

3.1.2. 東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を把握するための海底地震観測研究

(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微小地震分布を把握するための海底地震観測研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東京大学 地震研究所	教授	金沢敏彦	kanazawa@eri.u-tokyo.ac.jp
	助教授	塩原 肇	shio@eri.u-tokyo.ac.jp
	助教授	篠原雅尚	mshino@eri.u-tokyo.ac.jp
	助手	酒井慎一	coco@eri.u-tokyo.ac.jp
	助手	望月公廣	kimi@eri.u-tokyo.ac.jp
	助手	山田知朗	yamada@eri.u-tokyo.ac.jp

(c) 業務の目的

1) 東南海・南海震源域における正確な地震活動の把握

想定震源域において、地震活動が低いことも考慮し、1年間以上連続観測可能な長期観測型海底地震計を用いて、長期にわたる地震観測を繰り返して実施し、十分な数の微小地震を観測する。観測網は、正確な地震活動を把握するために、約20km間隔程度の高密度な海底地震観測網とし、必要な長期観測型海底地震計を順次整備する。地震観測網を想定震源域において年次的に拡大する方式をとり、設置優先度としては、海・陸の観測網が連携する形で地震活動度の相対的に高い領域から順次観測網を拡げて、正確な地震活動の把握をすすめる。また、円滑かつ効果的な研究を実施するために、観測点配置は、事前に関係機関（者）との調整を行う。

2) 詳細なプレートの形状の把握

長期海底地震観測により十分な数の地震の震源位置を正確に決定することで、詳細なプレートの形状を把握する。

3) 構造と地震活動の対比

長期海底地震観測による正確な地震活動と、独立行政法人海洋研究開発機構により実施される構造調査などで求められる構造との対比を行い、想定震源域における地震活動のより深い理解を図る。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画

1) 研究計画 1 年目

長期観測型海底地震計を新規整備して、紀伊半島沖から四国東部沖にかける領域(水深 500m より深い海域)に配置し、陸域における既設の高感度地震観測網(陸域観測網)に接続する形で、地震観測網を海域に拡げる。配置にあたっては、事前に関係機関等(者)との調整を行う。既設の陸域観測網による地震データの集積をすすめる。

2) 研究計画 2 年目

前年度に設置した地震計を回収し、新規整備した長期観測型海底地震計に入れ換える。また、回収した地震計を整備後に再設置し、引き続き観測を行う。陸域観測網による地震データの集積をすすめながら、回収した海底地震記録とあわせて解析を行い、正確な地震活動の把握をすすめる。

3) 研究計画 3 年目

前年度に設置した地震計を回収し、整備後に再設置し、引き続き観測を行う。陸域観測網による地震データの集積をすすめながら、回収した海底地震記録とあわせて解析を行い、正確な地震活動の把握を進める。

4) 研究計画 4 年目

前年度に設置した地震計を回収し、新規整備した長期観測型海底地震計に入れ換える。また、回収した地震計を整備後に再設置し、引き続き観測を行う。陸域観測網による地震データの集積を進めながら、回収した海底地震記録とあわせて解析を行い、正確な地震活動の把握を進めるとともに、本観測研究の中間とりまとめを行う。

5) 研究計画 5 年目

前年度に設置した地震計を回収し、新規整備した長期観測型海底地震計に入れ換える。また、回収した地震計を整備後に再設置し、引き続き観測を行う。最終年度にあたるため、年度内に全観測点を回収する。陸域観測網による地震データの集積を進めながら、回収した海底地震記録とあわせて解析を行い、正確な地震活動の把握を進め、本観測研究の総まとめを行う。

(e) 平成 16 年度業務目的

現在、陸域の地殻上部において発生する M1.5 程度以上の地震活動を把握することが可能となっている。しかし、陸域観測網だけでは、関係海域で発生する地震の震源の深さを精度よく決定することは困難であり、かつ、震源を決定することが可能である地震のマグニチュードの下限も陸域において発生するものに比べ、0.7~0.8 程度高くなっている。本研究により展開する海域観測網を陸域観測網に接続することによって、陸域の地殻上部において発生する地震の検知能力および震源決定能力相当を海域に広げ、より小さな地震まで正確に震源を決定するための観測を行う。

(2) 平成 16 年度の成果

(a) 業務の要約

長期観測型海底地震計を新規整備したほか、長期観測 OBS の記録処理システムを新規整備した。回収した海底地震計の再設置に向けた整備等を実施した。用船および大型ヘリコプターにより、平成 16 年度に観測を開始した地震観測点 9 点の海底地震計を入れ替えるとともに、新規整備した長期観測型海底地震計を海底設置して新たに 14 観測点で観測を開始した。これらの設置・回収作業の実施により、想定震源域の紀伊半島南東沖から四国東部沖にかける領域の地震活動を、約 20 km から 25 km 間隔に配置された 23 観測点からなる海底地震観測網で観測する体制ができた。平成 17 年度の夏頃までこの観測網で観測を継続する。地震計の設置・回収作業にあたっては、事前に関係機関等（者）との連絡調整を行った。海陸データの併合処理のため、陸域観測網による地震データの集積を進めた。さらに、平成 16 年 9 月 5 日に想定震源域周辺部で発生した紀伊半島南東沖の地震に際しては、余震域で自己浮上式海底地震計 5 台による緊急観測を実施した。海陸データを併合処理して、想定震源域の主に紀伊半島南沖の地震活動についてより正確な震源分布を明らかにした他、紀伊半島南東沖の地震の正確な余震分布を明らかにした。

(b) 業務の実施方法

1) 観測点配置に関する調整

陸域における既設の高感度地震観測網（陸域観測網）及び平成 15 年度に設置した海底地震観測点 9 点に接続する形で、紀伊半島沖から四国東部沖にかける領域（水深 500 m より深い海域）に、新たに長期観測型海底地震計 14 台を設置した。観測点の配置にあたっては、関係機関等（者）と平成 15 年度に調整を行った観測点配置計画（図 1）に基づいて実施した。また、設置・回収作業にあたっては、平成 15 年度に調整した現地関係機関（者）等との連絡体制に基づき、作業概要等の連絡調整を実施したほか、海上保安庁への海上作業届を提出した（参考資料(a)-(f)）。

2) 長期観測型海底地震計等の整備

長期観測型海底地震計 13 台を新規整備した。海底地震計の回収後に再設置に向けて動作確認と組み立て等の整備を国立大学法人東京大学地震研究所で実施した。また、音響通信制御装置、GPS 時計制御システム、海底地震観測用 GPS 測位システム等の設置作業支援装置についても動作試験等を行い総合的な整備を実施した他、平成 15 年度末に新規整備した長期観測型海底地震計 1 台についても動作試験等の整備を行った。

さらに紀伊半島南東沖の地震の余震観測のために、ガラス球を耐圧容器とする自己浮上式海底地震計（国立大学法人東京大学地震研究所所有）5 台の緊急整備を実施した。

3) 長期観測型海底地震計の設置・回収

a) 長期観測型海底地震計による準固定観測網

新規整備の海底地震計 10 台を平成 16 年 10 月に海底設置することによって、新たに紀伊半島南西沖（四国南東沖）の計画観測点 LS01-LS10 において観測を開始した。設置作業は和歌山県新宮市にある紀南ヘリポートを基地として大型ヘリコプターにより実施した（図 2）。LS01-LS10 の観測点は、平成 15 年度に観測を開始した 9 カ所の海底地震観測点 LS11-LS19 に観測網として接続しており、この設置によって、観測網は紀伊半島南方沖から四国南西沖までの想定震源域をカバーできるようになった。続く平成 16 年 11 月に新世丸（新日本海事株式会社所属）を用船して新規整備の海底地震計 4 台を海底設置し、新たに紀伊半島南東沖の計画観測点 LS20-LS23 においても観測を開始した（図 4）。また同航海で、平成 15 年度に設置した観測点 LS11-LS19 の長期観測型海底地震計 9 台の入れ替え作業を行った（図 5）。同航海では地震観測点 LS11 と LS18 の海底地震計を回収することができなかったが、LS11 の海底地震計についてはその後の地震研究所用船航海で ROV を使用して回収した。LS18 の地震計についても回収を検討している。

b) 紀伊半島南東沖の地震の緊急余震観測

長期観測型海底地震計による準固定観測網の維持と拡張作業に先立つ平成 16 年 9 月 5 日に、紀伊半島南東沖で気象庁マグニチュード 6.9 と 7.4 の地震が相次いで発生した。震源位置は 1944 年東南海地震（M7.9）の震源域周辺の南海トラフ沿いであった。このため、緊急に自己浮上式海底地震計 5 台を大型ヘリコプターで海底設置して、気象庁マグニチュード 7.4 の地震の余震域で 9 月 8 日から観測を開始した（図 6）。地震発生後わずか 3 日目で余震観測を開始したことにより最大余震を観測することができた。自己浮上式海底地震計 5 台は、海洋研究開発機構によるかいよう航海 KY04-11 において平成 16 年 9 月中旬に回収した（図 7）。

4) 浅部構造のエアガン屈折法探査

新世丸の用船航海では、長期観測型海底地震計の設置作業に引き続いて、エアガン人工震源、およびシングル・チャンネル・ハイドロホン・ストリーマーを用いた地震波反射法構造調査を行った（図 8）。このエアガン震源の発振は、新世丸航海に先立つ平成 16 年 10 月に大型ヘリコプターを用いて設置した長期観測型海底地震計による地震観測点 LS01-LS10 をつなぐ線を測線として実施しており、観測点直下の浅部構造を抽出するための屈折法構造調査にも用いられる

シングル・チャンネル・ハイドロホン・ストリーマーによる観測波形は、観測中に DDS テープに SEG-Y フォーマットで記録された。これを持ち帰った後、コンピュータ上で解析処理を行った。海底地震計が現在観測中であるために、屈折法調査の解析は平成 17 年度の海底地震計の回収を待たなければならない。

5) 陸域観測網による地震データの収集

海域・陸域地震観測データの併合処理のために、コンピュータネットワーク経由でほぼリアルタイムに配信されている日本全国の陸上地震観測点のデータの中から必要な観測点のデータを抽出し、大容量ディスク装置にリアルタイム連続収録した。

6) 海陸データ統合解析

長期観測 OBS の記録処理システムを新規整備した(図9)。平成 15 年に観測を開始して平成 16 年 11 月に新世丸航海で回収した長期観測型の海底地震計のデータと陸域観測網で記録される地震のデータを併合処理して、正確な地震活動の把握等を進めたほか、紀伊半島南東沖地震の緊急余震観測のデータの解析をすすめた。また、紀伊半島南東沖の地震の前震・本震・最大余震を含む一連の地震活動は、LS11-LS19 の海底地震計に記録されていることから、陸域の地震データにこれらのデータも加えて、総合的に解析をすすめた。

7) 運営委員会等の設置・開催

「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」を効果的に推進するため、「東南海・南海地震等海溝型地震調査研究運営委員会(事務局は国立大学法人東京大学地震研究所)」を設置した。平成 16 年度第 1 回運営委員会を平成 16 年 10 月 6 日に開催し、平成 16 年度第 2 回運営委員会を平成 17 年 2 月 28 日に開催した。また、同運営委員会のもとに「海底地殻変動観測精度向上ワーキンググループ(事務局は国立大学法人東京大学地震研究所)」を設置した。平成 17 年度よりワーキンググループの本格的な活動を開始するため、平成 17 年 1 月 28 日に研究分担機関からの関係者等が集まって初会合を開き、今後の活動方針等の確認を行った。

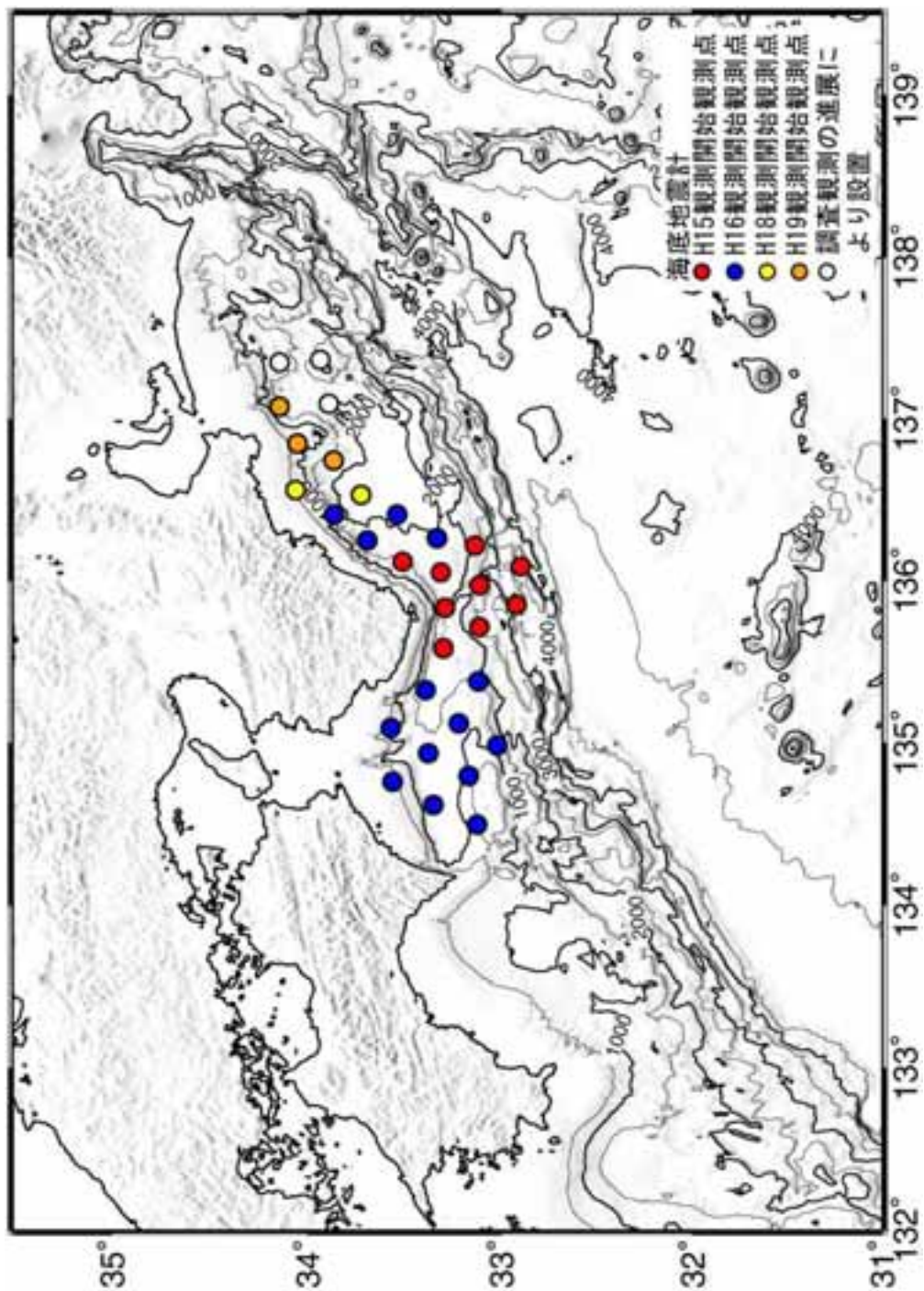


図1 長期観測型海底地震計の観測点配置全体計画
運営委員会の場で、関係機関等（者）と意見および情報交換等により調整を行って決定した観測点配

3.1.2. 東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を把握するための海底地震観測研究



図2 東南海・南海地震想定震源域に海底設置（平成17年10月）のため大型ヘリコプター機内に搬入中の長期観測型海底地震計



3 平成17年11月航海に用船した新世丸（新日本海事株式会社所属）

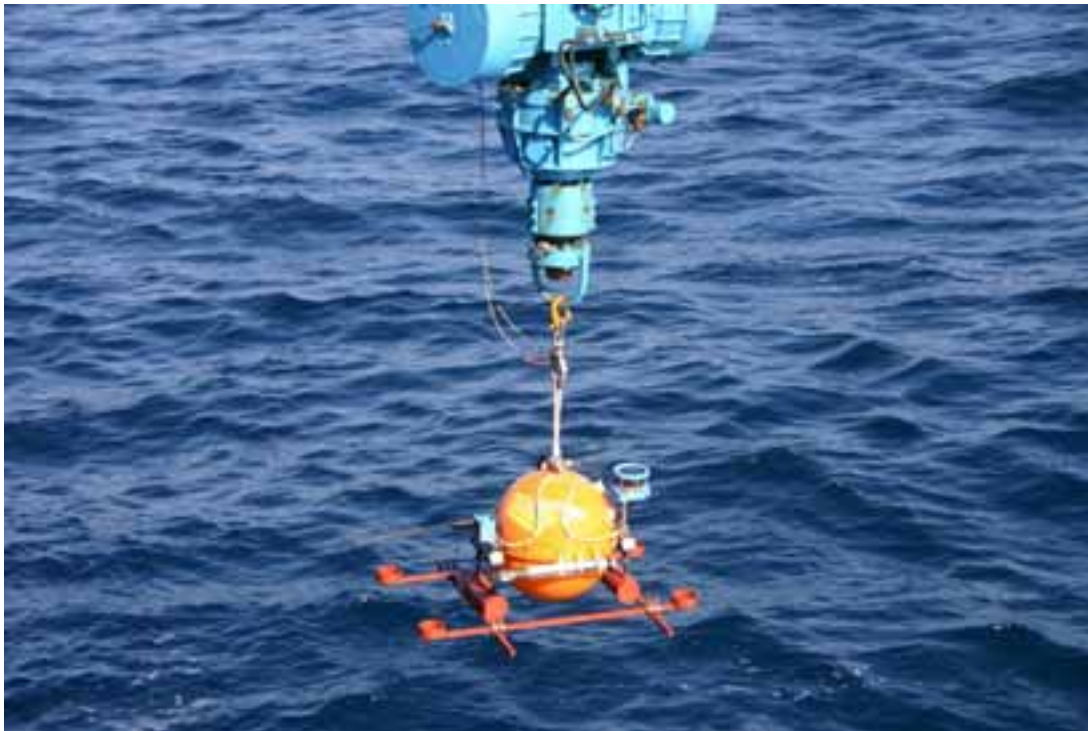


図4 長期観測型海底地震計の投入作業(平成16年11月新世丸用船航海)



図5 回収した長期観測型海底地震計(平成16年11月新世丸用船航海)



図 6 紀伊半島南東沖の地震余震観測における大型ヘリコプターによる自己浮上式海底地震計 5 台の設置作業

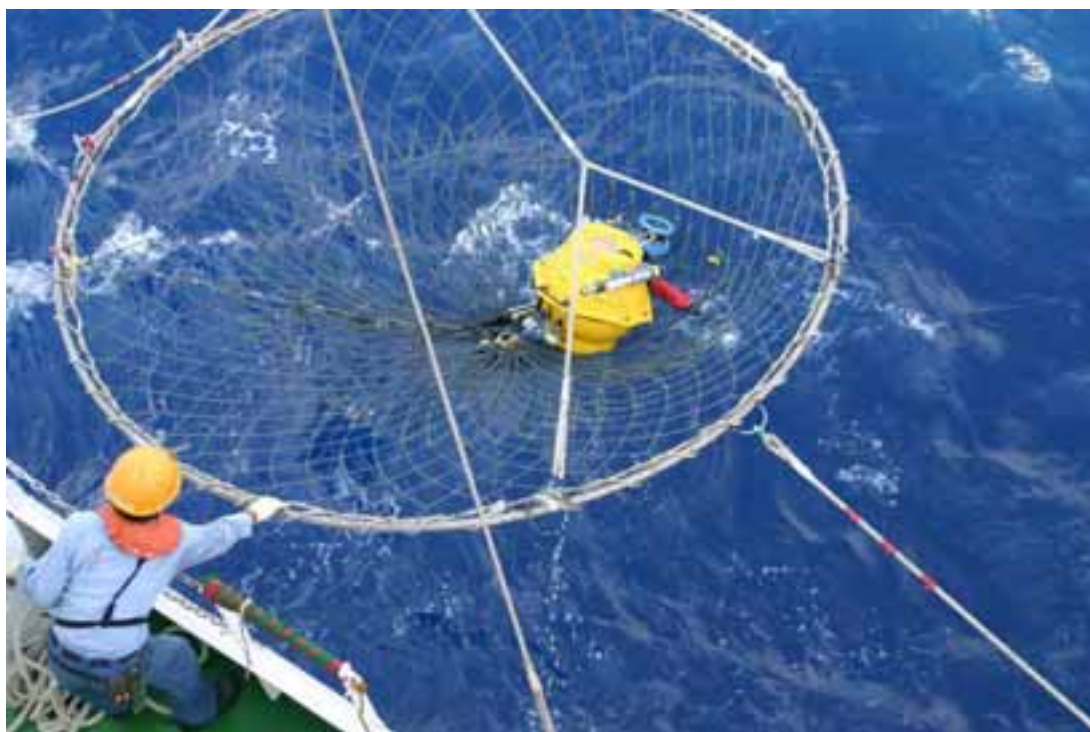


図 7 紀伊半島南東沖の地震余震域に緊急設置された自己浮上式海底地震計の回収作業 (平成 16 年 10 月海洋研究開発機構かいよう航海)



図8 反射法地震探査のため準備作業中のエアガンシステム(平成16年11月新世丸用船航海)



図9 新規整備した長期観測 OBS 記録処理システム
大容量 RAID ディスクを備える。

(c) 業務の成果

1) 長期海底地震観測によるより正確な震源位置の決定及び震源分布と構造の比較

南海トラフ沿いでは、ほぼ 100 年周期でマグニチュード 8 クラスの地震が繰り返して発生したことがわかってきているが、陸上からの地震観測、および室戸沖における海底地震計を用いた地震観測[Obana et al., 2003]から、微小地震も含めて、南海トラフでの微小地震活動が非常に低いことがわかっている。南海トラフ沿いのうち、紀伊半島沖(図 12)では、例えば 1944 年東南海地震と 1946 年南海地震の破壊域境界であったように、セグメントの境界が存在すると考えられている。南海トラフ沿いの巨大地震発生のメカニズムを探る上で、定常的な地震活動を把握することは重要であるが、発生する地震が少ないために、短期の観測では、その特性を明らかにすることは難しかった。そこで、東京大学地震研究所が開発した 1 年間連続観測な海底地震計(長期観測型海底地震計)を用いて、長期間の観測を行った。初年度は、南海トラフ沿いの巨大地震発生を考える上で、重要であると思われるセグメント境界で観測を行った。

平成 16 年度は、平成 16 年度航海で回収された 8 台の長期観測型海底地震計(LOBS)のデータを用いて、セグメント境界付近の正確な震源位置の推定を行った。また平成 16 年度航海では、紀伊半島沖の南海トラフ陸側斜面において 9 台の長期観測型海底地震計を平均 25km 間隔で再設置した(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した。OBS の設置作業は、地震研究所の備船で新日本海事株式会社所有の「新世丸」によって、平成 16 年 11 月 26 日から 12 月 1 日にかけて行われた。平成 15 年 12 月上旬の航海で設置を行った際に、各長期観測型海底地震計の着底位置を、音響測距により決定している(表 1)。また、船位はディファレンシャル GPS を用いて、決定した。

今回回収した長期観測型海底地震計の観測期間は平成 15 年 12 月上旬から平成 16 年 11 月下旬の約 1 年間である。平成 16 年 9 月 5 日に紀伊半島南東沖を震源とする大規模な地震活動が発生した。そのために、9 月 5 日以降は、この活動による地震が大量に記録されており、観測網直下の地震観測が困難な状況になっていた(図 13)。そこで、ここでは、長期観測型海底地震計設置直後から平成 16 年 9 月 5 日までを解析対象期間とした。また、最初の解析としては、観測網の能力を調べるために、気象庁の震源リスト(一元化リスト)にある地震を解析の対象とした。これにより、陸上観測網で決定した震源位置と海底地震計観測網で決定した震源位置の比較が可能となる。

回収された長期観測型海底地震計のデータは時刻校正を行った後、一元化リストに従って、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(図 14)。また、読み取りに際しては、紀伊半島に展開されている陸上観測点のうち、南端の 3 観測点のデータも使用した(図 12)。まず、1 次元の速度構造を用いて震源決定(Hirata and Matsu'ura, 1987)を行った。精度の良い震源位置を求めるためには、震源決定に用いる速度構造が重要である。この解析に用いた速度構造には、この領域で行われた構造探査実験の結果(西坂、1997)を参考にして、作成した(図 15)。また、海底観測による震源決定では、厚い堆積層の影響を取り除く堆積層補正も重要である。堆積層補正は、震源決定では、観測点補正值として行う。精度の良い観測点補正值を求めるために、平成 15 年 12 月の設置時に、長期観測型海底地震計直下の浅部構造を求める

ために、エアガンの発震を行っている(図16)。このデータから、距離時間軸断面を作成し(図17) $-p$ 法(Shinohara et al., 1994、Diebold and Stoffa, 1981)により、各長期観測型海底地震計直下の浅部P波速度構造(図18)を求めた。その後、各海底地震計直下の浅部を通過する時間について、震源決定で使用する速度構造から求められる時間と実際に求められた速度構造から推定される時間の差を取って、観測点補正值とした。また、堆積層の V_p/V_s については、Nakanishi et al., 2002のデータを再解析し、S波と思われる屈折波の走時を用いて、4とした。その後、1次元構造による震源決定を行い、各観測点の走時残差の平均値を、観測点補正值を加えて、再度震源決定を行うという方法(Shinohara et al., 2004)により、よりよい観測点補正值(表2)を求め、震源分布を求めた。一元化リストの内、観測網付近に震央が決定されている2003年12月5日から2004年9月5日午後9時までの386個の地震について、震源決定を行った。このうち最初の震源決定では、収束した地震の数は268個であったが、3回繰り返し後は、299個となった。また、走時のrms残差は、P波については、10.46msから、8.28msへ、S波については、28.13msから15.30msにそれぞれ減少した。この方法で震源を求めることができたすべての震源の誤差分布を図19に示す。さらに正確な震源位置を求めるために、求められた震源の内、精度が良いと思われる深さ方向2km以下、水平方向4km以下のもの、106個について抜き出し、Double-Difference法(Waldhouse and Ellsworth, 2000)により、震源再決定を行った。この際に使用した速度構造を図20に、最終的な震源分布を図21に示す。Double-Difference法により、105個の地震の震源が再決定された。走時のdouble-differenceでのrms残差は、25%改善された。

海底地震観測網で求められた震源と一元化リストにある震源の位置を比較(図22)すると、震央位置は大きく変わらないが、トラフに近いところでは海底地震観測網による震源がやや沖合に決定されていることがわかる。一方、トラフ付近の地震の震源の深さは大きく異なり、一元化リストでは、深さ約40kmとなっている地震の多くが、およそ20km程度の深さで発生していることがわかる。

1994年に今回の観測域の東でトラフに直交する方向で海底地震計と制御震源を用いた地震波構造探査が行われ、深さ15km程度までの精度のよいP波速度構造が得られている(西坂、1997)。そこで、微小地震が構造のどこで発生しているかを調べるために、求められた震源分布を速度構造に投影してみた(図23)。その結果、トラフ軸付近で発生している地震は、沈み込みフィリピン海プレートの最上部マントルで発生していることがわかる。一方、トラフ軸から60kmほど陸側の地点から、フィリピン海プレートの地殻内で地震が発生し始めているようにも見える。

表1 平成15年度に設置した長期観測型海底地震計の投入位置及び海底推定位置

観測点名	設置日時位置					
	年月日-時分	緯度	経度	水深	切離コード	記録開始
LS11	03/12/15-09:11:04	33-16.959	135-35.567	1591	629	03/12/5 11:00
LS12	03/12/5-11:19:26	33-6.001	135-43.003	2692	631	03/12/5 13:00
LS13	03/12/5-06:50:59	33-15.956	135-47.172	1755	632	03/12/5 09:00
LS14	04/1/12-13:30:00	33-53.695	135-47.156	3546	634	04/1/12 17:00
LS15	03/12/5-04:07:12	33-6.339	135-57.298	2237	627	03/12/5 06:00
LS16	03/12/4-20:22:38	33-17.010	135-3.002	1797	628	03/12/4 22:00
LS17	03/12/4-17:40:19	33-30.000	136-6.990	1470	626	03/12/5 03:00
LS18	03/12/5-01:04:08	32-54.495	136-5.810	3708	635	03/12/5 03:00
LS19	03/12/4-22:37:02	33-6.994	136-13.022	2275	633	03/12/5 01:00

観測点名	海底推定位置			回収日時
	緯度	経度	水深	
LS11	33 - 16.9705	135 - 35.2805	1554.3	05/02/07
LS12	33 - 6.0056	135 - 43.1169	2697.0	04/11/29 - 02:22:09
LS13	33 - 15.9591	135 - 47.2091	1754.7	04/11/28 - 19:41:50
LS14	32 - 53.7346	135 - 47.3770	3536.4	04/11/29 - 05:15:25
LS15	33 - 6.3507	135 - 57.4011	2266.0	04/11/28 - 17:29:04
LS16	33 - 17.0249	136 - 3.1682	1789.8	04/11/28 - 09:04:30
LS17	33 - 29.9922	136 - 6.9884	1476.4	04/11/28 - 06:58:21
LS18	32 - 54.4815	136 - 5.8649	3705.9	
LS19	33 - 7.0206	136 - 13.1196	2267.9	04/11/28 - 11:17:10

表2 観測点補正值

観測点 名	補正值 (初期値)		補正值 (最終)	
	P (s)	S (s)	P (s)	S (s)
LS12	-0.150	-1.621	-0.391	-1.743
LS13	-0.249	-2.955	0.459	-0.471
LS14	-0.032	-0.463	-0.060	-1.207
LS15	-0.080	-1.797	-0.393	-1.658
LS16	-0.249	-2.955	-0.605	-1.796
LS17	0.000	-2.300	-0.631	-1.856
LS19	-0.210	-3.410	-0.178	-1.560
SSM	1.550	2.680	1.721	2.959
KZG	1.550	2.680	1.534	2.307
NKTH	1.550	2.680	1.491	2.453

3.1.2. 東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を把握するための海底地震観測研究

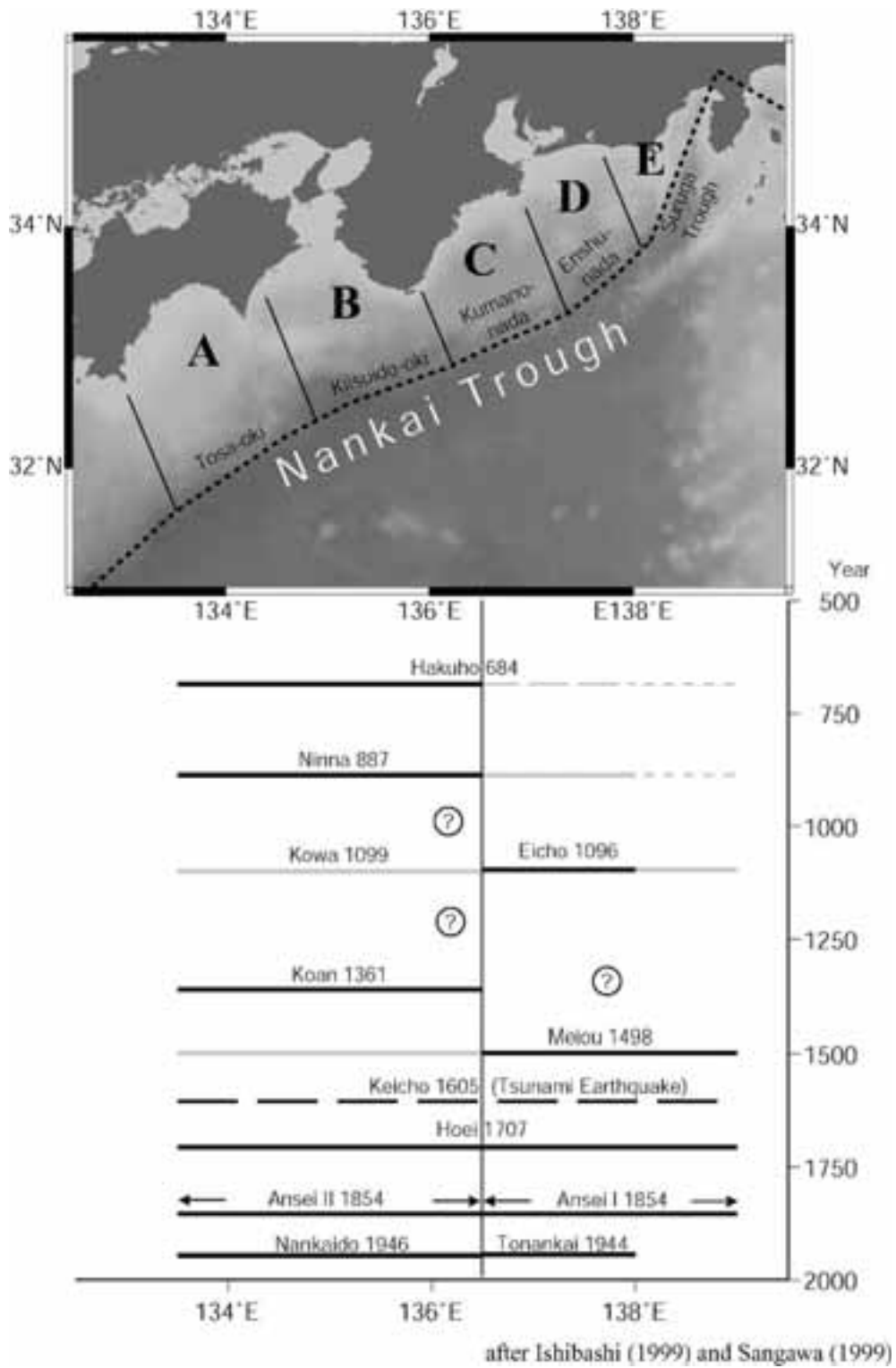


図 10 南海トラフでの歴史地震 [Mochizuki and Obana, 2003]

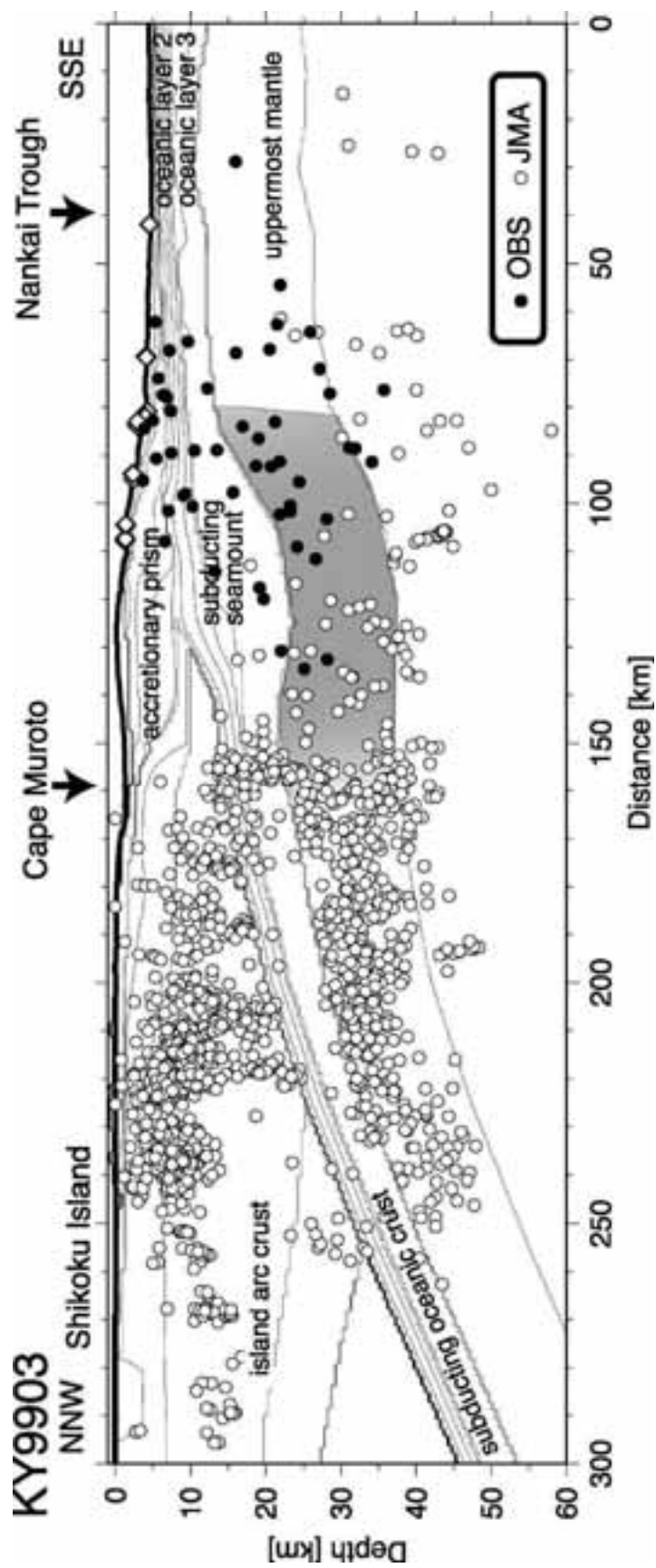


図 11 室戸沖の地震活動
 黒丸が海底地震計で観測された微小地震、白丸が陸上の観測点で観測された地震(気象庁による)。

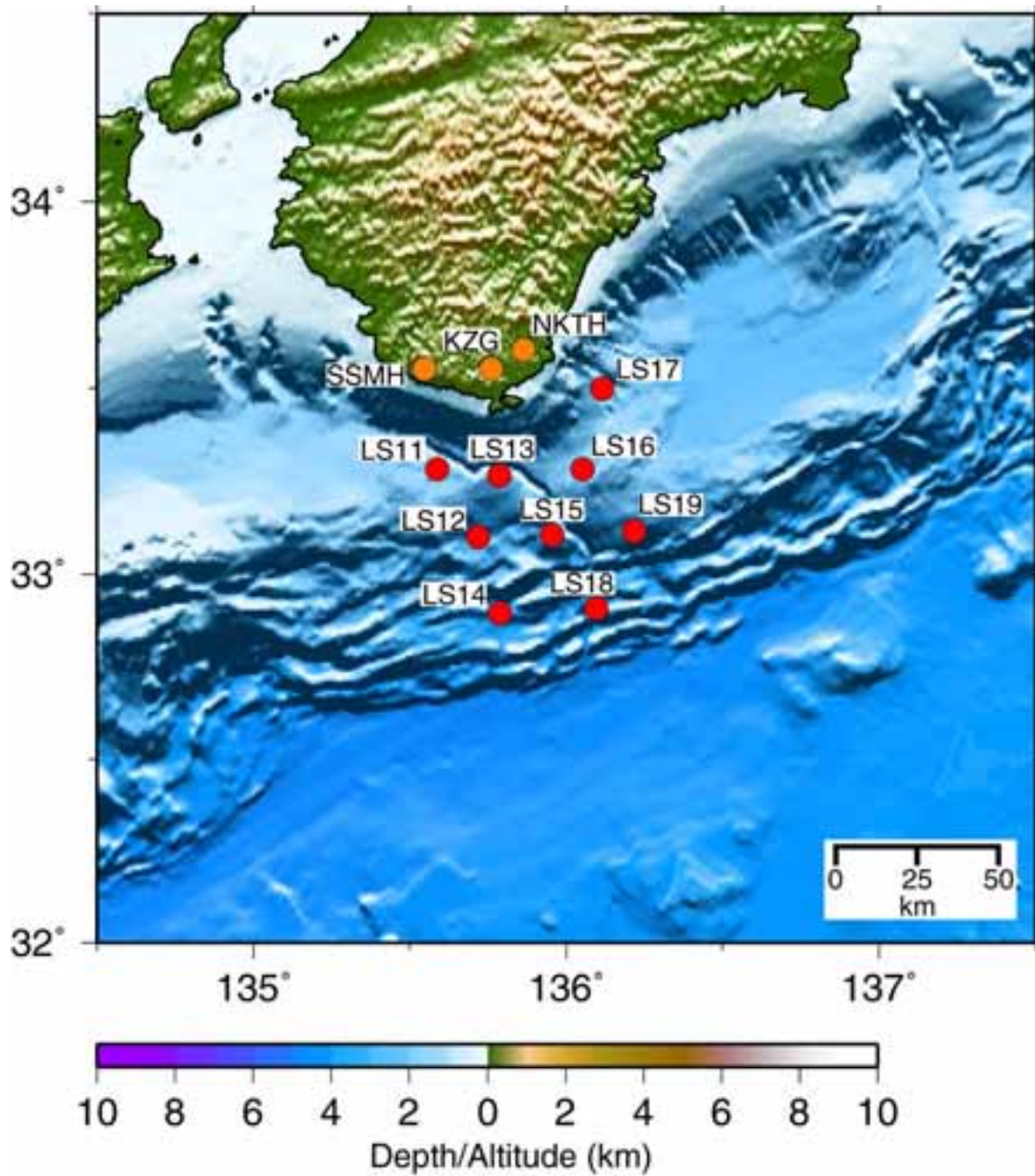


図 12 平成 15 年度の観測点配置図

赤色が長期観測型海底地震計、橙色が震源決定に利用した陸上地震観測点の位置を表す。

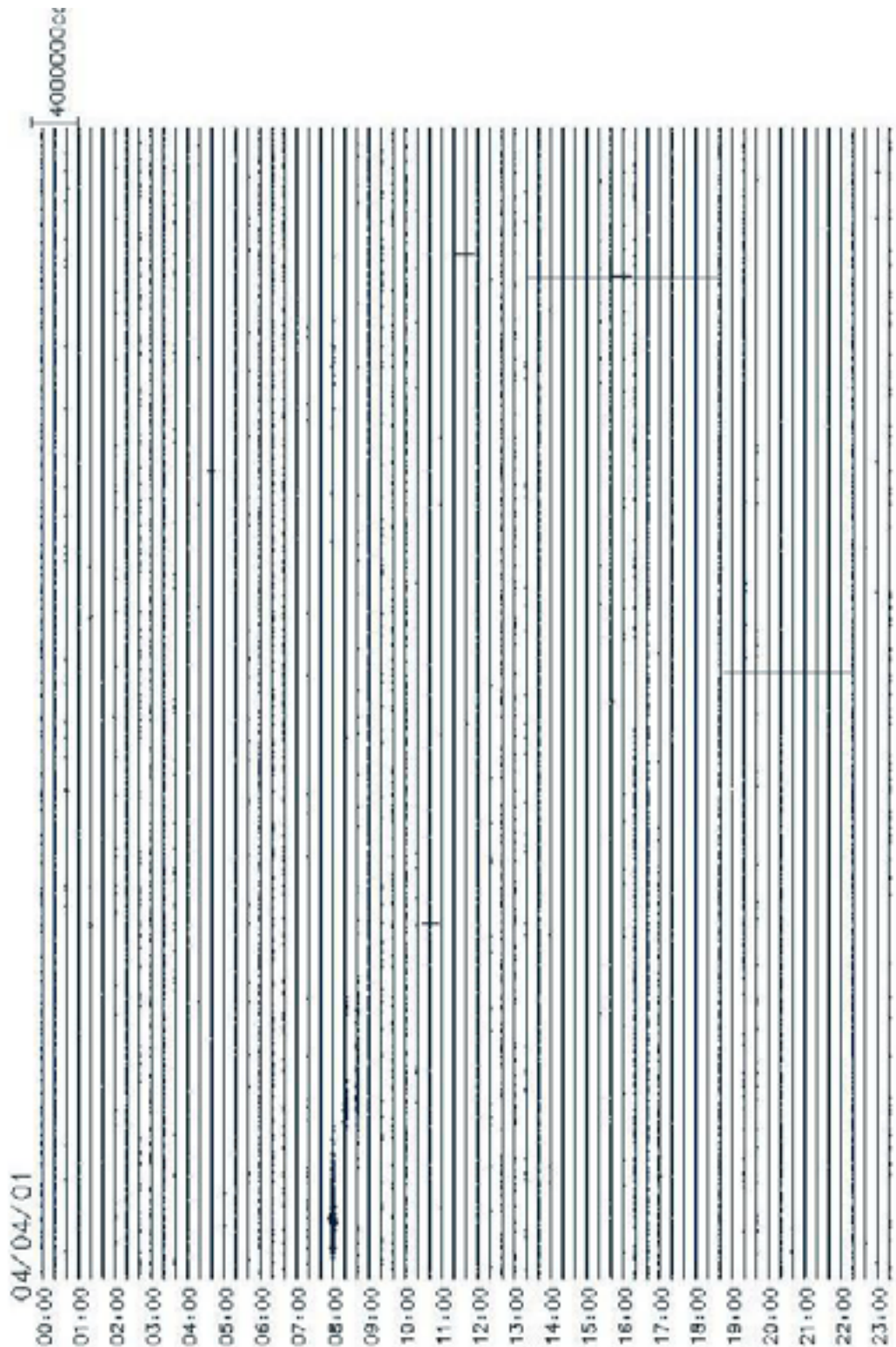


図 13(a) 観測点 LS15 における上下動の記録 2004 年 4 月 1 日
1本のトレースが 20 分間で一日分の全記録

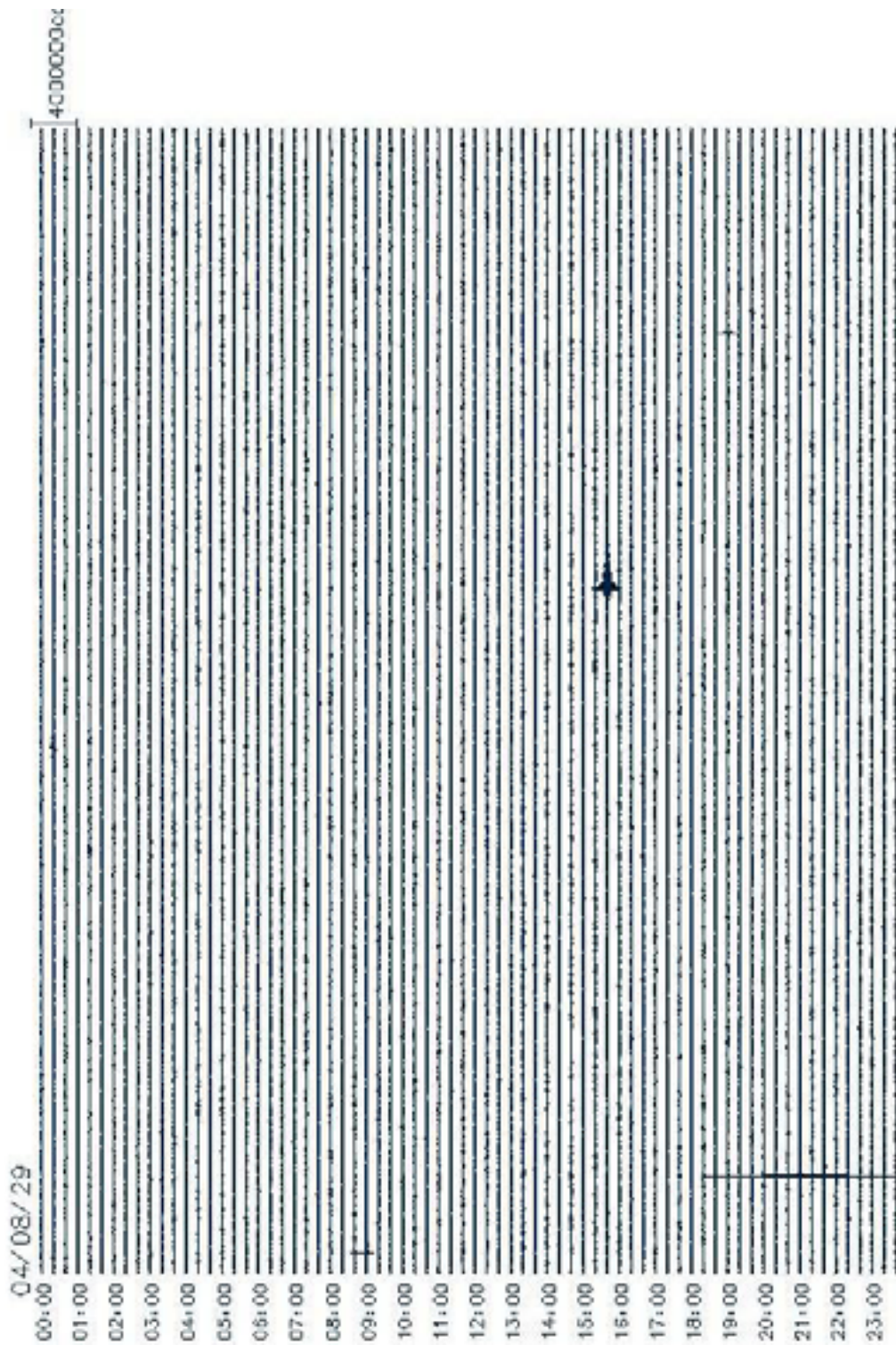


図 13(b) 観測点 LS15 における上下動の記録 2004 年 8 月 29 日
地震は 15 時 51 分頃に観測網の西端で発生したもので、マグニチュード 4.3。

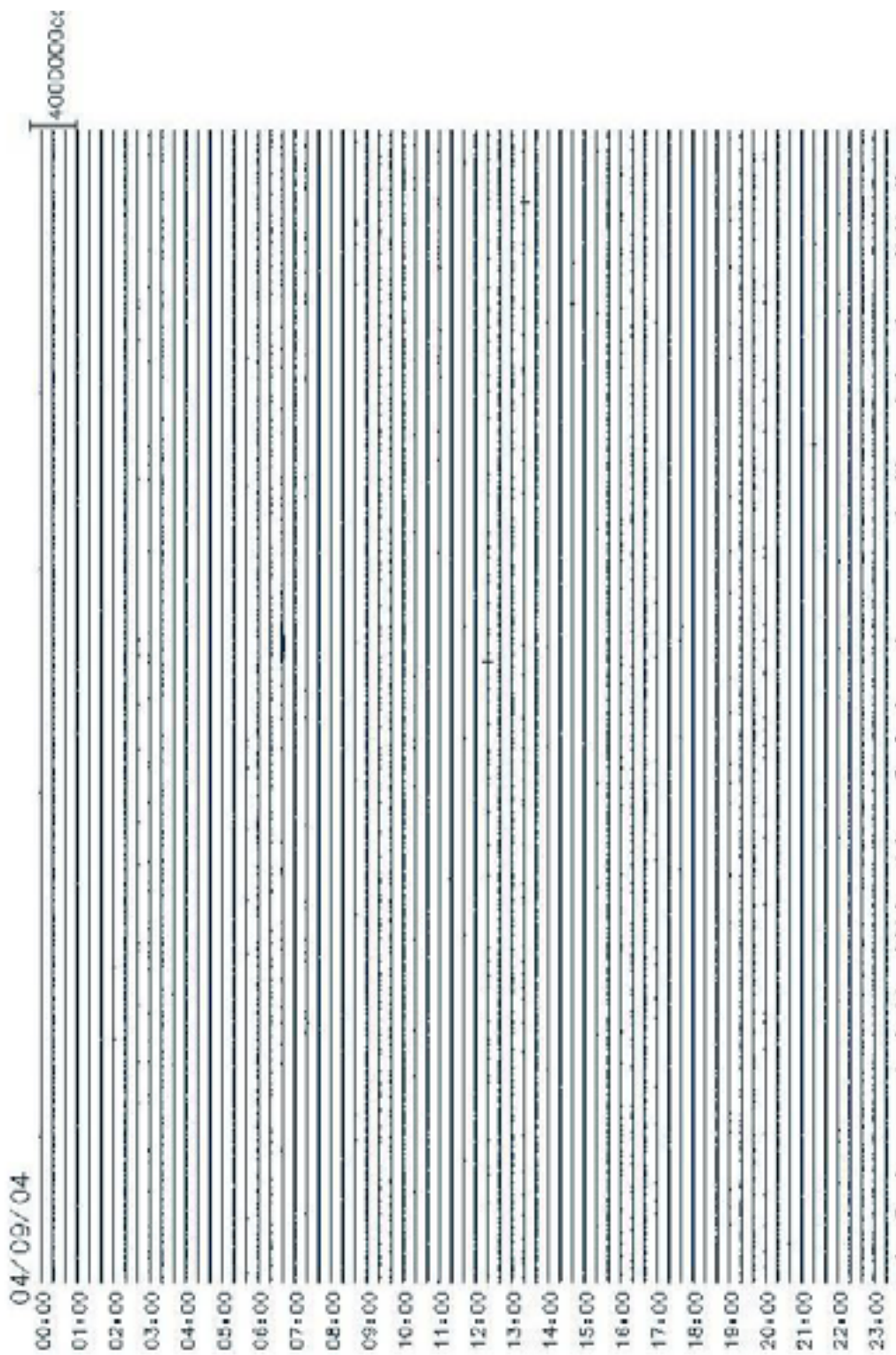


図 13(c) 観測点 LS15 における上下動の記録 2004 年 9 月 4 日
紀伊半島南東沖の地震発生 1 日前。

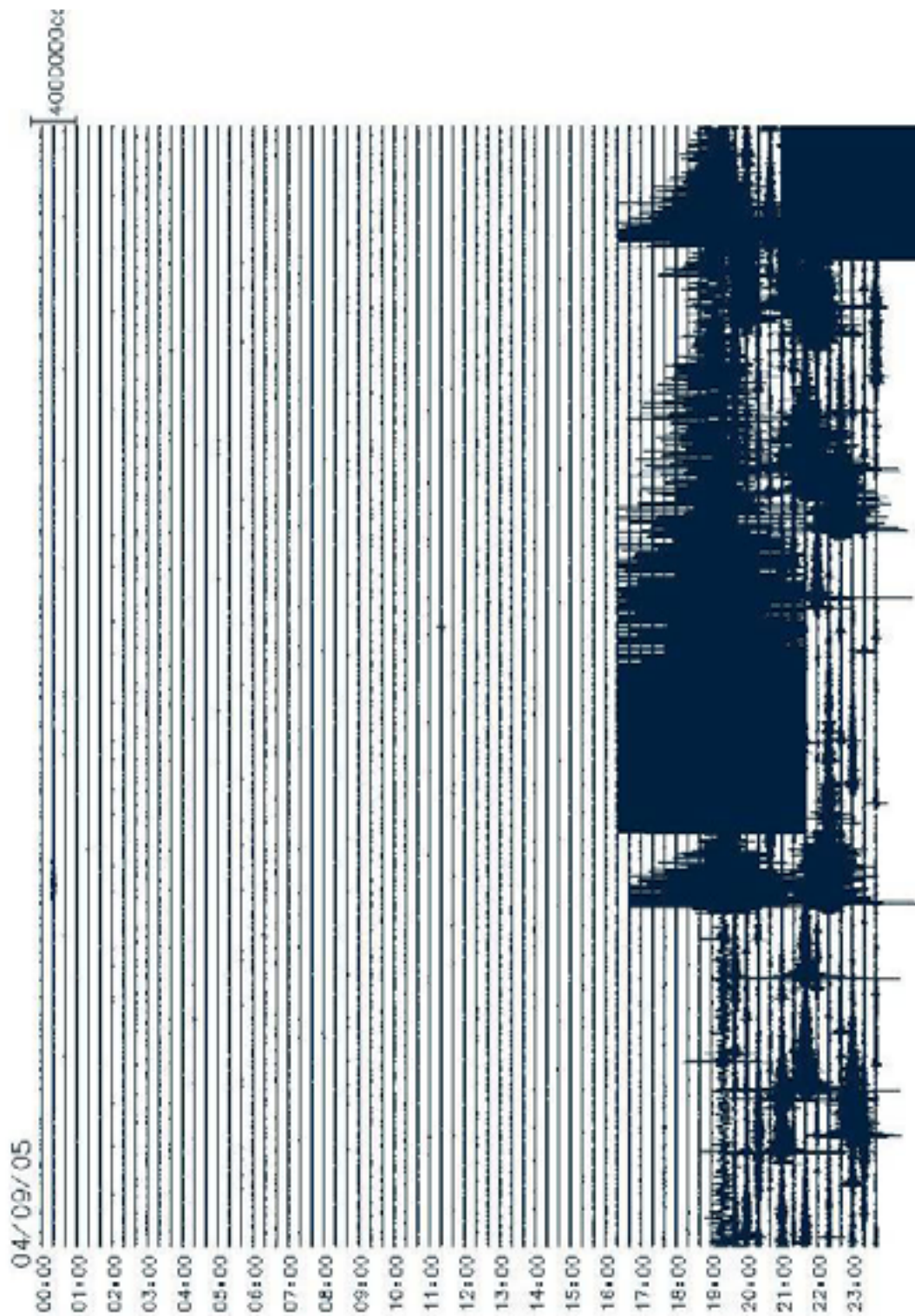


図 13(d) 観測点 LS15 における上下動の記録 2004 年 9 月 5 日
19 時 7 分頃に前震が発生した。また、23 時 57 分の本震も記録されている。

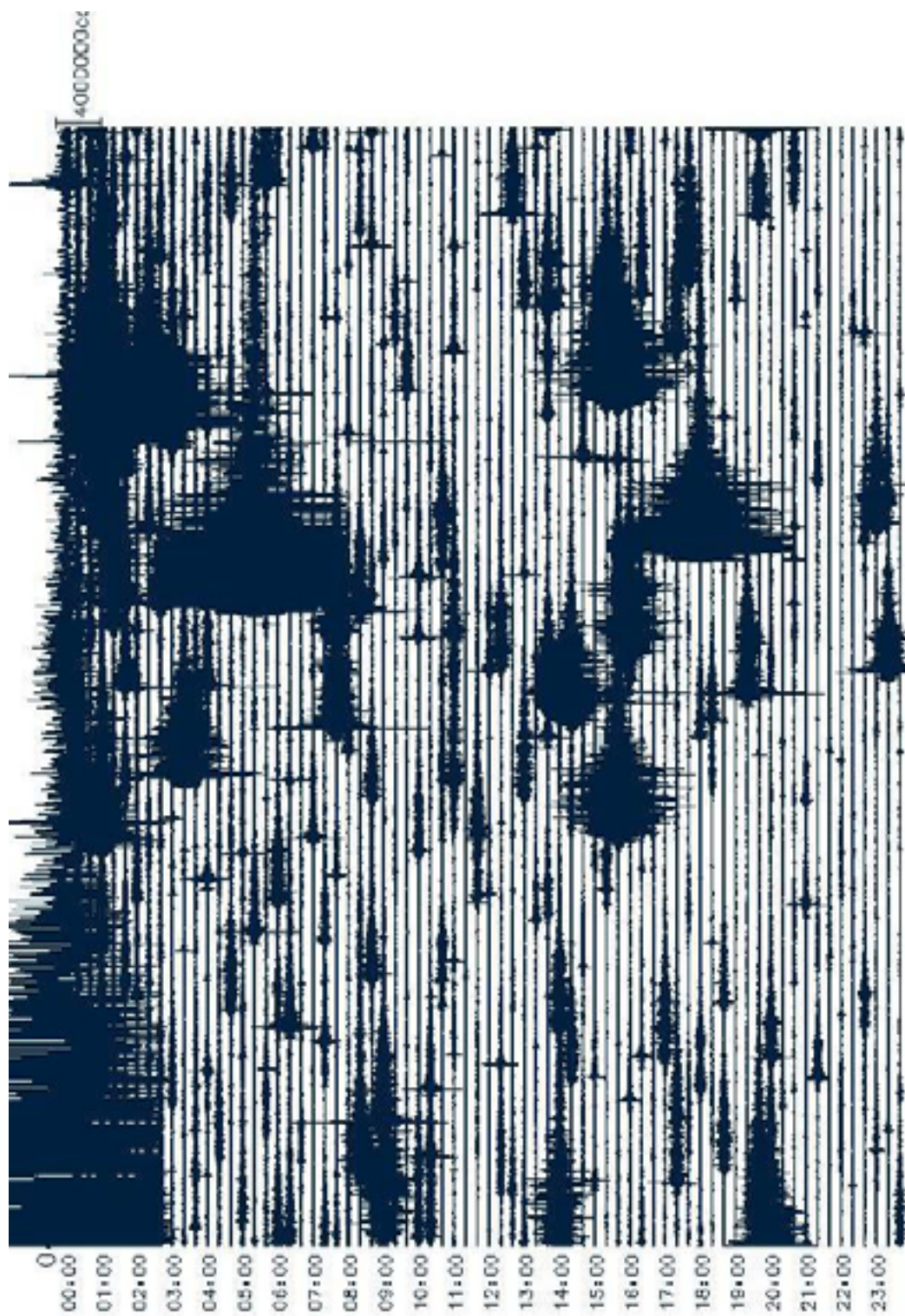


図 13(e) 観測点 LS15 における上下動の記録 2004 年 9 月 6 日
紀伊半島南東沖の地震の発生以降、多数の余震が記録されている。

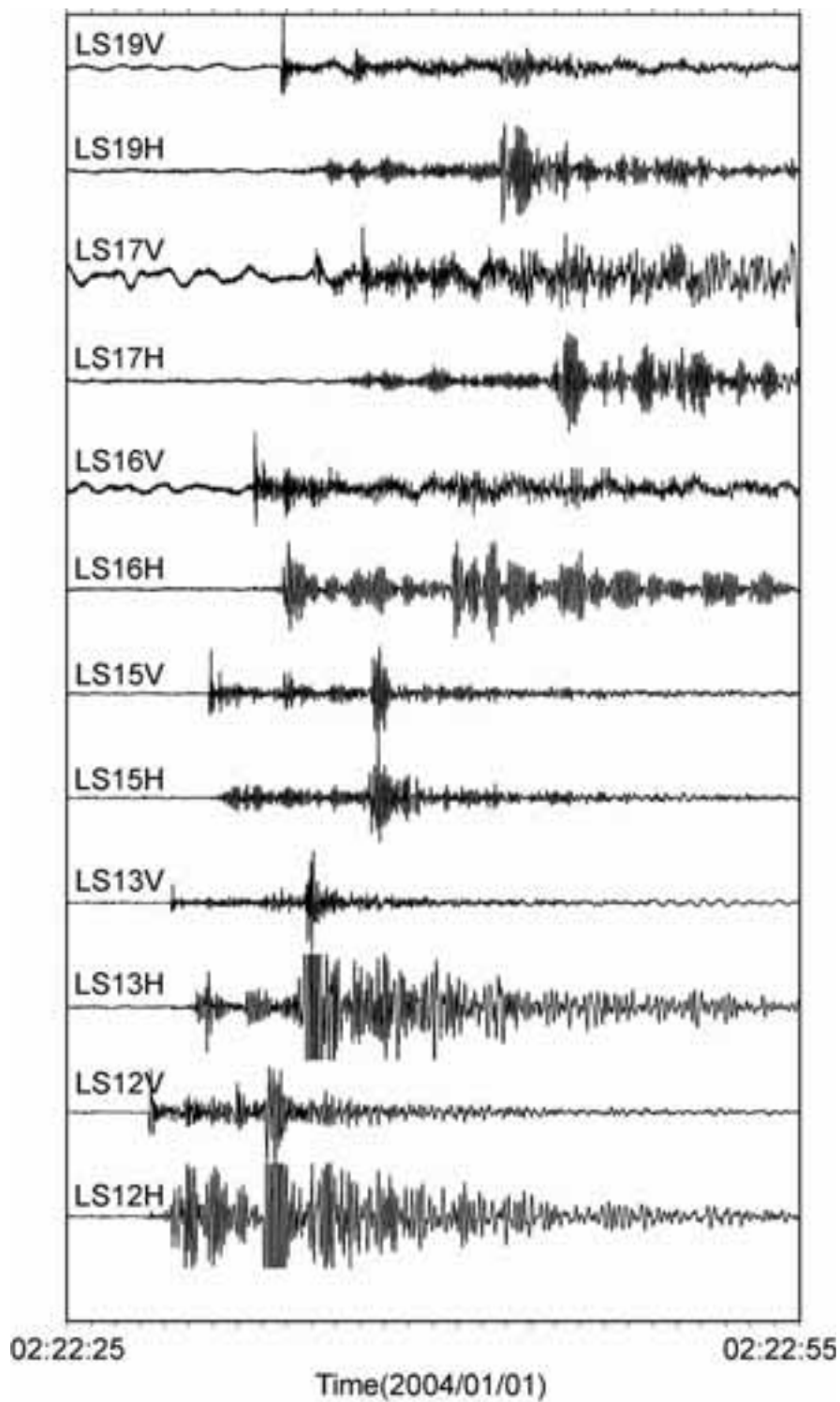


図 14(a) 観測網近傍で発生した地震の海底地震計による波形記録
地震は 2004 年 1 月 1 日 2 時 22 分頃発生したもので、マグニチュードは 4.0。震源は、北緯 33 度 6 分、東経 135 度 36 分付近で深さは 29km。

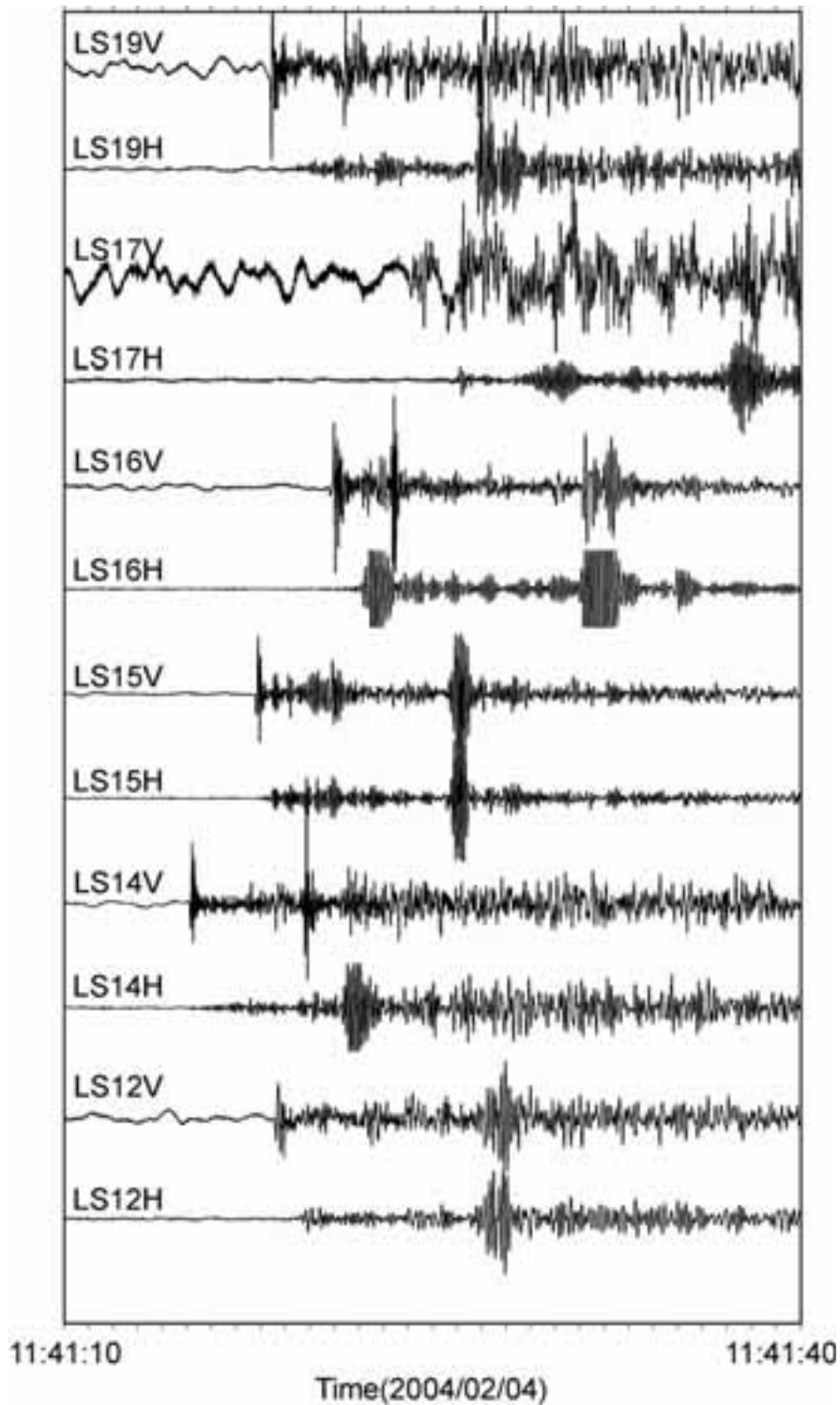


図 14(b) 観測網近傍で発生した地震の海底地震計による波形記録
地震は 2004 年 2 月 4 日 11 時 41 分頃発生したもので、マグニチュードは 3.9。震源は、北緯 32 度 41 分、東経 136 度 2 分付近で深さは 21km。

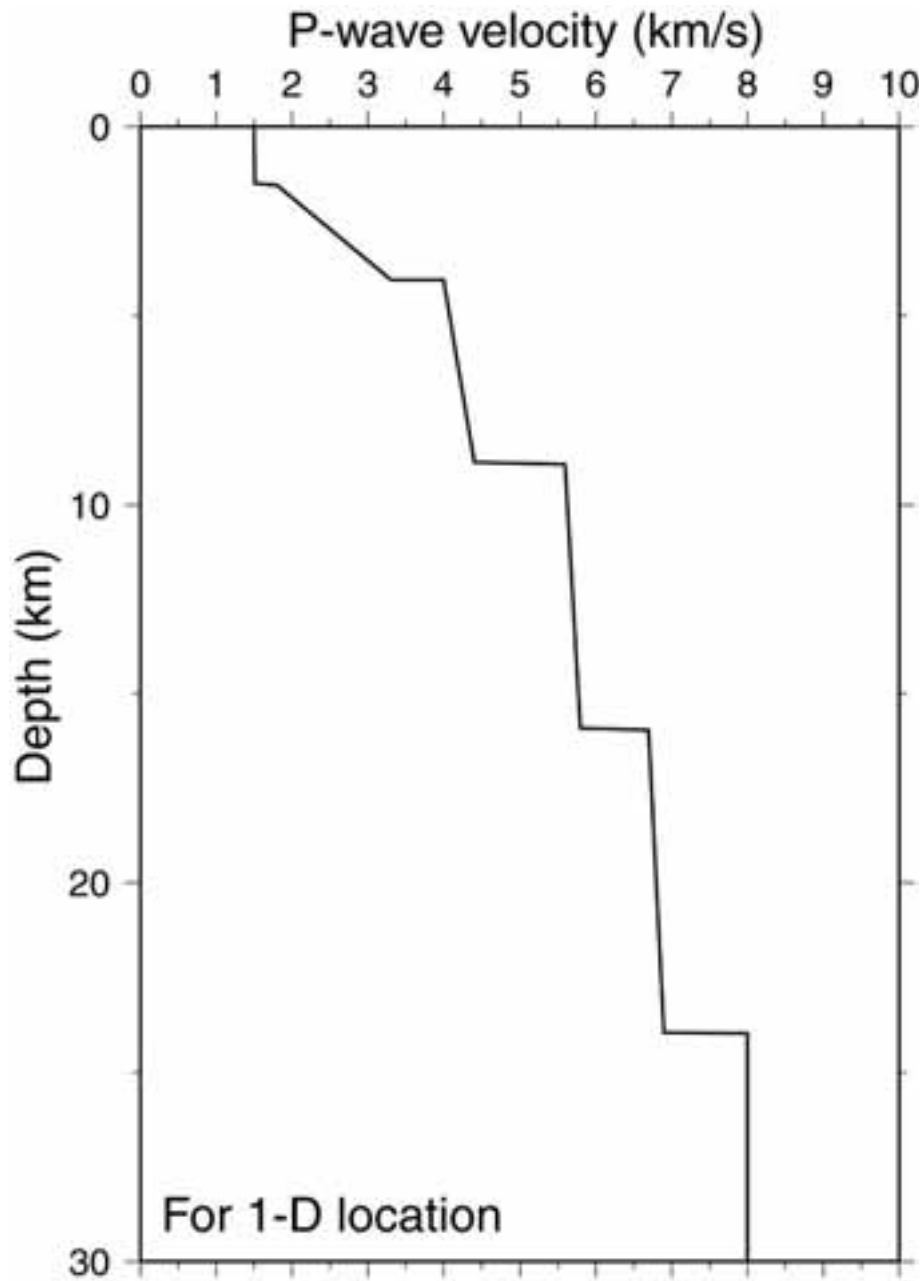


図 15 一元速度構造を用いた震源決定に用いた速度構造

3.1.2. 東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を把握するための海底地震観測研究

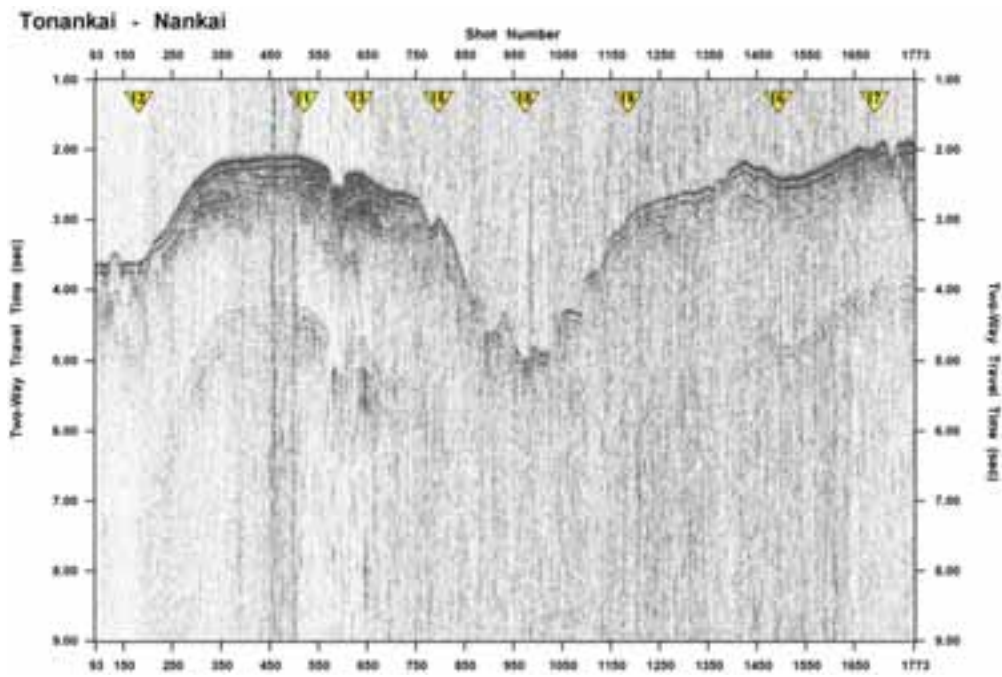
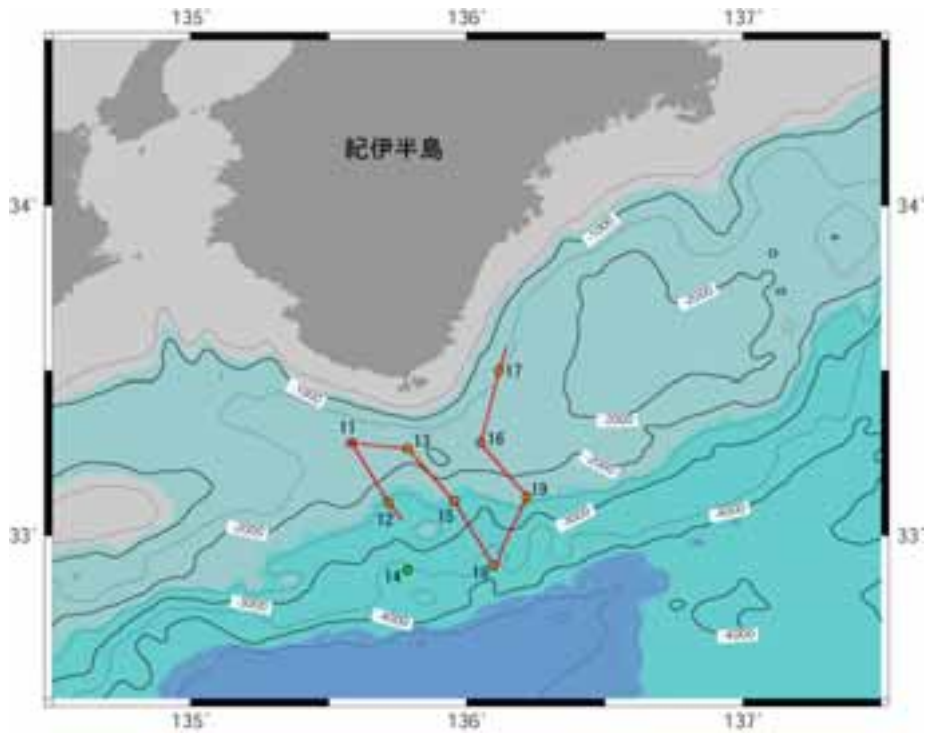
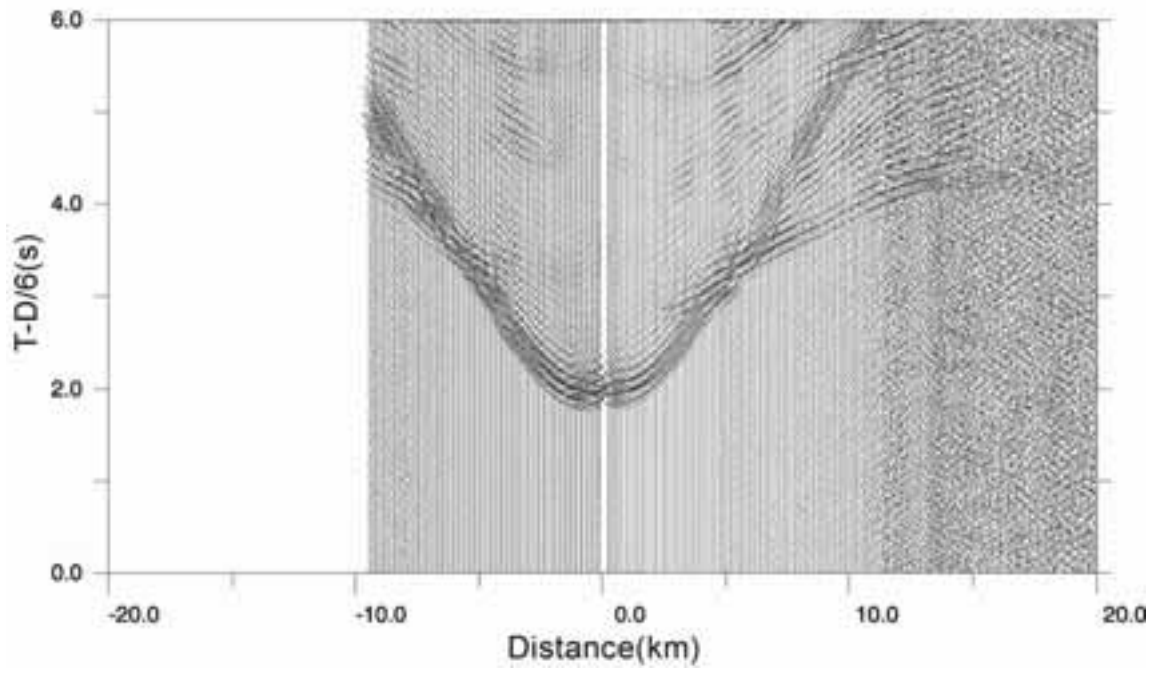
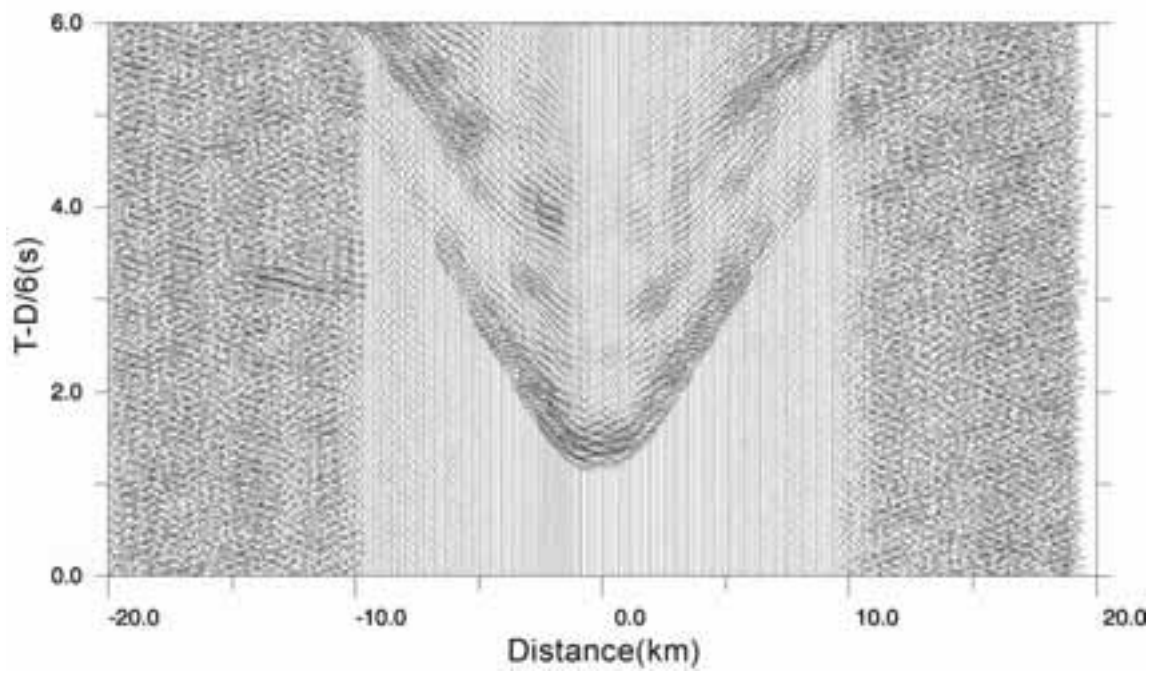


図 16 平成 15 年度に実施した浅部構造探査測線（上）と反射法断面図（下）

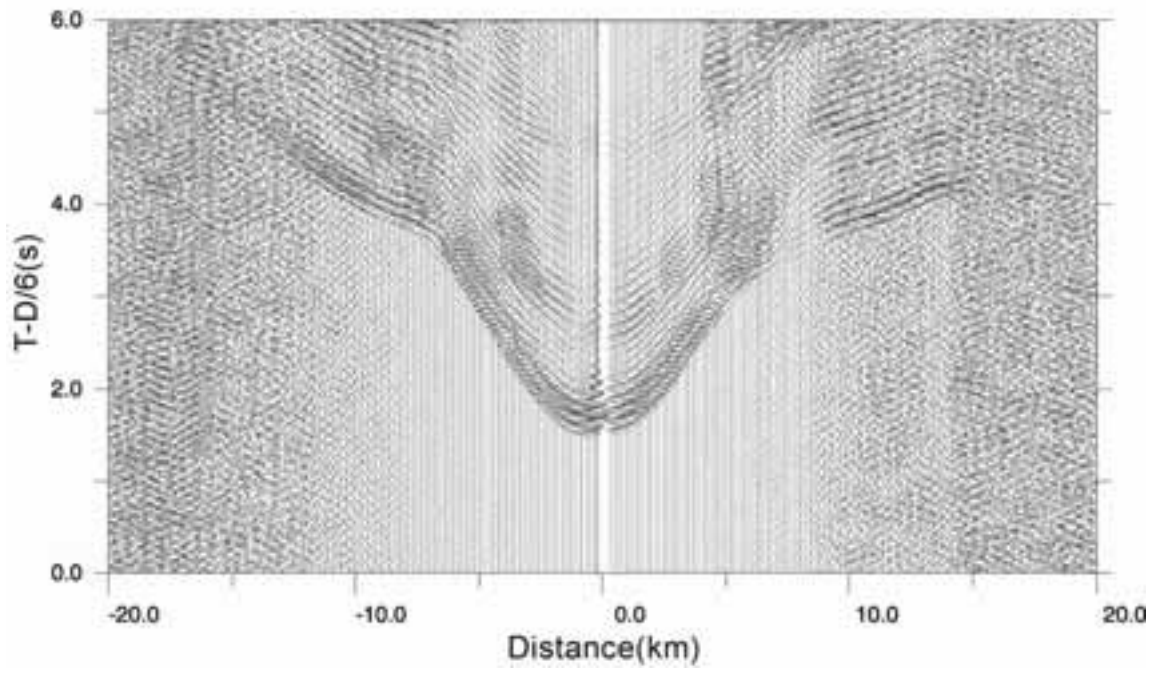
12



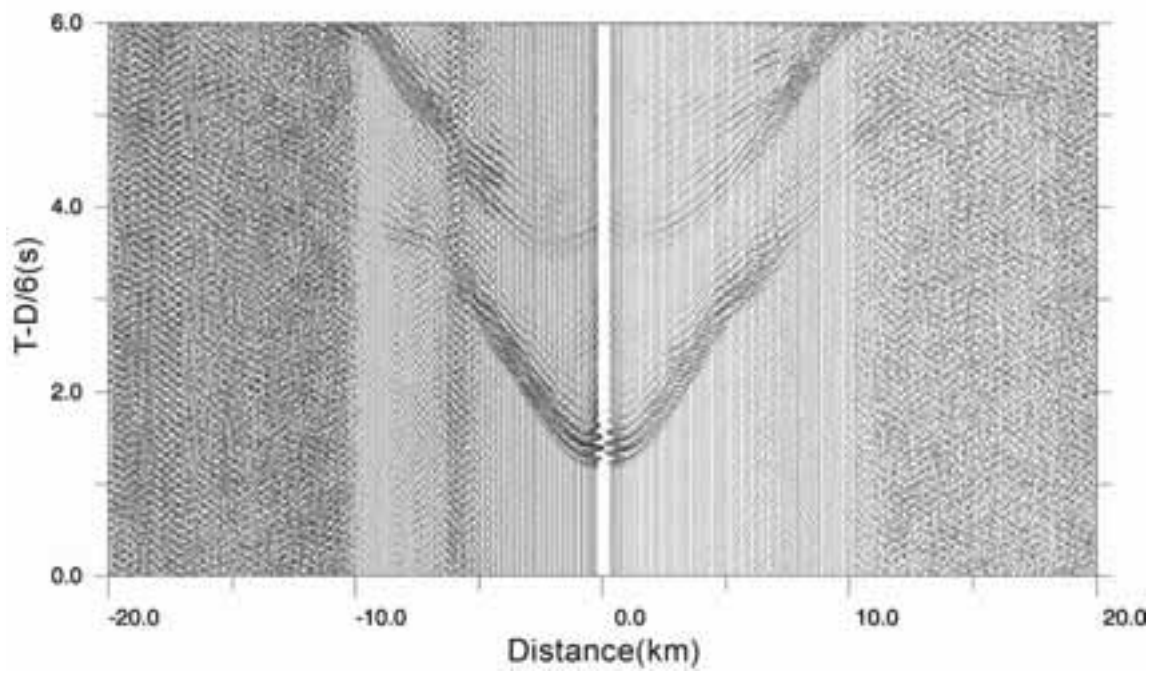
13



15



16



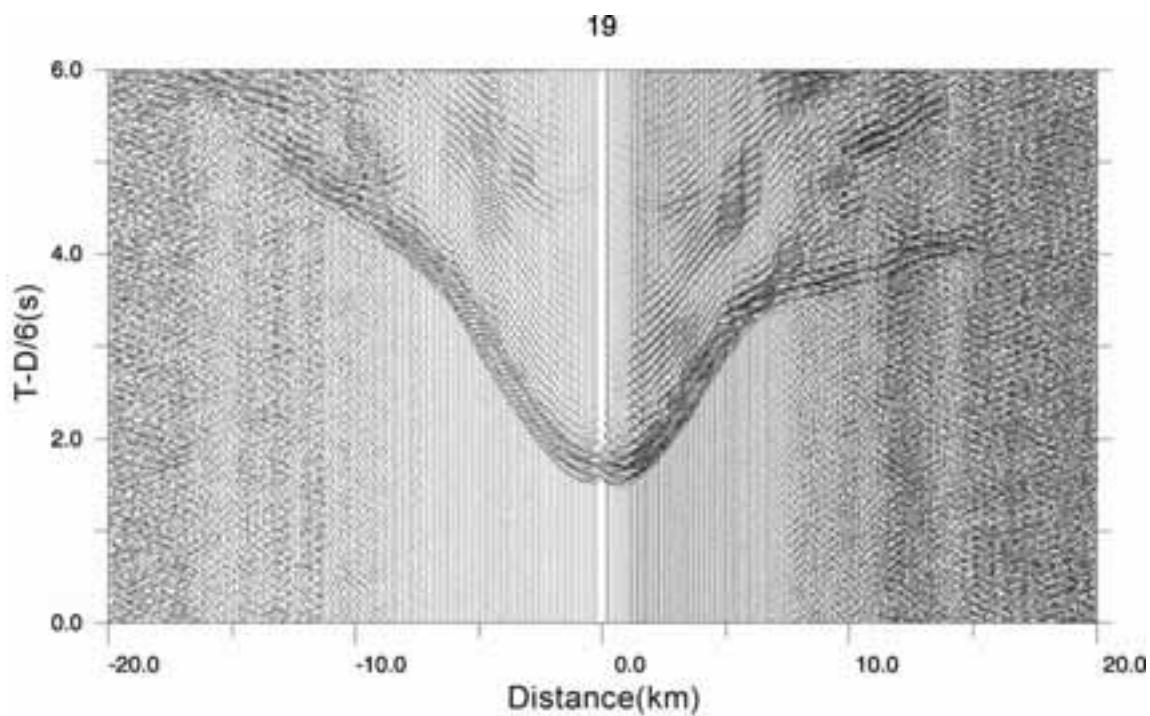
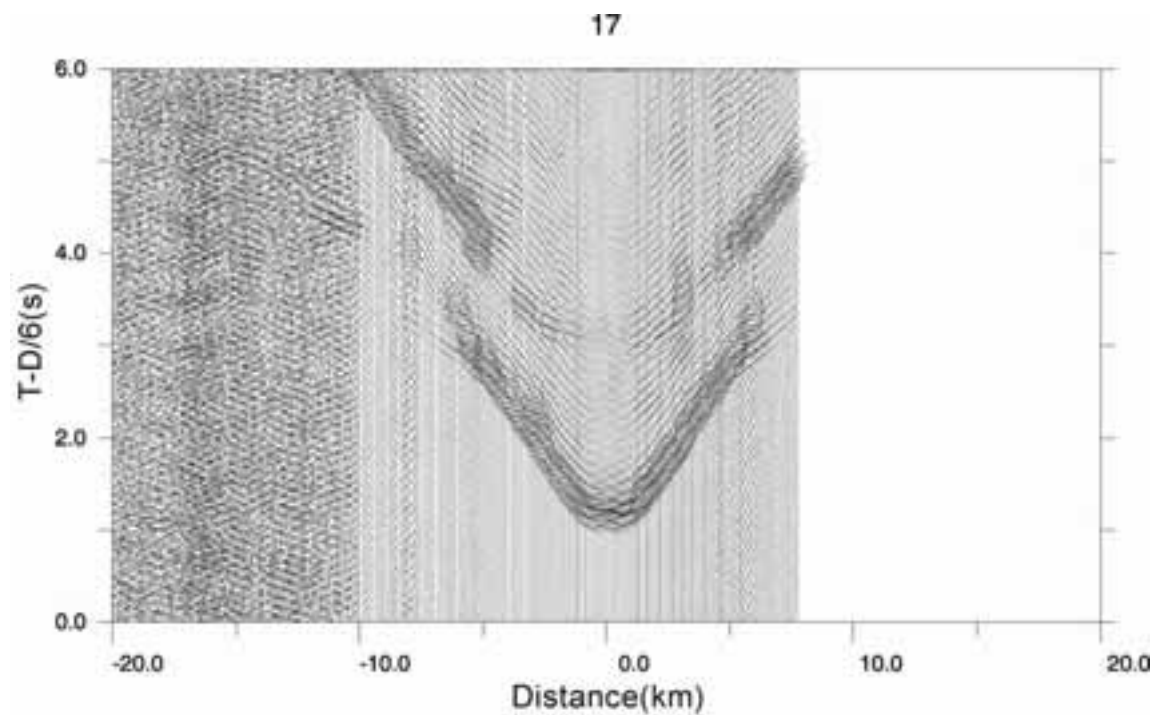


図 17 平成 15 年度に実施した構造探査実験により発震したエアガンの波形記録
明瞭な浅部からの屈折波及び広角反射波が記録されている。

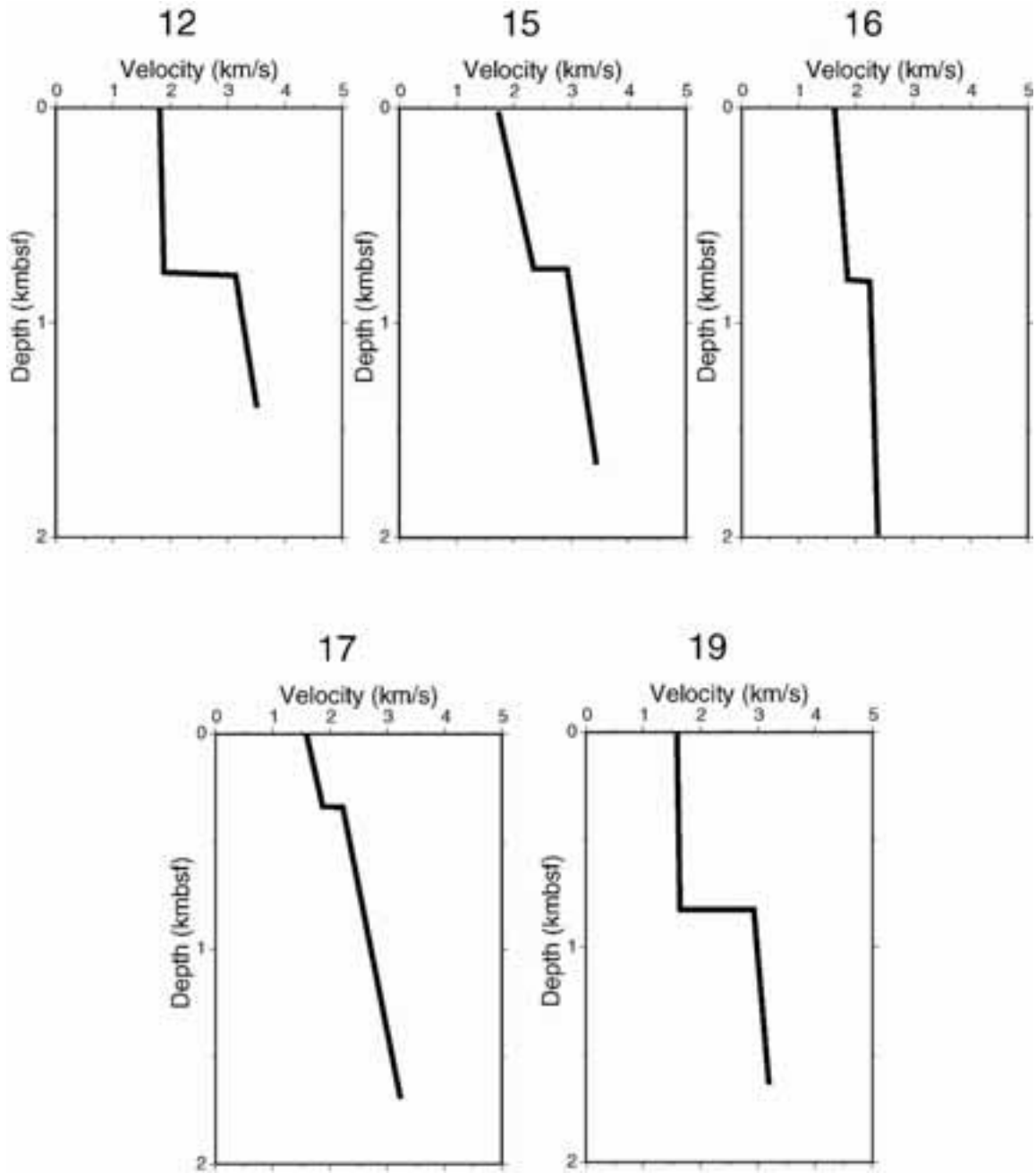


図 18 エアガンを用いた構造探査実験から得られた各海底地震計直下の P 波速度構造
これらのデータから、観測点補正值の初期値を決定した。

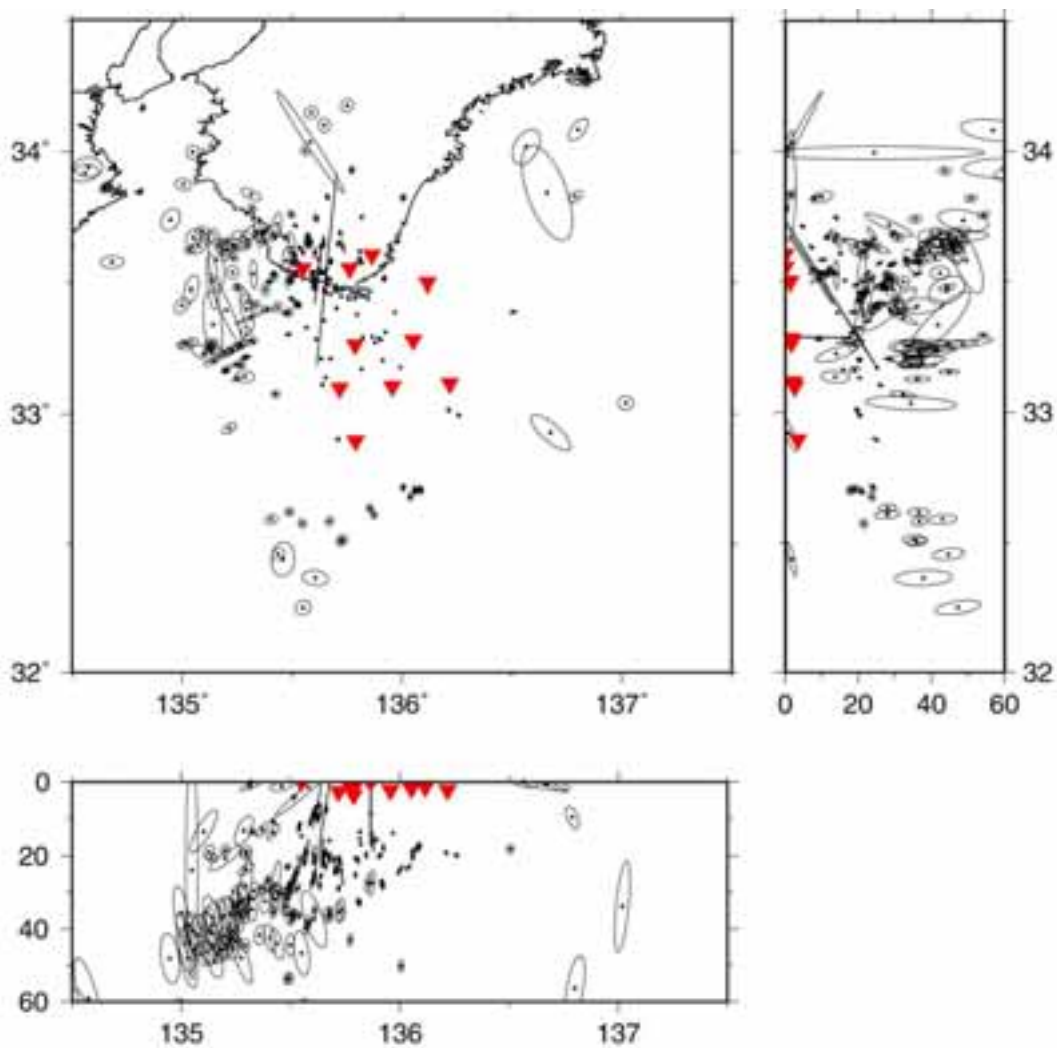


図 19 初期震源値を求めるために行った一元速度構造を用いた震源決定の誤差 P 波の読み取りが 2 点以上で、紀伊半島南東沖の地震までの 203 個についての誤差楕円を示している。楕円が誤差の大きさを表す。観測網直下では、誤差が小さいが、観測網から離れるに従って、誤差が大きくなる様子がわかる。

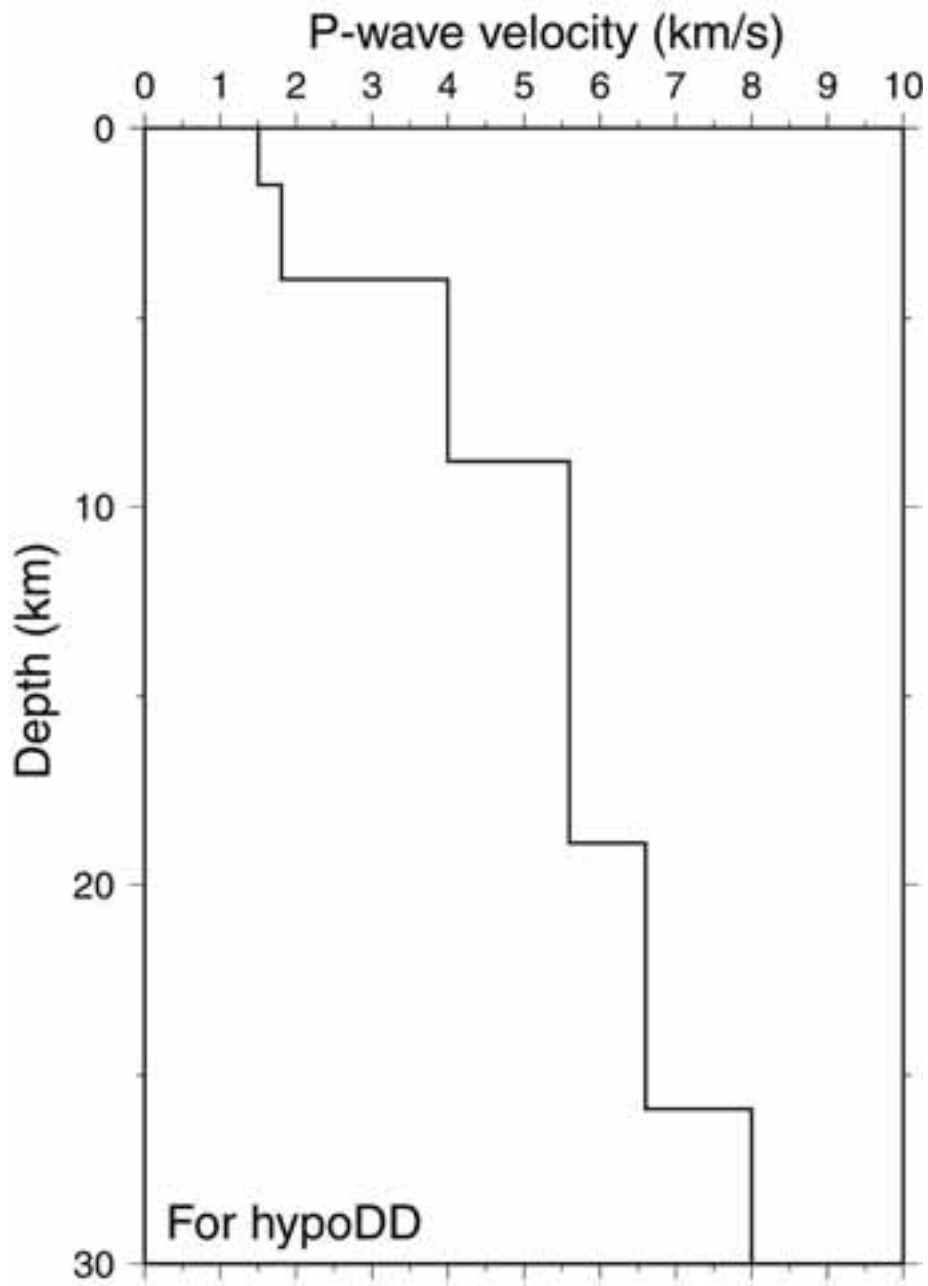


図 20 Double-Difference 法に用いた P 波速度構造 V_p/V_s は 1.73 とした。

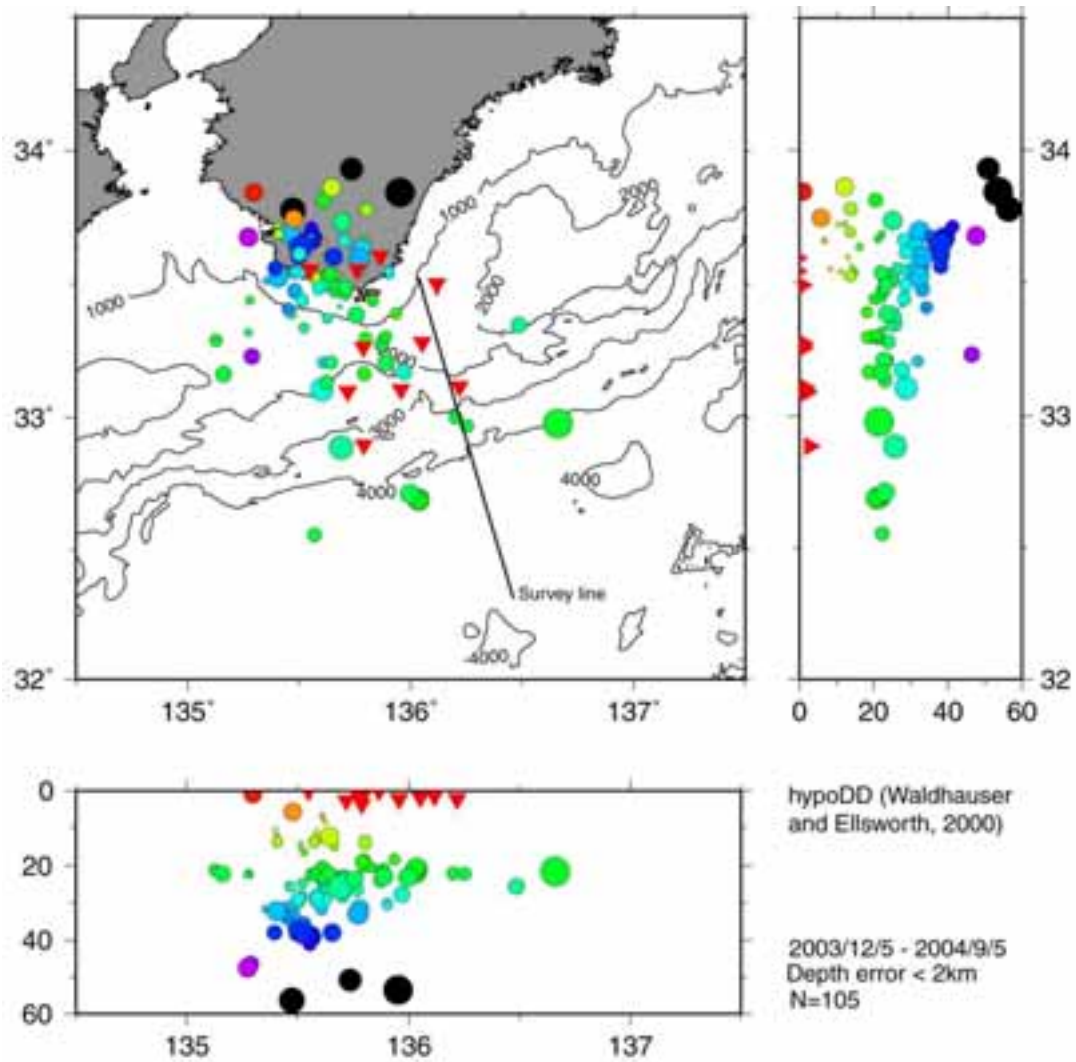


図 21 Double-Difference 法による震源分布

丸の色と大きさが、それぞれ震源の深さとマグニチュードを表す。初期震源は、精度が深さ方向 2km、水平方向 4km 以下の精度の良いものだけを選び、105 個が再決定された。震央分布にある線は、西坂（1997）による速度構造探査測線。

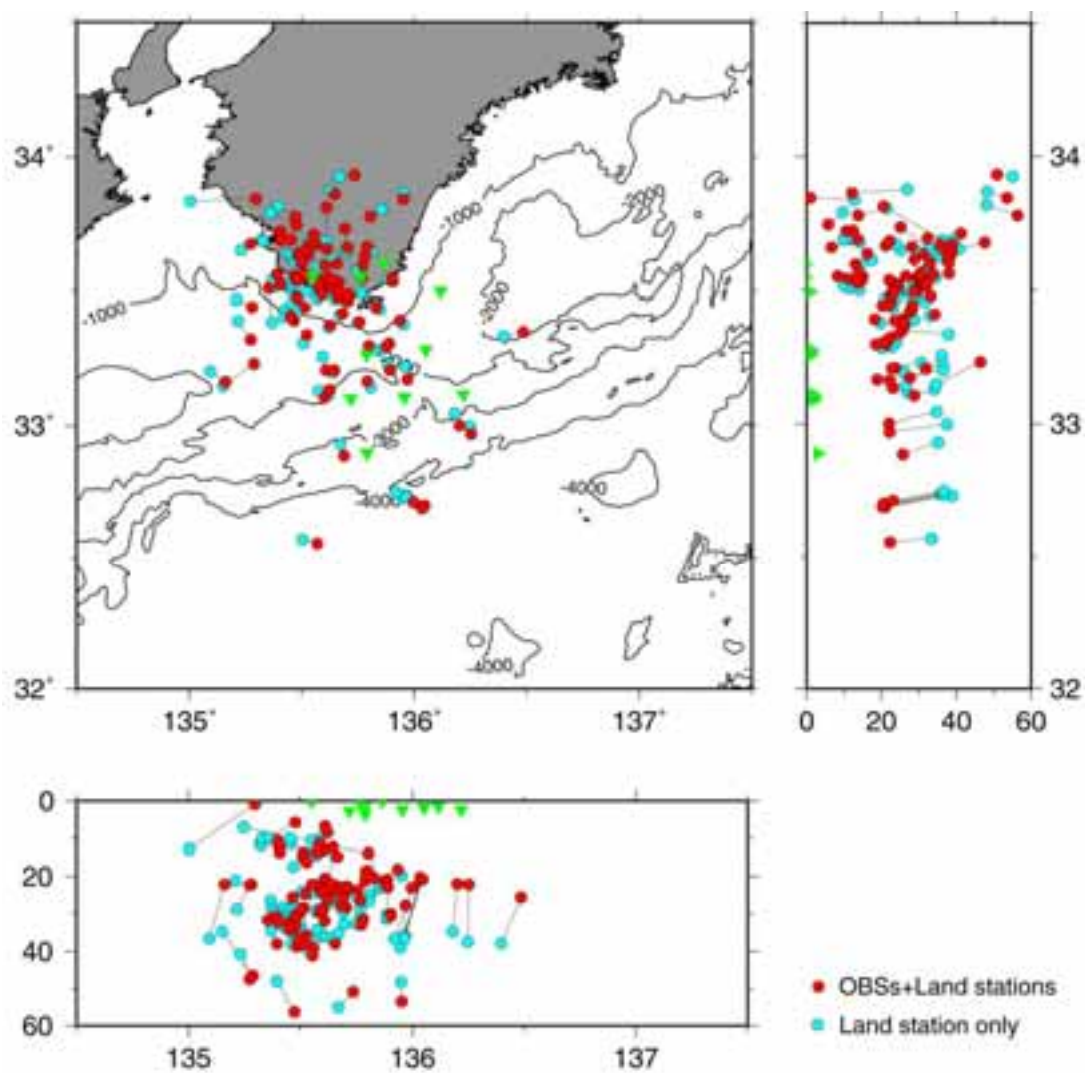


図 22 気象庁が決定した震源位置と長期観測型海底地震計を用いた観測による震源位置との比較

震央の位置は大きく変わらないが、トラフ近くでは、海底地震観測による震央がやや沖寄りに決定されている。一方、深さは海域では、浅く求まっている。

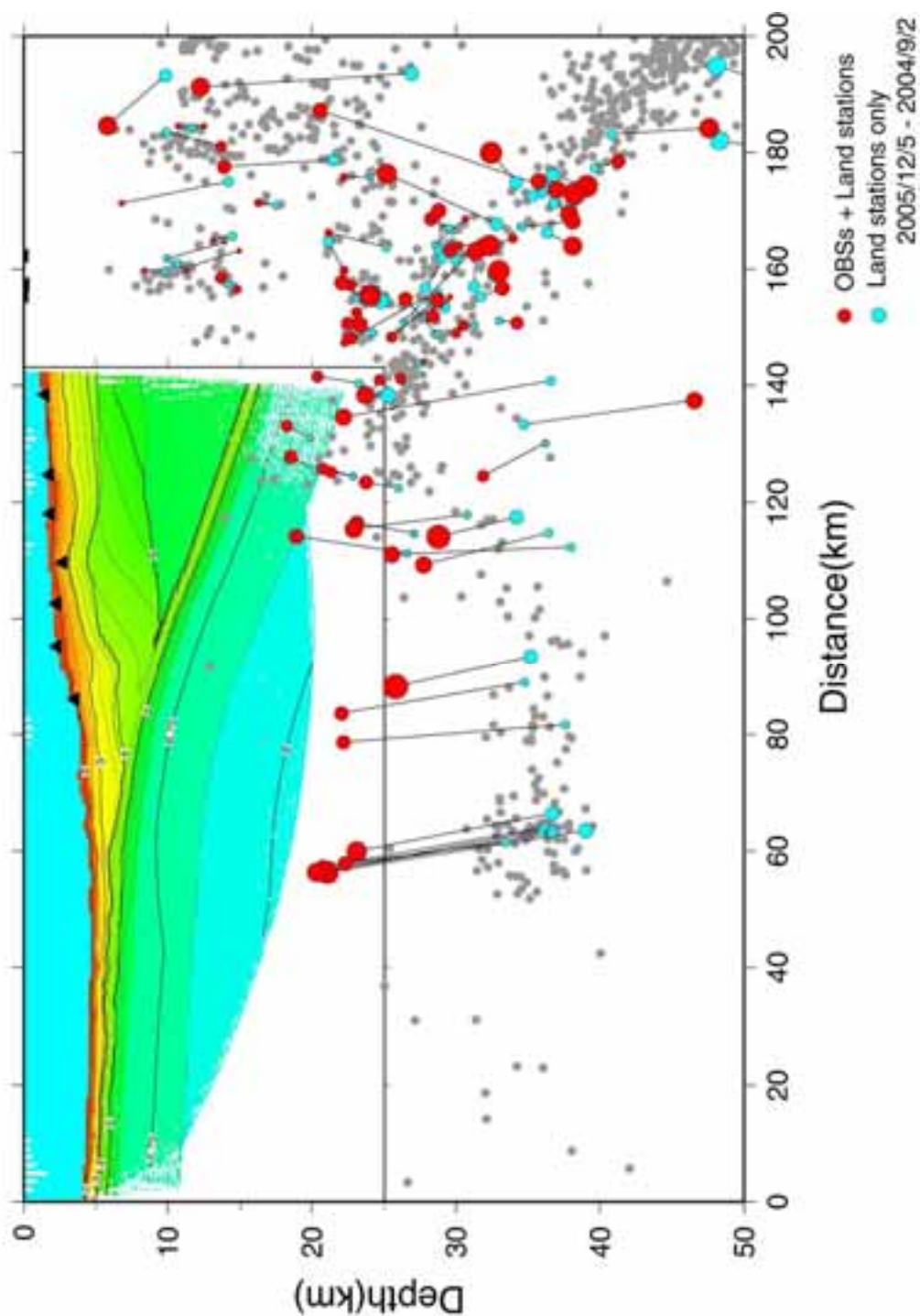


図 23 速度構造と震源分布の比較
 赤丸が海底地震観測により求めた震源、水色の丸が対応する気象庁が決定した震源の位置。また、背景の灰色は気象庁が 2002 年 9 月 5 日からの 2 年間に決定したすべての震源。

2) 海底地震計を用いた紀伊半島南東沖の地震の緊急余震観測

a) はじめに

今回の調査研究の対象としている想定東南海・南海地震の震源域のすぐ隣で、2004年9月5日に紀伊半島南東沖の地震(M7.4)が発生した。この地震発生の約5時間前には、西に30kmほど離れた場所でM7.1の地震が発生していて、その後M6.5の余震が2回発生するなど余震活動が続いた(図24)。この地震に伴い、紀伊半島周辺の海岸では、数10cmの津波も観測されたが、揺れや津波による人や建物への被害は報告されていない。この地震は、想定東南海地震とどのような関係にあるのか、また想定東南海地震にどのように影響するののかは、今回の調査研究においても重要な情報になるものと考えられる。

この地震の発震機構解は、ほぼ南北方向に圧縮軸を持つ高角な逆断層であるため、プレート境界というよりはプレート内で発生した地震と考えられる。しかし、紀伊半島の海岸線から100km以上も離れているため、余震活動の位置や深さの決定精度が悪く、余震分布から本震の地震断層面の深さ、傾き、形状などを精度よく求めることが困難である。

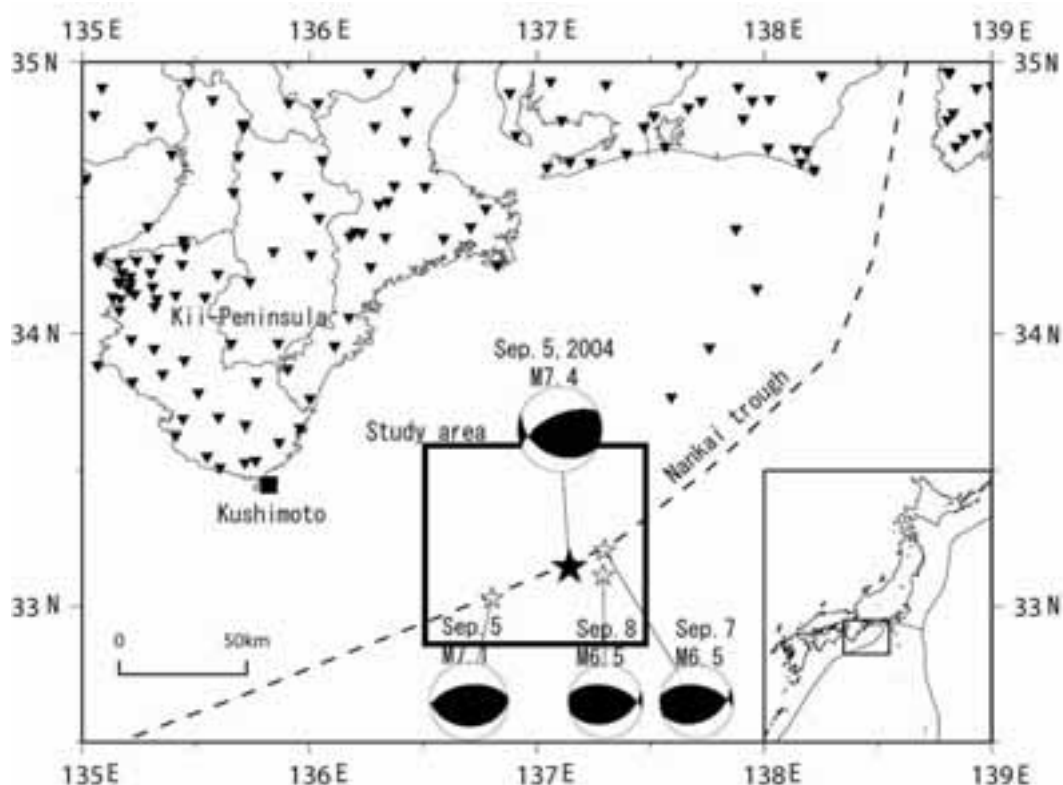


図24 2004年9月5日の地震と観測点分布

前震(M7.1)は9月5日19時7分、本震(M7.4)は9月5日23時57分、最大余震(M6.5)は9月7日8時29分と9月8日23時58分に発生した。

地震波形による震源断層上のすべり分布を求めることやGPS観測データを使った地殻変動の解析においても、確からしい震源断層の情報が必要である。さらに、この地震による想定東南海地震への影響を見るために、この地震による応力変化を計算する際

にも、この地震の断層面の情報が必要である。

そこで、この地震を理解する上で最も重要な基礎情報である余震分布を精度よく求め、その余震分布から本震の地震断層面を明らかにすることを目的とし、震源域近傍における海底地震計観測を行うことにした (Sakai et al., 2005)。

b) 海底地震計による観測

地震発生直後の情報を迅速に得ることを目的とし、まず5台の海底地震計を準備し、本震発生3日後の9月8日にヘリコプターを使って投入した。震源の深さを精度よく求めるためには、地震が発生している深さ程度の観測点間隔が必要である。陸上の観測網から求めた震源の深さは44km (気象庁一元化震源) で深い。南海トラフに近いことから、実際の震源はもっと浅いと考え、観測点間隔を約10kmにした (図25)。震源域全体を覆う配置ではなく、本震の深さを知ることを重視したため、本震の破壊開始点近傍に設置した。

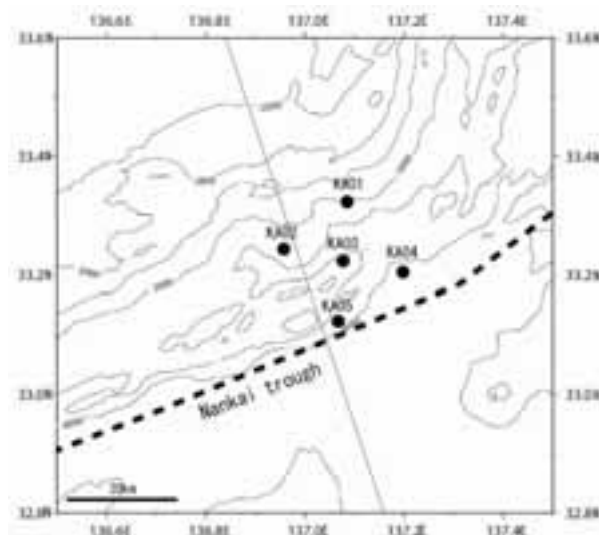


図25 海底地震計の配置 実線は、Nakanishi et al., 2002 の測線。

海底地震計は、4.5Hz 三成分の地震計と16bitAD変換、128Hzサンプリング記録装置からなり、地震計投入直前と回収直後に親時計とのずれを測定し、時刻補正を行った。その後、北海道大学、東北大学、九州大学と共同で25台の海底地震計を準備し、海洋研究開発機構の「かいよう」を使って9月14・15日にそれらを設置したときに、先にヘリコプターで投入した5台の海底地震計の回収も行い、同時に音響通信を使って海底地震計の設置位置を測定した。先に回収した5台の海底地震計のデータを使って、本震発生域での余震分布を精度よく求める。なお、後から設置した設置した25台の海底地震計は、10月12日に回収した。

c) 震源決定

まず、気象庁一元化震源 (一元化震源と呼ぶ) のリストに基づいて波形を切り出し、コンピューターの画面上でP波とS波の読み取りを行い、震源決定を行った。震源決定に用いた速度構造は、この地域で人工地震探査によって得られた速度構造

(Nakanishi et al., 2002) を基にした(図 26)。トラフ軸の近傍であるため、遅い堆積層が厚く存在する地域である。しかも、海底面が傾いているため、狭い領域にもかかわらず、水深が 2000m から 3500m と大きく変化している。そのため、単純な一次元速度構造ではこの地域の速度構造を近似することができない。そこで、観測点ごとに観測点補正値を導入して震源決定を行った。

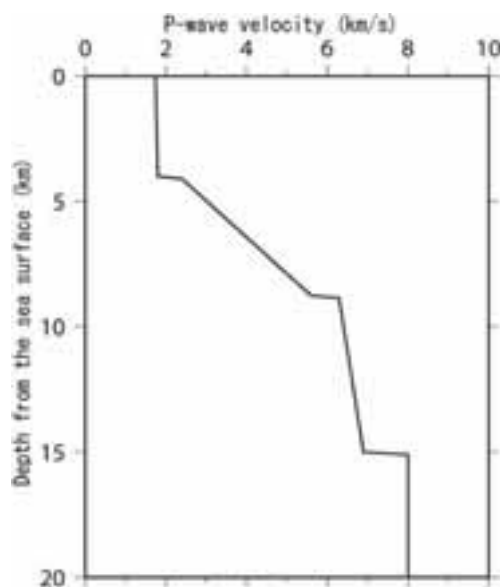


図 26 震源決定に使った P 波の速度構造 $V_p/V_s=1.73$

観測点ごとに水深や堆積層の厚さが異なるため、仮定した一次元速度構造との走時のずれは観測点ごとに異なる。人工地震探査 (Nakanishi et al., 2002) による速度構造では、P 波の速度は求められているが、S 波の速度は不明である。そこで、堆積層の底で P 波から S 波に変換した P_s 変換波とそのまま到達した P 波との走時差を測定し、これと人工地震探査で得られている堆積層の厚さとから、堆積層の S 波速度を推定した。堆積層の底で S 波から P 波に変換した S_p 変換波にたいしても、同様の計算により S 波速度を推定した。さらに人工地震探査の際の、この領域に最も近い観測点で得られたエアガン記録からも、S 波の見かけ速度を見積もった。これらを平均して堆積層の S 波速度として仮定した一次元速度構造との走時のずれを観測点ごとに計算し、これを観測点補正値の初期値とした。この初期値を用い、海底地震計近傍で発生した地震だけを選び、震源決定を行った。その結果、得られた走時残差を観測点ごとに平均し、観測点補正値の初期値に加え、再震源決定を行った。この操作を 5 回繰り返した結果、それぞれの観測点での走時残差の平均値は 0.01 秒以下になった。このときの補正値を観測点補正値と(表 3)、すべての震源を計算しなおした。最終的に地震ごとの走時残差の平均は、P 波が 0.08 秒から 0.03 秒、S 波が 0.27 秒から 0.12 秒に減った。

表 3 海底地震計の位置と震源決定に用いた観測点補正值(秒)

Station	Latitude	Longitude	Elevation	Station-correction	
	degree(N)	degree(E)	m	P-wave(s)	S-wave(s)
KA01	33.32444	137.08334	-3030	0.03	-1.06
KA02	33.24222	136.95543	-3276	-0.19	-1.57
KA03	33.22491	137.07520	-3385	-0.30	-1.88
KA04	33.20438	137.19488	-4285	-0.37	-1.82
KA05	33.12185	137.06547	-3785	-0.25	-1.64

d) 震源分布

i) 気象庁一元化震源との違い

気象庁一元化震源リストに基づいて海底地震計の記録から切り出した波形数は 765 個であったが、そのうち P 波、S 波の読み取り数が 3 個以上、1 個以上あり、正しく解が収束した地震は 480 個である (OBS 震源と呼ぶ)。対応する一元化震源と比較すると OBS 震源は約 20 km 浅くなった。一元化震源は深さ 40km 前後に集中していたが、OBS 震源では約 5km から 25km の範囲内で、二群に分かれて分布している (図 27)。一元化震源に対する OBS 震源の水平方向のずれの量は、平均として東南東へ約 5.5km であった (図 28)。

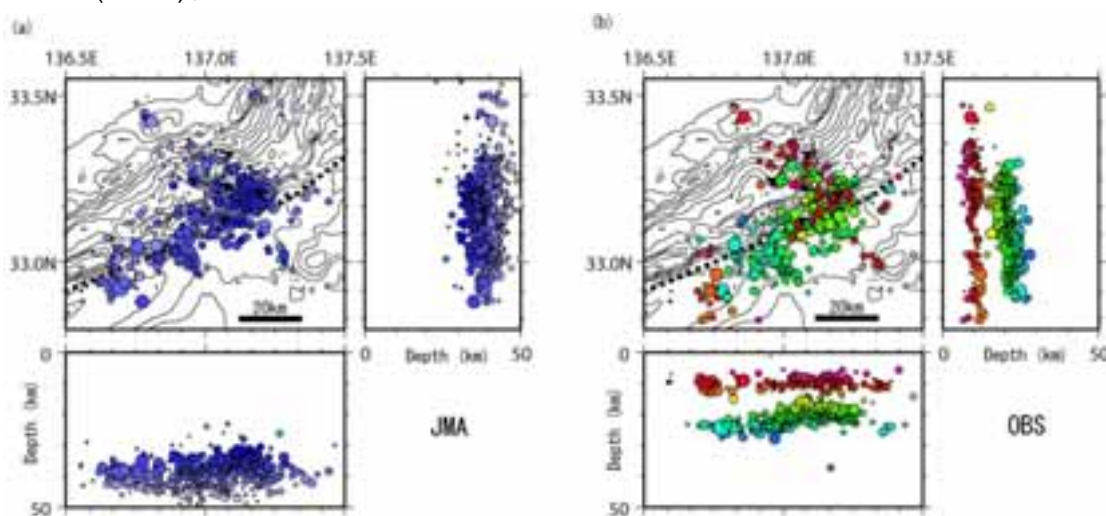


図 27 一元化震源と OBS 震源との比較

震央分布と東西断面、南北断面。震源の深さを色で示した。○：OBS の位置。

これまで、海域で発生した地震を陸域の観測網で決定した震源は、実際の震源より深くなり、震源決定精度に問題があると指摘されてきた。海底地震計を震源域に設置し、震源域近傍での観測データを得ることで、陸側プレートと沈みこむプレートとの境界部分で地震が発生していたことを明らかにしてきた。たとえば、三陸はるか沖地震の震源域において海底地震計を用いて観測した結果、深く決められていた震源がプレート境界付近へと浅くなり、陸に近づくように移動した (Hino et al., 2000)。十勝沖地震の震源域においても海底地震計による観測によって、震源の深さが浅くなり、

陸に近づくように移動した (Shinohara et al., 2004)。今回の観測においても震源の深さは浅くなったが、陸から約 5.5km 遠ざかる方向へ震源位置が決められ、三陸沖や十勝沖の場合とは逆の方向へ移動した。しかも、これまでの分布とは異なって二群に分かれ、複雑な現象であったことがわかる。

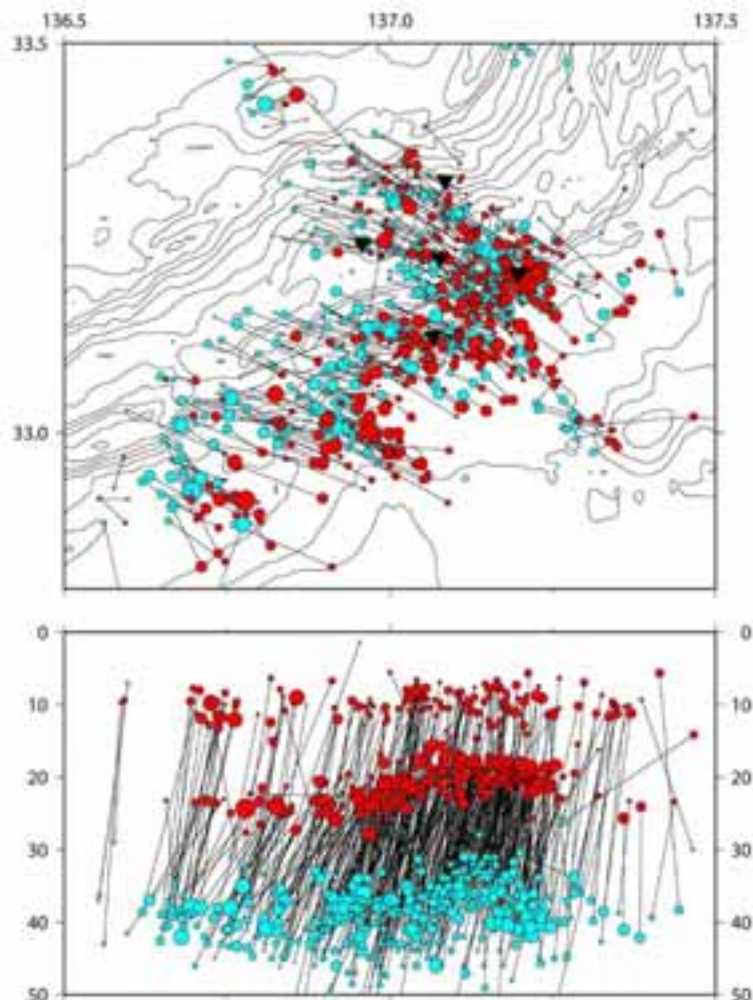


図 28 気象庁一元化震源()と OBS 震源()との比較 : OBS。

) 二群に分かれた震源分布

OBS 震源のうち、深さが 5km から 15km にあるものは、全体として北西 - 南東方向に分布している。一方で、深い 15km から 25km に分布するものは、海溝軸に平行な方向に広がっている。本震や主な余震の発震機構解から推定される傾斜する余震分布は、明瞭ではない。

得られた震源分布のうち、この地域で行われた人工地震探査測線の近傍に位置するものだけを選び、速度構造断面図に重ねてみた (図 29)。二群に分かれていた震源分布の浅い部分の地震活動は、沈み込むフィリピン海プレートの海洋性地殻内で発生している。プレート境界や陸側の付加帯内では、ほとんど地震が発生していない。一方、深い部分の地震活動は、沈み込むプレートの上部マントル内で発生している。どちらも、明確な面をなしているようには見えないが、全体としては南に傾く分布になっている。

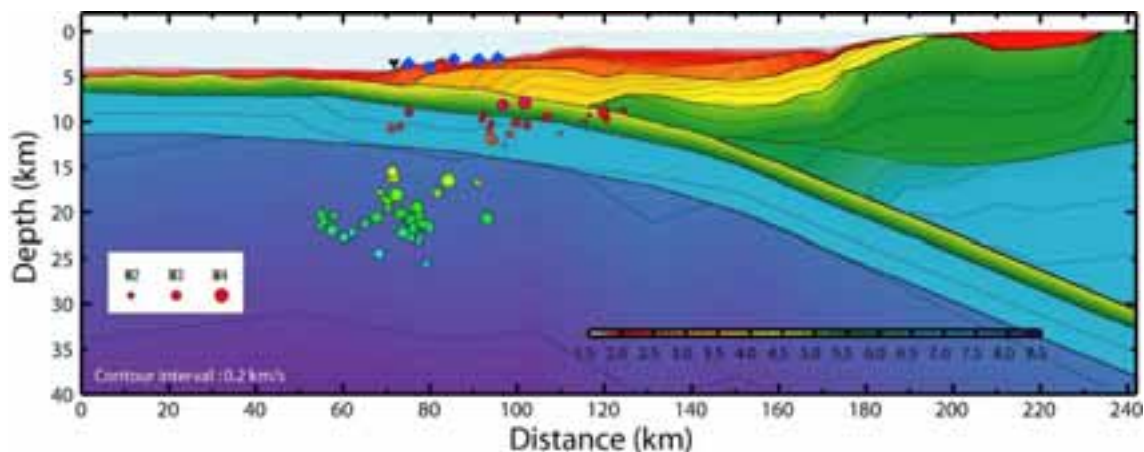


図 29 速度構造 (Nakanishi et al., 2002) に重ねた OBS 震源測線の周辺 8km 以内にある地震だけを投影した。● : OBS の位置、▲ : トラフ軸の位置。

これらの震源のうち、浅い方の分布に含まれる地震の発振機構解は主に横ずれ型で、深い方の分布に含まれる地震は逆断層型である (Ito et al., 2005)。発振機構解の圧縮軸は、どちらも北北西-南南東方向で、本震や前震、最大余震などと同様である。しかし、本震などの大きな地震はすべて逆断層型であることから、OBS 震源の深い方の分布が本震などの余震と考えられる。

）最大余震前後の震源分布

日別の震源分布(図 30)を見ると、9月8日と9日とでは、分布に違いが見られる。8日は本震周辺の領域に集中していた余震分布が、9日以降はその範囲が大きく広がっている。8日の23時57分には、本震の約10km南東でM6.5の最大余震が発生しており、それによって余震分布の配列が変わったと考えられる。そこで、最大余震発生前後の余震分布を詳しく見ることにした。

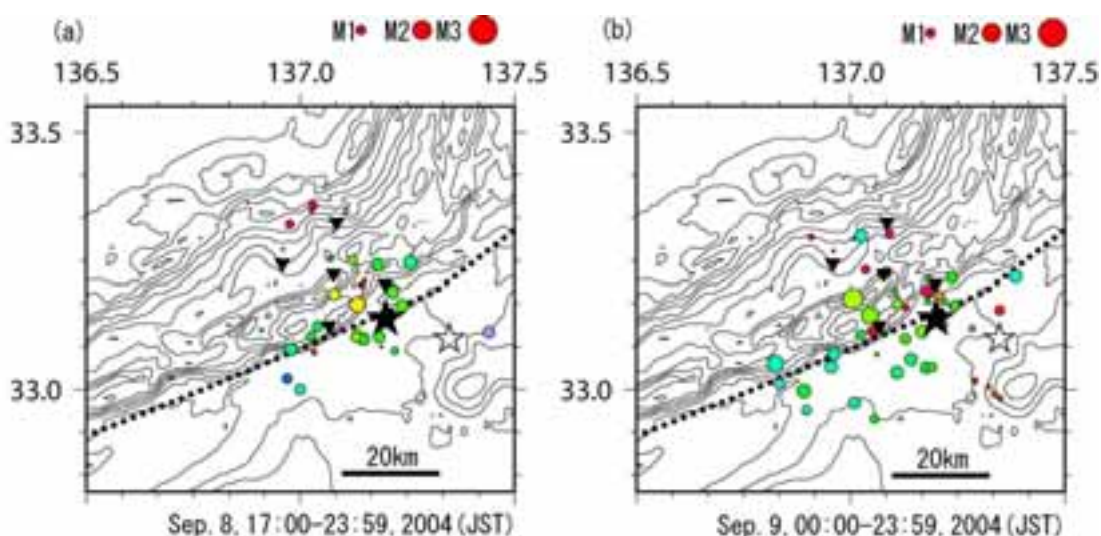


図 30 最大余震前後の震央分布 (a)9月8日17時~23時59分(b)9月9日0時から23時59分 震源の深さに応じて色を変えた(浅いほど赤く、深いほど青い)。★ : 本震の位置、▲ : 最大余震、● : OBS 波線は南海トラフの軸。

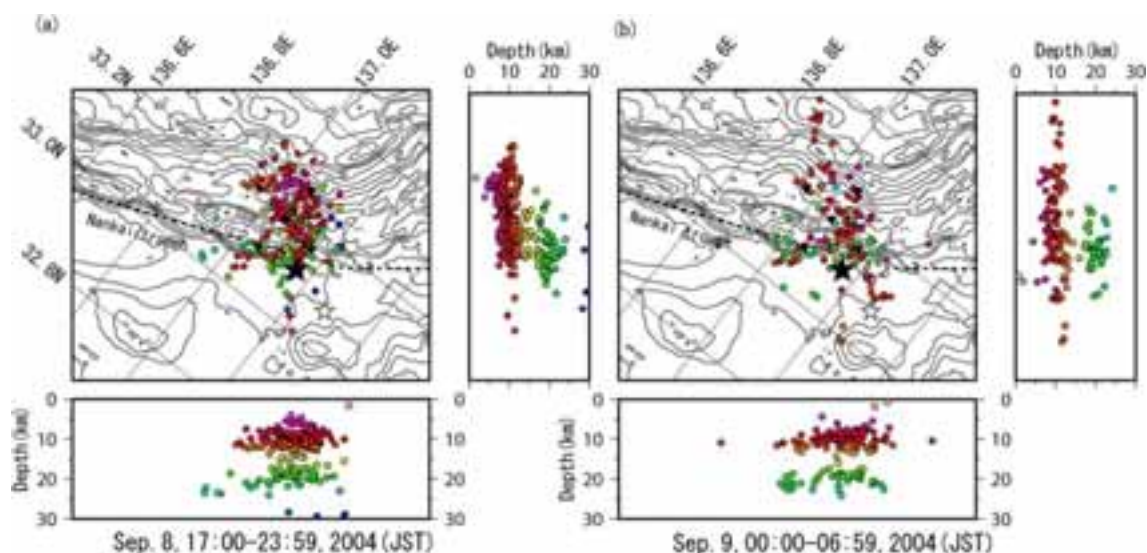


図 31 最大余震前後の震源分布 (a)9月8日17時~23時59分(b)9月9日0時から6時59分 : 本震の位置、 : 最大余震、 : OBS 波線は南海トラフの軸。北から40度西へ回転させている。

ここまでの震源分布は一元化震源を基にしているため、陸域で震源が決められるような比較的大きめの地震が多い。そのため、震源の直上に位置する海底地震計には、大振幅の地震動が入力するため、収録波形が飽和してS波の読み取りができないものが多く、震源決定精度に問題が残る。しかし実際には、その何倍もの数のより小さな地震が発生しており、それらの読み取りを行って精度のよい地震数を増やすことで、最大余震発生前後の震源分布の違いを明らかにした。

最大余震発生前後の7時間ずつ(8日17時から9日7時)において、P波、S波が明瞭に読み取れるものをすべて読み取り、震源決定を行った(図31)。その中で、震源決定精度が水平方向で1km以下、深さ方向で3km以下の高精度のものは、最大余震発生前が272個で発生後は151個であった。最大余震発生前の7時間では、二群に分かれていると見られていた余震分布の中間領域にも余震が発生していて、全体的に南に傾斜する分布になっている。それに対し、最大余震発生後の7時間の余震分布では、中間領域の余震が減り、二群に分かれる余震分布が明瞭になっている。

8日に発生した最大余震は海底地震計で収録されていたが、記録が飽和していてS波が読めず、P波だけで震源決定になって、震源位置に対する信頼度が低い。そこで、震源決定精度の良いOBS震源に対して、P波走時同士の走時差が小さいものを選ぶと、深い方の分布に含まれることが判った。本震や前震に関しても同様の解析を行ったところ、どれも深い方の分布の震源との走時差が小さかった。したがって、前震・本震・最大余震は、いずれもフィリピン海プレートの最上部マントル内で発生したと考えられる。

e) まとめ

海底地震計を用いて紀伊半島南東沖地震の余震観測を行い、精度の良い震源分布を得た。人工地震探査による速度構造を参考にしてもっともらしい速度構造を求め、観

測点補正値を導入して高精度な余震分布を得た。余震は、陸域の観測点で見ると約5.5km 沖側に移動し、沈み込むフィリピン海プレートの地殻内と最上部マントル内の二群に分かれていて、プレート境界や陸側付加帯内には存在しなかった。これらの分布の中には、地震断層面を表すような明瞭な余震分布は見られなかった。しかし、観測点ごとの走時差から推定すると、前震・本震・最大余震は、いずれもフィリピン海プレートの最上部マントル内で発生したと考えられる。

海底地震計を設置した日の夜に最大余震が発生し、その前後で余震分布に明瞭な違いが出ていた。最大余震の発生によって、本震直後の応力状態が乱されたためと考えられる。本震の正確な情報を得るためには、できるだけ迅速に海底地震計を準備し、観測を始める必要がある。

これまで、海域で発生する大地震は、陸側プレートとその下へ沈み込むプレートとの境界で発生する地震が主に考えられてきた。今回発生した紀伊半島南東沖の地震は、沈みこむフィリピン海プレート内の地震であり、海溝型地震における強震動予測や津波予測を考える上で見過ごせない地震であったといえる。

3) 2003 年度設置の海底地震観測網に見られた観測ノイズ

a) はじめに

2003 年 11 月に紀伊半島潮岬沖に設置された長期型海底地震計は、2004 年 10 月に回収するまで、約 1 年間の観測を続けてきた(図 32)。陸域の基盤観測網を海域に拡大・延長することがねらいであるため、約 20-30 kmの間隔で設置された。陸域の観測網による検知能力や震源決定精度と比較をする前に、これらの観測点でのノイズレベルに関して調べてみた。

図 33 から図 38 は、観測点毎の 1 時間分のランニングスペクトル表示である。約 10 秒の時間幅でスペクトルパワーを 1 秒ごとにずらして計算した。地震動が入力されると、縦に伸びた暖色系で表示される。横に伸びて表示されたものは、同じ周期で長期間にわたる振動であり、地震というよりは人工的なノイズである可能性が高い。図 33 や図 35 のようなものが、ノイズが少ないときのランニングスペクトルである。観測点や時期によってノイズレベルは大きく変わり、地震の検知能力にも影響が出ている。いくつかの顕著なノイズ例と観測点毎のノイズレベル値に関して報告する。

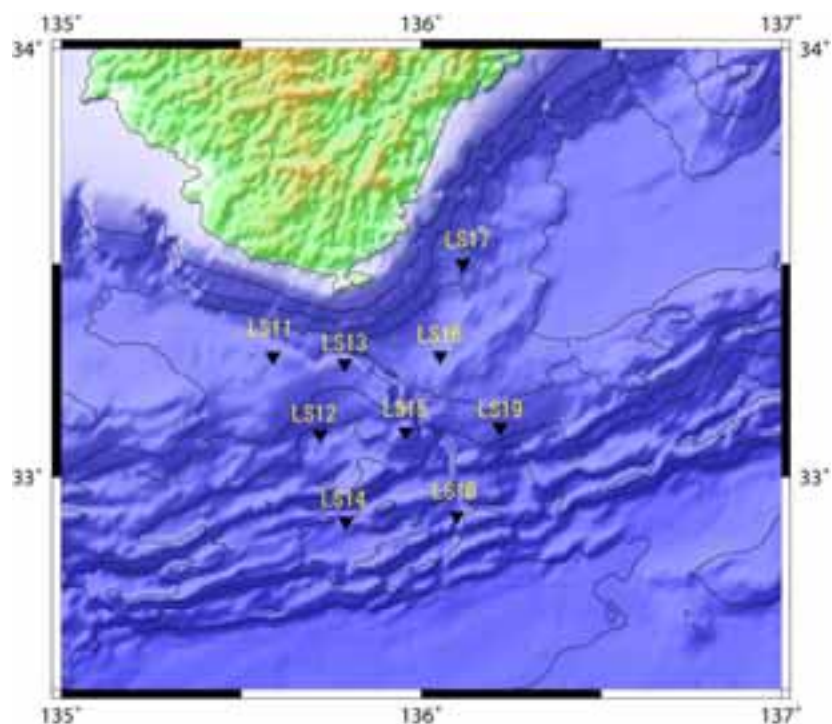


図 32 観測点分布図

b) ランニングスペクトルおよび観測ノイズ

図 34 のランニングスペクトルに見られる不規則に繰り返す振動は、この時期の複数の観測点に同時に見られたが、LS14 にもっとも顕著に見られるため、局所的な振動である可能性が高い。LS14 は観測網の南西端にあるため、その方向に震源があると考えられ、トラフ軸付近での何らかの活動かもしれない。2004 年 9 月 5 日の紀伊半島南東沖の地震のように、フィリピン海プレート内の活動なのか、海溝軸近傍でのプレート境界での活動なのか、陸側プレート先端の付加帯内の分岐断層の活動なのか、詳細は不明である。平成 15 年度設置の観測網では、トラフ軸近くに配置した観測点はないため、この活動の詳細を知ることは難しい。

しかし、このように 5Hz 以下の長周期成分に卓越した振動は、遠地から海中を伝わってきた水中音波である可能性もある。その海域の水温や塩分濃度で決まる音速構造において、低速度帯では水中音波が減衰せずに伝播する。海底地震計の深さとこの低速度帯との深さが合っていると、効率よく遠地での水中音波が伝播することが考えられる。遠地で発生した海底火山の噴火現象がこのような振動を生成することが知られており、同様なものが捉えられた可能性もある。

一方、図 37 に見られるような振動は、船舶の通過によるものと考えられる。ある一定の周波数に限られた振動が連続しているのは、船舶のプロペラの回転によるものらしい。その周波数にドップラー効果が見られることから、船舶が海底地震計の上を通過するときのような移動震源であることがわかる。船舶が通過する前後では広い帯域でノイズレベルも高くなっていることから、プロペラの回転そのものの振動ではなく、船舶通過による海水の擾乱によるものではないかと考えている。図 36 や図 38 にも現れていて、数十分にわたってノイズレベルの上昇が見られる。このような船舶の

通過が原因と思われるノイズレベルの上昇は多くの時間帯に見られ、特に航路に近い場所に設置された LS17 に多く見られる。この海域での船舶の航行が頻繁であることを示している。

ノイズレベルは、観測点ごとに時々刻々と変化しているが、各月 1 日 0 時から 1 時までの 1 時間のノイズ (μkine) を求めた (表 4)。波のパワーは周波数ごとに異なるため、ここでは各秒の最大値と最小値との差の半分をノイズの振幅とし、1 時間 (3600 秒) を平均した。同じ観測点でも時期によって 2~3 倍の変化があるが、観測点間のノイズレベルの大小は同じである。必ずしもノイズ源が明らかになってはいないが、LS17 のノイズレベルが高いのは、海岸付近のノイズが原因と考えられる。一方で、LS14 は、一時的にノイズレベルが上昇することがあり、トラフ軸付近もしくは遠地で発生した振動によるものと考えられる。

表 4 観測点ごとのノイズレベル (μkine)

観測点	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	平均
LS12	59	27	57	44	34	63	20	74	47
LS14	-	45	123	77	45	114	26	127	79
LS15	56	30	61	47	30	67	26	68	48
LS16	48	37	66	65	-	83	45	89	62
LS17	70	68	74	84	60	122	45	112	79
LS18	93	42	86	67	39	90	34	110	70

図 36 に多く見られる継続時間の短いレベルの上昇は、9 月 5 日に発生した 2004 年 紀伊半島南東沖の地震の余震を示している。

c) まとめ

各観測点におけるノイズスペクトルを検証した。もっとも顕著に見られるノイズは、船舶の航行に関係すると思われるものであるが、水中音波が多く観測された観測点もあった。ノイズレベルとしては、観測点毎にまた時期によって変動しているが、平均的には $50\ \mu\text{kine}$ から $80\ \mu\text{kine}$ 程度であった。

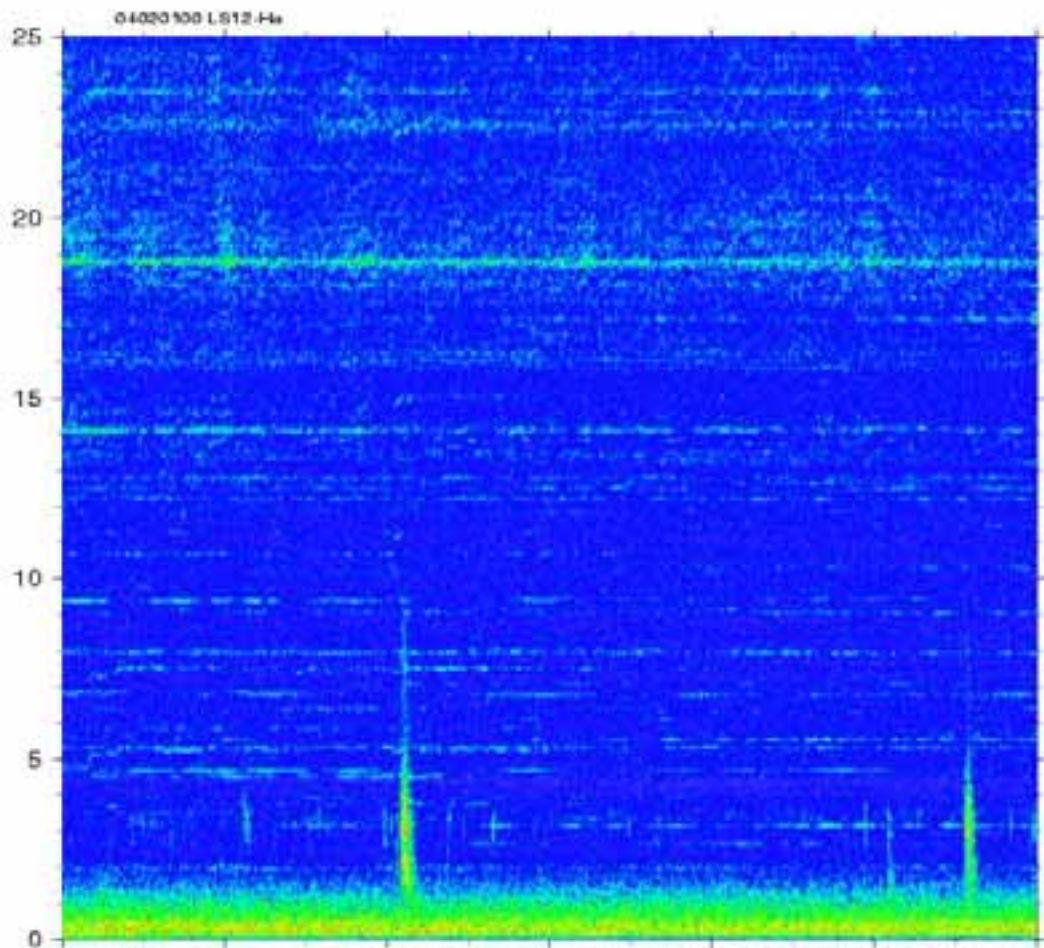


図 33 LS12 の水平動成分のランニングスペクトル

横軸：2004 年 2 月 1 日 0 時から 1 時。縦軸：周波数 (Hz)。暖色ほどスペクトルパワーが大きい。

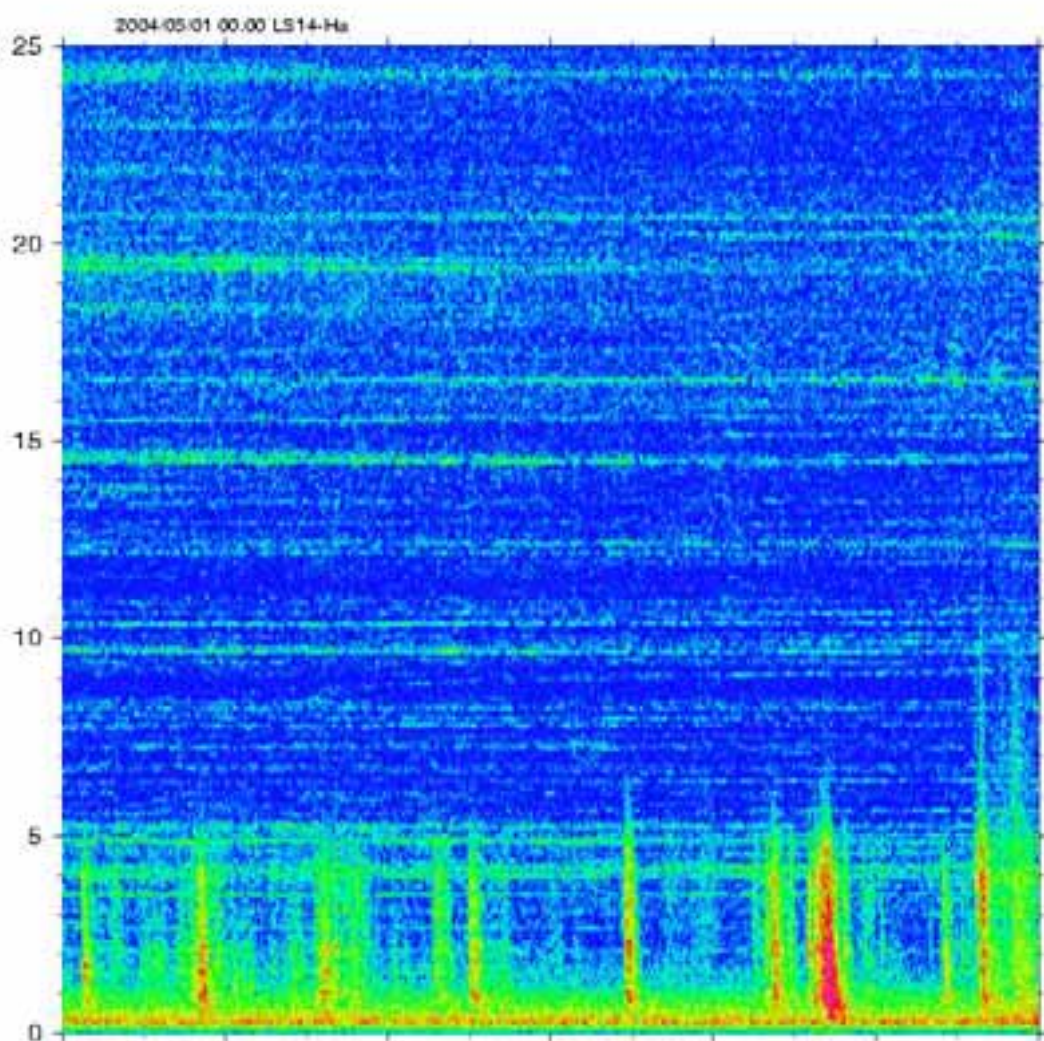


図 34 LS14 の水平動成分のランニングスペクトル
横軸：2004 年 5 月 1 日 0 時から 1 時。縦軸：周波数 (Hz)。暖色ほどスペクトルパワー
が大きい。

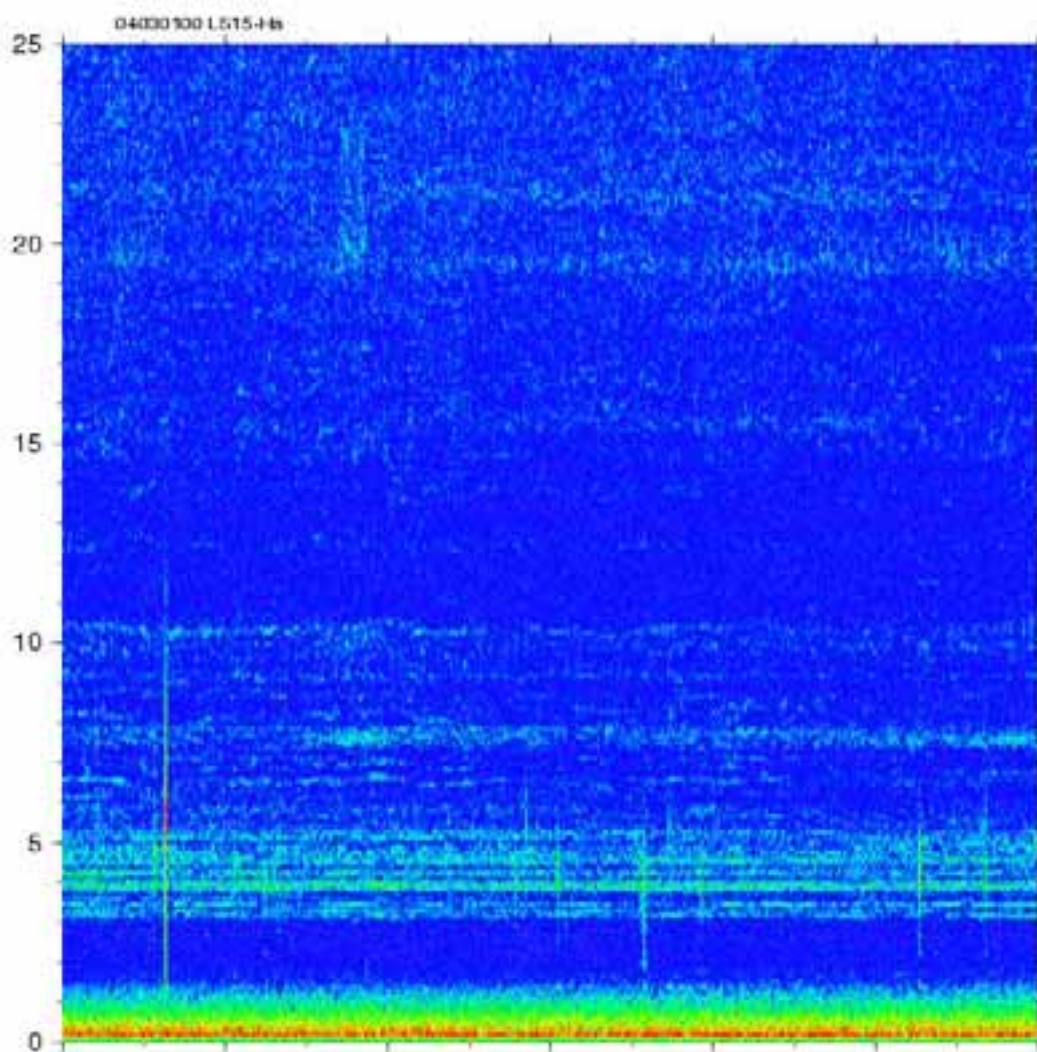


図 35 LS15 の水平動成分のランニングスペクトル

横軸：2004 年 3 月 1 日 0 時から 1 時。縦軸：周波数 (Hz)。暖色ほどスペクトルパワーが大きい。

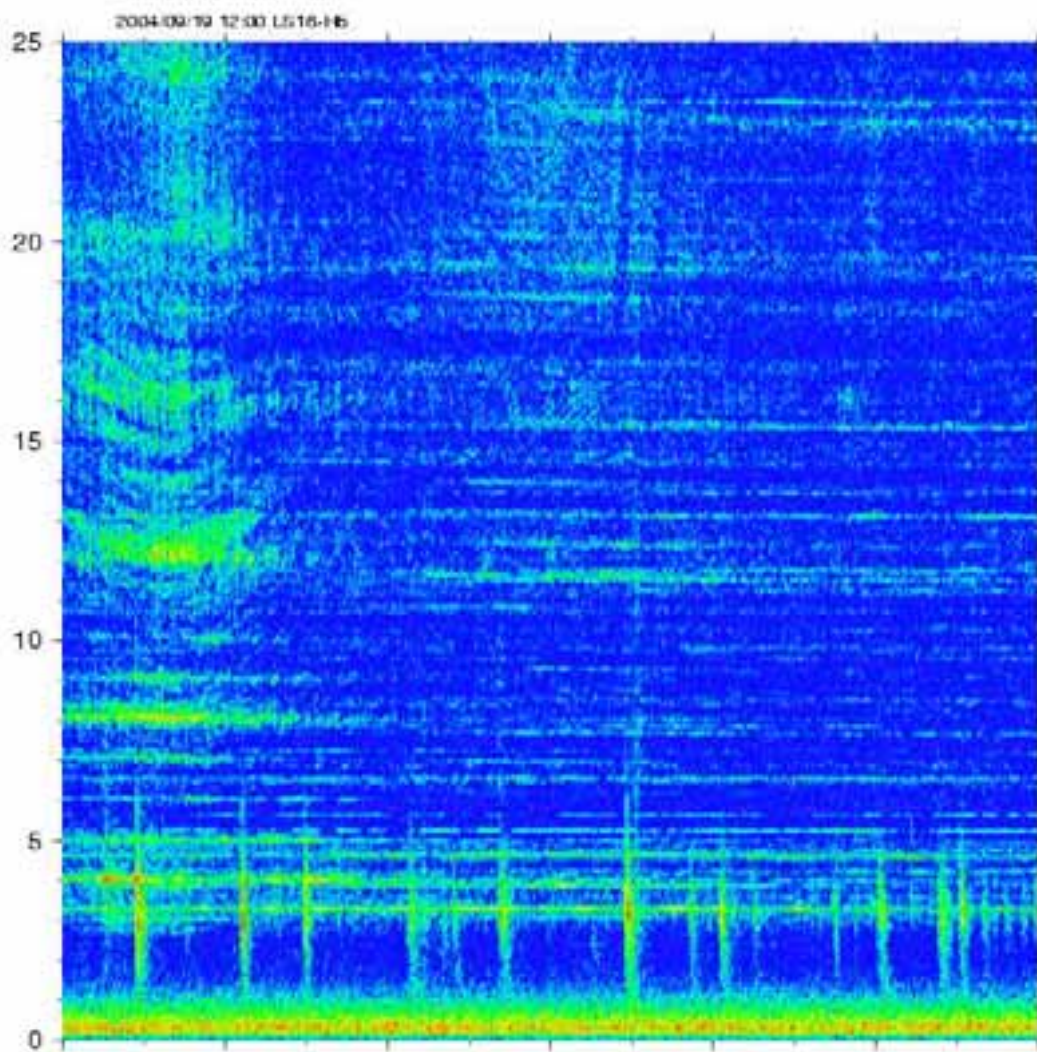


図 36 LS16 の水平動成分のランニングスペクトル
横軸：2004 年 9 月 19 日 12 時から 13 時。縦軸：周波数 (Hz)。暖色ほどスペクトルパワーが大きい。

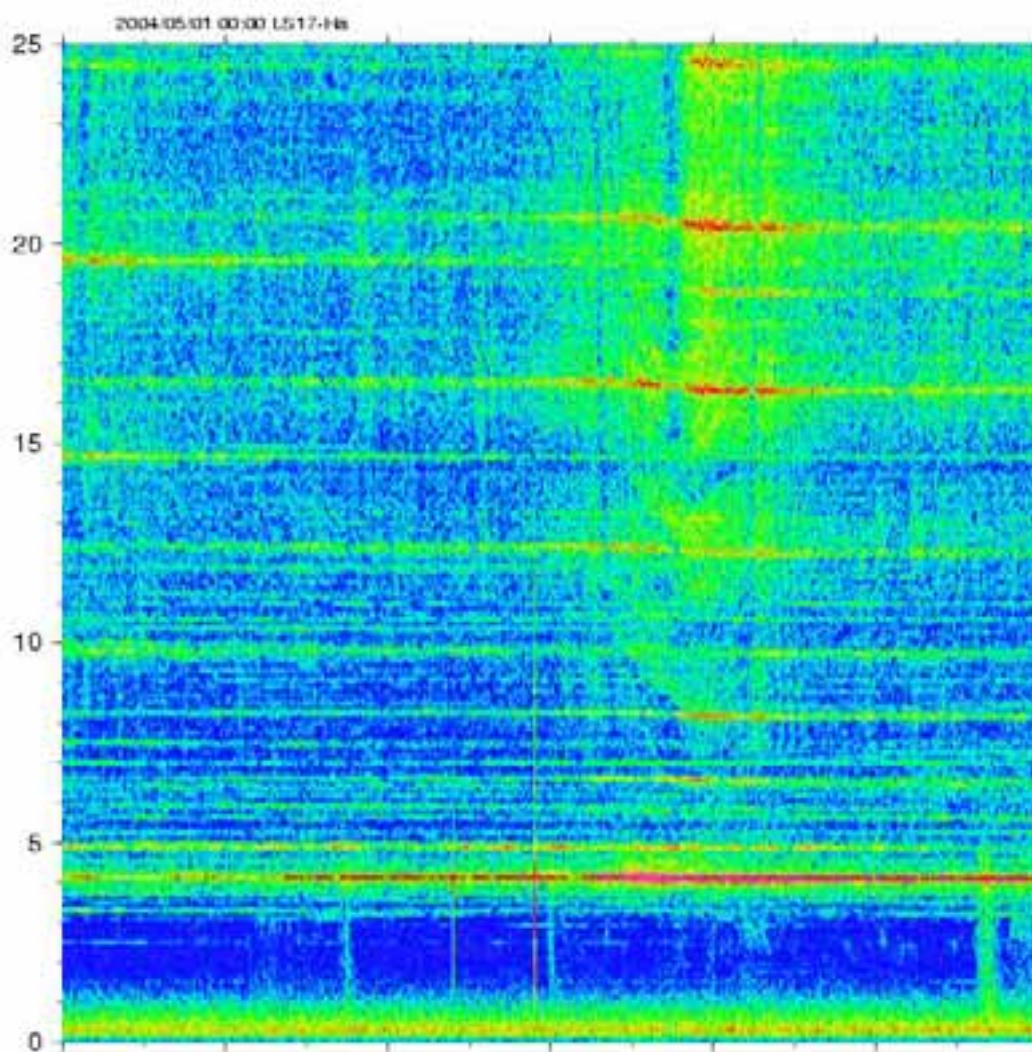


図 37 LS17 の水平動成分のランニングスペクトル
横軸：2004 年 5 月 1 日 0 時から 1 時。縦軸：周波数 (Hz)。暖色ほどスペクトルパワー
が大きい。

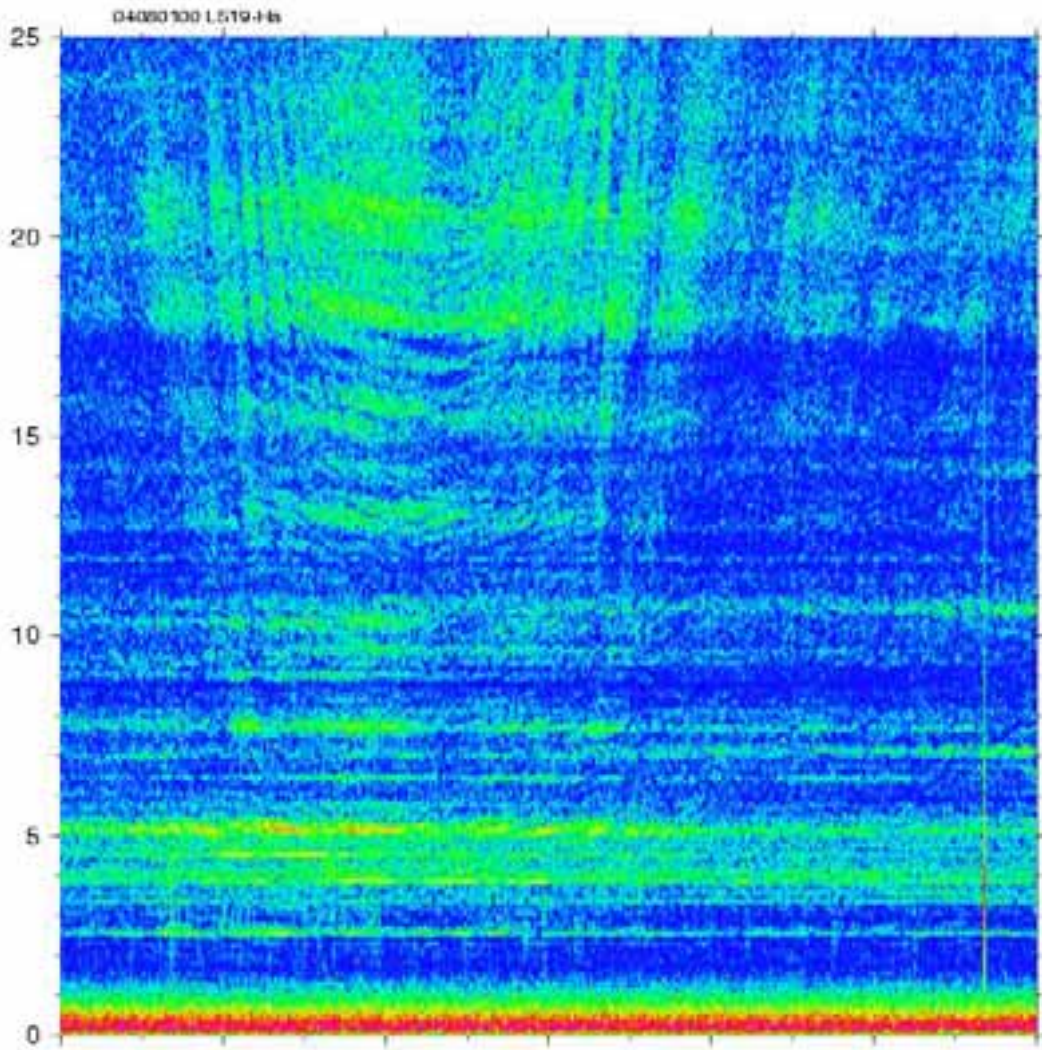


図 38 LS19 の水平動成分のランニングスペクトル
横軸：2004 年 8 月 1 日 0 時から 1 時。縦軸：周波数 (Hz)。暖色ほどスペクトルパワー
が大きい。

(d) 結論ならびに今後の課題

紀伊半島南方の境界領域における平成 16 年度の当初業務は滞りなく実施した。長期観測型海底地震計の地震記録に陸域観測網データを併合して、平成 15 年 12 月上旬から平成 16 年 11 月下旬までのほぼ 1 年間の地震活動について解析を実施した。その結果、紀伊半島と南海トラフの間の境界領域における微小地震活動のイメージがようやく見えはじめてきた。南海トラフから紀伊半島の下に沈み込むフィリピン海プレートの形状に沿うように分布して、微小地震がプレートの最上部マントルで発生している。震源の深さは気象庁一元化震源と比較しておおよそ 20 km ほど浅い。今後より小さい地震についての解析を進めることでより詳細な地震活動が明らかとなるほか、地震の発生機構についての解析から地震発生場の状態が明らかになる。これまでも気象庁一元化震源で見ていたことであるが、南海トラフ軸周辺で地震活動が高いことが改めて明らかとなった。トラフ軸周辺は観測網の外に位置しているため本計画での現状の震源決定精度はそれほど高くない。調査研究の進展によりトラフ軸周辺での観測が必要となる。

平成 16 年 9 月 5 日に起きた気象庁マグニチュード 6.9 と 7.4 の紀伊半島南東沖の地震に際して、地震が発生してわずか 3 日後の 9 月 8 日から海底地震計による余震観測を開始した。震源位置は 1944 年東南海地震 (M7.9) の震源域周辺の南海トラフ沿いであり、この緊急観測によりこれまで知られていなかった想定震源域周辺の M7 クラスの地震活動の詳細を明らかにした。余震は沈み込むフィリピン海プレートの地殻内と最上部マントル内の二群に分かれて発生している。プレート境界や陸側付加帯内に余震は無い。これらの分布の中に地震断層面に対応する明瞭な余震分布を見出すことは難しいが、観測点毎の走時差から推定して前震・本震・最大余震いずれもフィリピン海プレートの最上部マントル内で発生したと考えられる。震央は陸域の観測点で見ると約 5.5 km 沖側に移動して決定された。今回発生した紀伊半島南東沖の地震が沈みこむフィリピン海プレート内の地震であったという事実は、海溝型地震における強震動予測および津波予測の高度化を進める上できわめて重要である。また、最大余震の発生前後の明瞭な余震分布の違いの発見は、地震発生のおよそ 3 日後に余震観測を開始したことではじめて可能であった。この違いは本震直後の応力状態が最大余震の発生によって乱されたためと考えられるがこのように海溝型の地震活動の詳細を明らかにするためには、陸域の観測と同様に、海域における固定観測網の必要性そしてイベントに対応して迅速に海底地震観測を始めるための体制が極めて重要であることを示している。

(e) 引用文献

- 1) Diebold, J. B., and P. L. Stoffa, The travelttime equation, tau-p mapping and inversion of common midpoint data, *Geophysics*, 46, 3, 238-254, 1981.
- 2) Hino, R., S. Ito, H. Shiobara, H. Shimamura, T. Sato, T. Kanazawa, J. Kasahara, and A. Hasegawa, Aftershock distribution of the 1994 Sanriku-oki earthquake (Mw7.7) revealed by ocean bottom seismographic observation, *J. Geophys. Res.*, 105, 21697-21710, 2000.
- 3) Hirata, N. and M. Matsuura, Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Phys. Earth Planet.*

- Inter., 47, 50-61, 1987.
- 4) Ito, Y., T. Matsumoto, H. Kimura, H. Matsubayashi, K. Obara, and S. Sekiguchi, Spatial distribution of centroid moment tensors for the 2004 off the Kii Peninsula earthquakes, *Earth Planets Space*, 57, (in press), 2005.
 - 5) Ishibashi, K., Specification of a soon-to-occur seismic faulting in the Tokai district, central Japan, based upon seismotectonics, In Simpson, D.W. and P.G. Richards eds.: *Earthquake prediction: An international review*, Maurice Ewing Series 4. AGU, Washington, D.C., 297-332, 1981.
 - 6) Kanamori, H., Tectonic implications of the 1944 Tonankai and the 1946 Nankaido earthquakes, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 5, 129-139, 1972.
 - 7) Mazzotti, S., X. Le Pichon, P. Henry and S. Miyazaki, Full interseismic locking of the Nankai and Japan-west Kurile subduction zones: An analysis of uniform elastic strain accumulation in Japan constrained by permanent GPS, *J. Geophys. Res.*, 105, 13159-13177, 2000.
 - 8) Mochizuki, K., and K. Obana, Seismic Activities along the Nankai Trough, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 78, 185-195, 2003.
 - 9) Nakanishi, A., N. Takahashi, J. O. Park, S. Miura, S. Kodaira, Y. Kaneda, N. Hirata, T. Iwasaki, and M. Nakamura, Crustal structure across the coseismic rupture zone of the 1944 Tonankai earthquake, the central Nankai Trough seismogenic zone, *J. Geophys. Res.*, 107, 2002.
 - 10) 西坂弘正、紀伊半島沖南海トラフにおけるフィリピン海プレートの沈み込み域及び島弧前縁部の地殻構造、千葉大学理学研究科修士論文、94、1997。
 - 11) Obana, K., S. Kodaira, Y. Kaneda, K. Mochizuki, M. Shinohara, and K. Suyehiro, Micro-seismicity at the seaward updip limit of the western Nankai Trough seismogenic zone, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2002JB002370, 2003.
 - 12) Sakai, S., T. Yamada, M. Shinohara, H. Hagiwara, T. Kanazawa, K. Obana, S. Kodaira and Y. Kaneda, Urgent aftershock observation of the 2004 off the Kii Peninsula earthquake using ocean bottom seismometers, *Earth Planets Space*, 57, 1-6, 2005.
 - 13) Sangawa, A., Earthquake traces carved in excavations in the past 2,000 years, *Chikyu Monthly*, Special Issue 24, 56-63, 1999.
 - 14) Shinohara, M., N. Hirata and N. Takahashi, High resolution velocity analysis of ocean bottom seismometer data by the τ -p method, *Marine Geophys. Res.*, 16, 185-199, 1994.
 - 15) Shinohara, M., T. Yamada, T. Kanazawa, N. Hirata, Y. Kaneda, T. Takanami, H. Mikada, K. Suyehiro, S. Sakai, T. Watanabe, K. Uehira, Y. Murai, N. Takahashi, M. Nishino, K. Mochizuki, T. Sato, E. Araki, R. Hino, K. Uhira, H. Shiobara, and H. Shimizu, Aftershock observation of the 2003 Tokachi-oki earthquake by using dense ocean bottom seismometer network, *Earth Planets Space*, 56, 295-300, 2004.

- 16) Waldhauser, F. and W.L. Ellsworth, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, Bull. Seismol. Soc. Am., 90, 1353-1368, 2000.

(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
Sakai, S, T. Yamada, M. Shinohara, H. Hagiwara, T. Kanazawa, K, Obana, S. Kodaira, and Y. Kaneda	Urgent aftershock observation of the 2004 off the Kii Peninsula earthquake using ocean bottom seismometers	Earth Planets Space, 57, 363-368	2005
酒井慎一・篠原雅尚・山田知朗・萩原弘子・金沢敏彦・尾鼻浩一郎・小平秀一・木下正高・金田義行	海底地震計を用いた2004年伊半島南東沖の地震の緊急余震観測	日本地震学会 2004年秋季大会	2004.10.11

- (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) 業務の目的

東南海・南海地震の想定震源域および周辺における正確な地震活動の把握を目的とする。対象領域は地震活動度が低いため、長期にわたる地震観測を実施し、十分な数の微小地震を観測する必要がある。また、観測網の展開については、地震活動度の相対的に高い領域から順次観測網を海・陸の観測網が連携する形で高密度（観測点間隔約 20km）に配置する。

また、上記観測により得られたデータを詳細に解析することにより、東南海・南海地震に関する予測精度の向上に資することも目的とする。

(b) 実施業務内容

長期観測型海底地震計を新規整備するとともに、観測データの増加に伴い地震データ収集・処理システムを増強する。備船等により、前年度に設置した地震計を回収し、新規整備した長期観測型海底地震計に入れ換える。また、回収した地震計を整備後に再設置し、引き続き観測を行う。長期観測型海底地震計は、陸域観測網及び前年度までに設置した海底地震観測点に接続する形で、紀伊半島沖から四国東部沖にかける領域（水深 500m より深い海域）に配置する。配置にあたっては、事前に関係機関等（者）との調整を行う。陸域観測網による地震データの集積を進める。

(c) 目標とする成果

現在、陸域の地殻上部において発生する M1.5 程度以上の地震活動を把握することが可能となっている。しかし、陸域観測網だけでは、関係海域で発生する地震の震源の深さを精度よく決定することは困難であり、かつ、震源を決定することが可能である地震のマグニチュードの下限も陸域において発生するものに比べ、0.7~0.8 程度高くなっている。本研究により展開する海域観測網を陸域観測網に接続することによって、陸域の地殻上部において発生する地震の検知能力および震源決定能力相当を海域に広げ、より小さな地震まで正確に震源を決定するための観測を行う。

(d) 実施計画案

1) 観測点配置に関する調整

陸域における既設の高感度地震観測網（陸域観測網）に接続する形で、東南海・南海地震の想定震源域とその周辺および根室沖に長期観測型海底地震計を設置するにあたり、その観測点配置について事前に関係機関等との調整を行う。

2) 長期観測型海底地震計等の整備

新規購入および回収した長期観測型海底地震計は、国立大学法人東京大学地震研究所で動作確認と組み立て等の整備を実施する。また、音響通信制御装置、GPS 時計制御システム等の設置作業支援装置について総合的な整備を実施する。

3) 長期観測型海底地震計の設置・回収

前年度に三陸沖北部の海域に展開した長期観測型海底地震計を回収する。また、長期観測型海底地震計による観測網を根室沖の海域に展開する。

4) 浅部構造のデータ収集・解析

浅部構造データを収集して、震源決定の際に必要な観測点直下の堆積層補正值を求める。

5) 陸域観測網による地震データの収集

海・陸データの併合処理のため、データ処理システムを用いて、既設の陸域観測網で記録される地震データの収集を実施する。

上記 1)～5)については、国立大学法人東京大学地震研究所を中心に、国立大学法人九州大学が協力して作業を進める。

6) 海陸データ統合解析

回収した海底地震計のデータと陸域観測網で記録される地震のデータを併合処理して、正確な地震活動の把握等を進める。解析は以下の項目について行う。

a) より詳細なプレート境界の形状の把握

より詳細なプレート境界の形状を把握するため、長期海底地震観測により収集した微小地震の震源位置を正確に決定する。

b) 地殻構造と地震活動の対比等（国立大学法人九州大学）

長期海底地震観測により得られた正確な地震活動と、これまでに得られている地殻構造との対比を行い、想定震源域における地震活動のより深い理解を図る。また、地震活動より推定される応力場の空間分布と地殻構造との対比および重力異常データ等より、プレート間結合特性に関する研究を行う。

(4) 参考資料

(a) 観測地域近隣区域 事前・事後連絡先

【県庁等 送付先】

静岡県総務部防災局防災情報室長
愛知県沖合底引き網漁業協会
愛知県防災局防災課長
三重県地域振興部地震対策チーム
和歌山県防災局総合防災室長
徳島県防災局
徳島県水産課漁業調整室
徳島県漁業協同組合連合会
株式会社 <small>マンダイ</small> 万代
紀伊水道 <small>ハエナワ</small> 延縄連合会
高知県海洋局漁業管理課
愛媛県農林水産部水産局水産課長
(独)水産総合研究センター本部研究調査部研究調整課長

【徳島県漁業協同組合 送付先】

北灘組合	東由岐組合
北泊組合	西由岐組合
堂浦組合	木岐組合
室撫佐組合	日和佐町組合
鳴門町組合	牟岐東組合
新鳴門組合	牟岐町組合
里浦組合	浅川組合
長原組合	鞆浦組合
川内組合	穴喰組合
徳島市組合	
117 清東組合	
徳島市辰己組合	
小松島組合	
和田島組合	
今津組合	
中島組合	
福村組合	
中林組合	
大瀧組合	
橘町組合	
椿泊組合	
阿南組合	
伊島組合	
伊座利組合	
阿部組合	

(b) 海上作業届送付先

送付先
第四管区海上保安本部
第5管区海上保安本部
鳥羽海上保安部
尾鷲海上保安部
田辺海上保安部
高知海上保安部
小松島海上保安部

(c) 現地関係機関(者)への設置作業の事前連絡文書(1通目)

「東南海・南海地震に関する調査研究」についてのお知らせ

平成16年10月21日

「送付先」 御中

FAX 「FAX番号」

「東南海・南海地震に関する調査研究」
事務局(東京大学地震研究所)
教授 氏名 _____

東京大学地震研究所は、文部科学省が関係機関と連携して実施しております「東南海・南海地震に関する調査研究」の一環として、下記の要領で、長期観測型海底地震計の設置作業を行います。直前のご連絡となり申し訳ありませんが、関係者への周知等よろしくお取り計らいくださいますようお願いいたします。

1 使用ヘリコプター 朝日航洋(株)所属 ヘリコプター

2 日程

平成16年10月22日～10月24日：

紀伊半島及び四国沖の海域にて海底地震計の設置作業を実施

3 作業内容

図1中のLS1～LS10の10地点においてヘリコプターにより海底地震計(図2)を投入設置致します。

設置した海底地震計は平成19年度末まで観測を継続する予定です。

海底地震計の設置予定地点の大まかな位置は別添の表を参照願います。

なお、作業終了後、速やかに設置地点のより正確な位置についてご連絡いたし

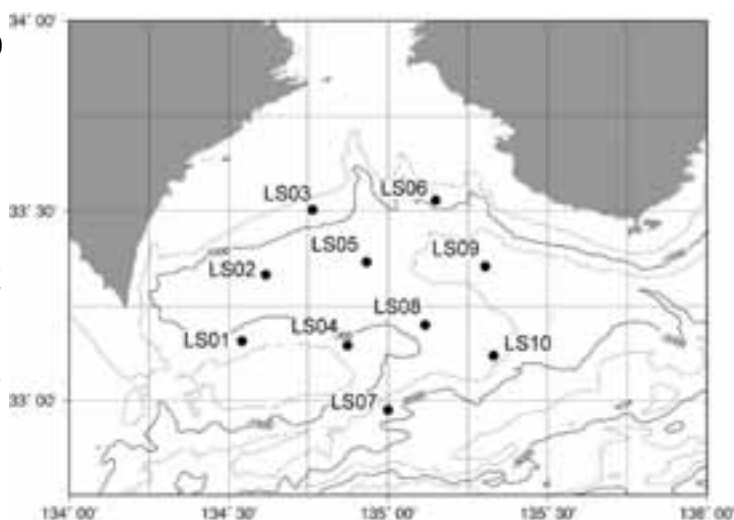


図1. 本作業における海底地震計設置予定図

図2. 本作業で設置する海底地震計
(海中に投入する直前の海底地震計の外観)



機器の説明

外径 50cm のチタン球 (観測装置を収容) の外側に無線発振器、発光器、沈錘等が収容されている。

空中重量： 120kg

外形寸法： 1.2m × 1.0m × 0.6m

チタン球の色： 橙色

海底地震計の表面の記載事項

Ocean Bottom Seismometer
Earthquake Research Institute
University of Tokyo
1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku,
Tokyo 113-0032, Japan
Phone: +81 (JAPAN) -3-5841-56xx

海底地震計
東京大学地震研究所
電話 03-5841-57xx (xxxx)

このことに関する問い合わせ先

東京都文京区弥生1-1-1

東京大学地震研究所 総務主任

氏名 _____

電話03-5841-56xx

同研究所内

「東南海・南海地震に関する調査研究」事務局

氏名 _____

電話03-5841-58xx

「東南海・南海地震に関する調査観測」で設置した観測機器の設置地点（表の太枠内が今回該当）

- 1 既に設置している観測点以外の緯度・経度は、設置後速やかに連絡致します。
- 2 既に設置している観測点以外の水深は、予定している設置点の水深です。設置後速やかに確定値を連絡致します。

観測点名	緯度(度)	緯度(度)	経度(度)	経度(度)	水深(m)	担当機関	備考
LS01	33	9.470	134	32.570	650	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS02	33	20.000	134	37.000	1320	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS03	33	30.250	134	45.840	700	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS04	33	8.760	134	52.410	750	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS05	33	22.000	134	56.000	1380	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS06	33	31.700	135	8.960	840	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS07	32	58.510	135	0.000	1840	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS08	33	12.000	135	7.000	1250	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS09	33	21.320	135	18.290	1550	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS10	33	7.140	135	19.900	1350	東京大学	平成16年10月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS11	33	16.959	135	35.567	1591	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS12	33	6.001	135	43.003	2692	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS13	33	15.956	135	47.172	1755	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS14	33	53.695	135	47.156	3546	東京大学	平成16年1月12日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS15	33	6.339	135	57.298	2237	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS16	33	17.010	136	3.002	1797	東京大学	平成15年12月4日設置、20年3月まで観測後回収予定

3.1.2. 東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を把握するための海底地震観測研究

LS17	33	30.000	136	6.990	1470	東京大 学	平成15年12月4日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS18	32	54.495	136	5.810	3708	東京大 学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS19	33	6.994	136	13.022	2275	東京大 学	平成15年12月4日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS20					1820	東京大 学	平成16年11月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS21					1880	東京大 学	平成16年11月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS22					2000	東京大 学	平成16年11月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS23					1540	東京大 学	平成16年11月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS24					2000	東京大 学	平成18年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS25					620	東京大 学	平成18年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS26					1780	東京大 学	平成19年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS27					880	東京大 学	平成18年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS28					1950	東京大 学	平成19年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS29					1600	東京大 学	平成19年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS30					1050	東京大 学	平成19年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定
LS31					1380	東京大 学	平成19年6月設置予定、20年3月まで観測後回収予定

長期型海底地震計観測点（平成16年10月22日～10月24日に設置作業を実施）

(d) 現地関係機関（者）への設置・回収作業の事前連絡文書（2通目）

「東南海・南海地震に関する調査研究」についてのお知らせ

平成16年11月15日

御中

「東南海・南海地震に関する調査研究」
事務局(東京大学地震研究所)
氏名 _____

東京大学地震研究所は、文部科学省が関係機関と連携して実施しております「東南海・南海地震に関する調査研究」の一環として、下記の要領で、長期観測型海底地震計の設置作業及び回収作業、並びに小型エアガン発震作業を行います。つきましては、関係者への周知等よろしくお取り計らいいただきますようお願いいたします。

1 使用船舶 東京大学地震研究所による用船。

新日本海事株式会社 新世丸（全長61.0m、幅11.8m、深さ5.5m、697トン）
船舶電話 090-3023-91xx、FAX 090-3023-91xx

2 日程

平成16年11月26日：横須賀港出航

平成16年11月27日～11月30日：

紀伊半島沖および紀伊水道において海底地震計の設置及び回収作業、並びに小型エアガン（容量25リットル）の発震作業を実施

平成16年12月1日：横須賀港入港

3 作業内容（図1参照）

で示す LS20～LS23 の4地点に海底地震計（図2）を設置します。

で示す LS10～LS19 の9地点で海底地震計を入れ替えます。実線のエアガン測線において、容量25リットルの小型エアガンの発震を行います。この測線は、10月22日～24日に設置した海底地震計 LS01～LS10 をつなぐ測線となっています（設置作業に関しては、10月21日付けでお知らせ致しました）。

設置した海底地震計は平成19年度末まで観測を継続する予定です。

海底地震計の設置予定地点の大きな位置は別添の表を参照願います。

図1．本作業の予定図

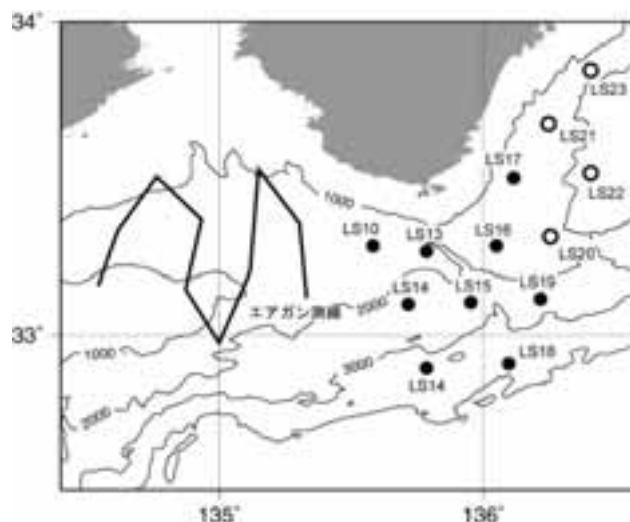


図2. 本作業で設置する海底地震計
(海中に投入する直前の海底地震計の外観)



機器の説明

外径 50cm のチタン球(観測装置を収容)の外側に無線発振器、発光器、沈錘等が収容されている。

空中重量： 120kg

外形寸法： 1.2m × 1.0m × 0.6m

チタン球の色： 橙色

海底地震計の表面の記載事項

Ocean Bottom Seismometer
Earthquake Research Institute
University of Tokyo
1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku,
Tokyo 113-0032, Japan
Phone: +81 (JAPAN) -3-5841-56xx

海底地震計
東京大学地震研究所
電話 03-5841-57xx (氏名)

このことに関する問い合わせ先

東京都文京区弥生1-1-1

東京大学地震研究所 主査(総務担当)

氏名 _____

電話03-5841-56xx

同研究所内

「東南海・南海地震に関する調査研究」事務局

氏名 _____

電話03-5841-58xx

「東南海・南海地震に関する調査観測」で作業を行う観測機器の設置地点

(表の太枠内は今回新たに海底地震計設置作業。太長点線枠内は今回海底地震計の入れ替え作業、太短点線枠内は今回小型エアガン発震作業を直上で実施)

- 1 既に設置している観測点以外の緯度・経度は、設置後速やかに連絡致します。
- 2 既に設置している観測点以外の水深は、予定している設置点の水深です。設置後速やかに確定値を連絡致します。

観測点名	緯度(度)	緯度(度)	経度(度)	経度(度)	水深(m)	担当機関	備考
LS01	33	9.635	134	32.352	650	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS02	33	20.163	134	36.789	1320	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS03	33	30.433	134	45.658	700	東京大学	平成16年10月22日設置定、20年3月まで観測後回収予定
LS04	33	8.935	134	52.251	750	東京大学	平成16年10月22日設置定、20年3月まで観測後回収予定
LS05	33	21.980	134	55.961	1380	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS06	33	31.896	135	8.804	840	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS07	32	58.683	134	59.839	1840	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS08	33	12.198	135	6.839	1250	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS09	33	21.517	135	18.125	1550	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS10	33	7.331	135	19.754	1350	東京大学	平成16年10月22日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS11	33	16.959	135	35.567	1591	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS12	33	6.001	135	43.003	2692	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS13	33	15.956	135	47.172	1755	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS14	33	53.695	135	47.156	3546	東京大学	平成16年1月12日設置、20年3月まで観測後回収予定
LS15	33	6.339	135	57.298	2237	東京大学	平成15年12月5日設置、20年3月まで観測後回収予定

3.1.2. 東南海・南海地震の想定震源域における微小地震分布を把握するための海底地震観測研究

LS16	33	17.010	136	3.002	1797	東京大 学	平成 15 年 12 月 4 日設置、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS17	33	30.000	136	6.990	1470	東京大 学	平成 15 年 12 月 4 日設置、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS18	32	54.495	136	5.810	3708	東京大 学	平成 15 年 12 月 5 日設置、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS19	33	6.994	136	13.022	2275	東京大 学	平成 15 年 12 月 4 日設置、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS20	33	18.78	136	15.30	1820	東京大 学	平成 16 年 11 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS21	33	40.44	136	14.88	1880	東京大 学	平成 16 年 11 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS22	33	30.96	136	24.42	2000	東京大 学	平成 16 年 11 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS23	33	50.70	136	24.42	1540	東京大 学	平成 16 年 11 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS24					2000	東京大 学	平成 18 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS25					620	東京大 学	平成 18 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS26					1780	東京大 学	平成 19 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS27					880	東京大 学	平成 18 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS28					1950	東京大 学	平成 19 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS29					1600	東京大 学	平成 19 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS30					1050	東京大 学	平成 19 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定
LS31					1380	東京大 学	平成 19 年 6 月設置予定、20 年 3 月まで観測後回収予定

長期型海底地震計観測点 (平成 16 年 11 月 27 日～11 月 30 日に作業を実施)

(e) 海上作業届

平成 16 年 月 日

作 業 届

第五管区海上保安本部長

東京都文京区弥生 1-1-1
東京大学地震研究所
所長 氏名 _____

1. 目的および種類 調査船「新世丸」調査
2. 期 間 平成 16 年 11 月 26 日（金）～12 月 1 日（水）
3. 区 域 又 は 場 所 紀伊半島沖及び紀伊水道（海域図参照）
4. 方 法 添付「実施要領書」のとおり
5. そ の 他 作業中は、調査船「新世丸」に海上衝突予防法第 27 条に基づく灯火または形象物を揚げると共に、海上の警戒を行う

（写）送付先： 鳥羽海上保安部
尾鷲海上保安部
田辺海上保安部
高知海上保安部
小松島海上保安部

なお、本紙は、第四管区海上保安本部にも提出していることを申し添えます。

連絡先：東京大学 地震研究所 主査(総務担当) 氏名 _____
電 話：03-5841-56xx (代表)

(f) 海上作業届に添付した実施要領書

調査船「新世丸」調査実施要領書
(紀伊半島沖及び紀伊水道)

1. 目的

本調査では紀伊半島沖及び紀伊水道にて東京大学地震研究所が、平成15年12月及び平成16年1月に設置したOBS(海底地震計)9台の回収と行う共に、同一地点にOBSを再設置する。さらに、4点でOBSの新規設置を行う。また、紀伊水道及び紀伊半島南東沖において、小型エアガン発震による地下構造調査を実施する。



海底地震計

2. 期間(作業日程は天候等により変更する場合があります)

平成16年11月26日(金)~12月1日(水)

月 日	海域	作業内容等
11月26日(金)	横須賀出港	OBS回収・設置 エアガン発震
↑↓	↑↓ 紀伊半島沖・紀伊水道	
12月1日(水)	横須賀入港	

3. 使用船舶

新日本海事株式会社所有 「新世丸」

全 長 : 60.98m 船舶電話 : 090-3023-91xx
 型 幅 : 11.80m FAX : 090-3023-91xx
 型 深 : 5.45m インマルサット(TEL) : 001-872-34323-01xx
 総トン数 : 697GT (FAX) : 001-872-34323-01xx
 信号符合 : J PFQ

4. 実施海域 紀伊半島沖及び紀伊水道(別図-1)

34°02' N 136°30' E , 32°48' N 136°30' E , 32°48' N 134°24' E ,
 33°27' N 134°24' E , 33°43' N 134°54' E , 33°22' N 135°48' E ,
 の各点で囲まれる海域。

・ OBS 回収・設置作業点

33° 17 N 135° 35 E , 33° 06 N 135° 43 E, 33° 16 N 135° 47 E,
33° 54 N 135° 47 E , 33° 06 N 135° 57 E, 33° 17 N 136° 03 E,
33° 30 N 136° 03 E , 32° 54 N 136° 06 E, 33° 07 N 136° 13 E,
33° 19 N 136° 15 E , 33° 40 N 136° 15 E, 33° 31 N 136° 24 E,
33° 51 N 136° 24 E

・ エアガン測線#1

33° 09 N 134° 33 E , 33° 20 N 134° 37 E, 33° 30 N 134° 46 E,
33° 22 N 134° 56 E , 33° 09 N 134° 52 E, 32° 59 N 135° 00 E,
33° 12 N 135° 07 E , 33° 32 N 135° 09 E, 33° 21 N 135° 18 E,
33° 07 N 135° 20 E の各点を結ぶ線

・ エアガン測線#2

33° 19 N 136° 15 E, 33° 31 N 136° 24 E, 33° 40 N 136° 15 E,
33° 51 N 136° 24 E の各点を結ぶ線

5. 作業内容

(1) OBS の回収作業

海底に設置されている OBS 計 9 台を回収する(別図-1 参照)。設置点上もしくは近く(最大、設置点直上から水深程度の距離離れた場所)において、音響切り離し装置により海底地震計を呼び出し、距離測定をおこなった後に、切り離し命令をかける。海底地震計の浮上速度は毎分 50m 程度である。海面上に浮上後、肉眼または双眼鏡により見つける。浮上中は海中音響装置により距離確認を行う。海面上に浮上後は、海面上の海底地震計に微速で接近し、船上に回収する。

(2) OBS の設置作業

地震活動調査のために OBS13 台を海上からの自由落下方式により、海底に設置する。設置位置を GPS で確認後、測深器により海底状態を確かめる。位置がよければその場所で停船し、あるいは速力 1 ノット程度で航行する。OBS(空中重量約 140kg)をクレーンでつり上げ、船外に繰り出し、海面上でリリースフックにより海中に投入する。作業に要する時間は約 5 分である。

(3) エアガン発震作業

エアガン 1~2 基(総容量 30 リットル程度)を、船尾約 30m、水深 10m 程度で曳航する。発震間隔は 30 秒から 1 分である。発震中の航行速度は約 5 ノットである。エアガンを発震源とし、海底に設置された OBS により、地下の境界面から反射・屈折した地震波を記録する。発震作業時には、ハイドロフォンストリーマを船尾から曳航し、地下の境界面から反射された地震波を観測する。曳航するハイドロフォンストリーマの長さは約 100m である。

6. 安全対策

- (1) 作業中は「海上衝突予防法」を遵守し、法第 27 条第 4 項に基づく灯火または形状物を掲げると共に海上の警戒を行う。

- (2) 荒天時には作業を中止する。
- (3) 調査中に付近を航行する漁船と無線通信によって密に連絡をとれるように、無線のチャンネルを「新世丸」に調査期間中開設する。
- (4) 調査海域については作業届をそれぞれの海域を管轄する管区海上保安本部及び最寄りの海上保安部に提出する。その他、法令上の許可・届け出を行う。
- (5) 漁業権調整に関しては、漁業組合及び漁業関係機関との調整を行う。

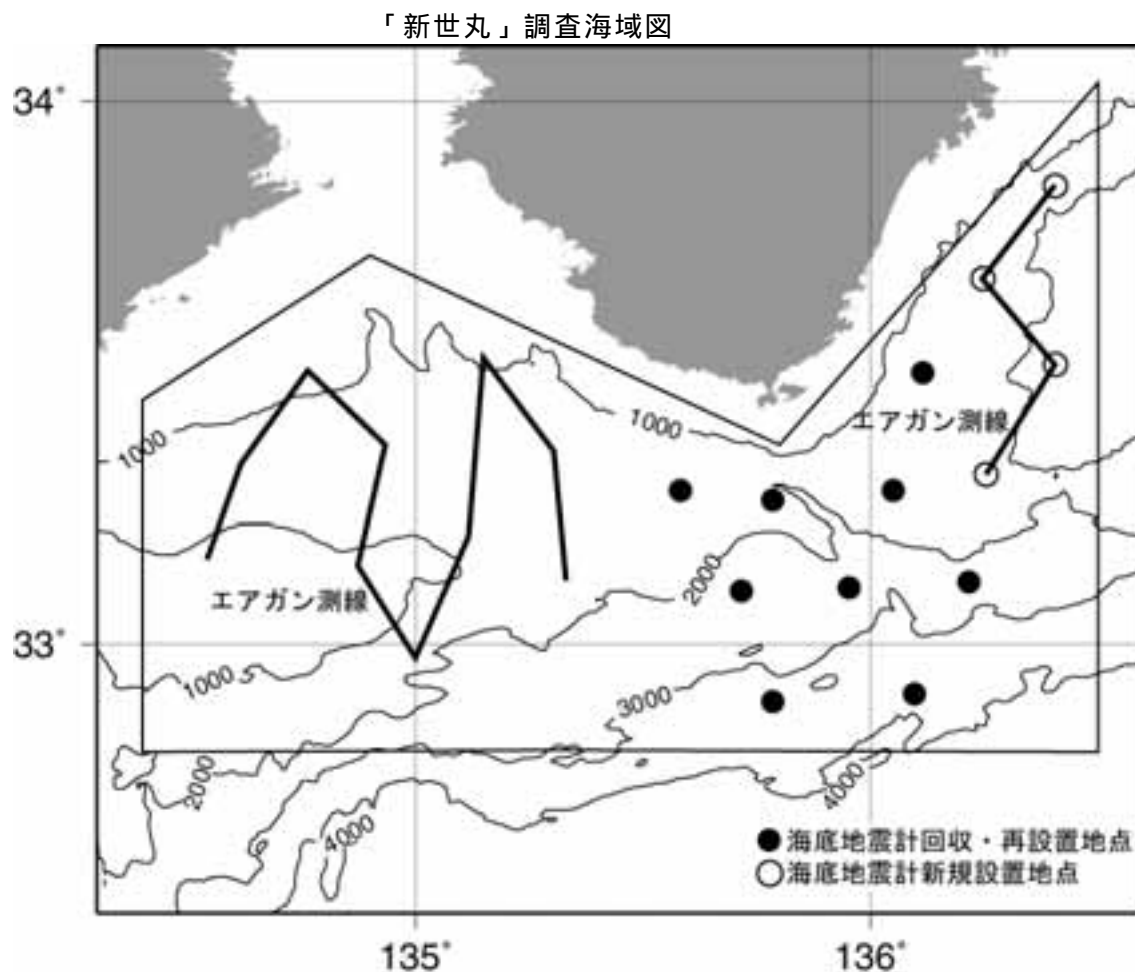
7. 連絡先

国立大学法人 東京大学 地震研究所

主査(総務担当) 氏名 _____

住 所： 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

電 話： 03-5841-56xx



調査海域

34° 02' N 136° 30' E , 32° 48' N 136° 30' E, 32° 48' N 134° 24' E,
 33° 27' N 134° 24' E , 33° 43' N 134° 54' E, 33° 22' N 135° 48' E,
 の各点で囲まれる海域

・ OBS 回収設置作業点

33° 17' N 135° 35' E , 33° 06' N 135° 43' E, 33° 16' N 135° 47' E,
 33° 54' N 135° 47' E , 33° 06' N 135° 57' E, 33° 17' N 136° 03' E,
 33° 30' N 136° 03' E , 32° 54' N 136° 06' E, 33° 07' N 136° 13' E,
 33° 19' N 136° 15' E , 33° 40' N 136° 15' E, 33° 31' N 136° 24' E ,
 33° 51' N 136° 24' E

・ エアガン測線#1

33° 09' N 134° 33' E , 33° 20' N 134° 37' E, 33° 30' N 134° 46' E,
 33° 22' N 134° 56' E , 33° 09' N 134° 52' E, 32° 59' N 135° 00' E,
 33° 12' N 135° 07' E , 33° 32' N 135° 09' E, 33° 21' N 135° 18' E,
 33° 07' N 135° 20' E の各点を結ぶ線

・ エアガン測線#2

33° 19' N 136° 15' E , 33° 31' N 136° 24' E, 33° 40' N 136° 15' E ,
 33° 51' N 136° 24' E の各点を結ぶ線