

c) 改良型タイムターム法及び波線追跡法による屈折法解析

約 22.2km の全測線区間で取得されたバイブレータ集中発震 6 点分の屈折法(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が実施された。

図 38 に改良型タイムターム法及び波線追跡法による屈折波データ解析に関する処理フローを示した。

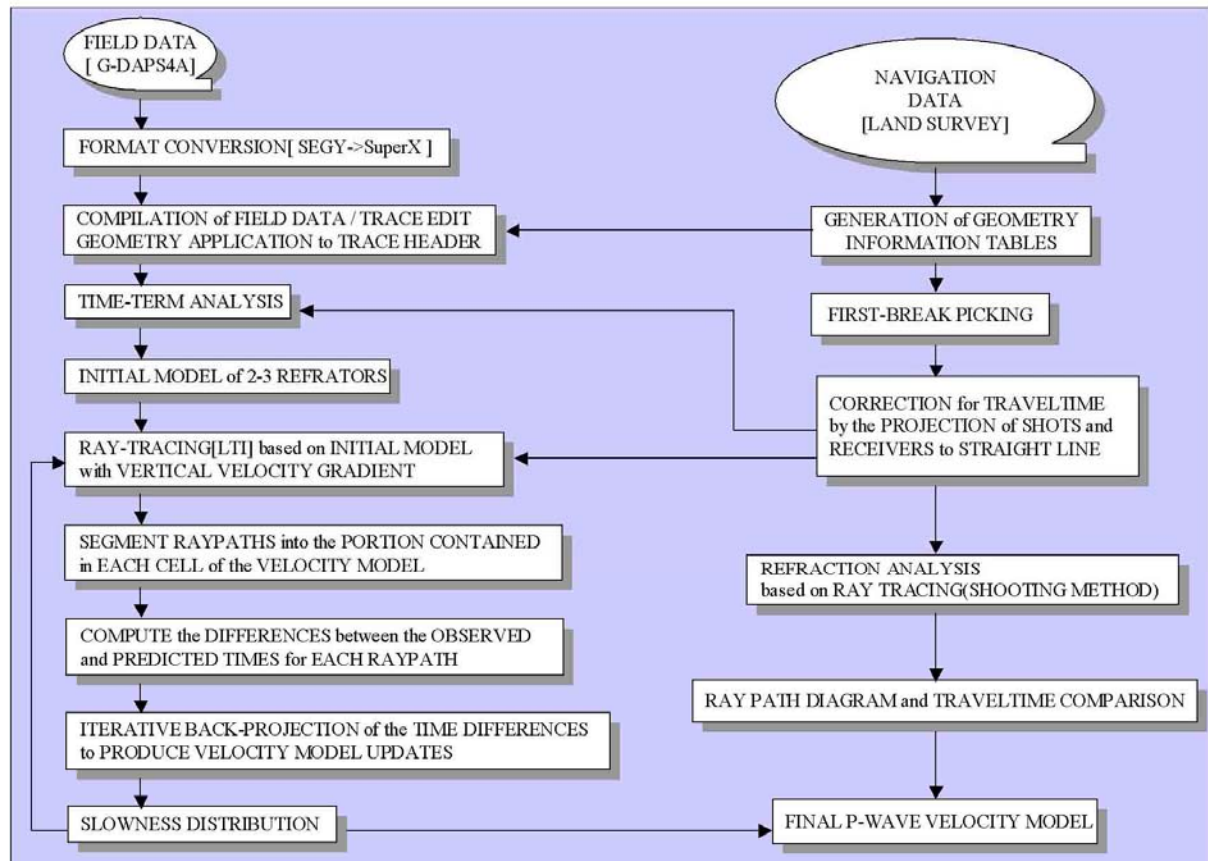


図 38 屈折波解析フロー

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

フィールドデータに記録された原記録(GDSPS-4 SEG Y Format)について、SuperX(JGI Internal Format)フォーマットへ変換を行った。

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、発震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 UTM53 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 7 に示した様に紀ノ川北部の平野部の平均ノイズレベルは、他区間と比較して夜間においても 20～24 dB 高い。従って、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(6-30 Hz)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 39 に示す。但し、屈折初動読み取り値として直線測線への投影と屈折初動走時の修正の実施前後について図示した。

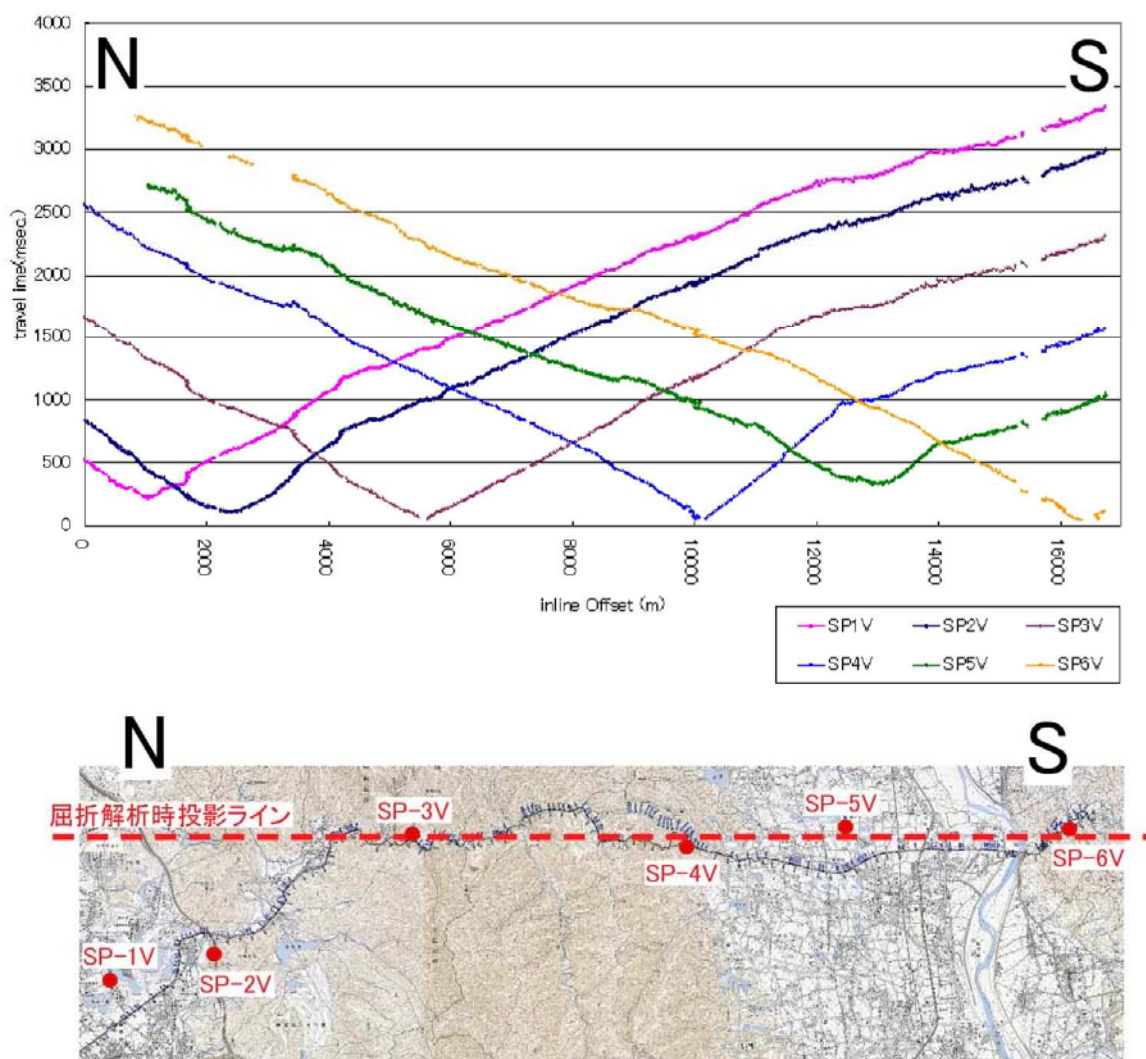


図 39 屈折波初動読取図

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、受振点及び発震点タイムターム値と屈折面速度を算出した。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屈折面速度が定義される。このモデルは以下の関係式で記述される。

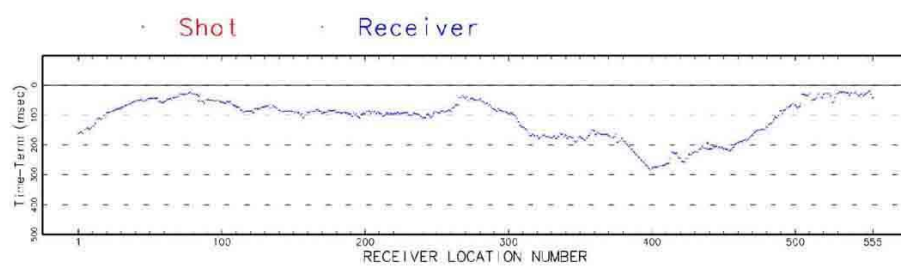
$$T_{ij} - \sum_k s_{k,0} \Delta_{ijk} = a_i + b_j + \sum_k \delta s_k \Delta_{ijk} \quad (7)$$

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、 $s_{k,0}, \delta s_k, \Delta_{ijk}$ 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('Generalized Linear Inverse Method') によって算出される。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

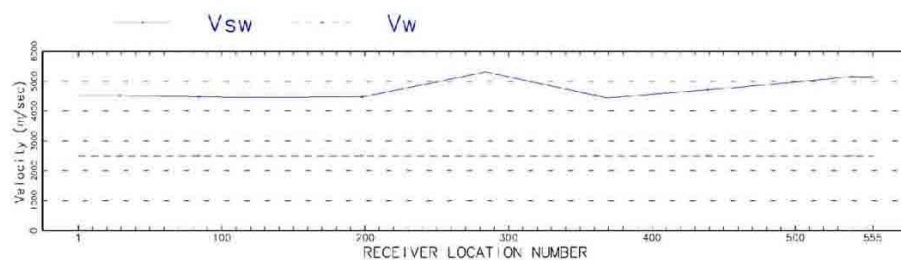
掛け速度の変化については考慮されていない。また、解析結果として得られる屈折面形状は受振点直下にマッピングされるため、マイグレーション処理を適用する必要がある。従って、タイムターム法で得られる構造モデルは、大局的な構造変化を反映したものとする必要がある。尚、この改良型タイムターム法解析には、以下のパラメータが採用された。

初動読み取り位相…………… 正のピーク位置
 屈折波インバージョンに用いるオフセット距離(第2層)…………… 2.5-5.0 km
 表層基底速度を求める際のブロック区分…………… 4.0 km

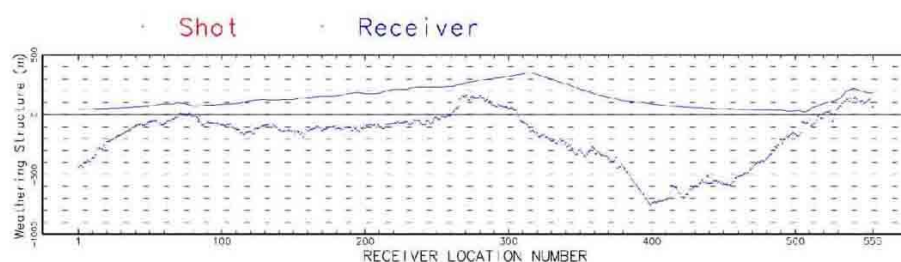
図 40 に二層構造を仮定した改良型タイムターム法による解析結果(タイムターム、速度分布、深度構造)を示す。二層構造における第一層速度に関しては 2500 m/sec(一定値)が用いられた。



タイムターム値(対象オフセット 2000-5000m)



対象層の屈折波速度(対象オフセット 2000-5000m)



低速度第一層の深度構造図(第一層速度として2500m/sec.を仮定)



図 40 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)

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、発震点-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。

$$X_{md} = X \cos \theta \quad (8)$$

$$T_{md} = T_{ic} + (T - T_{ic}) \cos \theta \quad (9)$$

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-発震点オフセット距離、受振測線上の受振点-発震点オフセット距離、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-発震点アジマスと投影測線間の角度として定義される。図 41 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。

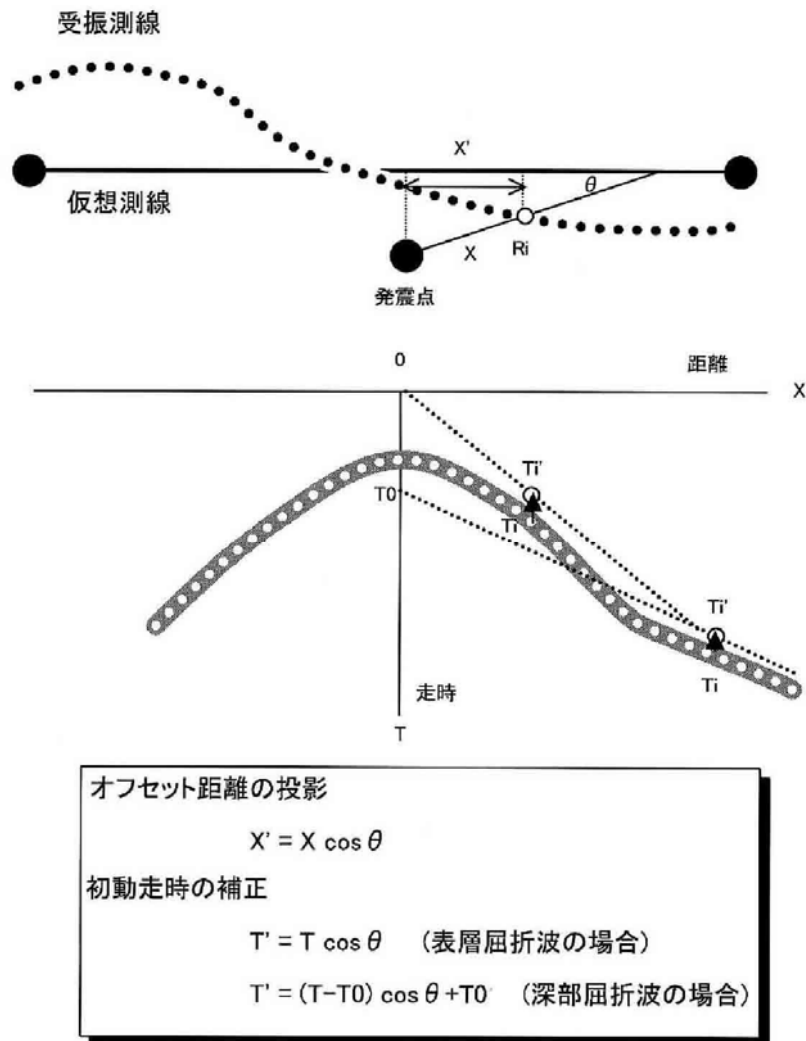


図 41 屈折初動走時に関する直線投影と走時補正の概念図

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。

- 改良型タイムターム法によって得られた速度構造
- 反射法測線によって得られた中央構造線断層帯の深部延長及び三波川帯、領家帯の接合関係、さらには紀ノ川北部平野部の堆積層(菖蒲谷層群)の基底構造
- 広角反射法測線の解析によって得られた上部地殻の概括的構造

図 42 に波線追跡による屈折法解析における初期速度構造モデル、図 43 に最終速度構造モデルを示す。図 44、図 45 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示す。

広域タイムターム解析においては、紀ノ川北部の菖蒲谷層群、大阪平野を構成する大阪層群の堆積層を反映する 'Delay Time' が確認され、反射法断面の各形状と整合している。大阪平野南縁において領家花崗岩に被覆されている区間(RP. 65-120)においては、'Delay Time' が減少するパターンが確認できる。また、和泉層群内に基底層速度として 4500 m/sec 以上の速度分布箇所が確認され、'Delay Time' が領家花崗岩帯側と中央構造線断層帯側を対比した場合、後者の方が大きく見積もられる。また、測線南部において三波川帯の速度は 4500-5200 m/sec 前後と推定される。

一方、波線追跡に関するモデリングの結果、屈折法初動走時と整合する速度モデルを得た。領家花崗岩帯、三波川帯、和泉層群の P 波速度は、5000 m/sec、5400 m/sec、3200-4500 m/sec であると推定される。

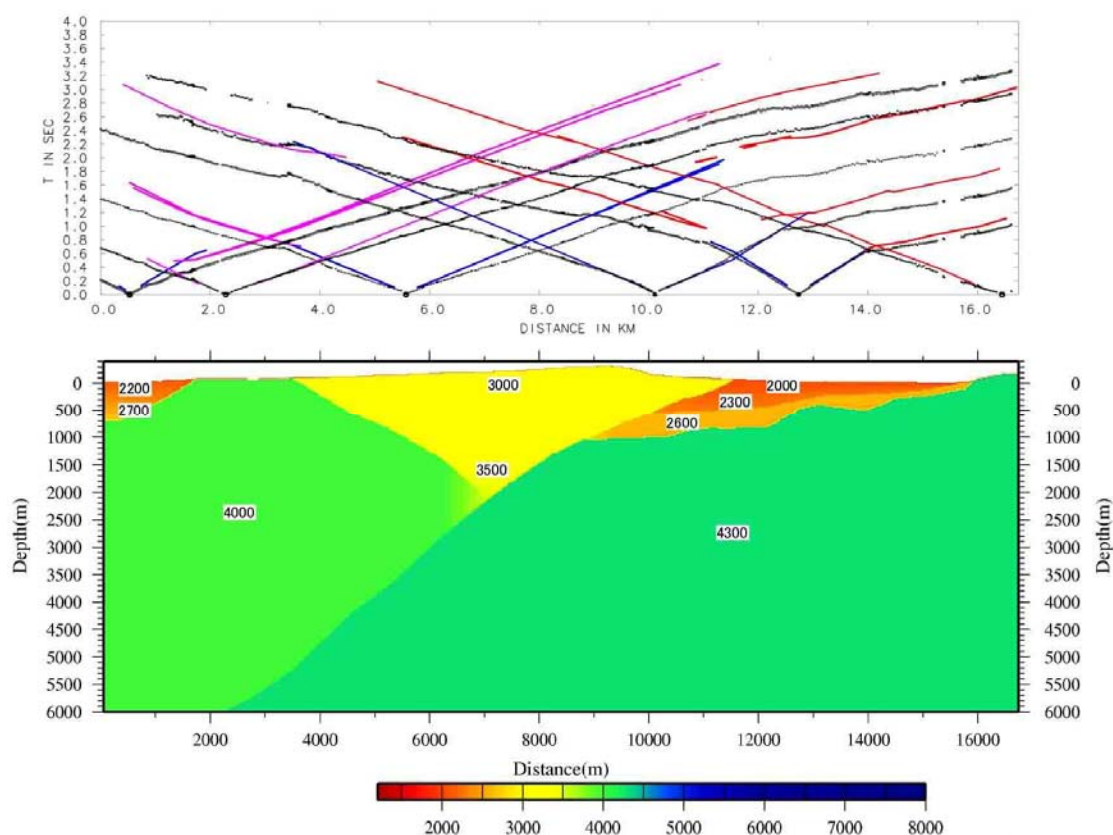


図 42 波線追跡解析 [初期速度構造モデル]

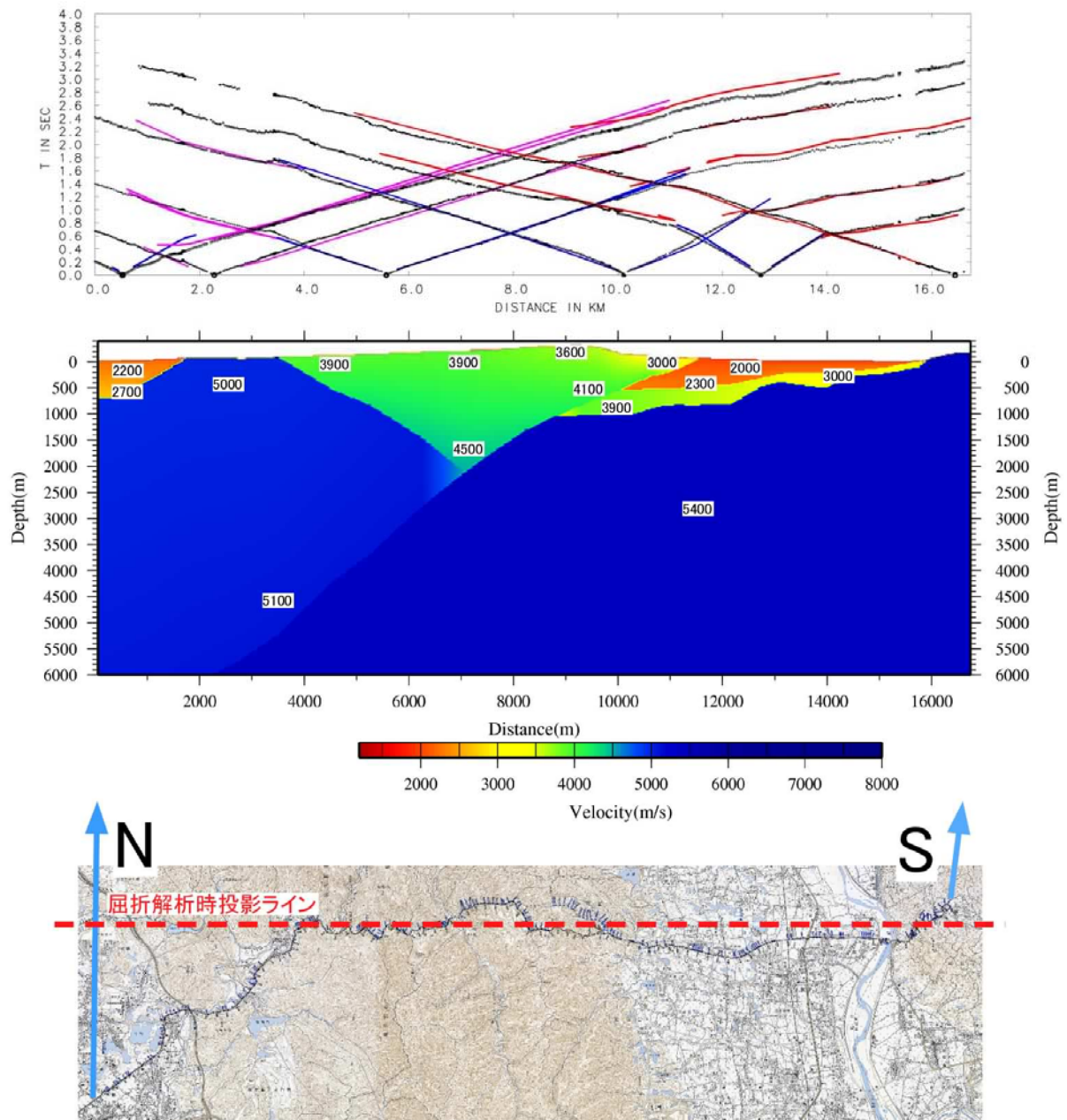


図 43 波線追跡解析結果 [最終速度構造モデル]

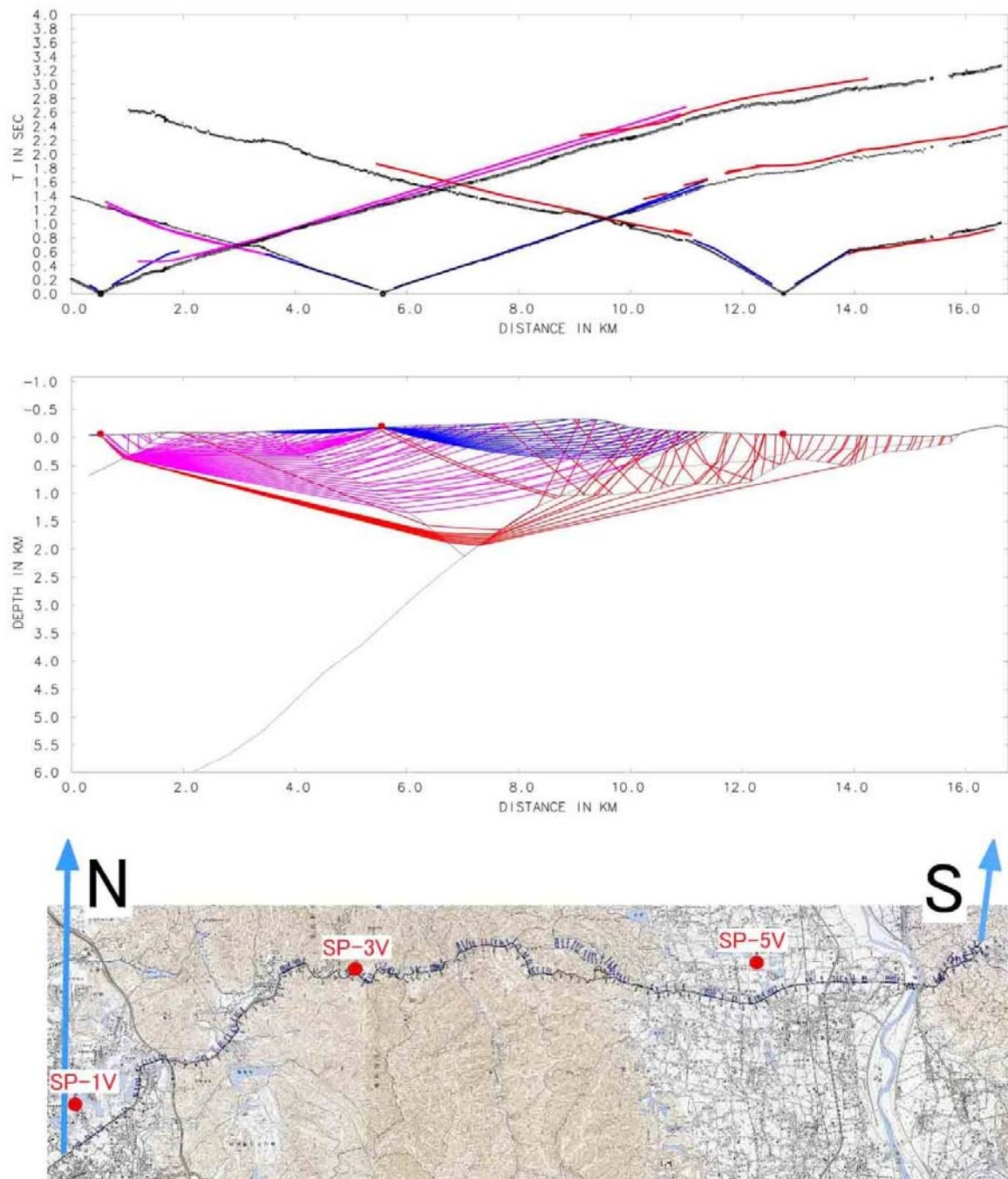


図 44 発震点別の波線追跡解析結果[走時曲線, 速度構造モデル及び確定波線]
SP-1V, SP-3V, SP-5V

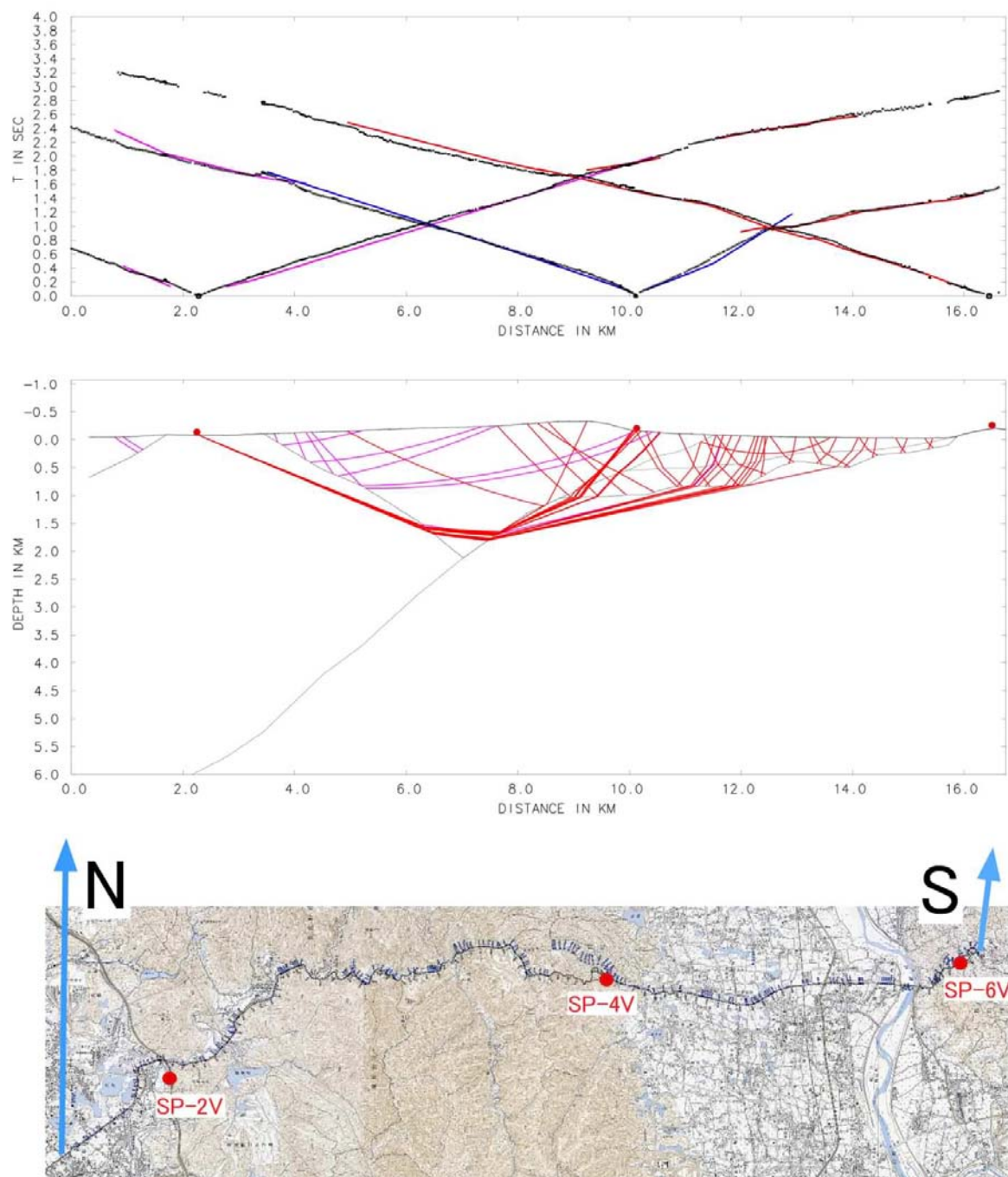


図 45 発震点別の波線追跡解析結果[走時曲線, 速度構造モデル及び確定波線]
SP-2V, SP-4V, SP-6V

d) Turning-ray' トモグラフィー法による屈折波解析結果

約 22.2km の全測線区間で取得されたバイブレータ集中発震 6 点分の広域屈折法データに加えて、計 200 点の反射法データの屈折走時を用いた屈折トモグラフィー法による解析作業が実施された。

これまでの改良型 Time-Term 法あるいは' GRM' 法等では、各屈折面に関して速度の側方変化は考慮されるが鉛直勾配については対応できない。一般に、速度構造は鉛直勾配を伴うと共に屈折波は' Turning-ray' として存在するため、このトモグラフィー解析は、最も精度の高い速度構造の推定に寄与するものと考えられる。以下に、この屈折法解析の解析内容に関して記述する。

i) 屈折初動走時のピックアップ及び初期モデルの構築

タイムターム法では解析対象とする屈折面の走時をピックアップすることで解析に必要な要件は満たされるが、'Turning-ray' トモグラフィー法において速度の鉛直分布を把握するには全オフセットに関して初動走時をピックアップしておくことが必要である。本解析では低 S/N のトレースを除外して、全トレースに関する初動ピックアップを試みた。また、初期モデルとして緩やかな速度勾配を伴う水平成層構造を設定した。

ii) 速度モデルに対する屈折波線及び走時計算

本解析では、第一段階における屈折波波線及び走時の計算法として、走時線型近似法(LTI 法)を用いた。この手法はアイコーナル方程式の差分解法の一般型であり、波線が節点に拘束されないため屈折角が節点間隔の制約を受けないこと、及び格子の境界内部ではなく境界面が分割されるため計算効率が良い利点がある。LTI 法では、前進過程に於いては発震点から格子境界面上の走時評価点までの走時が計算され、境界面上の総ての点での走時は計算走時を線型内挿することによって得られる。また、後進過程においては受振点からの最小走時点を求めて波線経路が計算される。

iii) 屈折法インバージョンのアルゴリズム

観測走時、計算走時及び速度モデルを用いてインバージョンを実施し、速度モデルの更新を行った。インバージョンでは速度モデルの格子を通過する全波線について速度値の修正を行い、各格子の平均値を用いて修正量を決定する SIRT 法(Simultaneous Iterative Reconstruction Method)を採用した。一般に、格子間隔を小さくすると波線密度は低下して解の安定性は低下し、逆に格子間隔を大きくすると分解能が低下する傾向を示す。従って、本解析では以下に示す様に、波線に重み関数を持たせて内側の格子点について速度値の更新を実施した。これは屈折波の波線経路上にスローネス修正量が集中して、インバージョン結果が不安定となることを回避する効果を持つ。

$$S^{k+1} = S^k \cdot \Delta S = S^k \cdot \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{w-R}{R} \right)^2 \cdot \frac{T_{s,i}}{T_{c,i}} \right] / \sum_{i=1}^N \left(\frac{w-R}{R} \right)^2 \quad (10)$$

ここに、 S^k は(k-1)回の反復修正を経たスローネス分布、 ΔS はスローネスの修正係数、 w は波線が通過する格子点からの反復修正有効範囲、 R は波線が通過する格子点からの距離、 $T_{s,i}$ は i 番目の

波線に関する観測走時及び $T_{c,i}$ は i 番目の波線に関する計算走時である。こうした速度(スローネス)の修正後に、速度モデルの更新及びインバージョンを実施し、残差が平均誤差以下になった時点で解析を終了する。

iv) 屈折法インバージョンの実施

初期速度モデルとして、以下に示す鉛直勾配を持つ水平成層構造を仮定した。

速度構造…………… 地表面 1500m/sec～深度 1500.0m : 5000m/sec

一般に屈折波 Tomography 法では 2 次元の鉛直面が解析対象であり、不規則発震点及び受振点分布に関しては投影面への投影が必要である。本解析では発震点-受振点アジマスが小さいことを前提として、投影面上のオフセット距離と実際の発震点-受振点オフセット距離の比を用いて観測走時に関する線型修正を実施した。以下に、今回の屈折波 Tomography 解析で使用したパラメータを示す。

格子間隔……………	水平方向	50.0 m	鉛直方向	20.0 m
格子数……………	水平方向	337 cells	鉛直方向	100 cells
格子上における走時評価間隔……………	水平方向	0.5 m	鉛直方向	0.5 m
投影面水平座標 (GRS80/UTM53) ……	(534312.00, 3805300.00), (534312.00, 3788500.00)			
通過する格子点からの反復修正有効範囲……………	100.0 m			
速度分布の反復修正回数……………	15 回			
速度分布の反復修正時に於ける修正係数の許容範囲……………	±30.0%			

屈折波 Tomography 解析では、発震点間隔が不規則分布を伴う場合には波線が一部の格子に集中し易く、集中した格子において速度の増加傾向がある。従って、インバージョン実施後の修正速度モデルに対して水平及び鉛直方向に平滑化を実施した。さらに波線が存在しない測線両端部では、波線の存在する領域から水平方向に速度分布を外挿した。

図 46 は地表面からの鉛直勾配のみを考慮した速度モデルであり、図 47 は反復修正 15 回後の速度モデル及び最終波線密度の表示結果である。この速度モデルから推定される深度 1500 m までの地質構造形態は反射法重合解析結果と調和的である。三波川帯の速度は 5000–5400 m/sec であり、領家花崗岩帯の速度は 4900–5200 m/sec であるが、地表近傍は風化の影響が強く、約 4000 m/sec の速度値を示す。和泉山脈側に楔型形状で存在する菖蒲谷層群と上下の境界を画する和泉層群と三波川帯上面の構造は、鉛直勾配モデルを前提とした場合には正確には表現されていない。従って、反射法重合記録及び波線追跡法結果等を参照し、中央構造線断層帯に関する先験的情報を基に速度モデルを構築した。図 48 は、この先験的情報を前提に構築した速度モデルであり、図 49 は反復修正 15 回後の速度モデル及び最終波線密度の表示結果である。この屈折法インバージョンの結果、最終 RMS 残差は鉛直速度勾配モデルと対比して有意に小さく、最終モデルは中央構造線断層帯の構造と菖蒲谷層群による低速度層の存在を説明する結果であると判断できる。

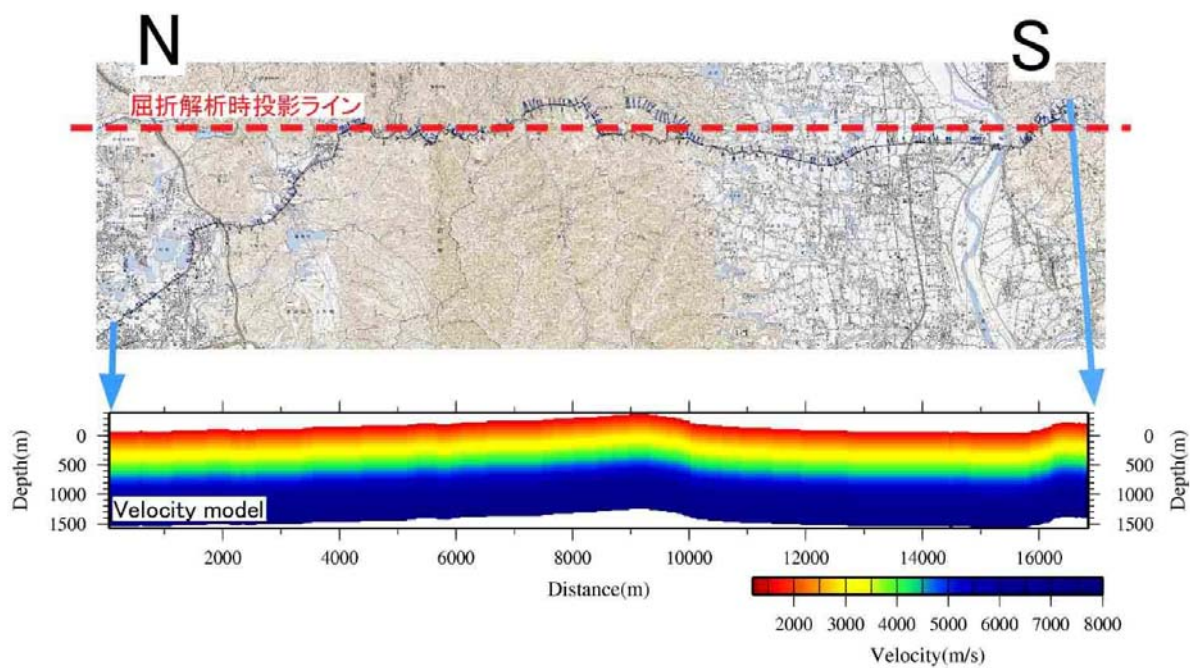


図 46 屈折波トモグラフィー 速度モデル A [成層構造モデル]

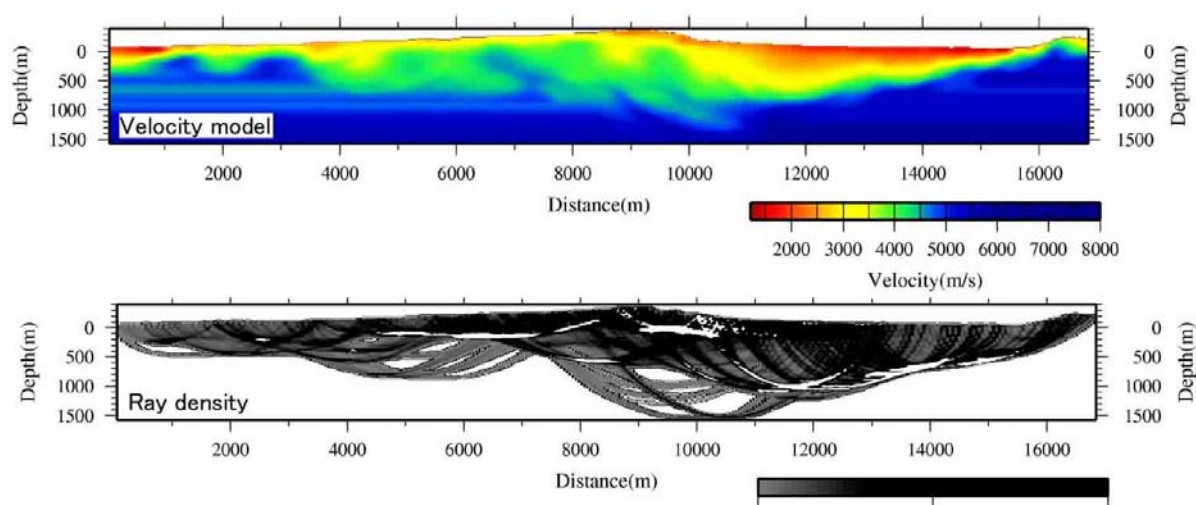


図 47 屈折波トモグラフィー
速度モデル A に対するインバージョン結果及び最終波線密度

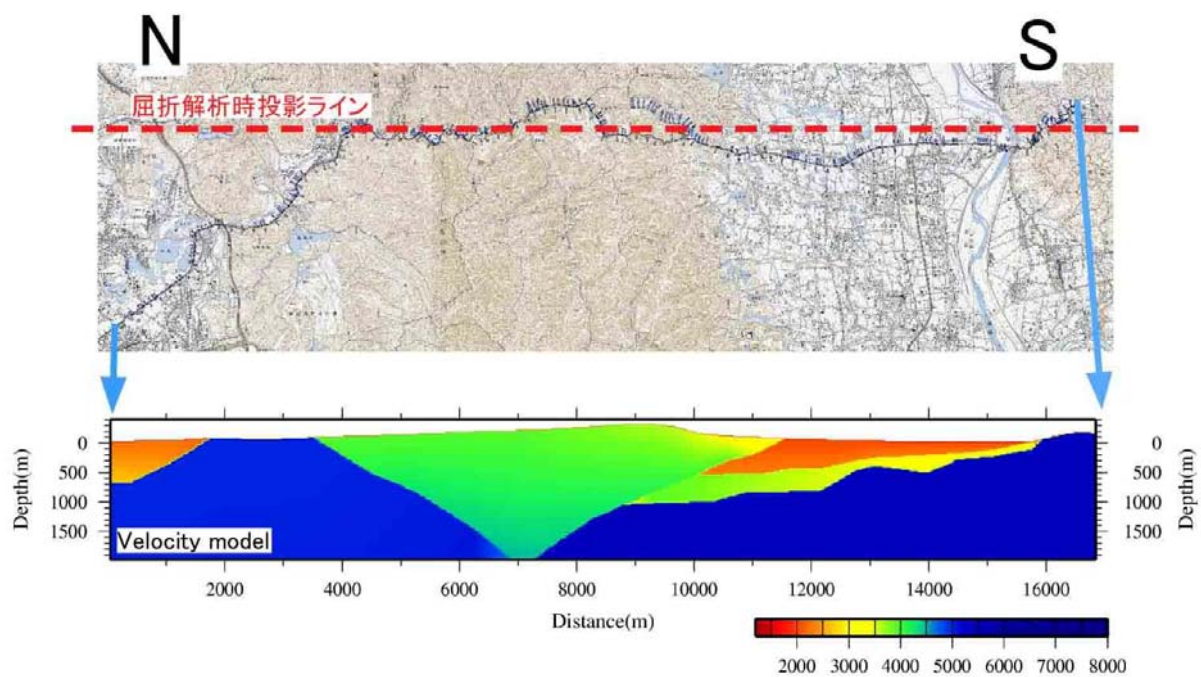


図 48 屈折波トモグラフィー

速度モデル B [反射法による中央構造線形状を先験的に付与した構造モデル]

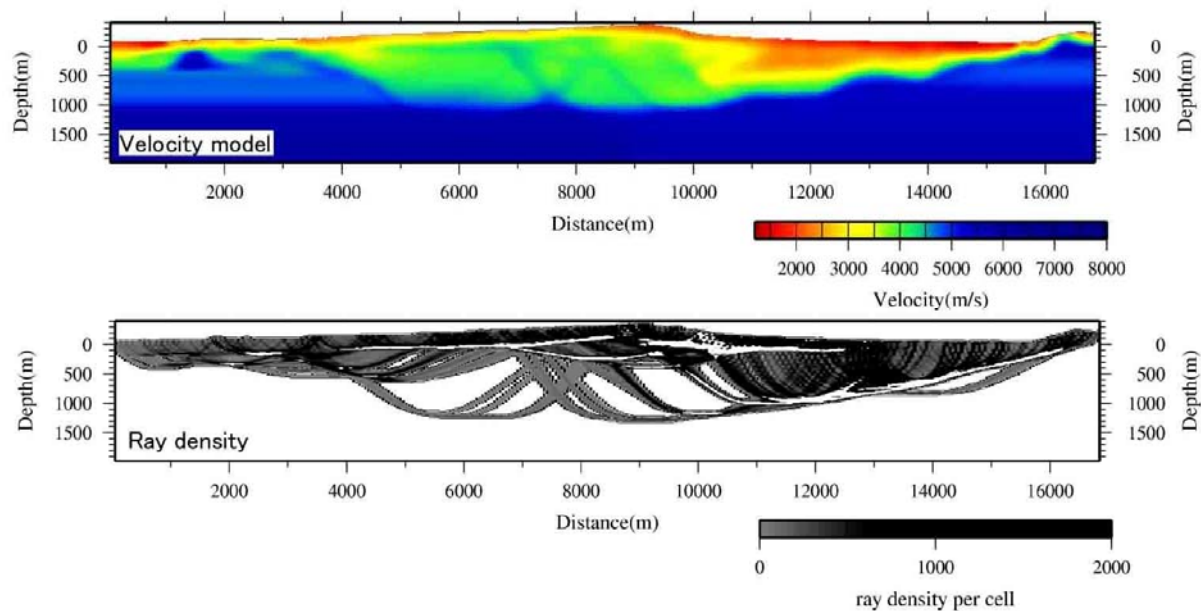


図 49 屈折波トモグラフィー

速度モデル B に対するインバージョン結果及び最終波線密度

e) 地質学的解釈

紀ノ川流域・和泉山脈を横断して実施された統合的な地殻構造探査によって、反射断面・弾性波による速度構造断面が得られた。ここでは、中央構造線の浅層部の高分解能反射断面（3.3.2 参照）も含め、地質学的な解釈を行う。

i) 高分解能浅層反射法断面（3.3.2 参照）

高分解能の反射断面では、中央構造線の浅層形状が明瞭である（図 50）。紀ノ川沿いには菖蒲谷層群が分布し、これらは地下 1.2 km までの連続性の良好な反射波群として認識できる。菖蒲谷層群の基底、三波川結晶片岩の上面は振幅の大きな反射波で特徴づけられる。高分解能反射断面では凹凸のある面を、菖蒲谷層群中の反射面がアバットし、三波川結晶片岩の起伏面を埋積した状況が読み取れる。菖蒲谷層群の北縁は、北に約 30 度で傾斜した反射面で断たれる。この北傾斜の面の地表延長部には根来南断層が位置する。したがってこの北傾斜の反射面は断層面からの反射と判断される。こうした北傾斜の断層の浅層部の形状は、すでに吉川ほか（1992）⁵⁾ の反射断面で深度 700m 前後までは明らかにされていたが、今回の探査によって、断層面はそれ以深でもほぼ同様の傾斜で地下に連続していることが明らかになった。今回得られた高分解能断面では、地下 1.2 km までは明瞭に追跡できる。

ii) 和泉測線反射法断面

和泉測線の反射断面（図 50）でも、三波川結晶片岩上面は強振幅の反射波群として明瞭に識別できる。この断面では、紀ノ川周辺の地下では 30 度程度北に傾斜した反射面が顕著である。この反射面が卓越する領域は、地表地質との対応から三波川帯に相当する。これらの三波川帯の内部構造を示す反射面は、ほぼ平行で約 4.5 km の厚さを有している。この北傾斜の反射面群の最上部が、中央構造線に相当する。菖蒲谷層群基底部直下の振幅の大きな反射波群は、これらの北傾斜の反射波群と斜交し、両者が不整合関係にあることと調和的である。調査測線の南端部（CDP800-893）では、地下 3 km に北に緩く傾斜する連続性のよい反射波群が存在する。大局的には、この反射面より上位では北傾斜の反射波群が卓越することから、この反射面は三波川結晶片岩類とその南に分布する四万十帯との境界部に相当する可能性が高い。和泉山脈北部の CDP300 周辺の地下 500-1000 m には南傾斜の反射波群が見られる。この地表延長は、和泉層群と領家-泉南コンプレックスの境界部に相当する。したがって、この反射面は和泉層群基底部の不整合面と判断され、この反射面以下の連続的な反射面に乏しい領域は花崗岩類を主とした領家-泉南コンプレックスに相当すると判断される。図 50 の重合断面の和泉山脈軸部区間の和泉層群分布域では、北傾斜と南傾斜の反射イベントが斜交する。図 29 のマイグレーション断面では、和泉山脈北部の南傾斜の地質構造がよく反映された反射断面となっている。測線北端部の領家帯の花崗岩類と大阪層群の境界部には、北傾斜の反射波群が存在するが、反射イベントとしては不明瞭である。

iii) 広角反射法地震探査断面

バイプロサイスによる多重発震によってより深部の情報が得られている（図 51）。測線北部の領家-泉南コンプレックスの分布域（図 51 の Rk）では、南傾斜の反射イベントが卓越する。これに対して測線南部から中央部にかけての三波川帯の領域（図 51 の Sb）では北傾斜の反射波群が卓越する。図 51 の赤い矢印で示した中央構造線の深部延長は、この北傾斜と南傾斜の反射イベントの接合部に位置する。時間断面では往復走時でほぼ 3 秒まで、深度変換断面ではほぼ 6 km まで追跡できる。断層の傾斜は 2km 以深では約 40 度である。広角反射法重合断面では、測線南部の往復走時 1.8-2.2 秒にかけて北傾斜の反射層 R1 が識別される。測線南部では R1 は、北傾斜の反射イベントの下限となる。地表地質との対応から、R1 は四万十帯と三波川帯の境界と判断した。測線中央部の往復走時 6.5 秒付近にはほぼ水平な反射イベント（R2）で分布する。これらはマイグレーションにより南傾斜のイベントとなる（図 34）。2004

年に実施した新宮-舞鶴測線¹⁰⁾でも、中央構造線の付近の往復走時 8 秒付近にはほぼ水平からやや南傾斜の反射イベントが見られ、和泉測線での往復走時 8~8.5 秒の反射イベント R3 に類似している。R2、R3 はいずれも地殻下部の反射イベントである。

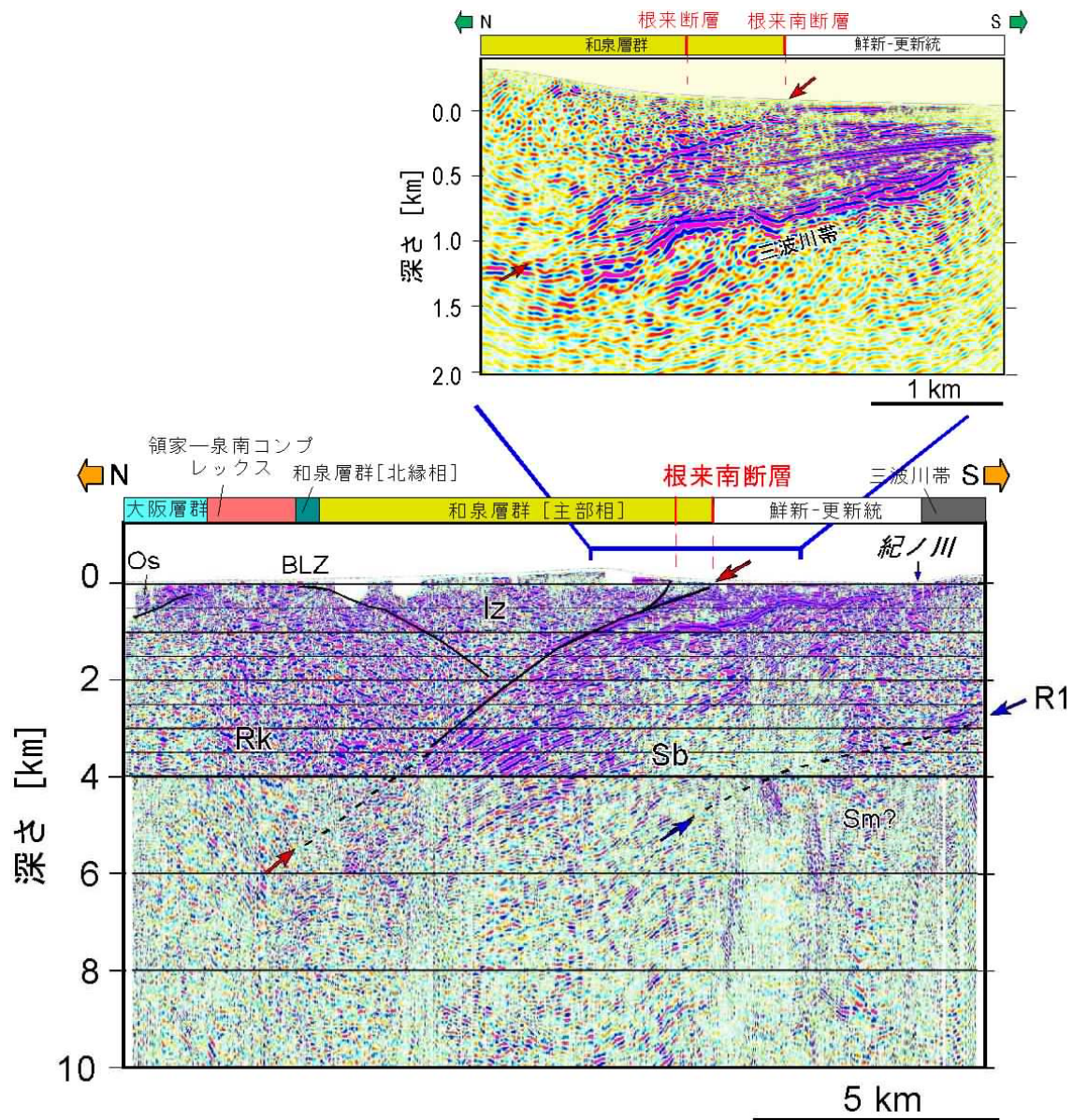


図 50 和泉測線の反射法地震探査深度変換断面

上：高分解能反射法地震探査断面（3.3.2 参照）

下：深度変換断面。4 km 以浅は反射法地震探査重合断面（図 30 参照）、4km 以下は広角反射法重合後深度変換断面（図 36 参照）。

Sm：四万十帯、Sb：三波川帯、Rk：領家帯、Iz：和泉層群、Os：大阪層群、BLZ：領家帯上面の反射面。

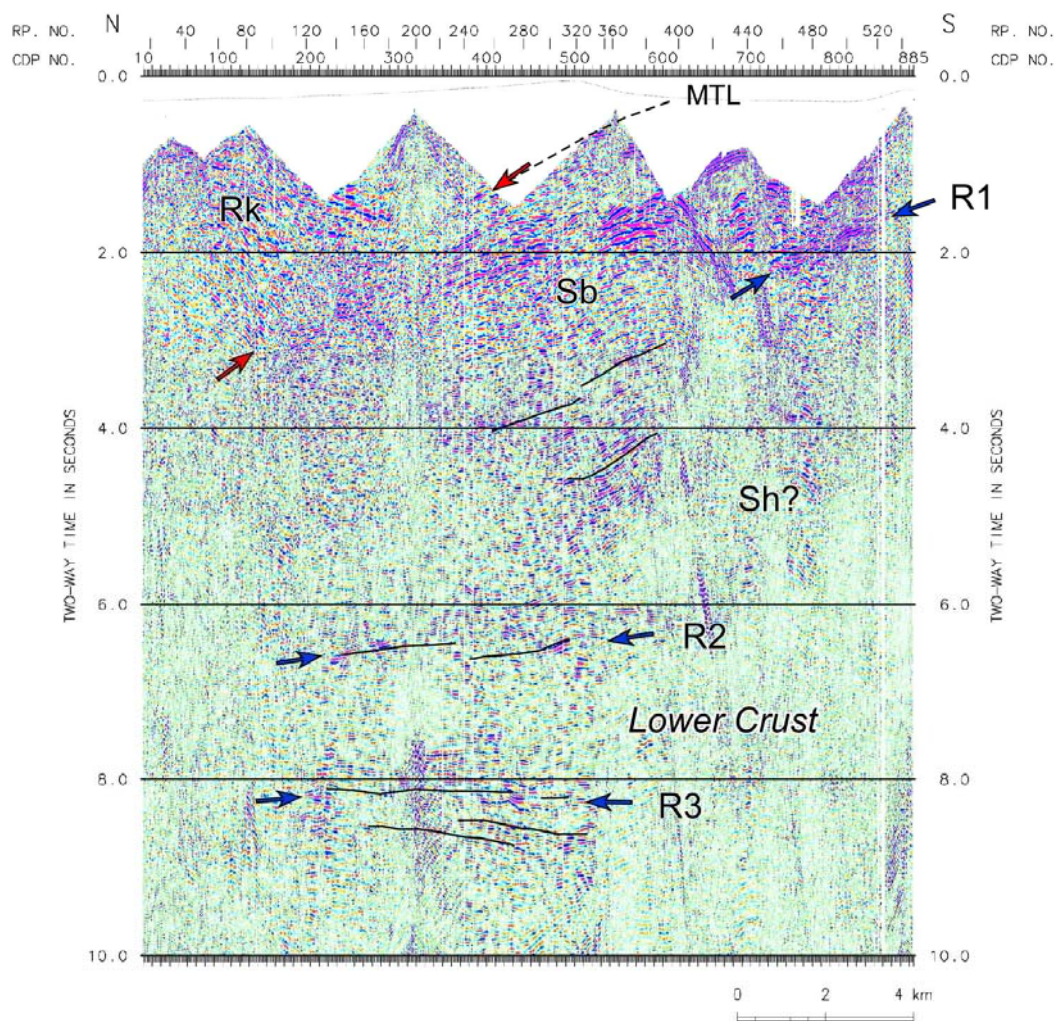


図 51 広角反射法重合時間断面

Sh: 四万十帯、Sb: 三波川帯、Rk: 領家帯、MTL: 中央構造線、R1~R3: 反射面群
(本文参照)。

iv) 屈折法速度構造断面

反射法にもとづく地質学的解釈は、波線追跡法 (図 43)・屈折トモグラフィーによる速度構造モデル (図 49) とよい対応を示す。反射法から推定された断層の形状、領家帯・三波川帯の境界、菖蒲谷層群に相当する低速度層の形状によって、屈折法/広角反射法地震探査で収集された観測波形をよく説明できる。これらの検討により、断層の形状を含めた速度構造が高い精度でモデル化された。

v) 中央構造線の地下形状について

内陸地震は通常、地震発生層の下部に相当する断層面上の破壊によって開始されることが多く、強震動を予測する際には、地震発生層中での断層面の形状を理解することは基本的に重要である。吉川ほか (1992)⁵⁾による粉河での中央構造線の反射法地震探査は、中央構造線の形状について重要な発見となった。その後、Ito et al. (1996)¹¹⁾などによる四国東部での中央構造線の探査によって、北に中角度で傾斜する中央構造線の形状が、地下 5km まで明らかになった。領家帯・和泉層群・三波川帯・中央構造線

の南側に分布する鮮新-更新統（土柱層）などの形状とそれらの接合関係は、今回の和泉測線の断面と極めて類似している。四国東部の中央構造線については、その後、ダイナマイトを震源とする探査により約 30 度の傾斜で地下 12km まで追跡された（Kawamura et al., 2003）¹²⁾。さらに、四国から中国地方の地殻構造探査によって、同様の傾斜で下部地殻まで延長されることが明らかになっている（佐藤ほか, 2005）¹³⁾。大都市圏地殻構造調査で実施された新宮-舞鶴測線の反射断面（伊藤ほか, 2005）¹⁰⁾でも、外帯側では北傾斜の地殻内反射イベントが卓越し、内帯側ではほぼ水平なイベントが卓越する四国-中国断面と類似の特徴があり、紀伊半島-大阪平野下でも中央構造線は中-低角度で地殻全体を断ち切る形状をとっている可能性が高い。こうした深部形状から判断して、根来南断層・根来断層の深部延長は 40 度程度で北に傾斜している可能性が高く、地震発生層の下限付近は大阪平野の南部地下に相当することになる（図 52）。今回の探査結果から得られた断層の深部形状は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）¹⁴⁾が想定した震源断層モデルの形状と整合的であった。

(c) 結論および今後の課題

中央構造線活断層系の深部形状を明らかにするために、紀ノ川南岸から和泉山脈を経て大阪平野南部にいたる 22km の測線で地殻構造探査を実施した。得られた反射断面・屈折法による速度構造モデルから、地表下 1km までは 20 度、1-2km ほどは 30 度、2-6 km までは 40 度の北傾斜を示すことが明らかになった。地震発生層を 15km 前後とすると、この断層系の深部延長は地震発生層下限付近では大阪平野南部下に達する。

今後、2004 年の新宮-舞鶴測線と対比させ、紀伊半島における中央構造線の地殻スケールでの形状について、検討していく必要がある。

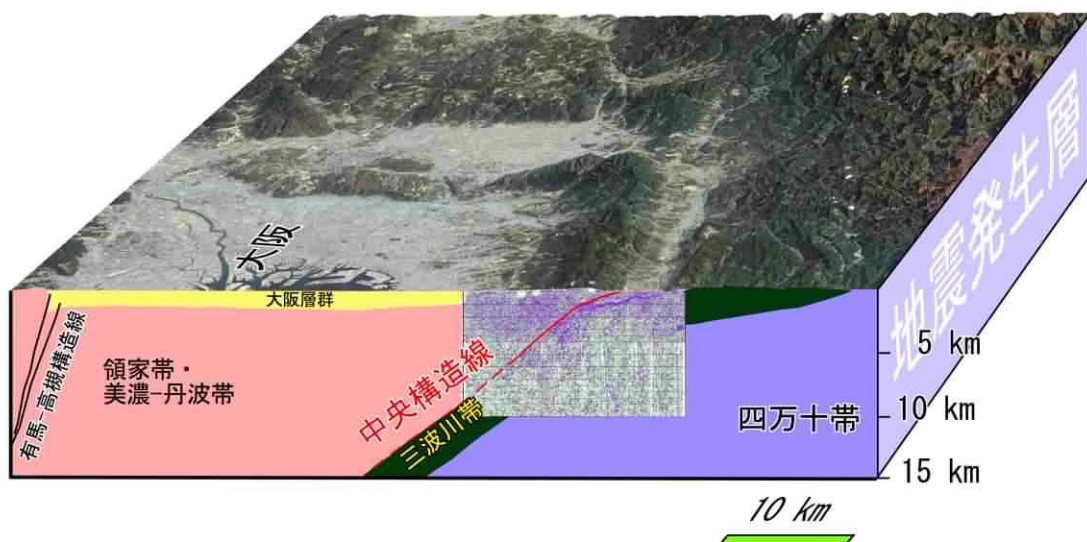


図 52 中央構造線の深部形状概念図

(d) 引用文献

- 1) 牧本 博・宮田隆夫・水野清秀・寒川 旭：5 万分の 1 地質図幅 粉河地域の地質，産業技術総合研究所，89pp.，2004.
- 2) Isozaki, Y. and Itaya, T.: Chronology of Sanbagawa metamorphism., *Metamorphic Geol.*, 8, 401-411, 1990.
- 3) 水野清秀・寒川 旭・高橋 誠・百原 新・内山 高：和歌山平野根来地区深層ボーリング調査から明らかになった平野地下の地質. 地質学雑誌, 105, 235-238, 1999.
- 4) 岡田篤正・寒川 旭：和泉山脈南麓域における中央構造線の断層変位地形と断層運動, 地理学評論, 51, 385-405, 1978.
- 5) 吉川宗治・岩崎好規・井川 猛・横田 裕：反射法地震探査による和歌山県西部の中央構造線の地質構造. 地質学論集, 40, 177-186, 1992.
- 6) 斉藤 勝・佃 栄吉・岡田篤正・古澤 明：和歌山市北部における低位段丘堆積物中の始良 Tn 火山灰と根来断層の平均変位速度. 第四紀研究, 36, 277-280, 1997.
- 7) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会：中央構造線断層帯（金剛山地東縁-伊予灘）の長期評価について，地震調査研究推進本部，72 p.，2003.
- 8) 市原 実・市川浩一郎・山田直利：5 万分の 1 地質図幅「岸和田」，地質調査所，141pp.，1986.
- 9) 岡田篤正・千田 昇・中田 高：都市圏活断層図「粉河」，国土地理院技術資料，D.1, No. 333.，1997.
- 10) 伊藤 潔・佐藤比呂志・梅田康弘・村松一男・澁谷拓郎・廣瀬一聖・上野友岳・森下可奈子・伊藤谷生・平田 直・川中 卓・黒田 徹・阿部 進・須田茂幸・斉藤秀雄・井川 猛，近畿圏における大大特プロジェクト I の地下構造調査，京都大学防災研究所年報，48 号 B, 243-258, 2005.
- 11) Ito, T., Ikawa, T., Yamakita, S. and Maeda, T.: Gently north-dipping Median Tectonic Line (MTL) revealed by recent seismic reflection studies, southwest Japan, *Tectonophysics*, 264, 51-63, 1996.
- 12) Kawamura, T., Onishi, M., Kurashimo, E., Ikawa, T. and Ito T.: Deep seismic experiment using a dense receiver and sparse shot technique for imaging the deep structure of the Median Tectonic Line (MTL) in east Shikoku, Japan, *Earth Planets Space*, 55, 549-557, 2003.
- 13) 佐藤比呂志・児島悠司・村田明広・伊藤谷生・金田義行・大西正純・岩崎貴哉・於保幸正・荻野スミ子・狩野謙一・河村知徳・蔵下英司・越谷 信・高須 晃・竹下 徹・津村紀子・寺林優・豊原富士夫・中島 隆・野田 賢・橋本善孝・長谷川修一・平田 直・宮内崇裕・宮田隆夫・山北 聡・吉田武義・Steven Harder・Galen Kaip・小澤岳史・井川 猛，西南日本外帯の地殻構造：2002 年四国-瀬戸内海横断地殻構造探査の成果，地震研究所彙報，80, 53-71, 2005.
- 14) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：中央構造線断層帯（金剛山地東縁-伊予灘）の地震を想定した強震動評価について，地震調査研究推進本部，79 p.，2005.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

なし

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
Kato, N., Sato, H., Abe, S., Saito, H., Ito, K., Iwasaki, T., Hirata, N., Ito, T., Ikawa, T. and Kawanaka, T.	Deep seismic reflection profiling across the Median Tectonic Line in the Kii Peninsula, SW Japan	American Geophysical Union 2006 Fall Meeting	平成 18 年 12 月 13 日

(g) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし