 番号、SP No. は発震点番号を示す。オフセットは発震点に対して北側を正とする。

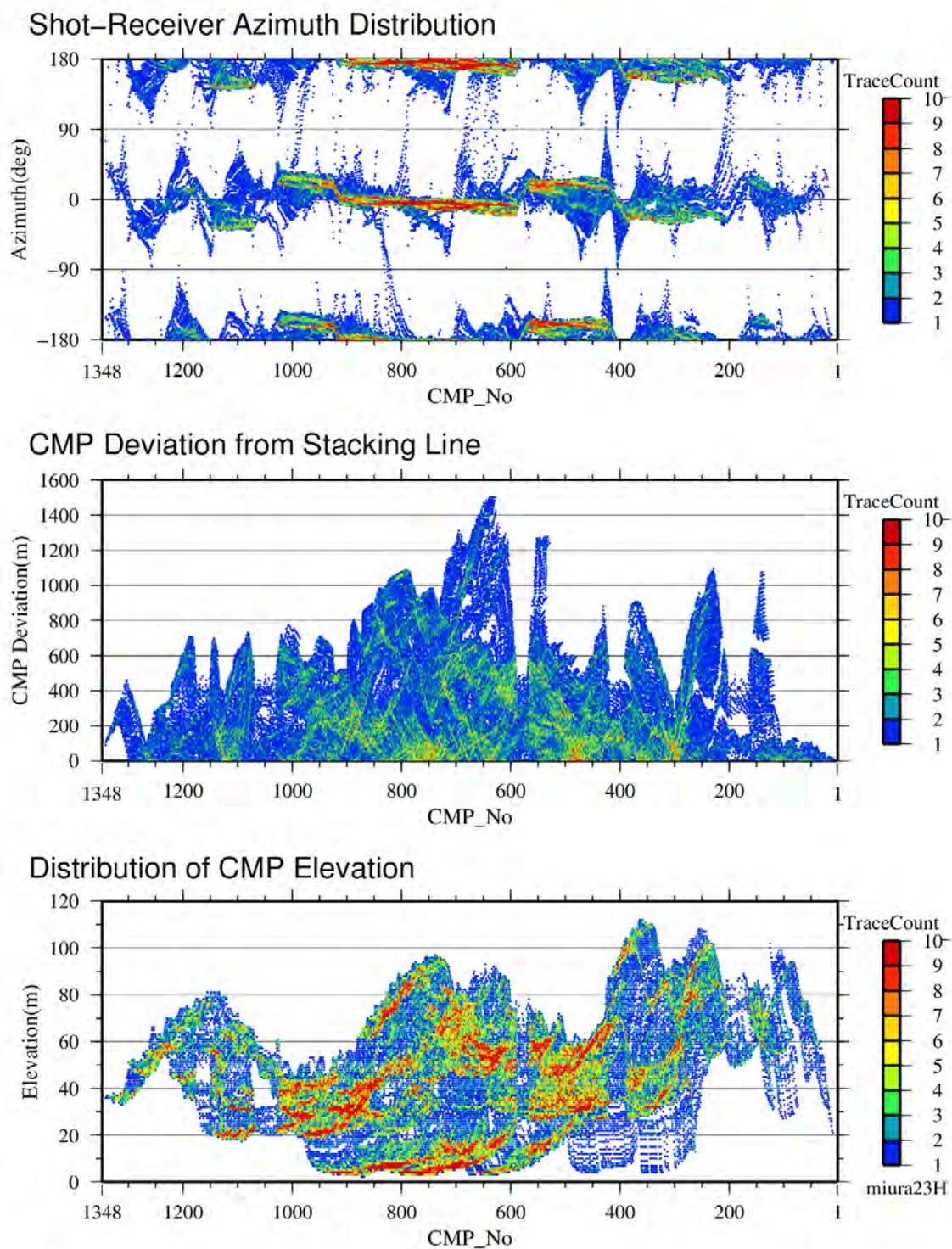


図 24 三浦—横須賀測線の CMP 沿いの(上)アジマス分布, (中)重合測線からの偏倚, (下)標高分布。アジマスは重合測線の方向と発震点—受振点のなす方向を示す。

iii) 屈折波初動解析

改良型タイムターム法による屈折初動解析を行い、受振点及び発震点タイムターム値と表層基底層速度を算出した。この手法では解析対象とする屈折面が二次元ブロックに分割され、各ブロックに対して表層基底層速度が定義される。このモデルは以下の関係式で記述される。

$$T_{ij} - \sum_k S_{k,0} \Delta_{ijk} = a_i + b_j + \sum_k \delta_{S_k} \Delta_{ijk}$$

ここに、 T_{ij} は屈折初動走時、 a_i 、 b_j は発震点及び受振点タイムターム、 $S_{k,0}$ 、 δ_{S_k} 、 Δ_{ijk} は各ブロックにおけるスローネス初期値、スローネスの初期値からの偏倚量及び屈折波線長である。この受振点及び発震点タイムターム値と表層基底層速度はインバージョンによって算出される。改良型タイムターム法解析の結果を用いて、表層基底層深度 D_w は各発震点及び各受振点について以下の様に計算される。

$$D_w = \frac{T_m}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_w}{V_{sw}}\right)^2}} \cdot V_w$$

ここに、 T_m はタイムターム値、 V_w は表層速度、 V_{sw} は表層基底層速度である。図 25 に改良型タイムターム法による解析結果を示す。

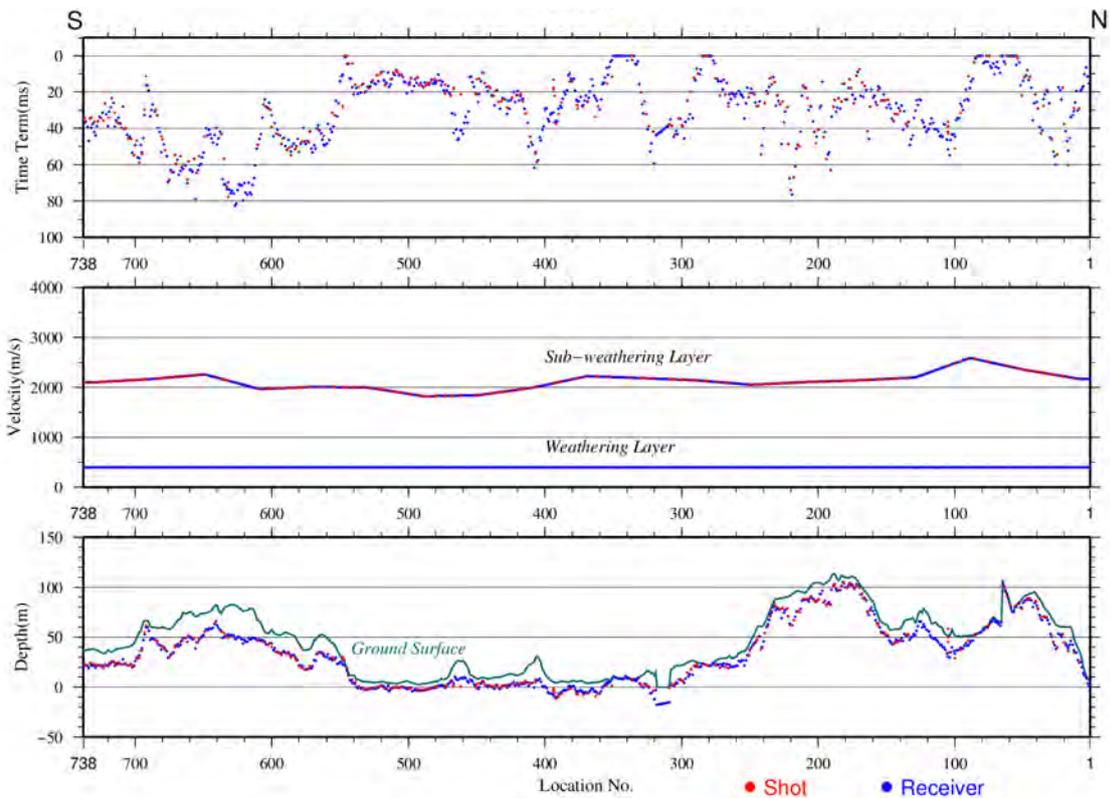


図 25 改良型タイムターム法による屈折初動解析によって推定された三浦－横須賀測線の表層構造。

iv) 最小位相変換

バイプロサイス発震記録については、零位相であるバイプロサイス震源のスウィープ波形（探鉱器’ A/D Decimation Filter (DCF)’ 及び相互相関処理実施後のスウィープ波形）について、最小位相変換処理を適用した。

v) 初動ミュート

強振幅の屈折波初動およびその繰り返しを抑制する目的で、初動抑制処理を実施した。処理においては、後述する屈折法解析に向けて読み取った屈折初動走時を参照して、それに平行する波群を抽出し、原記録から減算した。

vi) ランダムノイズ抑制処理

発震記録に見られるランダムノイズを抑制し反射波の連続性を改善する目的で、共通発震点ギャザーおよび共通受振点ギャザー上で周波数-空間領域の予測フィルターを適用した。

vii) コヒーレントノイズ抑制処理

振源に起因する表面波および線形ノイズの抑制を目的として、共通発震点ギャザー上で周波数-空間領域の速度フィルターを適用した。

viii) 共通反射点編集

上述 ii) のパラメータによって、共通反射点の編集を実施した。

ix) 浮動基準面に対する静補正

浮動基準面に対する静補正を実施した。静補正については、下式で定義される標高補正量及び表層補正量の和として各発震点、受振点について与えられる。

標高補正 T_e : 観測面を一定基準面へ補正する。

$$T_e = -(H_e - H_b)/V_{ec}$$

表層補正 T_w : 低速度の表層構造変化による影響を除去する。

$$T_w = S_d \cdot (-1/V_w + 1/V_{sw})$$

ここに、

H_e : 発震点あるいは受振点標高 (m)

H_b : 基準面

S_d : 表層厚 (m)

V_w : 表層速度 (m/sec)

V_{sw} : 表層基底層速度 (m/sec)

V_{ec} : 標高補正速度 (2, 500m/sec)

である。本処理では標高補正速度 (V_{ec}) として下記の基準面補正速度 (V_c) と同じ値を用いた。表層補正值は、前述 iii) の屈折波初動解析による結果を用いて計算した。本測線の基準面 (Datum) は標高 200 m に設定したが、複雑な地形による標高変化に対応するため、CMP アンサンブル上においてオフセット 1 km 以内のトレースを用いて平均標高を定義し、移動平

均によるスムージングをかけたものを浮動基準面 (FDP: Floating Datum Plane) とした。FDP から基準面までの基準面補正量 T_d は、下記のように定義される。

$$T_d = -2.0 \cdot (H_f - H_b) / V_c$$

ここに、

H_f : 浮動基準面 (FDP)

V_c : 基準面補正速度 (2,500 m/sec)

である。

x) 振幅補償

弾性波の震源からの伝播に伴う幾何減衰、多層構造内を透過/・多重反射することによる伝播損失及び非弾性効果による減衰、さらには受振点・発震点毎のカップリングの相異に起因する振幅特性の変化を補償することを目的として、自動振幅調整による振幅補償を行った。

xi) サーフエスコンシステントデコンボリューション

地層の非弾性および観測系の諸特性の影響を取り除き、また短周期の多重反射波を抑制することを目的として本処理を適用した。

本処理では各発震点での差分応答を用いて波形の均等化を行うとともに基本波形のパルス化を以下のように行った。まず、周波数領域での各トレースの平均スペクトルからの違いを発震点・受振点・CMP・オフセットの4成分に分解する。その後、各トレースに対して、平均スペクトルおよび発震点成分を用いてデコンボリューションオペレータを設計し適用した。オペレータの設計に際し、時間方向の振幅バランスを整えるために一時的に指数関数型ゲインを適用した。

xii) 重合速度解析

以下に示すパラメータで定速度重合法による速度解析を実施した。尚、残差静補正後に再解析がなされている。図 26～29 に重合速度解析例を、図 30 に重合速度プロファイルを示す。

解析点間隔 : 1,250 m

解析速度数 : 54 (1,400～7,000 m/sec)

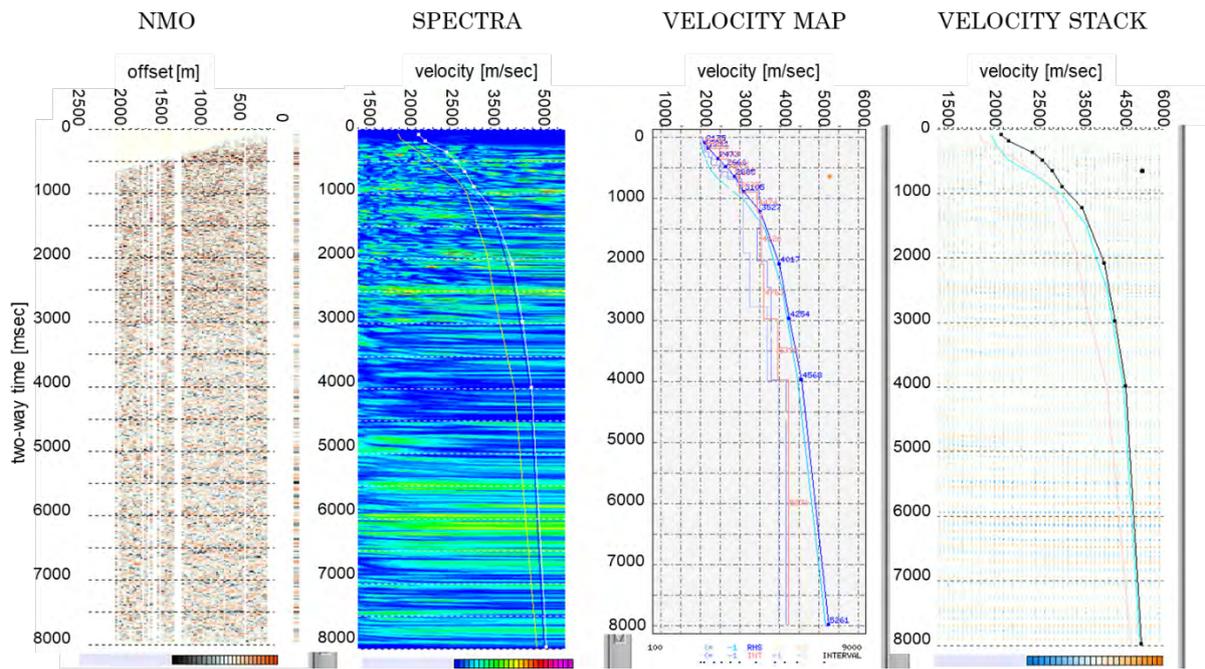


図 26 三浦－横須賀測線の速度解析結果例 (CMP280)。

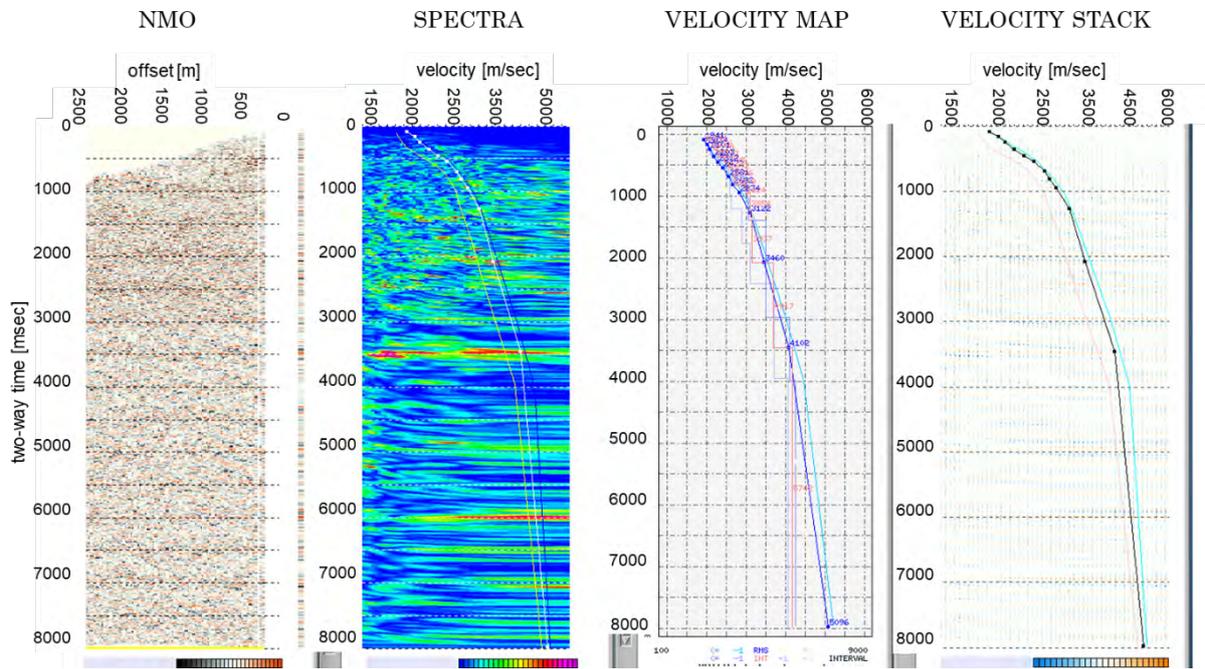


図 27 三浦－横須賀測線の速度解析結果例 (CMP580)。

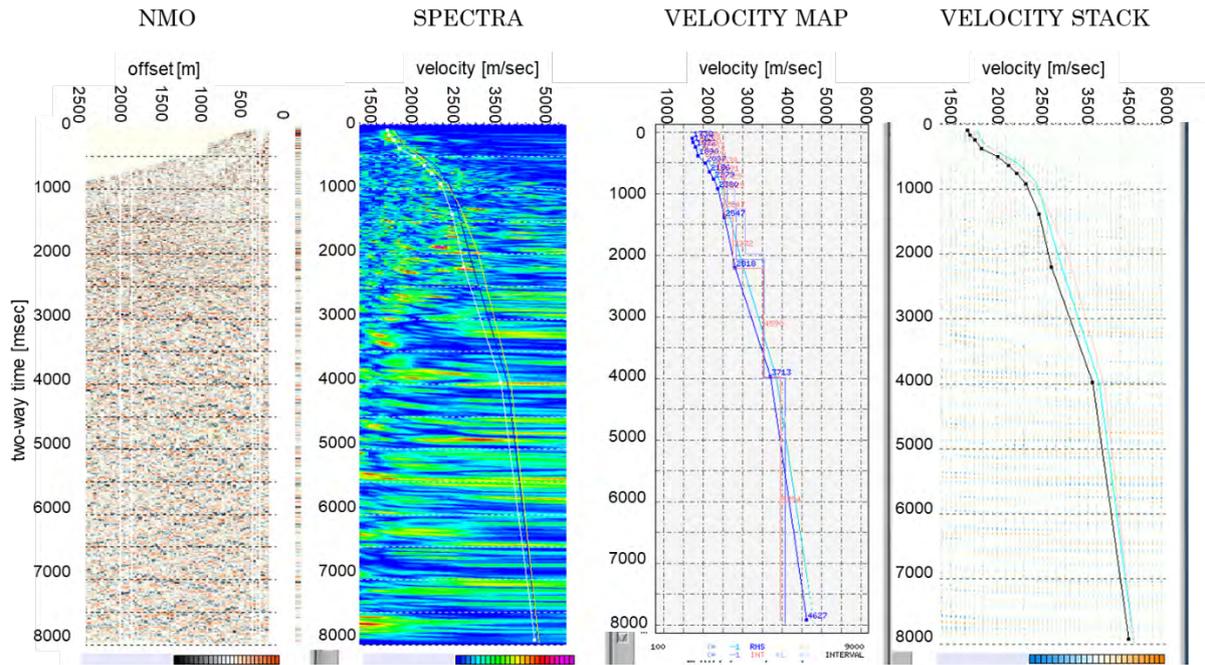


図 28 三浦－横須賀測線の速度解析結果例 (CMP880)。

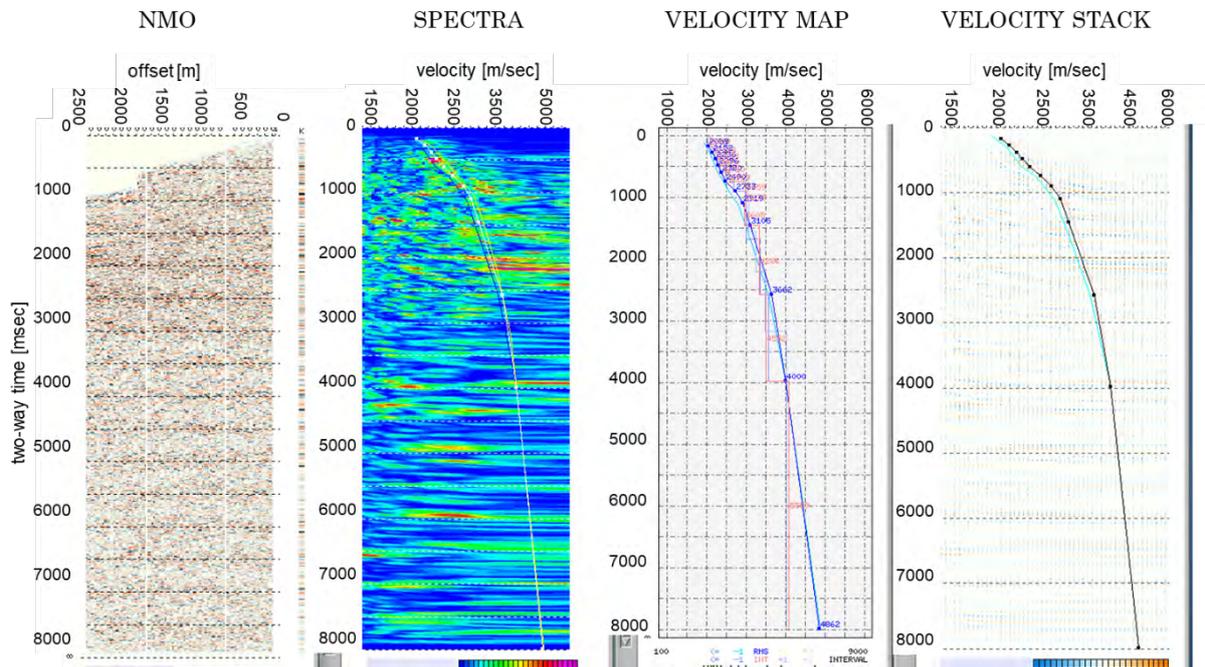


図 29 三浦－横須賀測線の速度解析結果例 (CMP1180)。

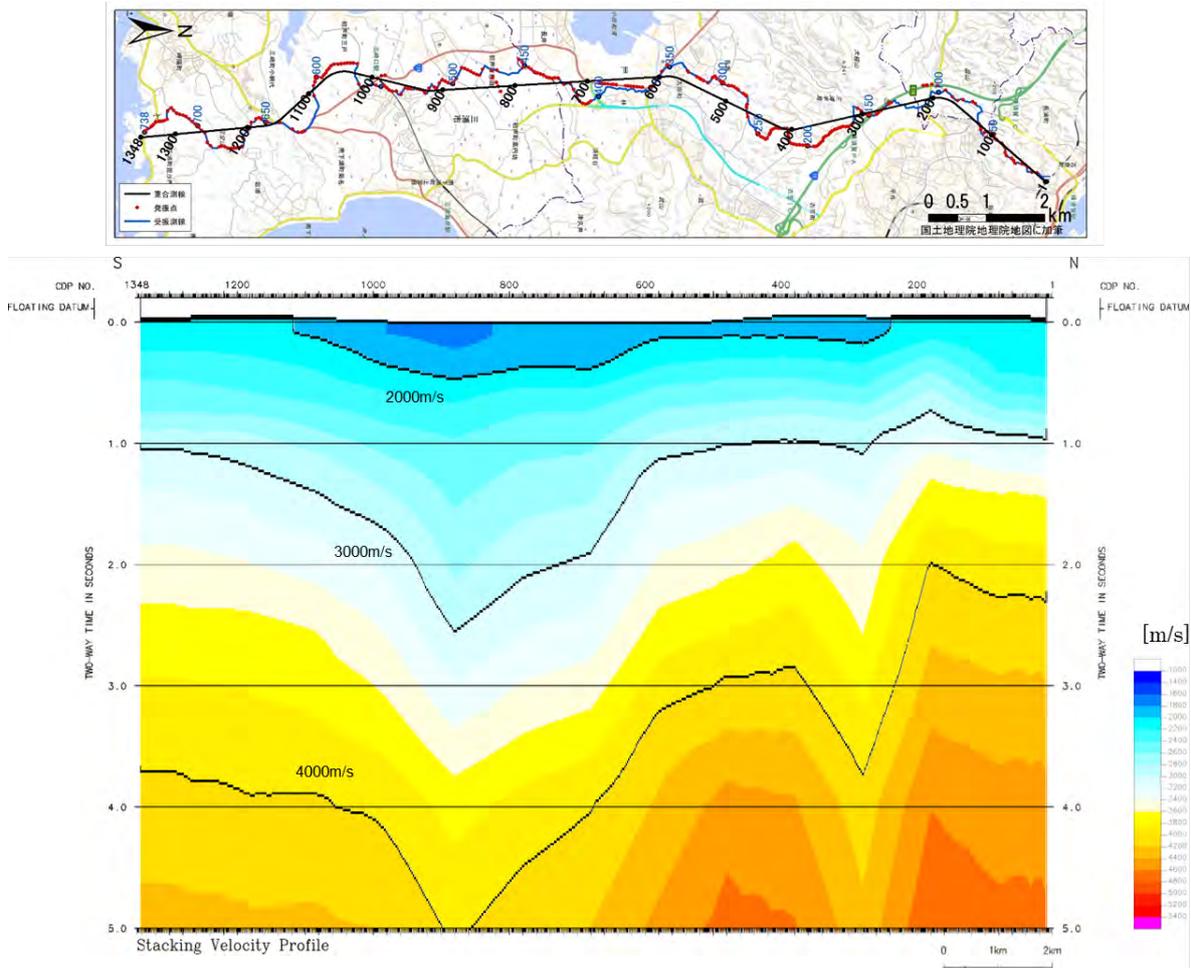


図 30 三浦－横須賀測線の CMP 重合速度プロファイル。

xiii) NMO (Normal Moveout) 補正

速度解析によって求められた重合速度-時間の関数を時間-空間方向に内挿し、その速度テーブルに従って NMO 補正を適用した。

xiv) ミュート

NMO 補正に伴う波形の伸長及びファーオフセット側に残留する屈折波初動部分の抑制(アウトサイドミュート)を目的として、全 CMP アンサンブルについて空間方向に変化するミュートパターンを設計し適用した。

xv) 重合前振幅調整

トレース間の振幅バランスを調整するため、自動振幅調整による振幅補償を行った。

xvi) 残差静補正

NMO 補正後の CMP アンサンブルを入力として、基準トレースとの相互相関関数から得られる最大ラグ値を用いて、'Surface-consistent' な発震点、受振点残差静補正量を

LTI(Linear Travel-time Inversion)によって統計的に計算した。図 31 に、推定された受振点及び発震点残差静補正量を示した。本測線は連続的な反射面に乏しく、繰り返し適用による静補正量の収束が十分でないことから、本処理は適用しないこととした。

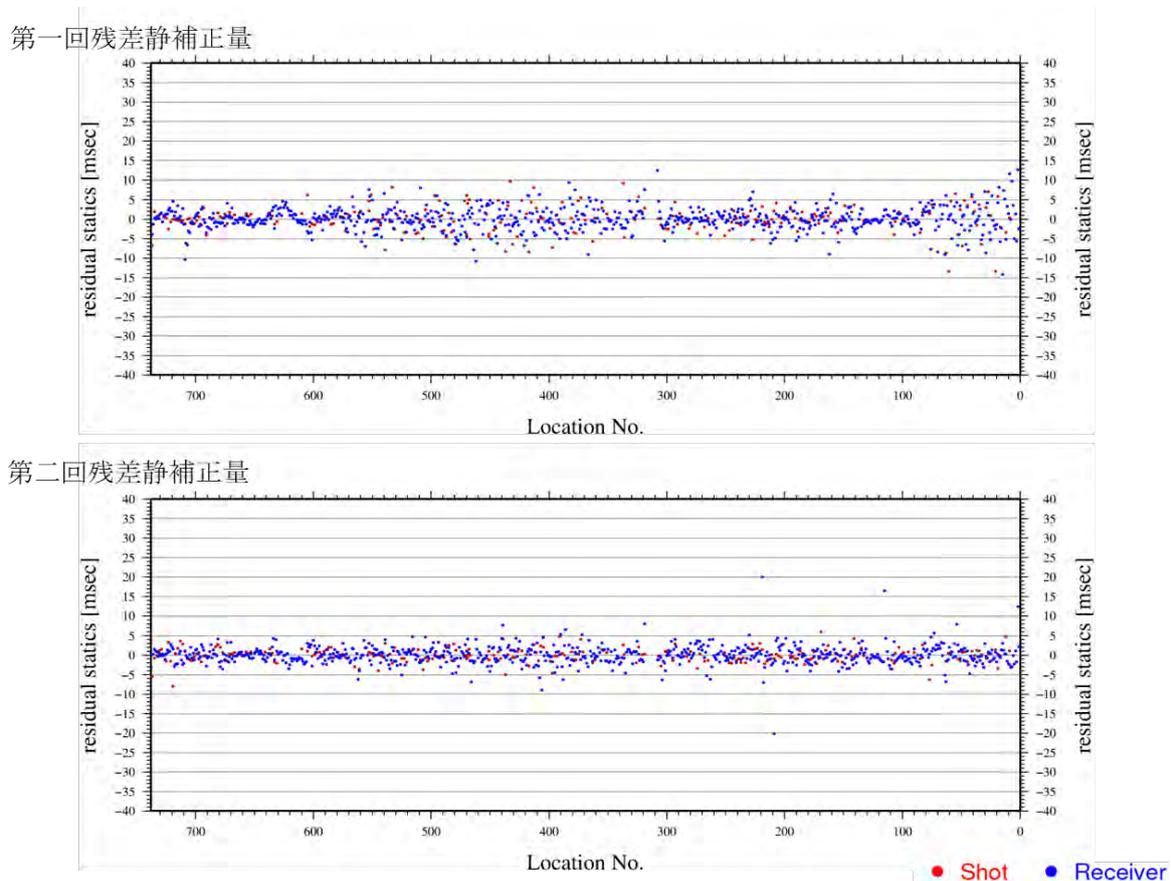


図 31 三浦－横須賀測線の残差静補正量の計算結果（単位は msec）。

xvii) 共通反射点重合処理

NMO 補正及び残差静補正適用後の共通反射点アンサンブルに関して水平重合処理を実施した。

xviii) 重合後時間マイグレーション (Post-Stack Time Migration)

重合後の記録に対して時間-空間座標領域における差分法時間マイグレーションを実施した。マイグレーション速度には時間及び空間方向に平滑化した重合速度にスケールリングを適用して用いた。また、標高変化を伴うデータに対し、基準面 (Datum) から浮動基準面 (FDP) までの区間を零速度層によって充填する手法を採用した。

xix) 基準面補正

浮動基準面から基準面への時間補正を適用した。

xx) 周波数-空間領域予測フィルター (F-X Prediction Filter)

周波数-空間領域において複素型予測フィルターを設計・適用してランダムノイズを抑制し相対的に S/N を向上させる F-X 予測フィルター処理を実施した。

xxi) 時間-空間可変帯域通過フィルター

反射波の有効周波数帯域を周波数成分解析によって決定し、時間-空間可変の零位相帯域通過フィルターを適用した。

以上の処理で得られた CMP 重合時間断面図を図 32 に、重合後マイグレーション断面図を図 33 に示す。

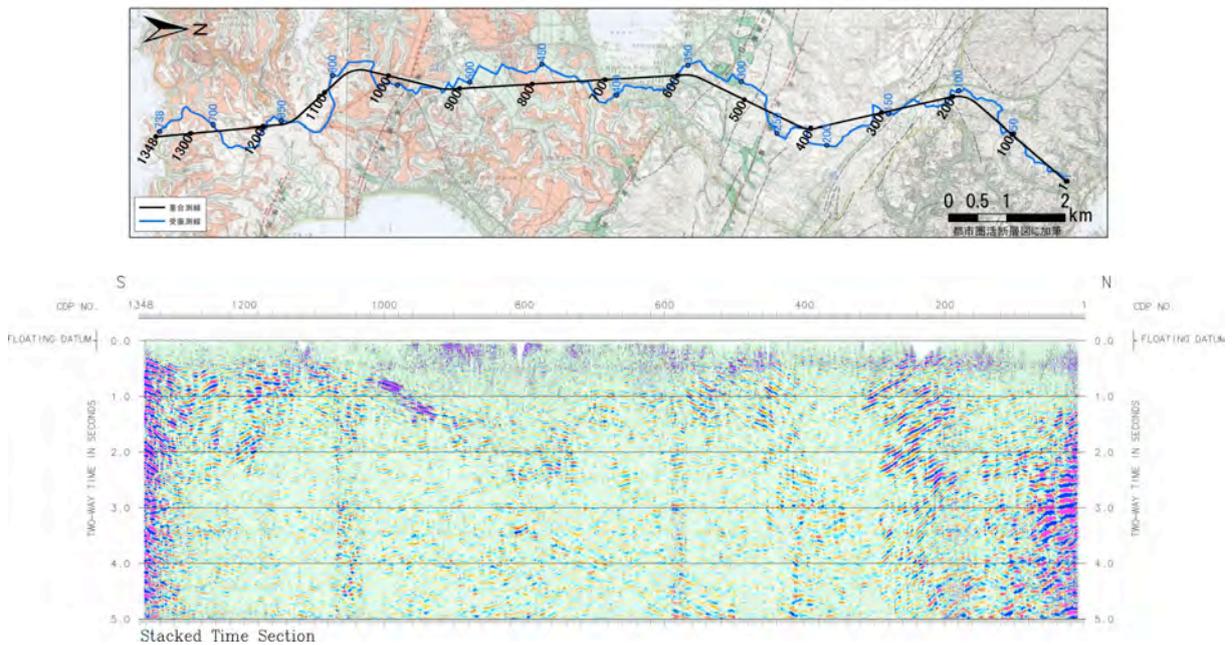


図 32 三浦-横須賀測線の CMP 重合時間断面図 (濃淡表示)。

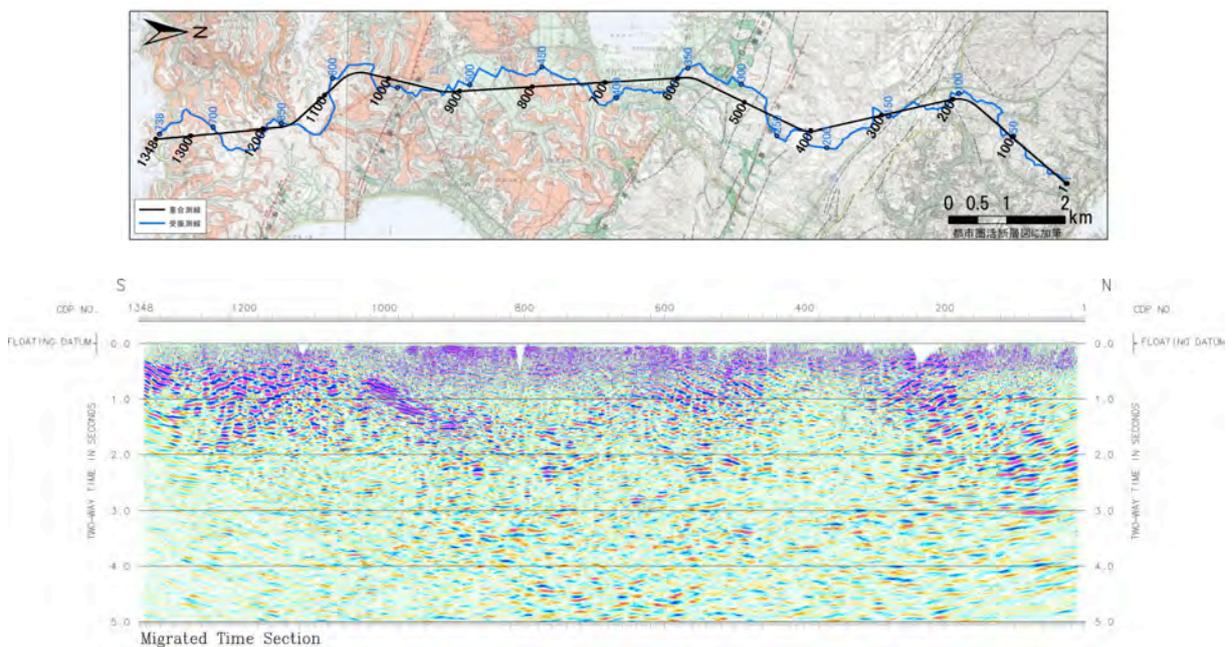


図 33 三浦-横須賀測線の重合後時間マイグレーション断面図 (濃淡表示)。

xxii) 深度変換

速度解析で求めた速度を 2 km 間隔に間引き、時間及び空間方向に平滑化した RMS 速度を用いて、Vertical Stretch 法による深度変換を実施した。得られた CMP 重合深度断面図を図 34 に、濃淡及び面積表示の重合後時間マイグレーション深度断面図を図 35 及び図 36 に示す。

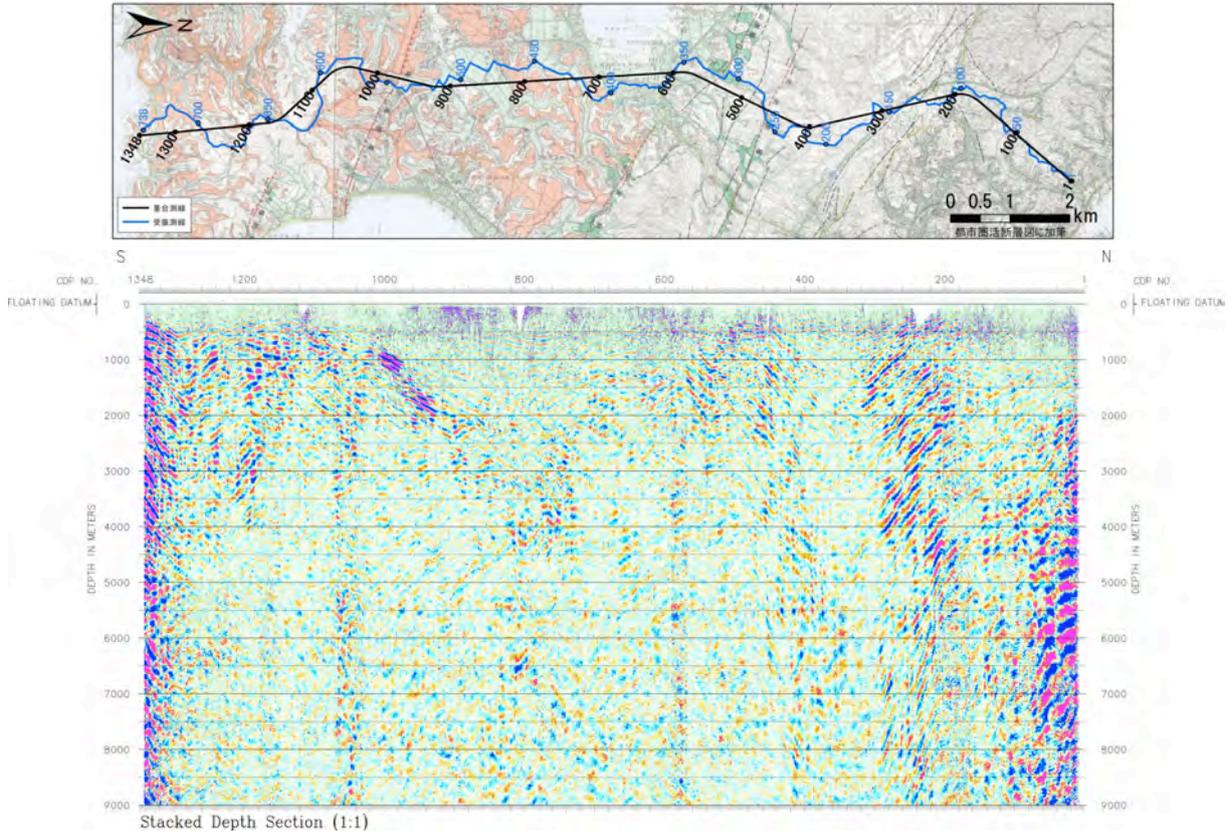


図 34 三浦－横須賀測線の CMP 重合深度断面図（マイグレーションなし）（濃淡表示）。縦横比は 1:1。

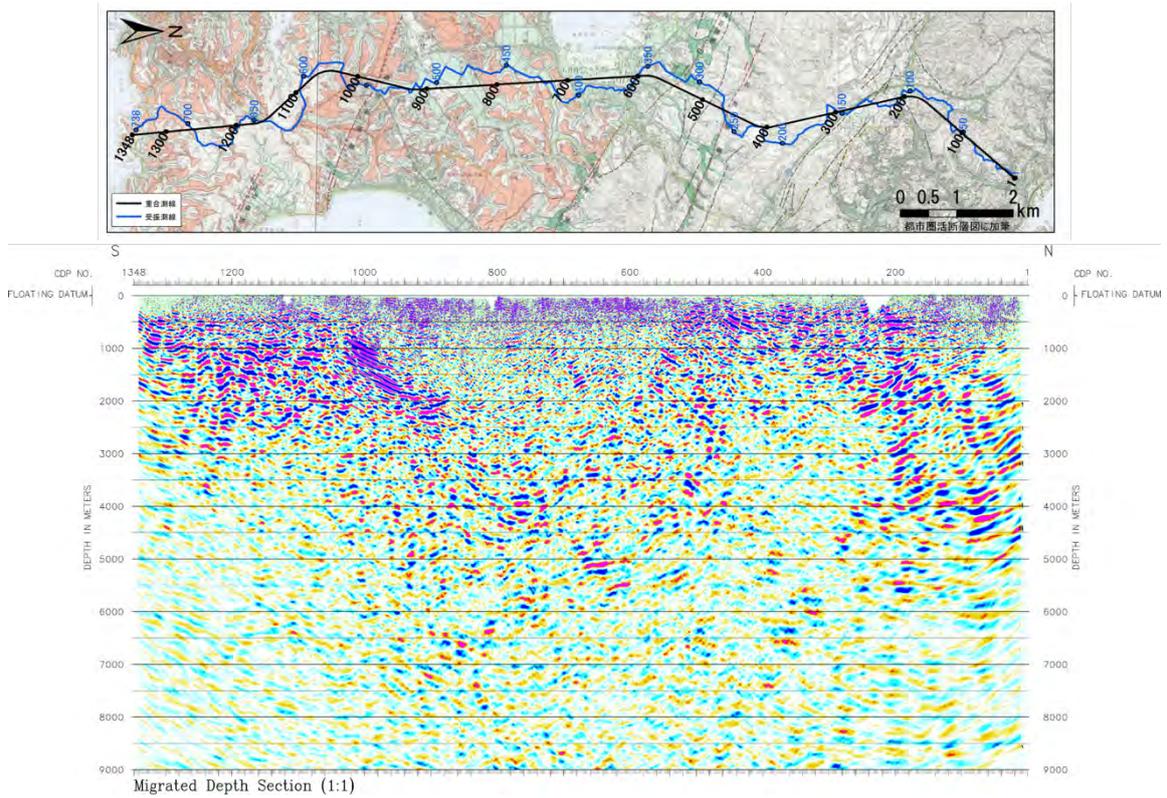


図 35 三浦－横須賀測線の重合後時間マイグレーション深度断面図（濃淡表示）。縦横比は 1:1。

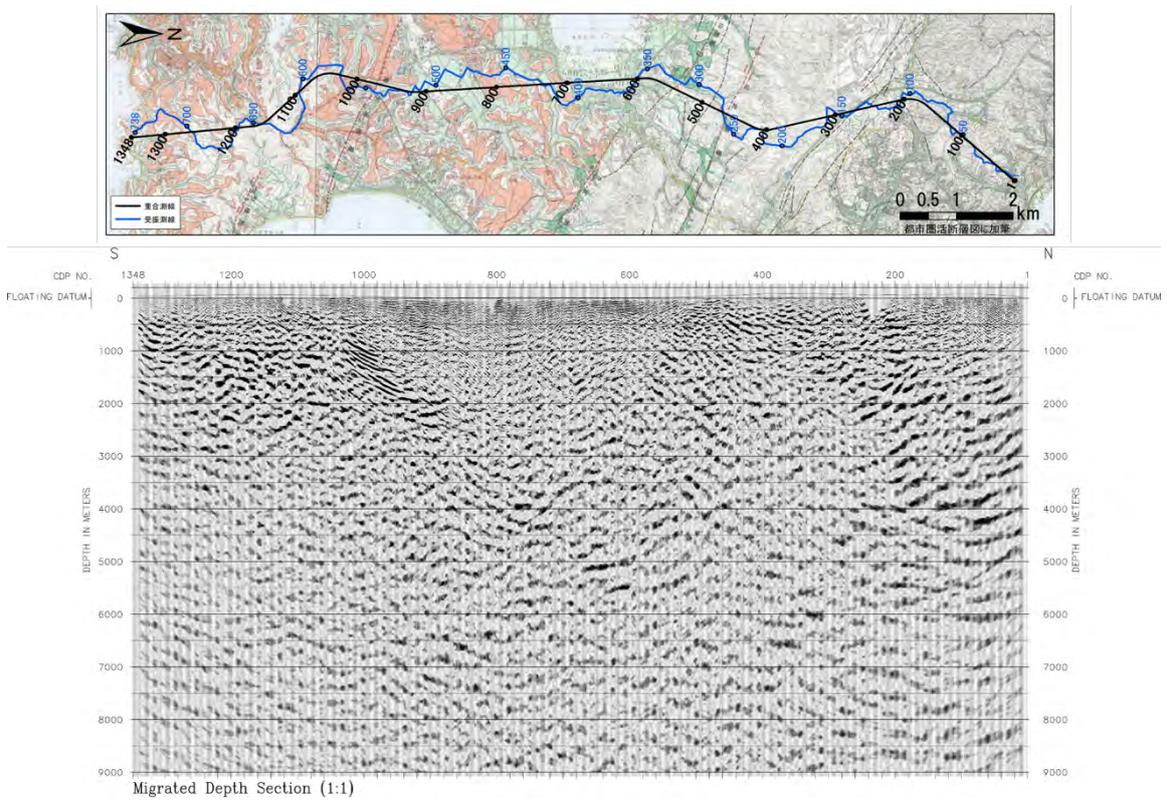


図 36 三浦－横須賀測線の重合後時間マイグレーション深度断面図（面積表示）。縦横比は 1:1。

xxiii) MDRS (Multi-Dip Reflection Surfaces) 処理

反射波の連続性の改善および深部反射波の重合効果の向上を目的として、マルチディップ型 CRS (Common Reflection Surface) 法 (MDRS 法) を適用した。入力とするデータは b) 反射法データ解析の xi) サーフェスコンシステントデコンボリューションまでの処理結果に xvi) 残差静補正の処理を適用した共通反射点編集後のギャザーである。以下に、主要パラメータ及び処理手順の概要を記述する。図 37 に MDRS 解析概念図を示す。

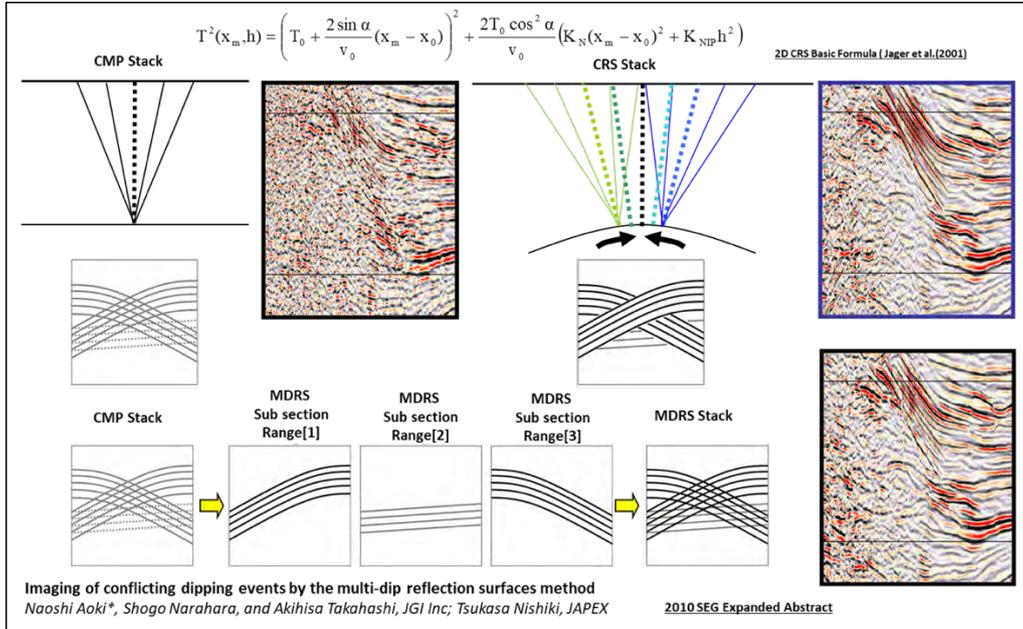


図 37 MDRS 処理の概念図 (Aoki et al., 2010)。

- ・スーパーギャザーの作成

以降の MDRS 処理のために近隣の CMP ギャザーを併合しスーパーギャザーを作成した。

- ・定速度スキャン (Constant Velocity Scan)

定速度重合パネルと関連する各アトリビュートパネルを作成した。

- ・MDRS スキャン

CRS 法は CMP に属するトレースだけでなく、その近傍の CMP 多数を併せたスーパーギャザーを重合処理することで、従来の CMP 重合法に比べて飛躍的に高い S/N 比を得る手法である。しかし CRS 法では各時間サンプルで 1 つの傾斜角 (1 組の CRS パラメータセット) しか選択できないため、異なる反射面からの反射波が交差する状況 (コンフリクティング・ディップ) には対応できない。本処理の対象地域のように、複雑な地質構造を有する地域ではゼロオフセット断面上でコンフリクティング・ディップの存在が予想されるため、ここではマルチディップ CRS スキャンを実施した。

手順として、傾斜範囲を設定し、それぞれの傾斜に対して CRS スキャンを実施した。求めた CRS アトリビュートを用いてスーパーギャザーへの走時補正を行い、それぞれの傾斜に対して重合処理を行った。

- ・ MDRS ピッキング

重合結果及び関連するアトリビュートに対してサンプル毎にセンブランス値の高い順に並べ替えを行った。この際、並べ替えに用いる傾斜範囲に対して制限を設けることで不要な傾斜ノイズを除去した。

- ・ MDRS 重合

センブランス値の高い方から3番目までのセクションを用いて MDRS 重合を実行し、コンフリクティング・ディップに対応した CRS 重合記録を作成した。このようにセンブランス値の高い方から複数枚のセクションを加算することで、ゼロオフセット断面上で複数(ここでは最大3つまで)の反射波が交差する状況に対応した。

尚、MDRS 重合処理後の処理に関しては、反射法データ解析と同様のパラメータを適用した。

- ・ 重合後時間マイグレーション (Post-Stack Time Migration)

時間断面上の反射点位置を実際の位置に移動させ、回折波を回折点に復元することを目的として、時間-空間座標領域における差分法時間マイグレーションを実施した。マイグレーション速度には時間及び空間方向に平滑化した重合速度にスケーリングを適用して用いた。また、標高変化を伴うデータに対し、基準面 (Datum) から浮動基準面 (FDP) までの区間を零速度層によって充填する手法を採用した。

以上の処理ステップを逐次経ることによって、MDRS 重合時間断面図 (図 38)、MDRS 重合後時間マイグレーション断面図 (図 39) を得た。また、これらの記録に対して深度変換を行い、MDRS 重合深度断面図 (図 40)、MDRS 重合後時間マイグレーション深度断面図 (図 41) を得た。

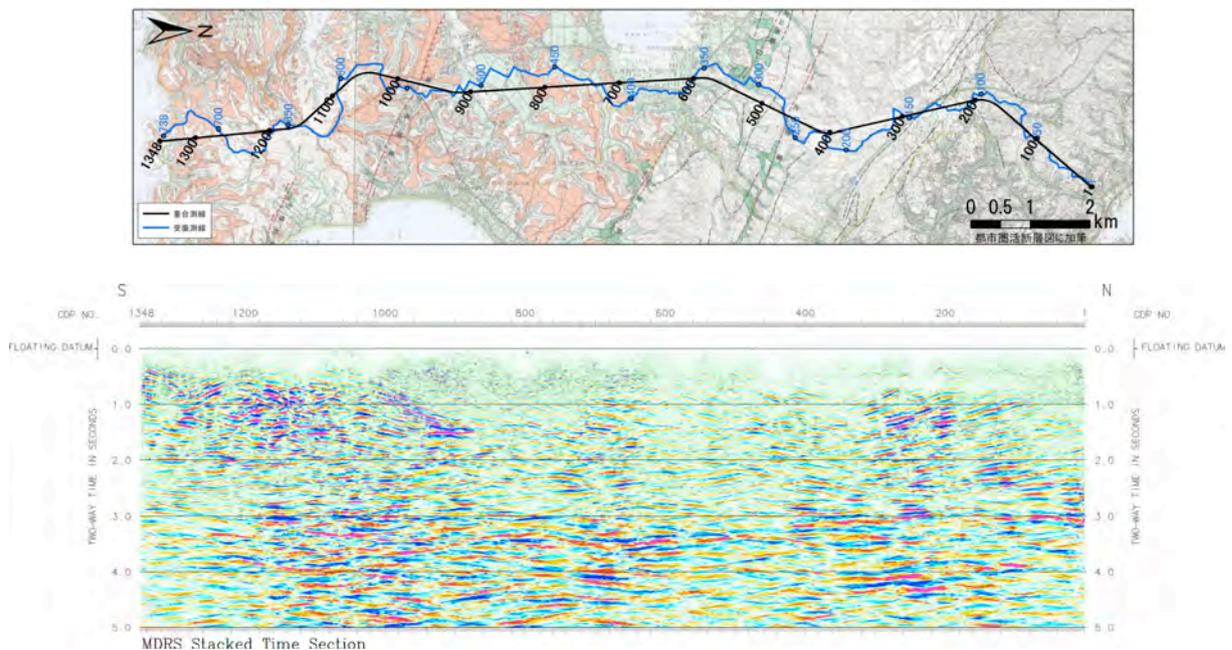


図 38 三浦一横須賀測線の MDRS 重合時間断面図 (濃淡表示)。

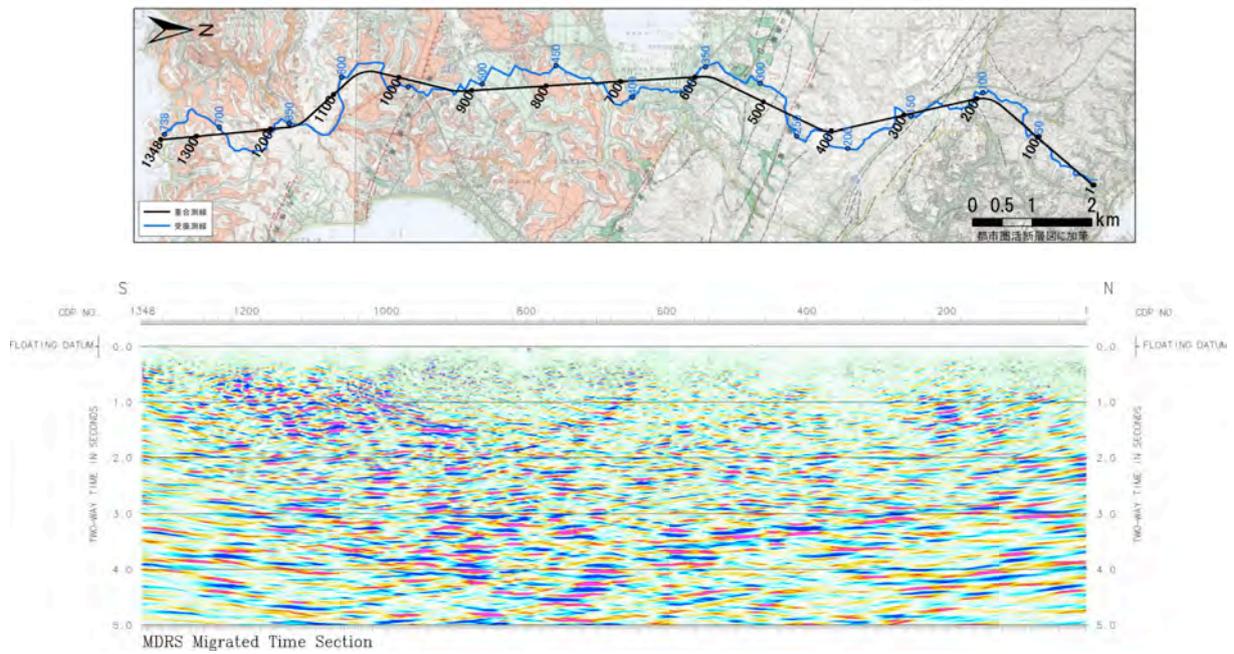


図 39 三浦－横須賀測線の MDRS 重合後時間マイグレーション断面図（濃淡表示）。

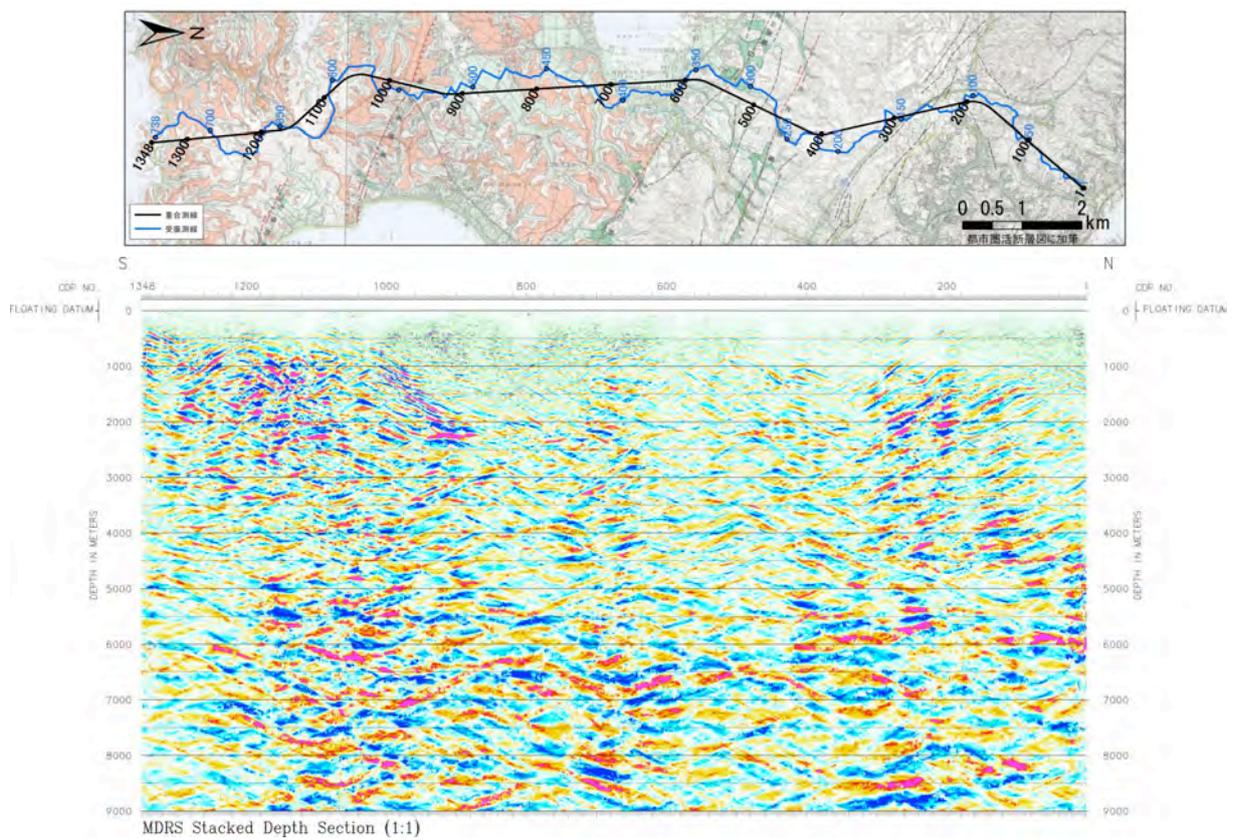


図 40 三浦－横須賀測線の MDRS 重合深度断面図（マイグレーションなし）（濃淡表示）。縦横比は 1:1。

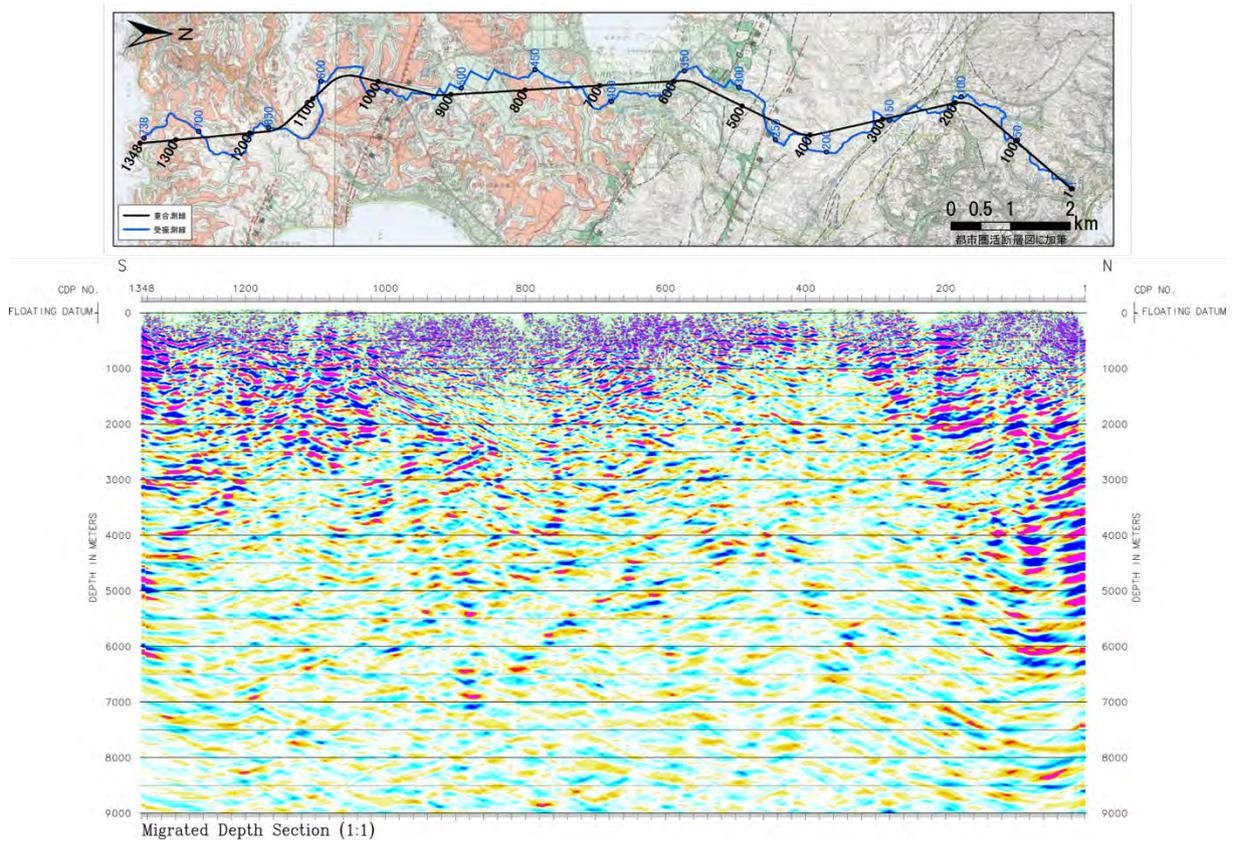


図 41 三浦－横須賀測線の MDRS 重合後時間マイグレーション深度断面図（濃淡表示）。縦横比は 1:1。

c) 屈折法データ解析

屈折法データ解析の処理ワークフローを図 42 に示す。

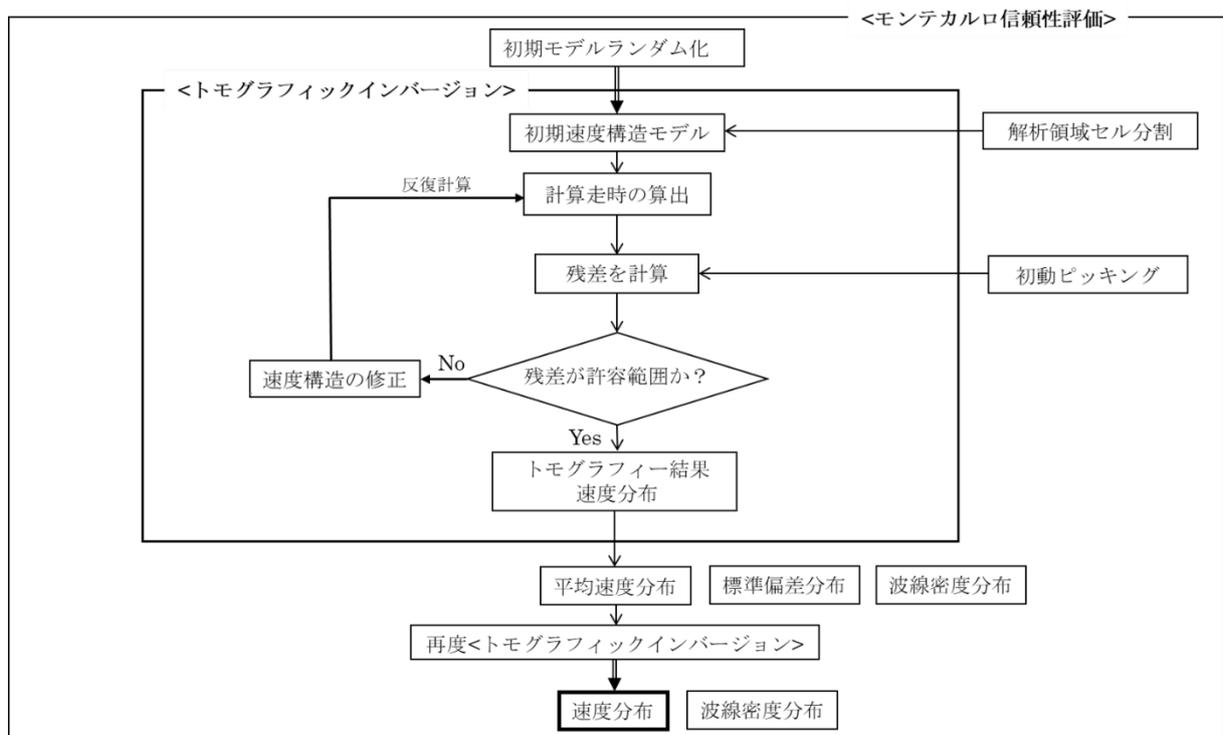


図 42 屈折法データ処理ワークフロー

i) トモグラフィ解析の概要

トモグラフィックインバージョンにおける理論走時のフォワードモデリングには、Linear Traveltime Interpolation 法 (LTI 法, Asakawa and Kawanaka, 1993) を用いた。波線の計算では対象の領域を格子に分割し、各格子を通る波線を求める。LTI 法は各格子をさらに細かく分割し、隣接する格子上の各分割点を結ぶ波線の走時を計算した後、得られた走時の組を用いて走時が最小になるよう波線を補間する。格子のサイズ・分割点にかかわらず走時が最小になる波線経路を計算することにより、他の走時計算法と比較して正確さと安定性に利点を持つ。

インバージョンのアルゴリズムには Simultaneous Iterative Reconstruction Technique (SIRT 法) を用いた。トモグラフィックインバージョンでは一般に、格子に分割された領域に対し波線経路に沿った格子上に走時の観測値と計算値の差を速度の修正値として割り振り、波線計算と速度修正値の決定の反復計算をする Algebraic Reconstruction Technique (ART 法) によるインバージョンを行う。通常の ART 法では各格子上で波線ごとに計算した速度の修正値をそれぞれ逐次的に適用するが、SIRT 法では全波線で計算した速度の修正値の平均を取った値による修正を適用する。さらに本解析に用いる SIRT 法では、速度の修正値の計算において各格子内を波線が通過する時間により残差走時を比例配分する改良を施した。また、波線周辺の格子を波線からの距離に応じた重みをつけて更新対象にすることで、計算の安定化を図った。

インバージョンの信頼性評価として、初期モデルランダム化によるモンテカルロ不確実性解析 (白石・他, 2010) を行った。ランダムに生成した多数の初期モデルに対してトモグラフィ解析を実施し、全ての結果を平均した速度分布および平均値からのばらつきを示す標準偏差分布を得る。これら二つの情報はそれぞれ、トモグラフィ解析による速度構造モデル解とその確からしさの指標として利用できる。

ii) 解析内容

計算領域は発震点・受振点を含む直線投影測線を設定した (図 43)。解析データとして、屈折法発震 (5 点) および反射法発震 (262 点) から読み取った屈折初動走時 (図 44) を用いた。

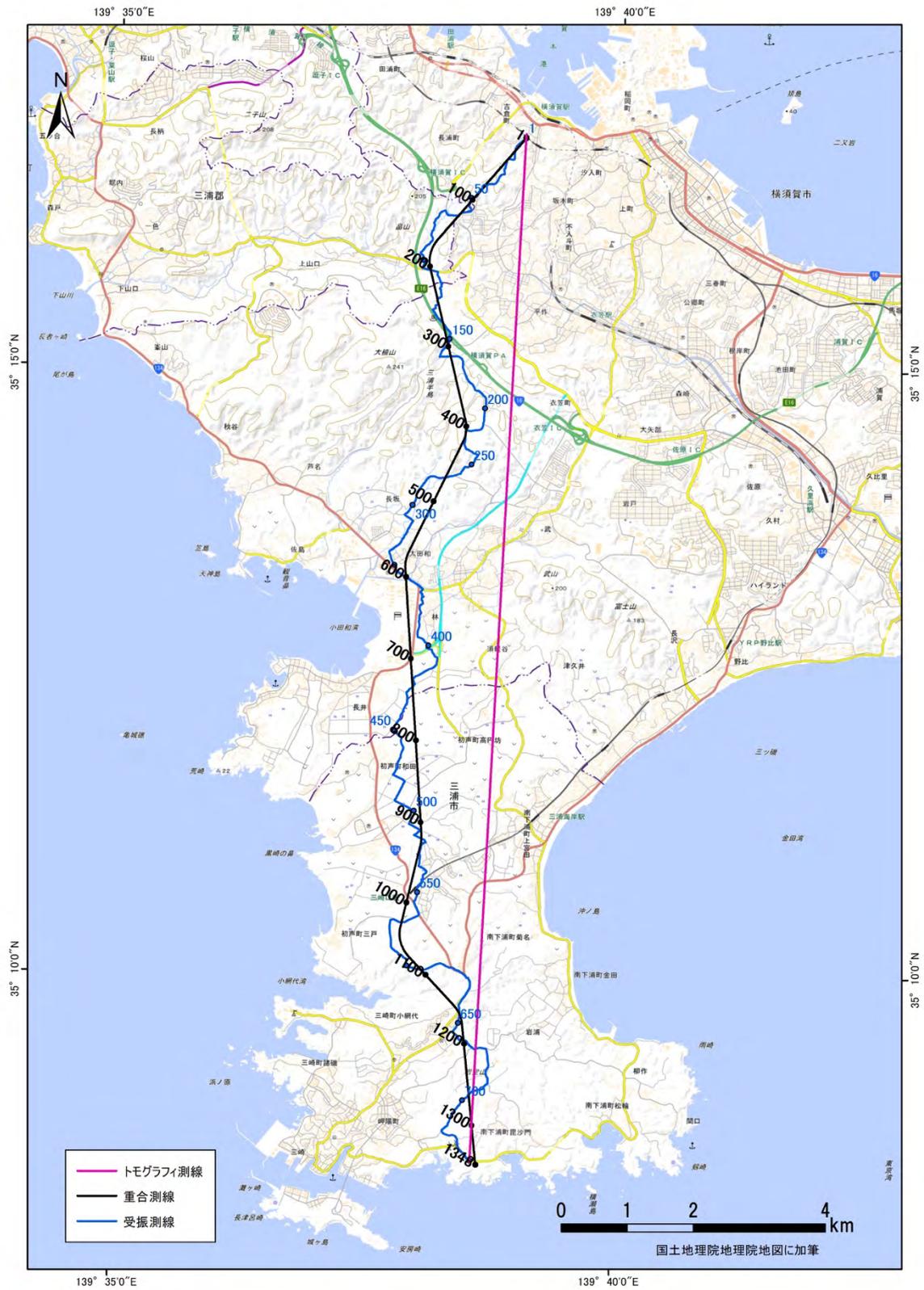


図 43 三浦－横須賀測線のトモグラフィ投影測線（赤線）。

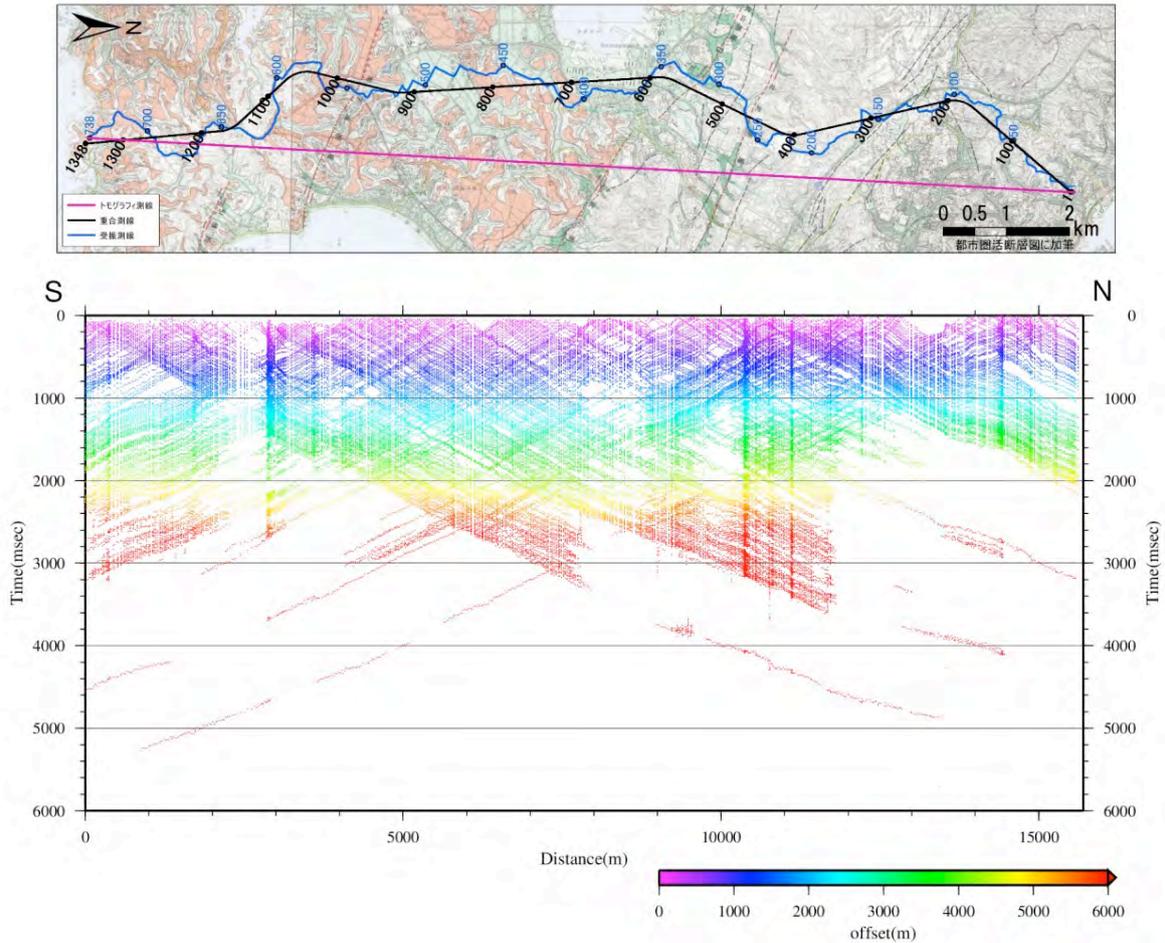


図 44 三浦－横須賀測線の屈折初動読み取り図

初期速度構造モデルはランダムな条件での 100 ケースについて設定し、各々についてトモグラフィックインバージョンを行った。初期速度構造モデルの生成条件としては 2 点の折れ点を含む一定速度勾配の速度範囲として、地表面で 500～3,000m/s、深度 2,000m で 2,500～5,000m/s、深度 6,000m で 4,000～6,000m/s、深度 10,000m で 5,000～8,000m/s をランダムに選択した。設定した異なる初期構造モデルに対して、それぞれトモグラフィックインバージョンの反復回数を 15 回とした。反復回数設定においては、観測走時と計算走時の残差に十分な収束が得られる値を選択した。初期モデル群と反復回数と走時誤差の収束の関係を図 45 に示す。

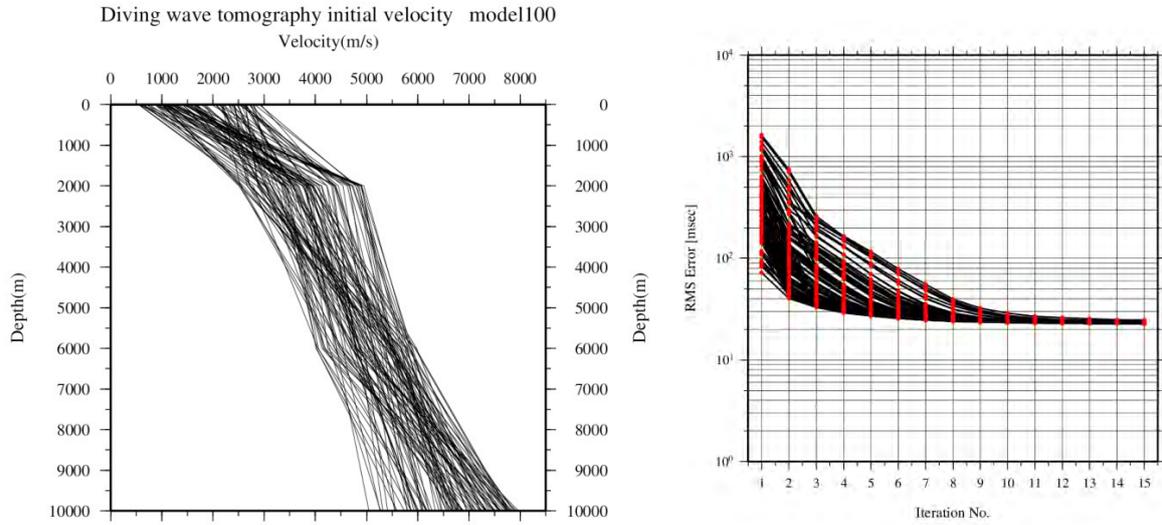
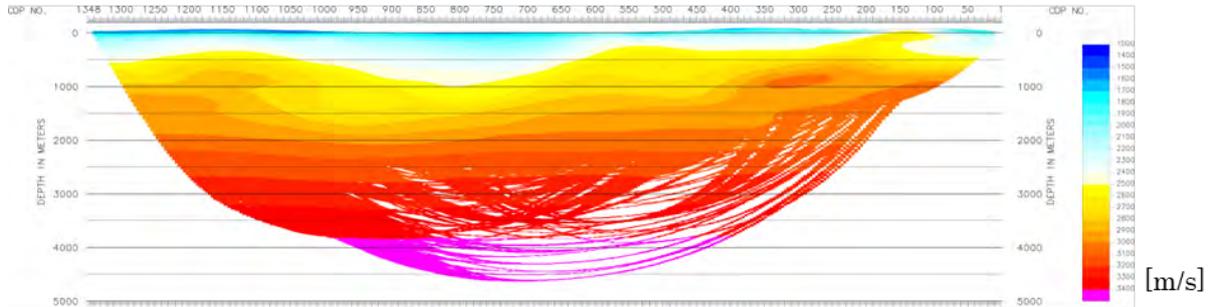


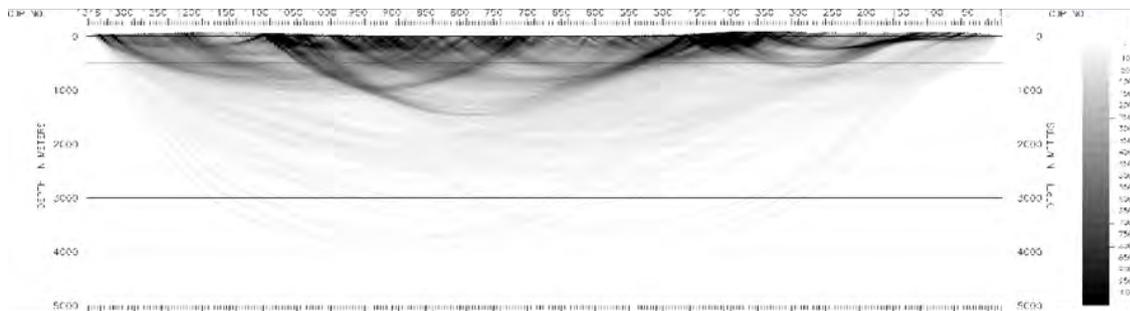
図 45 三浦－横須賀測線のトモグラフィ解析における（左）初期モデル群と（右）走時誤差の収束。

100 ケースの解析結果として得られた速度分布から計算される平均速度分布・標準偏差分布・平均波線密度に対して、トモグラフィ解析投影測線から反射法 CMP 測線に再投影し、波線の存在する部分にのみカラースケールを与えて表示したものを図 46 に示す。

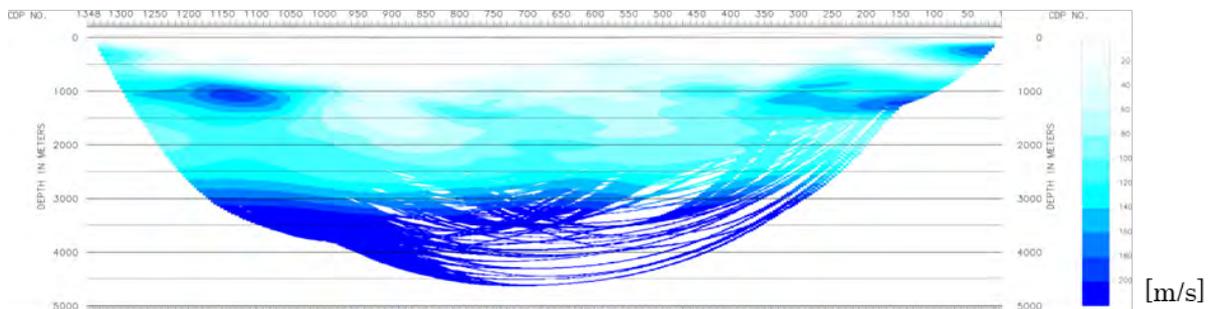
さらに、100 ケースの結果の平均速度分布を、改めて初期速度構造モデルとし、カスケード式に再度トモグラフィ解析を実施した。



速度モデル(各初期モデルに対する解の平均)



波線密度分布



標準偏差分布

図 46 三浦－横須賀測線の初期トモグラフィ解析結果（平均速度・波線密度・標準偏差分布）。

iii) トモグラフィ解析結果

カスケード式に実施したトモグラフィックインバージョンの結果を最終的な速度分布とした。得られた最終的な速度分布および波線密度に対して、トモグラフィ解析投影測線から反射法 CMP 測線に再投影し、波線の存在する部分にのみカールスケールを与えて表示したものおよび波線密度分布を図 47 に示す。

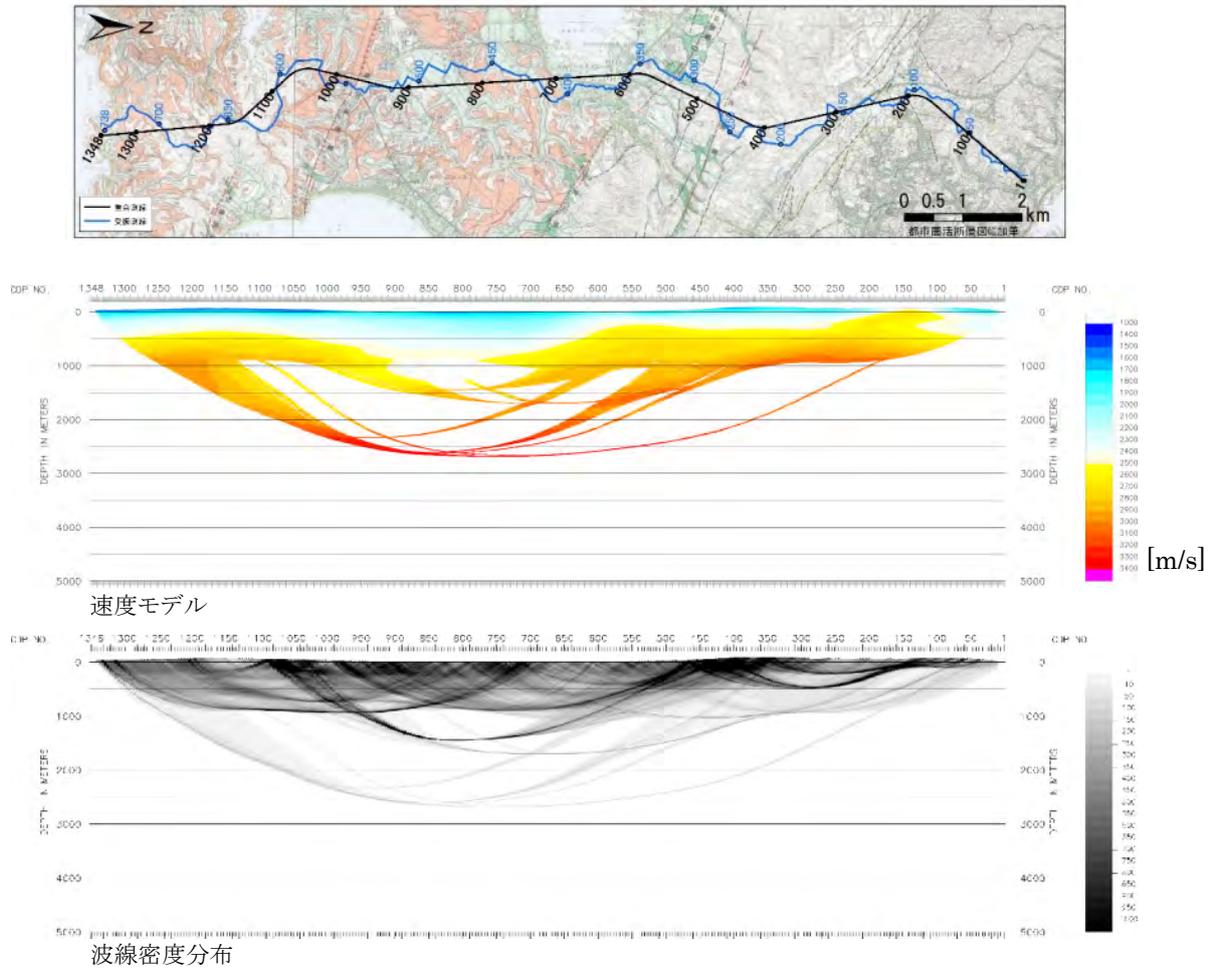


図 47 トモグラフィ解析により求められた三浦－横須賀測線の P 波速度・破線密度分布。

iv) コンパイル断面の作成

反射法処理によって得られた重合前時間マイグレーション深度断面図および MDRS 重合後時間マイグレーション深度断面図と、屈折法解析の結果を対比するためにコンパイル断面を作成した。屈折法解析結果は重合測線に投影し重畳した（図 48 および 49）。

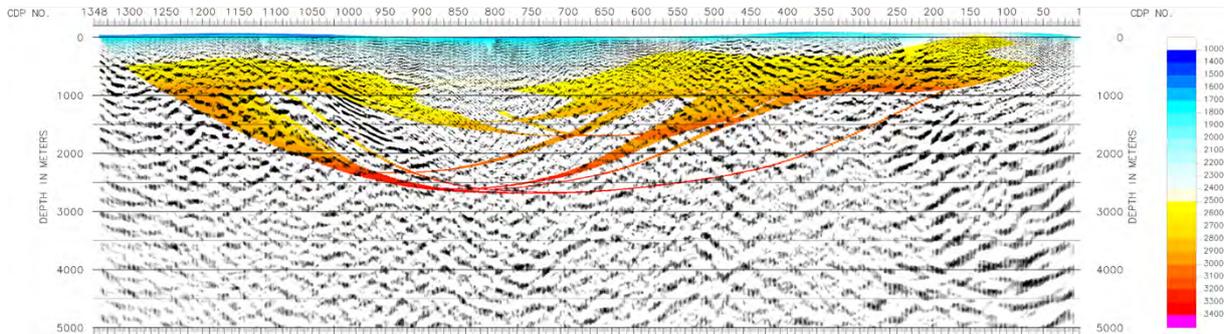


図 48 三浦－横須賀測線の重合後時間マイグレーション深度断面図（面積表示）と屈折法による P 波速度構造の重ね合わせ表示。縦横比は 1:1。

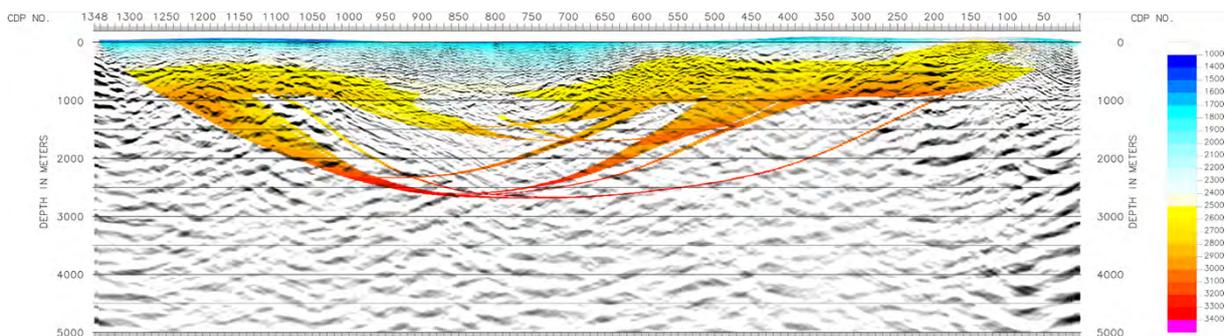
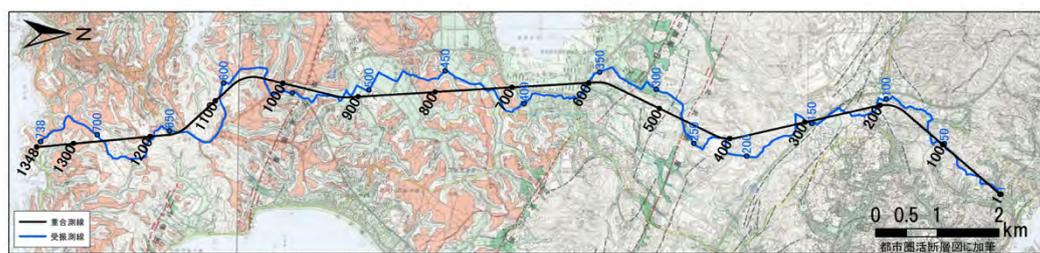


図 49 三浦－横須賀測線の MDRS 重合後時間マイグレーション深度断面図（面積表示）と屈折法による P 波速度構造の重ね合わせ表示。縦横比は 1:1。

d) 構造探査断面の地質学的な解釈

三浦－横須賀測線の構造探査およびそのデータ解析により得られた反射法断面に基づき、断層解釈を行った。解釈にあたっては、活断層の既存研究（活断層研究会編，1980，1991；渡辺・他，1996；中田・今泉編，2002 など）や、測線周辺の地質情報（小玉・他，1980；江藤・他，1998；小沢・江藤，2005；地質調査総合センター，2021 など）を参照した。

深度断面と活断層の対応関係を検討すると、測線を横断して分布する武山断層に対応して、高角度で北に傾斜する反射面群の不連続が認められ、断層面にあたと推定される。(図 50)。武山断層の北に分布する北武断層・衣笠断層についても、高角度で北に傾斜する反射面群の不連続が認められ、それぞれ断層面にあたと推定される。これらは葉山層群および三浦層群が参加する複背斜構造の高角な軸面付近に断層が形成されているように見える。また、いずれの断層についても地表付近の傾斜はほぼ垂直に近く、断層露頭で観察される断層面の傾斜と整合的である。南下浦断層についても、地表位置の直下に高角度で南に傾斜する反射面群の不連続が認められ、断層面にあたと推定される。

また、宮田台地で掘削されたボーリング層序(小沢・江藤, 2005)から、中部更新統・宮田層および鮮新統・初声層基底の深度を推定した。宮田層の分布はP波速度構造(図 48)で宮田台地下に認められる 1.8 km/sec 以下の低速度層と概ね一致しており、三浦半島中部の武山断層と南下浦断層に挟まれた領域に厚さ 300 m 程度の第四系堆積盆が存在することがわかった。また、低周波の反射イベントから、武山断層以南の初声層より下位には複雑な褶曲構造が存在すると推定される。

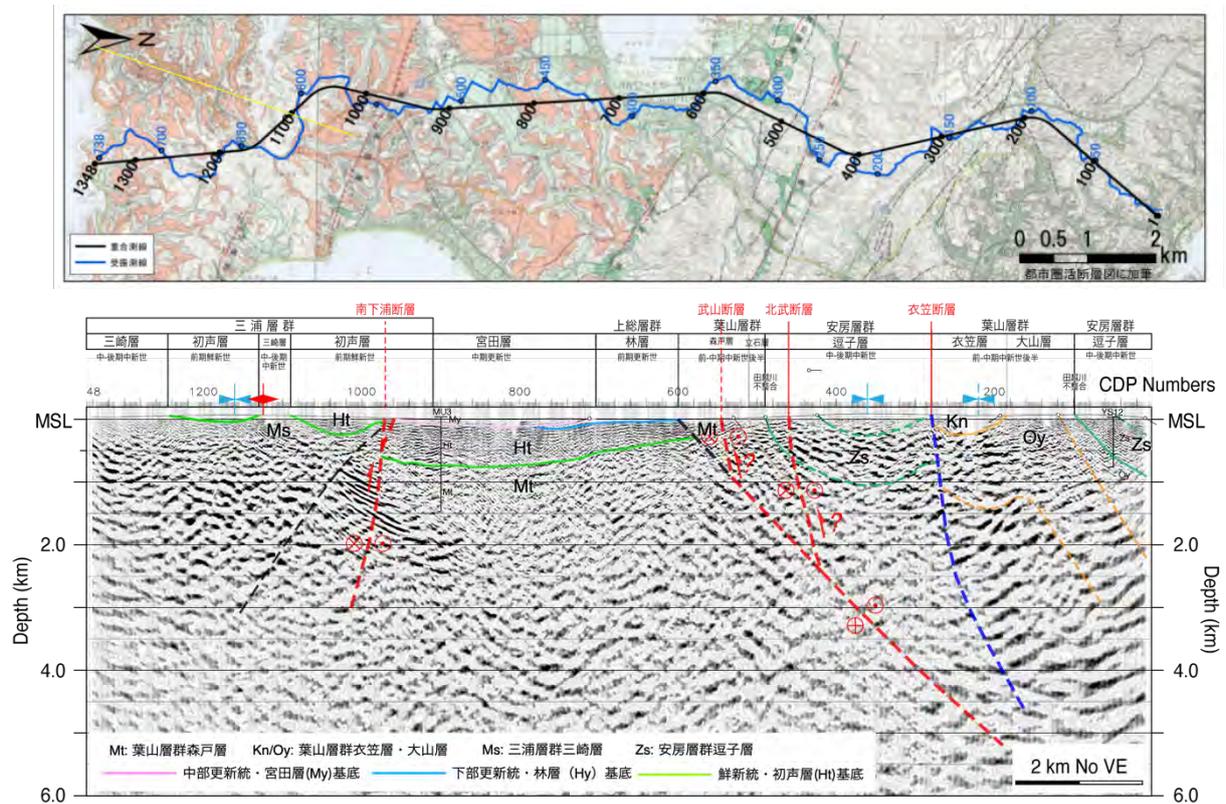


図 50 三浦－横須賀測線の解釈深度断面(重合後時間マイグレーション深度断面図)。上図は渡辺・他(1996)による。断面図の縦横比は 1:1。

3) 三浦半島断層群（主部／武山断層帯）海域延長部（相模湾）の反射法地震探査

三浦半島断層群（主部／武山断層帯）は陸上における断層長が約 11 km と短い一方で、海域(特に相模湾)に延長する可能性が指摘されてきた（地質調査総合センター, 2021; 図 51)。そこで、相模湾における活断層の分布を推定する目的で、約 72 km の測線にて海域構造探査を実施した（相模湾海域構造探査)。以下では、先ず構造探査のデータ取得・解析について述べ、最後に得られた反射法断面の断層解釈について議論する。

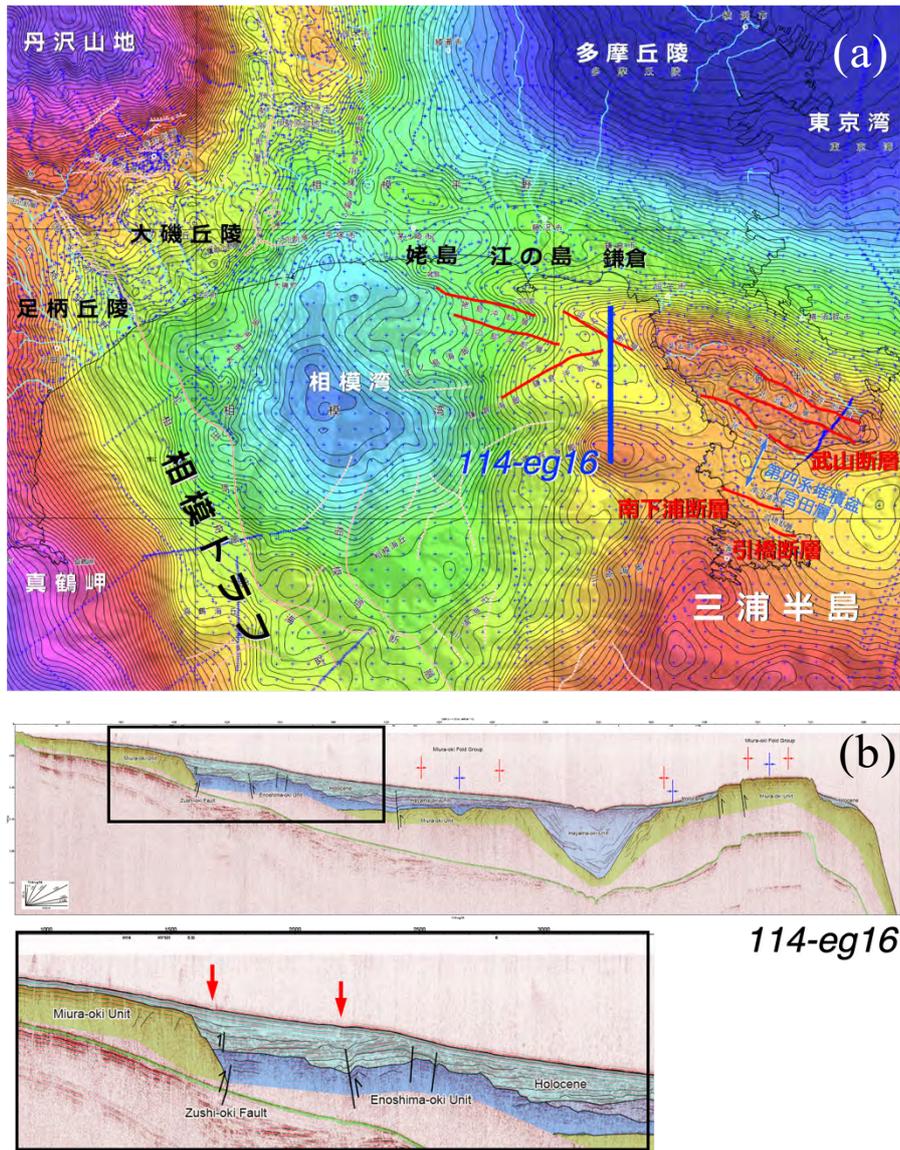


図 51 (a) 相模湾に分布する海底活断層とブーゲー重力異常図（大熊・他, 2021)。(b) 測線 114-eg16 の深度断面解釈図（上）と拡大図（下）（佐藤, 2021)。

a) 相模湾海域構造探査のデータ取得

相模湾海域構造探査は、相模湾沿岸域を対象としてエアガン震源とする反射法地震探査を実施した。茅ヶ崎市沖から三浦市沖にかけての相模湾沿岸域において計 8 本の調査測線を設定した（図 52, 53)。総測線長は約 72 km である。

観測は 2024 年 2 月 12 日から 2 月 20 日の 9 日間を作業期間とし、同期間中に艀装および解装、予察、テスト発震、発震作業を実施した。海域探査では、ストリーマケーブル

およびエアガンによる反射法地震探査データを取得した。全長 750 m(一部区間では 300 m)のストリーマーカーケーブルと容量 480 cu. in. のエアガン (発震圧力 2,000 psi) を使用してデータ取得作業を行った。ケーブル深度とエアガン深度は共に 6 m とした。観測船の位置は、小型航行システム (CHiPS2) により管理され、観測船が予定発震位置に達するとエアガンを発震し、これと同期してストリーマーカーケーブルによるデータ収録を行った。また、警戒船を配置し、航行船舶や漁具の警戒作業を行った。

航測作業 (海上測量作業) はディファレンシャル GPS (以下、DGPS) を用いて行った。DGPS 補正データは静止衛星型衛星航法補強システム (SBAS, satellite-based augmentation system) により取得した。

観測船を誘導する航法装置として小型航法システム CHiPS2 を使用した。同システムは、GPS 受信機から送信される位置データ、ジャイロコンパスからの方位データ、測深器からの水深データ等を毎秒取り込んで観測船と予定測線の位置関係をリアルタイムで表示する。観測船の操船はこのモニター表示に従って行い、エアガン本体が発震予定位置に到達したタイミングで発震を行った。船体後方のエアガン本体の位置は、DGPS 測位位置 (GPS 受信アンテナ位置) およびジャイロコンパスの方位データを用いて算出した。ストリーマーカーケーブルに一定間隔で取り付けられた Compass Bird はコンパスを搭載しており、Compass Bird を取りつけた各点の方位情報を観測船に送信する。ここで得られる方位情報に基づいてストリーマーカーケーブルの偏倚を算出し、DGPS による観測船の位置情報と合わせて発震時刻における各受振点の位置を確定した。

以上によってデータ取得仕様を表 2 に示す。

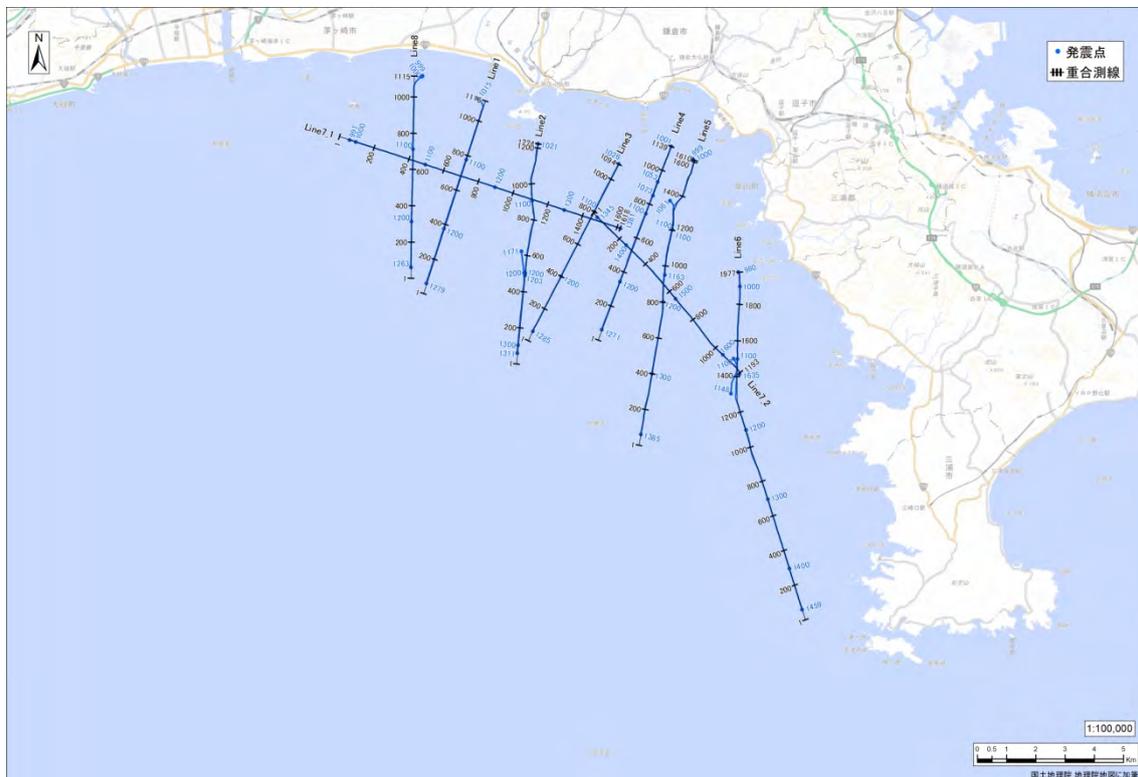


図 52 相模湾海域構造探査の調査測線図。背景は地理院地図による地形図を使用。青線は発震測線 (実績位置)、黒線は重合測線を示す。

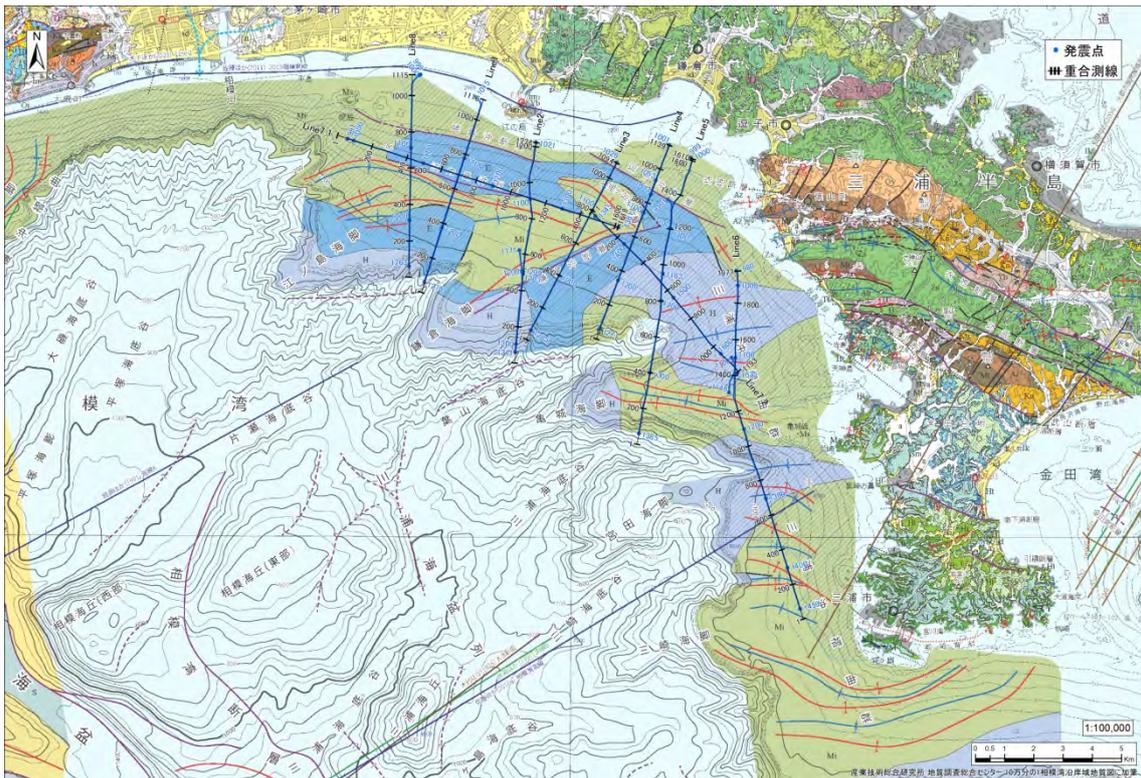


図 53 相模湾海域構造探査の調査測線図。背景は地質調査情報センター(2021)を使用。青線は発震測線(実績位置)。記号は図 52 と同じ。

表 2 相模湾海域構造探査のデータ取得仕様一覧

調査測線	
総測線長	約 72 km
調査測線位置	相模湾内、茅ヶ崎市沖から三浦市沖
発震系パラメータ	
震源	エアガン
エアガン容量	480 立法インチ
エアガン圧力	2,000 psi
エアガン深度	6 m
発震点間隔	25 m
受振系パラメータ	
標準受振点間隔	12.5 m
チャンネル数	60 ch. (一部区間は 24 ch.)
記録系パラメータ	
極性	Compression = Negative
サンプルレート	2 msec.
プリアンプゲイン	0 dB

低域遮断周波数	3 Hz (6 dB/OCT)
高域遮断周波数	200Hz (370 dB/OCT)
記録長	8 sec.

各調査測線で得られた発震記録例を図 54～61 に示す。本調査は水深の浅い沿岸域を対象としているため、最小オフセットを 22 m と短く設定している。このため、ニア側のチャンネルはエアガンとの距離が近く、ニア側の受振記録には低周波のバブルの影響が強く出ている。以下に測線毎の観測状況および記録品質を記す。

① Line-1 測線 (SP1039、1227)

本測線は、測線北端の水深が浅く、観測船が進入できないことから、SP1029 から SP1015 まで回頭しながら発震し観測を終了した。本測線観測時の環境は比較的穏やかであったが、ケーブル深度がやや浅いため海況の影響を受けやすく、一部の記録でニア側とファー側でノイズが混入している。測線の北側 (SP1039) では往復走時 1.0 秒付近まで海底面反射の繰り返しが確認できる。また、測線の南側 (SP1227) でも深部まで同様の繰り返しが認められ、往復走時 1.2 秒付近に反射波が確認できる (図 54)。

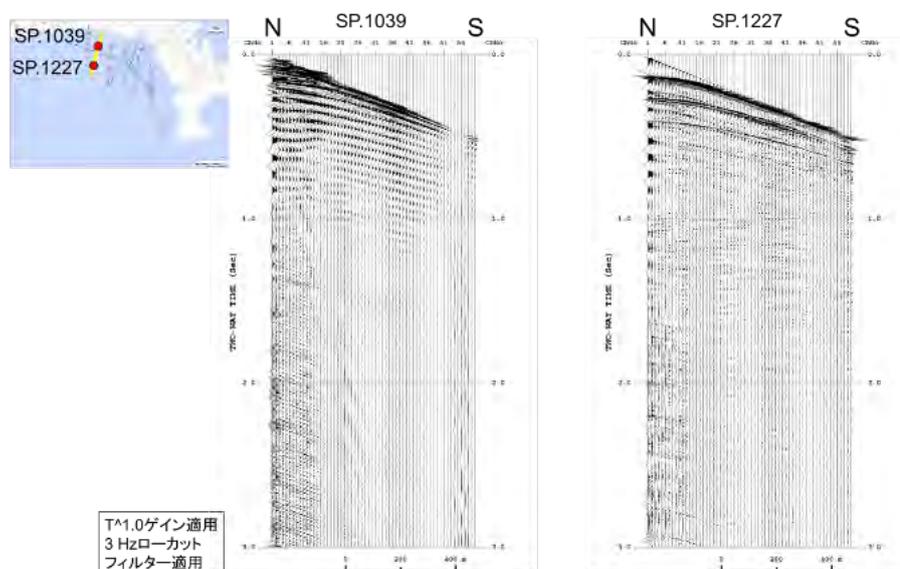


図 54 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-1 (SP1039 および SP1227)。

② Line-2 測線 (SP1050、1250)

本測線は、測線中央部に漁具が複数設置されていたことから、ケーブル長を 300 m に設定して SP1203 から北側をまず観測し、漁具設置位置付近を含む浅瀬側のデータを取得した。なお、測線北端は水深が浅く、観測船が進入できなかったため、SP1021 の発震で観測を終了した。その後、ケーブル長を 750 m に設定し、測線南側から再入線し、漁具設置区域の手前 (SP1171) で発震を終了した。南端区間では、入線位置付近に船舶が停船していたため側方から測線に漸近しながら入線し、ややケーブルが曲がった状態で観測を行った。図 55 に発震記録例を示す。測線の北側 (SP1050) では往復走時 1.0 秒付近まで反射波と思わ

れる波列が認められ、海底面反射の繰り返しが深部まで確認できる。また、測線の南側（SP1250）では、往復走時 1.5 秒付近まで反射波が確認できる。また、深部まで海底面反射の繰り返しが認められる（図 55）。

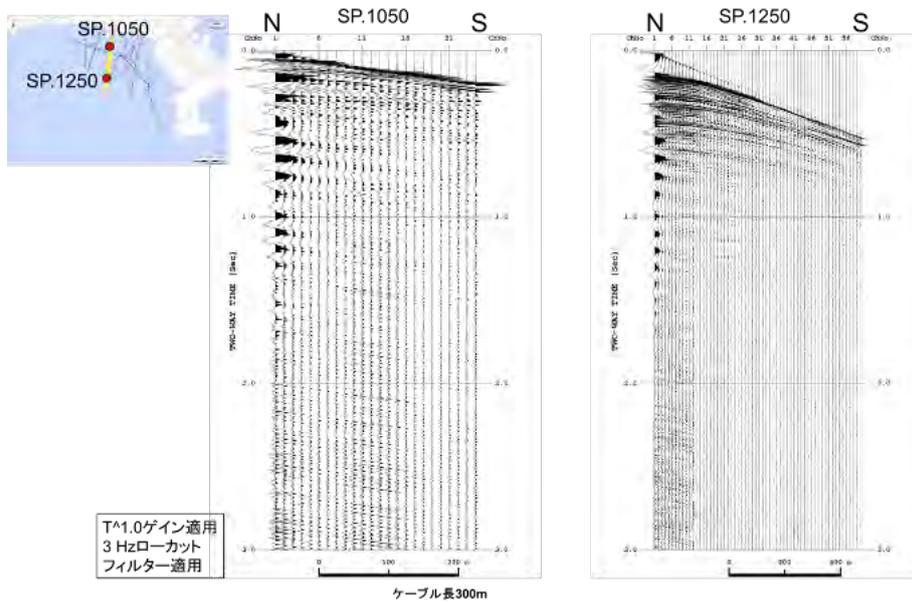


図 55 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-2（SP1050、SP1250）。

③Line-3 測線（SP1100、1200）

本測線は、測線北端の漁具が設置されていることから、SP1026 の発震で観測を終了した。往復走時 1.5 秒付近まで反射波が確認でき、海底面反射の多重反射波が深部まで認められる（図 56）。

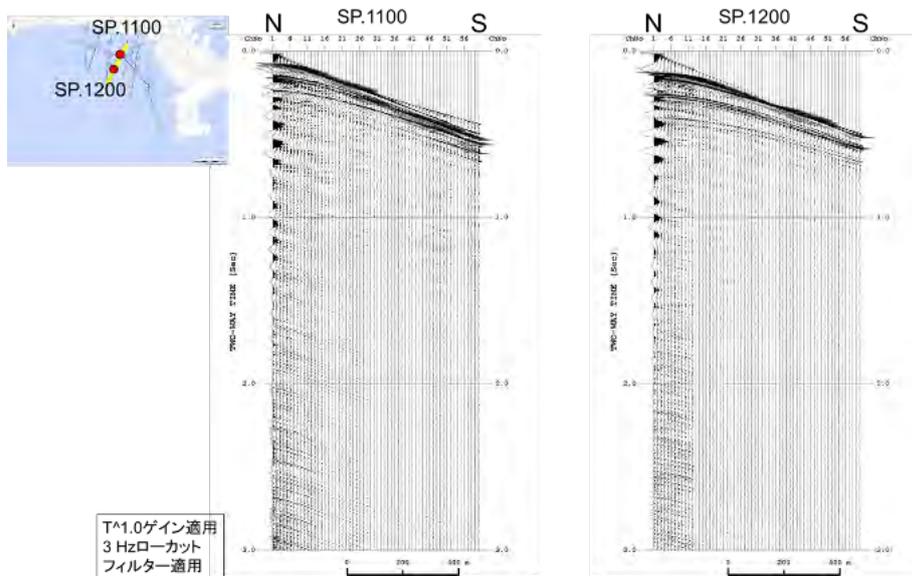


図 56 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-3（SP1100、SP1200）。

④Line-4 測線（SP1101、1201）

本測線では測線北端の漁具を避けるために SP1060 の発震で終了し、あらためてケーブル

長を 300 m に設定して再入線し、SP1073 から SP1001 まで観測した。測線南側および中央部では、海底面反射の多重反射波が深部まで確認できる（図 57）。

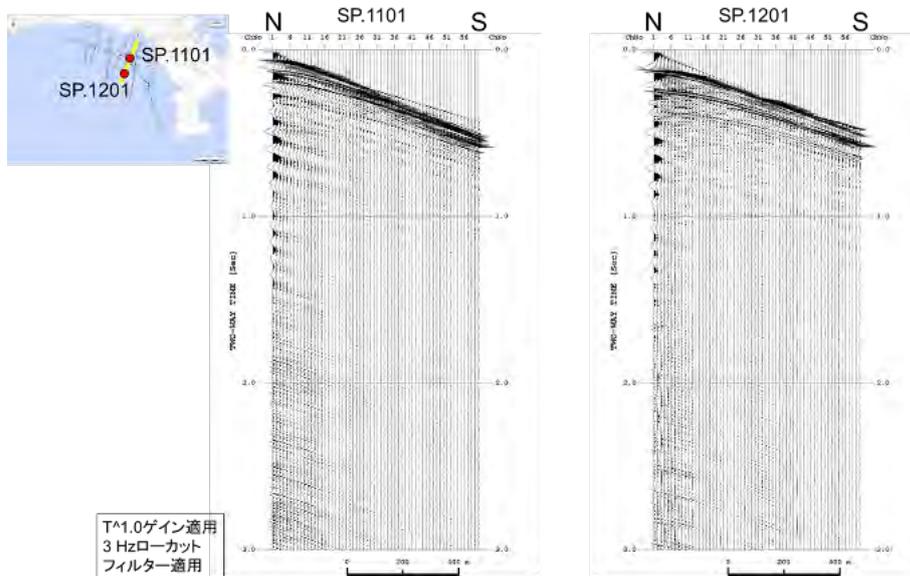


図 57 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-4 (SP1101、SP1201)。

⑤Line-5 測線 (SP1150、1250)

本測線は、予察時に予定測線上にタコ漁の漁具が複数設置されていたことから、測線全体を北西に 400 m 平行移動させて観測した。また、観測中にも別の漁具を避けるため一部オフセットが生じた。ケーブル長 750 m による観測は南端から SP1061 まで実施したが、北端は回頭しながらの発震となったため、後日ケーブル長 300 m に設定して SP1163 から再入線し、SP999 で発震を終了した。測線南側および中央部では、往復走時 1.0 秒付近まで反射波が確認でき、一部側方からの反射波が認められる（図 58）。

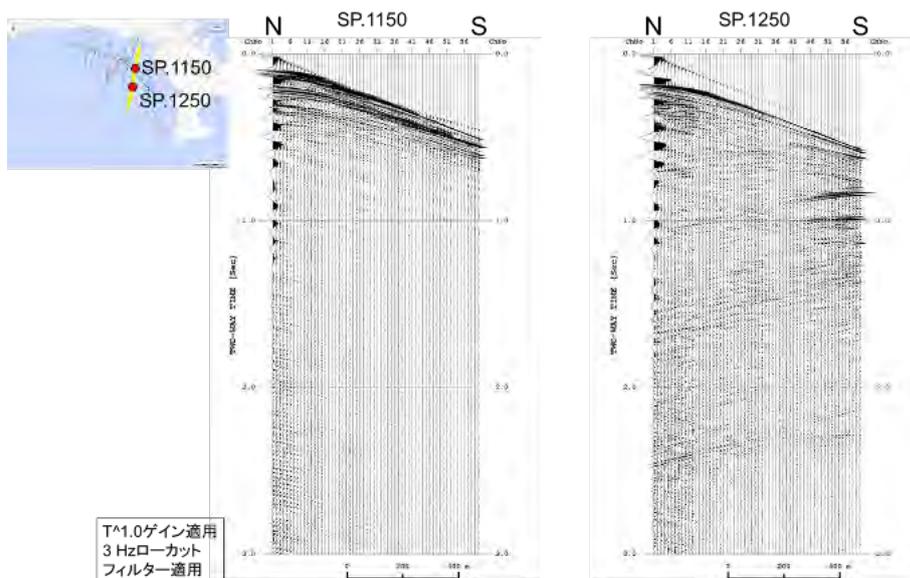


図 58 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-5 (SP1150、SP1250)。

⑥Line-6 測線 (SP1250、1350)

本測線は、南側をケーブル長 750 m で観測したが、測線中央部 SP1110 から漁具を避けるために西に回頭しながらの発震となり、SP1100 で発震を終了した。後日ケーブル長を 300 m に設定して再入線し、SP1148 から SP980 まで観測した。測線南側および中央部では、往復走時 1.0-1.2 秒付近まで反射波と思われる波列が確認できる(図 59)。

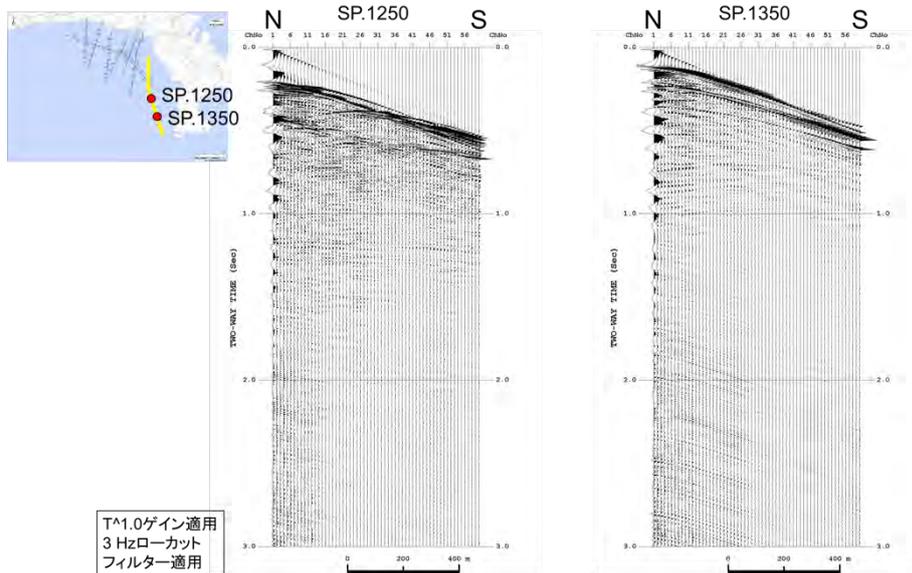


図 59 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-6 (SP1250、SP1350)。

⑦Line-7 測線 (SP1100、1451)

本測線は、西側と東側の 2 本の測線に分け観測した。西側区間は SP991 から SP1381 まで予定通り観測を終了した。東側区間はヒラメ漁の漁具群を避けるため SP1451 から南にシフトしながら発震した。また、測線東端は、定置網が設置されていたことから、前述のシフトのまま SP1635 まで南に回頭しながら発震し、観測を終了した。測線西側では、往復走時 1.0 秒付近まで反射波が比較的明瞭に確認できる。測線東側では、往復走時 1.0 秒付近まで海底面反射の繰り返しが確認できる(図 60)。

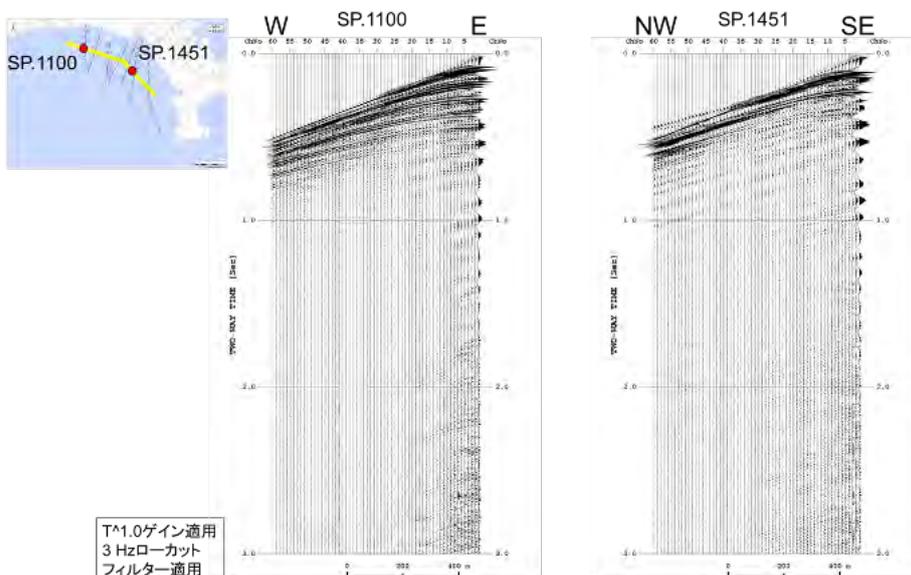


図 60 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-7 (SP1100、SP1451)。

⑧Line-8 測線 (SP1100、1200)

本測線は、測線北端の水深が浅く、観測船が進入できないことから、SP1013 から東に回頭しながら発震し、SP999 の発震をもって観測を終了した。往復走時 1.1 秒付近まで反射波が確認でき、同時に海底面反射の繰り返しが深部まで認められる (図 61)。

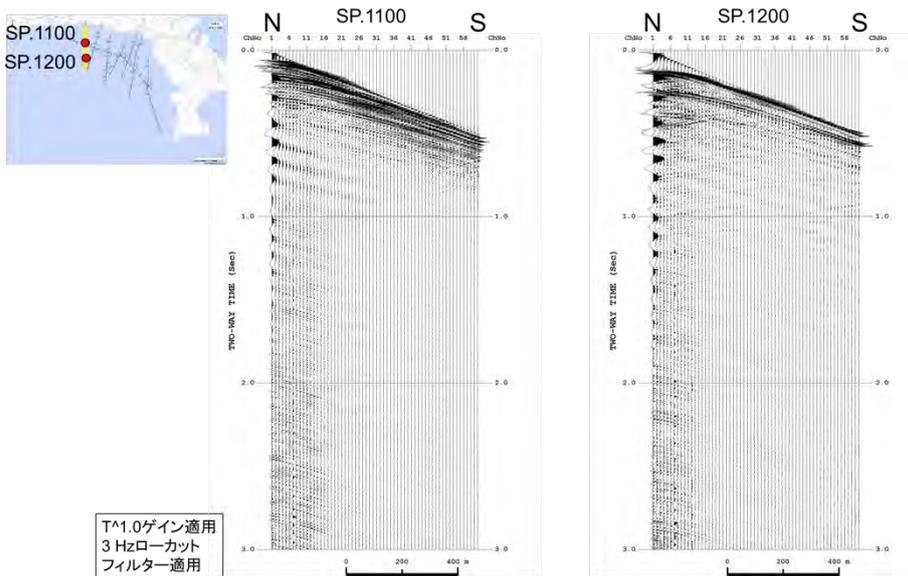


図 61 相模湾海域構造探査の海域発震記録。Line-8 (SP1100、SP1200)。

b) 反射法データ解析

反射法データ解析の処理ワークフローを図 62 に示す。以下に処理内容を詳述する。

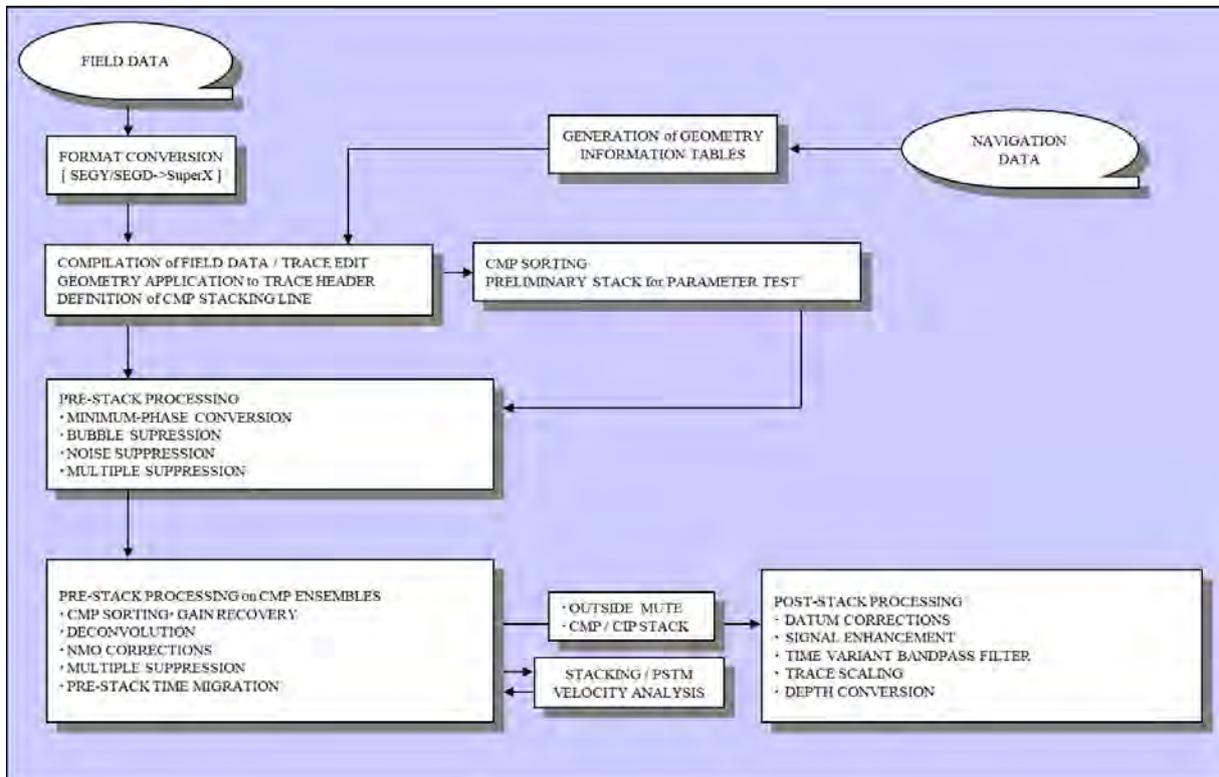


図 62 反射法処理ワークフロー。

i) フォーマット変換およびデータ編集

フィールドユニットに記録された原記録 (SEG-D フォーマット) を、データ処理ソフトウェアの内部フォーマットへ変換した。また、複数回入線し観測した測線について、記録を比較しながら接続を行った。

ii) トレースヘッダーへの測線情報の入力

トレースヘッダーに関して、発震点、受振点および CMP の各インデックス、座標、オフセット距離等の測線情報を入力した。データ解析における基準標高面は平均海面とした。

CMP 重合測線は、各測線について下記のように設定した。なお、各 CMP 測線の起点は西端または南端とした。

CMP 間隔	:	6.25m
CMP 範囲		
Line-1	:	1 - 1116 (7.0 km)
Line-2	:	1 - 1224 (7.6 km)
Line-3	:	1 - 1094 (6.8 km)
Line-4	:	1 - 1139 (7.1 km)
Line-5	:	1 - 1610 (10.1 km)
Line-6	:	1 - 1977 (12.4 km)
Line-7_1	:	1 - 1618 (10.1 km)
Line-7_2	:	1 - 1193 (7.5 km)
Line-8	:	1 - 1115 (7.0 km)

iii) プレフィルター

以降の処理に悪影響をおよぼす可能性がある極低周波数ノイズを抑制する帯域通過フィルターを適用した。

iv) 最小位相変換およびバブル抑制処理

本観測で使用したエアガンレイに対応する合成震源波形を用いて最小位相変換処理を、各測線毎の海底面抽出波形を用いてバブル抑制処理を適用した。波形変換後の極性は、正から始まる最小位相となるように設定した。

v) 予備速度解析

定速度の NMO 補正と重合処理を用いて重合速度を走査する定速度重合法により速度解析を実施した。速度解析点間隔は 2,500 m とした。ここで得られた速度は、ノイズ抑制処理における一時的な NMO 速度として用いる他、各処理の適用前後の結果を重合記録上で比較・確認するために用いた。

vi) 複合型ノイズ抑制処理

取得されたデータ上には屈折多重反射波、表面波、船舶の航行ノイズ、波浪ノイズなど様々なノイズが混入している。それらのノイズに対処するため、発震記録や共通受振点記録において、複数の手法を組み合わせた複合型ノイズ抑制処理を実施した。

- ・F-X エディット（発震記録）

突発的かつ強振幅のノイズを抑制する目的で発震記録においてF-X エディットを適用した。F-X エディットとは周波数領域における振幅の比較により不良トレースを検出し、空間ゲート内の正常なデータを用いて不良箇所を内挿し復元する処理である。データの復元にはF-X 投影フィルターを用いた。

- ・線形ラドンフィルター（発震記録）

屈折多重反射波等の線形ノイズを抑制するため、共通発震記録上で線形ラドンフィルターを適用した。線形ラドンフィルターは線形ラドン領域において線形ノイズの卓越するムーブアウト範囲を抽出し、原記録から減ずることによって線形ノイズを抑制する。本処理の実施にあたり、一時的にAGC スケーリングを行った。

- ・F-X 速度フィルター（発震記録）

表面波等の低速度の線形ノイズを抑制するため、共通発震記録上でF-X 速度フィルターを適用した。本処理の実施にあたり、一時的にNMO 補正およびAGC スケーリングを行った。

- ・F-X 予測フィルター（発震記録）

船舶の航行ノイズ、波浪ノイズなどのランダムノイズの抑制を目的として、共通発震記録においてF-X 予測フィルターを適用した。本処理の実施にあたり、一時的にNMO 補正およびAGC スケーリングを行った。

図 63～64 に Line-3 への適用を例として一連の複合型ノイズ抑制処理適用前後の比較図面を示す。

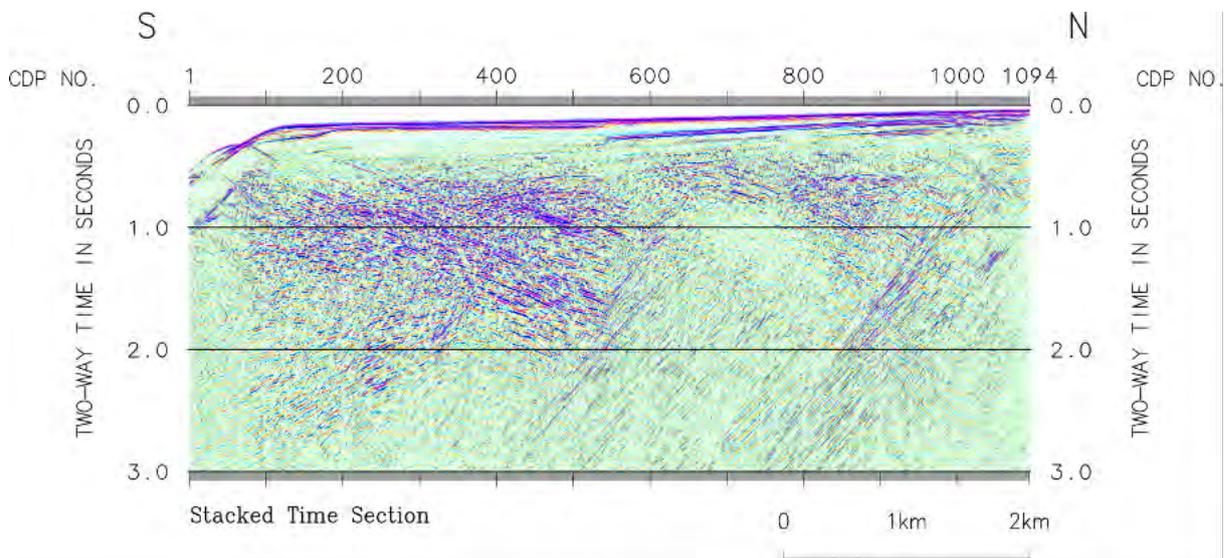


図 63 複合型ノイズ抑制処理適用前の重合断面図（Line-3）。

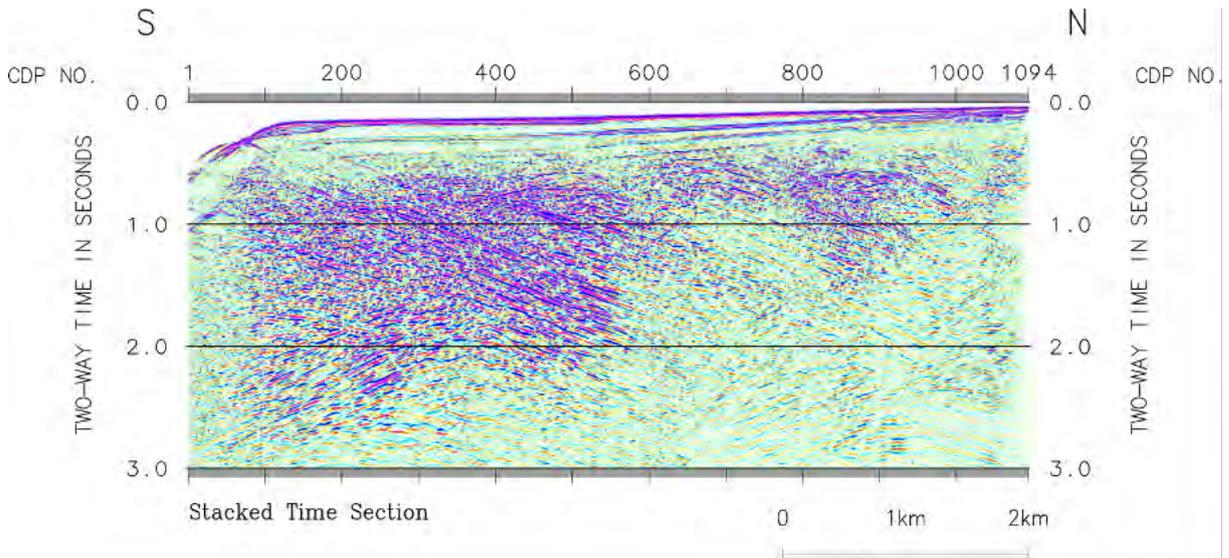


図 64 複合型ノイズ抑制処理適用後の重合断面図 (Line-3)。

vii) 多重反射波抑制処理

海水面を介在する長周期の多重反射波を抑制するために SRME 法 (Surface Related Multiple Elimination) による多重反射波抑制処理を適用した。

SRME 法は波動方程式に準拠する多重反射波抑制手法であり、原記録間のクロスコンボリューションをとることにより多重反射波を予測する。この多重反射波のモデルを原記録とマッチングさせた後に原記録から減ずることにより多重反射波を抑制した。

図 65~66 に Line-6 への適用を例として多重反射波抑制処理適用前後の比較図面を示す。

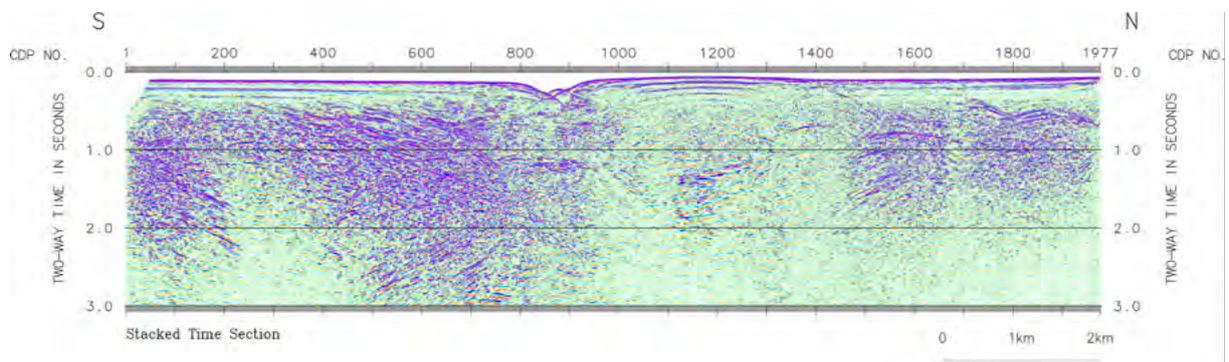


図 65 多重反射波抑制処理適用前の重合断面図 (Line-6)。

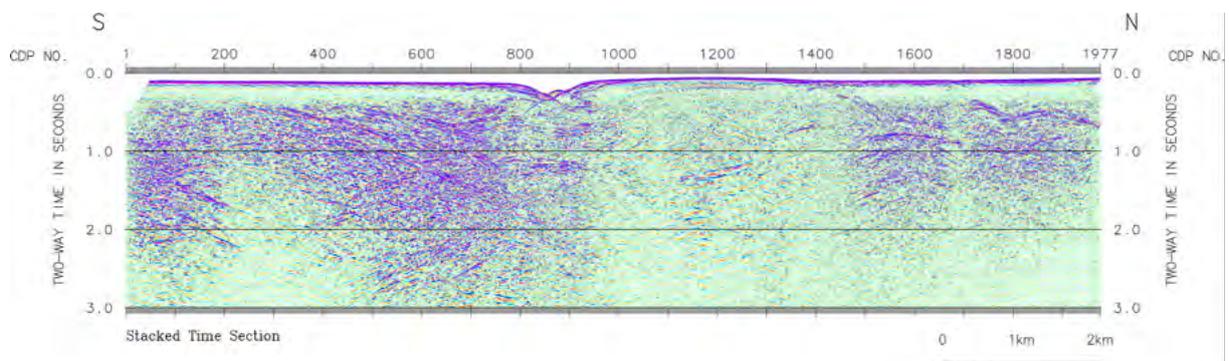


図 66 多重反射波抑制処理適用後の重合断面図 (Line-6)。

viii) 共通反射点編集

発震記録を、反射点（発震点と受振点の midpoint）を共通とするトレースの集合（CMP ギャザー）に編集した。

ix) 初動ミュート

ニアオフセット領域のトレースについて、海底面反射波到達前のノイズ部分をミュートした。

x) 振幅補償

振幅補償として幾何学発散補償および AGC スケーリングを適用した。幾何学発散補償には水平成層ゼロオフセットで成立する以下の式を用いた。また、これに必要な RMS 速度として v) 予備速度解析 で求めた速度関数を用いた。

$$G(X, T) = TV_{rms}^2/V_1$$

表層補正 T_w : 低速度の表層構造変化による影響を除去する。

$$T = \sqrt{\left(T_0^2 + \left(X/V_{rms}\right)^2\right)}$$

ここに、

$G(X, T)$: 振幅補償関数

T : 往復走時 (sec)

T_0 : 垂直往復走時(sec)

V_{rms} : 垂直往復走時における RMS 速度 (m/sec)

V_1 : 表層基底層速度 (m/sec)

X : オフセット (m)

である。

xi) サーフェスコンシステントデコンボリューション

地層の非弾性および観測系の諸特性の影響を取り除き、また短周期の多重反射波を抑制することを目的として本処理を適用した。

本処理では各発震点での差分応答を用いて波形の均等化を行うとともに基本波形のパルス化を以下のように行った。まず、周波数領域での各トレースの平均スペクトルからの違いを発震点・受振点・CMP・オフセットの 4 成分に分解する。その後、各トレースに対して、平均スペクトルおよび発震点成分を用いてデコンボリューションオペレータを設計し適用した。オペレータの設計に際し、時間方向の振幅バランスを整えるために一時的に指数関数型ゲインを適用した。

xii) 速度解析

v) 予備速度解析と同様の手法を用いて速度解析を行った。速度解析点間隔は 500 m とした。

xiii) NMO (Normal Moveout) 補正

xii) 速度解析によって求められた重合速度-時間の関数を時間-空間方向に内外挿し、その速度テーブルに従って NMO 補正を適用した。

xiv) 振幅調整 (Automatic Gain Control)

振幅バランスを整えるために AGC スケーリングを適用した。

xv) 逆 NMO 補正

後述の重合前時間マイグレーションのために xiii) NMO 補正 と同じ速度関数を用いて逆 NMO 補正を行った。

xvi) 重合前時間マイグレーション (PSTM ; Pre-Stack Time Migration) 速度解析

後述の「xvii) 重合前時間マイグレーション」のために、「xii) 速度解析」で得られた速度に基づいて PSTM 処理を実施し、出力した共通イメージ点ギャザー (CIP(Common Image Point)ギャザー) を用いて「v) 予備速度解析」と同様の手法を用いて速度解析を行った。速度解析点間隔は 500 m とした。

xvii) 重合前時間マイグレーション (PSTM ; Pre-Stack Time Migration)

反射波の見かけ上の位置を真の反射点位置に移動し、同時に回折波を回折点に復元するため、重合前時間マイグレーションを適用した。ここではキルヒホッフ積分法マイグレーションを採用した。まず xii) で得られた重合速度を用いてマイグレーション処理を行い、処理結果のギャザー (CIP(Common Image Point)ギャザー) に対して xii) と同様の予備速度解析を改めて行い、得られた速度 (PSTM 速度) を用いて再度 PSTM を適用した結果を出力ギャザーとした。速度解析点間隔は 500 m とした。このギャザーに PSTM 速度を用いて PSTM 重合断面を得た。

xviii) マイグレーション後ノイズ抑制処理

マイグレーション後の CIP ギャザーに残存するノイズを抑制するため、CIP ギャザーに対して以下のノイズ抑制処理を適用した。

- ・ F-X 速度フィルター (共通オフセット記録)

PSTM 後に残存する線形ノイズを抑制するため、共通オフセット記録に対する F-X 速度フィルターを適用した。

- ・ ファンフィルター

PSTM 後に残存する比較的ムーブアウトの大きな線形成分ノイズを抑制するため、ファンフィルターを適用した。

xix) アウトサイドミュート

マイグレーションによって伸張した波形は重合効果や分解能を低下させるため、これを除去することを目的に、アウトサイドミュートを適用した。

xx) 共通イメージ点重合

共通イメージ点毎にトレースの重合を行った。振幅の正規化として、重合トレース数による除算を行った。

xxi) 振幅調整

振幅バランスを整えるため、トレース毎に時間方向の振幅調整を行った。ゲイン関数として、等間隔に分割した時間ウインドウ内の振幅の絶対値を時間方向に線形内挿したものをを用いた。また、過度に強調される深部の振幅を抑制するため、時間の指数関数をゲイン関数とする振幅補正をあわせて適用した。

xxii) 信号強調処理

ランダムノイズを抑制し反射波の連続性を改善するため、F-X 予測フィルターを適用した。

xxiii) 帯域通過フィルター

反射波の周波数帯域外のノイズを抑制するために、帯域通過フィルターを適用した。通過帯域は時間可変に設定した。

xxiv) 波数フィルター

水深の浅い領域ではニアオフセットデータの不足により海底反射面のがたつきが生じているため、これを抑制する波数フィルターを適用した。

xxv) 基準面補正

浮動基準面から基準面への補正を行った。基準面は平均海水面 (Mean Sea Level : MSL) とした。

以上の処理で得られた各測線の重合前時間マイグレーション断面図を図 67～75 に示す。

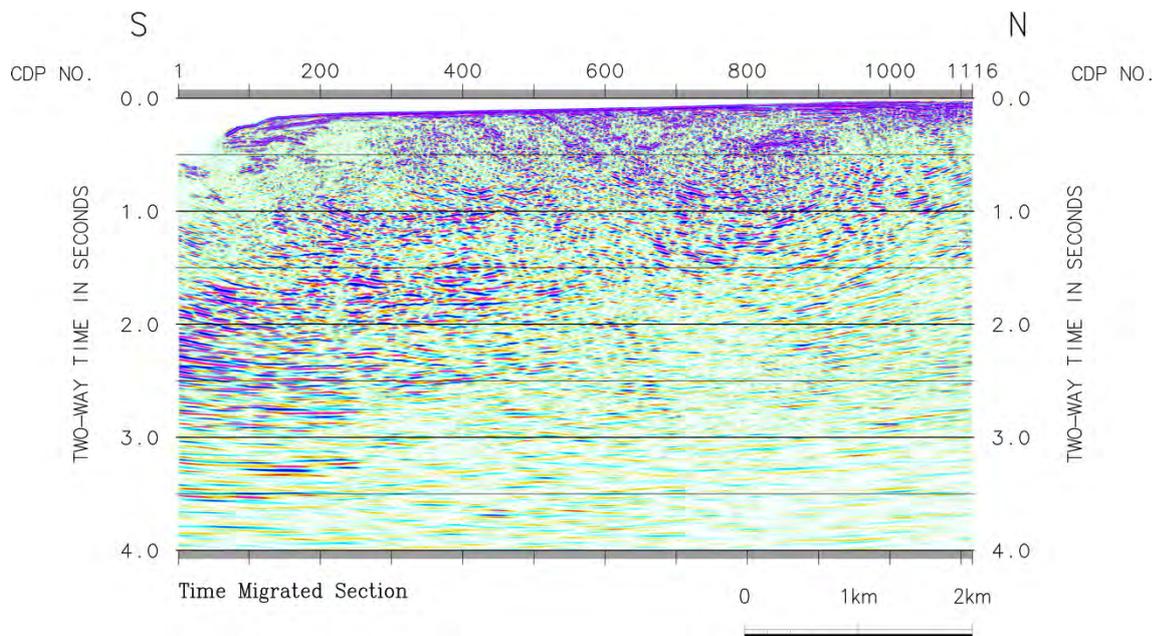


図 67 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-1)。濃淡表示。

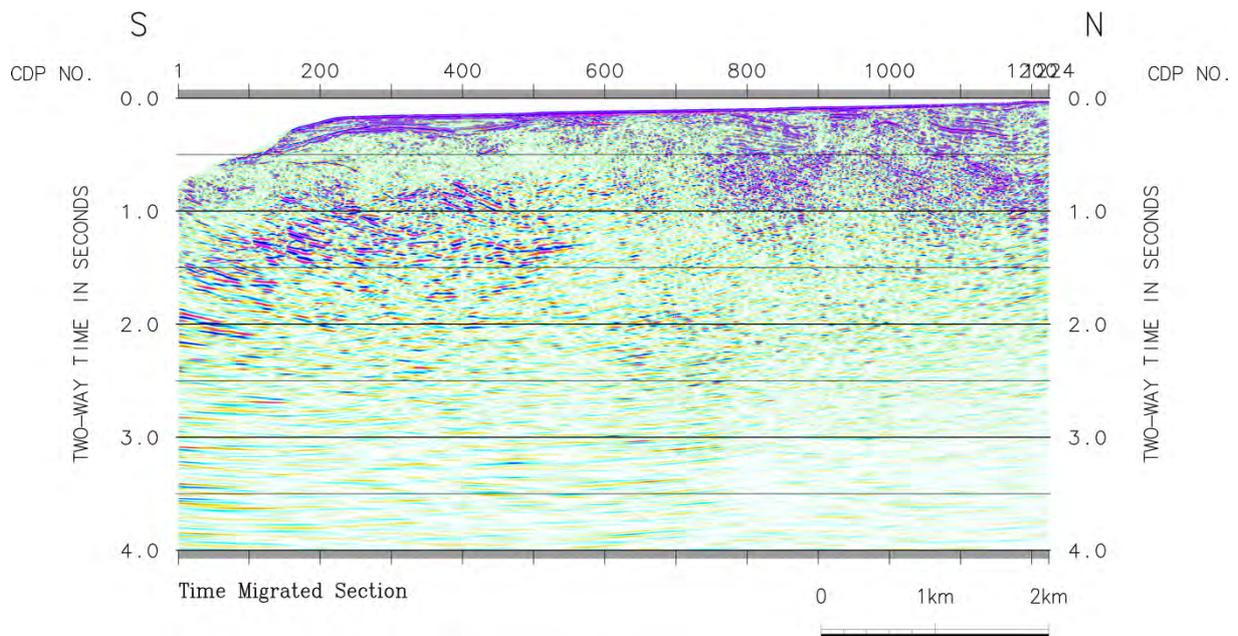


図 68 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-2)。濃淡表示。

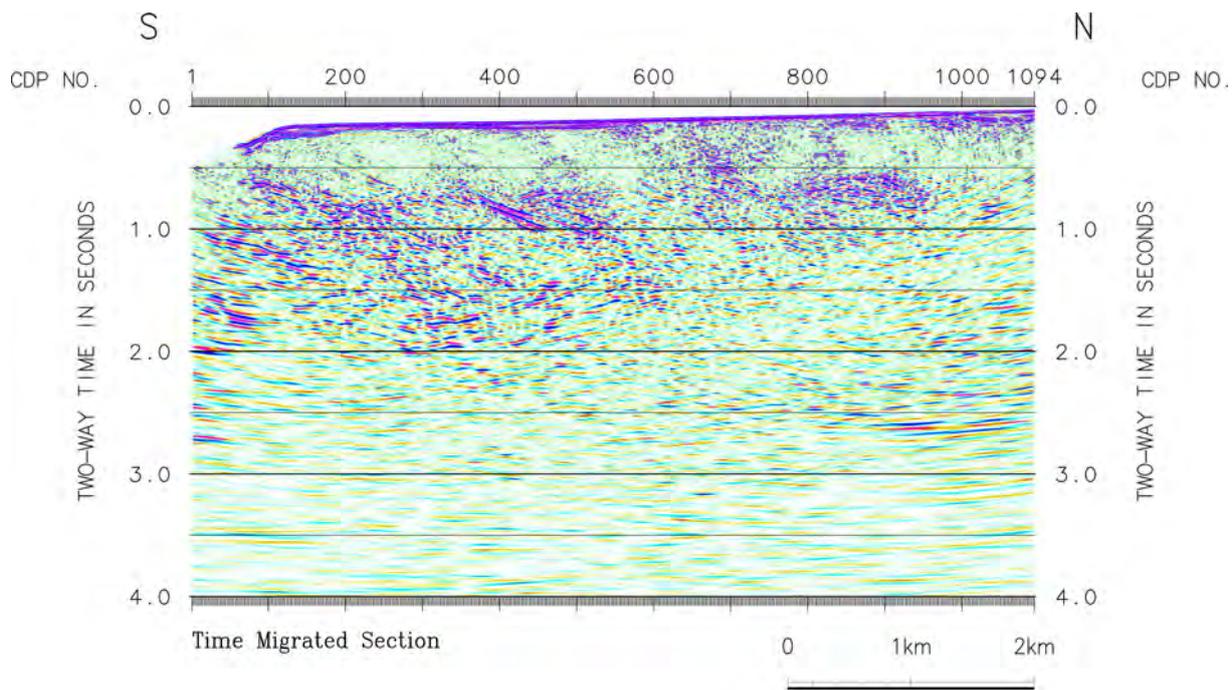


図 69 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-3)。濃淡表示。

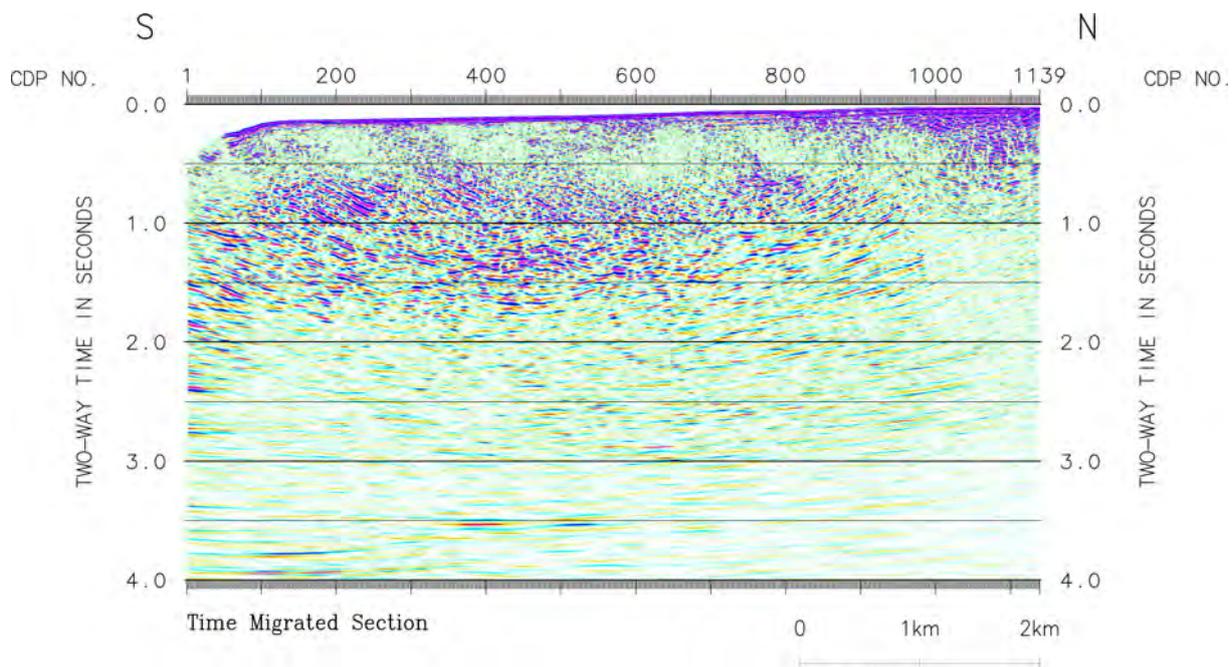


図 70 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-4)。濃淡表示。

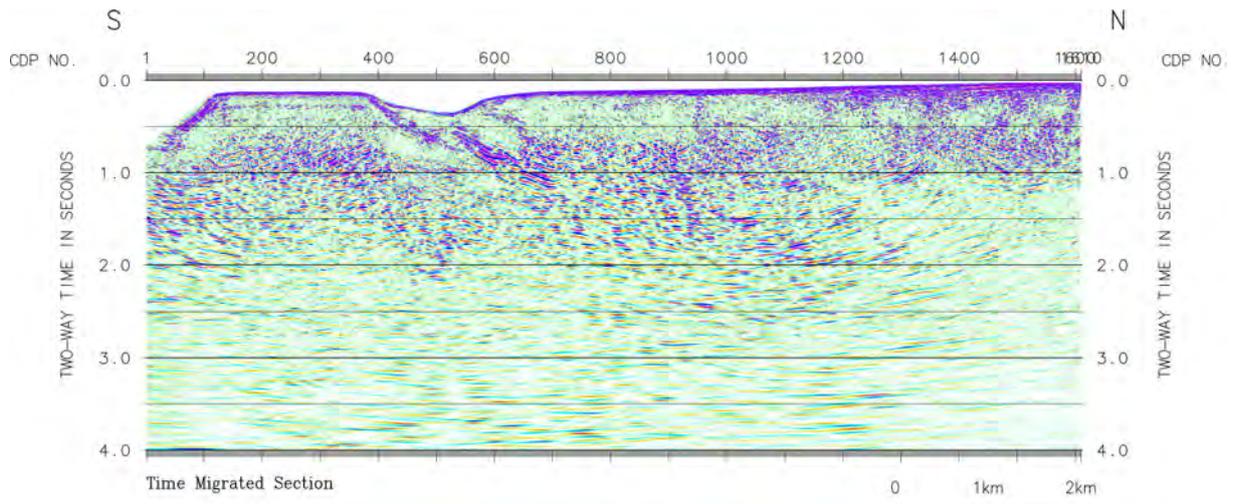


図 71 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-5)。濃淡表示。

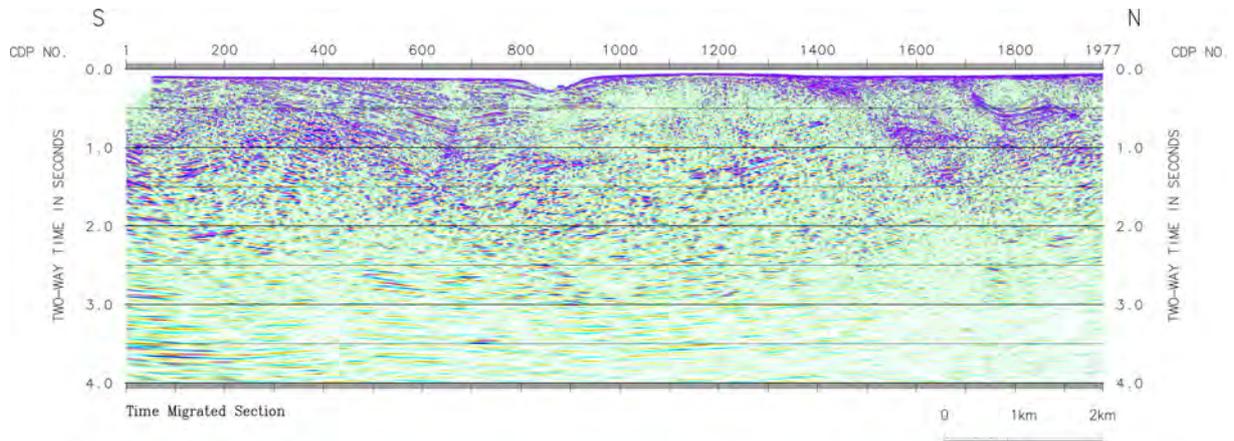


図 72 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-6)。濃淡表示。

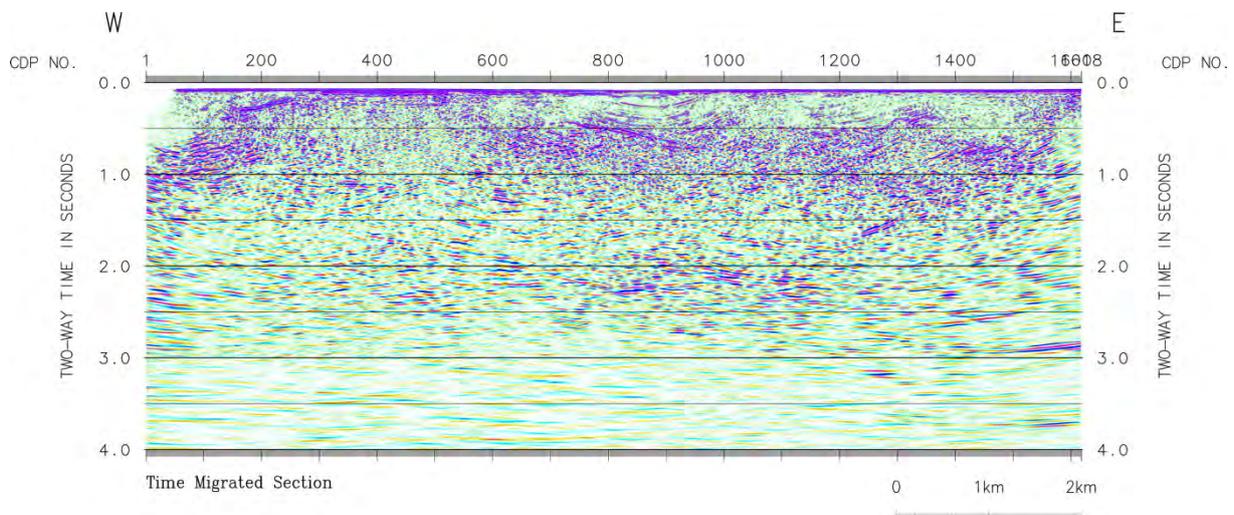


図 73 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-7-1)。濃淡表示。

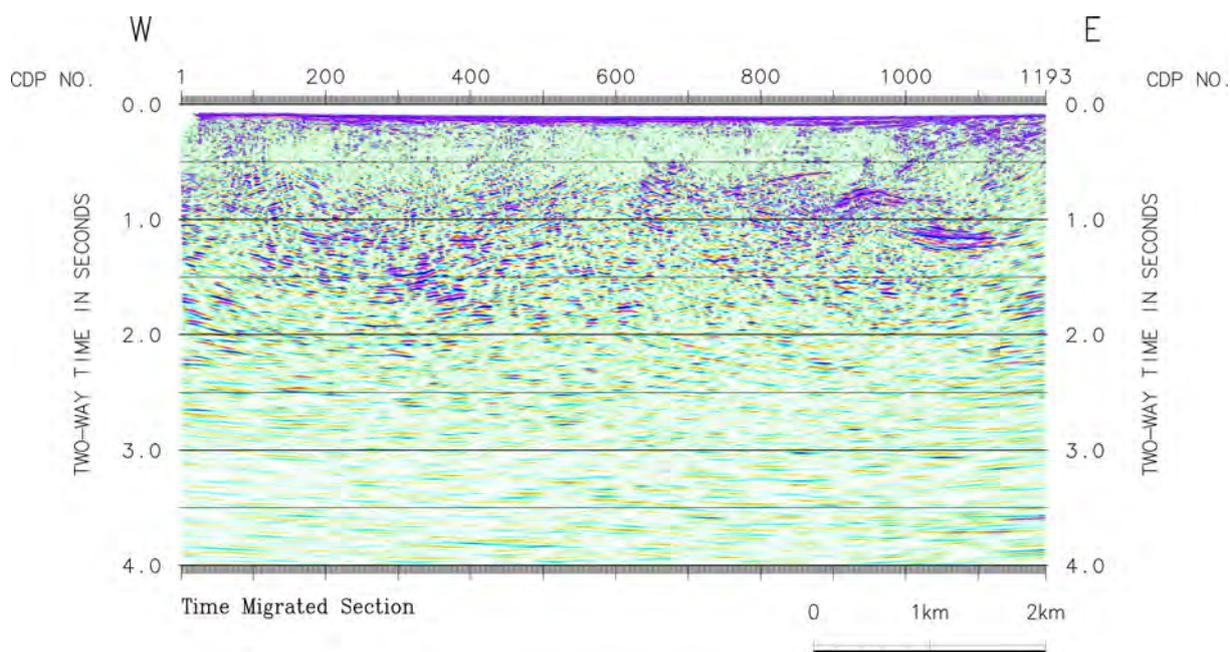


図 74 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-7-2)。濃淡表示。

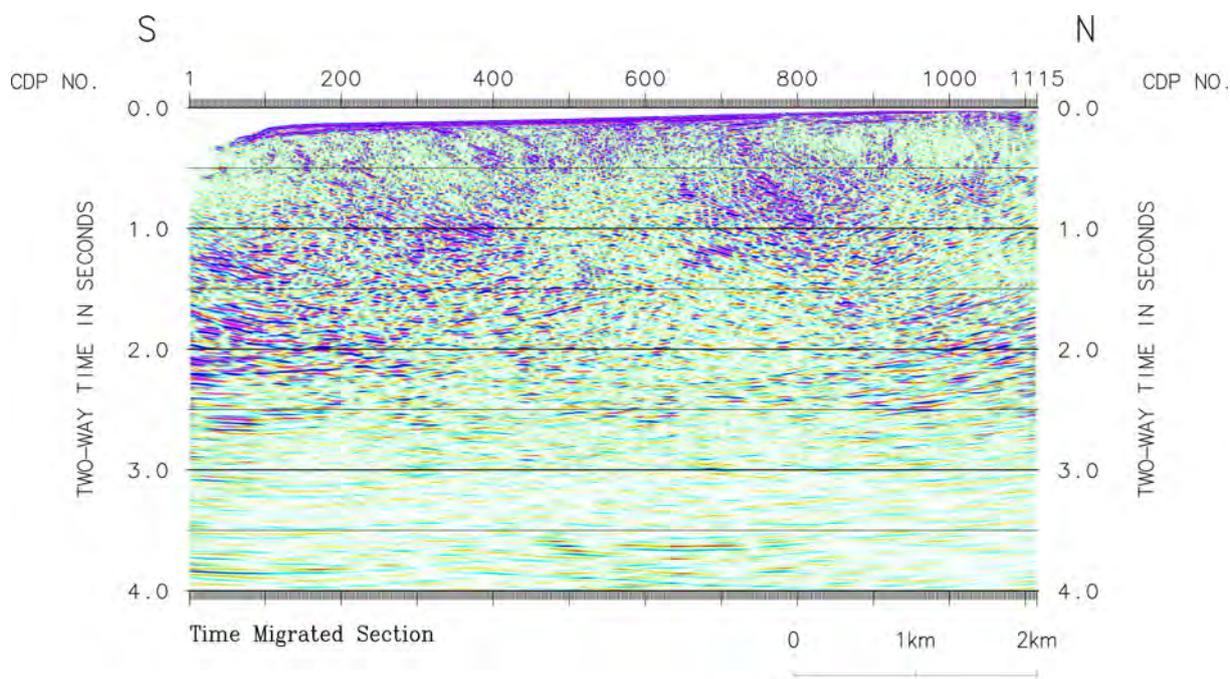


図 75 重合前時間マイグレーション断面図 (Line-8)。濃淡表示。

xxvi) 深度変換

速度解析で求めた速度を 500 m 間隔に間引き、時間及び空間方向に平滑化した RMS 速度を用いて、Vertical Stretch 法による深度変換を実施した。得られた重合前時間マイグレーション深度断面図を図 76～84 に示す。

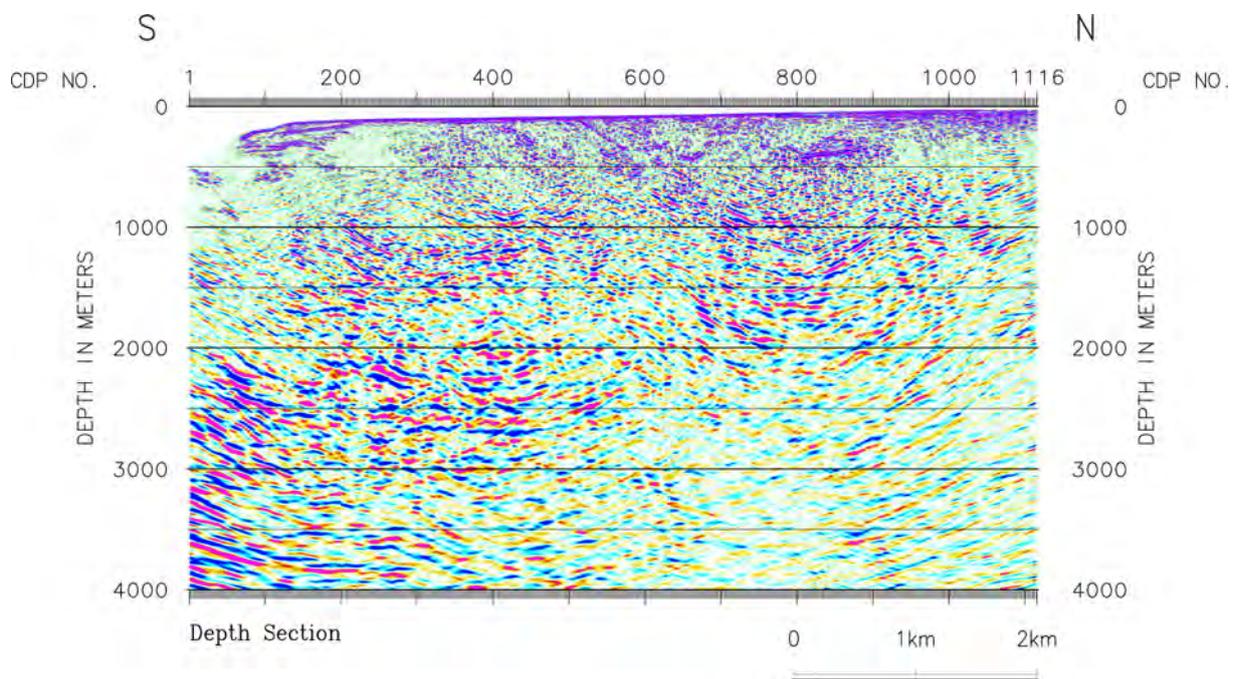


図 76 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-1)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

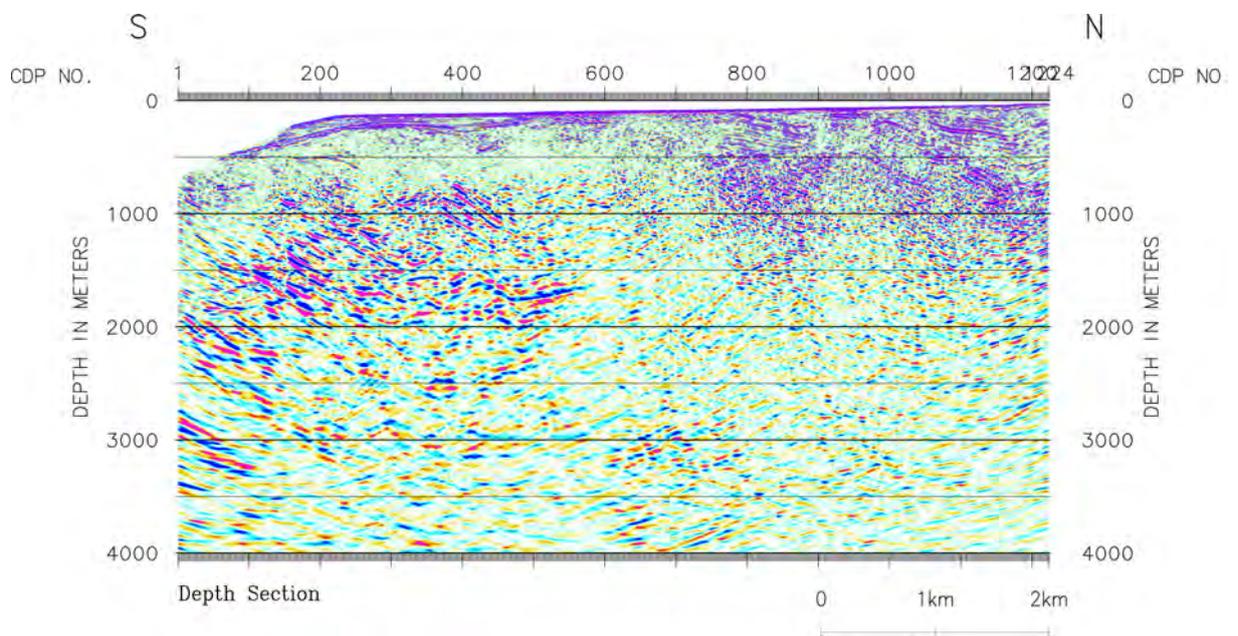


図 77 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-2)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

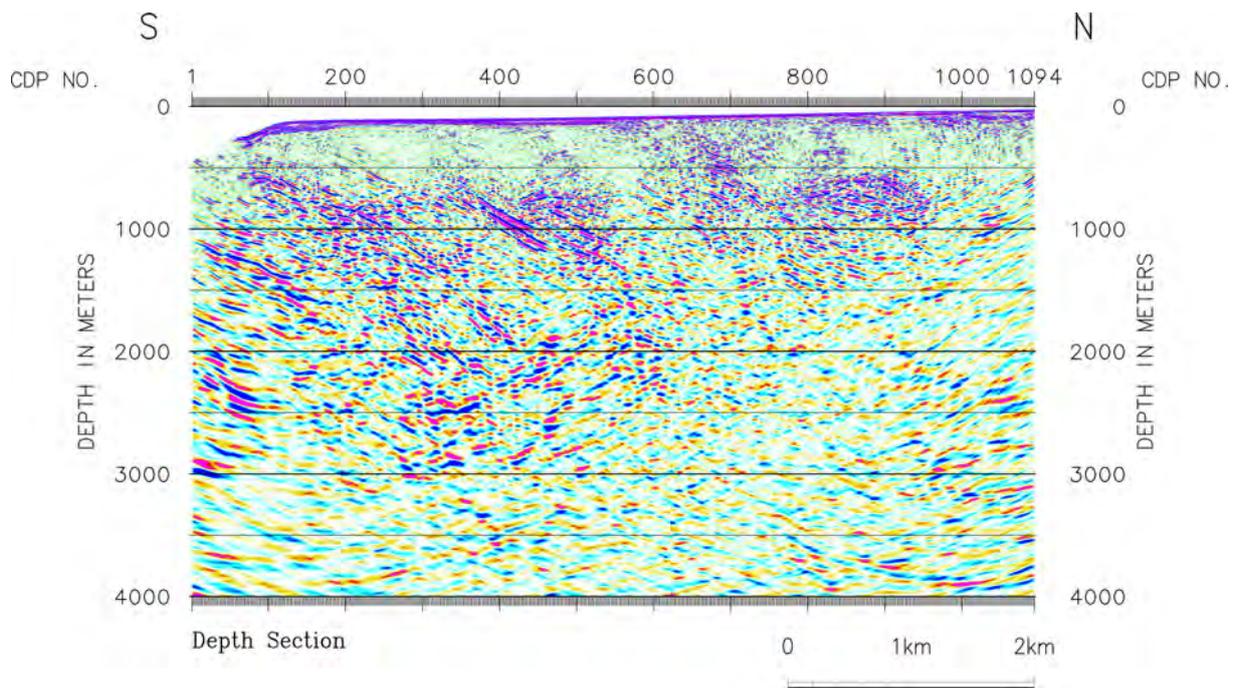


図 78 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-3)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

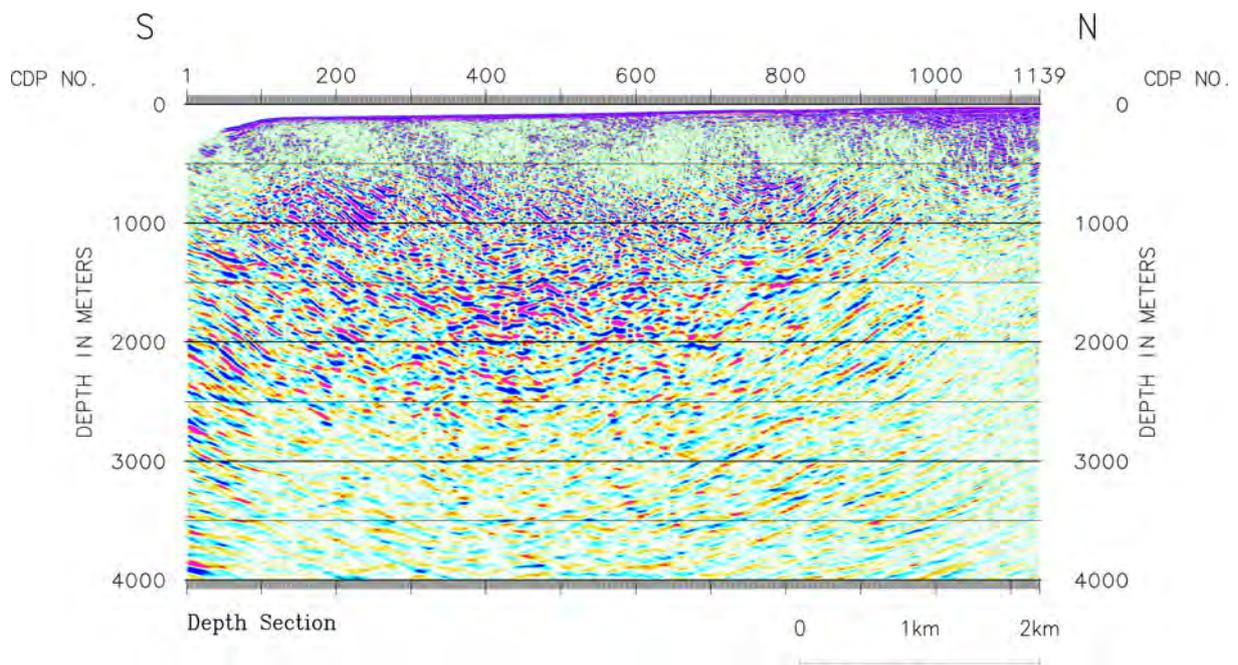


図 79 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-4)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

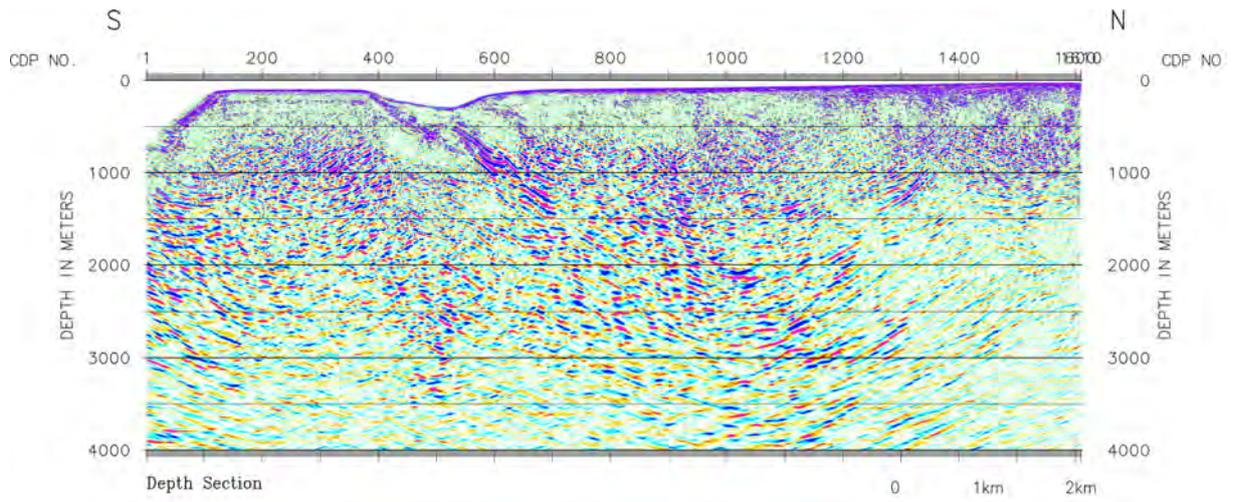


図 80 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-5)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

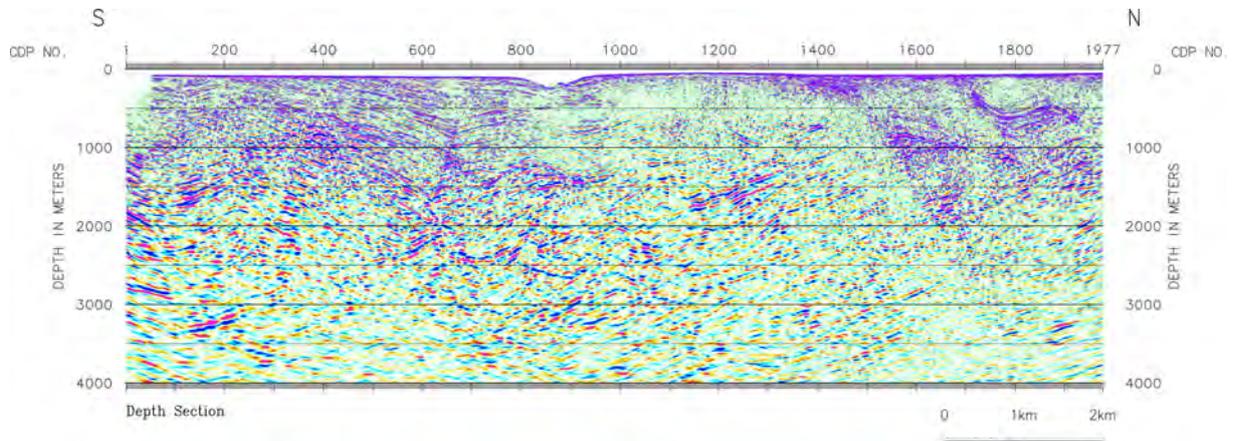


図 81 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-6)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

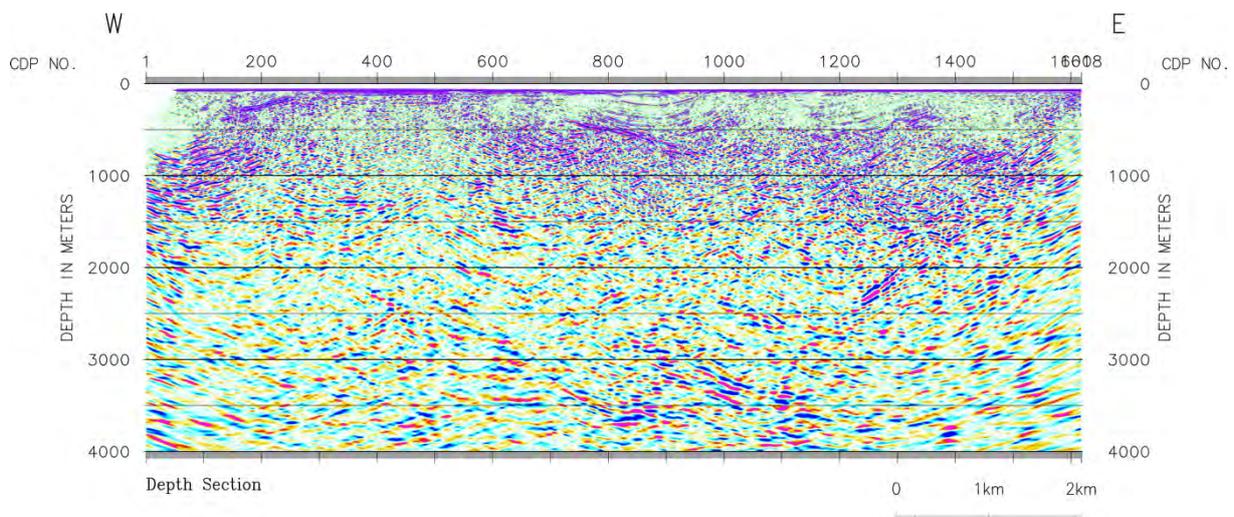


図 82 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-7-1)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

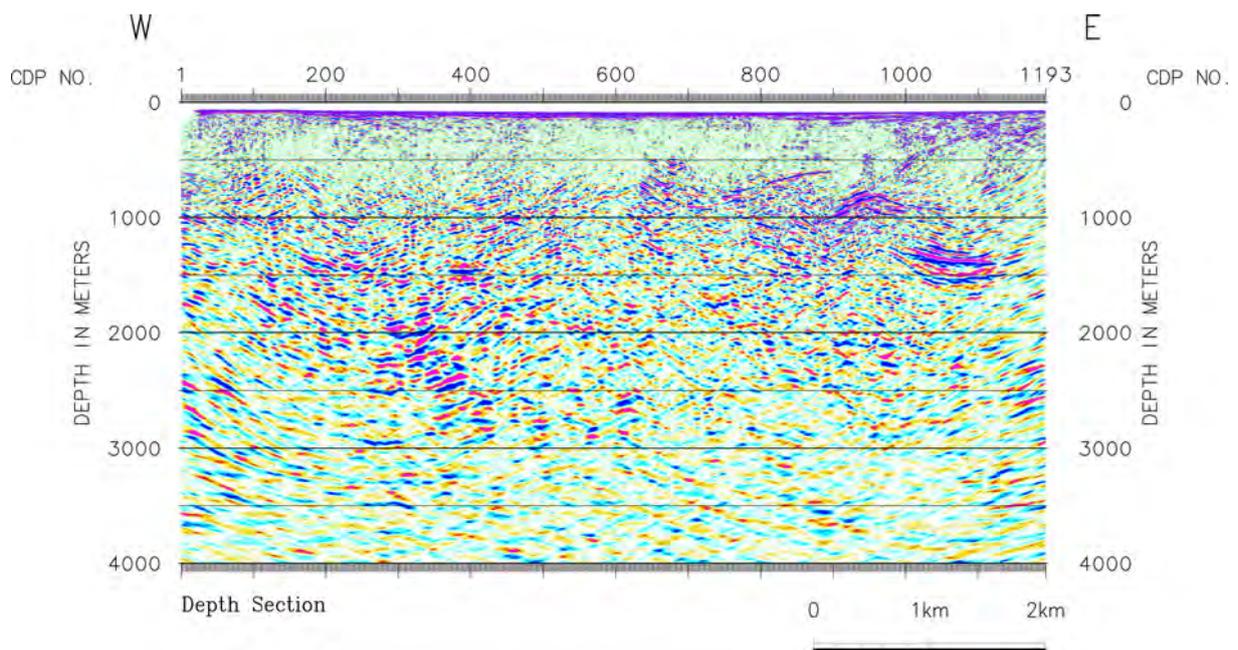


図 83 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-7-2)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

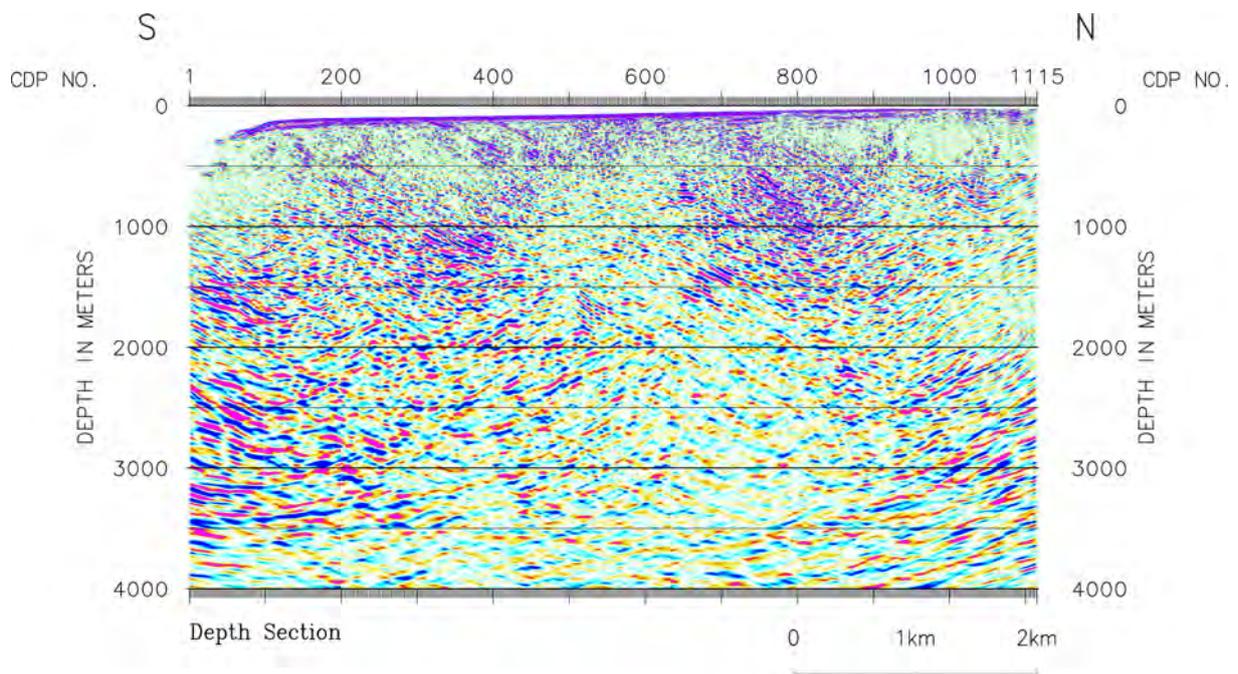


図 84 重合前時間マイグレーション深度断面図 (Line-8)。濃淡表示。縦横比は 1:1。

c) 構造探査断面の地質学的な解釈

相模湾海域構造探査およびそのデータ解析により得られた反射法断面に基づき、地質断面解釈を行った。図 85 から図 92 にかけて反射法断面に基づく断層の解釈を示す。推定された断層の位置は、佐藤 (2021) の海底地質図に示されたものと概ね一致する。Line-2 では、姥島沖断層・江ノ島沖断層・鎌倉沖断層が大陸棚の海底面・完新統に変位を与えてい

る。姥島沖断層・鎌倉沖断層は上下変位が卓越する断層であるのに対し、江ノ島沖断層は複数の断層を伴い、断層の両側で構造が急変することから、横ずれ変位が卓越することを想起させる。Line-5では測線北部で逗子沖断層を横断し、海底面・完新統・更新統が階段状に落ち込む構造を呈することから、横ずれ変位が卓越することを想起させる。Line-7-2では、鎌倉沖断層が大陸棚の海底面・完新統に明瞭な上下変位を与えていることがわかる。このほか、Line-6では、不明瞭なものの完新統を変位させる可能性のある断層が複数認められる。これらは三浦半島に近く、三浦半島断層群の海域延長である可能性がある。今後は、森・他（2015）や佐藤（2021）などの三浦半島周辺の音波探査記録とともに断層の分布・活動性をさらに検討するほか、より詳しい浅部構造を解明する目的で、来年度に高分解能探査を実施する予定である。

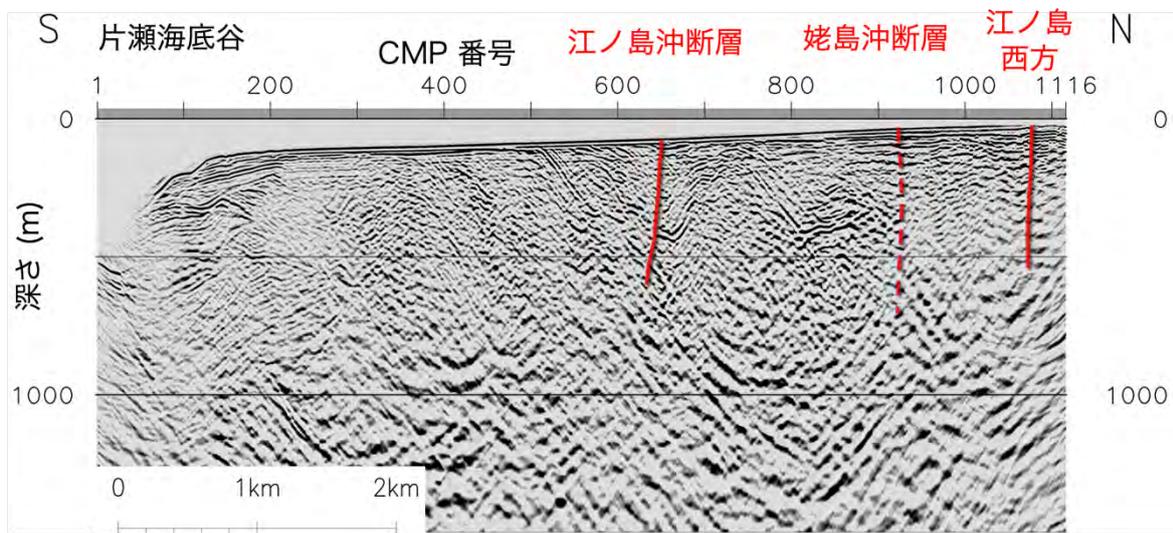


図 85 Line-1 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。縦横比は 2：1。

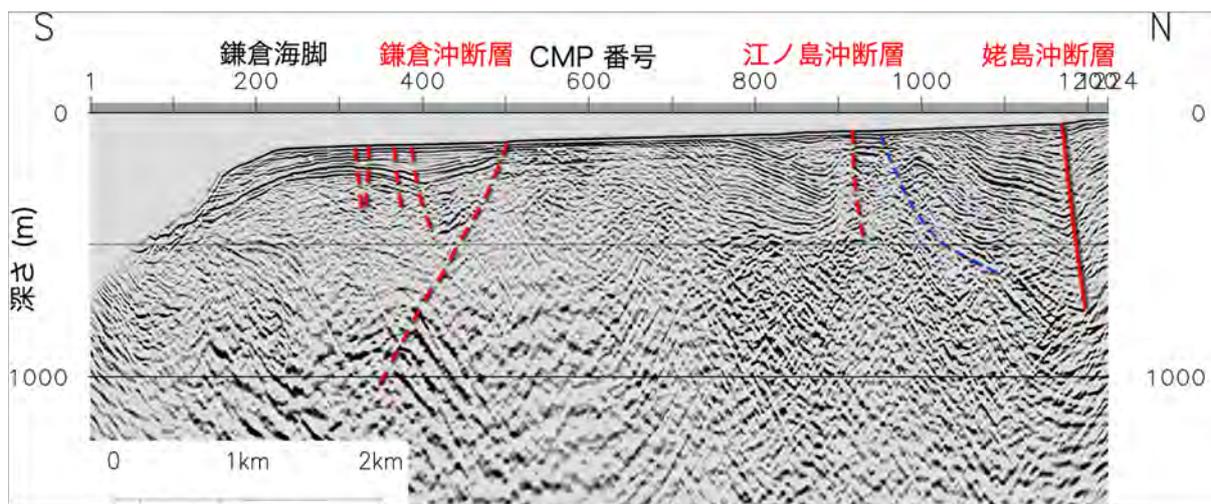


図 86 Line-2 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。縦横比は 2：1。

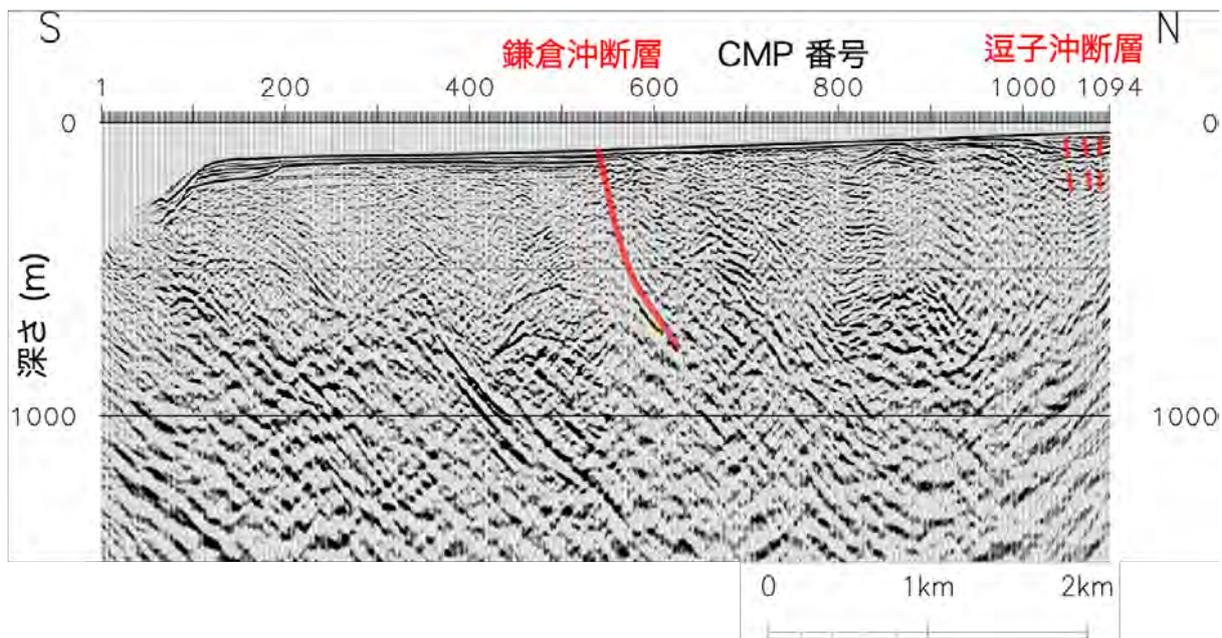


図 87 Line-3 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。縦横比は 2 : 1。

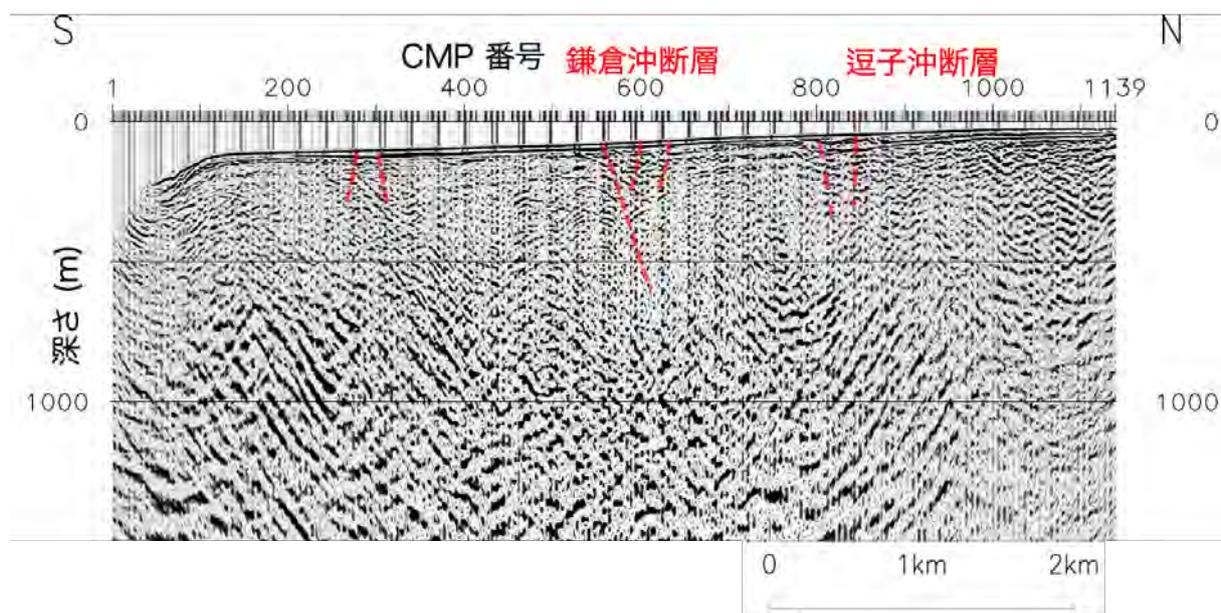


図 88 Line-4 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。縦横比は 2 : 1。

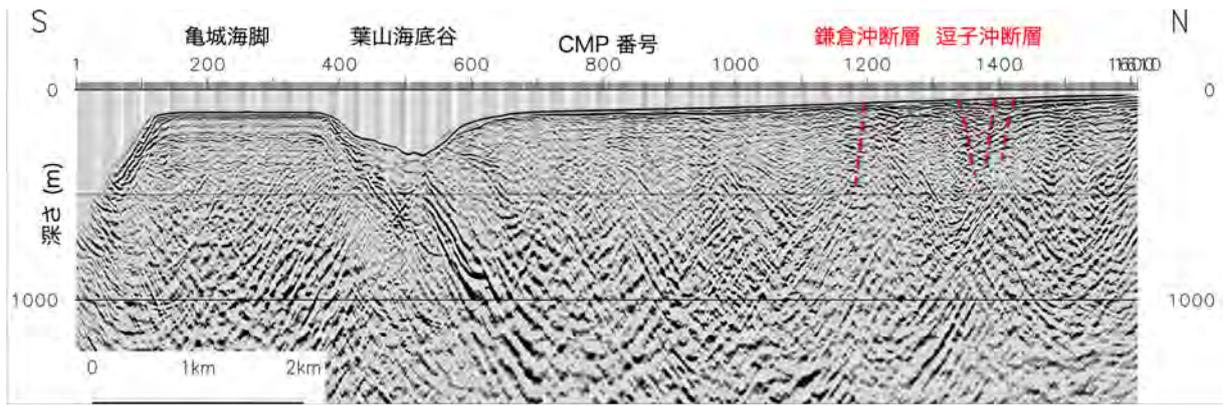


図 89 Line-5 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。
縦横比は 2 : 1。

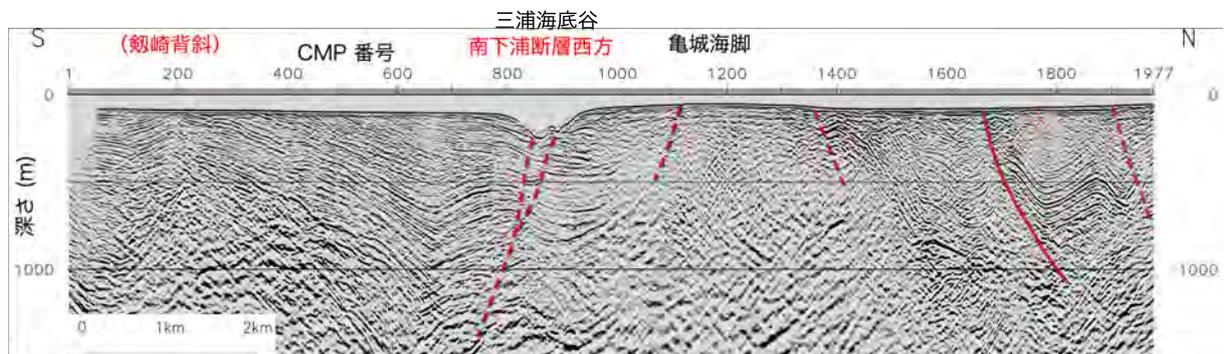


図 90 Line-6 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。
縦横比は 2 : 1。

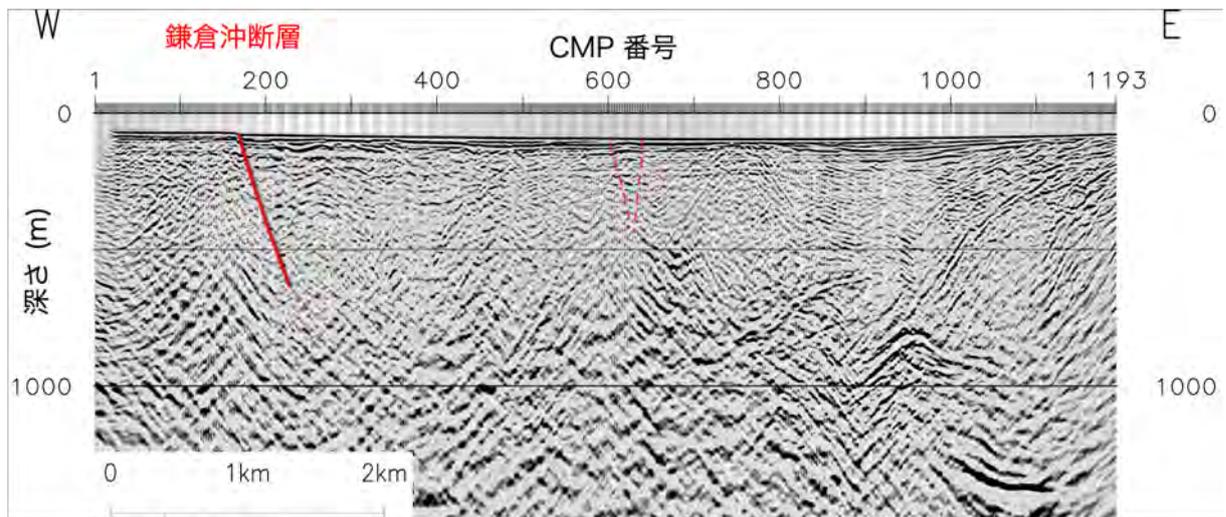


図 91 Line 7-2 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。
縦横比は 2 : 1。

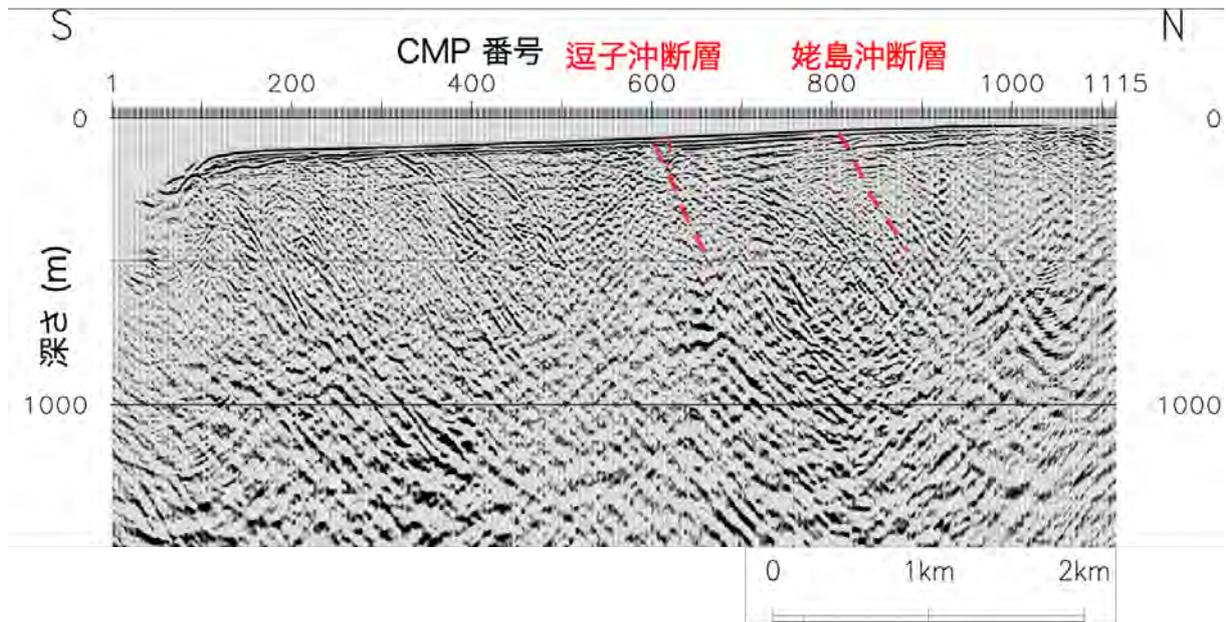


図 92 Line 8 の解釈断面図（重合前時間マイグレーション深度断面図）。白黒表示。縦横比は 2 : 1。

(c) 結論ならびに今後の課題

三浦半島断層群（主部／武山断層帯）の位置・形状を明らかにするために、既往資料を収集・整理するとともに、米軍・国土地理院撮影の小～大縮尺空中写真および 0.5 m グリッドの数値標高モデルの解析による変動地形の検討を行い、活動性（特に平均変位速度の推定）調査の地点・推定手法の検討を進めた。また、断層形状及び盆地構造を解明するために、本断層帯を横断する測線で測線長約 16 km の深部構造探査を行い、武山断層・北武断層などが高角で北に傾斜するほか、南下浦断層が高角で南に傾斜する構造や、三浦半島の南北方向の第四系の盆地構造や P 波速度構造が明らかとなった。さらに、本断層帯の海域延長部における断層の分布・構造を解明するために、マルチチャンネル反射法地震探査を行い、相模湾に分布する海底活断層が大陸棚の平坦面や完新統を変位させることがわかった。

以上の結果を踏まえて、2 年目は活断層の位置・分布・変位様式や長期間地殻変動を把握するために、本断層帯及び三浦半島周辺地域の変動地形調査を引き続き実施し、その結果を踏まえて断層帯の適切な地点にて地形・地質学的な調査手法で活断層の活動性調査を実施する。また、相模湾沿岸で北部における追加のオールコアボーリング調査により、断層活動時期・平均変位速度を推定する目的で群列ボーリング等の掘削調査を行うこととする。また、断層帯南部・手取川右岸に発達する新期の撓曲崖地形を候補とし、トレンチ調査などの活動性調査を行う。加えて、1 年目の調査結果を踏まえて、断層帯海域延長部の詳細な位置や活動性に関する資料を得るために、海域にて高分解能反射法構造探査等を実施する。

(d) 引用文献

- 安藤喜美子, 三浦半島・伊豆半島および兵庫県山崎付近における断層の横ずれによる谷の変位量について. 地理学評論, 45, 716-725, 1972.
- Aoki, N., S. Narahara, A. Takahashi, T. Nishiki, Imaging of conflicting dipping events by the multi-dip reflection surfaces method, SEG Expanded Abstracts, 29, 3604-3608, 2010.
- Asakawa, E. and T. Kawanaka, Seismic ray tracing using linear travelttime interpolation, Geophys. Prosp. 41, 99-111, 1993.
- 地質調査総合センター, 海陸シームレス地質情報集「相模湾沿岸域」, 海陸シームレス地質情報集 S-7, 地質調査総合センター, 2021.
- 江藤哲人・矢崎清貫・ト部厚志・磯部一洋, 横須賀地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 128 p, 1998.
- 伊藤吉助・岡重文・垣見俊弘・小林武雄, 三浦半島の南下浦断層と段丘地形の関係—試錘による断層地形検討の一例. 地質調査所月報, 21, 53-60, 1970.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「三浦半島断層群の評価」, 33 p, 2002.
- 垣見俊弘・平山次郎・岡重文・杉村新, 南下浦断層の変位の性格, 特に垂直変位量について, 第四紀研究, 10, 81-91, 1971.
- Kaneko, S., Right-lateral faulting in Miura Peninsula south of Tokyo, Japan, Jour. Geol. Soc. Japan, 75, 199-208, 1969.
- 蟹江康光, 下浦断層について—関東大震災時の地震断層—, 三浦古文化, 3, 115-120, 1967.
- 神奈川県, 「平成7年度地震調査研究交付金 北武断層に関する調査成果報告書」, 129 p, 1996.
- 活断層研究会編, 「日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 363pp., 1980.
- 活断層研究会編, 「新編日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 437pp., 1991.
- 小玉喜三郎・岡重文・三梨昂, 三崎地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 38 p, 1980.
- 小池一之・町田洋編, 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会, 105p. および CD-ROM, 2001.
- 熊木洋太, 三浦半島の完新世段丘と完新世の地殻変動, 国土地理院時報, 54, 41-49, 1981.
- Kumaki Y., The Deformations of Holocene Marine Terraces in Southern Kanto, Central Japan, Geog. Rev. Japan, 58, 49-60, 1985.
- 町田洋・新井房夫, 「新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺」, 東京大学出版会, 336pp., 2003.
- 松島義章, 完新世段丘からみた相模湾・駿河湾沿岸地域のネオテクトニクス, 第四紀研究, 23, 165-174, 1984.
- 森宏・阿部信太郎・荒井良祐・田之口英史・津村紀子・青柳恭平, 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, 2015.
- 中田高・今泉俊文編, 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, 68pp.+DVD 2枚+付図1葉, 2002.
- 大熊茂雄・駒澤正夫・宮川歩夢・伊藤忍・住田達哉・江戸将寿, 10万分の1相模湾沿岸

- 域重力図（ブーゲー異常）及び説明書，海陸シームレス地質情報集 S-7，地質調査総合センター，2021.
- 太田陽子，三浦半島の活断層 完新世における活動史と問題点，第四紀研究，38，479-488，1999.
- 太田陽子，2000，4-2 三浦半島一断層地塊と海成段丘一、「日本の地形 4 関東・小笠原」，東京大学出版会，142-149，2000.
- 太田陽子・山下由紀子，三浦半島の活断層詳細図の試作，活断層研究，10，9-26，1992.
- 太田陽子・藤森孝俊・鹿島 薫・蟹江康光，三浦半島北武断層の完新世における活動期と変位様式に関する考察．横浜国立大学教育学部理科研究，第2類，38，83-95，1991.
- 太田陽子・藤森孝俊・鹿島 薫・蟹江康光・松島義章，三浦半島，北武断層東端付近の完新世海成段丘 その年代・古生物・地殻変動に関する資料，第四紀研究，33(1)，37-43，1994.
- 太田陽子・松田時彦・池田安隆・渡辺憲司・D. N. Williams・小池敏夫・見上敬三，三浦半島及び国府津・松田地域の活断層に関する調査報告書，神奈川県，15-80，1982.
- 小沢 清・江藤哲人，神奈川県中・東部地域の大深度温泉井の地質および地下地質構造，神奈川県温泉地学研究所報告，37，15-38，2005.
- 尾崎正紀，三浦半島における新第三系～第四系の層序及び地質構造研究についてのレビュー，海陸シームレス地質情報集 S-7，地質調査総合センター，2021.
- 佐藤比呂志・他 10 名，横須賀市野比地区における北武断層のトレンチ調査，活断層研究，16，13-18，1997.
- 佐藤智之，10 万分の 1 相模湾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 S-7，地質調査総合センター，2021.
- 柴田健一郎・野崎 篤・高橋直樹・笠間友博・西澤文勝・田口公則，三浦半島の新第三系と第四系：付加体-外縁隆起帯-前弧海盆堆積物，神奈川博調査研報(自然)，16，69-106，2021.
- 白石和也・阿部 進・岩崎貴哉・斉藤秀雄・佐藤比呂志・越谷 信・加藤直子・新井隆太・川中 卓，屈折初動走時トモグラフィ解析における初期モデルランダム化による解の信頼性評価，物理探査，63，345-356，2010.
- 杉村 新，三浦半島の南下浦断層，地質学雑誌，70，397，1964.
- 杉村 新・斉藤 勝・東郷正美・池田安隆・蟹江康光・江藤哲人・藤井義仁，三浦半島，横須賀市長沢地区における北武断層のトレンチ調査．地学雑誌，108，562-588，1999.
- 高橋直樹・柴田健一郎・平田大二・新井田秀一，葉山-嶺岡帯トラバース，地質学雑誌，122，375-395，2016.
- 竹内圭史・及川輝樹・斎藤 眞・石塚 治・実松健造・駒澤正夫，20 万分の 1 地質図幅「横須賀」（第 2 版），産業技術総合研究所 地質調査総合センター，2015.
- 渡辺満久，新興住宅地を切る活断層-三浦半島の例，活断層研究，8，97-103，1990.
- 渡辺満久・宮内崇裕・八木浩司・今泉俊文，1:25,000 都市圏活断層図「横須賀・三崎」，国土地理院技術資料，D. 1-333，1996.
- Williams, D. N., Late Quaternary Displacement at the Hikihashi and Kitatake Faults Miura Peninsula, Japan, The Quaternary Research, 21, 289-299, 1983.

山崎直方，関東地震ノ地形学的考察，震災予防調査会報告．100 乙，11-54，1925.
横須賀市，「平成 9 年度武山断層調査委託報告書」，115 p，1998.