

e) 屈折法データ解析

約 135km の測線長に亙る長大展開で取得されたダイナマイト発振点 4 点、バイブレータ集中発振 10 点の計 16 点の屈折法(広角反射法)データに関して、改良型タイムターム法及び波線追跡法によって解析作業を実施した。以下にその結果を示す。図 74 に屈折波データ解析に関する処理フローを示した。尚、屈折法データ解析は、大阪平野、伊勢平野における先新第三系基盤面までの堆積平野の構造把握を目的とした解析と、地殻上部の概括的な広域構造の把握を目的とした解析に大別できる。

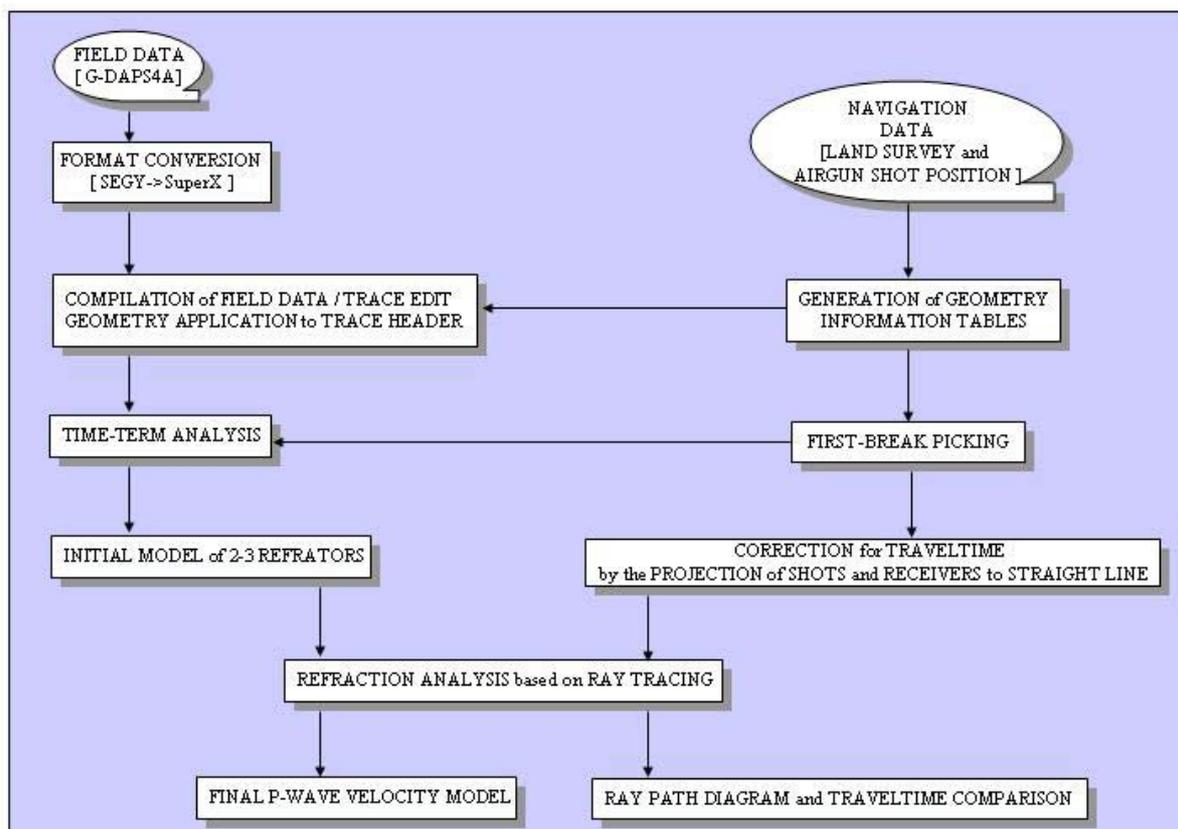


図 74 屈折法データ処理フローチャート

i) データ編集(Format Conversion and Data Compilation)

有線テレメトリーシステム G-DAPS4A 展開区間及び独立型受振システム MS-2000D の展開区間で取得されたデータを編集、結合し、各発振記録を構築した。MS-2000D で取得されたデータについては具体的に、以下のコンパイル作業を順次行った。

有線テレメトリーシステムの記録装置でデータ収録時に取得した GPS 刻時装置による記録開始時間と記録長をもとにデータ抽出が行われた。

バイブレータ集中発振記録に関しては、ノイズエディットを伴う'Diversity Edit'及び垂直重合処理が実施された。この際のノイズエディットパラメータは、ウィンドー長=16.0 秒、冪乗係数=3.0 である。重合数は実際のスイープ回数に応じて 100~200 回である。

但し、'Diversity Edit'は相互相関後のデータについて適用された。

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

SuperX トレースヘッダー(JGI Internal Format)に関して、発振点及び受振点のインデックス、座標、標高値、オフセット距離等の測線情報を入力した。座標系は'Bessel'楕円体に準拠した座標値を UTM54 系に投影した値が用いられた。

iii) 屈折初動の読み取り(First Break Picking)

図 11 に示したように、広域測線西部の大阪平野市街地におけるノイズレベルは、交通量の少ない宇治田原-甲賀地域と比較して夜間においても 20~24dB 高い。本解析では全区間での屈折初動読み取りを目的として、バンドパスフィルター(6-15Hz)、振幅調整(AGC(2000msec))、トレース移動平均(5 トレース)及びサンプル値の冪乗(3.0)等の強調処理を行った。屈折波初動の読み取りは、会話型システム(地球科学総合研究所ソフトウェア'iRAS')によって行った。読み取った屈折波について、その走時曲線を図 75 に示す。但し、この図において示した屈折初動読み取り値は、後述の直線測線への投影と屈折初動走時の修正を実施してはいない原データの値である。

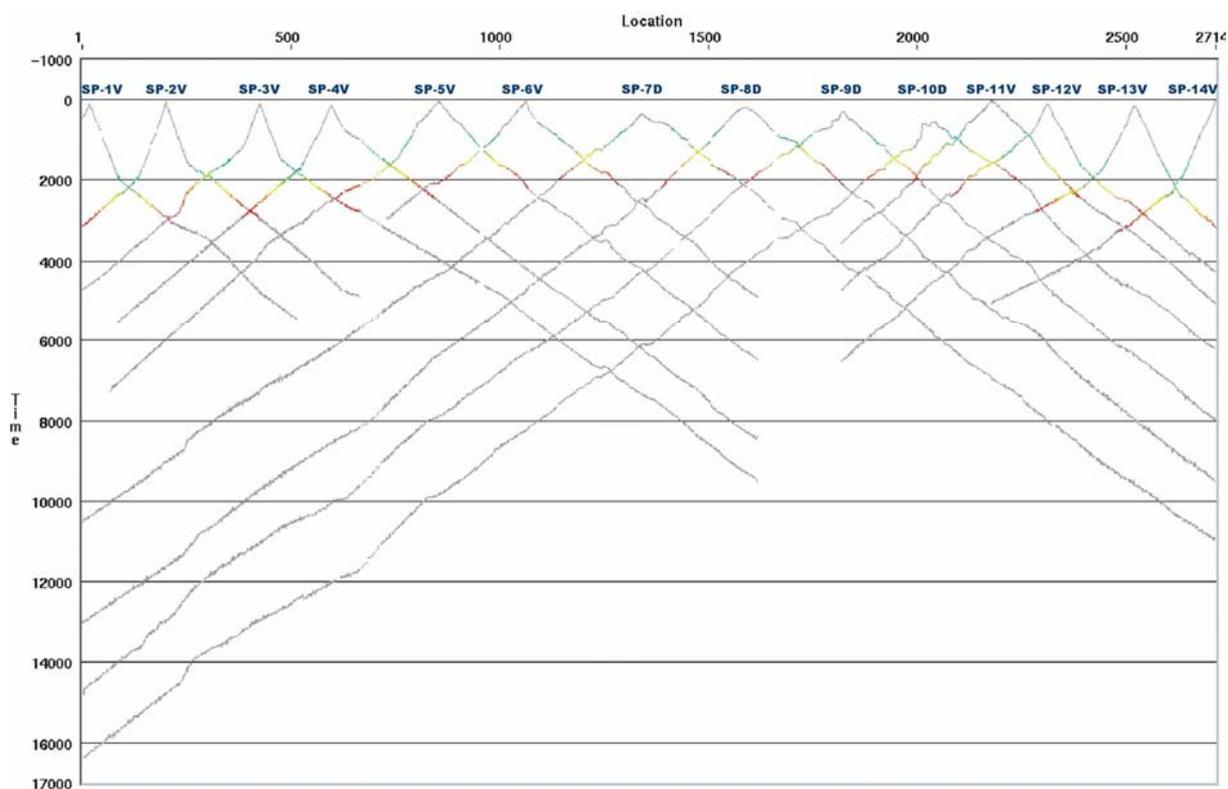


図 75 屈折初動読取値
ダイナマイト及びバイブレータ屈折法発振データ

iv) 改良型タイムターム法による屈折波解析

(Refraction Analysis based on Modified Time-term Method)

計 14 点の屈折波データについて改良型タイムターム法による解析を行い、受振点及び発振点タイムターム値と屈折面速度を算出した。長大展開データに対してタイムター

ム法を適用する場合、屈折面の傾斜による見掛け速度の変化については考慮されていない。また、解析結果として得られる屈折面形状は受振点直下にマッピングされるため、マイグレーション処理を適用する必要がある。従って、タイムターム法で得られる構造モデルは、大局的な構造変化を反映したものと考える必要がある。尚、この改良型タイムターム法解析には、以下のパラメータが採用された。

初動読み取り位相..... 正のピーク位置(パイブレータ)、
立下り位置(ダイナマイト)

屈折波インバージョンに用いるオフセット距離(第2層)→2.0-10.0km(‘Space-variant’)

屈折波インバージョンに用いるオフセット距離(第3層)→10.0-80.0km(‘Space-variant’)

表層基底速度を求める際のブロック区分→25km

図76及び図77に二層構造を仮定した改良型タイムターム法による解析結果(タイムターム、速度分布、深度構造)を大阪平野及び伊勢平野について示す。第一層速度については、大阪、甲賀低重合及び鈴鹿測線の反射波データ処理で得られた速度解析結果によって代替した。また、図78に、三層構造を仮定した改良型タイムターム法による広域屈折データに対する解析結果を示す。

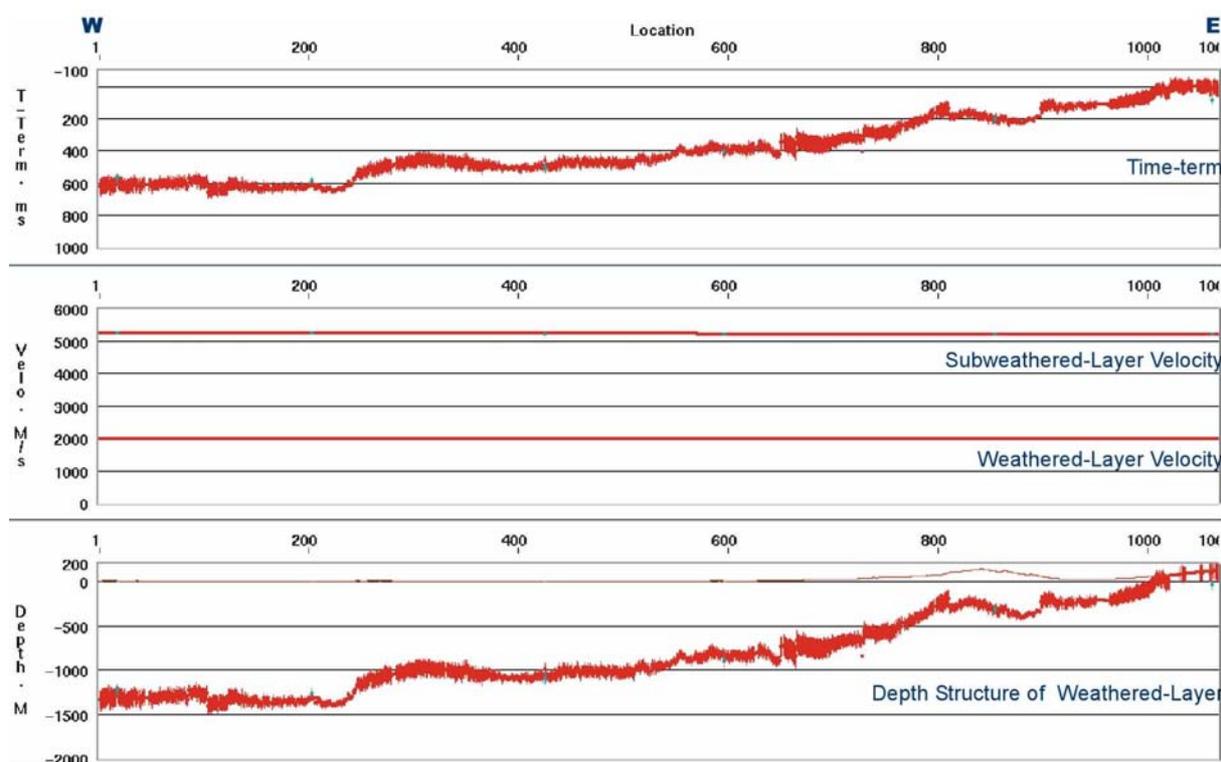


図 76 大阪平野屈折法解析結果 長大オフセットデータを用いたタイムターム法解析結果 (先新第三系基盤構造)

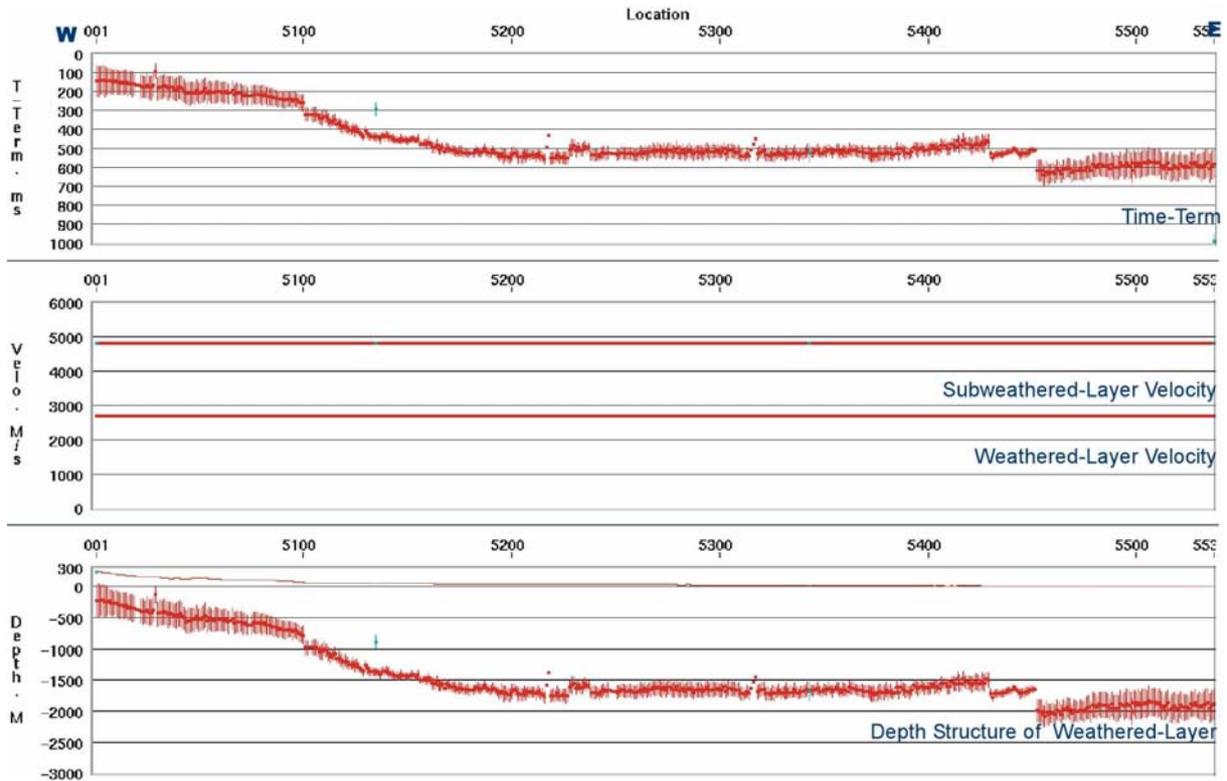


図 77 伊勢平野屈折法解析結果 長大オフセットデータを用いたタイムターム法解析結果 (先新第三系基盤構造)

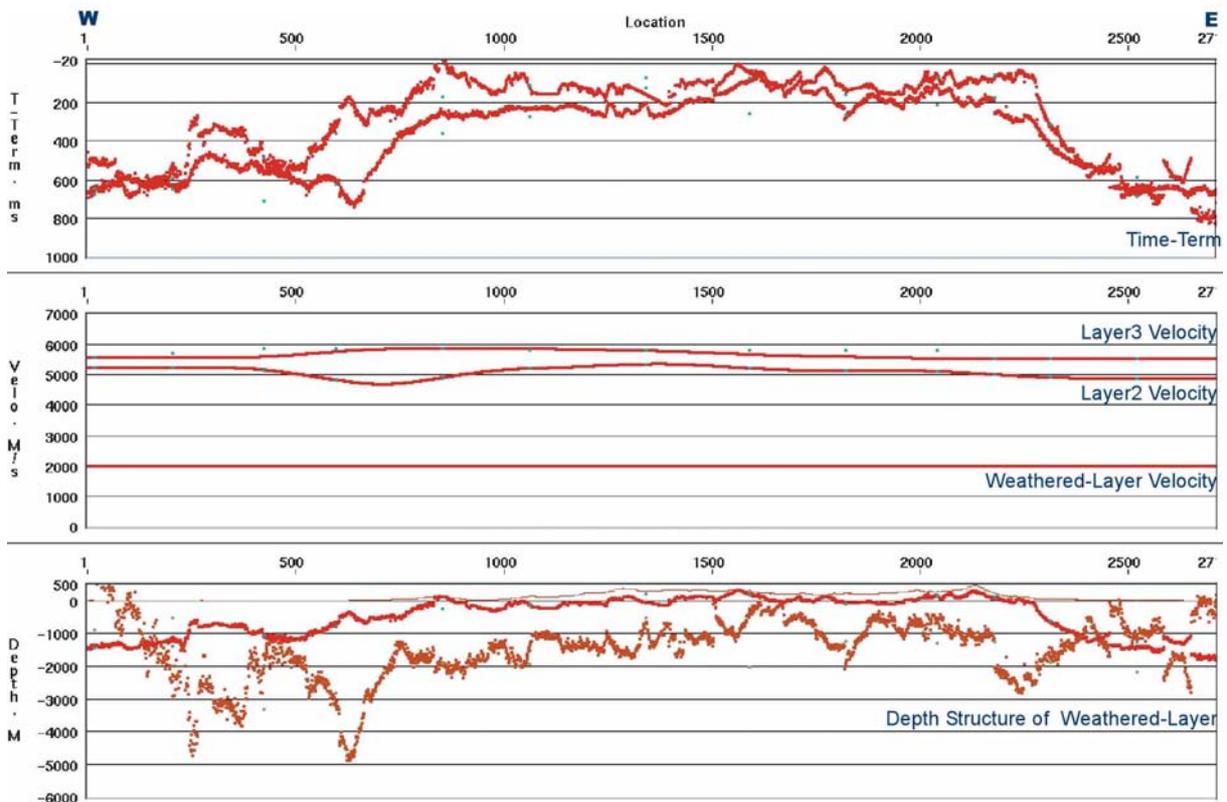


図 78 広域屈折法解析結果 長大オフセットデータを用いたタイムターム法解析結果 (上部地殻構造)

v) 直線測線への投影と屈折初動値の修正

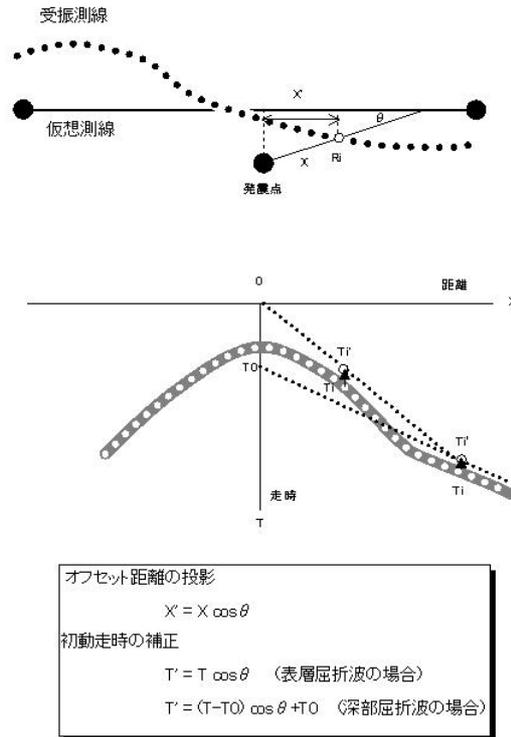
(Modification of First-break by Projection of Shots and Receivers to Straight Line)

本来、発振点-受振点間の可逆性を前提とした屈折法解析では直線測線を前提としている。従って、波線追跡による屈折初動解析を実施する前に、仮想直線測線へのオフセット補正及び走時補正を下式に従って適用した。

$$X_{md} = X \cos \theta \quad (7)$$

$$T_{md} = T_{ic} + (T - T_{ic}) \cos \theta \quad (8)$$

ここに、 X_{md} , X , T_{md} , T_{ic} , T , θ はそれぞれ、投影測線上の受振点-発振点オフセット距離、受振測線上の受振点-発振点オフセット距離、投影処理後の屈折波走時、解析対象である屈折波のインターセプト時間、読み取り屈折波走時、及び受振点-発振点アジマスと投影測線間の角度として定義される。図 79 に、屈折初動走時に関する直線投影と走時補正の概念図を示す。



仮想測線投影によるオフセット距離と読取走時の補正

図 79 仮想測線投影によるオフセット距離と読取走時の補正

vi) 波線追跡法による屈折波解析 (Refraction Analysis based on Ray Tracing)

波線追跡法による屈折波解析においては、以下の情報及び地質学的知見をもとにモデ

ル構築を実施した。

図 80、81 に大阪平野屈折法解析における初期速度構造モデル、最終速度構造モデルを示した。また、図 82、83 及び図 84、85 に伊勢平野屈折法解析及び広域屈折法解析における同様の図面を示した。但し、広域屈折法解析については、ダイナマイト発振点が広域測線中央部の甲賀地域に限定され、大阪平野及び伊勢平野における屈折発振点はオフセット距離が制約されたバイブレータ集中発振点であったため、各堆積平野部について先新第三系基盤以深の上部地殻内における有意な屈折面を抽出することは困難であった。

図 86、87、図 88、89 及び図 90、91、92 に観測走時、最終速度構造モデルを仮定して計算した理論走時の比較図面を、大阪平野屈折法解析、伊勢平野屈折法解析及び広域屈折法解析について示す。

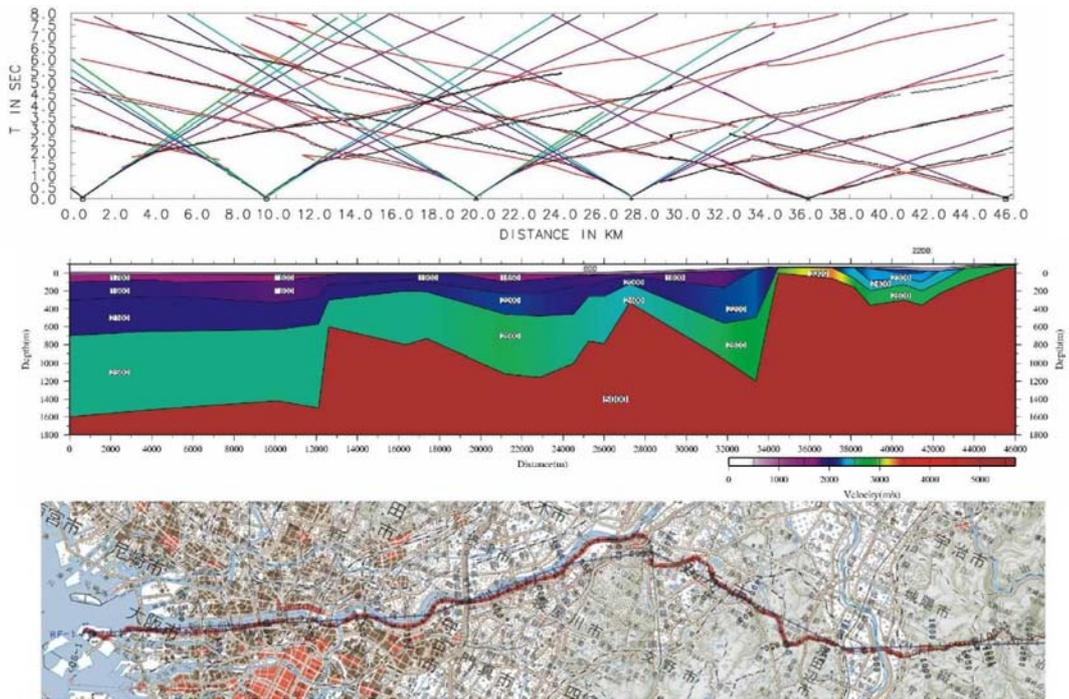


図 80 大阪平野屈折波法解析結果 波線追跡解析結果[初期速度構造モデル]

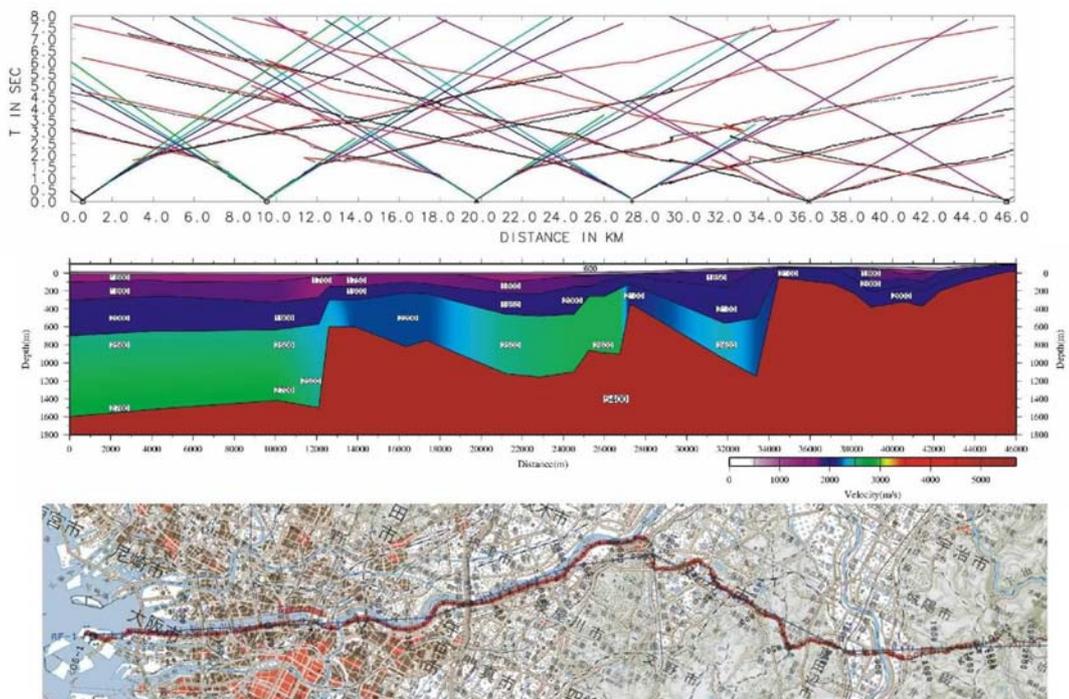


図 81 大阪平野屈折波法解析結果 波線追跡解析結果[最終速度構造モデル]

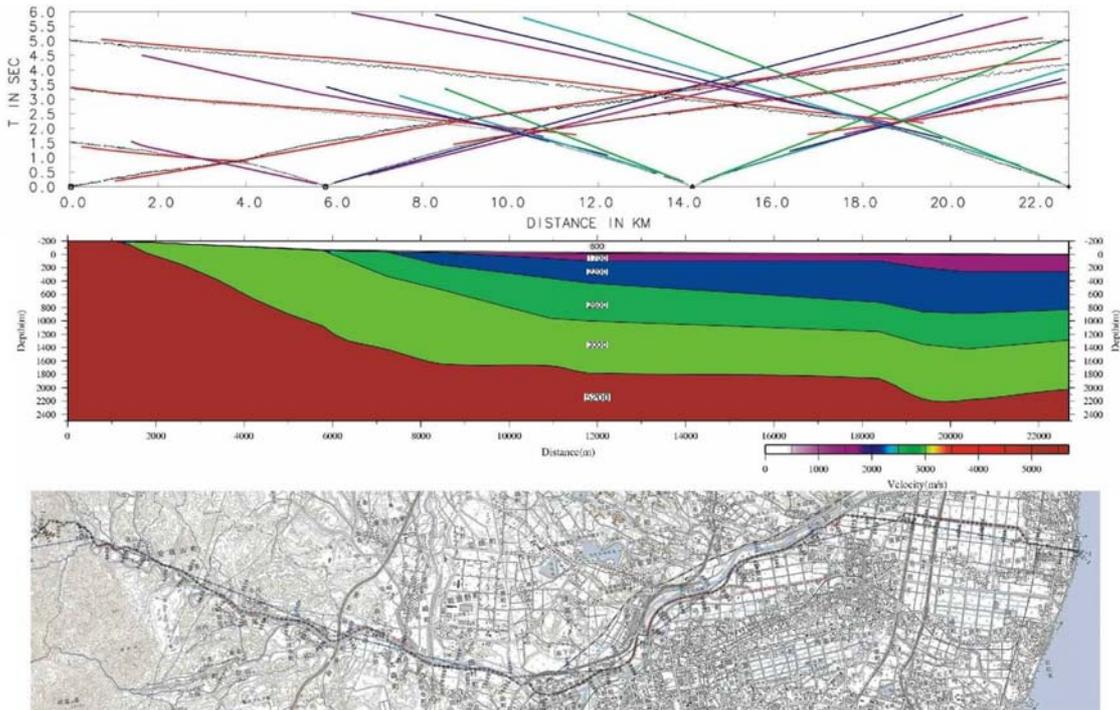


図 82 伊勢平野屈折波法解析結果 波線追跡解析結果[初期速度構造モデル]

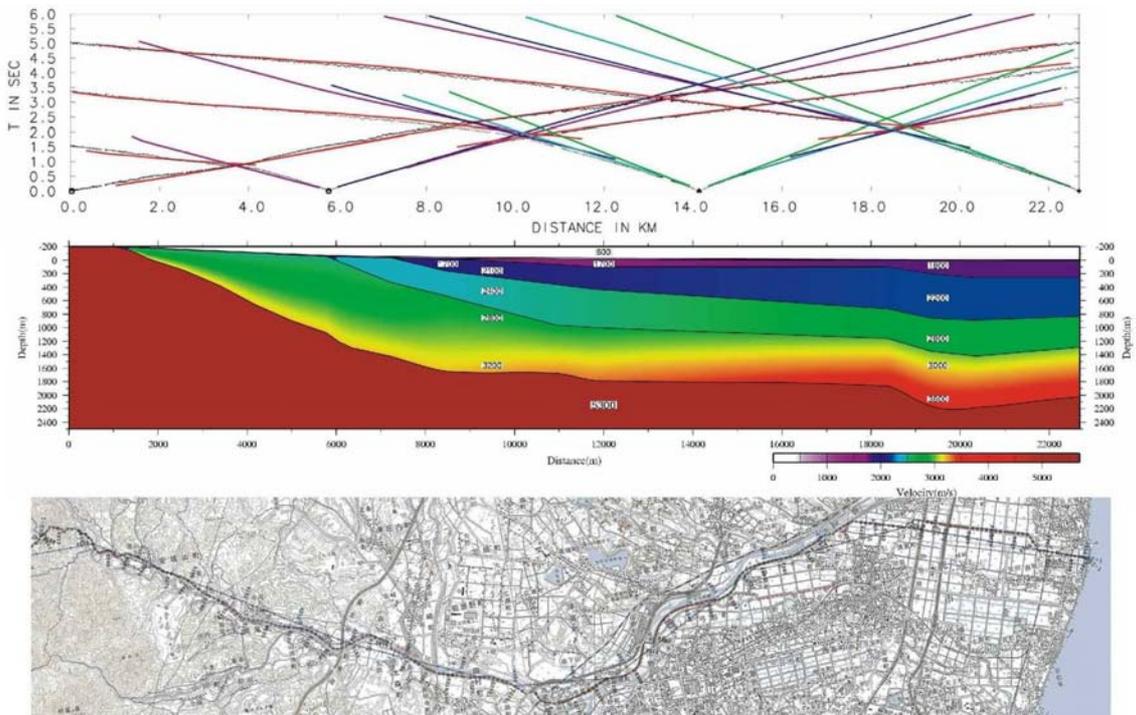


図 83 伊勢平野屈折波法解析結果 波線追跡解析結果[最終速度構造モデル]

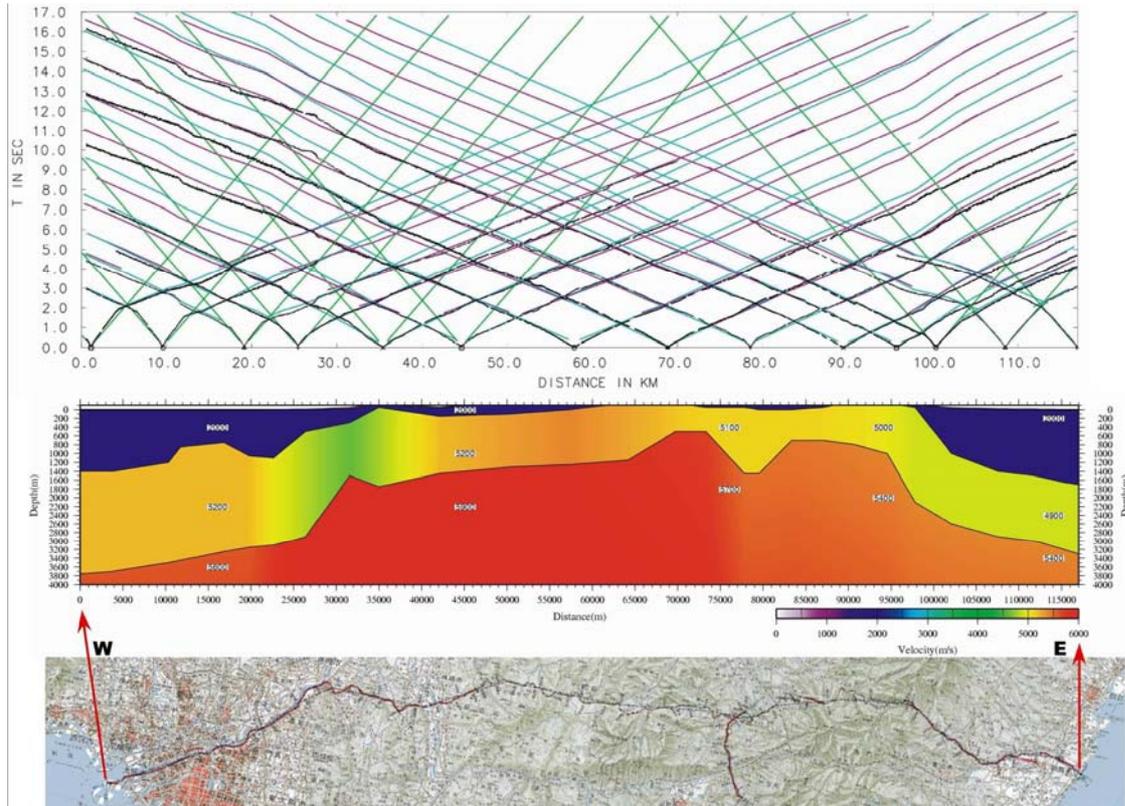


図 84 広域屈折法解析結果 波線追跡解析結果[初期速度構造モデル]

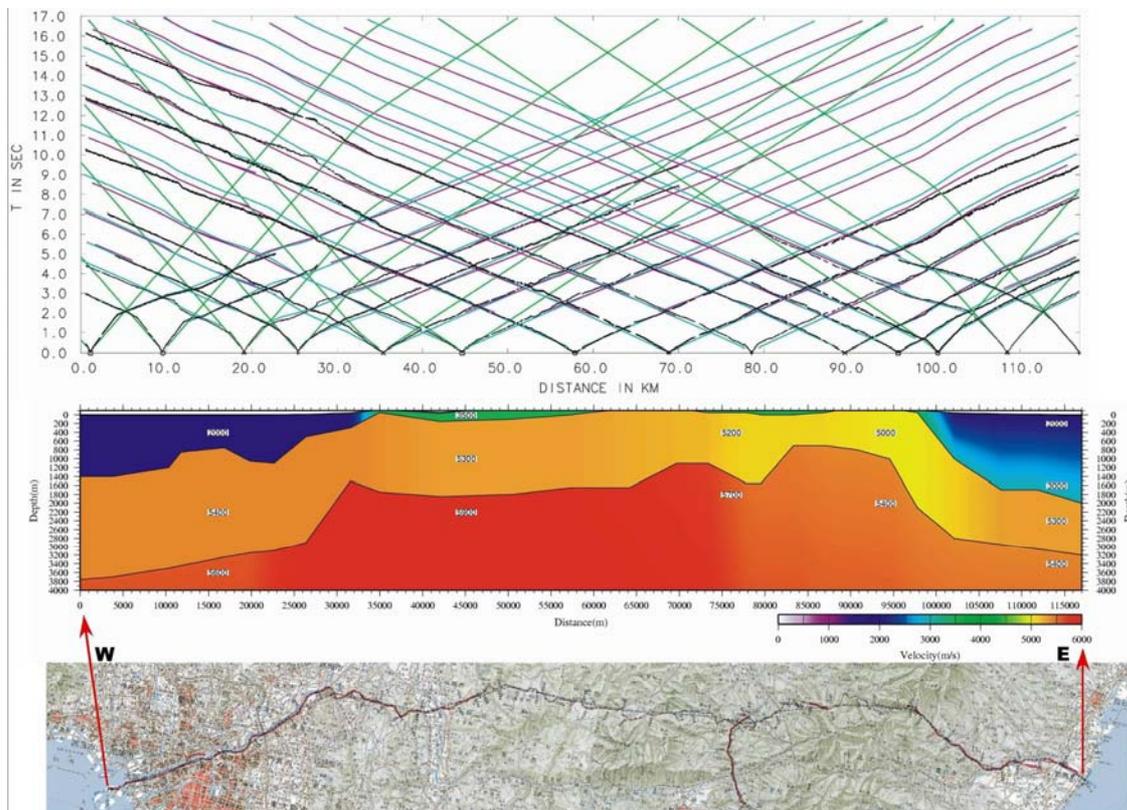


図 85 広域屈折法解析結果 波線追跡解析結果[最終速度構造モデル]

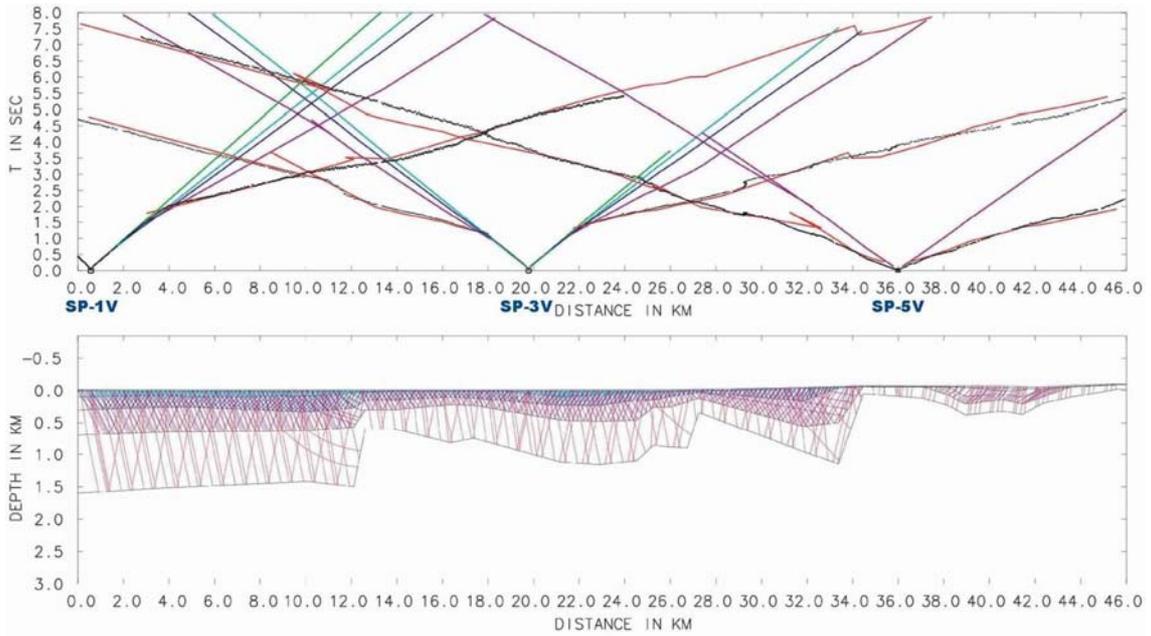


図 86 大阪平野屈折波法解析結果 発振点別の波線追跡解析結果[走時曲線、速度構造モデル及び確定波線 [4-1]SP-1V, SP-3V, SP-5V

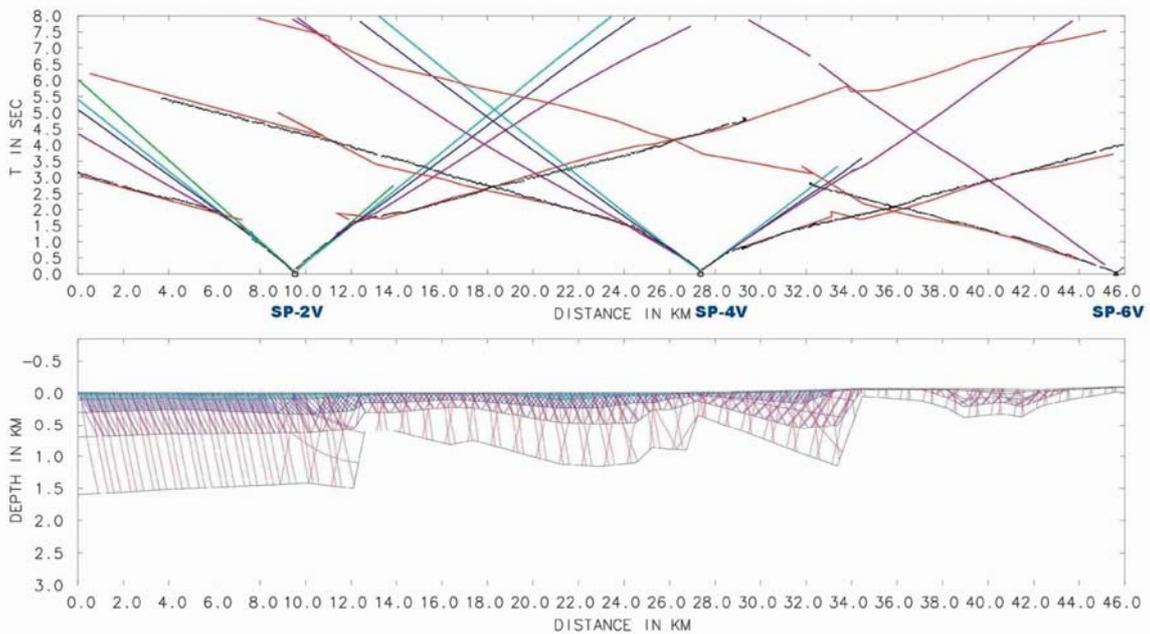


図 87 大阪平野屈折波法解析結果 発振点別の波線追跡解析結果 走時曲線,速度構造モデル及び確定波線 [4-2]SP-2V,SP-4V, SP-6V

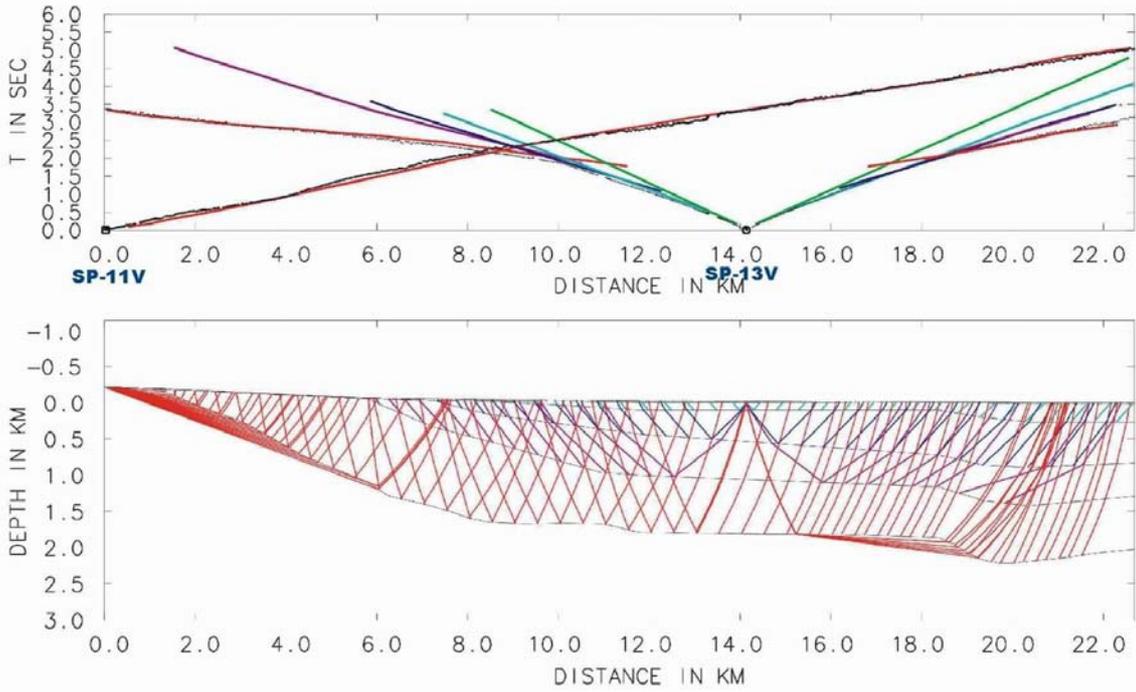


図 88 伊勢平野屈折波法解析結果 発振点別の波線追跡解析結果[走時曲線、速度構造モデル及び確定波線 [4-1]SP-11V,SP-13V

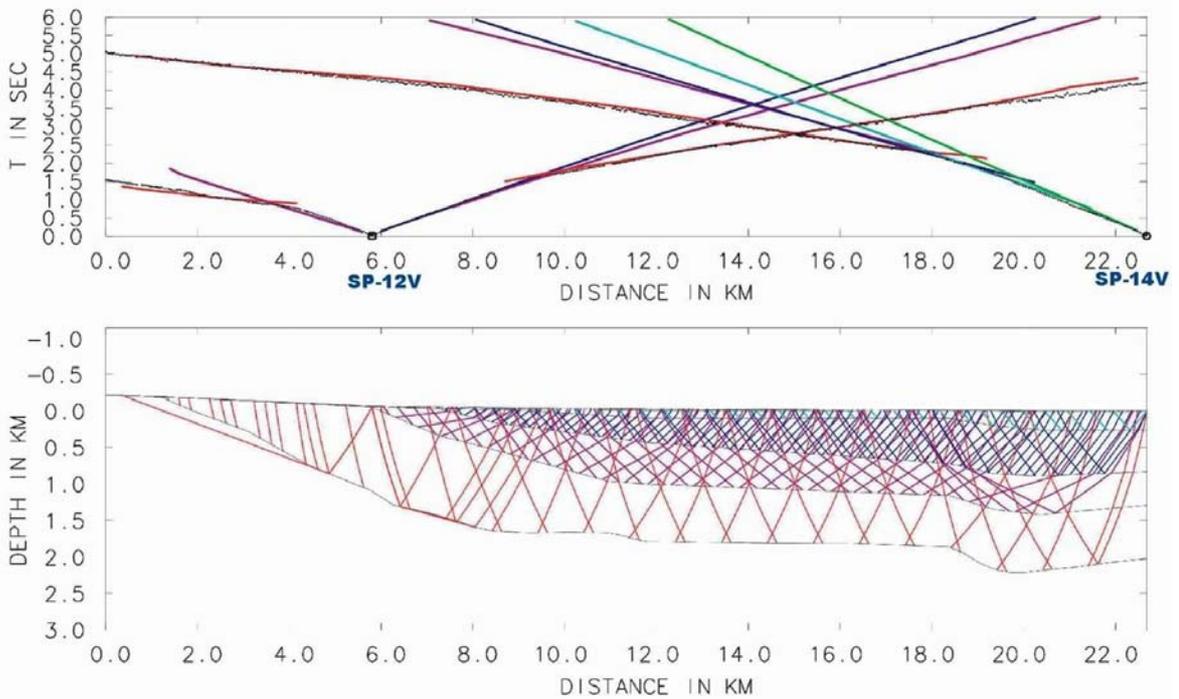


図 89 伊勢平野屈折波法解析結果 発振点別の波線追跡解析結果 走時曲線、速度構造モデル及び確定波線 [4-2]SP-12V,SP-14V

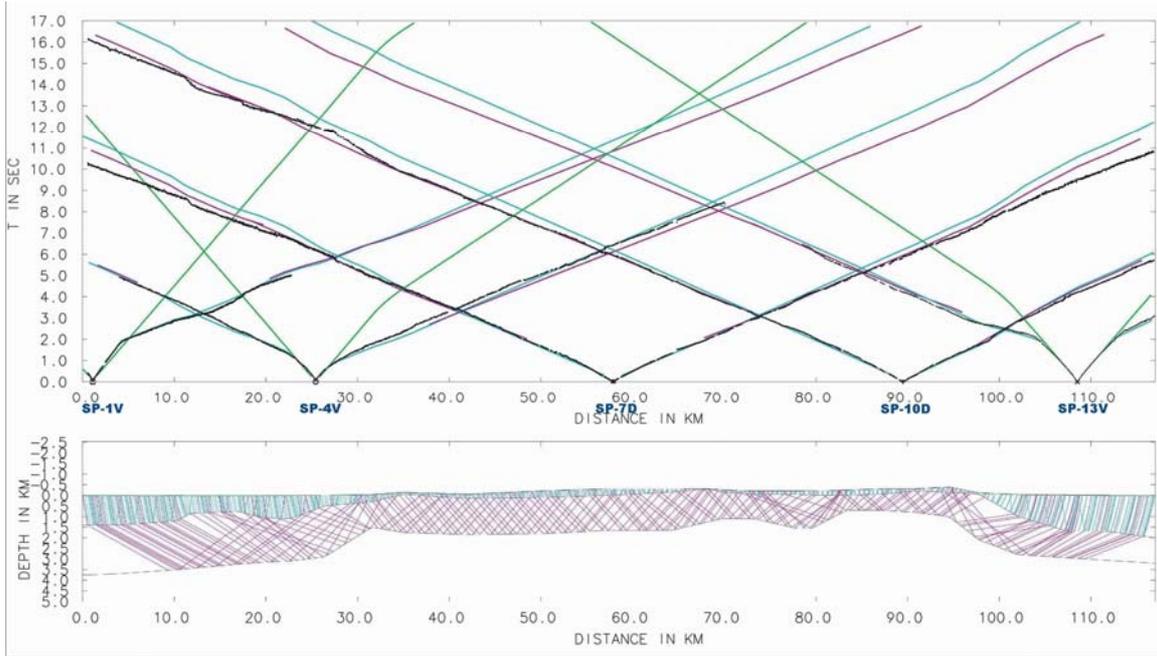


図 90 広域屈折法解析結果

発振点別の波線追跡解析結果[走時曲線、速度構造モデル及び確定波線]
(SP-1V, SP-4V, SP-7D, SP-10D 及び SP-13V)

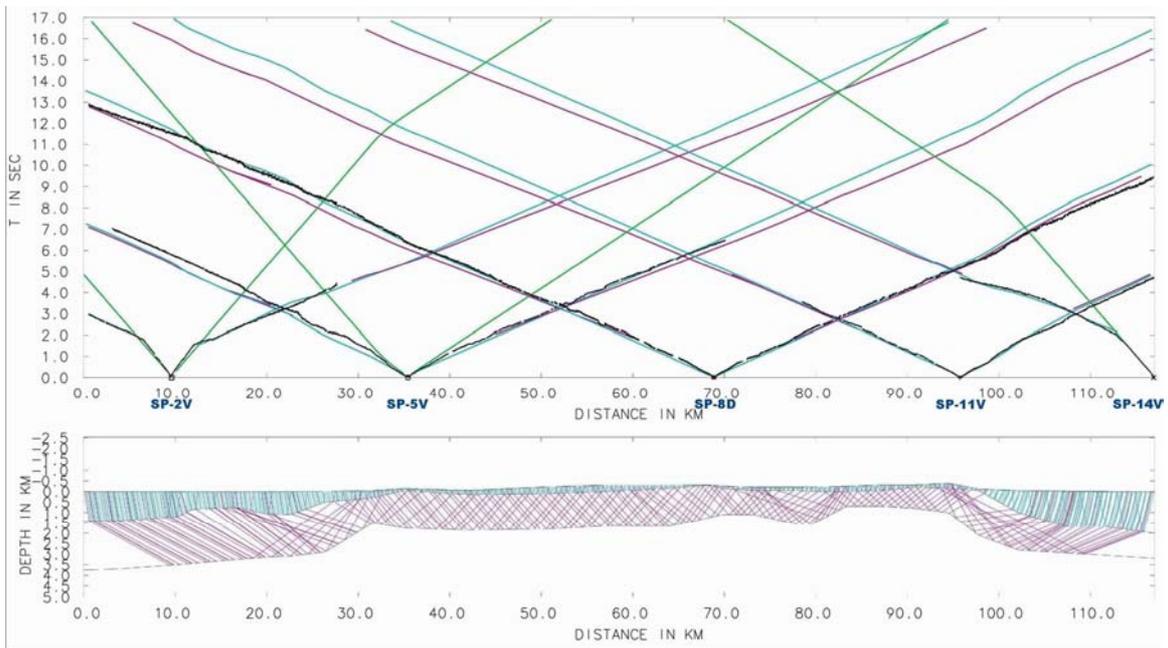


図 91 広域屈折法解析結果

発振点別の波線追跡解析結果[走時曲線、速度構造モデル及び確定波線]
(SP-2V, SP-5V, SP-8D, SP-11V 及び SP-14V)

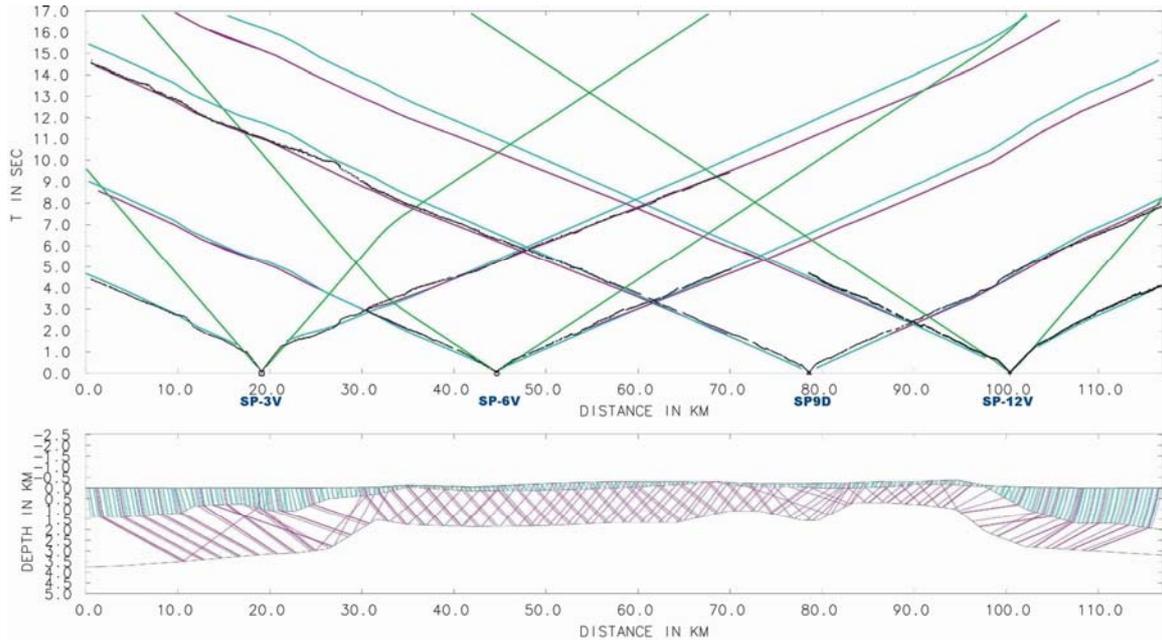


図 92 広域屈折法解析結果

発振点別の波線追跡解析結果[走時曲線、速度構造モデル及び確定波線]
(SP-3V, SP-6V, SP-9D, SP-12V)

f) 広角反射法データ解析

広角反射法データの解析対象は屈折波データ(計 16 発振点)であり、基本的な処理パラメータは a 節で述べた反射法データ解析のものと同一である。データ解析フローに関しては、図 93 に示した。以下に、反射法データ解析のものと異なる解析パラメータについて記述する。

i) データ編集(Format Conversion and Data Compilation)

有線テレメトリーシステム G-DAPS4A 展開区間及び独立型受振システム MS-2000D の展開区間で取得されたデータを編集、結合し、各発振記録を構築した。MS-2000D で取得されたデータについては具体的に、以下のコンパイル作業を順次行った。

有線テレメトリーシステムの記録装置でデータ収録時に取得した GPS 刻時装置による記録開始時間と記録長をもとにデータ抽出が行われた。

バイブレータ集中発振記録に関しては、ノイズエディットを伴う 'Diversity Edit' 及び垂直重合処理が実施された。この際のノイズエディットパラメータは、ウィンドー長=16.0 秒、冪乗係数=3.0 である。重合数は実際のスイープ回数に応じて 100~200 回である。但し、'Diversity Edit' は相互相関後のデータについて適用された。

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

e 節と同じくトレースヘッダーに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水面に設定された。CMP 座標は a、b 及び c 節で述べた各反射波データ解析における CMP 重合測線と同一のものが用いられた。

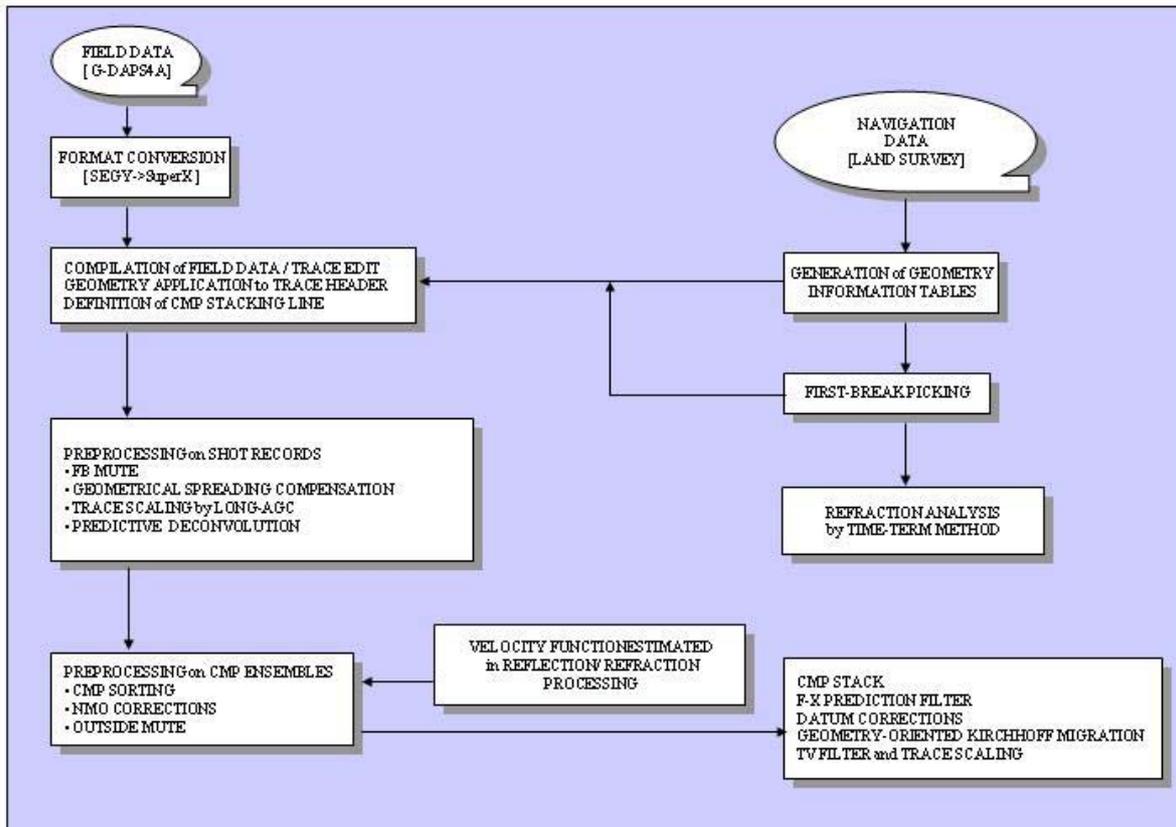


図 93 広角反射法データ処理フローチャート

iii) 初動ミュート (First-break Mute)

強振幅の屈折波初動部分を抑制する目的で、以下のパラメータによる初動抑制処理を実施した。

テーパー長..... 200msec(屈折初動近傍)

iv) デコンボリューション(Deconvolution)

a 節などと同様に、Surface-consistent 型デコンボリューション処理を含めた比較重合テストを通じて、以下のパラメータを採用した。また、デコンボリューション処理のアルゴリズムとして最小位相型を採用した。

予測距離..... 32.0msec

零オフセット位置に於ける設計ゲート.....200~5200msec [Non-TV]

オペレータ長..... 320msec

プリホワイトニングファクター..... 5.0%

尚、デコンボリューション適用に際しては、零位相であるバイブレータ震源のスイープ波形(探鉱機'A/D Decimation Filter(DCF)'及び相互相関処理実施後のスイープ波形)について、最小位相変換処理を適用した。

v) 共通反射点編集(Common Midpoint Sorting)

上述 ii) のパラメータによって、共通反射点の編集が実施された。

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

a 節と同様に処理を行った。反射法処理と異なる点は、この FDP の計算には反射法データ CMP 内のオフセット距離範囲 0 - 5000m というかなり広範囲 (10 倍の範囲) のトレースが用いられたということである。

vii) NMO 補正(Normal Moveout Corrections)

広角反射法データでは重合数が不足しているため、反射法データ解析で通常実施されている定速度重合法による速度解析は困難である。しかしながら、CMP 投影測線上で速度スキャンを行うことで、隣接する発振点で確認できる顕著な反射面の走時及び形状の相関が最も高い速度を最適重合速度としてピックアップすることが可能である。この速度スキャン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。低重合記録に関する速度スキャンは、重合パワーのみではなく、隣接発振点の間で共通した反射面について空間的な接合の程度が速度決定の重要な指標となる。尚、NMO 補正では下記のストレッチミュートが適用された。

ストレッチミュートファクター 5.0

また、深度に対してオフセット距離が大きい広角反射データを扱うために、走時補正に四次の高次項を近似的に含む下記の補正処理を適用した。

$$T = \frac{1}{2}T_0 + \sqrt{\left(\frac{T_0}{2}\right)^2 + \frac{X^2}{2V_{RMS}^2}} \quad (9)$$

ここに、 T, T_0, X, V_{RMS} はそれぞれ、往復走時、垂直往復走時、オフセット距離及び RMS 速度である。

viii) 共通反射点重合(CMP Stack)

重合オフセット距離範囲 100 - 135000m

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

オペレータ長 5 CDPs

空間ウィンドー長 50 CDPs

時間ウィンドー長 500 msec

x) 帯域通過フィルター(Bandpass Filter)

オペレータ長 500 msec

周波数通過帯域往復走時 0.0sec / 通過帯域[3 - 30Hz]

4.0sec / 通過帯域[3 - 25Hz]

16.0sec / 通過帯域[3 - 15Hz]

これらの通過帯域のフィルターパラメータは線型内挿される。

xi) 基準面補正(Datum Corrections)

浮動基準面から基準面への、時間補正が適用された。

xii) キルヒホッフ型時間マイグレーション(Geometry-oriented Kirchhoff 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、キルヒホッフ型時間マイグレーションを適用した。この手法では、重合測線に沿った標高変化と測線の屈曲への対応が可能である。以下に適用パラメータを示す。

最大アパチャー距離.....	10km
最大傾斜角度.....	40 度

xiii) 深度変換(Depth Conversion)

上記の速度スキャン結果及び屈折法によって得られた速度構造を用いて、時間及び空間方向に平滑化した平均速度プロファイルを構築し、'Vertical Stretch'法による深度変換を実施した。

以上の処理ステップを逐次経ることによって、図 94 の広角反射法低重合記録、図 95 の広角反射法低重合マイグレーションプロファイルが得られた。尚、時間マイグレーションに関しては、重合後キルヒホッフ型時間マイグレーション記録、'Shot-panel'に関する差分マイグレーション適用後の重合記録を比較図面として作成した。また、図 96 に、各種マイグレーション記録に関して深度変換を実施した結果を示した。

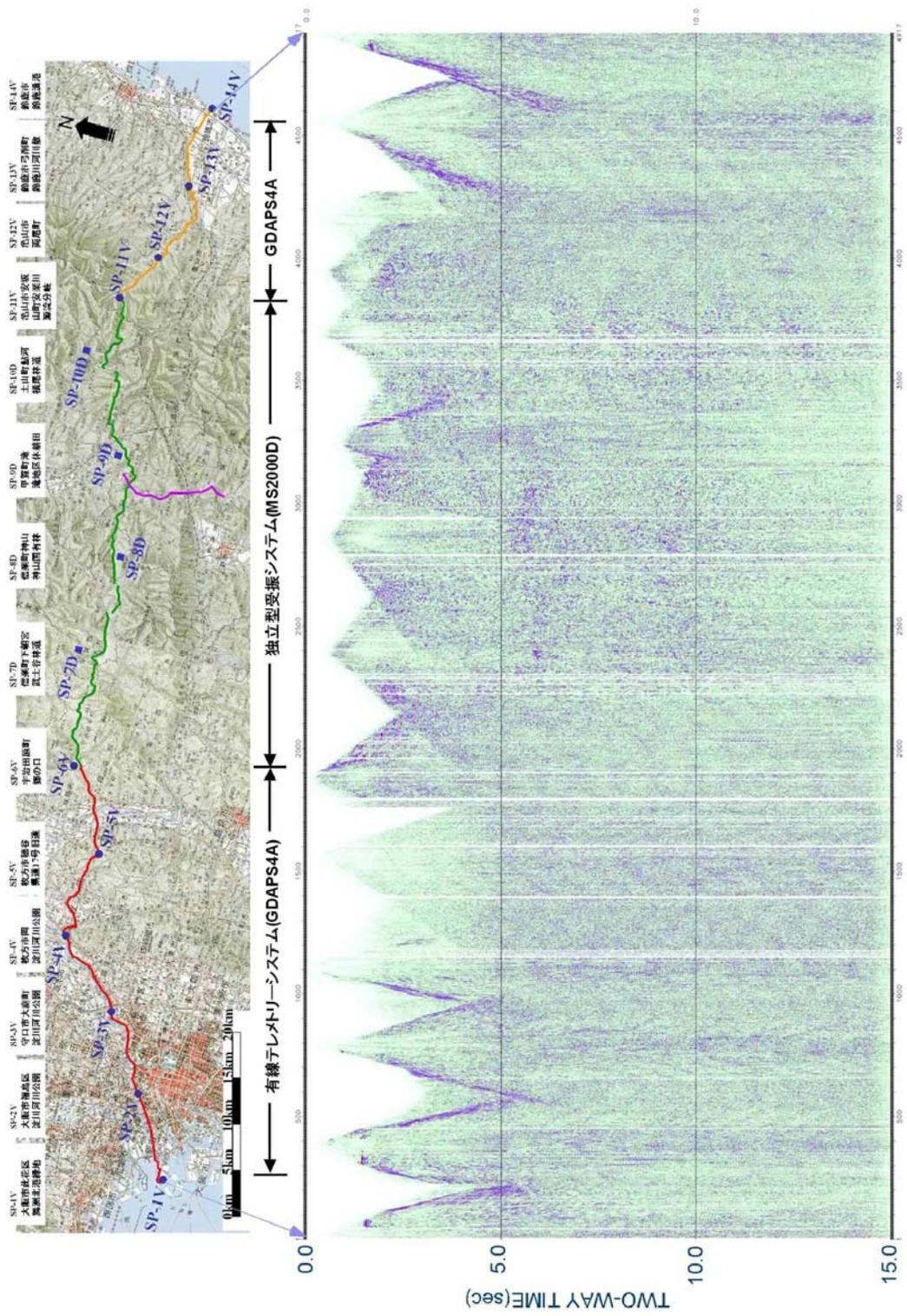


図 94 広角反射法重合処理断面図

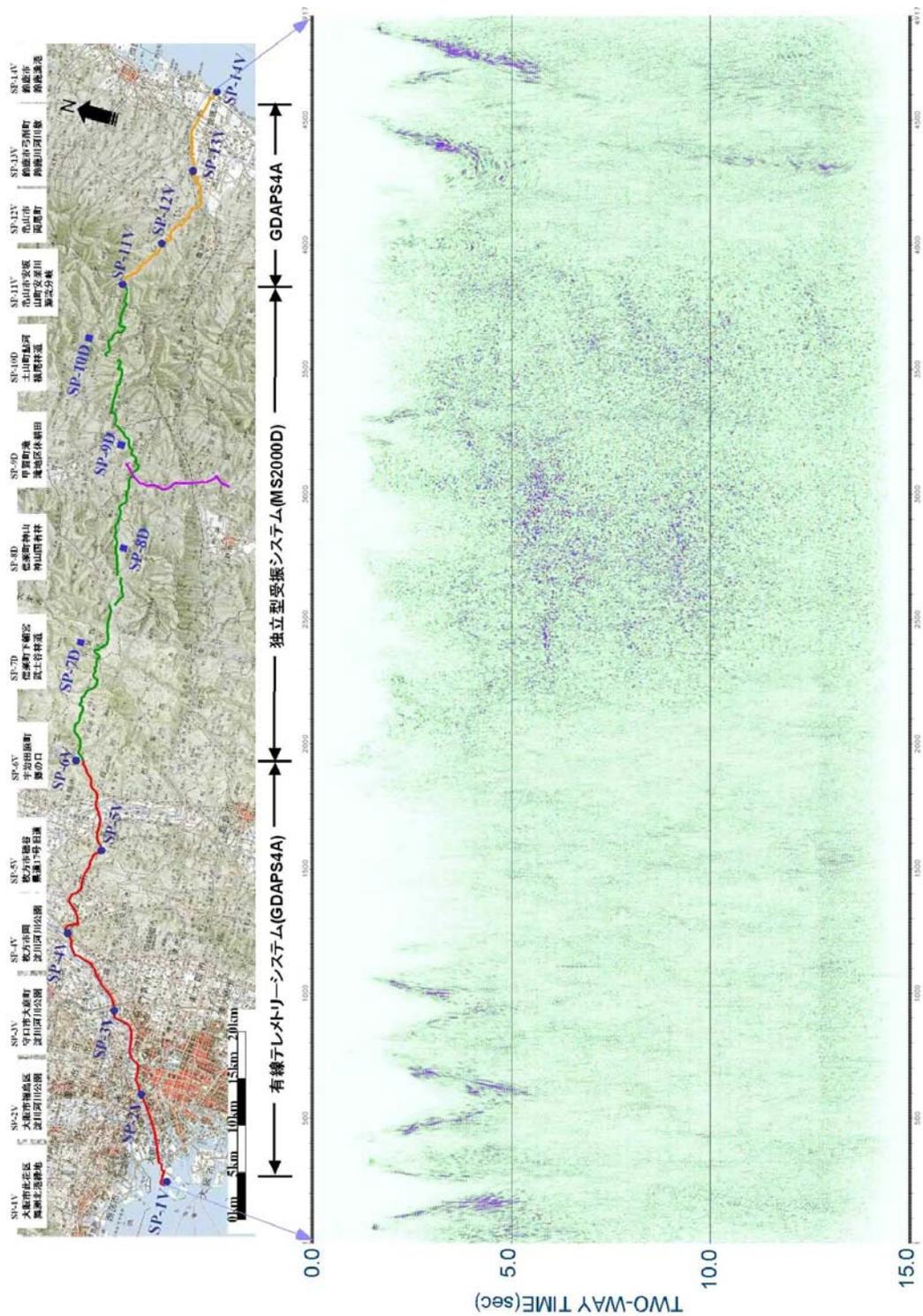


図 95 広角反射法時間マイグレーション処理断面図 [1]
 重合後周波数-空間領域差分マイグレーション

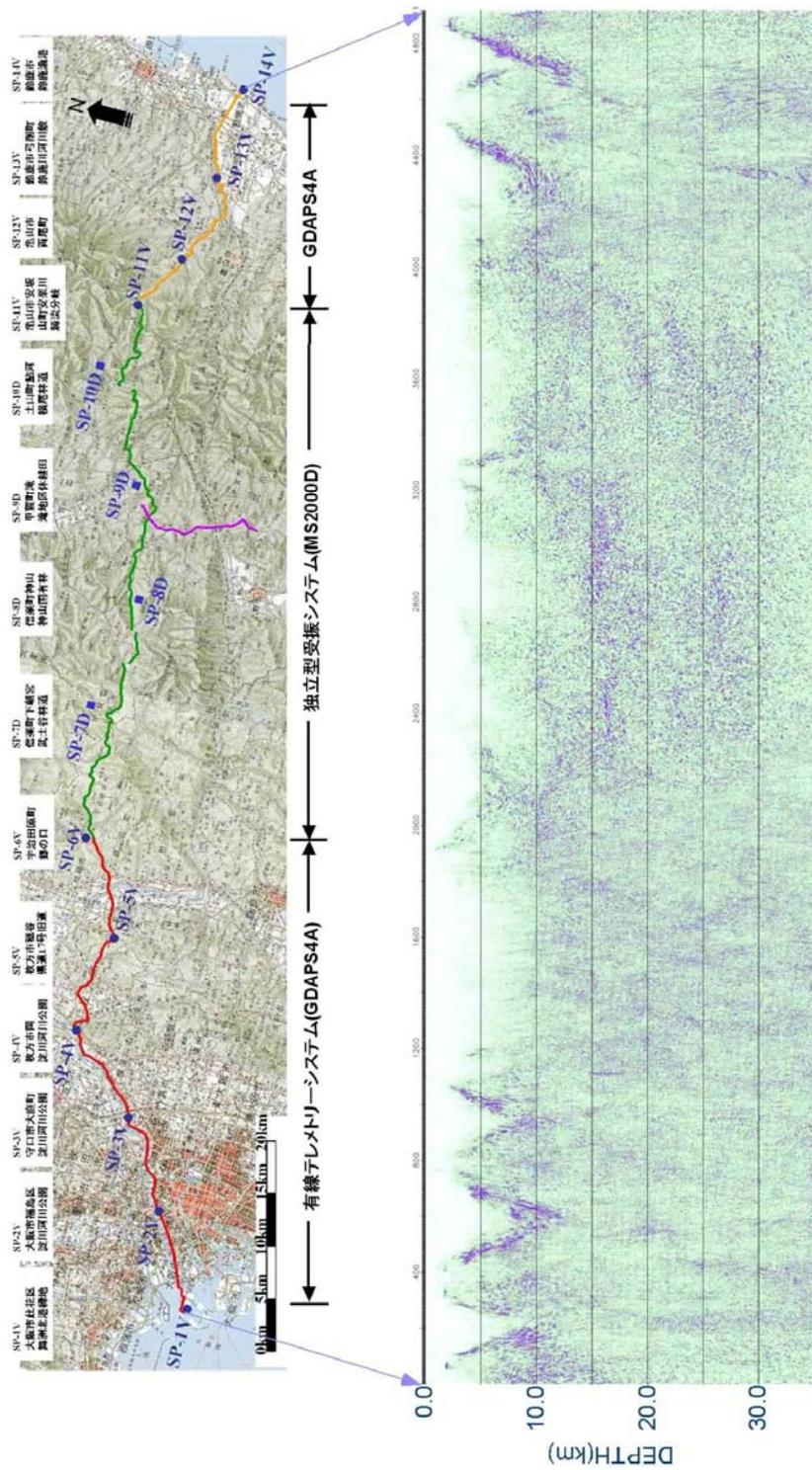


図 96 広角反射法時間深度断面図[重合後周波数-空間領域差分マイグレーション]