

4) データ解析

取得したデータに対して反射法データ解析および屈折法トモグラフィ解析を行い、反射法重合時間断面図、同時間マイグレーション断面図、同深度断面図、および屈折法速度分布図を作成し、反射法深度断面図と屈折法速度分布図を統合したコンパイル断面図を作成した。また、反射法データ解析（標準処理）の中で、屈折法発震記録のみによる低重合処理と、マルチディップ型 CRS (MDRS) 法処理をそれぞれ適用し、各フローにおいて、重合時間断面図、同時間マイグレーション断面図、同深度断面図を作成した。また、反射法深度断面図と屈折法速度分布図を統合したコンパイル断面図をあわせて作成した。

反射法データ解析については、調査測線が受振点発震点間隔の異なる標準区間と稠密区間により構成されているため、以下のとおり、標準処理と稠密処理として、異なる CMP 間隔による処理を行った。

標準処理 (CMP 間隔 25 m) : 標準区間、稠密区間を含む調査測線全体を対象とする反射法処理

稠密処理 (CMP 間隔 12.5 m) : 計 3 区間の稠密区間に対する反射法処理

ただし、稠密処理については、各区間個別の処理ではなく、標準区間を含む全区間を CMP 間隔 12.5 m で処理した上で各区間の断面を切り出し、各区間の断面図とした。

図 10 に反射法データ処理フローを、表 2 に処理パラメータを一覧で示した。

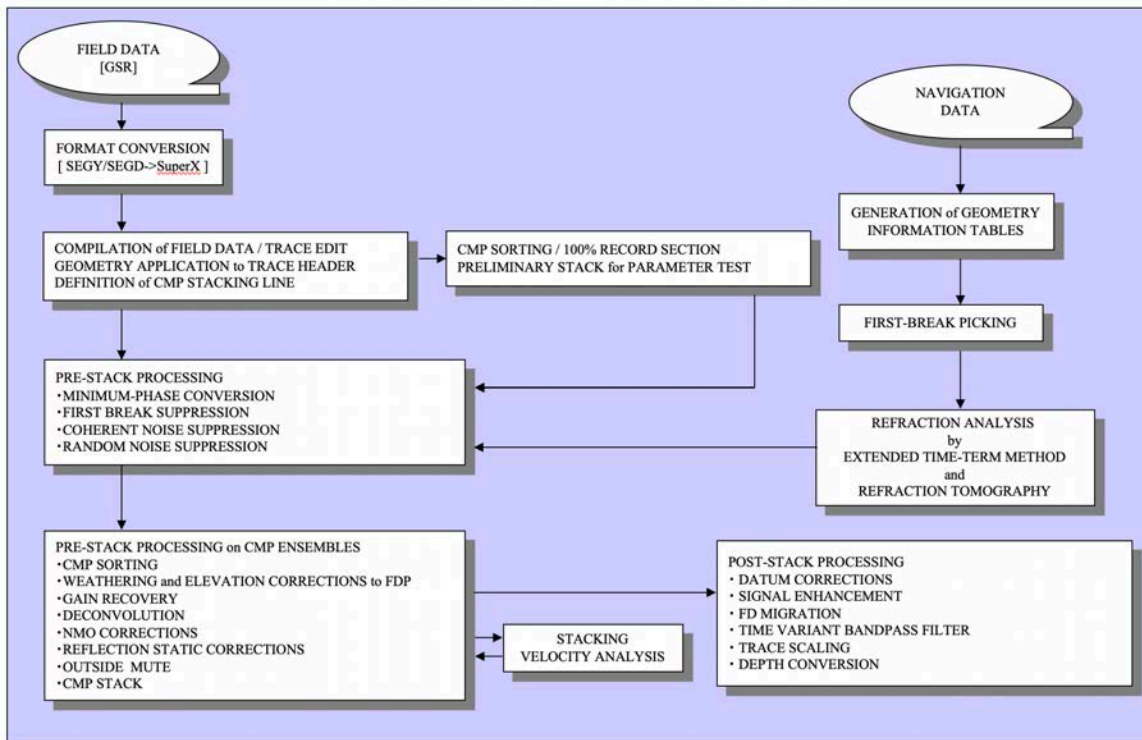


図 10 反射法データ処理フロー[1] 標準処理、低重合処理および稠密処理

a) 反射法データ解析（標準処理）

i) フォーマット変換およびデータ編集 (Format Conversion and Trace Edit)

取得した原記録(SEG-D Format)をデータ処理システムの内部フォーマットへ変換した。その際、発震記録毎にノイズエディットを伴う垂直重合処理を行い、バ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。また、発震記録は発震点番号の昇順にしたがって編集した。下記に示す様に、反射法データ解析結果には、本調査で取得した反射法発震記録 828 点と屈折法発震記録 16 点の合計 844 点の発震記録の寄与が含まれている。

ii) トレースヘッダーへの測線情報の入力 (Geometry Application)

受振点、発震点および各 CMP 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トレースヘッダーに入力した。データ解析における基準標高面は平均海水面位置に設定した。また、CMP 重合測線は下記の基準によって決定した。

CMP 間隔..... 25.0 m

CMP 範囲..... 1 - 2311

重合測線からの最大偏倚制限.....なし

また、CMP の重合数分布、オフセット距離分布を図 11 に示した。

表 2 反射法解析パラメータ一覧

Survey Name		2020 Trans Tsugaru Peninsula	
Line Name		TD20-TGR	
No.	Process	Parameters	
1	Format Conversion		SEG-Y to SuperX format
2	Geometry Setting		
3	Refraction Analysis	Method First Break Picking Offset Range (Standard)	Time-Term Inversion All Shot Records Loc. No.300: 250 m ~ 1400 m Loc. No.400: 250 m ~ 600 m Loc. No.500: 250 m ~ 600 m Loc. No.600: 250 m ~ 1400 m
4	Minimum Phase Conversion		Applied
5	First-break Suppression		Applied
6	Random Noise Suppression : F-X Prediction Filter	Domain Temporal Process Operator Length Gate Length Time Gate Length Time Gate Overlap Length	Common Shot Gather AGC(300ms), NMO 15 traces 105 traces 500 msec 350 msec
7	CMP Sort	CMP Interval Radius Limit	25.0 m None
8	Static Correction to Floating Datum	Vw Estimation of Vsw Replacement Velocity	900 m/sec Variable(Block size: 500 m) 1800 m/sec
9	Amplitude Correction	Method Gate Length Sliding Velocity	AGC 600 msec 3000 m/s
10	Deconvolution	Method Mode Gate Start Time at 0m offset Gate Length Operator Length Prediction Distance Gate Sliding Velocity White Noise	Surface Consistent Deconvolution Time Invariant 300 msec 3200 msec 320 msec 4 msec 3000 m/sec 1.005
11	1st Velocity Analysis	Method Analysis Interval Analysis Velocity	Constant Velocity Stack Method 1000 m 1400-7000 m/s
12	NMO Correction	Stretch Factor	100
13	Amplitude Conditioning before Stacking	Method	AGC(1000 ms)
14	Residual Static Correction	Method Maximum Allowable Time Shift Correlation Space Gate Time Gate Offset Range Structure Smoothing Gate Number of Iteration	Median Fit Criterion 8 msec 41 100 msec - 1000 msec 50 - 1000 m 10 CDP 5
15	Residual Static Correction	Method Maximum Allowable Time Shift Correlation Space Gate Time Gate Offset Range Structure Smoothing Gate Number of Iteration	Median Fit Criterion 8 msec 41 100 msec - 1000 msec 50 - 1000 m 10 CDP 5
16	3rd Velocity Analysis	Method	same as 1st Velocity Analysis
17	Trace mute	Method	Space Time Variant Filter
18	CMP Stacking	Scaling Minimum offset	fold number ** 0.8 50 m
19	Datum Correction	Datum	500m from MSL
20	F-X Prediction Filter	Operator Length Gate Length Time Gate Length Time Gate Overlap Length	7 traces 49 traces 500 msec 350 msec
21	F-K Coherency Filter	Power	1.6
22	Post-Stack Time Migration	Method Approximation Angle Extrapolation Step Velocity Type Velocity Scaling Factor Upper edge taper Lower edge taper Bottom taper	T-X FD Migration 45 degree 2 msec Stacking Velocity 20 msec: 90%, 1000 msec: 60%, 2000 msec: 50% 5 CDP 50 CDP 250 msec
23	Band-pass Filter	Method Operator Length Gate Overlap Length Phase Type Frequency Definition	Time Variant 600 msec 300 msec zero phase 1: 15/20 - 58/60 Hz @ 0 ms 2: 8/10 - 58/60 Hz @ 500 ms 3: 5/6 - 50/35 Hz @ 2000 ms 4: 5/6 - 50/55 Hz @ 8000 ms
24	Depth Conversion	Final Datum	500 m

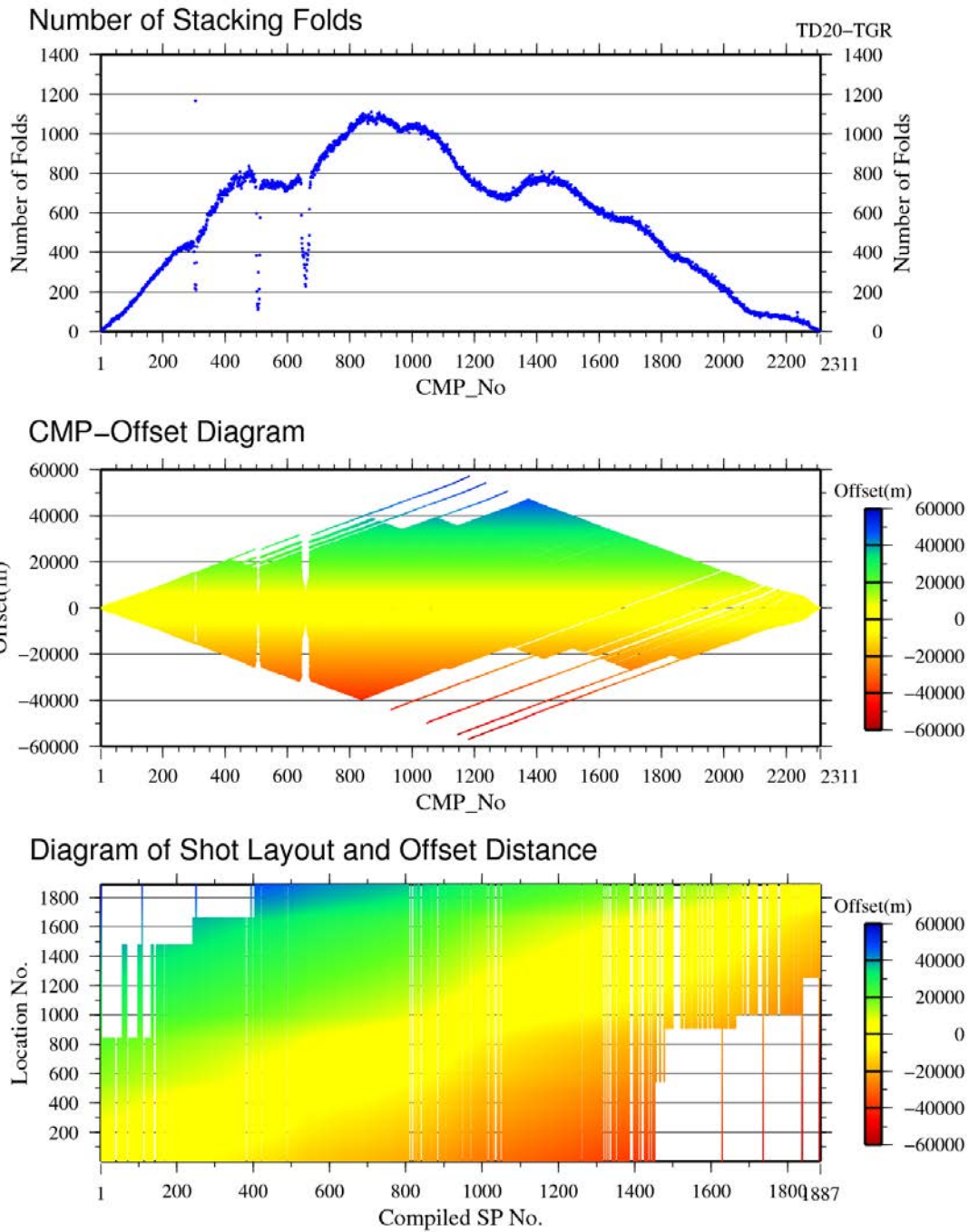


図 11 受振点および発震点分布図
 重合数分布（上）、オフセットダイアグラム（中）、発震レイアウト（下）。

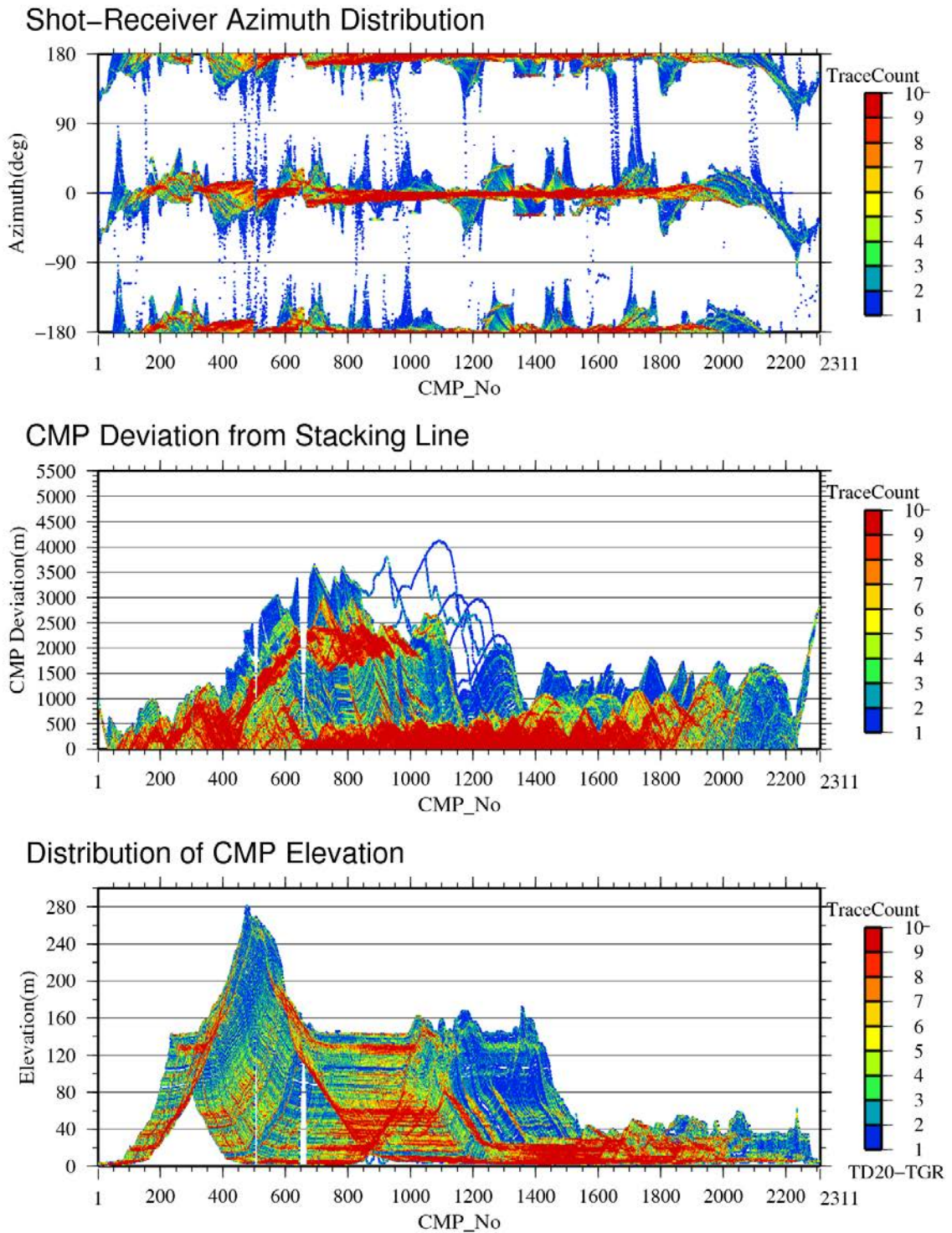


図 12 受振点および発震点分布図
 アジマス分布（上）、重合測線からの偏倚（中）、標高分布（下）。

iii) 屈折波初動解析 (Refraction Analysis)

改良型タイムターム法による屈折初動解析を行い、受振点およ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2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 は発震点および受振点タイムターム、 $s_{k,0}, \delta s_k, \Delta_{ijk}$ 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および屈折波線長である。この受振点およ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 (Generalized Linear Inverse Method) 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、表層基底層深度は各発震点およ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'Time-Term'、 V_w は表層速度、 V_{sw} は表層基底層速度である。図13に改良型タイムターム法による解析結果を示す。

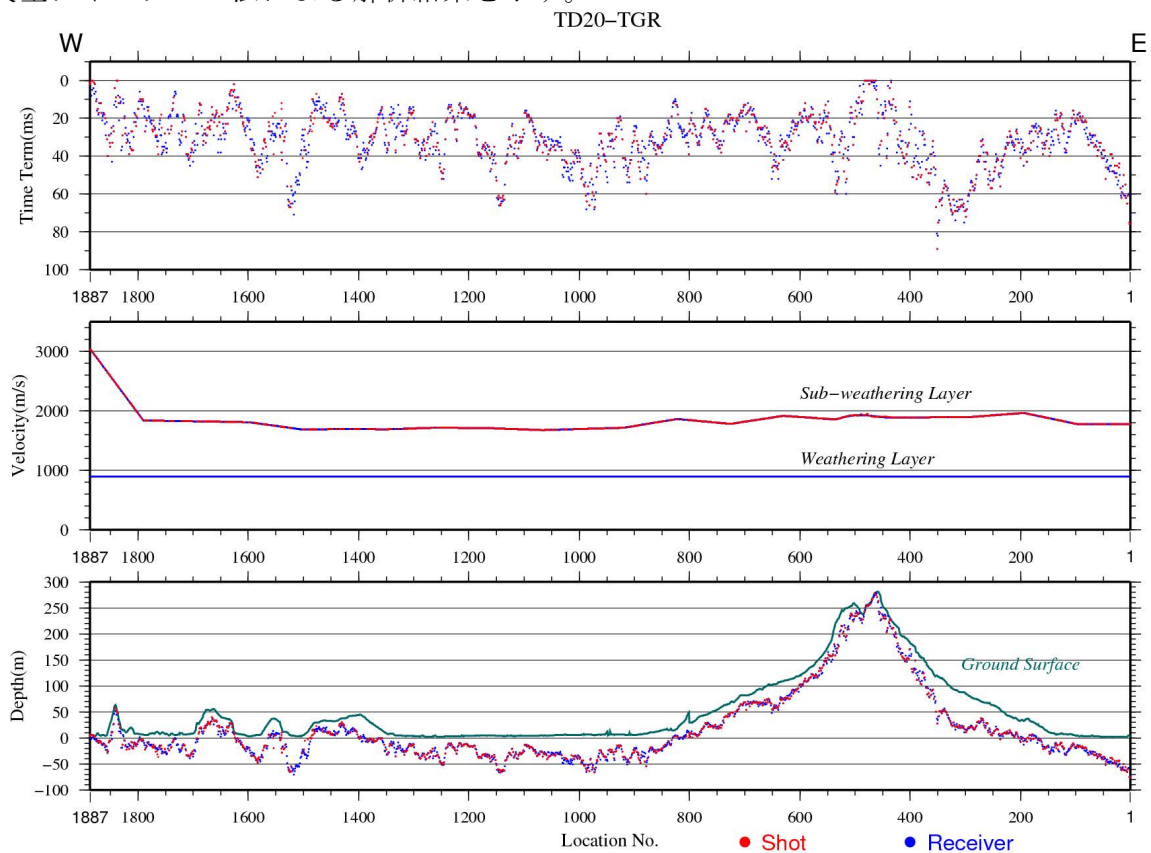


図13 表層構造図 (タイムターム法解析結果)

iv) 最小位相変換 (Minimum Phase Conversion)

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)'およ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 (First-break Suppression)

強振幅の屈折波初動を抑制する目的で、初動抑制処理を実施した。読み取った屈折初動走時を基準としてリニアテーパーにより初動部の振幅を抑制した。

vi) ランダムノイズ抑制処理 (Random Noise Suppression)

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、周波数-空間領域の予測フィルターを適用した。

vii) 共通反射点編集 (Common Midpoint Sorting)

上述(ii)のパラメータによって、共通反射点編集を実施した。

viii) 浮動基準面に対する静補正 (Static Corrections to FDP)

浮動基準面に対する静補正を実施した。

ix) 振幅補償 (Gain Recovery)

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およ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。

x) デコンボリューション (Deconvolution)

震源波形、地層効果、記録系の集積としての基本波形を地震トレースから推定・除去し、記録の分解能向上を図るためにデコンボリューションを適用した。テストの結果、サーフェス・コンシステント・デコンボリューションを採用した。サーフェス・コンシステント・デコンボリューションでは、周波数領域での各トレースの平均スペクトルからのずれを発震点・受振点・CMP・オフセットの4成分に分解した。その後、各トレースで平均スペクトル・発震点成分・および受振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。

xi) 重合速度解析 (Stacking Velocity Analysis)

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を行った。図 19 に重合速度プロファイルを示す。

解析点間隔 : 1000 m
解析速度数 : 50 (1400 – 7000 m/s)

xii) NMO 補正 (Normal Moveout Corrections)

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。同時に、NMO 補正に伴う波形の伸長に制限を設けるストレッチミュートを適用した。

xiii) ミュート (Outside Mute after NMO)

主に浅部の分解能を向上させるため、時間-空間可変の NMO 後ミュートを適用した。

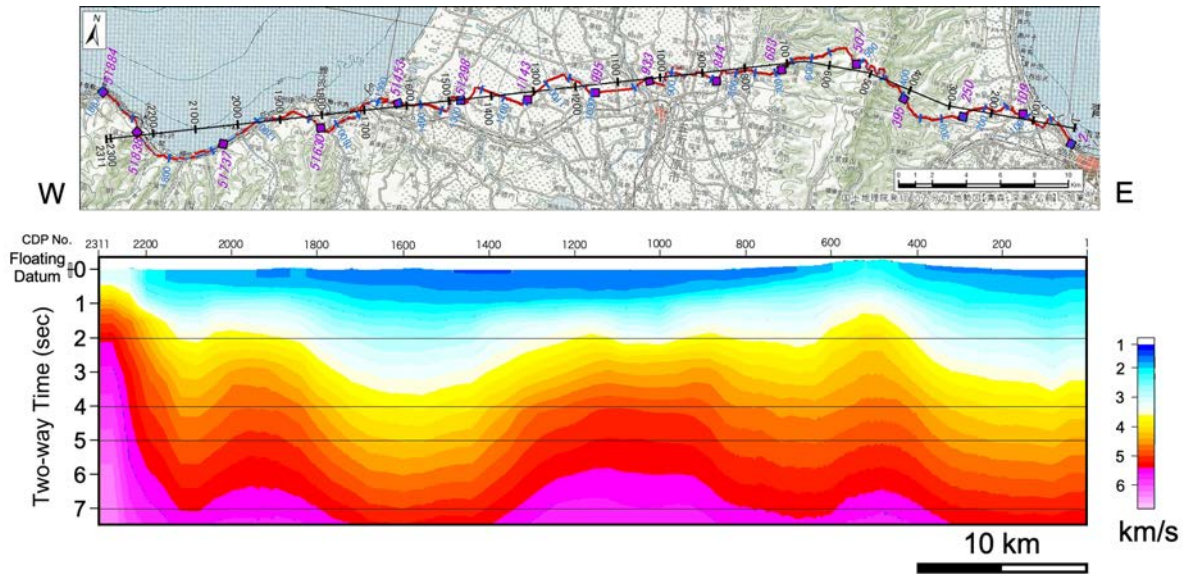


図 14 CMP 重合速度プロファイル

xiv) 重合前振幅調整 (Amplitude Conditioning before Stacking)

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。

xv) 残差静補正 (Residual Static Corrections)

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、これを適用した。

xvi) 共通反射点重合処理 (CMP Stacking)

NMO 補正およ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。

xvii) 基準面補正 (Datum Corrections)

浮動基準面から基準面への時間補正を適用した。

xviii) 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。

xix) 周波数-波数領域コヒーレンシーフィルター (F-K Coherency Filter)

周波数-波数領域において Powering を適用して射波の連続性を向上させる F-K コヒーレンシーフィルター処理を実施した。

xx) 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および空間方向に平滑化およびスケールリングを施した重合速度を用いた。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。

xxi) 時間-空間可変帯域通過フィルター (Space-Time Variant Band Pass Filter)

有効周波数帯域外のノイズを抑制し、S/N を向上させるため、時間-空間可変の零位相帯

域通過フィルターを適用した。

xxii) 深度変換 (Depth Conversion)

重合速度解析結果を時間および空間方向に平滑化した速度分布を用いて、Vertical Stretch 法による深度変換を実施した。

以上の処理ステップによって、図 15 の CMP 重合断面図、図 16 の時間マイグレーション断面図、図 17 の深度変換断面図を作成した。

また、上記の処理ステップを屈折法発震記録のみを対象に適用することによって、図 18 の屈折法発震記録による低重合処理 CMP 重合断面図、図 19 の同時間マイグレーション断面図、図 20 の同深度変換断面図を作成した。

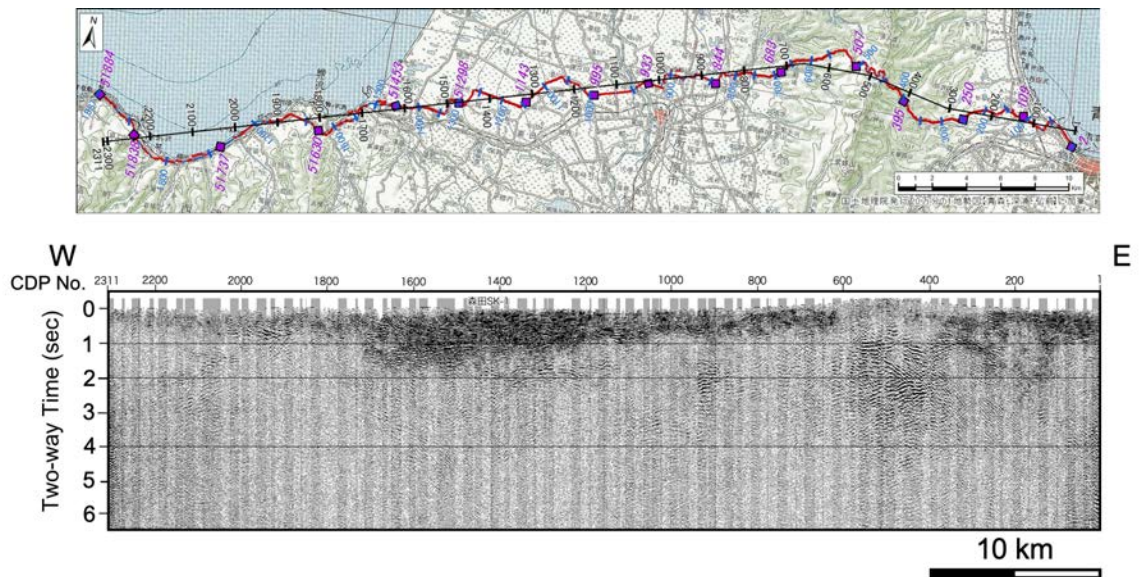


図 15 重合時間断面図

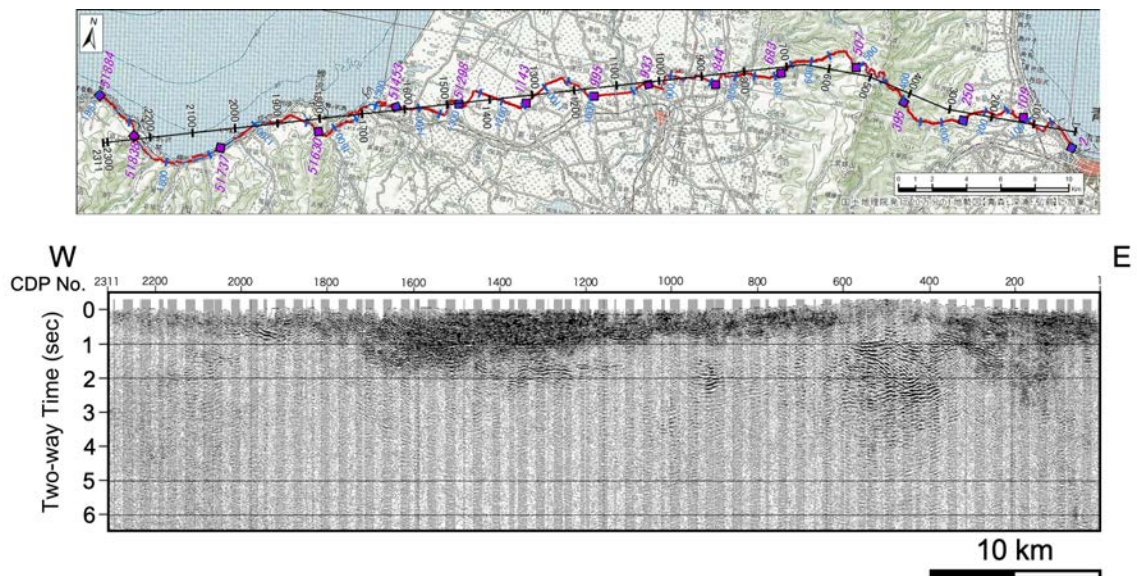


図 16 重合後マイグレーション時間断面

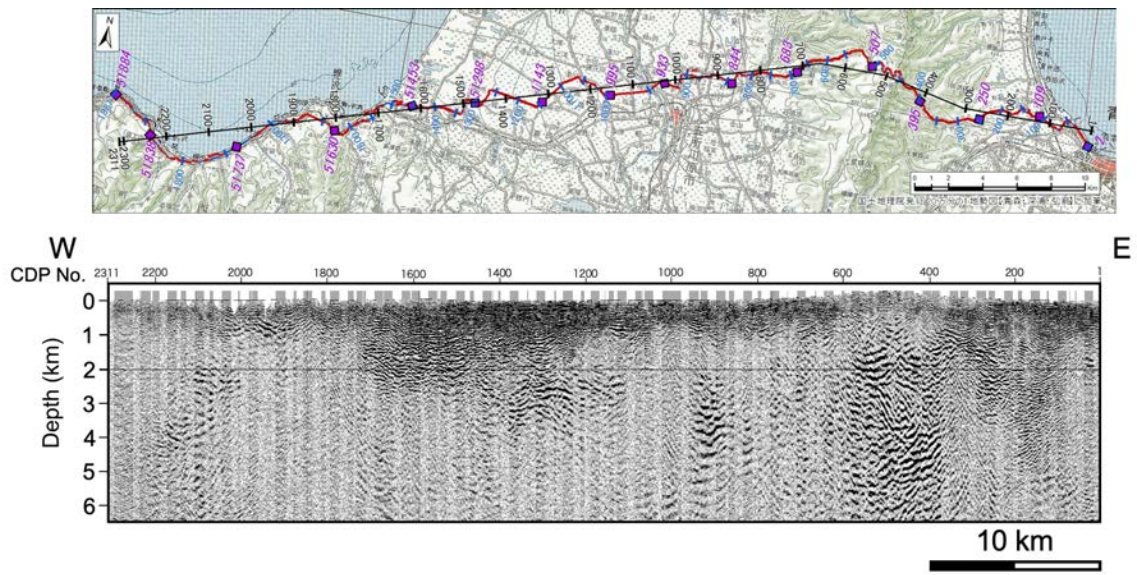


図 17 重合後マイグレーション深度変換断面

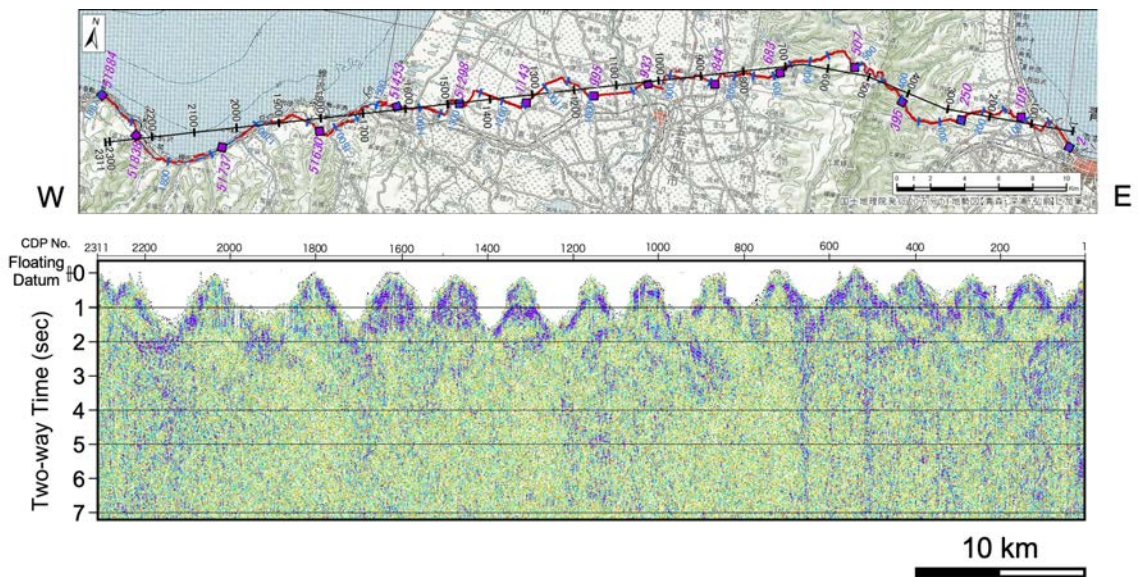


図 18 低重合処理重合時間断面図

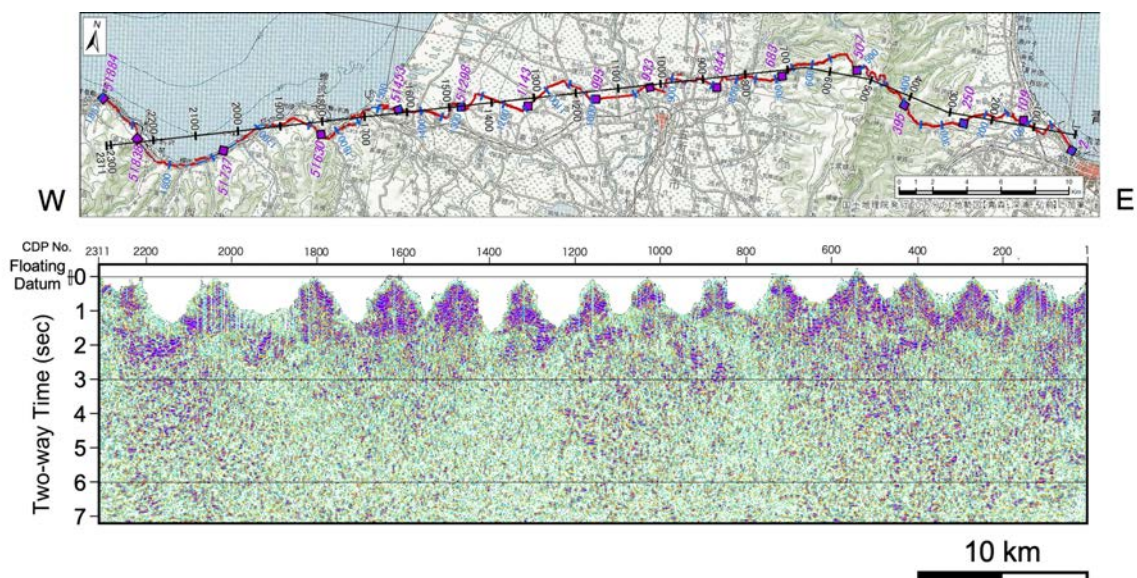


図 19 低重合処理重合後マイグレーション時間断面図

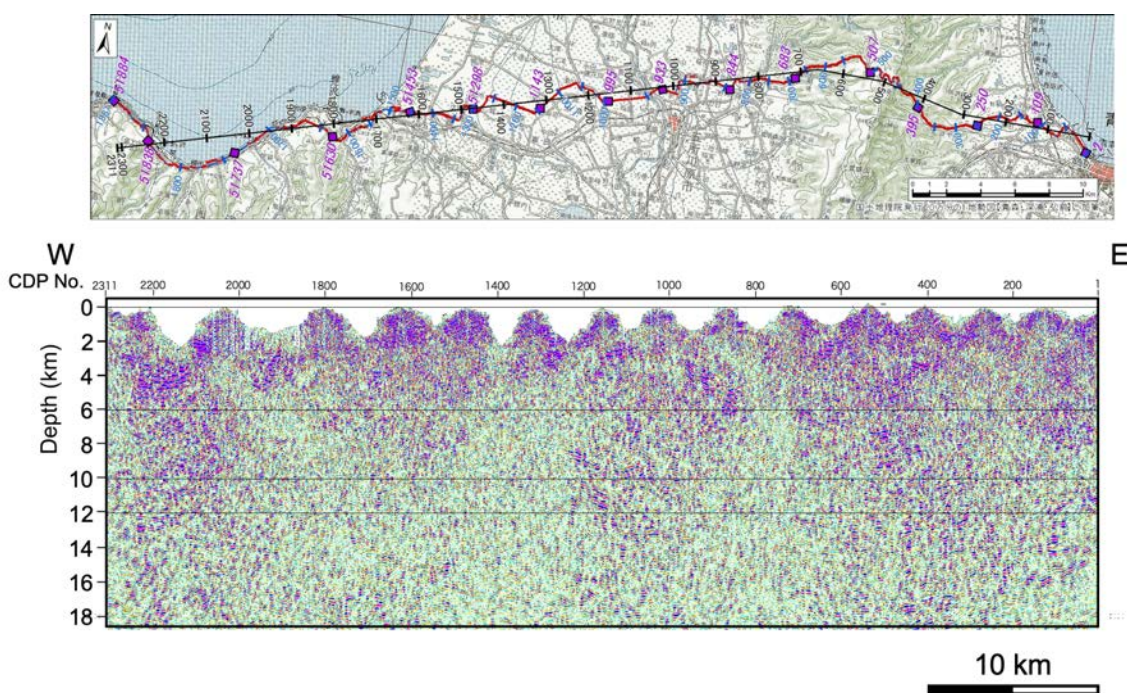


図 20 低重合処理重合後マイグレーション深度断面図

次に、マルチディップ型 CRS 法 (MDRS 法) の適用について以下に主要パラメータおよび処理手順の概要を記す。入力データは、上記の (xiv) の処理適用後の共通反射点編集後のギャザーである。図 21 に MDRS 解析技術概念図を、図 22 に処理フローを示す。表 3 に解析に使用したパラメータ表を示す。

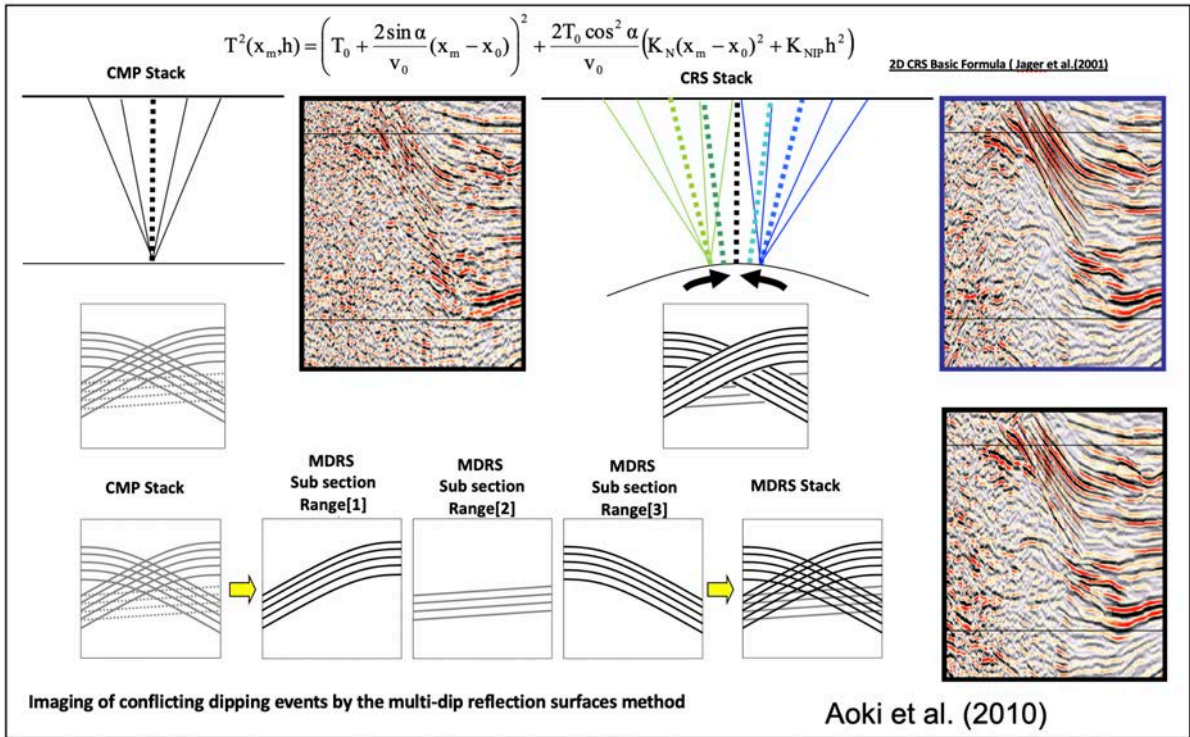


図 21 MDRS 解析の概念図 (22, 23)

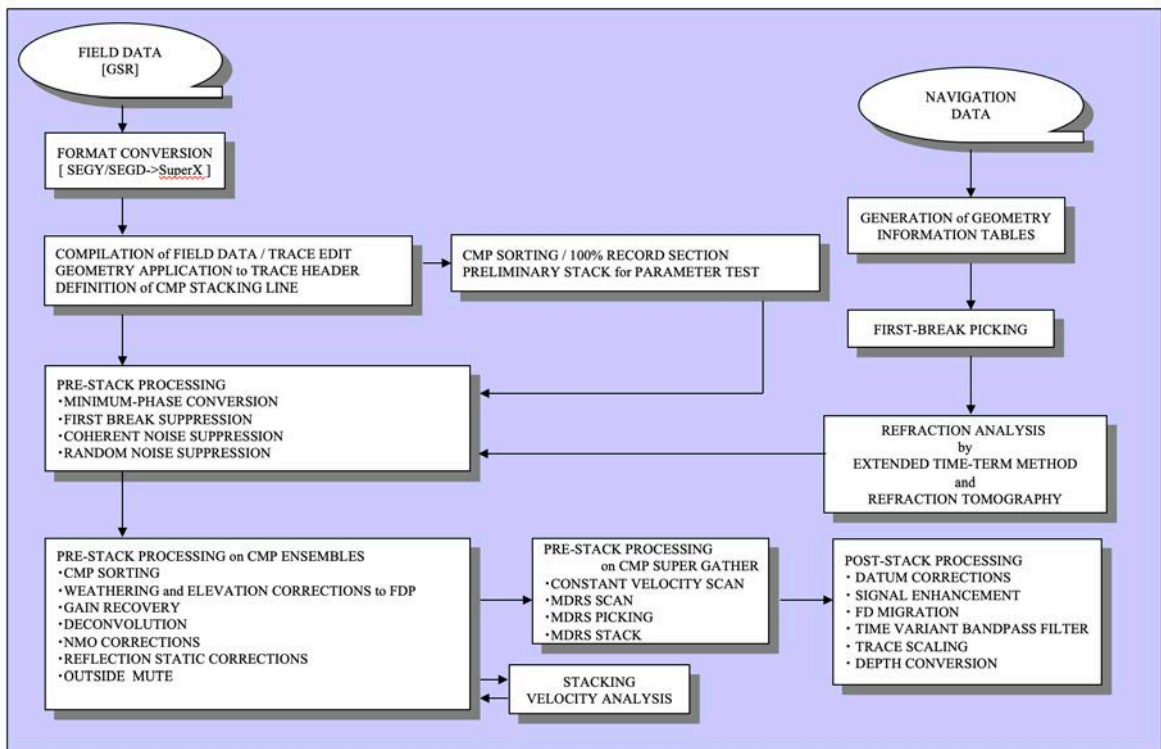


図 22 反射法データ処理フロー [2] MDRS 処理

表 3 MDRS データ解析パラメーター一覧

Survey Name		2020 Trans Tsugaru Peninsula	
Line Name		TD20-TGR	
No.	Process	Parameters	
1	Super Gather Generation	super gather range	41 CMP
2	Constant Velocity Scan	Semblance Window	32 msec
		Stretch Limit	1.4
3	MDRS SCAN	Offset (CMPs) :	7, 41
		Surface Velocity :	1500 m/sec
		Number of Dips :	201
		Dip interval :	9 msec/km
		Minimum N-Wave Curvature :	-0.8
		Maximum N-Wave Curvature :	1.2
		Semblance Window :	32 msec
		Stretch Limit :	1.4
		Guide Velocity :	Stacking Velocity
4	MDRS Picking	Low Velocity Guide Scale :	75 %
		High Velocity Guide Scale :	150 %
4	MDRS Picking	Dip range	-600 ~ 600 msec/km
5	MDRS Stack	Method	1st - 2nd Highest Semblance Point

xxiii) スーパーギャザーの作成 (Super Gather Generation)

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。

xxiv) 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。

xxv) MDRS スキャン (MDRS Scan)

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。

xxvi) MDRS ピッキング (MDRS Picking)

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。

xxvii) MDRS 重合 (MDRS Stack)

センブランス値の高い方から 2 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2つまで）の反射波が交差する状況に対応した。

なお、MDRS 重合後の処理に関しては、上記 (xvii) ~ (xxii) と同様のパラメータを適用した。以上の処理ステップによって、図 23 の MDRS 処理重合断面図、図 24 の同重合時間マイグレーション断面図、図 25 の同深度変換断面図を作成した。

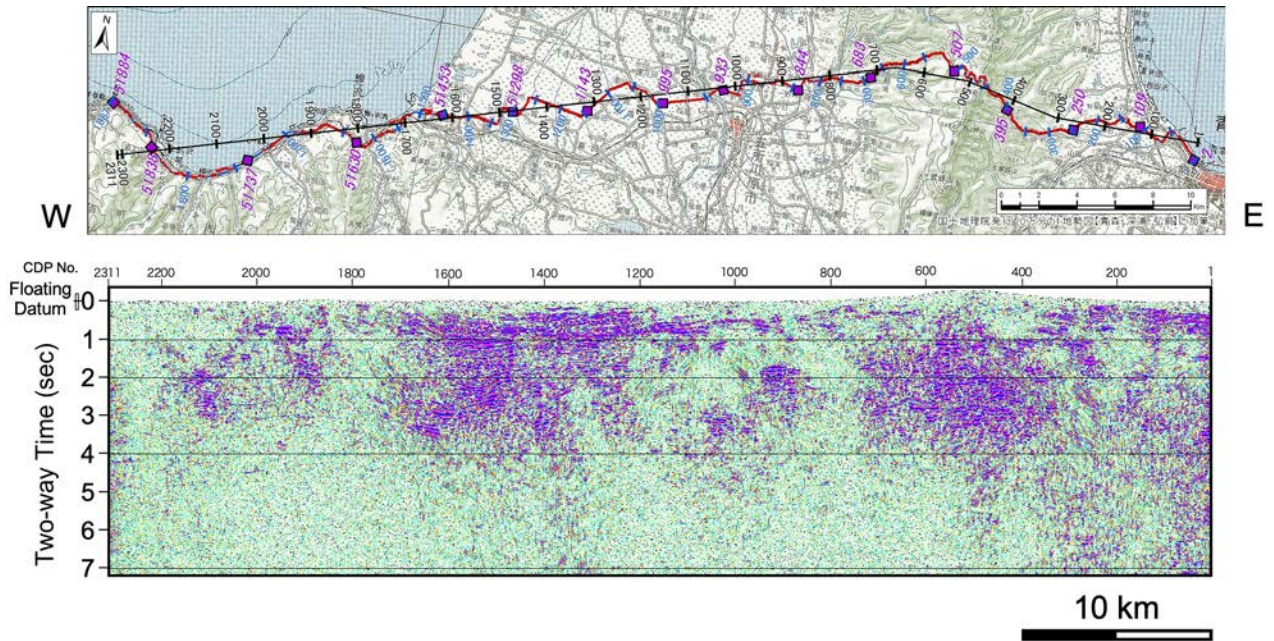


図 23 MDRS 重合処理断面図。

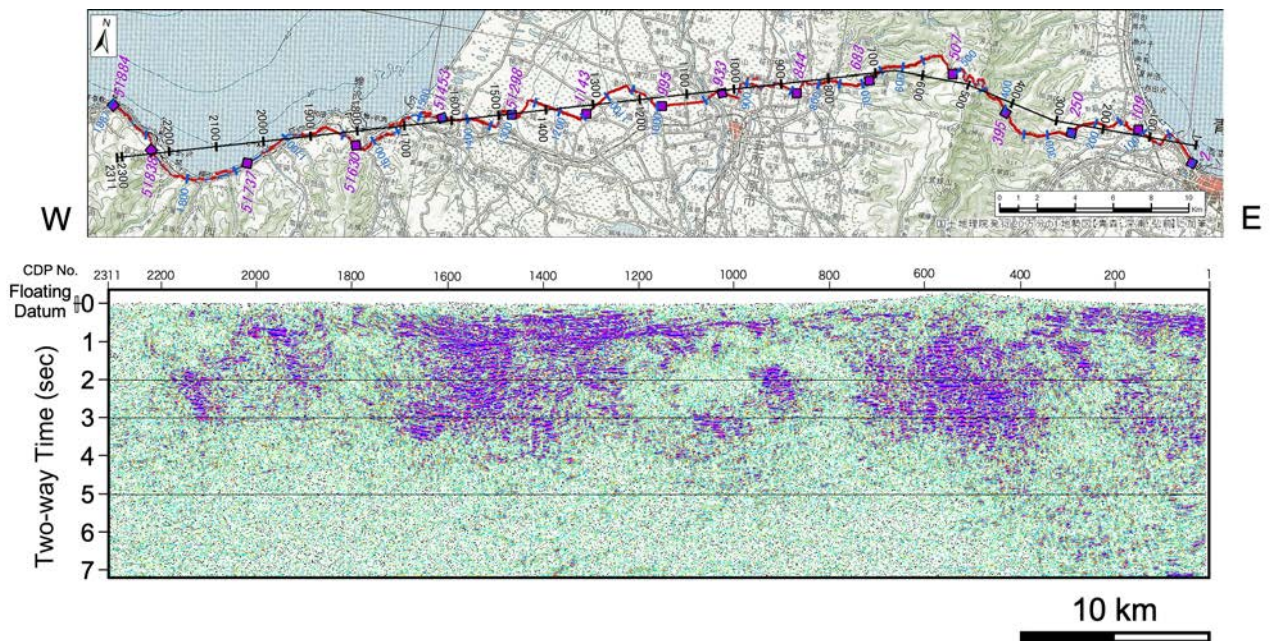


図 24 MDRS 重合後マイグレーション時間断面図。

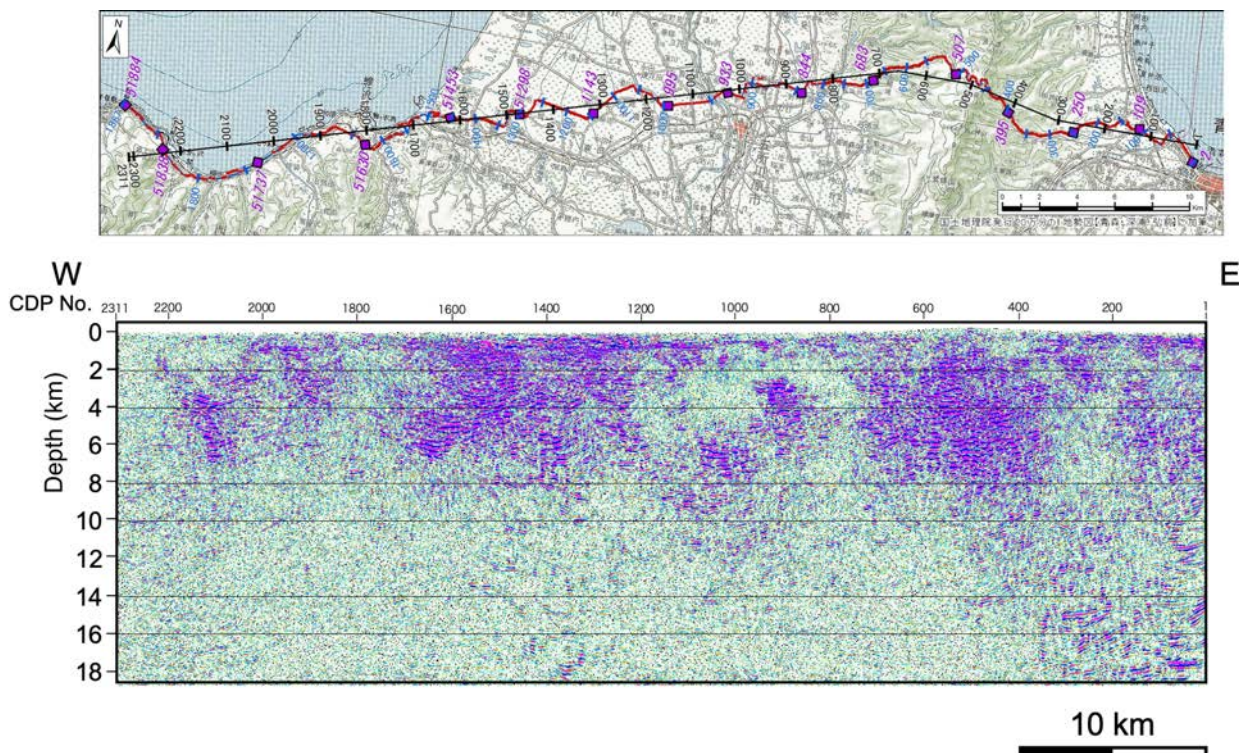


図 25 MDRS 重合後マイグレーション深度変換断面図。

b) 反射法データ解析 (稠密処理)

i) フォーマット変換およびデータ編集 (Format Conversion and Trace Edit)

処理内容は a)i)と同様である。

ii) トレースヘッダーへの測線情報の入力 (Geometry Application)

処理内容は a)ii)と同様である。ただし、CMP 重合測線は下記の基準によって決定した。

CMP 間隔..... 12.50m

CMP 範囲..... 1 - 4621

重合測線からの最大偏倚制限.....なし

iii) 屈折波初動解析 (Refraction Analysis)

iv) 最小位相変換 (Minimum Phase Conversion)

v) 初動ミュート (First-break Suppression)

vi) ランダムノイズ抑制処理 (Random Noise Suppression)

a)iii)~(vi)と同様である。

vii) 共通反射点編集 (Common Midpoint Sorting)

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。

以下、a)の xiii)から xxii)と同様の処理を行った。

以上の処理ステップを逐次経ることによって、それぞれ 3 区間について、それぞれ CMP 重合処理断面図、時間マイグレーション断面図が得られた。また、時間マイグレーション記録を用いて深度変換を適用した断面を得た。区間 1 [青森西部]、区間 2 [津軽山地西縁]、区間 3 [津軽平野西縁]、それぞれの解析結果を図 26~34 に示した。

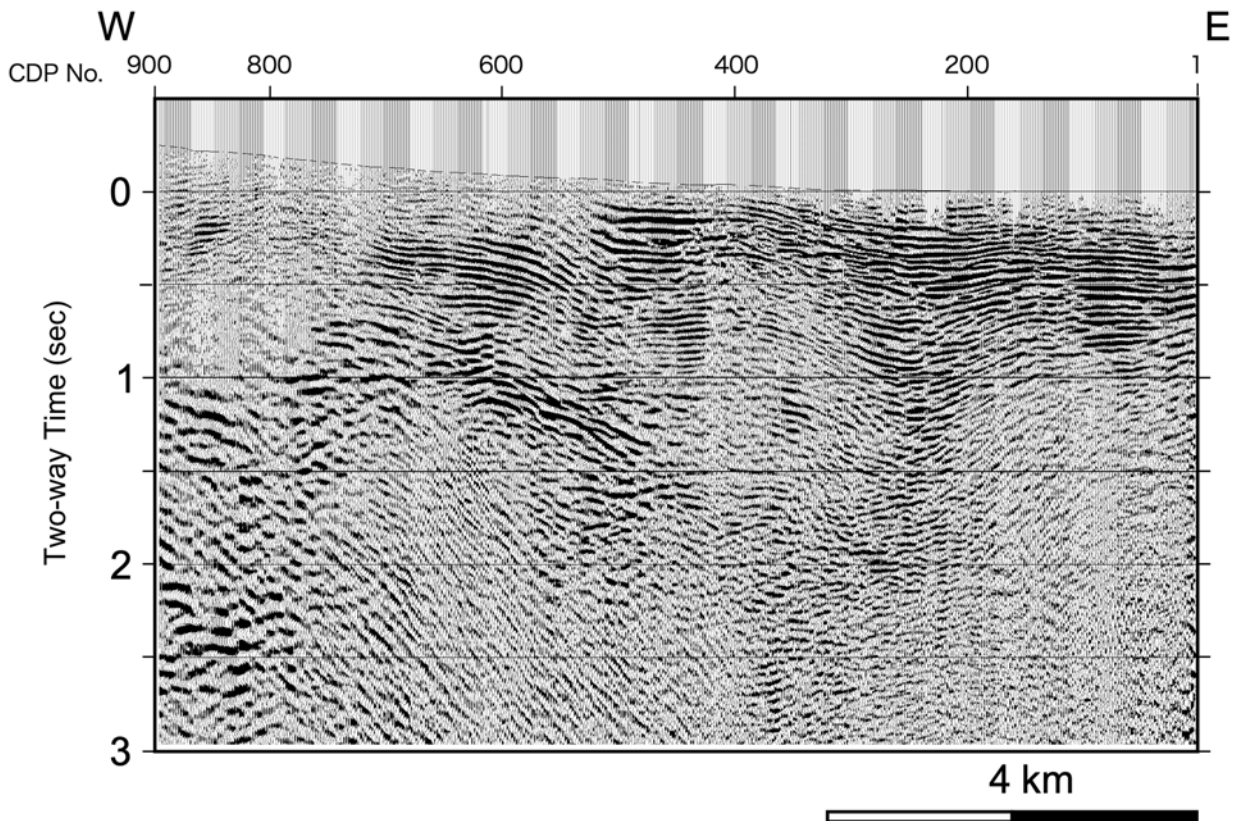


図 26 稠密区間 1 [青森湾西部] の重合時間断面

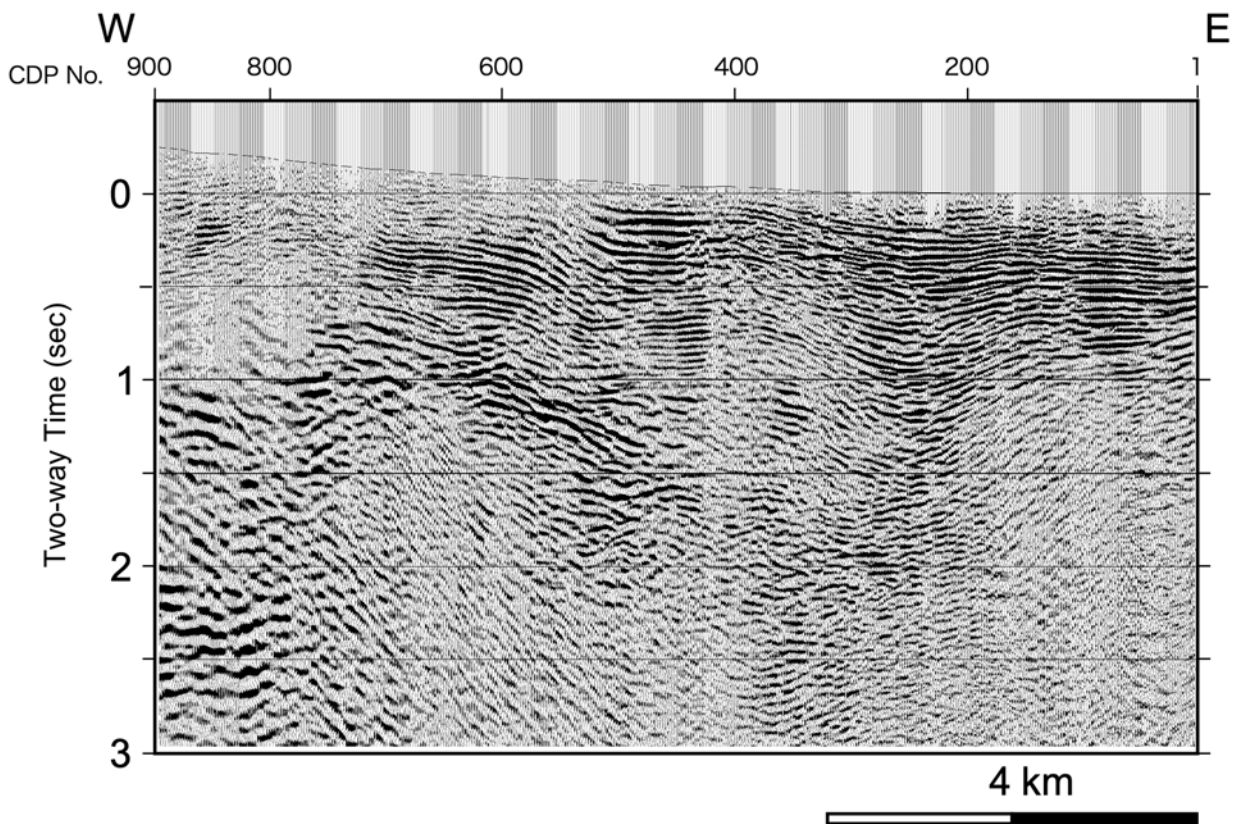


図 27 稠密区間 1 [青森湾西部] の重合後マイグレーション時間断面

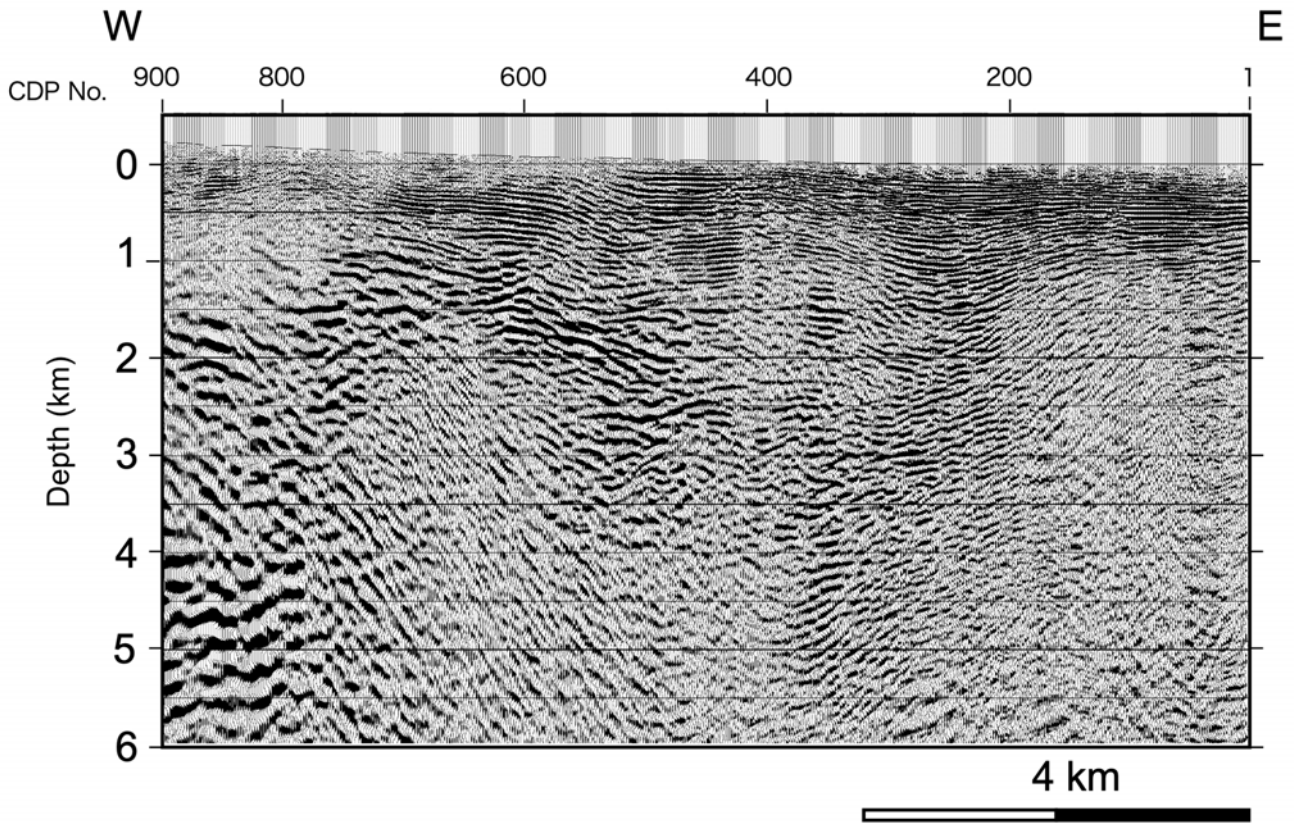


図 28 稠密区間 1 [青森湾西部] の重合後マイグレーション深度変換断面

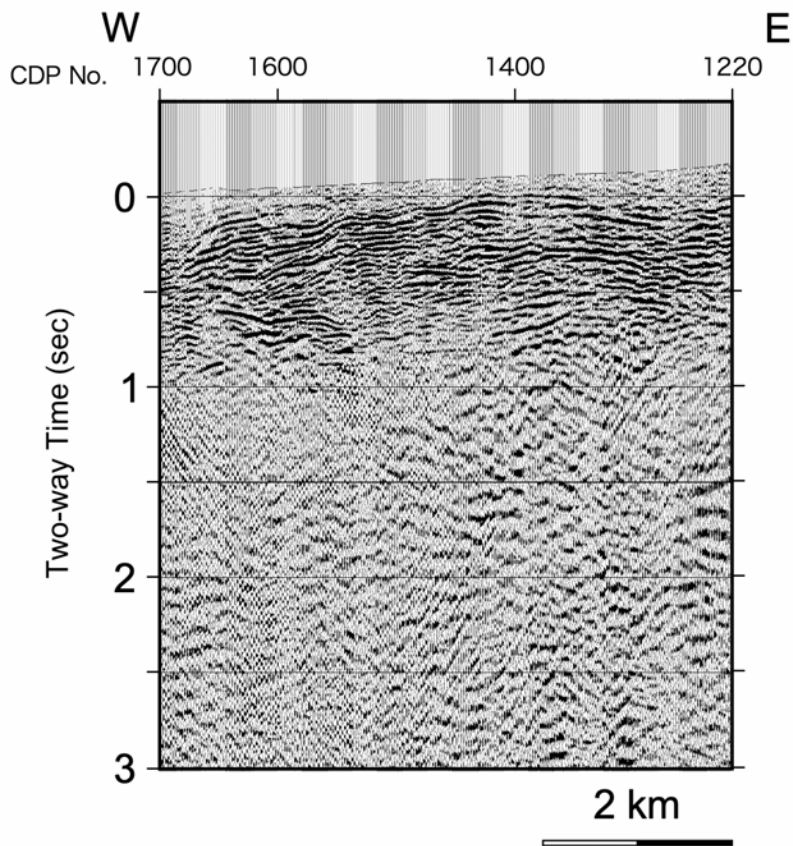


図 29 稠密区間 2 [津軽山地西縁] の重合時間断面

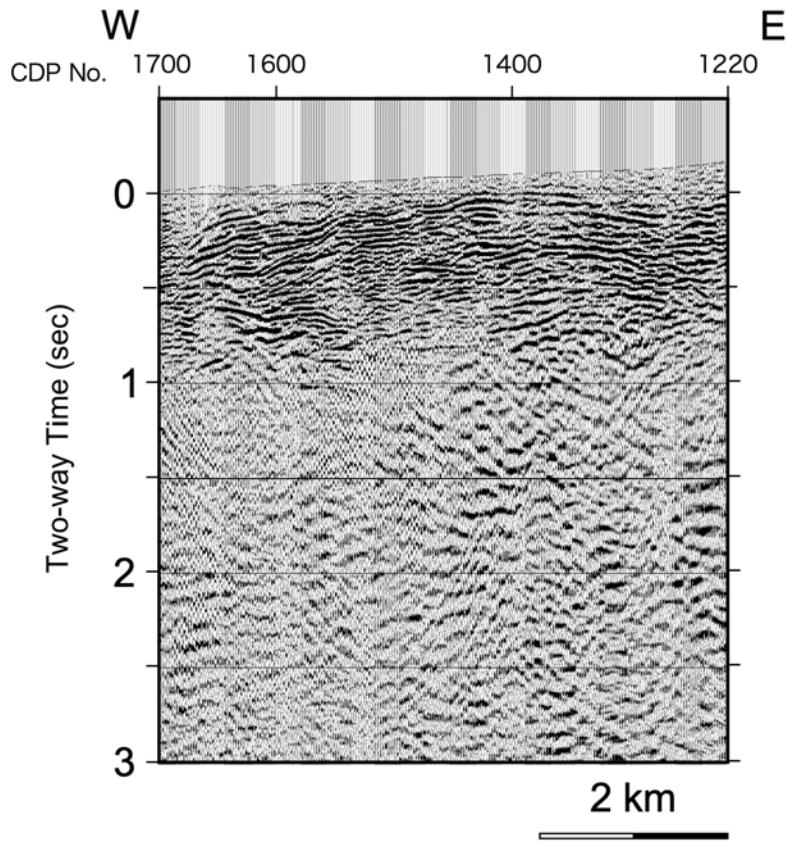


図 30 稠密区間 2 [津軽山地西縁] の重合後マイグレーション時間断面

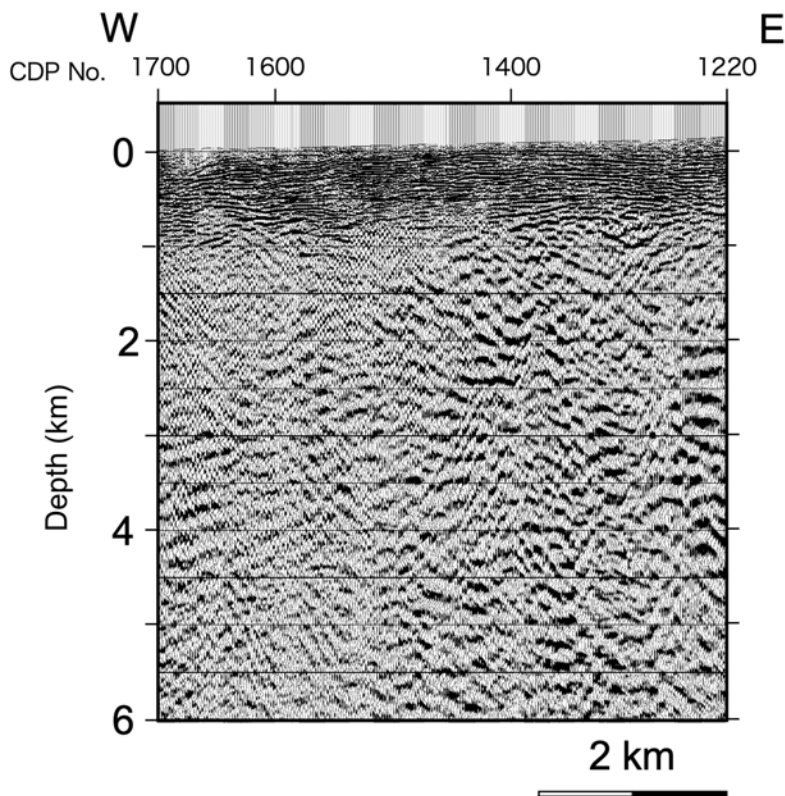


図 31 稠密区間 2 [津軽山地西縁] の重合後マイグレーション深度変換断面

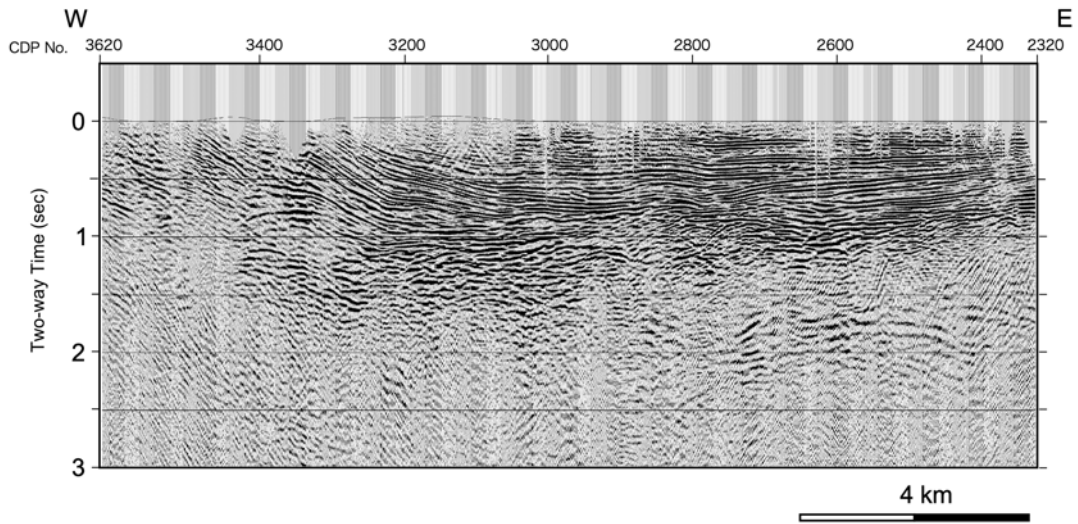


図 32 稠密区間 3 [津軽平野西縁] の重合時間断面

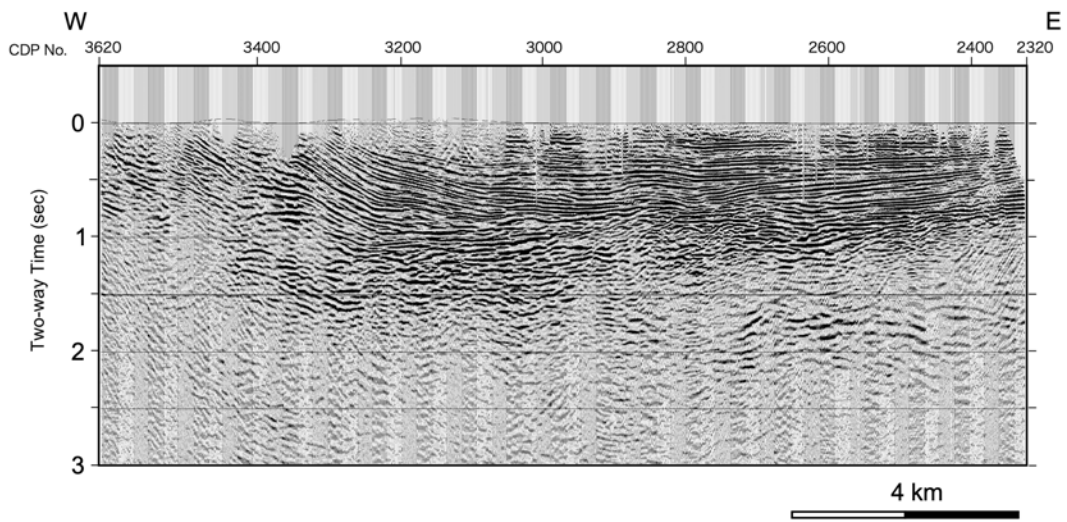


図 33 稠密区間 3 [津軽平野西縁] の重合後マイグレーション時間断面

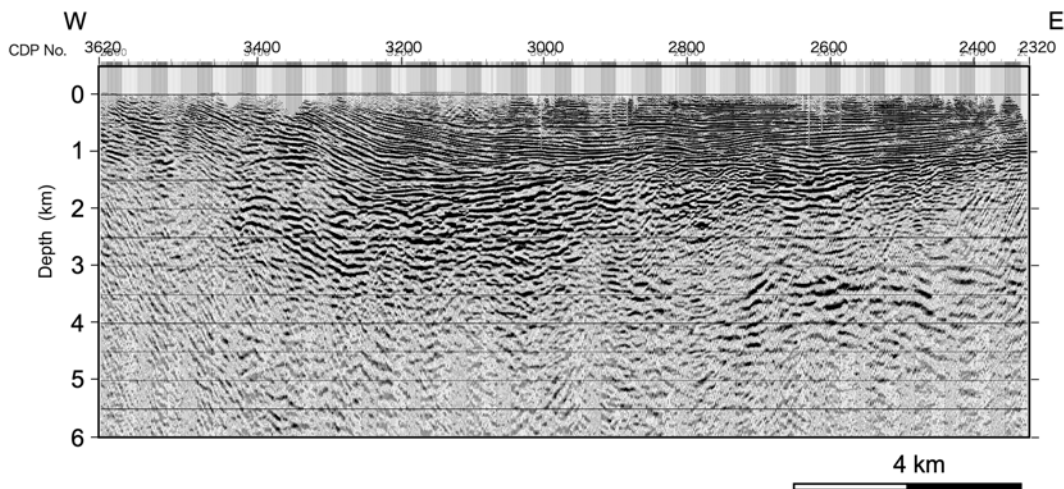


図 34 稠密区間 3 [津軽平野西縁] の重合後マイグレーション深度変換断面

c) 屈折法データ解析

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)**²⁴⁾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点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てある。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ている。

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(白石ほか, 2010)²⁵⁾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提供できる。

上記の平均速度分布を再度初期モデルとして、トモグラフィ解析を実施し、得られた速度構造モデルを最終的なトモグラフィックインバージョンによる最終的な速度分布とする。

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図 35 のとおり設定した。解析データとして、屈折法発震 (16 点) および反射法発震 (828 点) から読み取った屈折初動走時 (図 36) を用いた。解析に用いたパラメータは表 4 に示した。

初期速度構造モデルはランダムな条件での 100 ケースについて構築し、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 1,000~4,000 m/s、深度 2,000 m で 2,500~5,500 m/s、深度 6,000 m で 4,000~7,000 m/s、深度 20,000 m で 5,500~8,500 m/s をランダムに選択した。

構築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。反復回数の設定においては、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。

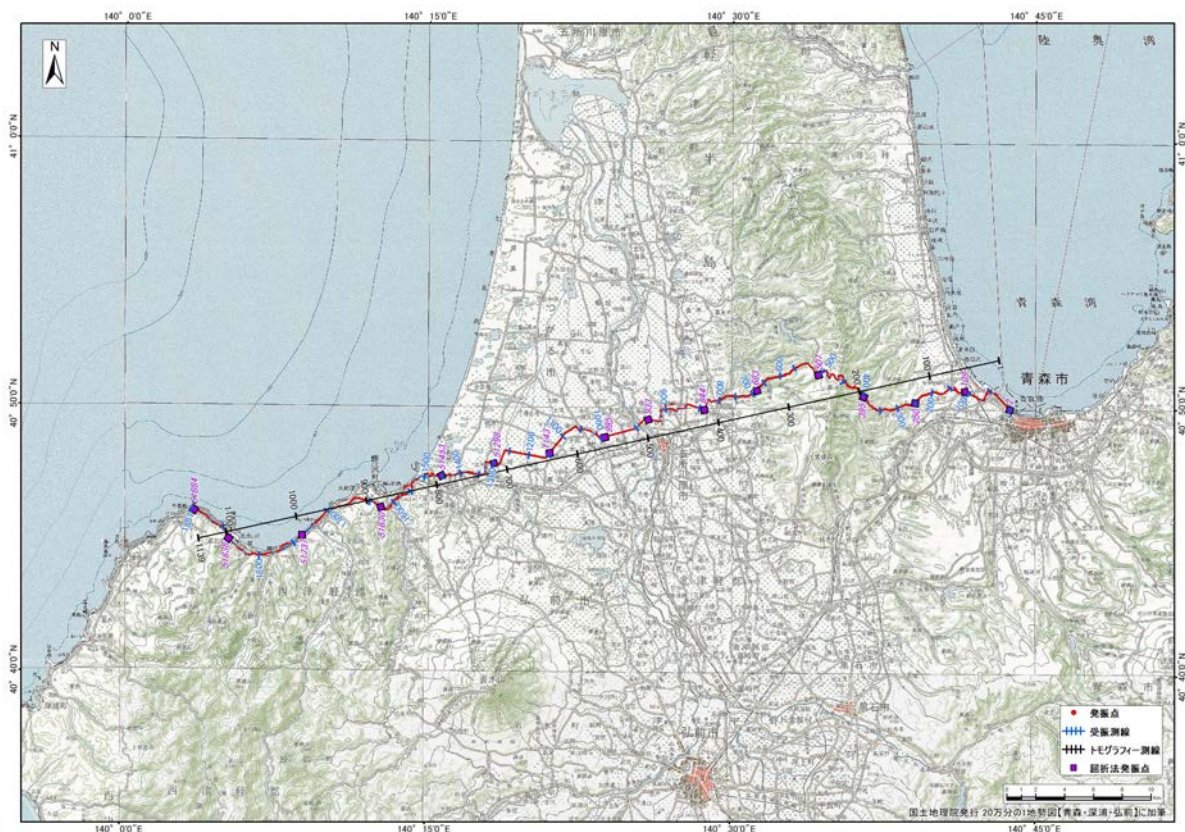


図 35 トモグラフィック解析投影測線

表 4 屈折法データ解析パラメータ

Survey Name		2020 Trans Tsugaru Peninsula
Line Name		TD20-TGR
Analysis		屈折法データ解析
Projection Line Definition	Starting Point (Easting,Northing)	(-1560,15980)
	Ending Point (Easting,Northing)	(-57100, 3580)
Inversion Parameter	Method	Turning Ray Tomography
	Inversion Algorhythm	Simultaneous Iterative Reconstruction Method
	Traveltime Calcuration	Linear Traveltime Interpolation
	Grid Size in Lateral Direction	200m
	Grid Size in Vertical Direction	200m
	# of Grids in Lateral Direction	285
	# of Grids in Vertical Direction	103
	# of Segments along Lateral Cell Boundary	20
	# of Segments along Vertical Cell Boundary	20
	Effective Range from center location of raypath	200m
	Number of Iteration	15
	Threshold for Slowness Correction	30%
	Allowance for Velocity Reversal	Allowed
	Smoothing in Lateral Direction	13 grids
	Smoothing in Vertical Direction	7 grids
Initial Model Definition	Condition of Model Generation	Linear Gradiet Models at Random
	Number of Models	100
	Velocity Range	Surface : 1000 - 4000m/s at 2000m : 2500 - 5500m/s at 6000m : 4000 - 7000m/s at 20000m : 5500 - 8500m/s

iii) トモグラフィ解析結果

100 ケースの初期速度構造モデルから得られた結果の平均をとってトモグラフィックインバージョンによる最終的な速度分布とした。全ての初期モデルに対して走時誤差が収束していることを確認した (図 37)。100 ケースのモデルに対するトモグラフィックインバージョン結果から計算される速度分布・標準偏差分布・平均波線密度、およびその平均速度分布を初期モデルとした解析により得られた最終的な速度分布・波線密度を波線の存在する部分のみ表示した (図 38)。

反射法標準処理及び CRS 処理によって得られたそれぞれの重合後マイグレーション適用後深度断面図と、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 39、40)。

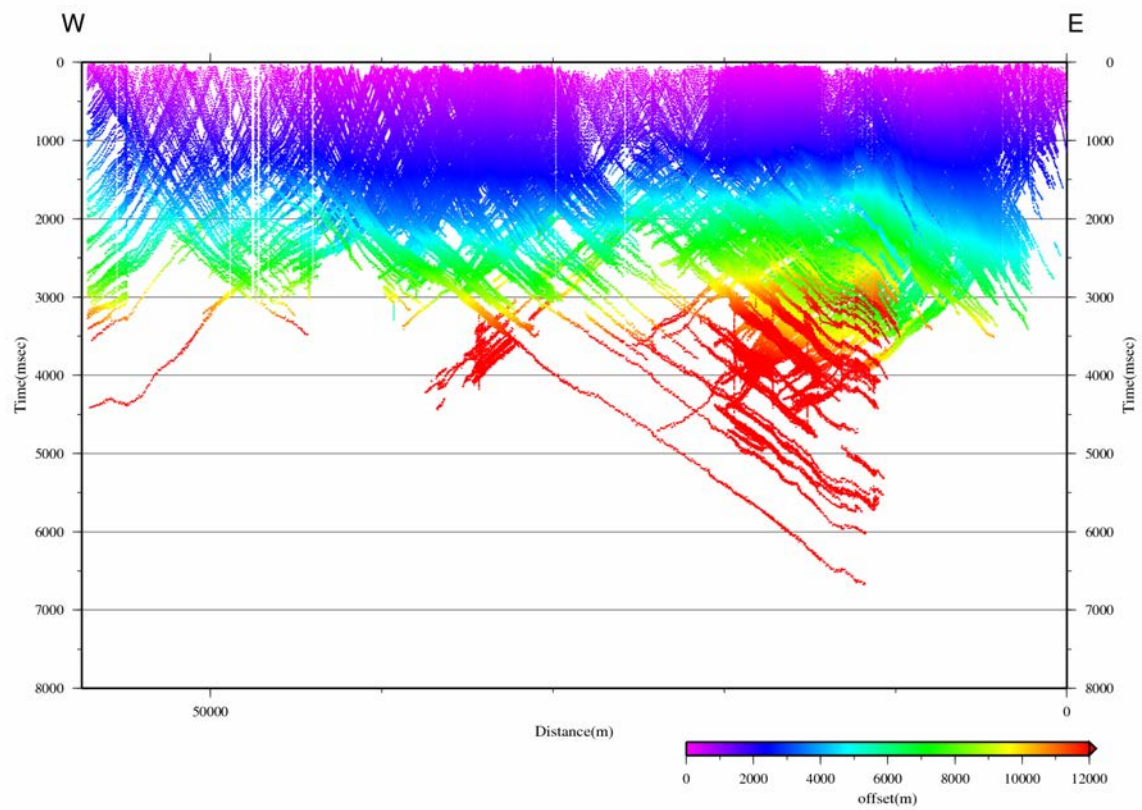


図 36 屈折初動読み取り図

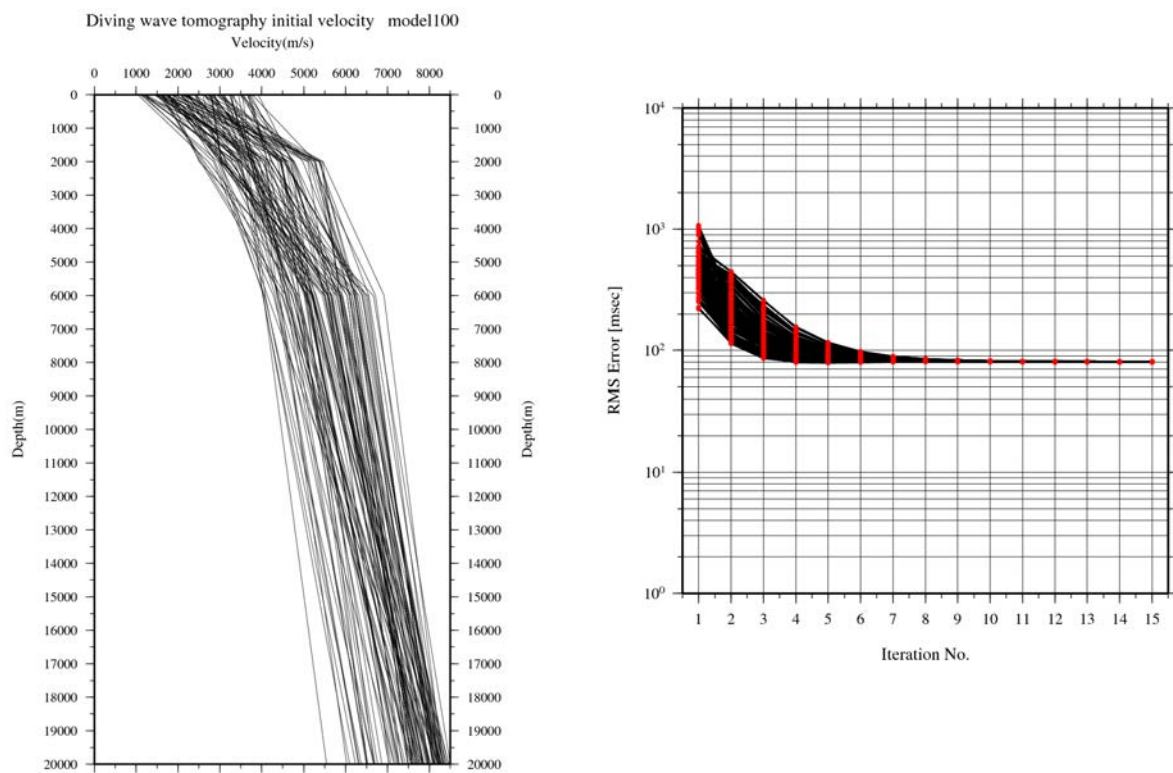


図 37 トモグラフィ解析における初期モデル群と走時誤差の収束
 (左) トモグラフィ解析における初期モデル群、(右) 走時誤差の収束。

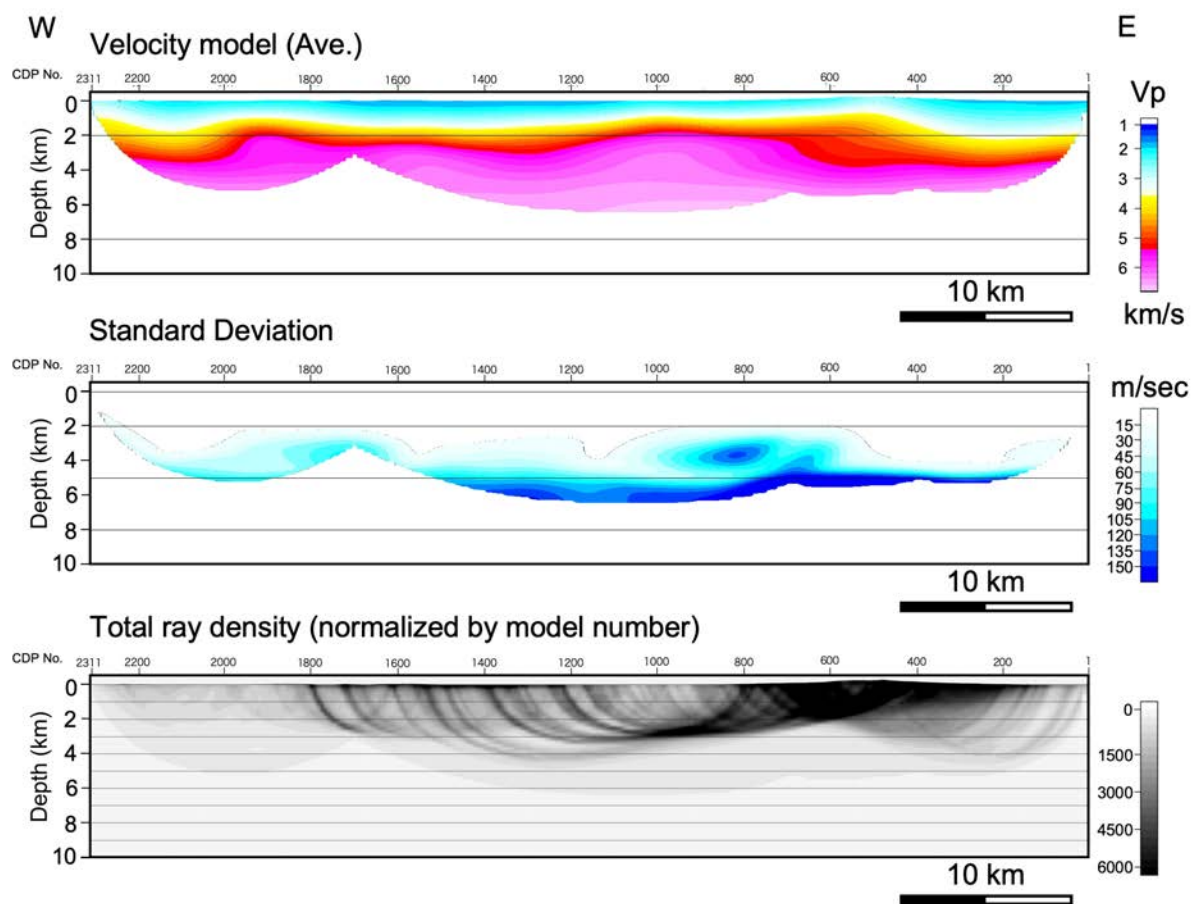


図 38 トモグラフィ解析結果（速度分布、標準偏差、波線密度）

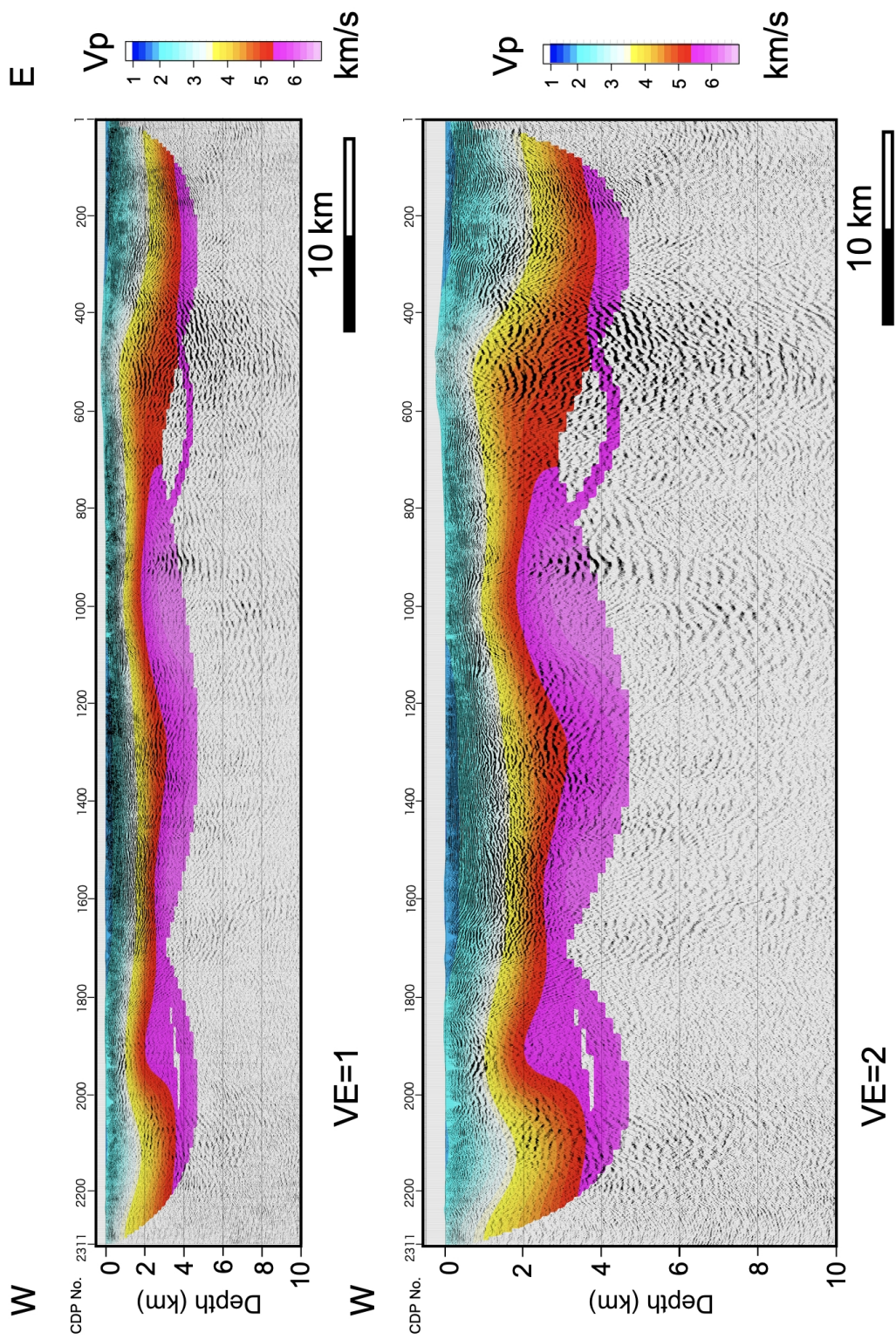


図 39 重ね後マイグレーション深度変換断面と屈折トモグラフィによる速度構造の重ね合わせ
 上段: 垂直誇張なし、下段: 垂直誇張 2 倍

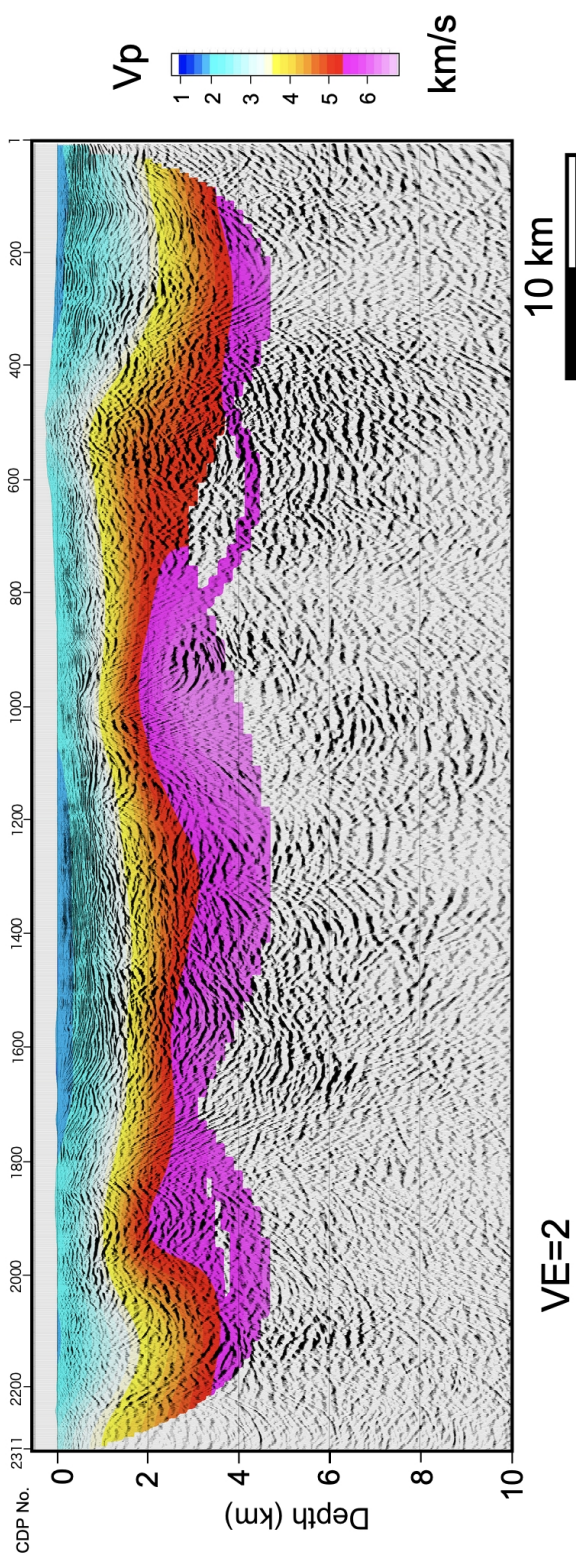
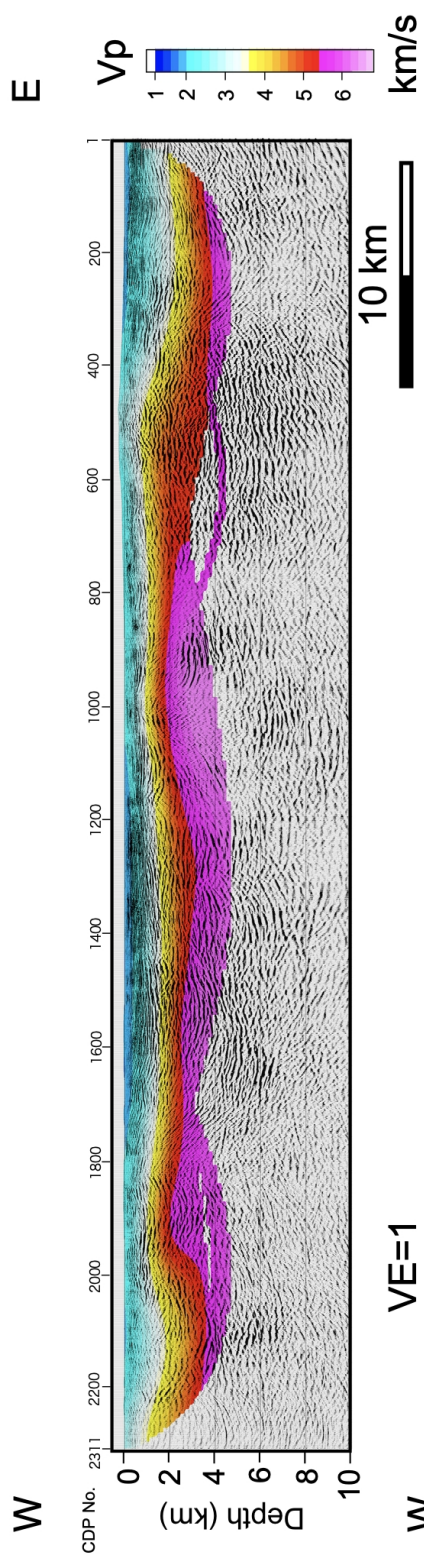


図 40 MRDS 重合後マイグレーション深度変換断面と屈折トモグラフィによる速度構造の重ね合わせ
 上段: 垂直誇張なし、下段: 垂直誇張 2 倍