

3. 1. 8 近畿圏大深度弾性波探査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目：大都市圏地殻構造調査（新宮－舞鶴測線）

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
京都大学防災研究所	教授	梅田康弘	umeda@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	教授	伊藤潔	ito@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	澁谷拓郎	shibutan@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	松村一男	kmatsu@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	渡辺邦彦	watkun@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	片尾浩	katao@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助手	大見士朗	ohmi@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	産学官連携 研究員	廣瀬一聖	hirose@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
東京大学地震研究所	教授	佐藤比呂志	satow@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	教授	平田直	hirata@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	教授	岩崎貴哉	iwasaki@eri.u-tokyo.ac.jp
千葉大学理学部	教授	伊藤谷生	tito@earth.s.chiba-u.ac.jp

(c) 業務の目的

近畿圏において、阪神・淡路大震災級の被害をもたらす大地震を発生させる仕組みを解明し、精度の高い強震動予測に必要な地震像を明確にすることを目的とする。そのため、広角反射法・屈折法地震探査等の大深度弾性波探査による大規模な地殻構造の調査研究を行い、大地震を発生させる断層の形状や特性、弾性波速度構造を明らかにする。さらに、これらの調査を踏まえ、より高精度な強震動予測を行うための断層モデル等の構築手法を開発する。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画

平成14年度：近畿圏において、自然地震を用いた深部地殻の弾性波速度構造探査、及び制御震源を用いた広角反射法・屈折法地震探査の準備を行った。また、断層モデル等の構築のため、既存の自然地震観測記録や地震探査記録、測地データなどを用いて、近畿圏の地殻等の弾性波速度構造等のモデル化、断層の深部構造のモデル化、断層の準静的モデルの構築及び強震動予測高精度化に関する研究を開始した。

平成15年度：引き続き、自然地震及び制御震源を用いた地震探査の準備を行うとともに予備的な自然地震観測を開始した。断層モデル等の構築を引き続き実施した。

平成16年度：近畿南北縦断測線（新宮―舞鶴測線）において、制御震源を用いた広角反射法・屈折法地震探査による大深度弾性波探査を行った。また、有馬高槻構造線の詳細な探査を目的とした反射法探査を実施した。これらの探査は、同年度に国立大学法人東京大学地震研究所によって実施された、近畿中部東西測線（大阪―鈴鹿測線）における反射法探査と組み合わせて解析することによって、京阪神地域を中心として多数存在する活断層の深部形状を調査するものである。また、自然地震による深部地殻の弾性波速度構造探査を本格的に開始し、臨時観測点においてデータ取得を開始した。

平成17年度：自然地震による深部地殻の弾性波速度構造探査のために、観測点を増設して地震観測を継続した。また、既存観測点とのデータの統合処理を行い、構造調査のためのより稠密なデータセットを作成し、構造解析を進めた。さらに、これまでに大深度弾性波探査で得られた結果や、深部反射法地震探査（国立大学法人東京大学地震研究所）結果、大深度ボーリング調査結果（独立行政法人防災科学技術研究所）を統合して、断層の深部構造のモデル化、断層の準静的モデルの構築及び強震動予測高精度化に関する研究を継続する。強震動予測のための近畿圏における地殻構造モデルを構築した。

平成18年度：近畿圏を南北に縦断する測線に沿った自然地震観測網による地下構造調査を継続する。これまでに得られているデータで不十分な部分に観測点を追加する。また、これまでに得られたデータを統合して、震源断層の形状や地殻構造、弾性波速度構造モデルについての解析を行い、近畿縦断測線で得られた構造を、面的な構造推定へとすすめる。これらによって、近畿圏におけるより高精度な強震動予測を行うための断層モデル、地殻の主な不連続構造、プレート境界の深度分布および、それらの層間の速度構造を求める。さらに、これらを総合して近畿地方の南南東―北北西断面の大局的なイメージを構築する。また、得られた大量の人工地震、自然地震のデータのアーカイブを行い、今後の研究に広く利用できるようにする。

（e）平成18年度業務目的

近畿圏を南北に縦断する測線に沿った自然地震観測網による地下構造調査を継続するとともに、これまでの調査で手薄な部分に観測点を追加して観測を増強する。これらのデータに加え高感度地震観測網（Hi-net）のデータもあわせて解析し、震源断層になる活断層の深部構造、フィリピン海プレートの境界、速度構造についてその形状と特性を面的に調査する。すなわち、地殻の主な不連続構造の概略、つまり地殻上部・下部の地震波反射面、活断層と反射面のつながり、プレート境界の深度分布、それらの層間の速度構造を求める。さらに、これらを総合して近畿地方の大局的な構造イメージ、震源断層の地下での分布形態を構築する。また、得られた大量の人工地震、自然地震のデータのアーカイブを行い、今後の研究に広く提供できるようにする。

(2) 平成 18 年度の成果

伊藤 潔（京都大学防災研究所）

ito@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

廣瀬 一聖（京都大学防災研究所）

hirose@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

(a) 業務の要約

平成 16 年度には、近畿地方を日本海沿岸から太平洋沿岸まで縦断する「大都市圏地殻構造探査 新宮－舞鶴測線」が実施された。また同年度には標準的な反射法処理を行い、測線に沿う、地殻浅部から上部マントルに至る広域の反射断面図を得た。そこでは、近畿地方直下に沈み込んだフィリピン海プレートの位置や形状、また地殻内部の反射面構造が見出された。さらに平成 17 年度には、統合解析や重合前マイグレーションなどの手法を用いた反射法処理の再解析を行い、地殻内部やフィリピン海プレート内部の、より詳細な反射面構造を得た。特に、新宮－舞鶴測線の一部である生駒－高槻測線では、褶曲構造や断層運動に伴う層序のずれなどの構造が明らかとなった。また、屈折法走時解析により測線全体の地表から上部マントルに至る地震波速度構造の暫定モデルを得た。

本年度は、より精密な速度構造を得ることを目的として、これまでに近畿地方で行われた地殻構造探査測線の記録と新宮－舞鶴測線との統合解析と、広角反射波を用いた反射面、特にモホ面の深さの推定を行うことにより、平成 17 年度に得られた速度構造を見直し、より正確な構造モデルを得た。また、稠密な反射法測定を行った生駒－高槻測線について、より詳細な解析記録及び解析結果を示した。

(b) 業務の実施方法

本研究で使用した測線の概要、データ仕様については、平成 16 年度大大特報告書に詳述したため、本項では割愛する。本節では再解析の方法について述べる。

1) 屈折法走時解析及び広角反射法による地震波速度構造の再解析

平成 17 年度はタイムターン法および二次元波線追跡法を用いて、測線に沿う地表から上部マントルに至る広域の暫定的な P 波速度構造を求めた。しかし、下部地殻からの反射波の強度は非常に弱く、深さおよそ 20km 以深の速度境界面、特にモホ面の深さを決定することは困難であった。そこで、本年度は以下に示す 2 通りの手法によって、より正確なモホ面の深さを推定した。



図 1 本研究で用いた人工地震を用いた地殻構造探査測線。緑の点、赤丸、赤い星印は、それぞれ観測点、バイプロサイズ多重発振点、発破点を表す。地図中の赤線は活断層を示す。

さらに、後述の「活断層および周辺地域の三次元速度・減衰構造モデルの研究」の章で述べる、1989年藤橋－上郡測線、1995年京北－西淡測線の速度構造の結果も考慮しながら、全体の速度構造の再解析を行った。

a) 倉吉－花房側線の走時解析

1963～64年に爆破地震動研究グループによって行われた倉吉－花房測線（爆破地震動研究グループ，1965¹⁾）の読み取り値記録を収集し、再解析を行った。当測線は、測線長約360km、観測点数はのべ41点、薬量は約2トンと非常に大規模な観測実験であったため、アナログ記録ではあるが、非常に良好な記録が得られている。本測線は図1に示すように、2004年新宮－舞鶴測線と近畿地方北部で交差している。

収集した初動読み取り値記録を、二次元波線追跡法（Zelt and Smith, 1992²⁾）を用いて、試行錯誤でモホ面の深さを求めた。読み取り値記録は、初動のみのため、地殻中部～下部の地震波速度や反射面を決めることができない。そこで、地殻内のP波速度構造は倉吉－花房測線とほぼ平行した1989年藤橋－上郡測線の速度構造（Hirose and Ito, 2006³⁾）を用いた。図2に地殻構造モデルと波線、および読み取り値と計算値の比較を示す。オフセット距離約150kmから、初動として最上部マントルを通る屈折波、いわゆるPnが出現しており、この走時によってモホ面の深さと最上部マントルの地震波速度を決定することができる。観測値と計算値は良い一致を示しており、モホ面の深さと最上部マントルの地震波速度は良く決まっていると思われる。

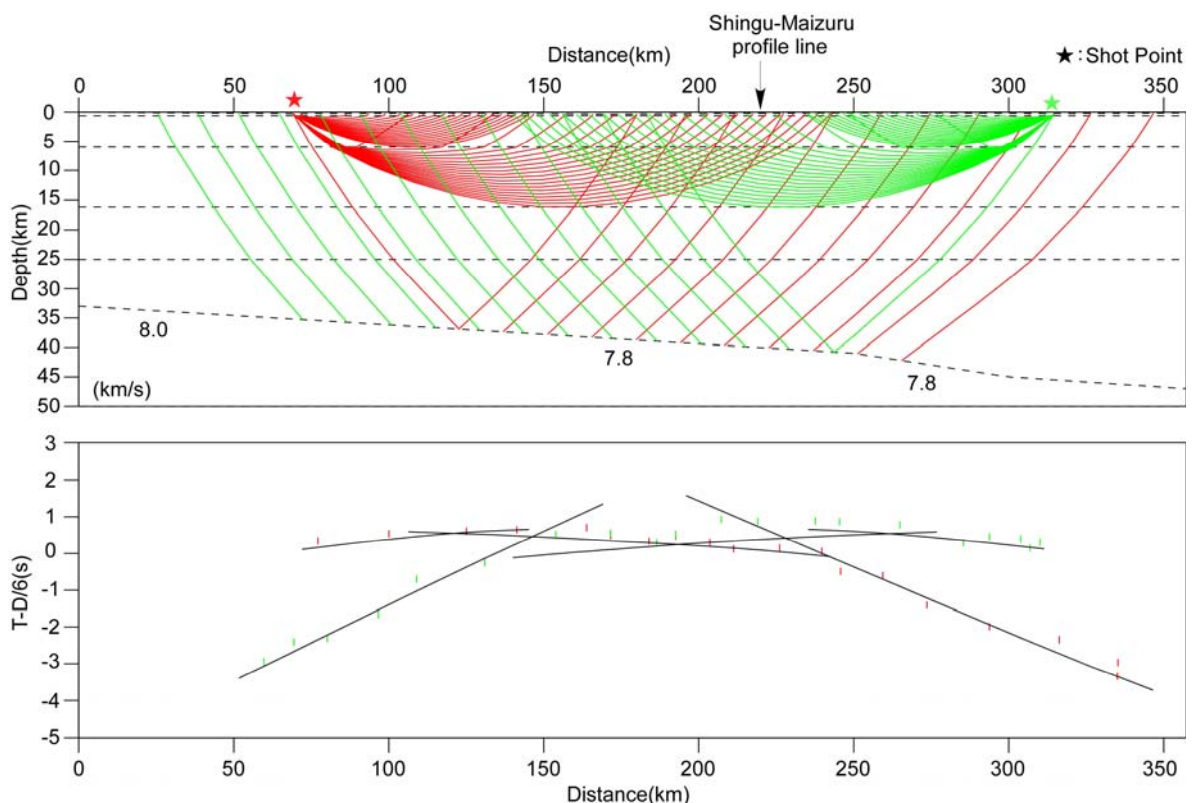


図2 倉吉－花房測線の波線追跡法結果。上図は地殻構造と波線。下図は初動走時（赤と緑の点）と計算走時（黒線）の比較。

b) 広角反射波を用いたモホ面の検出

新宮－舞鶴測線の反射法解析では、近畿地方直下に沈みこむフィリピン海プレートの形状や構造、地殻内の反射面は明瞭に見られたが、陸域のモホ面は確認することができなかった（伊藤・他，2005⁴⁾）。これは、測線長が 220km と、上記の倉吉－花房測線などに比べて短かったことや、重合する際に、オフセット距離 30km 程度のトレースを使用したことなどが原因であると思われる。しかし、人工地震探査記録の広角部分（オフセット距離の大きなトレース）には、図 3 に示すように、モホ面などの速度境界面からの反射波が見られることが知られている（Nemeth et al., 1996⁵⁾; Bleibinhaus and Bruckl, 2006⁶⁾ など）。これらの広角反射波の明瞭なトレースのみを用いて反射法処理を行うことにより、通常の反射法処理では確認できなかったモホ面をイメージできることが期待される。そこで本研究では、新宮－舞鶴測線の広角部分にあたるトレースを用いて反射法処理を行い、モホ面のイメージングを試みた。

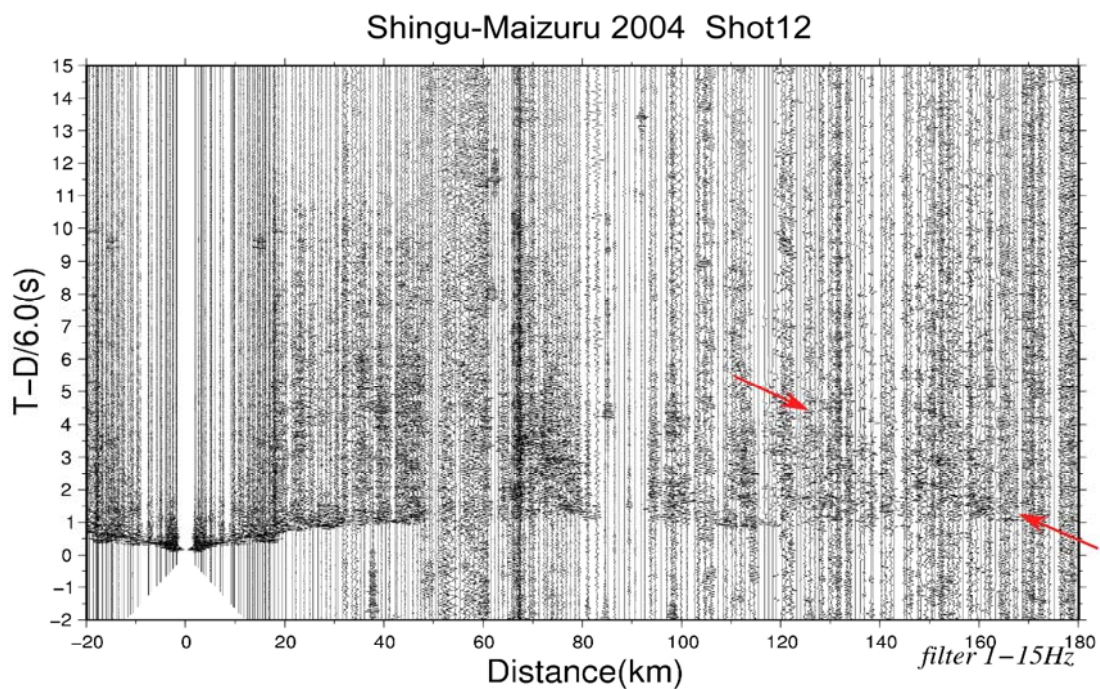


図 3 新宮－舞鶴測線のショット記録例。横軸はオフセット、縦軸は 6km/s で reduce した時間を示す。オフセット距離 100km 以遠に、モホ面の反射フェーズ (PmP) と思われる波群が確認できる。

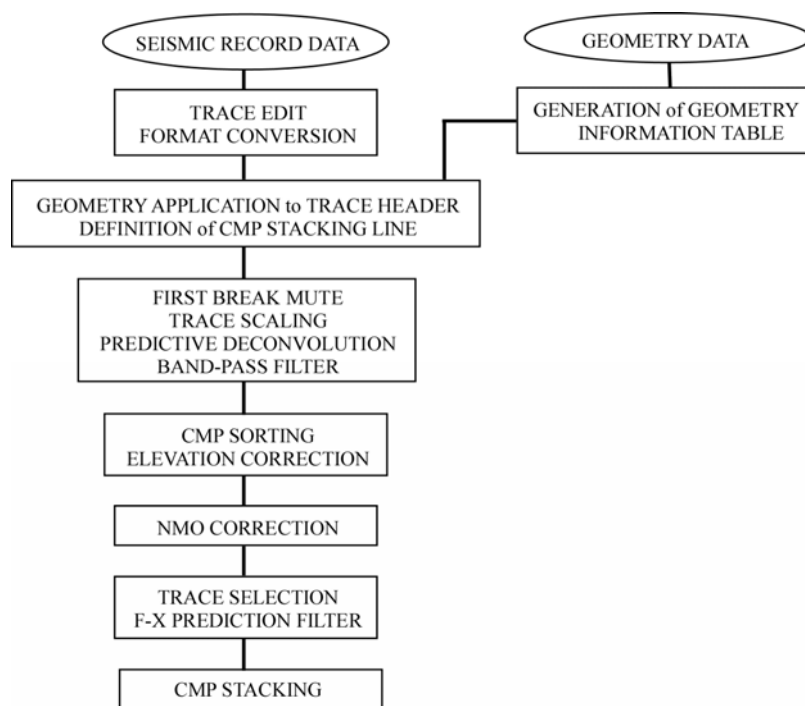


図 4 反射法解析のフローチャート

表 1 反射法解析で用いたパラメータ

Processing	Parameters
First break mute	1000msec(Taper length) 6300m/s(Sliding velocity)
Gain recovery	
Time function	t^{**2}
Deconvolution	
Start time of 1-st gate	3200msec [Time-Variant]
Length of gate	8000msec
Sliding velocity of gate	5500m/s
Operate length	600msec
Whitening noise	0.5%
Prediction distance	32msec
CMP sorting	
CMP interval	200m
Number of CMP	973
F-X prediction filter	
Operator length	3 CDPs
Length of space window	20 CDPs

本研究で行った反射法処理手順を図4に、各処理で使用したパラメータを表1に示す。通常の反射法処理と異なる点は以下の3点である。

- i) 地殻深部からの反射波は数 Hz の成分が卓越するため、バンドパスフィルターは長周期側に設定する。
- ii) 重合を行う前に、各ショットから反射波が明瞭に確認できるトレースのみを抽出する。
- iii) NMO 速度は、重合を行う際に、隣接するショットの反射面の深さと比較しながら、最も相関の良い速度を試行錯誤で決定する。

図5に、1ショット毎に6.3km/sでNMO補正を施したショットギャザーの例を示す。横軸はCMPを、縦軸は往復走時を示す。オフセット距離60~80km以上のトレースの往復走時10秒付近に、水平方向に連続性の良い明瞭な反射面が確認できる。これらの反射波は、広角部分にのみ見えていることから、反射面への入射角が臨界角を超え、全反射をしたフェーズであると考えられる。全ショットから、このフェーズの見られるトレースを抽出し、重合を行った。

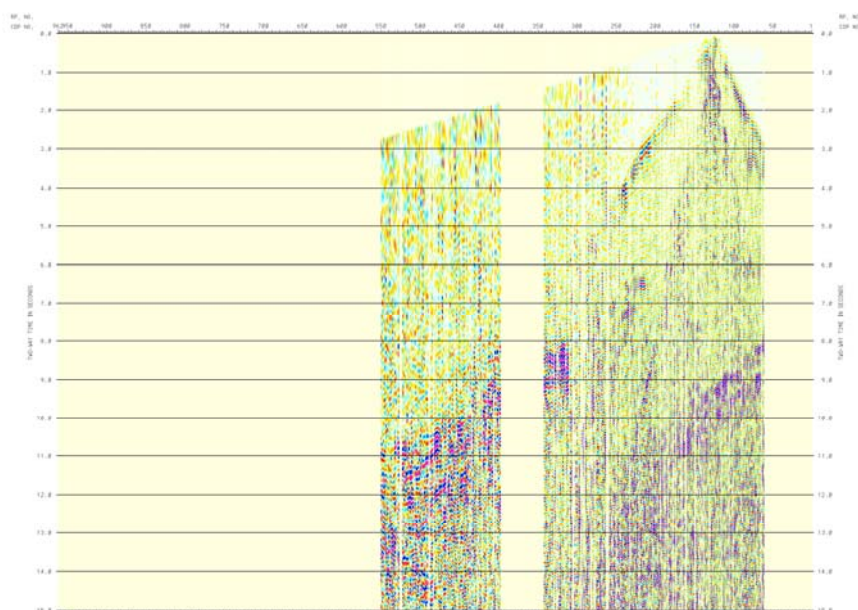


図5 (a) ショット記録のNMO補正例(ショット3)。横軸はCMPを、縦軸は往復走時を示す。NMO速度は6.3km/sを用いた。

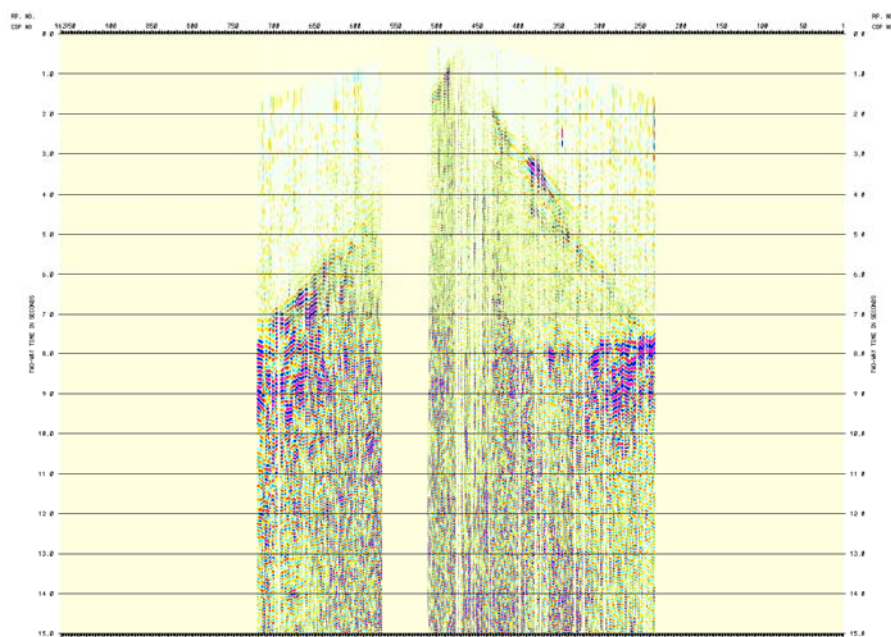


図5 (b) ショット記録のNMO補正例(ショット8)

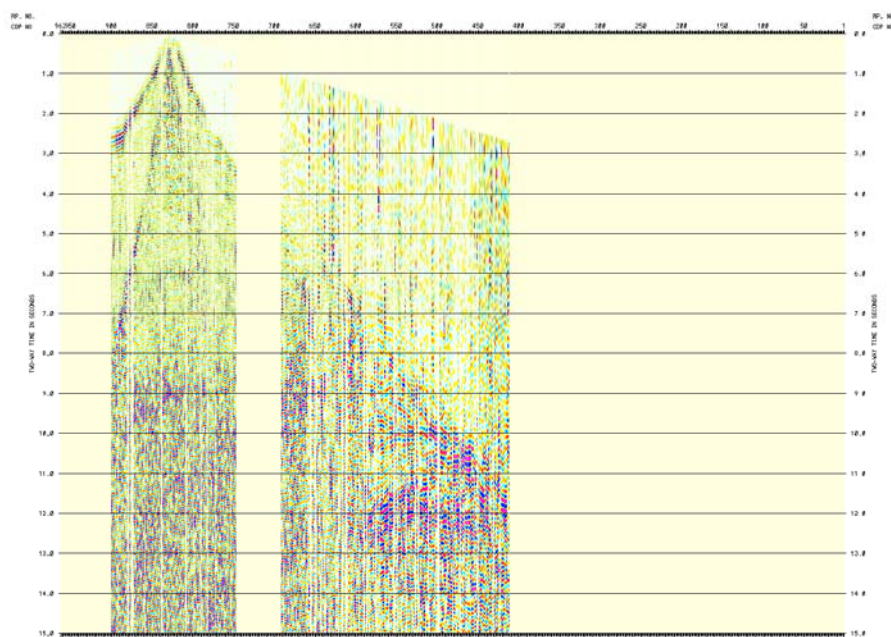


図5 (c) ショット記録のNMO補正例(ショット13)

2) 生駒－高槻測線の反射法解析

大地震による強震動は地表の堆積層で非常に増幅されるため、堆積層の構造や地震波速度を知ることは強震動を予測する上で非常に重要である。平成17年度報告書では、新宮－舞鶴測線における生駒－高槻測線に関して、交差する大阪－鈴鹿測線のデータ処理との整合性を持たせるために、同一パラメータを用いた解析を行い、解析手法及び、結果の概

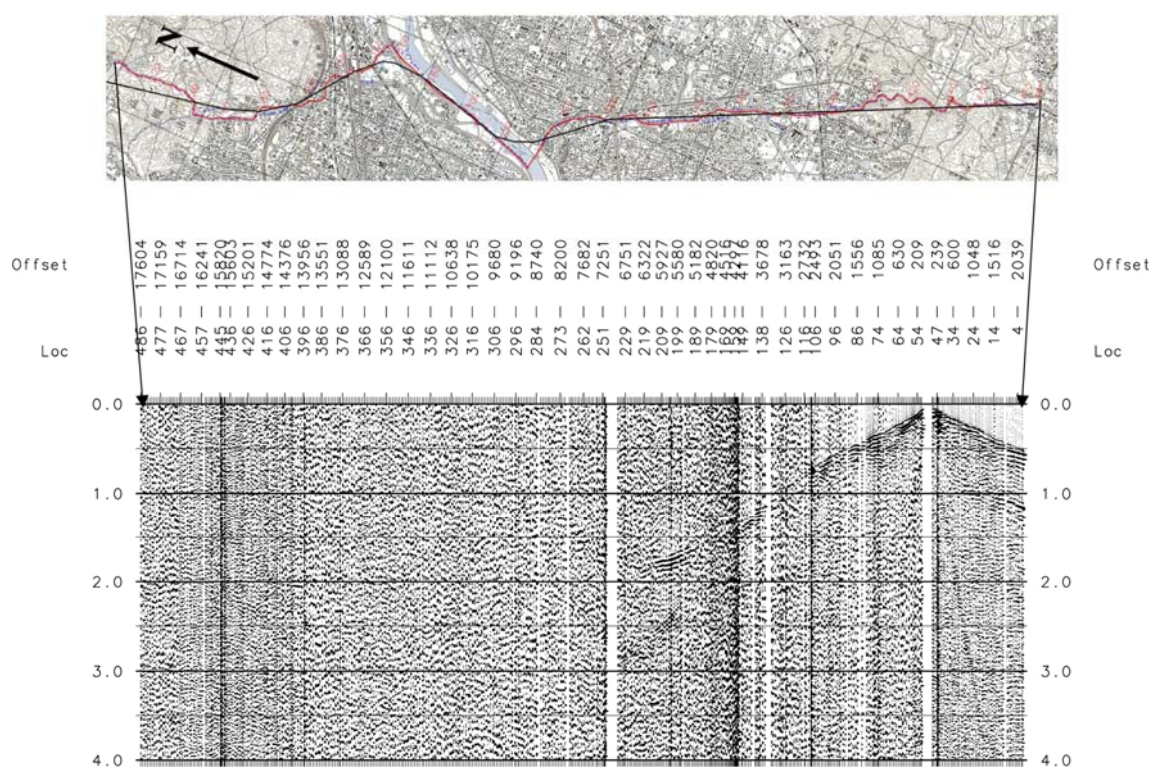


図6 (a) 生駒－高槻反射法データ、発震記録例。SP10052

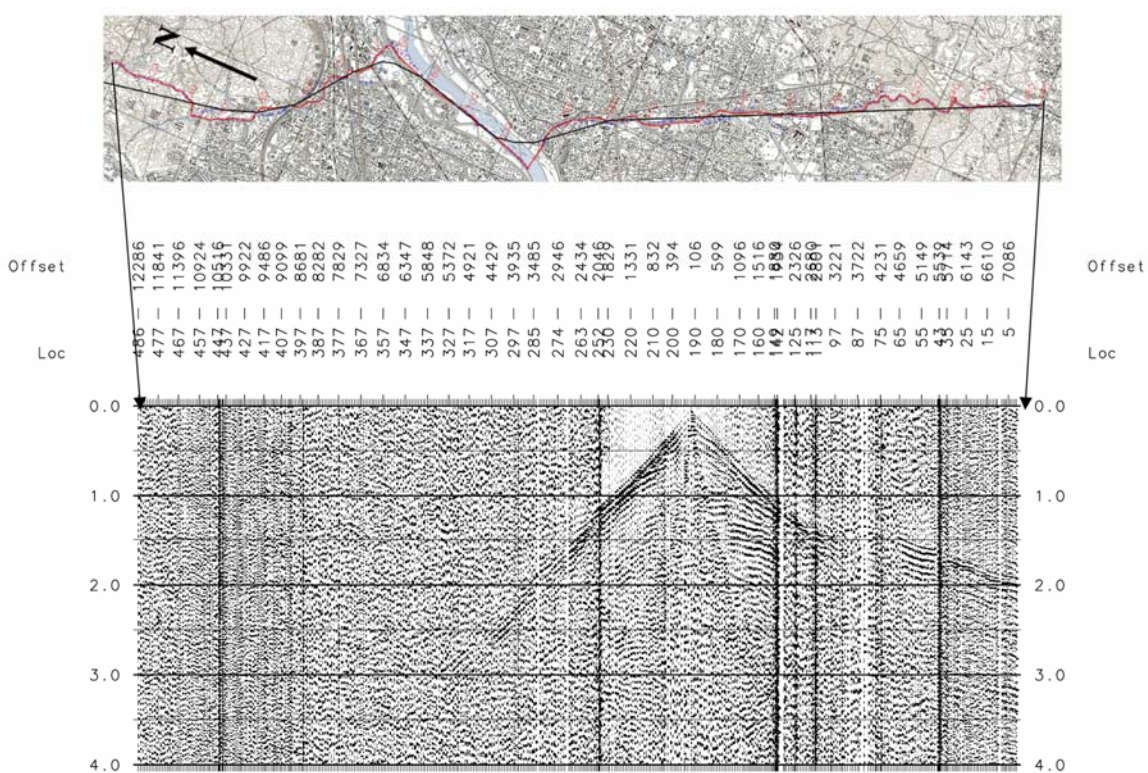


図6 (b) 生駒－高槻反射法データ、発震記録例。SP192

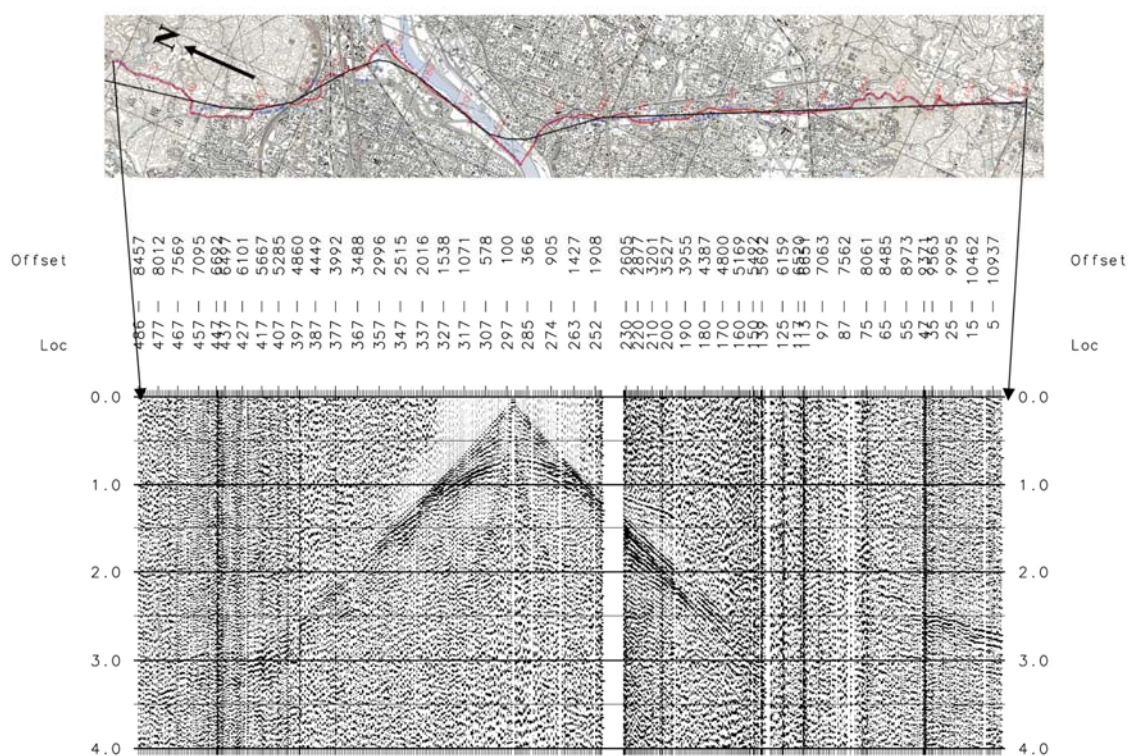


図6 (c) 生駒－高槻反射法データ、発震記録例。SP106

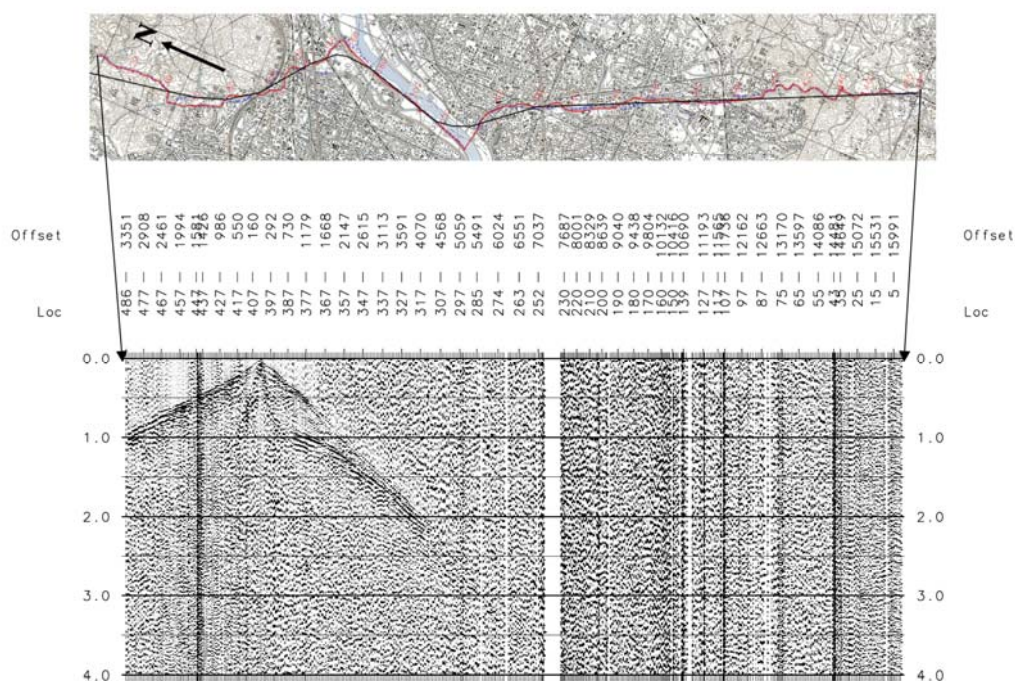


図6 (d) 生駒－高槻反射法データ、発震記録例。SP148

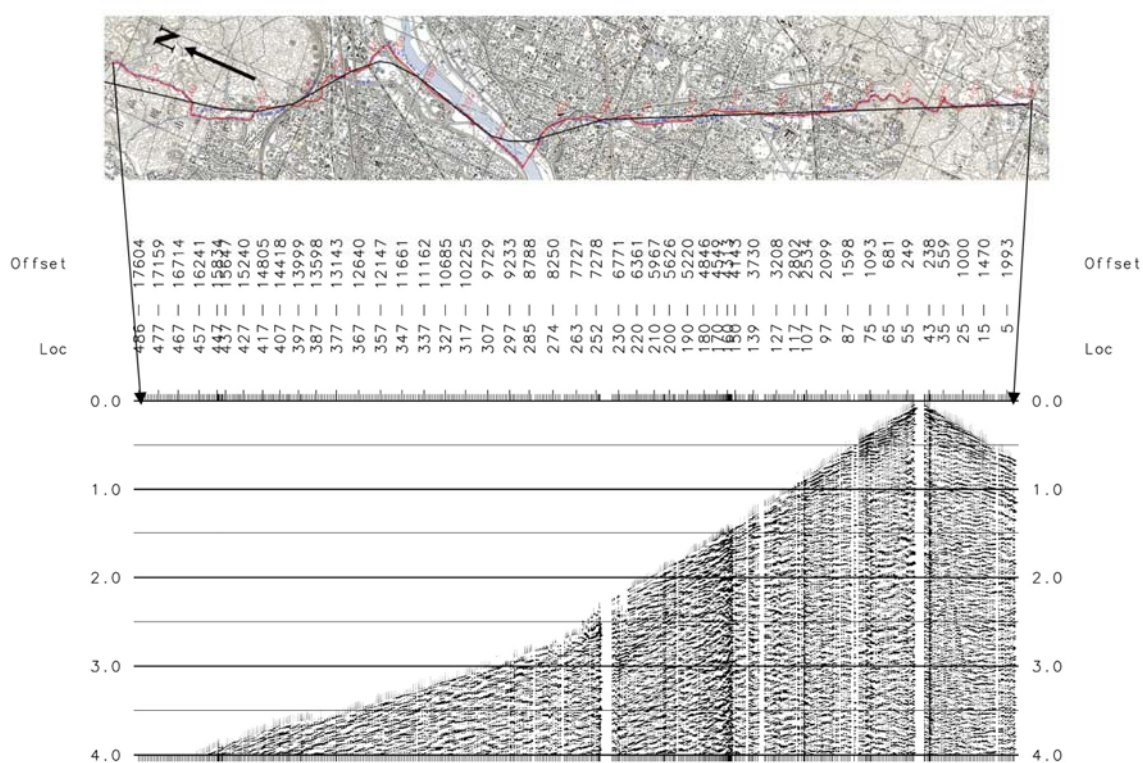


図7 (a) 生駒－高槻反射法データ、残差静補正およびクロスディップ補正適用後の発震記録例。SP10052

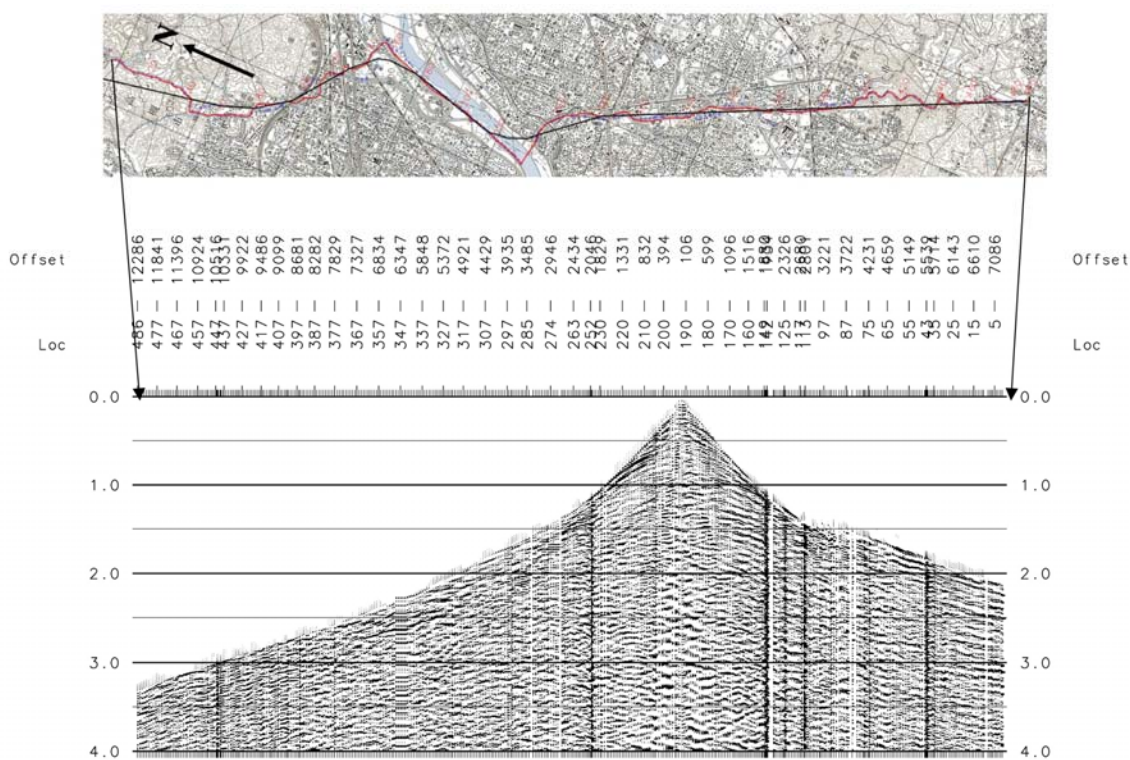


図7 (b) 生駒－高槻反射法データ、残差静補正およびクロスディップ補正適用後の発震記録例。SP192

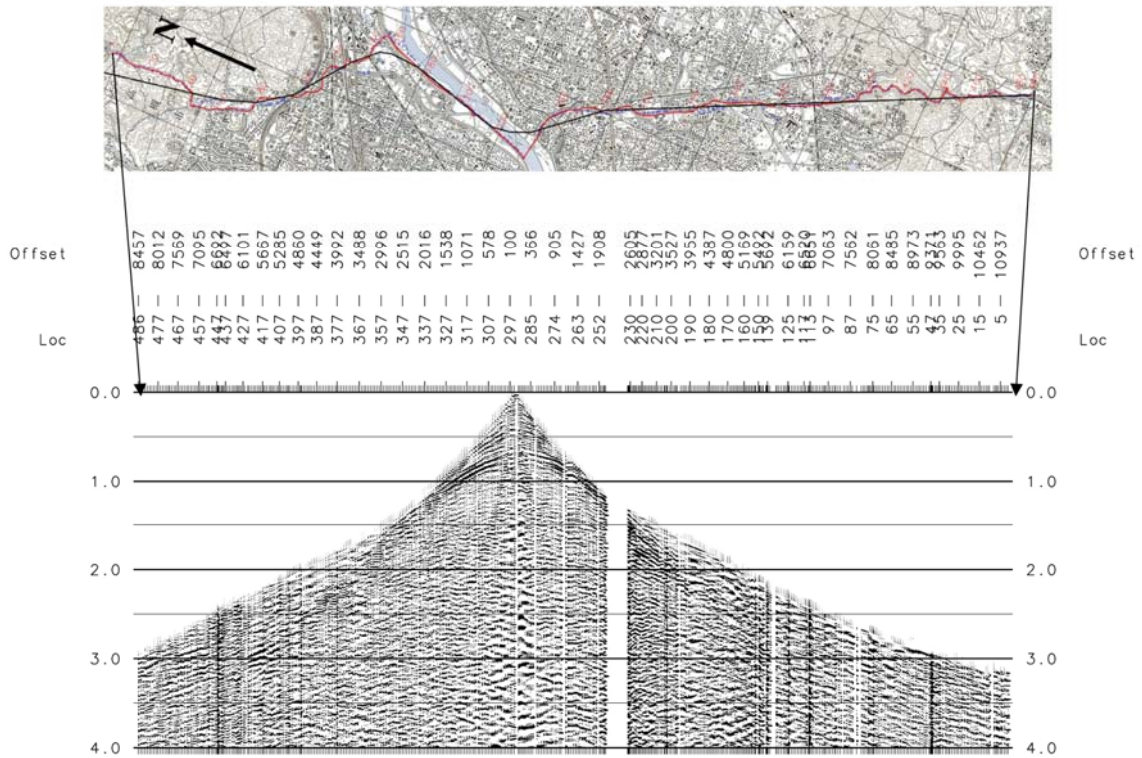


図 7 (c) 生駒一高槻反射法データ、残差静補正およびクロスディップ補正適用後の発震記録例。SP106

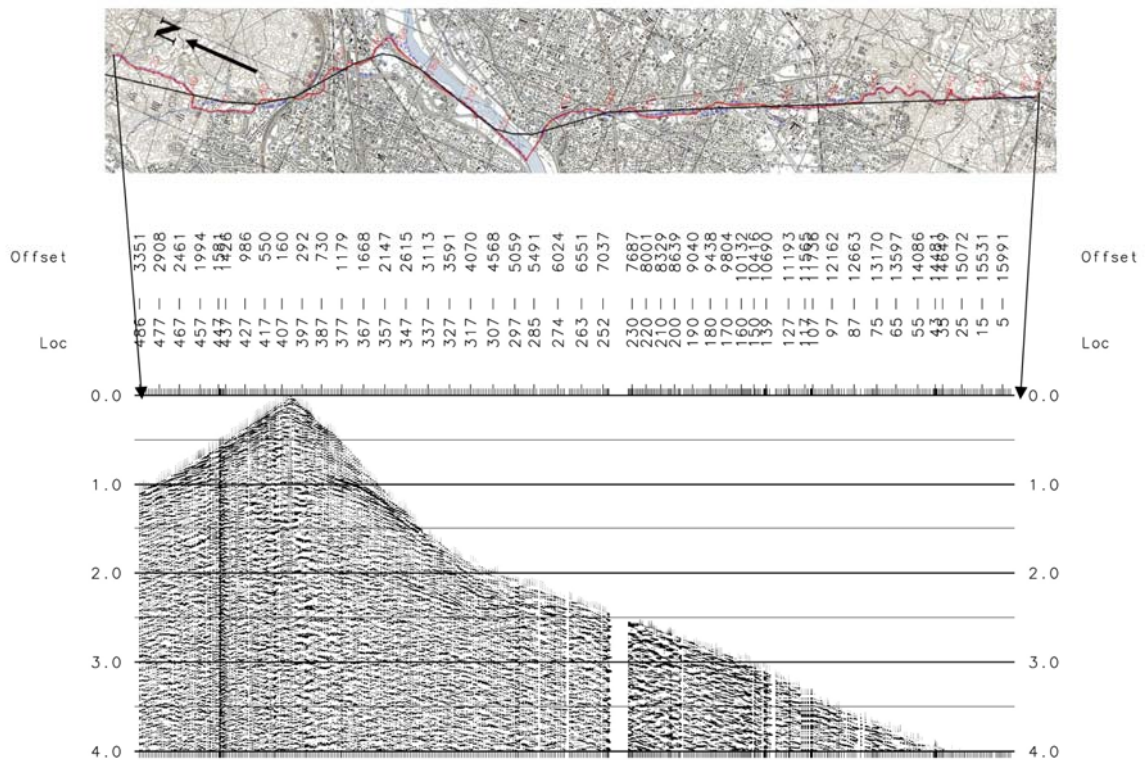


図 7 (d) 生駒一高槻反射法データ、残差静補正およびクロスディップ補正適用後の発震記録例。SP148

略を示した。本項では、平成 17 年度と重複する部分があるが、より詳細な解析処理記録及び、処理結果を示す。

図 6 に生駒－高槻測線内の発振記録例を示す。測線図、解析方法は平成 16 年度及び 17 年度報告書で詳述したため、本項では割愛する。図 7 には、初動ミュート、振幅補償、デコンボリューション、CMP 編集、静補正、クロスディップ補正を施した発震記録の例を示す。さらに、NMO 補正、周波数－空間領域予測フィルター、深度変換を施し、最終的な反射断面を得た。

(c) 業務の成果

1) 屈折法走時解析及び広角反射法による地震波速度構造の再解析

図 8 に倉吉－花房測線の走時解析によって得られた構造を示す。上記のように、地殻内部の速度構造は 1989 年藤橋－上郡測線による。ここではモホ面の深さおよび、最上部マントルの速度に注目する。構造の上部の矢印は、新宮－舞鶴測線との交点を示す。モホ面の深さは、測線の西端で約 35km、東端で 40km とゆるやかに東に傾いており、橋爪・他 (1966)⁷⁾ や Yoshii et al. (1974)⁸⁾ の走時解析による結果と、ほぼ調和的であった。最上部マントルの P 波速度は、測線西端部で 8.0km/s のほかは、ほぼ全域で 7.8km/s となった。新宮－舞鶴測線と交差する部分では、モホ面の深さは約 37km で P 波速度は 7.8km/s である。

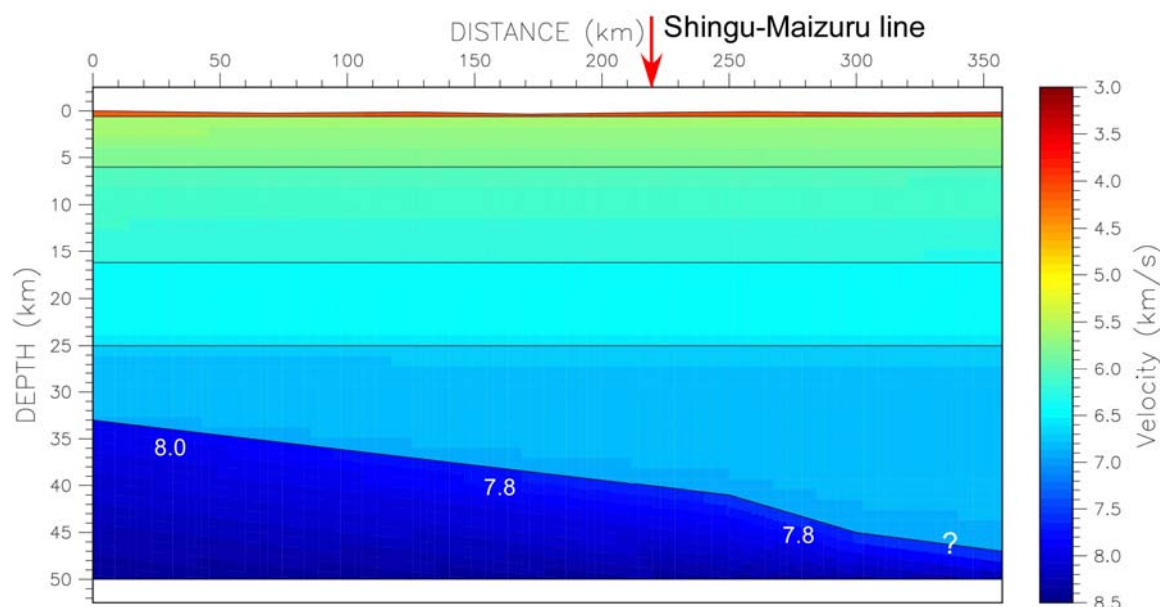


図 8 倉吉－花房測線の速度構造モデル。地殻内部の速度構造は、藤橋－上郡測線の結果を用いた。図中の矢印の箇所では新宮－舞鶴測線と交差する。

次に、広角反射法解析の結果を図 9 に示す。本手法は、オフセット距離の大きなトレースのみを用いており、初動ミュートと NMO ストレッチミュートも行っているため、測線の両端部および地殻浅部についてはイメージングされない。横軸は CMP の場所を示し、右端が新宮市、左端が舞鶴市である。縦軸は往復走時（秒）を示す。往復走時 8 秒付近、

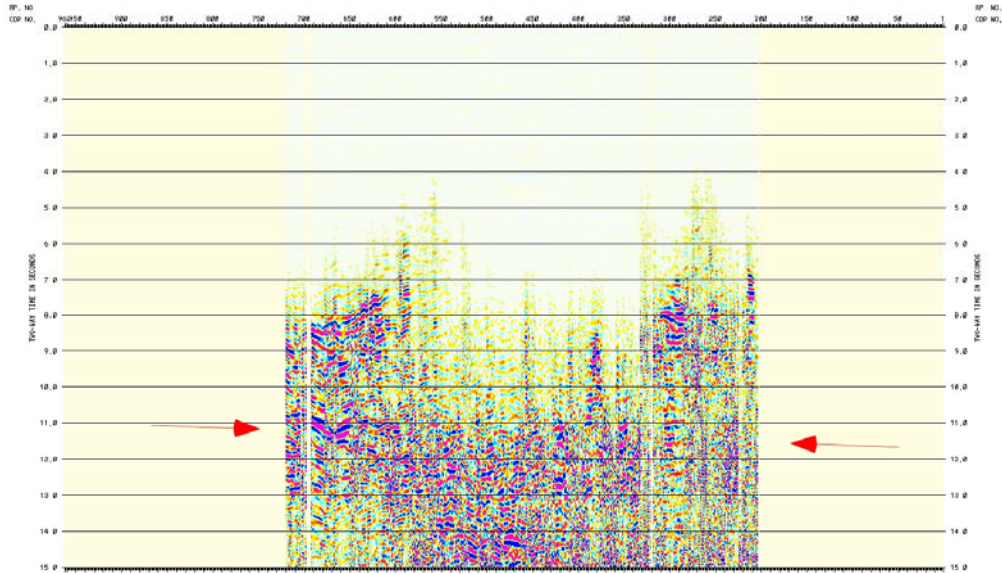


図9 広角反射法解析による時間断面図。横軸はCMP位置、縦軸は往復走時を示す。
8秒と、11~12秒付近に明瞭な反射面が見られる。

および、11~12秒付近に、水平方向に連続性の良い明瞭な反射面が認められる。これらを深さに変換すると、約25km、35~37kmとなり、前者は下部地殻の反射面（速度境界）で、後者がモホ面であると推定される。モホ面の深さは、上記の倉吉ー花房測線の屈折法解析によって得られた深さとほぼ調和的であり、近畿地方中北部では、モホ面の深さはおよそ37kmであることがわかった。これは Yamauchi et al. (2003)⁹⁾によるレーザー関数によって求められたモホ面と、ほぼ調和的である。また、本研究課題の一部である自然地震による構造調査のレーザー関数による解析結果とも、よく一致する。

ここで得られたモホ面の深さを考慮し、さらに1989年藤橋ー上郡測線、1995年京北ー西淡測線の交点で、それらの速度構造と矛盾が生じないように速度構造の再決定を行い、最終的に得られた速度構造を図10に示す。図中の数字はP波速度(km/s)を示し、*の付いた数字は、推定値であることを示す。図11には、平成17年度報告書で示した反射法探査結果に、得られた速度構造を重ねて示した。見やすいように、速度構造は速度境界（もしくは反射面）で単純に色分けしてある。モホ面以外の反射面と、速度境界が良く一致しており、速度境界が良く求められていることが分かる。さらに、図12には、測線周辺、幅約20kmの範囲内で発生した地震の震源をプロットした。震源データは、気象庁一元化カタログによる。赤い点は、低周波地震を示す。これによると、低周波地震は、フィリピン海プレート上面と、陸域のモホ面の会合する場所で発生しているように見える。この結果はモホ面の構成とプレートの脱水反応などの物質的な考察のために有効である(Katsumata and Kamaya, 2003¹⁰⁾)。

これらの結果は、近畿地方の典型的な断面の速度構造を示すとともに、地震発生との関連をより詳しく明らかにした結果として、強震動予測に役立つばかりでなく、地震発生機構の解明にも新たな知見をもたらすものである。

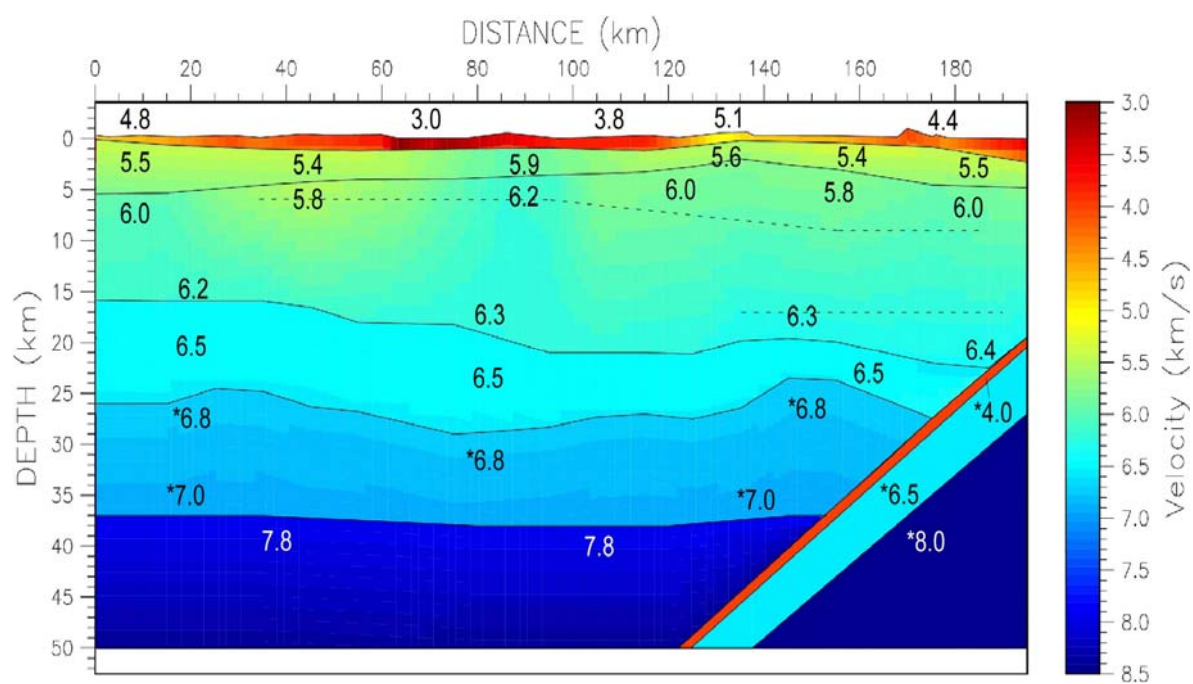


図 10 新宮－舞鶴測線の速度構造。図中の数字は P 波速度(km/s)をあらわす。* の付いた数字は、推定値であることを表す。

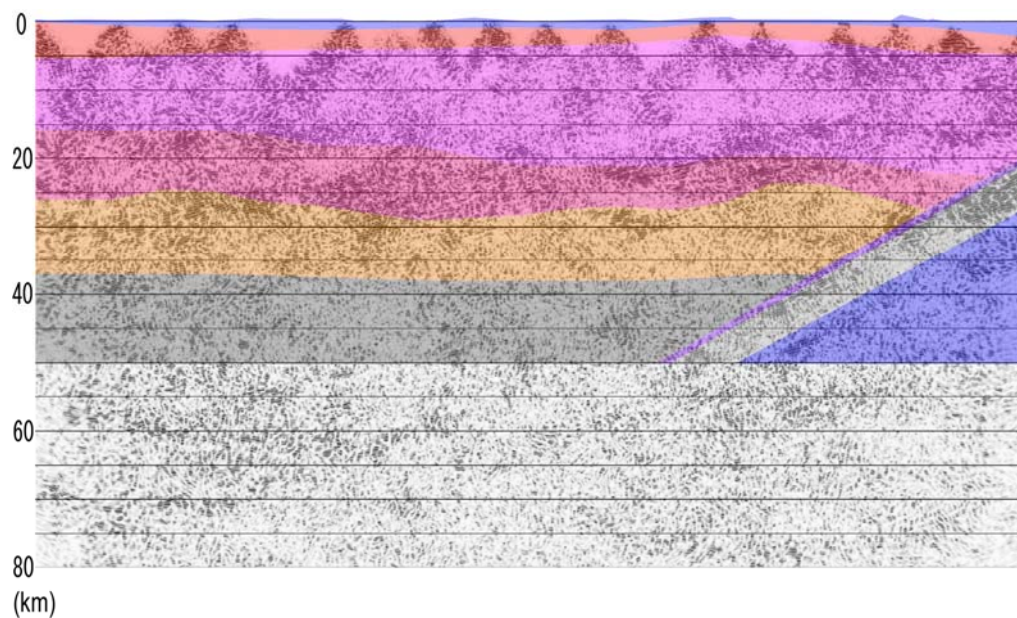


図 11 新宮－舞鶴測線の反射断面に、図 10 で示した速度構造を重ねた。速度構造は速度境界で色分けして示した。顕著な反射面と速度境界がほぼ一致していることがわかる。

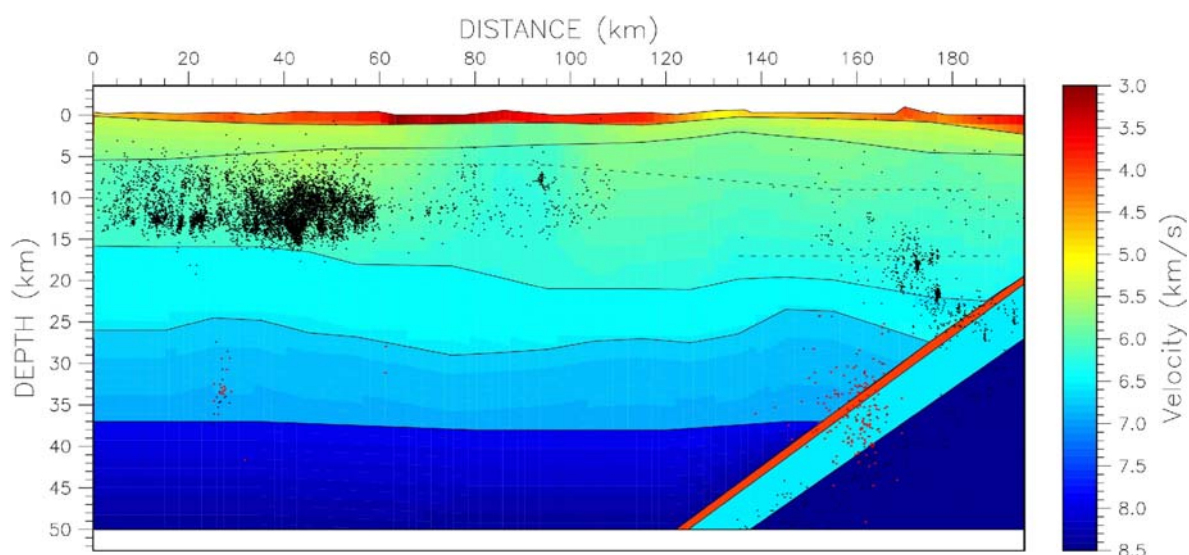


図 12 速度構造と測線周辺の地震活動の比較。黒点は通常地震、赤点は低周波地震を示す。震源は気象庁一元化カタログによる。浅い地震は P 波速度が 5.8 ～6.4km/s

2) 反射法生駒－高槻測線再解析

図 13 に、本研究で得られた生駒－高槻測線の反射断面を、大阪－鈴鹿測線の反射断面とともに三次元的に配置し、4 方向から俯瞰した図を示す。深さは地表からおよそ 2500m までを示している。両測線間での層序は良く対比しており、詳細な構造の解釈が可能となった。また、このような図を立体的に回転して見ることによって、枚方撓曲群や有馬－高槻構造線の三次元的な把握ができる。さらに、重力によって基盤の面的な形状を調査する際に、これらの結果はその参照点としての役割を果たし、精度の向上に役立っている。その結果、当該地域の強震動予測をする上で、非常に貴重な表層部分の構造データが得られた。

(d) 結論ならびに今後の課題

本研究では、新宮－舞鶴測線の速度構造の再解析を行った。特に、これまでの反射法解析、屈折法解析では得られない地殻の深部構造、特にモホ面の深さを、(1) 広角反射法および(2) 倉吉－花房測線の屈折法解析の 2 通りの方法で決定した。その結果、近畿地方北部では、モホ面はおよそ 35～40km 程度であることがわかった。また、この結果に加え、近畿地方北部でこれまでに行われた他の測線の解析結果と合わせ、全体的な速度構造の再決定を行い、最終的な速度モデルを得ることができた。この速度構造は、強震動予測に利用することができる。地殻および上部マントル全体の構造は、長周期震動の解析に有効である。また、これらの結果は、地震発生機構解明のための重要な知見を提供するものであり、地震予知研究の発展にも寄与するものである。

新宮－舞鶴測線が有馬－高槻構造線と交差する付近では、生駒－高槻測線として稠密な反射法探査が行われた。この測線と直交する、大阪－鈴鹿測線のデータ処理と整合性を持

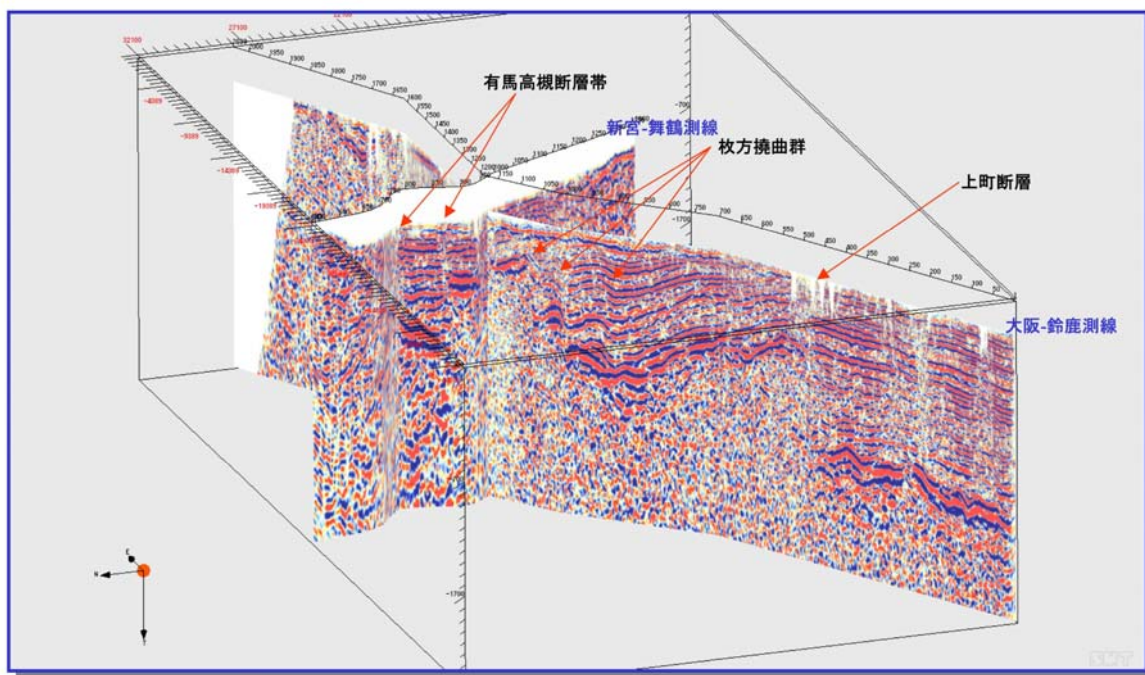


図 13 (a) 生駒－高槻測線（新宮－舞鶴測線の一部）と大阪－鈴鹿測線の接合および、鳥瞰表示結果（北西方向からの鳥瞰表示）

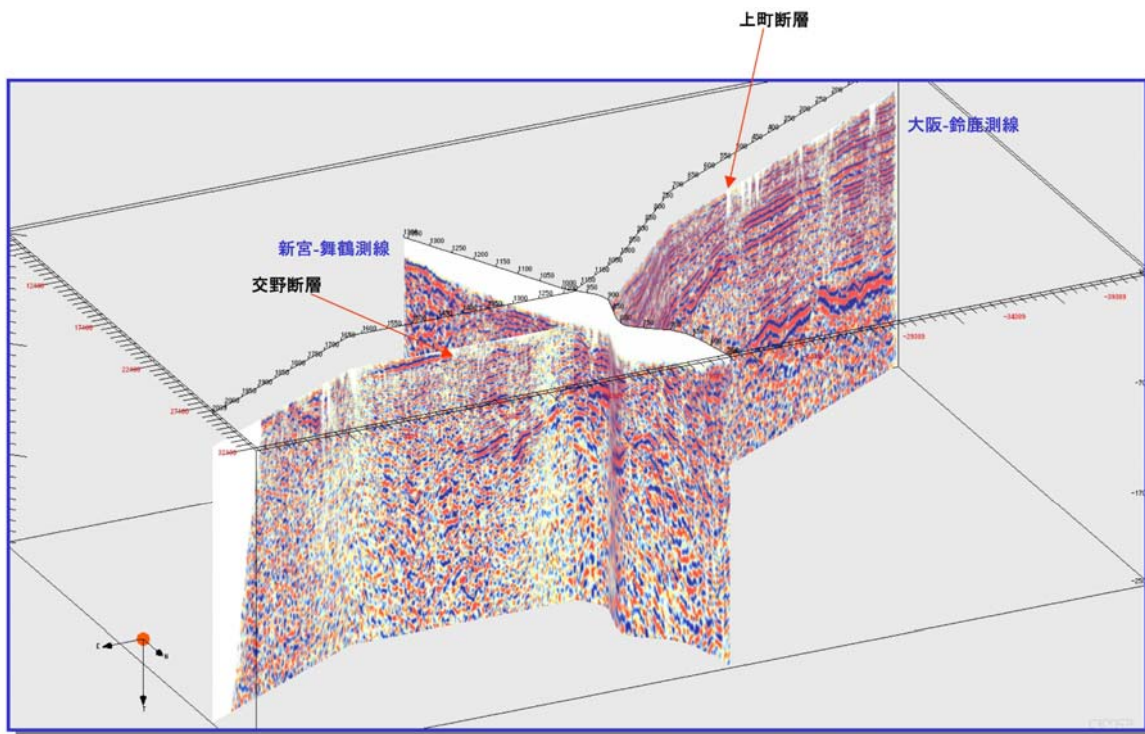


図 13 (b) 生駒－高槻測線（新宮－舞鶴測線の一部）と大阪－鈴鹿測線の接合および、鳥瞰表示結果（北東方向からの鳥瞰表示）

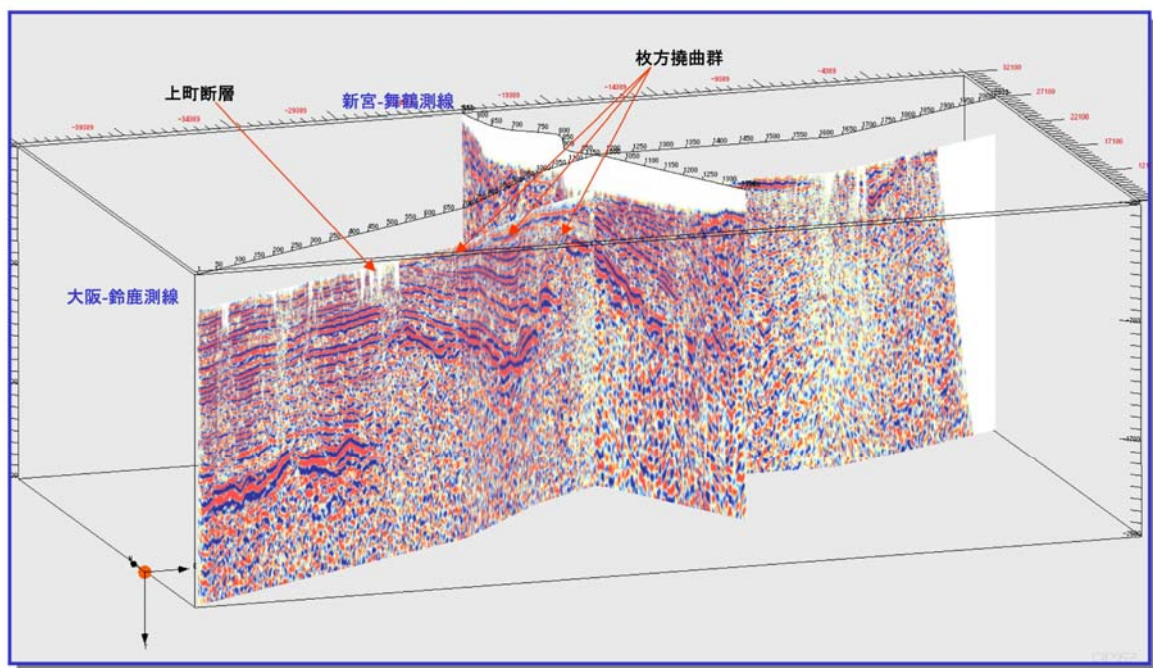


図 13 (c) 生駒－高槻測線（新宮－舞鶴測線の一部）と大阪－鈴鹿測線の接合および、鳥瞰表示結果（南西方向からの鳥瞰表示）

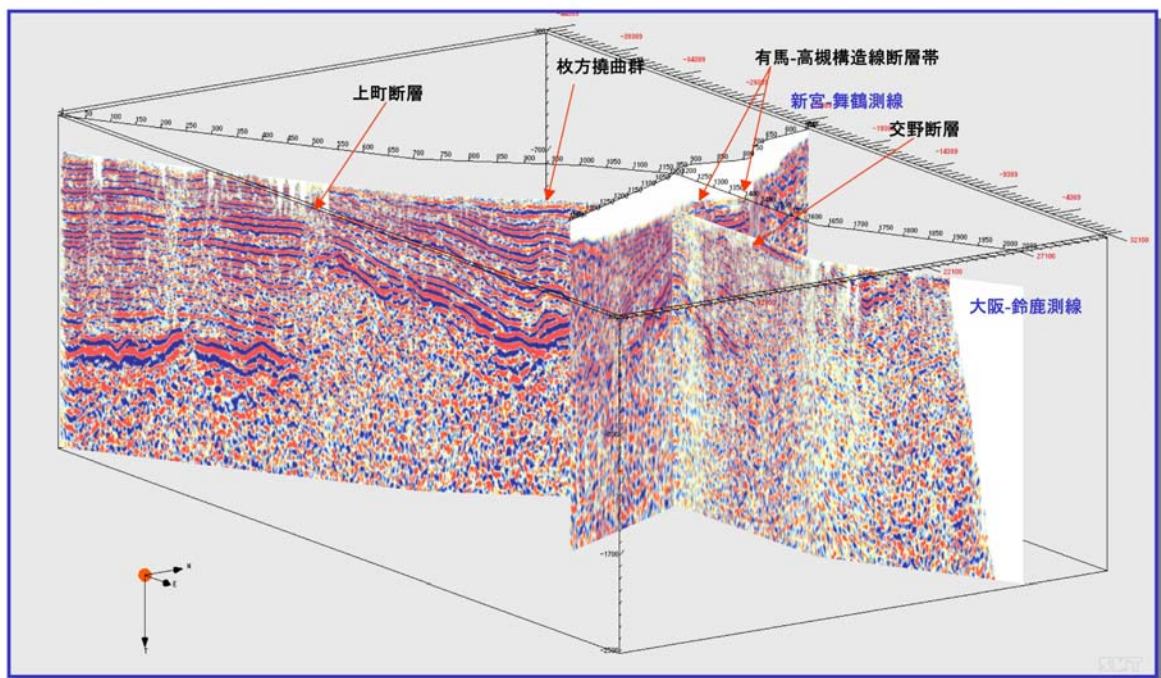


図 13 (d) 生駒－高槻測線（新宮－舞鶴測線の一部）と大阪－鈴鹿測線の接合および、鳥瞰表示結果（南東方向からの鳥瞰表示）

たせるために、同一パラメータによる再解析を行い、平成 17 年度より詳細な解析手順及び、解析結果を示した。その結果、大阪平野北部の非常に詳細な浅部構造が明らかとなった。特に、有馬－高槻構造線の深部構造や枚方撓曲群などが三次元的に把握できるようになった。

これらの結果は、近畿地方における、大地震による強震動予測をする上で、非常に重要な基礎資料が得られたと思われる。しかし、波線の届かなかった地殻深部では、まだ十分な速度構造が得られていない。これらについては、今後、同時期に海域で行われた地殻構造探査の記録や、自然地震を用いたトモグラフィーの結果等を合わせて考えていく必要があるだろう。さらに、今回の調査は有馬－高槻構造線以外は深部構造の調査を目的に設定されたために、活断層と下部地殻の反射面をつなぐ地下 10km 程度の詳細な構造解析には不十分であることが、はっきりした。このような深部構造の調査と地下 10～20km の調査を併用することによって、活断層と地殻下部までを含む地震発生過程の解明が可能であることを示した意義は大きい。

(e) 参考文献

- 1) 爆破地震動研究グループ：第 1 回，第 2 回倉吉爆破および花房爆破観測により得られた西部日本の地殻構造，第 1 部 第 1 回，第 2 回倉吉爆破および花房爆破地震動の観測，地震，19，pp. 107-124，1965.
- 2) Zelt, C.A. and R.B. Smith: Seismic travel time inversion for 2-D crustal velocity structure, *Geophys. J. int.*, 108, pp. 16-34, 1992
- 3) Hirose, I. and K. Ito: Deep structure and seismicity in the Kinki district, southwest Japan, as revealed by seismic refraction and wide-angle reflection surveys, 12th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents and their Margins, pp. 101-102, 2006.
- 4) 伊藤潔，梅田康弘，佐藤比呂志，平田直，岩崎貴哉，伊藤谷生，澁谷拓郎，松村一男，廣瀬一聖，斉藤秀雄，川中卓，黒田徹，井川猛：大都市圏地殻構造調査・近畿圏，新宮－舞鶴測線，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会予稿集，S053-P013，2005.
- 5) Nemeth, B., Z. Hajnal and S.B. Lucas: Moho signature from wide-angle reflections: preliminary results of the 1993 Trans-Hudson Orogen refraction experiment, *Tectonophysics*, 264, pp. 111-121, 1996.
- 6) Bleibinhaus, F. and E. Bruckl: Wide-angle observation of ALP 2002 shots on the TRANSALP profile: Linking the two DSS project, *Tectonophysics*, 414, pp. 71-78, 2006.
- 7) 橋爪道郎，川本整，浅野周三，村松郁栄，浅田敏，玉木逸夫，村内必典：第 1 回，第 2 回倉吉爆破および花房爆破観測より得られた西部日本の地殻構造，第 2 部 西部日本の地殻構造，地震 2，19，pp. 125-134，1966.
- 8) Yoshii, T., Y. Sasaki, T. Tada, H. Okada, S. Asano, I. Muramatsu, M. Hashizume and T. Moriya: The third Kurayoshi explosion and the crustal structure in the western part of Japan, *J. Phys. Earth*, 22, 109-121, 1974.

- 9) Yamauchi, M., K. Hirahara and T. Shibutani: High resolution receiver function imaging of the seismic velocity discontinuities in the crust and the uppermost mantle beneath southwest Japan, *Earth Planet Space*, 55, pp. 59-64, 2003.
- 10) Katsumata, A. and N. Kamaya: Low-frequency continuous tremor around the Mono discontinuity away from volcanoes in the southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 30, pp. 20-1-4, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
伊藤潔, 廣瀬一聖, 澁谷拓郎, 大見士朗, 梅田康弘	近畿地方における P 波速度構造および反射面と地震活動	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 16 日
廣瀬一聖, 伊藤潔	人工地震探査による近畿地方中北部の地殻構造 (3)	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 16 日
Ito, K., Sato, H., Umeda, Y., Hirose, I., Hirata, N., Abe, S., Kawanaka, and T., Ikawa T.	Subduction of the Philippine Sea plate from seismic surveys with reference to seismicity in Southwest Japan	2006 Western Pacific Geophysics Meeting	2006 年 9 月 27 日
Ito, K., Sato, H., Ito, T., Nakanishi A., Kodaira, S., Umeda, Y., Hirose, I., Hirata, N., Miura, S., Ito, A., Sato, T., Park, J., Kaneda, Y. Abe, S., Kawanaka, T. and Ikawa T.	Seismic sections across the Kinki district: subducting Philippine Sea plate from the Nankai Trough	12 th International symposium on deep seismic profiling of the continents and their margins	2006 年 9 月 27 日
Ito, K., Sato, H., Ito, T., Hirose, I., Shibutani,	Velocity structure, reflectors, seismicity and low-frequency tremors relating to	12 th International symposium on	2006 年 9 月 27 日

T., Umeda, Y., Hirata, N., Y. Abe, S., and Ikawa T.	subduction of the Philippine Sea plate in the Kinki district, Southwest Japan	deep seismic profiling of the continents and their margins	
Hirose, I. and K. Ito	Deep structure and seismicity in the Kinki district, southwest Japan, as revealed by seismic refraction and wide-angle reflection surveys	12 th International symposium on deep seismic profiling of the continents and their margins	2006 年 9 月 27 日
伊藤 潔, 梅田 康弘, 片尾 浩, 廣瀬 一聖, 佐藤 比呂志, 平田 直, 阿部 進, 川中 卓, 井川 猛	有馬高槻構造線付近の地下構造地震探査	日本地震学会 2006 年秋季大会	2006 年 11 月 2 日
廣瀬 一聖, 伊藤 潔	広角反射法地震探査記録を用いたモホ面の深さの推定	日本地震学会 2006 年秋季大会	2006 年 11 月 2 日
廣瀬 一聖, 伊藤 潔	大大特 I : 地殻構造探査による近畿地方の P 波速度構造	日本地震学会 2006 年秋季大会	2006 年 11 月 2 日
Ito, K., I. Hirose, Y. Umeda, T. Shibutani and T. Ueno.	Crust and Upper Mantle Structure With Reference to Seismic Activity in the Kinki District, Japan From Seismic Surveys	American Geophysical Union 2006 Fall Meeting	2006 年 12 月 15 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