

### 3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務題目

「東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究」

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター プレート挙動解析研究プログラム	プログラムディレクター	金田義行	kaneday@jamstec.go.jp
	グループリーダー	小平秀一	kodaira@jamstec.go.jp
	研究員	尾鼻浩一郎	p
	研究員	仲西理子	obanak@jamstec.go.jp
			ann@jamstec.go.jp

##### (c) 業務の目的

東南海・南海地震の想定震源域において人工震源を用いた広角反射・屈折法調査と反射法調査を実施し、想定震源域におけるプレート形状等の把握を目指す。

広角反射・屈折法調査は、想定震源域の境界領域や、想定されるアスペリティ及びその周辺域を調査対象として、既存の測線を考慮し、トラフ軸に垂直な海陸を統合した測線やトラフ軸に平行な測線において実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域の間の地震波速度構造の把握を目指す。

また、反射法調査は、既存の反射法調査の測線とあわせて面的な情報が得られるよう未実施の領域で行い、分岐断層の分布とその形状、海山などのプレート境界浅部の形状や地震波の反射強度分布の把握を目指す。なお、東南海地震と南海地震の境界域では稠密反射法調査を実施し、詳細な空間的不均質構造評価を行い、プレート境界域からの分岐断層の発達機構の解明を目指す。加えて地震活動とプレート境界域や地殻構造との対比を行い、地殻構造が地下の応力場に与える影響を空間的に評価する事を目的として、短期的な機動的な地震観測を実施する。

##### (d) 5カ年の年次実施計画

###### 1) 研究計画1年目

東南海・南海地震の想定震源域において広角反射・屈折法調査をトラフ軸に平行な測線で実施し、既往の探査結果と併せてトラフ軸に沿った東西方向の大構造の変化を

把握する。また、昭和南海地震の際のアスペリティがあると考えられている土佐沖において短期型自己浮上式海底地震計による機動的地震観測を開始する。

2) 研究計画 2 年目

東南海地震と南海地震の境界域において稠密反射法調査を実施し、詳細な空間的不均質構造評価を行い、プレート境界域からの分岐断層の発達機構の解明を目指す。また、前年度に設置した短期型自己浮上式海底地震計の回収を行い、地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行う。

3) 研究計画 3 年目

昭和南海地震の際のアスペリティがあると考えられている土佐沖の深部プレート境界域を対象とした広角反射・屈折法による海陸統合構造調査を実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域の間の地震波速度構造の把握を目指す。

4) 研究計画 4 年目

四国沖を中心に既存の反射法調査の測線を考慮して広域 2 次元反射法調査を実施し、分岐断層の分布とその形状、海山などのプレート境界浅部の形状や地震波の反射強度分布の把握を目指す。また、昭和東南海地震の際のアスペリティがあると考えられている紀伊半島沖東部海域において短期型自己浮上式海底地震計による機動的地震観測を実施する

5) 研究計画 5 年目

昭和東南海地震の際のアスペリティがあると考えられている紀伊半島沖東部の深部プレート境界域を対象とした広角反射・屈折法による海陸統合構造調査を実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域の間の地震波速度構造の把握を目指す。また、最終年度にあたるため、本調査研究で実施された調査のまとめを行う。

(e) 平成 16 年度業務目的

東南海・南海地震の破壊域境界において境界横断測線での広角反射法・屈折法探査データの処理解析を行うとともに、より詳細な構造イメージングを目指して境界縦断方向の新たな測線でデータ取得を行う。また、高知沖での機動的地震観測データの解析からトラフ軸付近の微小地震活動を把握する。さらに、1944 年東南海地震破壊域である志摩半島から東海道沖にかけて新たな機動的地震観測を開始する。

## (2) 平成 16 年度の成果

### (a) 業務の要約

#### 1) 広角反射・屈折法調査

南海トラフで発生する巨大地震破壊域の広がりを規定する地下構造要因を明らかにするため、地震探査により巨大地震破壊域での地下構造のイメージングを行う。今年度は昨年度実施した調査の最終的とりまとめを行うとともに、破壊域境界を縦断しトラフ直交する 2 測線での観測を実施した。これにより東南海地震破壊域、セグメント境界を規定する詳細構造のイメージングを目指した。

#### 2) 機動的地震観測

地震活動とプレート境界域の地殻構造の対比により地震発生帯における応力場評価を行うため、自己浮上式海底地震計による短期的な機動的地震観測を実施した。今年度は、南海地震の破壊域である高知県沖に平成 16 年 3 月に設置された自己浮上型海底地震計 30 台の回収を平成 16 年 5 月に行い、そのデータから地震活動の解析を行った。また、東南海地震の際のアスペリティ領域から非破壊域に相当すると考えられる、志摩半島沖を中心とする東海沖から紀伊半島沖にかけての海域において、自己浮上型海底地震計 30 台の設置を行い、平成 17 年 3 月より観測を開始した。

### (b) 業務の実施方法

#### 1) 広角反射・屈折法調査

南海トラフではマグニチュード 8 クラスの海溝型巨大地震が繰り返し発生しており、地震学的研究や歴史資料からその繰り返し周期や破壊域のセグメント化が世界で最も良く調べられている地震発生帯の一つである [例えば、Ando, 1975]。近年の海洋研究開発機構（旧海洋科学技術センター）の一連の研究により、1944 年東南海地震、1946 年南海地震の滑りの側方への広がりは主に沈み込むプレートの形状によって規定されていることが明らかになってきた [Kodaira et al., 2000; Kodaira et al., 2003] また、上記の 2 つの巨大地震破壊域上限は、バックストップである第 3 紀以前の付加体と沈み込む海洋性地殻の接するプレート境界 [Nakanishi et al., 2002] や、そのプレート境界から派生する分岐断層 [Park et al., 2002] によって規定されていることも明らかになってきた。一方で、過去の東南海・南海地震の多くは対をなして発生し、その境界は常に潮岬沖付近であることも知られている。

今年度は昨年度取得した破壊域境界横断測線（図 1）のデータ解析及び最終的とりまとめを行った。データ解析では、初動トモグラフィー [Zhang et al., 1989] によって測線に沿った速度構造を求めた。さらに広角反射波走時のマッピング [Fujie et al., 2003] によって、反射面イメージを求めた（図 2~7）。

今年度の調査では、南海・東南海地震破壊域境界の詳細構造や、破壊域下限を規定する構造解明のため、破壊域境界及び 1944 年東南海地震破壊域の中でも分岐断層の発達している領域を横断する 2 測線を設定した。更に、この構造の陸域への連続性をみるために、一つの測線では陸域観測と連携した海陸統合データを取得した。

調査は平成 16 年 11 月 10 日から 11 月 29 日にかけて実施した。調査実施詳細は表 1 に示す。地震探査に際しては海洋研究開発機構の海洋調査船「かいよう」搭載の地震探査システムを用いた。システム構成、データ取得パラメーターは表 2 に示す。探査測線は紀伊半島沖でトラフを横断する 2 本の測線で（表 3、図 8）、西側の測線 NT0404（測線長約 180km）は、南海・東南海地震破壊域の境界域に、東側の測線 NT0405（測線長約 175km）は、東南海地震破壊域で地震波による滑りが大きく、分岐断層が見つかった領域を通過するように設定された。設置した海底地震計（OBS）は 110 台であり、NT0404 では 5km 間隔で 36 台、NT0405 では、分岐断層付近陸で 1km 間隔、それ以外のトラフ軸から陸側は 5km 間隔、トラフ海側では 10km 間隔で 74 台設置した。制御震源としては、「かいよう」搭載の 12,000cu. inch エアガン・アレイを 140 気圧で、NT0404 では 100m 間隔、NT0405 では 200m 間隔で発振した。なお、セグメント境界と構造の関係の陸域（深部）への連続性をみるため、NT0404 上の OBS では、同時期に実施された大都市大震災軽減化特別プロジェクト（大大特）の大都市圏地殻構造調査（近畿圏地殻構造探査）による紀伊半島での爆破信号も記録した。また大大特の調査で紀伊半島に設置した陸上地震計では、「かいよう」のエアガン信号を記録し、京都大学防災研究所との連携により、海陸統合深部構造探査を実現した。

本調査で使用した OBS は 3 成分受振器（固有周波数 4.5Hz）とハイドロフォンで、データは 100Hz サンプリングで連続的に収録された。調査中、および調査終了後に観測した記録を SEG-Y フォーマットデータ（Society of Exploration Seismology 規格の地震探査用フォーマット）に編集した。図 9, に NT0404、NT0405 の記録例（上下動成分）を示す。編集したデータは測位データとともに CD および DVD に保存された。ただし、Site77、98 の記録はレコーダーの問題により、正常処理されず、編集不可能であった。

暫定的な結果を図 10 に示す。その結果、海洋性地殻の厚さが、距離 0-50km で最大約 10km まで厚く、距離 50-60km で約 7km と薄くなり、さらに陸側に再び厚くなる可能性を示すイメージが得られた。また、陸側の第 3 紀以前の付加体に相当するものが距離 170km から陸側で表層付近に近い地殻浅部に存在していることが明確になった。さらに、最上部マンツルの低速度域が距離 110km ~ 150km の沈み込むプレート下に存在している可能性があり、H15 年の成果で見つかった顕著な最上部マンツル低速度域と関係しているのかもしれない。

#### 用語説明

付加体：海洋プレートが海溝（トラフ）に沈み込む際に、プレート上にある堆積物や海山は、プレートとともに一部は沈み込むが、すべては沈み込むことができず、海溝（トラフ）の陸側斜面に押しつけられる。その結果、形成された多くの逆断層を持って積み重なった楔状の地層のこと。

バックストップ：前弧海盆の堆積物や年代の若い付加堆積物（付加体の最上部）より強度のある物質から構成され（島弧地殻や大陸地殻。南海トラフの場合は古い付加体）、沈み込むプレートの運動に対して、その上にのっている堆積物などの地層をせきとめる役割を持つ [Byrne et al., 1988]。

## 2) 機動的地震観測

高知県沖の南海トラフ海域は、南海地震の際の破壊域とされている。津波波形から求められた滑り量分布 [Tanioka and Satake, 2001] によると、沿岸近くのプレート境界面上で大きな滑りが発生している、この領域は地震発生帯の下限付近と推定されている。一方で、南海トラフのトラフ軸近くでも比較的大きな滑りを伴った領域の存在が示されている。より小さな小断層を用いた最近の解析でも、四国沖中央部の海溝軸付近では、津波を発生させるような断面上の変位が生じている事が示されている [馬場他、2004]。近年、東南海・南海地震の想定震源域においては活発な構造探査が行われ、構造の多様性が地震発生に大きく寄与している可能性が指摘されている。四国沖で海溝軸付近まで破壊が達している領域では、沈み込む海洋性地殻に地形的高まりが存在する事が指摘されている [Takahashi et al., 2003] (図 11)。また MCS 反射法地震探査によると、DSR (Deep Strong Reflector) と呼ばれる強振幅の反射面が局所的に存在する事が指摘されている [Park et al., 2002]。DSR では、プレートの沈み込みに伴う剪断応力を解消されている可能性が指摘されており、1946 年の昭和南海地震の際には、DSR の存在する領域においてあまり大きな変位が発生していない。この様に、地殻構造の空間的不均質がプレート間巨大地震の破壊伝播に影響を及ぼしているようである。

しかしながら、構造探査によって得られる地殻構造は、測線上に限られる。それに対して、海底地震計を用いた自然地震観測では、広域の地震活動を面的に捉える事が可能である。地震活動の空間的分布と詳細な地殻構造を比較する事によって、地殻構造が地下の応力場に与える影響を空間的に評価する事が本研究の目的である。

今年度は、四国沖南海トラフにおいて、30 台の自己浮上型海底地震計 (OBS) を用いて自然地震観測を行った。この観測では、トラフ軸からトラフ陸側斜面にかけて 30 台の OBS を平均 20km 間隔で設置した (図 12)。これにより、海域における地震検知能力と、震源決定精度の向上を目指す。OBS の設置作業及び回収作業は、JAMSTEC の海洋調査船「かいよう」によって行われた。観測期間は平成 16 年 3 月中旬から 5 月下旬の約 70 日間である。OBS の着底位置は「かいよう」装備の SSBL 音響航法装置によって決定した (表 4)。設置した 30 台のうち 27 台は無事に回収された。残りの 3 台 (No. 4, 5, 20) の内、No. 4 と No. 20 については OBS を回収する事ができなかった。また、No. 5 の OBS は切離し装置のトラブルにより観測開始直後に浮上したため、データが得る事ができなかった。

回収したデータは時刻校正を行った後、イベント毎のデータを切出し、P 波及び S 波の到達時刻の読み取りを行った。読み取りに際しては、室戸岬沖に設置されているケーブル式 OBS のデータも使用した (図 12)。その後、読み取った到達時刻をもとに 3 次元構造を用い、グリッドサーチによる震源決定を行った。3 次元地震波速度構造は、四国沖及び四国の陸上で行われた複数の構造探査の結果 [Ikami et al., 1982, Kodaira et al., 1999, 2002, Takahashi et al., 2003] を補間することによって構築した (図 13, 14)。また、 $V_p/V_s$  については、Takahashi et al. [2002] が足摺岬沖の測線 KR9810-01 で求めた値を参考に、P 波速度 3km/s 以下の部分では  $V_p/V_s=3.32, 3.0\text{km/s}$  から 4.5km/s

では  $V_p/V_s=2.14$ 、 $4.5\text{km/s}$  以上の部分は  $V_p/V_s=1.73$  の 3 種類の値を仮定した(図 15)。グリッドサーチによる震源決定では、予め 3 次元速度構造を用いて解析領域内について各 OBS に対する走時場の計算を行い、それをもとに残差が最小となる地点を探索した(図 16)。得られた震源分布については、構造探査によって明らかになっている地殻構造や、1946 年南海地震の際の滑り量分布と比較し、特徴的な地殻構造が地震発生帯でのプレート間の固着の程度の違いにどのような影響を及ぼしているのか検討を行った(図 17)。

また、志摩半島沖を中心とする東海沖から紀伊半島沖にかけての海域で、自己浮上型海底地震計 30 台の設置を平成 17 年 3 月に行った(図 18、表 5)。この海域は、1944 年の東南海地震の破壊域のアスペリティから非破壊域にかけての領域に相当すると考えられる。設置は、海洋研究開発機構の海洋調査船「かいよう」で行った。この海域では、沈み込む海嶺が東南海地震の破壊領域の広がりの規定しているだけでなく、通常の地震活動にも影響を与えていることが指摘されている [Park et al., 2003]。今回の観測では、この海域の地震分布を詳細に求め、沈み込む海洋性地殻の不均質構造が地震発生に及ぼす影響に関する知見を得ることが期待される。今回設置された 30 台の OBS は、平成 17 年 6 月に回収する予定である。

### (c) 業務の成果

#### 1) 広角反射・屈折法調査

a) 破壊域境界を横断する測線(昨年度実施)のデータを初動トモグラフィー、反射波走時マッピングの手法で解析し、その最終的取りまとめを行った。

b) 1)の結果、破壊域境界付近で沈み込んだ海洋性地殻の厚さが  $5\text{km}$  から  $8\text{-}10\text{km}$  に急変していること、その直下の最上部マントルの速度が異状に低速度であること、1946 年南海道地震震源近傍では海洋性地殻が激しく変形・破壊していること、が分かった。

c) 紀伊半島沖においてトラフ軸と直交する 2 測線で海洋調査船「かいよう」を用いた広角反射・屈折法地震探査を実施し、概ね良好な記録を取得した。記録された信号は各 OBS ごとに SEG-Y フォーマットデータに編集し、測位データとともに CD および DVD に保存された。また、これらの記録は現在大容量 HD にも展開し、現在構造イメージングの解析中である。暫定的な結果から H15 年度の成果に対応するような最上部マントルの低速度域が存在する可能性が示された。

#### 2) 機動的地震観測

##### a) 高知県沖南海トラフの地震活動

高知県沖の南海トラフ海域において、地震活動を詳細に把握し地殻構造と対比を行うために、トラフ軸から沿岸部にかけて自己浮上型海底地震計 30 台によって構成される機動的な地震観測網を構築し地震観測を行った。解析の結果、足摺岬沖の DSR 周辺と室戸岬沖では比較的活発な地震活動が観測された。一方、四国沖中央部で沈み込む海洋性地殻の高まりが存在している領域では地震活動があまり活発でないことが分かった。この領域は、1946 年の南海地震の際の破壊領域が海溝軸付近まで達している領域

### 3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

である。この領域の地震活動が、周辺に比べてあまり活発でない事は、沈み込む海洋性地殻の構造的不均質（高まり）がプレート境界域でのプレート間相互作用の空間的不均質（プレート間の固着度の違い）に影響を与えていると考えられる。

また、平成 17 年 3 月より、志摩半島沖を中心とする東海沖から紀伊半島沖の海域において、30 台の海底地震計を用いた機動的地震観測を開始した。回収は平成 17 年 6 月の予定である。

表 1 調査概要および調査実績

11月10日	神戸港出港
11月11日	調査海域着 NT0405 北側から地震計設置
11月12日	地震計設置、海況悪化の為南側へ避航 NT0405 北側からエアガン発振
11月13日	エアガン発振
11月14日	地震計回収 OBS66 から北側へ
11月15日	OBS37 まで回収、NT0404 地震計設置 OBS1 から南側へ
11月16日	地震計設置 NT0404 南側からエアガン発振
11月17日	NT0404 エアガン発振終了、NT0404-2 北側から発振 途中発破待機
11月18日	NT0404-2 エアガン発振、海況悪化のため中断
11月19日	OBS67 から南へ地震計回収
11月20日	OBS85 まで回収、NT0404-2 エアガン発振再開、終了
11月21日	テストトランスポンダー設置、位置決め 尾鷲にて研究者交代
11月22日	NT0405 OBS86 から南へ地震計回収
11月23日	地震計回収
11月24日	NT0404 南側から地震計回収
11月25日	地震計回収、テストトランスポンダー勝手浮上、設置点か ら南南西 52nm で回収
11月26日	地震計回収、海況悪化の為避航
11月27日	地震計回収終了。テストトランスポンダー測位、回収
11月28日	回航
11月29日	海洋研究開発機構岸壁着岸



表2 データ取得システム、パラメータ

Source	Total volume	12,000 cu. inch (約 200L)
	Pressure	2000 psi (約 140 気圧)
	8 x Bolt	1500 LL
Shot	Interval	200 m KY0404, 100m KY0405
	Depth	10 m
Recording	Sensor	3-comp. Geophone 4.5 Hz Mark Product
L22D		Hydrophone
	Sampling	100 Hz
Navigation	Differential GPS,	Concept SPECTRA
OBS positioning	SSBL	
Data length	90 s (after SEG-Y conversion)	

表3 調査測線および地震計設置点

測線始点・終点座標			
Profile	Lat(N)	Lon(E)	Depth
NT0404	33_37.51068	136_00.57924	109.0
	32_04.27542	136_38.35674	4270.0
NT0405	33_54.46044	136_14.15550	139.0
	32_31.28976	137_08.49864	4049.0

位置決め座標			
SITE	Lat(N)	Lon(E)	Depth
1	33_37.2870	136_00.6608	117.9
2	33_34.6538	136_01.7549	847.1
3	33_32.1375	136_02.8092	1191.8
4	33_29.5616	136_03.7901	1355.9
5	33_27.0269	136_04.8466	1503.7
6	33_24.5441	136_05.8773	1623.2
7	33_21.9932	136_06.9008	1554.0
8	33_19.4282	136_07.8998	1660.3
9	33_16.9854	136_08.9703	1623.9
10	33_14.2680	136_10.0229	1751.1
11	33_11.7301	136_11.0126	1940.6
12	33_09.2583	136_12.1019	2026.5
13	33_06.6868	136_13.1630	2318.3
14	33_04.1371	136_14.3904	3075.8
15	33_01.5905	136_15.2926	3679.3
16	32_59.0463	136_16.3149	3903.4
17	32_56.4738	136_17.2580	3868.6
18	32_53.8668	136_18.3730	3966.0
19	32_51.3322	136_19.5039	4178.6
20	32_48.8431	136_20.6668	4408.3
21	32_46.3097	136_21.6981	4591.8
22	32_43.7200	136_22.6168	4559.8
23	32_41.1649	136_23.7179	4559.7
24	32_38.6315	136_24.7307	4563.5
25	32_36.0364	136_25.6814	4508.8
26	32_33.4890	136_26.8430	4479.4

3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

27	32_30.9415	136_27.7953	4439.5
28	32_28.3746	136_28.8516	4379.1
29	32_25.8283	136_29.9182	4307.0
30	32_23.2722	136_30.9454	4251.4
31	32_20.7215	136_31.9948	4240.3
32	32_18.1634	136_32.9321	4028.1
33	32_15.5360	136_34.0034	4172.6
34	32_13.0329	136_34.9834	4174.3
35	32_10.4293	136_36.0237	4170.8
36	32_07.6698	136_36.9584	4229.1
37	33_54.5918	136_14.1975	148.0
38	33_52.0352	136_15.7270	431.9
39	33_49.6159	136_17.1625	1152.3
40	33_47.3579	136_18.8550	1535.3
41	33_44.9624	136_20.3857	1920.1
42	33_42.6394	136_22.0103	1991.4
43	33_40.2386	136_23.6135	1971.3
44	33_37.8940	136_25.0911	2032.5
45	33_35.5409	136_26.6899	2044.5
46	33_33.1813	136_28.2732	2046.0
47	33_32.7288	136_28.5454	2044.3
48	33_32.2158	136_28.8691	2051.5
49	33_31.7341	136_29.1772	2050.8
50	33_31.2298	136_29.4650	2056.9
51	33_30.8401	136_29.8080	2055.6
52	33_30.3519	136_30.0867	2058.1
53	33_29.8789	136_30.4274	2062.6
54	33_29.2306	136_30.8918	2074.0
55	33_28.8831	136_31.0749	2068.3
56	33_28.4188	136_31.3317	2065.3
57	33_27.9512	136_31.6582	2059.6
58	33_27.4717	136_31.9576	2057.1
59	33_26.9771	136_32.3060	2060.8
60	33_26.4998	136_32.6183	2048.8
61	33_26.0398	136_32.9254	2052.3
62	33_25.5733	136_33.2197	2038.3
63	33_25.1220	136_33.5526	2024.3
64	33_24.6316	136_33.8342	1994.2
65	33_24.1024	136_34.0898	1999.0

3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

66	33_23.6717	136_34.4214	1976.6
67	33_23.4237	136_34.7319	2001.9
68	33_22.6910	136_35.1263	1987.0
69	33_22.1590	136_35.4762	1983.6
70	33_21.7407	136_35.6557	1990.4
71	33_21.2775	136_36.0740	1972.4
72	33_20.7786	136_36.3466	1985.8
73	33_20.3218	136_36.6876	1993.6
74	33_19.8467	136_37.0256	2009.9
75	33_19.3553	136_37.3331	2010.6
76	33_18.8682	136_37.6018	1964.8
77	33_18.4255	136_37.9518	1976.2
78	33_17.9277	136_38.2450	1932.8
79	33_17.4775	136_38.5821	1960.9
80	33_16.9840	136_38.8885	1964.9
81	33_16.5369	136_39.1805	1971.9
82	33_16.0704	136_39.4866	2064.5
83	33_15.5867	136_39.8494	2331.7
84	33_15.1418	136_40.1674	2216.7
85	33_14.6181	136_40.4851	1869.7
86	33_14.1883	136_40.7529	2030.1
87	33_13.6689	136_41.0578	2178.0
88	33_13.2100	136_41.3397	2451.0
89	33_12.7186	136_41.6526	2549.6
90	33_12.2456	136_41.9471	2633.1
91	33_11.7608	136_42.2507	2790.8
92	33_11.3322	136_42.5026	2911.1
93	33_10.7868	136_42.8819	3041.8
94	33_10.3863	136_43.2205	3134.4
95	33_09.8939	136_43.5436	3192.7
96	33_09.4620	136_43.8462	3295.6
97	33_08.9674	136_44.1359	3374.6
98	33_08.4566	136_44.4153	3315.3
99	33_07.9598	136_44.7449	3377.3
100	33_07.5151	136_45.0259	3306.3
101	33_07.0475	136_45.3747	3278.4
102	33_04.6590	136_46.8560	3495.3
103	33_02.3003	136_40.4112	3737.9
104	33_00.1276	136_49.8115	4421.6

3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

105	32_57.5574	136_51.5457	4401.0
106	32_55.3453	136_53.1866	4337.0
107	32_50.4250	136_56.1349	4044.8
108	32_45.6599	136_59.2153	3612.3
109	32_41.0554	137_02.2538	4194.6
110	32_36.1956	137_05.2876	4121.6

表4 四国沖自己浮上型海底地震計設置位置

観測点番号	緯度		経度		水深(m)
1	31 °	41.04'	133 °	37.90'	4870
2	31 °	47.95'	133 °	47.92'	4699
3	31 °	53.97'	133 °	60.00'	4645
4	31 °	58.00'	134 °	11.60'	4832
5	32 °	8.60'	134 °	28.71'	4788
6	31 °	35.00'	133 °	26.86'	4891
7	31 °	52.82'	133 °	35.48'	3057
8	32 °	0.03'	133 °	48.11'	3234
9	32 °	6.06'	134 °	0.11'	3188
10	32 °	8.48'	134 °	15.06'	3894
11	32 °	0.05'	133 °	11.57'	1669
12	32 °	3.06'	133 °	24.68'	2057
13	32 °	6.02'	133 °	36.20'	2144
14	32 °	11.97'	133 °	48.23'	2103
15	32 °	18.57'	134 °	3.19'	2096
16	32 °	19.30'	134 °	18.21'	2299
17	32 °	10.03'	133 °	14.58'	1282
18	32 °	18.05'	133 °	24.29'	1060
19	32 °	18.03'	133 °	36.88'	1296
20	32 °	22.89'	133 °	50.06'	1534
21	32 °	29.43'	134 °	0.71'	1734
22	32 °	29.49'	134 °	14.53'	2781
23	32 °	16.18'	133 °	1.54'	1142
24	32 °	25.20'	133 °	11.63'	797
25	32 °	29.44'	133 °	33.81'	973
26	32 °	37.24'	133 °	49.40'	1080
27	32 °	42.08'	134 °	3.20'	910
28	32 °	35.44'	133 °	21.64'	879
29	32 °	42.58'	133 °	34.32'	885
30	32 °	51.65'	133 °	49.28'	1052

表5 志摩半島沖自己浮上型海底地震計設置位置

観測点番号	緯度	経度	水深(m)
1	33 ° 16.14'	137 ° 16.89'	3713
2	33 ° 22.47'	137 ° 23.76'	3577
3	33 ° 28.46'	137 ° 31.37'	3973
4	33 ° 34.78'	137 ° 39.28'	3920
5	33 ° 19.64'	137 ° 6.75'	3016
6	33 ° 24.62'	137 ° 14.32'	3102
7	33 ° 31.69'	137 ° 21.00'	2864
8	33 ° 37.68'	137 ° 28.61'	3323
9	33 ° 43.28'	137 ° 36.45'	2433
10	33 ° 26.52'	137 ° 3.46'	1893
11	33 ° 31.62'	137 ° 11.26'	2108
12	33 ° 40.00'	137 ° 17.37'	2311
13	33 ° 46.72'	137 ° 25.30'	1671
14	33 ° 52.51'	137 ° 33.99'	1835
15	33 ° 33.71'	136 ° 59.13'	2024
16	33 ° 41.24'	137 ° 6.40'	1986
17	33 ° 49.10'	137 ° 14.06'	1761
18	33 ° 56.48'	137 ° 21.54'	965
19	34 ° 2.02'	137 ° 32.68'	1666
20	33 ° 43.50'	136 ° 56.48'	1999
21	33 ° 51.02'	137 ° 4.40'	1974
22	33 ° 57.69'	137 ° 10.74'	1801
23	34 ° 4.46'	137 ° 19.59'	1365
24	34 ° 11.71'	137 ° 29.47'	1268
25	33 ° 49.05'	136 ° 44.21'	1909
26	33 ° 52.78'	136 ° 54.24'	1169
27	34 ° 0.04'	136 ° 47.45'	1034
28	34 ° 1.67'	136 ° 59.26'	1123
29	34 ° 7.35'	137 ° 8.09'	1611
30	34 ° 12.20'	137 ° 18.14'	1105

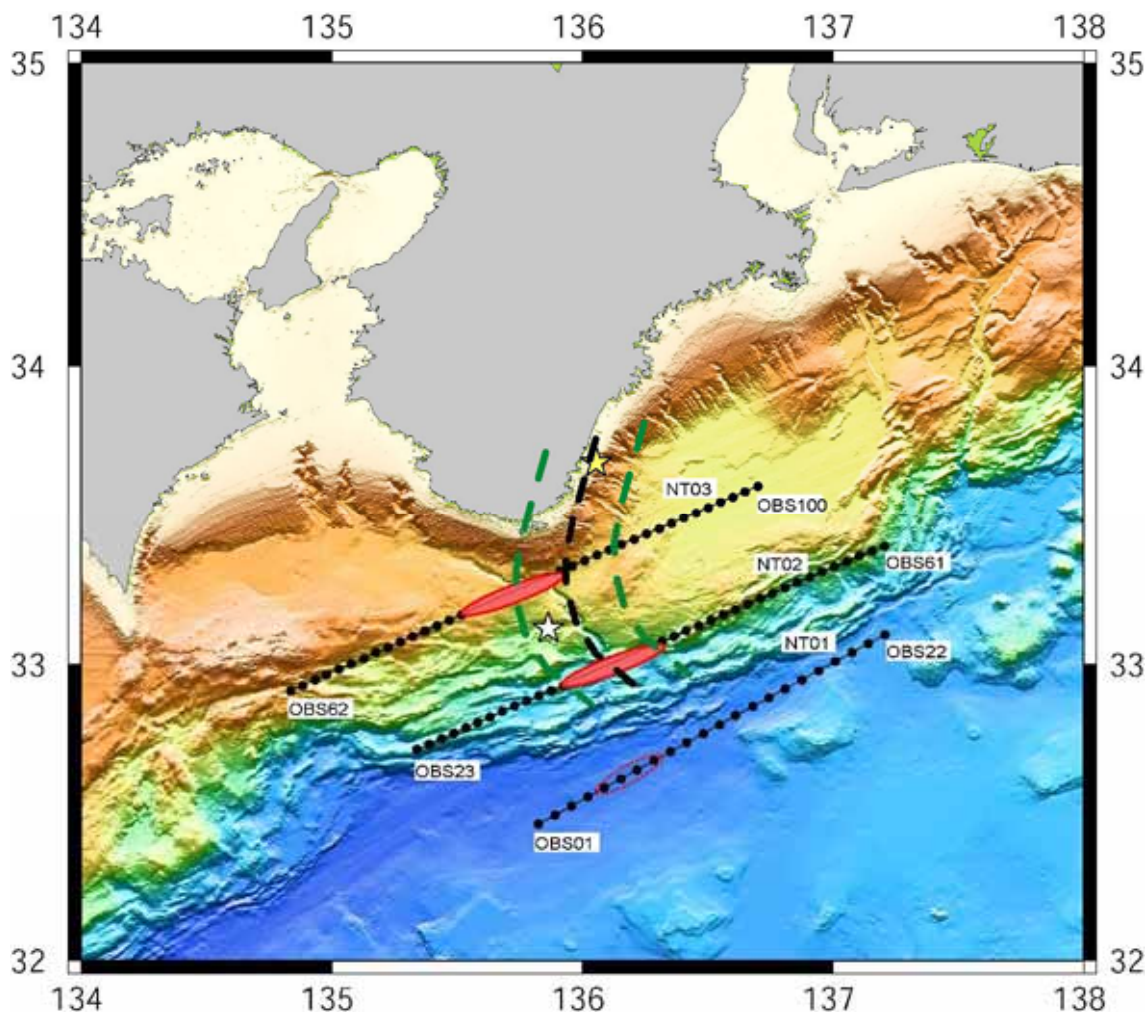


図1 破壊域境界横断測線（昨年度データ取得）

今年度実施した最終的解析結果より、赤で示した範囲で海洋性地殻の厚さの急変が確認された。黒点線及び緑点線は津波データから得られた破壊域境界及び解析精度を考慮した誤差範囲。破壊域境界で、海洋性地殻の厚さは急変する。海洋性地殻の厚さは、破壊域境界を境に東側では、西側に比べて厚い。



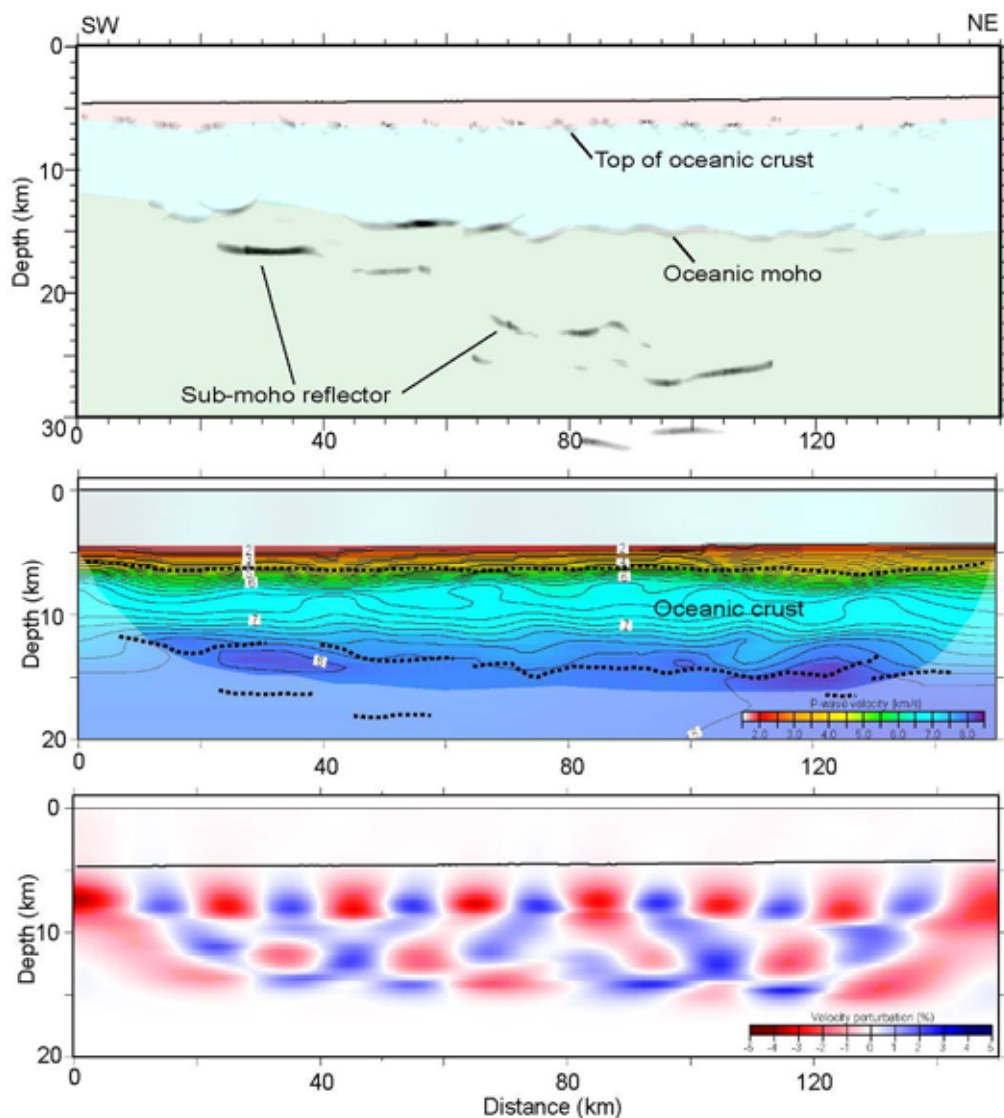


図2 NT01の反射面イメージとその解釈（上段図）、速度構造イメージ（中段図）、及びチェッカーボードテストの結果（下段図）  
 チェッカーボードのパターンは、速度構造に対して $\pm 5\%$ の摂動を与えて解析した場合の結果で、パターンが明瞭に表示されている部分の信頼度が高いことを示す。速度構造図ではチェッカーボードテストの結果信頼できない領域は網掛けで示した。

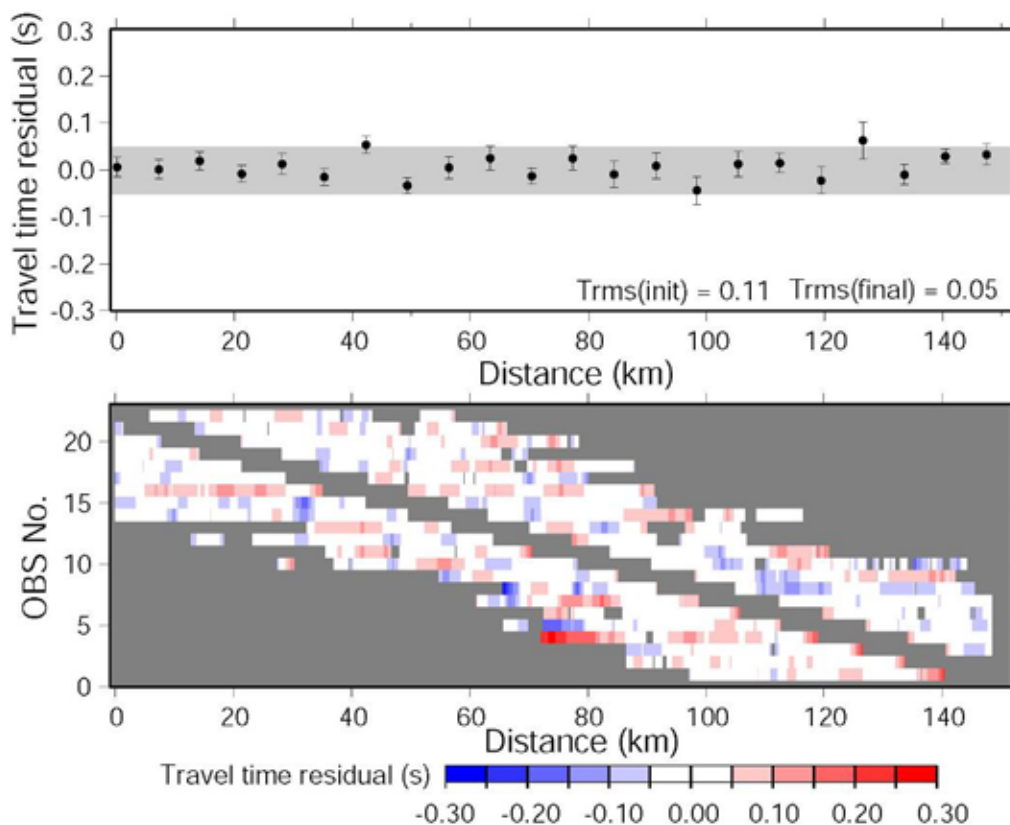


図3 NT01での初動トモグラフィーによる走時残差(下段図)及びOBSごとのRMS残差(上段図)

得られた速度構造から計算される走時が、すべてのOBSのデータを説明するモデルであることがわかる。具体的には(下段図)赤、青、白の色が付いている範囲で初動データが読み取り可能であることを示し、それぞれの距離範囲のデータに対する走時残差をプロットしたもので、白いところが残差が小さいことを示す。

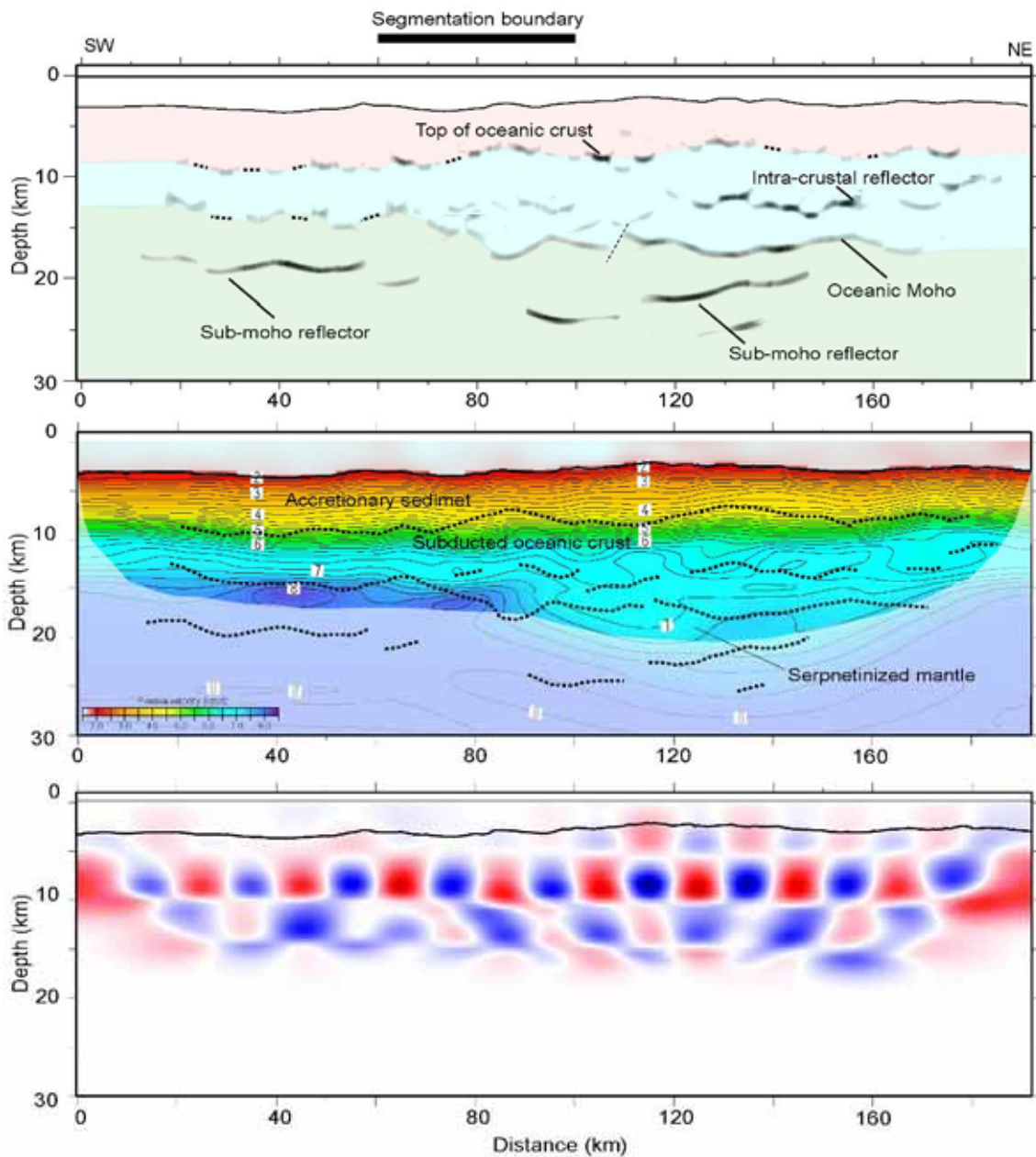


図4 NT02の反射面イメージとその解釈（上段図）、速度構造イメージ（中段図）、及びチェッカーボードテストの結果（下段図）

速度構造図ではチェッカーボードテストの結果信頼できない領域は網掛けで示した。

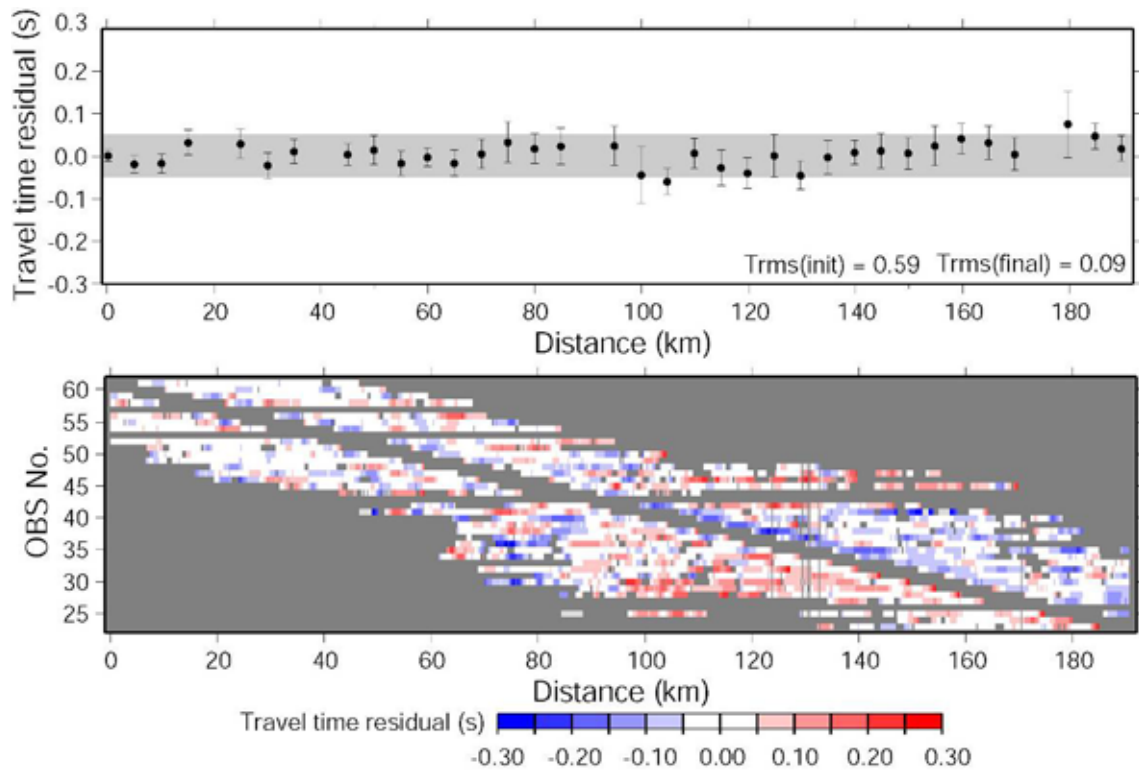


図5 NT02での初動トモグラフィーによる走時残差(下段図)及びOBSごとのRMS残差

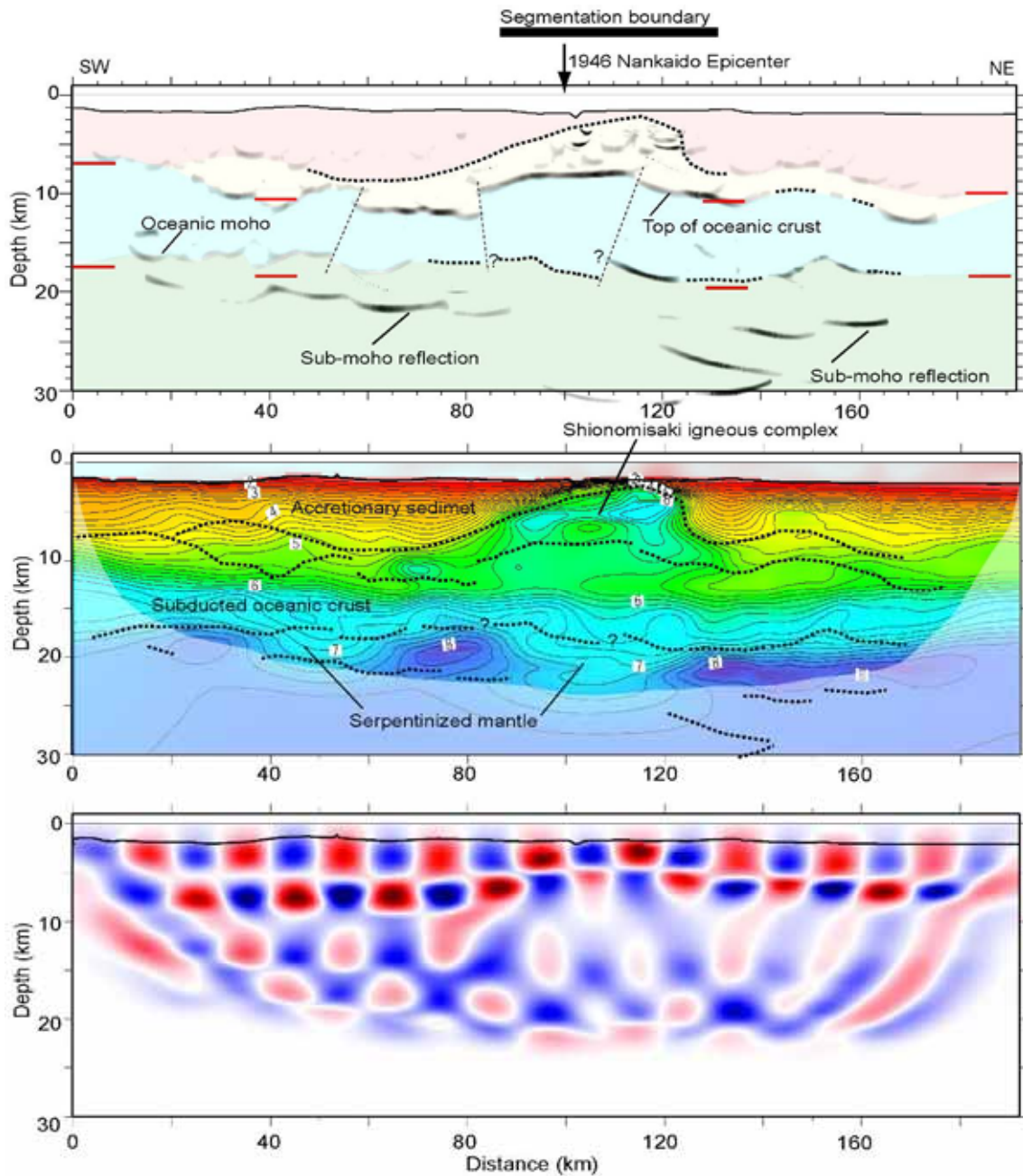


図6 NT03の反射面イメージとその解釈（上段図）、速度構造イメージ（中段図）、及びチェッカーボードテストの結果（下段図）

速度構造図ではチェッカーボードテストの結果信頼できない領域は網掛けで示した。

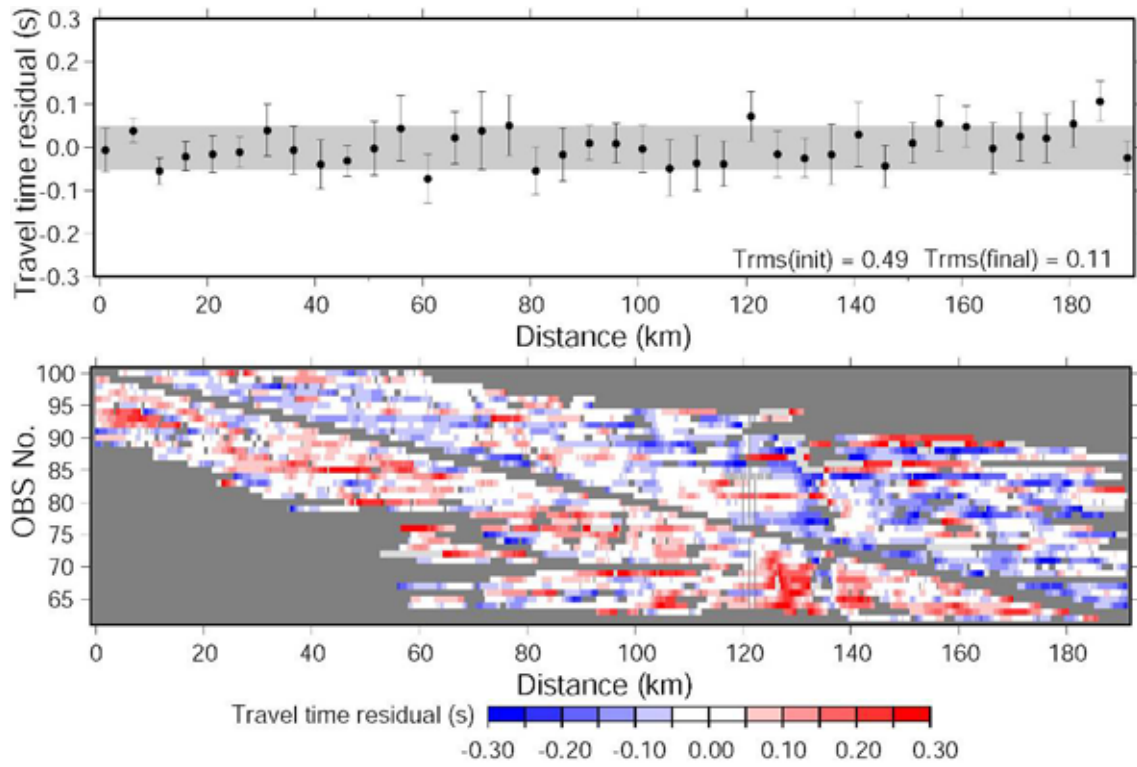


図7 NT03での初動トモグラフィーによる走時残差(下段図)及びOBSごとのRMS残差

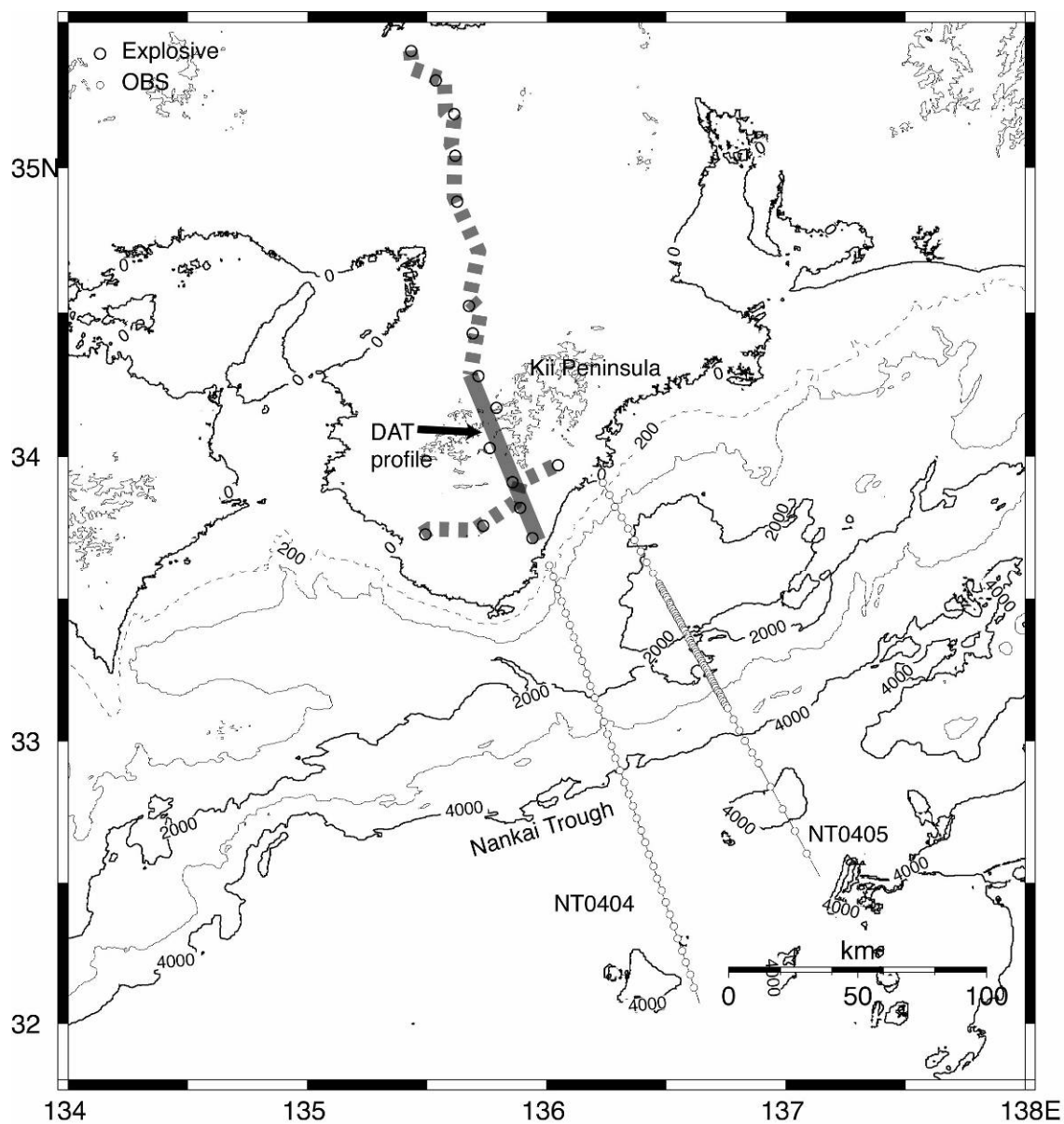


図8 平成16年度データ取得実施測線

海域の は OBS、大大特の発破点を示す。陸域の は陸域の実線および点線は、大大特の大都市圏地殻構造調査（近畿圏地殻構造探査）測線を示す。実線（DAT Profile）は、海域のエアガン信号を連続的に取得するための観測点が設置された範囲を示す。

図 9(a) NT0404 観測記録

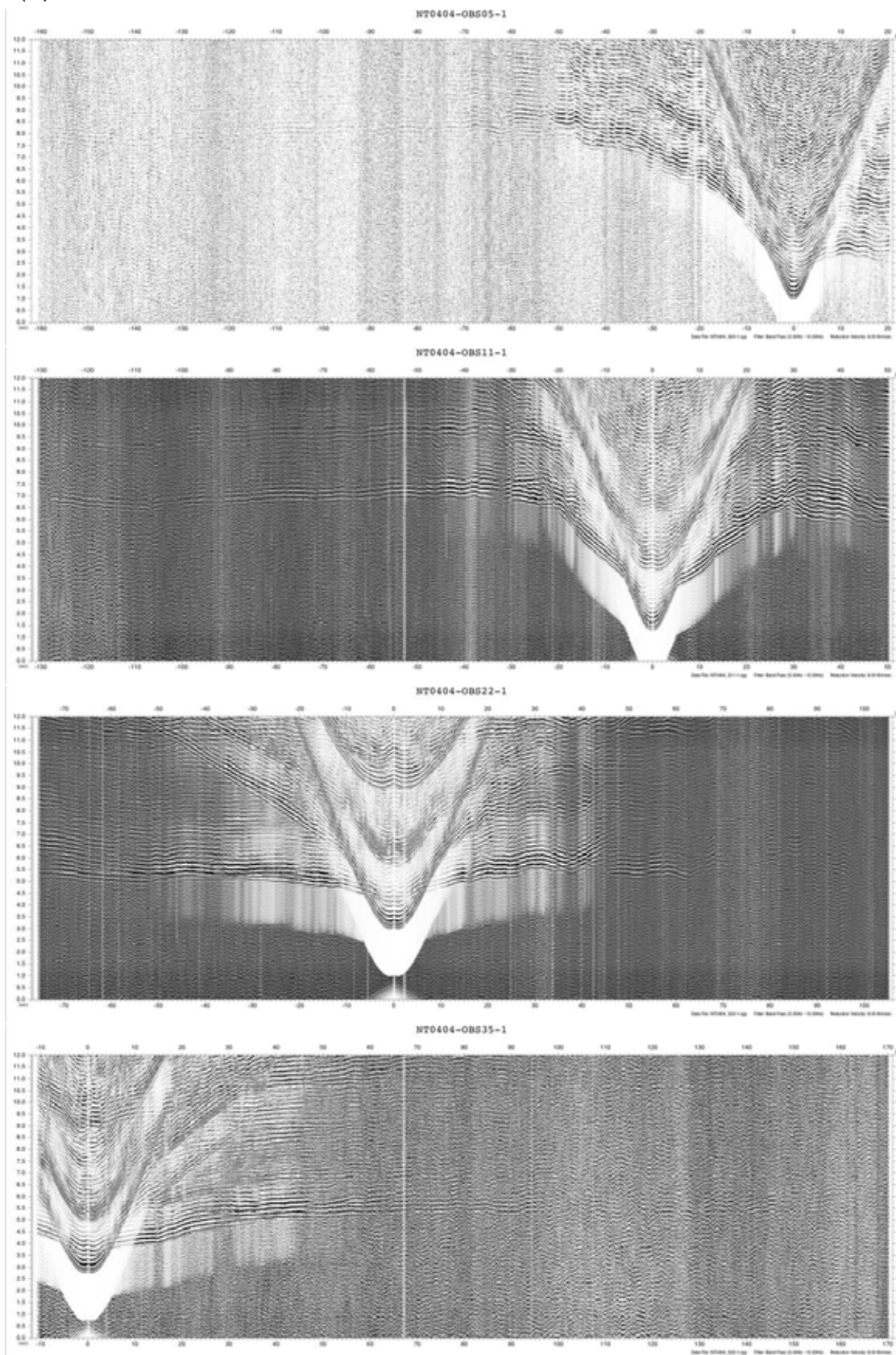
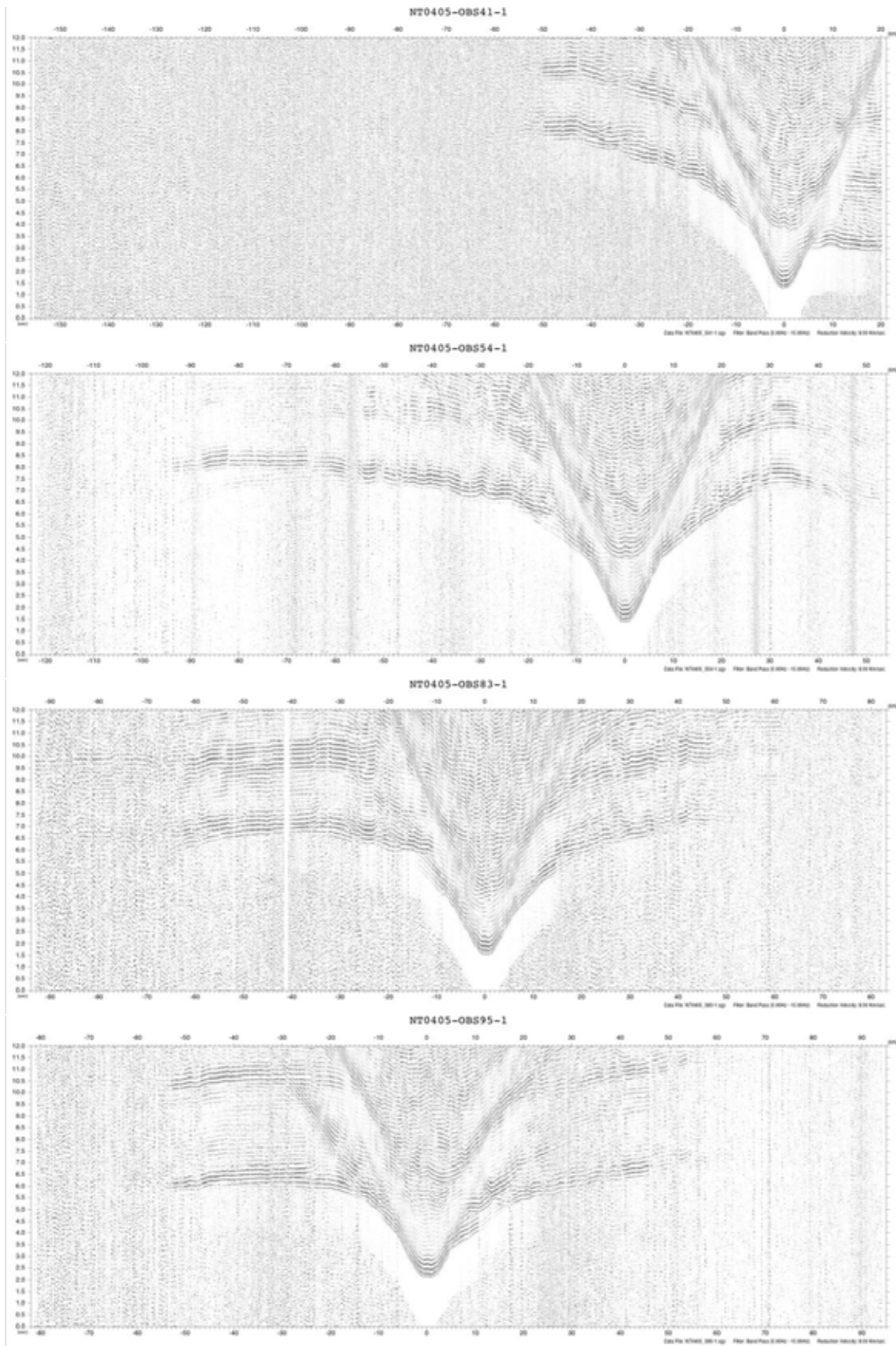
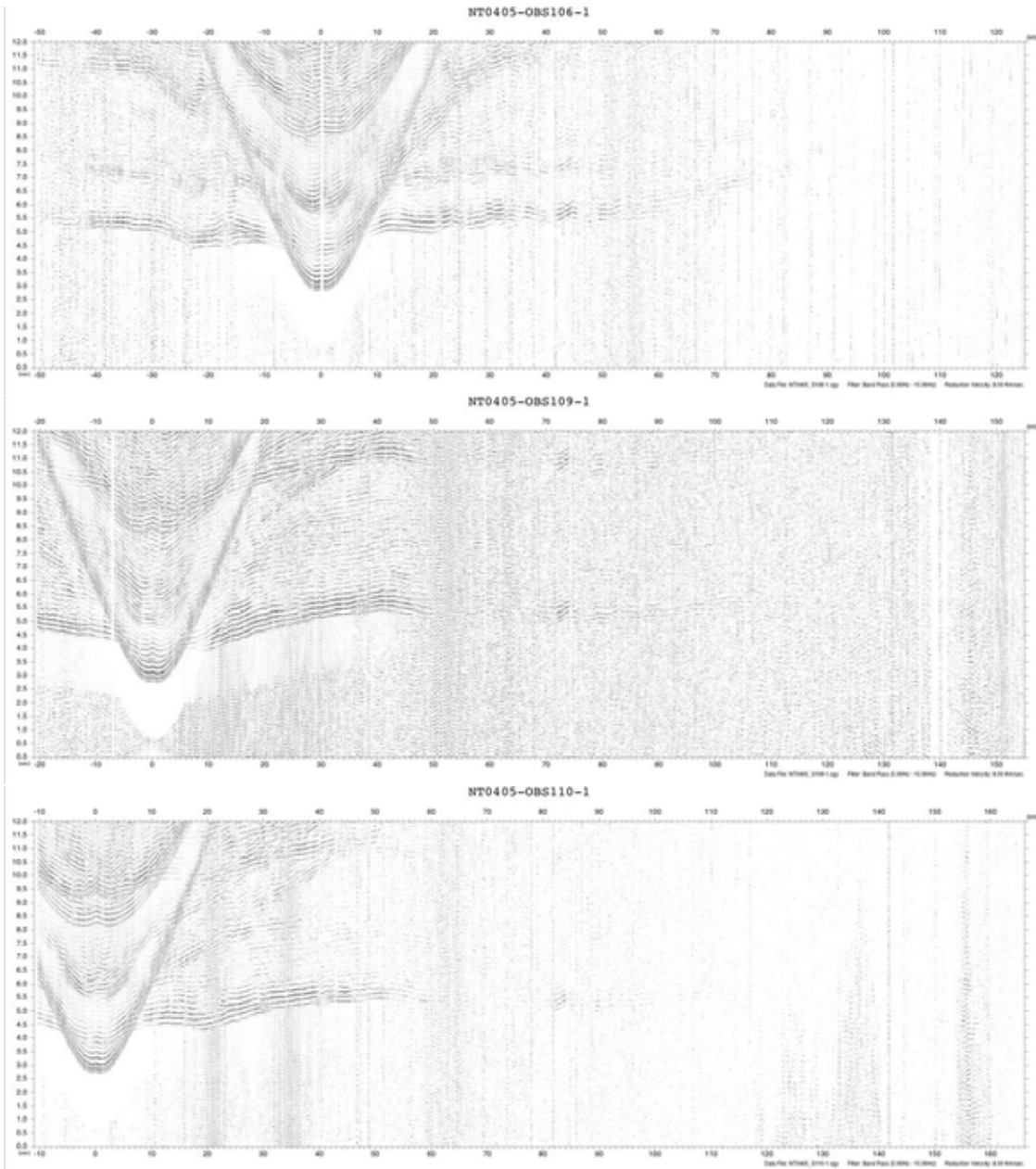




図 9(b) NT0405 記録例



3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究



3.1.1. 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究

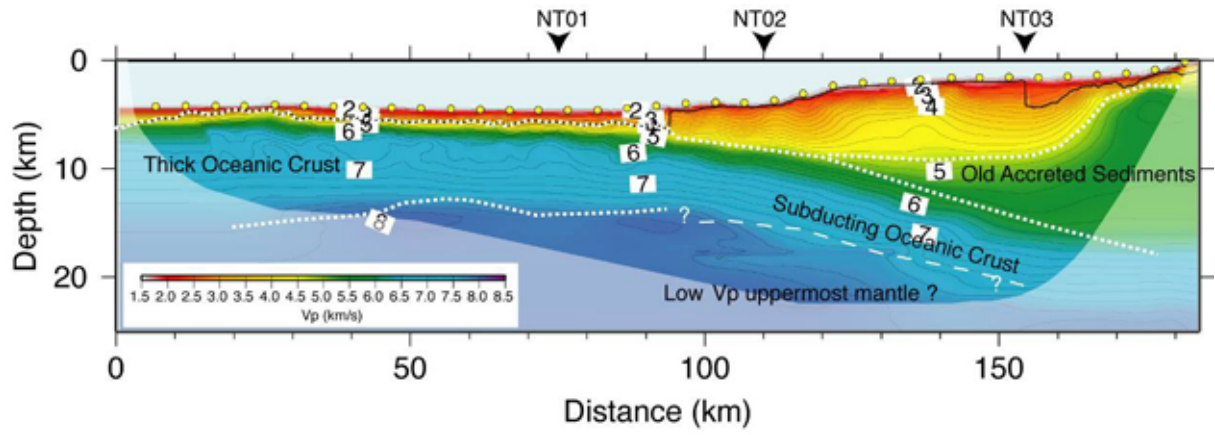


図 10 NT0404 の速度構造イメージ（暫定）とその解釈図

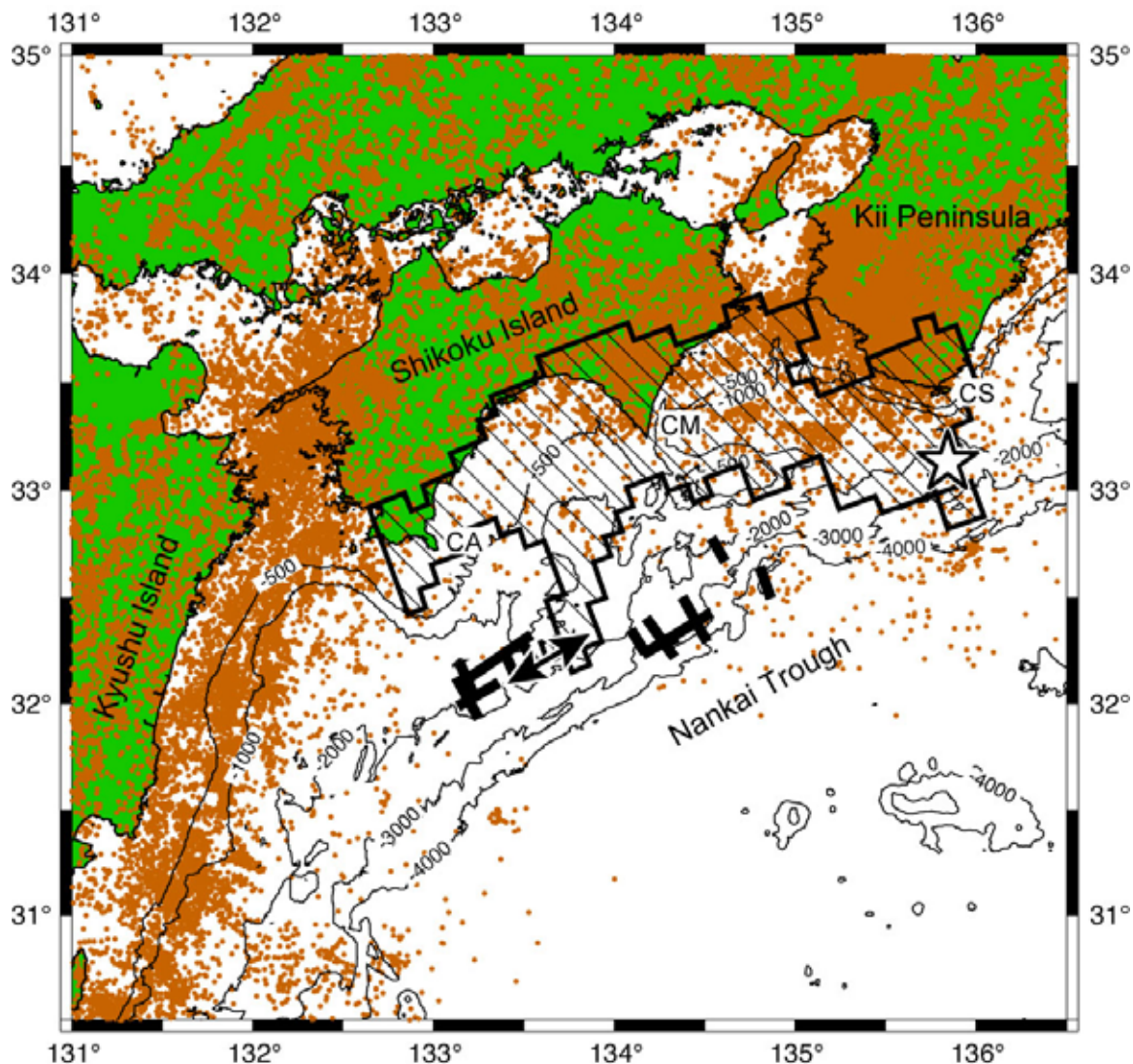


図 11 高知県沖南海トラフの深さ 60km より浅い地震の震央分布  
震源は気象庁による。1946 年昭和南海地震の震央（星印）と滑り量分布（網掛け部分）[馬場他、2004]も合わせて示す。太線は、DSR (Deep Strong Reflector) [Park et al., 2002] であり、矢印は Takahashi et al. [2003]による海洋性地殻地形的高まりである。

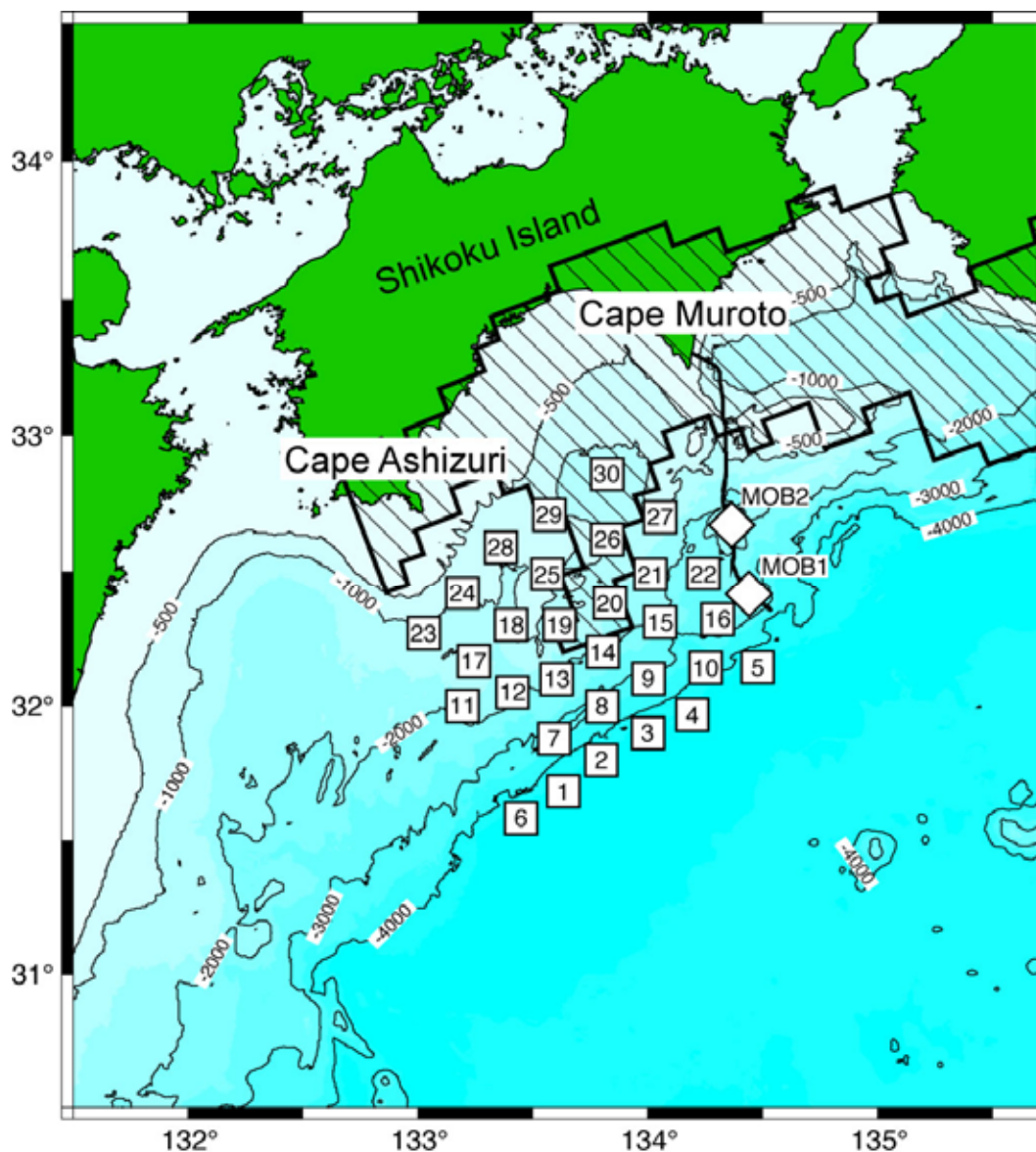


図 12 四国沖の OBS 設置位置 ( ) を示す

は、室戸沖ケーブル観測システムの海底地震計の位置を示す。網掛け部分は、1946 年南海地震の際の滑り量が 1m 以上の領域 [馬場他、2004]。

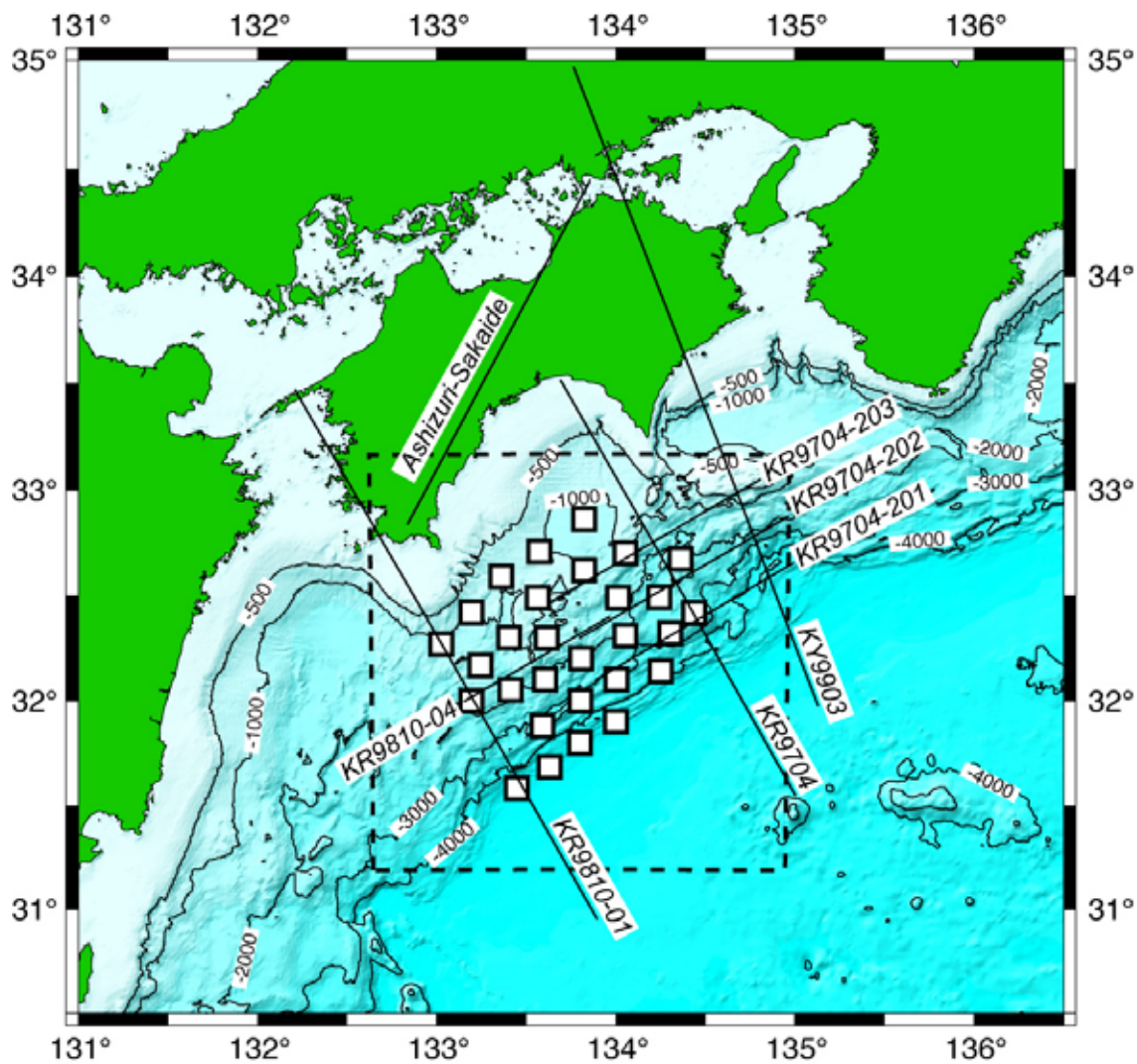


図 13 速度構造の推定に用いた構造探査の各測線と、OBS の設置位置 ( ) を示す。破線で囲まれた範囲が解析領域である。

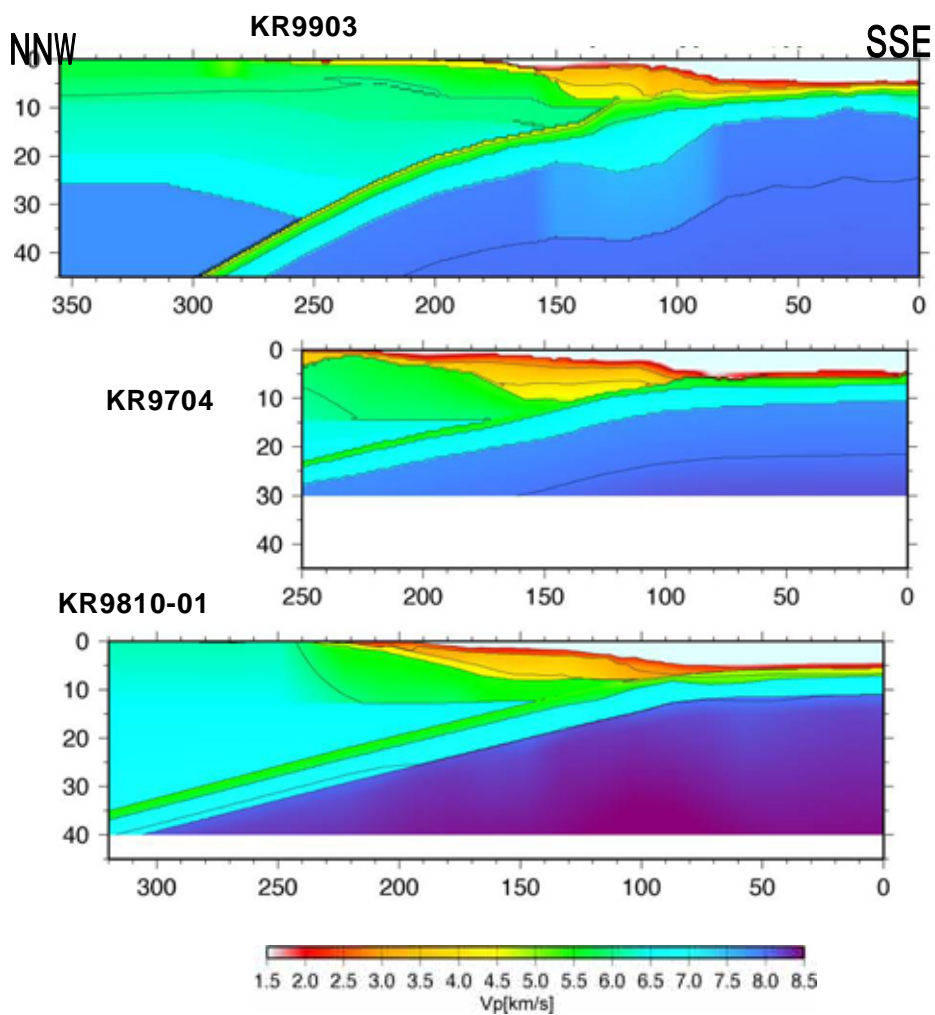


図 14(a) 速度構造の推定に使用した構造探査測線 (KY9903, KR9704, KR9810-01) の P 波速度構造。

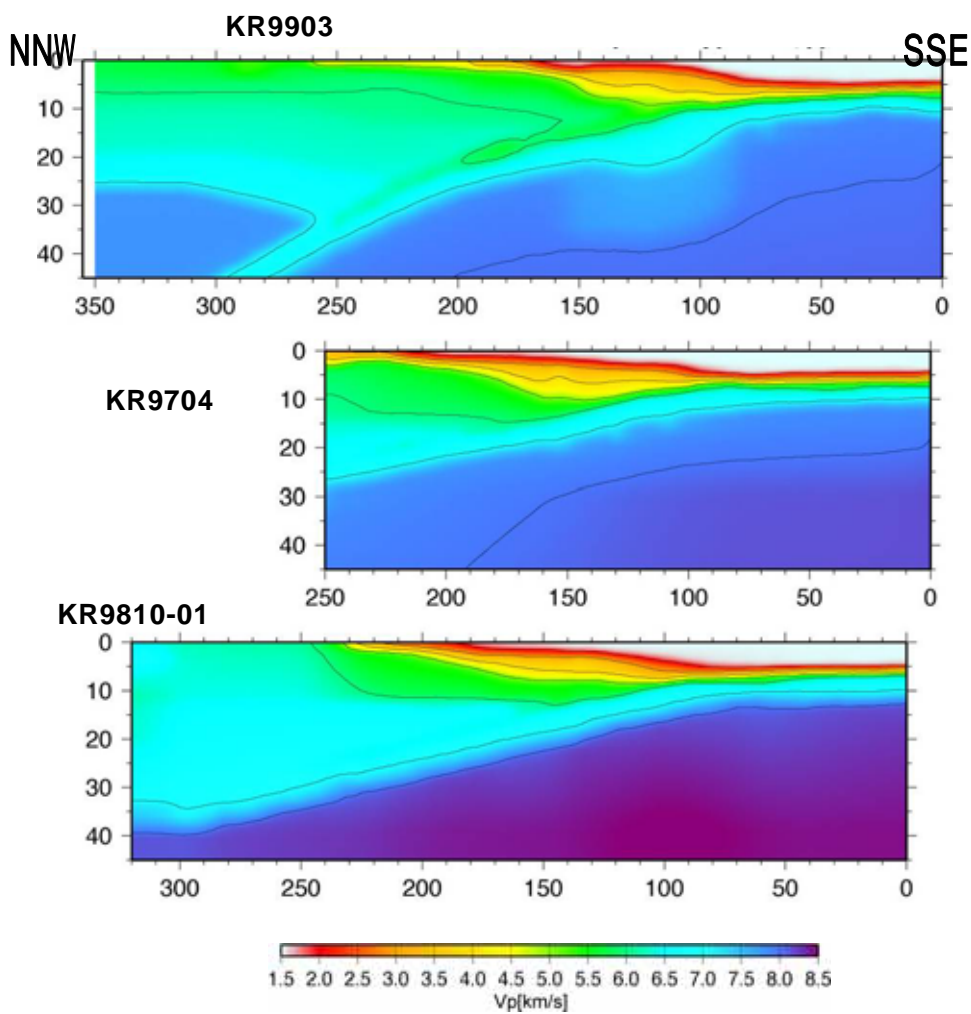


図 14(b) 構造探査の結果から求めた 3 次元構造の各測線に沿った断面。構造の境界に沿った速度の変化は、平滑化してある。



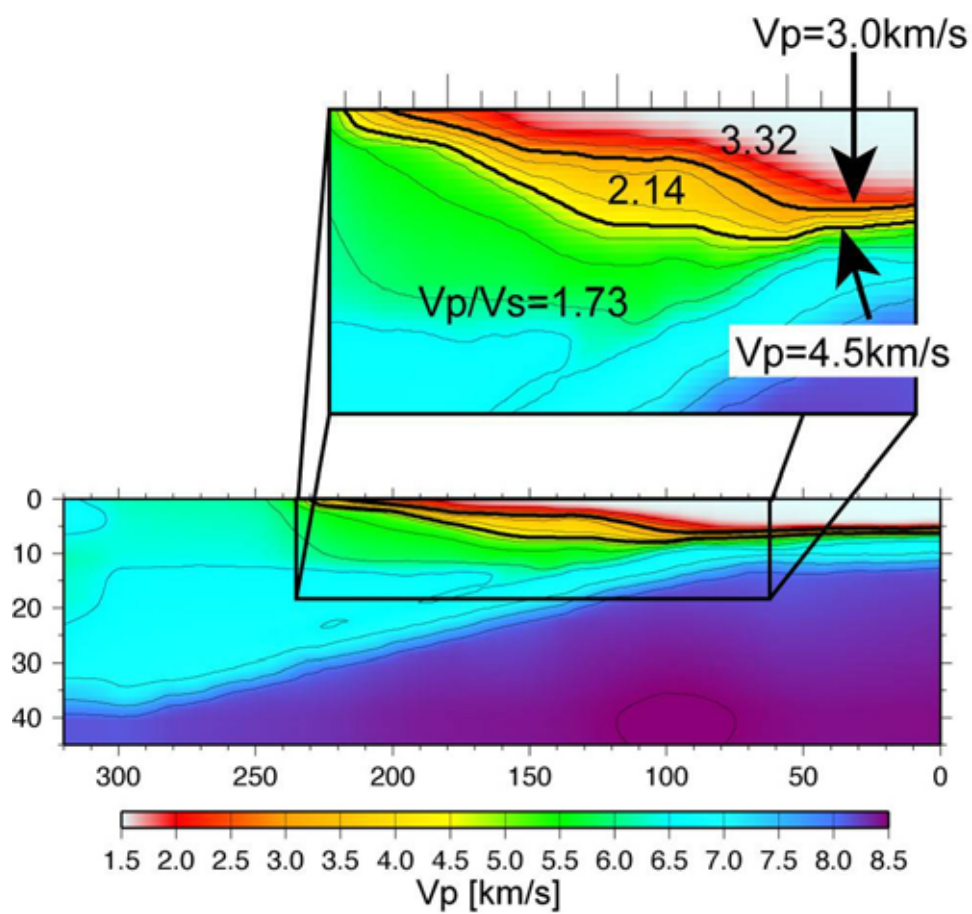


図 15 Takahashi et al. [2002]を参考にした、 $V_p/V_s$  構造。

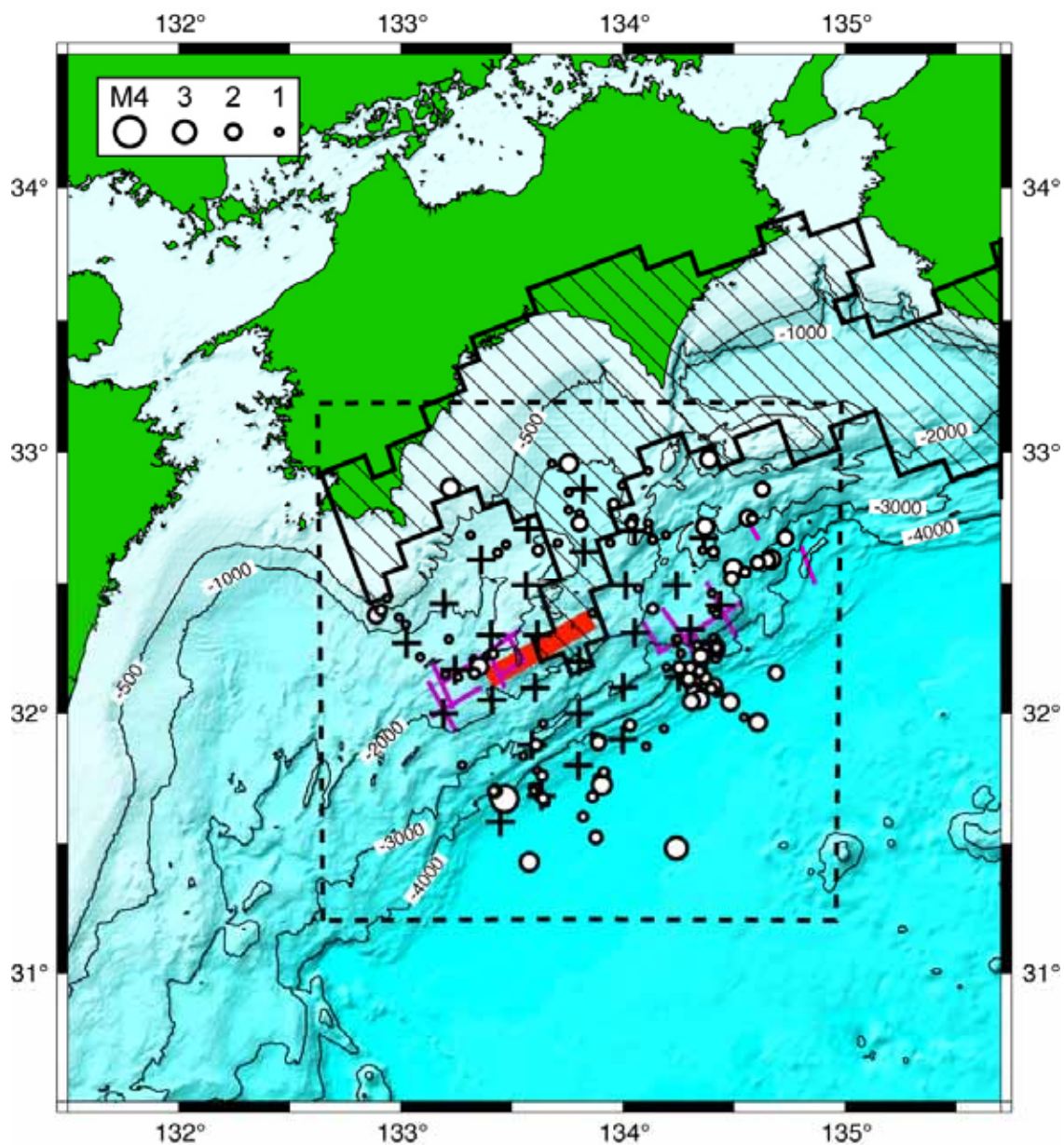


図 16 四国沖 OBS 観測で得られた震央分布。太い赤線は沈み込む海洋性地殻の地形的高まりを、細い紫線は DSR を示す。OBS の位置は、+ で示してある。網掛け部は、1946 年南海地震の際の断層面上の変位が 1m を超える領域 [馬場他、2004]。破線で囲まれた範囲は、解析領域。

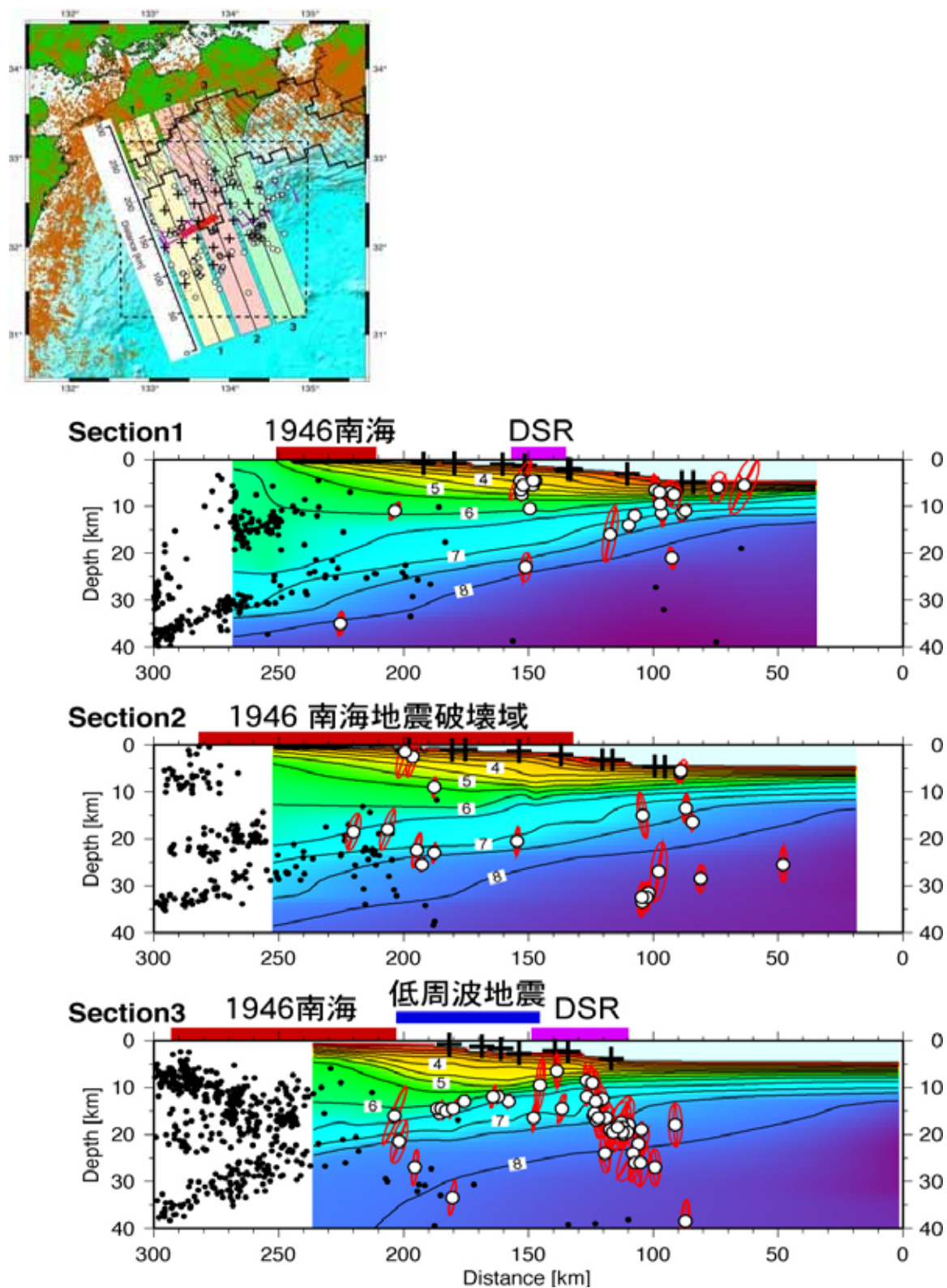


図 17 四国沖 OBS 観測で得られた震源分布の断面  
 足摺沖 (section 1)、四国沖中央部 (section 2)、室戸沖 (section 3) の各断面を表示。それぞれ、1946 年の破壊領域の広がり と DSR の分布を投影。低周波地震は小原ら (2004) によって観測された低周波地震の発生領域。黒丸は 2001 年 1 月から 2003 年 7 月までの気象庁によって決定された震源分布。

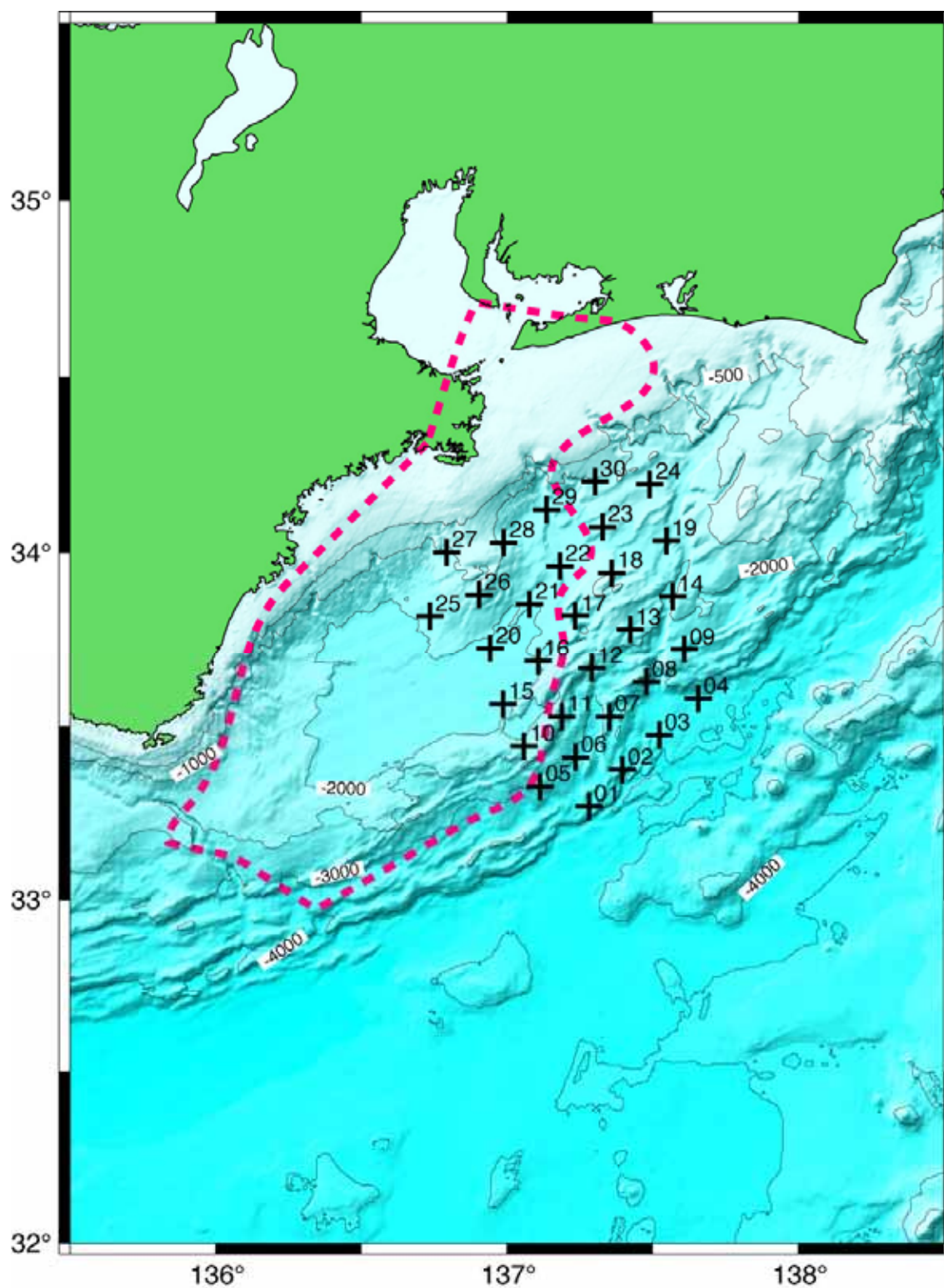


図 18 志摩半島沖の OBS 設置位置 (+) を示す  
破線で囲まれた領域は 1944 年東南海地震の際の断層面上の変位が 1m 以上の領域 [馬場他、2004]。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 広角反射・屈折法調査

平成 15 年度に実施した破壊域横断測線の結果から、破壊域境界で沈み込む海洋性地殻の構造が急変すること、及び 1946 年南海道地震震源付近で海洋性地殻が激しく変形・破壊していることが明らかになった。

平成 16 年 11 月 10 日から 11 月 29 日にかけて、紀伊半島沖でトラフに直交する 2 本の測線で、広角反射・屈折法地震探査データを取得し、データの編集を終了した。観測された信号は良好であり、現在解析が進行中である。

今後は、現在進行中の NT0404 の初動トモグラフィーによる地震波速度構造イメージングの結果を利用した反射面マッピングを行い、南海・東南海地震破壊域セグメント境界の沈み込みに関する構造を明らかにする。さらに、海陸統合データの編集を行い、特徴的構造の陸域（深部）への連続性をみる。NT0405 についても同様の解析を行ったのち、Migration および反射面マッピング、波形インバージョンを実施し、破壊域内部の詳細構造を明らかにする。

2) 機動的地震観測

今年度は、平成 16 年 5 月に四国高知沖南海トラフで自己浮上型海底地震計 30 台の回収を行った。この地震計は、平成 16 年 3 月に高知県沖南海トラフに設置されたものであり、観測機関は約 70 日である。得られたデータの解析は、これまで四国沖および四国陸上部で行われた構造探査の結果を参考にした 3 次元地震波速度構造を用いて行われた。その結果、四国沖の南海地震の想定震源域において、高精度の微小地震分布を求めることができた。得られた震源分布は、地殻構造の変化を反映してプレート間の相互作用が空間的に変化しており、それによって地震活動の違いが現れていることを示唆している。

また、平成 17 年 3 月には、志摩半島沖を中心とする東海沖から紀伊半島沖において、地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行うことを目的とした、短期型自己浮上式海底地震計による機動的地震観測を開始した。これらの地震計は、平成 17 年 6 月に回収予定である。この観測により、東南海地震の破壊に影響を及ぼしたと考えられている沈み込む海嶺のような地殻構造が、この地域の地震活動や応力場に及ぼしている影響を空間的に評価することが期待される。

(e) 引用文献

- 1) Ando, M., Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai Trough, *Tectonophysics*, 27, 119-140, 1975.
- 2) 馬場俊孝, P. R. Cummins, 谷岡勇市郎, 小さな小断層を用いた津波波形インバージョン法の提案とその 44 年東南海・46 年南海地震への適用, 日本地震学会秋季大会, P175, 2004.
- 3) Byrne, D. E., Davis, D. M., and Sykes, L. R., Loci and maximum size of thrust earthquakes and the mechanics of the shallow region of subduction zones, *Tectonics*, 7, 833-857, 1988.

- 4) Fujie, G., A. Ito, S. Kodaira and Y. Kaneda, Reflection travel time mapping for imaging lithospheric scale reflectors, paper presented at Commission on Controlled Source Seismology 12<sup>th</sup> International Workshop, Va. Polytech. Inst. And State Univ., Mountain Lake, 8-11 Oct, 2003.
- 5) 伊神輝, 伊藤潔、佐々木嘉三、浅野周三、1975年3月坂出沖爆破地震動観測による四国の地殻構造、地震、35, pp, 367-375, 1982.
- 6) Kodaira, S., Takahashi, N., Nakanishi, A., Miura, S., Kaneda, Y. Subducted seamount imaged in the rupture zone of the 1946 Nankaido Earthquake, Science, 289, 104-106, 2000.
- 7) Kodaira, S., Kurashimo, E., Park, J.-O., Takahashi, N., Nakanishi, A., Miura, S., Iwasaki, T., Hirata, N., Ito, K., and Kaneda, Y., Structural factors controlling the rupture process of a megathrust earthquake at the Nankai trough seismogenic zone, Geophys. J. Int., 149, 815-835, 2002.
- 8) Kodaira, S., A. Nakanishi, J.-O. Park, A. Ito, T. Tsuru, and Y. Kaneda, Cyclic ridge subduction at an inter-plate locked zone off central Japan, Geophys. Res. Lett., 30, 1339, doi:10.1029/2002GL016595, 2003.
- 9) Takanishi, A., Kodaira, S., J.-O. Park, and Kaneda, Y., Deformable backstop as seaward end of coseismic slip in the Nankai Trough seismogenic zone, Earth and Planetary Science Letters, 203, 255-263, 2002.
- 10) 小原一成, 伊藤喜宏, 南海トラフ付近に発生する超低周波地震活動、日本地震学会秋季大会、P-165、2004.
- 11) Park, J. -O., T. Tsuru, S. Kodaira, P. R. Cummins, and Y. Kaneda, Splay fault branching along the Nankai subduction zone, Science, 297, 1157-1160, 2002.
- 12) Park, J.-O., T. Tsuru, N. Takahashi, T. Hori, S. Kodaira, A. Nakanishi, S. Miura, and Y. Kaneda, A deep strong reflector in the Nankai accretionary wedge from multichannel seismic data: Implications for underplating and interseismic shear stress release, J. Geophys. Res., Vol. 107 (B4), doi:10.1029/2001JB000262, 2002.
- 13) Park, J.-O., Moore, G., Tsuru, T., Kodaira, S., and Kaneda, Y., A subducted oceanic ridge influencing the Nankai megathrust earthquake rupture, Earth. Planet. Sci. Lett., 217, 77-84, 2003
- 14) Takahashi, N., Kodaira, S., Nakanishi, A., Park, J.-O., Miura, S., Tsuru, T., Kaneda, Y., Suyehiro, K., and Kinoshita, H., Seismic structure of western end of the Nankai trough seismogenic zone, J. Geophys. Res., 107, 2212, doi:10.1029/2000JB000121, 2002.
- 15) Takahashi, N., Kodaira, S., Park, J.-O., and Diebold, J., Heterogeneous structure of western Nankai seismogenic zone deduced by multichannel reflection data and wide-angle seismic data, Tectonophysics, 364, 167-190, 2003.

- 16) Tanioka, Y. and Satake, K., Coseismic slip distribution of the 1946 Nankai earthquake and aseismic slips caused by the earthquake, *Earth Planet. Space*, Vol. 53, No. 4, pp. 235-241, 2001.
- 17) Tanioka, Y. and Satake, K., Coseismic slip distribution of the 1946 Nankai earthquake and aseismic slips caused by the earthquake, *Earth Planet. Space*, Vol. 53, No. 4, pp. 235-241, 2001.
- 18) Zhang, J., U.-S. Brink and M. N. Toksoz, Nonlinear refraction and reflection travel time tomography. *J. Geophys. Res.*, 103. 29743-29757, 1998.

(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
尾鼻浩一郎、小平秀一、伊藤亜妃、坂口有人、金田義行	四国沖西部南海トラフ地震発生帯の地震活動	日本地震学会 2004 年度秋季大会	2004 年 10 月 11 日
小平秀一、三浦誠一、藤江剛、伊藤亜妃、朴進午、金田義行	南海・東南海地震破壊域セグメント境界で発見された最上部マントル異常低速度域	日本地震学会 2004 年度秋季大会	2004 年 10 月 11 日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定無し。

(3) 平成 17 年度業務計画案

(a) 稠密反射法探査

東南海地震の想定震源域のうち最もトラフ側まで破壊が進行し、津波生成に重要な役割を果たしたと考えられる分岐断層が発達している紀伊半島沖において備船した物理探査船によって稠密反射法探査を実施する。これにより、想定震源域のプレート境界構造や分岐断層分布の三次元的イメージングを目指す。さらに、震源域のプレート間物性も明らかにする。

(b) 広域反射法探査

南海・東南海想定震源域全域のプレート形状を得るため、今までの探査ではデータ取得が十分でなかった領域での二次元反射法探査を実施する。とくに今までに得られたトラフに直行するイメージを補間するために、想定震源域を横断するトラフと平行な測線でのデータ取得を行う。

(c) 機動的地震観測

平成 17 年 3 月に志摩半島沖を中心とする東海沖から紀伊半島沖にかけて設置した海底地震計の回収を行い、データ処理・解析を実施する。このデータによって、1944 年の東南海地震の破壊域のアスぺリティから非破壊域にかけての領域での地震活動を明らかにし、アスぺリティ近傍での応力分布について議論する。