

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

「より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究」  
 （日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
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

日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震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。対象領域の地震活動度を考慮し、十分な数の微小地震を観測するには、1年程度にわたる地震観測を実施する必要がある。本調査研究の対象領域が広域であることを考慮し、観測対象領域を毎年度変更しながら地震観測を行う。

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、日本海溝・千島海溝周辺に関する研究を行い予測精度の向上に資することも目的とする。

(d) 5カ年の年次実施計画

日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震の想定震源域およびその周辺における調査研究(平成16年度の開始)においては、観測対象領域を毎年度変更しながら観測を実施し、5年間かけて日本海溝・千島海溝沿いほぼ全域のより正確な地震活動の把握をすすめる。

なお、観測網の配置にあたっては、事前に関係機関等との調整を行う。

1) 平成16年度

長期観測型海底地震計を新規整備したほか、記録処理システムを新規整備した。青森県八戸市に臨時ヘリポートを設けて新規整備した長期観測型海底地震計を大型ヘリコプターにより海底設置した。この設置作業の実施により、三陸沖北部の想定震源域の地震活動を、約20kmから25km間隔に配置された18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10月までこの観測網で観測を継続した。地震計の設置作業にあたっては、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。

2) 平成17年度

平成16年度計画として平成17年3月から観測を開始した18観測点による三陸沖北部の海底地震観測網は、地震発生確率の高い三陸沖北部の地震活動を正確に把握すること

を目的として実施された。三陸沖北部想定震源域の北西部において約 20km から 25km 間隔の観測点配置となっている。平成 17 年度は、引き続き三陸沖北部の地震活動データを蓄積した後、平成 17 年 10 月に用船により全観測点を回収して観測を終了した。続く平成 17 年 12 月および平成 18 年 1 月に大型ヘリコプターを用いて、新規購入及び回収後の再整備を実施した長期観測型海底地震計総計 30 台を、地震発生確率の高い根室沖・釧路沖に設置して観測を開始した。平成 18 年 10 月頃までこの観測を継続した。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。海底長期観測データの処理システムを新規整備した。さらに、回収した海底長期観測データを陸域地震データに併合して処理し、三陸沖北部の地震活動の正確な把握を進めた。

#### 3) 平成 18 年度

根室沖から釧路沖にかけての領域に展開した海底地震計を回収し、海・陸の地震データを解析して、根室沖想定震源域のより正確な地震活動の把握をすすめる。また、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域で、海底地震計による観測を開始する。また、本観測研究の中間とりまとめを行う。

#### 4) 平成 19 年度

三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に展開した海底地震計を回収し、海・陸の地震データを解析して、当該海域のより正確な地震活動の把握をすすめる。三陸沖中部から福島県沖にかけての領域で、海底地震計による観測を開始する。

#### 5) 平成 20 年度

三陸沖中部から福島県沖にかけての領域に展開した海底地震計を回収し、海・陸の地震データを解析して、当該海域のより正確な地震活動の把握をすすめる。福島県沖から房総沖にかけての領域で、海底地震計による長期観測を行い、海・陸データ解析から、より正確な地震活動の把握をすすめる。最終年度にあたるため、年度内に全観測点を回収し、本観測研究の総まとめを行う。

#### (e) 平成 18 年度業務目的

平成 17 年度に設置した 30 台の長期観測型海底地震計を回収し、海・陸の地震データを解析して、根室沖から釧路沖におけるより正確な地震活動の把握をすすめる。回収した海底地震計を再整備するとともに、新規整備した長期観測型海底地震計と合わせて総計 42 台による長期観測を三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に展開し、19 年度前半までの長期観測を開始する。この観測は、海溝型地震が過去に発生している三陸沖北部から 2003 年十勝沖地震震源域の西側にかかる領域での地震活動を、より正確に把握することを目的としている。詳細なプレート境界の形状の把握、及び地殻構造と地震活動の対比等について解析を行う。海底地震計の配置にあたっては、事前に関係機関等との調整を行う。陸域地震観測網による地震データの集積をすすめる。

## (2) 平成18年度の成果

### (a) 業務の要約

平成17年度計画として平成17年12月および平成18年1月に大型ヘリコプターを用いて、新規購入及び回収後の再整備を実施した長期観測型海底地震計総計30台を、地震発生確率の高い根室沖から釧路沖にかけて設置して観測を開始した。根室沖から釧路沖にかけては約20kmから25km間隔の観測点配置となっている。平成18年度は、引き続き根室沖から釧路沖の地震活動データを蓄積した後、平成18年9月に用船により全観測点を回収して観測を終了した。続く平成18年10月に用船により22台の、平成18年11月に大型ヘリコプターを用いて20台の、新規購入及び回収後の再整備を実施した長期観測型海底地震計総計42台を、地震発生確率の高い三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に設置して観測を開始した。平成19年6月頃までこの観測を継続する。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。海底長期観測データの処理システムを強化および新規整備した。さらに、回収した海底長期観測データを陸域地震データに併合して処理し、根室沖想定震源域における地震活動の正確な把握を進めた。一方、平成17年度に回収した三陸沖北部の地震観測データの解析を引き続き実施し、三陸沖北部の地震活動の正確な把握を進めた。

### (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）に接続する形で、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に長期観測型海底地震計を設置するにあたり、本業務による前年度までの成果等を考慮にいれて観測点配置の調整を行うと共に、事前に関係機関等との調整を行った。なお、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に設置した観測点は42点である。42観測点の配置は、過去に海底地震観測を実施した観測点と一部が重複するように配置するものとし、そのうち1観測点は、他の41観測点の北東端と独立行政法人海洋研究開発機構が敷設した十勝・釧路沖のケーブル式海底地震観測網の先端観測点との中間地点とするよう配置を調整した。海底地震計の設置・回収作業にあたっては、現地関係機関（者）等と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。

#### 2) 長期観測型海底地震計等の整備

新規購入および根室沖・釧路沖から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した。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も動作試験等を行い総合的な整備を実施した。

#### 3) 長期観測型海底地震計の設置・回収

平成17年度に根室沖から釧路沖にかけて設置した観測網は、平成18年9月に全観測点の長期観測型海底地震計回収作業を用船によって実施した。続く平成18年10月に用

船を用いて三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に 22 観測点の設置を実施した。さらに、平成 18 年 11 月に大型ヘリコプターをチャーターして残る 20 観測点を設置したことによって、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域の 42 観測点に海底地震計を設置する作業を完了した。

#### 4) 浅部構造のデータ収集・解析

平成 18 年 5 月から 6 月にかけて用船し、シングルチャンネルハイドロフォン・ストリーマーを曳航してのエアガン（3 台）発震を、根室沖から釧路沖にかけての領域で実施した。この構造調査のデータを解析して、震源決定に用いるための海底地震計直下の不均質浅部構造を精度良く求めた。

#### 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三陸および根室・釧路周辺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

海底長期観測データの処理システムを、データ量の増加に伴い、増設及び新規整備した。回収した海底地震計の約 9 ヶ月間のデータと陸域観測網で記録された地震データを統合した震源決定を行い、根室沖想定震源域における正確な地震活動の把握とより詳細なプレート境界の形状の把握を進めた。この結果、プレート境界の幾何学的形状を示唆する高精度な震源分布を得た。本業務の長期地震観測で求めた高精度な震源深さの等深度線は、海溝軸の走向とは斜行する。このことは、釧路から根室の方向（北東方向）に向かって、プレートの沈み込み角度が小さくなっていくことを示している。

#### 7) 運営委員会等の設置・開催

調査研究を効果的に推進するため、平成 18 年 9 月 4 日及び平成 19 年 3 月 20 日に、「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）」を開催した。

### (c) 業務の成果

陸域の高感度地震観測網によ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、日本海溝および千島海溝沿いの想定震源域の地震活動について、より小さな地震まで正確に震源決定できるようにすることは、予測精度の向上を図る上できわめて重要である。日本海溝・千島海溝では海溝型地震の発生が想定されており（図 1）、地震活動の正確な把握、プレート境界の位置・形状の推定や地震活動と地殻構造を比較することは、重要である。このため本調査研究においては、長期観測型海底地震計を対象領域に設置して 1 年程度の観測を行うという手法を使い（図 2）、順次観測網を移動することによって、日本海溝・千島海溝周辺全域にわたる、より正確な地震活動の把握をすすめている（図 3）。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開発したものを使用する。海底地震計に使われている地震センサーは陸域の高感度地震観測網では標準的な固有周期 1 秒の地震センサーと同等な周波数特性を持っており、海・陸地震データを併合して処理しやすい地震波形データを取得することができる。

平成 17 年 12 月および平成 18 年 1 月に新規整備および回収後再整備した 30 台の長期観測型海底地震計を設置して、根室沖から釧路沖にかけての領域で観測を開始した。地震調査研究推進本部地震調査委員会による海溝型地震の長期評価を踏まえて、地震発生確率が高い領域から観測を行うという考え方にに基づき、根室沖から釧路沖にかけての領域での観測を 2 年次目に実施したものである。観測網は十勝沖想定震源域の東部および根室沖想定震源域の西部に設定した。観測域の一部は、2003 年に発生した十勝沖地震の震源域となっている。十勝沖では、2003 年十勝沖地震本震発生直後に海底地震計による余震観測（Shinohara et al., 2004<sup>10</sup>）、山田・他 2005<sup>13</sup>）が実施されているほか、地震予知計画等において自然地震の観測および地殻構造調査（Iwasaki et al., 1989<sup>6</sup>）が実施されており、正確な震源決定による地震活動の特徴の把握、プレート境界の形状の把握、地殻構造と地震活動の対比等に関する知見がある（Yamanaka and Kikuchi, 2004<sup>14</sup>）。一方、今回の観測域では、東側で地殻構造調査（Nakanishi et al., 2004<sup>7</sup>）が行われているが、まだ地震学的な知見の蓄積が少ない領域である。

根室沖から釧路沖にかけての観測実施にあたっては、関係機関(者)等との調整を行い、最終的に海底地形を考慮して水深が 1000m より深い海域に海底地震計を設置した(図 4)。海底地震計は、大型ヘリコプターを用いて、平成 17 年 12 月 17 日と 21 日に計 18 台、平成 18 年 1 月 25 日と 26 日に計 12 台の総計 30 台を設置した(表 1)。平成 18 年 5 月 27 日から 6 月 4 日にかけて、震源決定に用いるための海底地震計直下の不均質浅部構造を精度良く求めるために、用船を用いて、エアガン 3 台(総容量 75 リットル)による発震を行った(写真 1、2)。長期観測型海底地震計は、平成 18 年 9 月 14 日から 17 日にかけて、用船により全台回収された(写真 3)。

その後、平成 18 年 10 月と 11 月に新規整備した 12 台の長期観測型海底地震計を加え、総計 42 台の長期観測型海底地震計を、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に設置して、観測を開始した(表 2)。地震調査研究推進本部地震調査委員会による海溝型地震の長期評価による地震発生確率が高い三陸北部の想定震源域東側の領域およびその領域と 2003 年十勝沖地震の震源域境界の地震活動を明らかにする目的である。設置した海底地震計の位置を図 5 に示す。この領域は、これまで十分な観測が行われておらず、知見の蓄積が少ない海域である。新規整備の海底地震計の都合のために、晩秋期における設置となり、平成 18 年 10 月に実施した船舶による設置では、海況の比較的良好な観測域南側に 22 台の地震計を設置した(写真 4)。その後は、海況が不良であることが多く、船舶による設置は困難であると考えられたために、ヘリコプターによる設置を行った(写真 5)。ヘリコプターによる設置は、ある程度までの強風下でも実施することが可能であり、平成 18 年 11 月 23 日から 25 日の 3 日間で 20 台を設置した。海底地震観測データは来年度の地震計回収まで待つ必要があるが、地震活動はある程度活発な場所であり、海溝軸から陸域まで連続的に、より正確な震源による地震活動の把握、プレート境界の形状の把握、地殻構造と地震活動の対比等を行う予定である。

#### 1) 三陸沖北部想定震源域北西部における海陸データ統合解析

平成 18 年度は、平成 17 年度に引き続き、平成 17 年 10 月に三陸沖北部から回収した 18 台の長期観測型海底地震計のデータを用いて、三陸沖北部想定震源域北西部の正確な震源位置の推定を進めた。回収作業は、地震研究所の用船で新日本海事株式会社所有の「新世丸」によって、平成 17 年 10 月 26 日から 10 月 27 日にかけて行われた。また、この回収作業に先立って、平成 17 年 9 月に、独立行政法人海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」が、観測域においてエアガン発震を行った。このエアガンからの地震波により、震源決定精度向上のために、地震計直下の浅部構造の推定を行うと共に、測線下の深部構造の推定も行った。

まず、海底地震計記録から、気象庁一元化震源リストにある地震について検測を行った。それらの地震について、速度構造と矛盾の少ない震源分布を求めてプレート境界面の形状をより精度良く推定する目的で、Thurber (1983)<sup>11)</sup>の手法を用いて三次元速度構造トモグラフィ解析を行った。解析に使用した観測点数は、長期観測型海底地震計 17 点、陸域定常観測点 54 点、海底ケーブル観測点 3 点の計 74 点である。ALS01 海底地震観測点の記録は良好ではなかったため、今回の解析には使用していない。解析対象とした地震数は 602 個で、30 点以上の観測点で P 波、S 波両方が検測されていることを条件として解析する地震を選択した。データ数は P 波、S 波ともに、22658 個であった。グリッド間隔は水平方向で 20km、鉛直方向では 20km 以浅を 5km、以深を 20km とした。気象庁一元化震源は、観測網の偏りによる系統的なずれがありトモグラフィ解析の初期震源としては適さないため、海底地震計検測データも加えて一次元速度構造による震源再決定を行った。その際、陸域と海域では地下速度構造が大きく異なることを考慮して、陸域観測点と海域観測点とで 2 種類の異なる一次元速度構造を与えた。解析に使用した地震・観測点・グリッド配置は図 6 に、初期震源位置の計算に使用した一次元速度構造は図 7 に示す。一次元速度構造で計算した結果、解析対象とした地震 602 個の内、576 個が残差 0.8 秒以下で震源再決定された。次に、この一次元速度構造での震源決定位置を初期震源位置とし、海域の地下速度構造の特徴を踏まえた水平成層構造を初期モデルとして(図 7 の緑線。緑実線が P 波の速度構造、緑破線が S 波の速度構造を示す)、三次元地震波速度構造トモグラフィ解析を行った。発震時・震源位置とグリッドの P 波および S 波の速度を同時インバージョンにより求め、最終的に、532 イベントが残差 rms0.3 秒以下で震源決定された。残差 rms0.3 秒以下で再決定された震源を図 8 に、同時に推定された速度構造を図 9 に示した。海底地震観測網記録を用いたトモグラフィ解析によって決定された震源と、気象庁一元化震源を比較すると、震央位置に大きな変化はみられなかったが、深さ方向には大きく変化している。海底地震観測網で決定された震源分布では、震源がより薄い面を形成しているように見え、その差異は特に海溝に近いところで顕著となる。

次に、海底地震計の連続波形記録から、一元化震源リストには無く、海底地震計のみで記録されているより小さなマグニチュードの地震 910 個について検測を実施して、震源決定を行った。震源決定には、先のトモグラフィ解析で求めた三次元地震波速度構造を使用した。走時残差 rms の平均値は 0.17 秒である。図 10 に求めたより小さな地

震の震源分布を示す。また、図 11 に同海域で実施された地殻構造探査によるプレート境界面 (Ito et al., 2004<sup>5)</sup>) との比較を示した。

本研究で求めたトモグラフィ解析による震源分布および海底地震計のみで観測されたより小さな地震の三次元速度構造による震源分布を、観測領域の南隣である 1994 年三陸はるか沖地震の余震域における震源分布 (桑野, 2005<sup>8)</sup>) と比較した結果、プレート境界の深さは、三陸沖から日本海溝・千島海溝会合部に向かって、10km 程度急に浅くなっていることが分かった (図 12)。これは海溝会合部におけるプレート沈み込み方向の変化に伴うものであると考えられる。また、1968 年十勝沖地震の北側アスペリティ領域との位置関係から、北側アスペリティの北縁とプレート境界面の深さ変化がみられる地点とはほぼ同じ位置であることが分かった。このことから、沈み込む海洋プレートの幾何学的形状が大地震のすべり領域の拡がりを制約する条件の一つである可能性が示唆される。

三陸沖北部の長期海底地震観測網を展開した領域において、平成 16 年 9 月にエアガンを用いた地殻構造探査を独立行政法人海洋研究開発機構の白鳳丸で実施している (図 13)。構造探査の目的は、より正確な震源決定に必要となる長期観測型海底地震計直下の堆積層構造を明らかにすることと、本研究で求められた高精度震源分布と対比できる地殻構造を求めることである。構造解析にあたっては、得られた海底地震計データから距離時間軸断面図を作成し (図 14)、次に  $\tau$ - $p$  法 (Shinohara et al., 1994<sup>9</sup>)、Diebold and Stoffa, 1981<sup>11</sup>) により各長期観測型海底地震計直下の浅部 P 波速度構造を求めた後、二次元波線追跡法 (Zelt and Smith, 1992<sup>15</sup>) により各測線下の P 波速度構造を求めた (図 15)。構造の初期モデルは過去に行われた構造探査の結果 (Hayakawa et al., 2002<sup>4</sup>), Ito et al., 2004<sup>5</sup>) を参考にして作成し、試行錯誤的に最適な構造解を求めた。求めた速度構造からは、本観測領域での太平洋プレート上面の深さが、測線 Line4 の下で 20km 程度、測線 Line3 の下で 30km 程度であることまた、測線 Line2 および Line3 の構造から島弧側の地殻構造は水平方向の不均質が大きいことが明らかとなった。構造探査測線とアスペリティの位置関係は図 16 に示した。

本研究による二次元地震波速度構造と高精度な震源分布を対比してみると、本観測海域での地震の多くはプレート境界付近で発生していることがわかる (図 17)。また、アスペリティと考えられる領域ではプレート境界での定常的な地震活動が少ないことが、気象庁一元化震源から分かっていたが、本研究で初めて求められた一元化震源リストには含まれないよりマグニチュードの小さな地震の震源分布からも、アスペリティと考えられる領域ではプレート境界での定常的な地震活動が少ないことが、改めて確認された。

## 2) 根室沖・釧路沖における海陸データ統合解析

平成 18 年 9 月に、釧路沖・根室沖から回収された長期観測型海底地震計のデータを用いて、根室沖・釧路沖の正確な震源位置の推定を行った。回収作業は、地震研究所の用船で洞海マリンシステムズ (株) 所有の「みらい」によって、平成 18 年 9 月 14 日から 9 月 17 日にかけて行った。また、平成 18 年 5 月 27 日から 6 月 4 日にかけて、株式会社オフショア・オペレーション「第 5 海工丸」を用いて、観測域において、エアガンの発震を行った。このエアガンの直接到達波の走時を用いて、各長期観測型海底地震計の

着底位置を決定した（表 1）。今回回収した長期観測型海底地震計の観測期間は平成 17 年 12 月下旬から平成 17 年 9 月中旬の約 9 ヶ月間である。

回収した海底地震計 1 台（NLS27）は、データが欠落しており、解析には 29 台の長期観測型海底地震計を使用した。これらの地震記録は時刻校正を行った後、近接する陸上の地震観測点 38 点およびケーブル式海底地震観測点 3 点のデータと統合した。これらのデータは、はじめに気象庁が決定した一元化震源リストに基づき 1418 個の地震波形の切り出しを行い、WIN システム（ト部・東田，1992<sup>12</sup>）を利用してディスプレイ上で目視による検測を行った。一元化震源リストに含まれていない地震については、本観測網直下で発生したと考えられる地震について、海底地震連続記録から、上記と同様の方法で検測作業を行っているところである。これまでに検測を行った日別の地震数を図 18 に示す。もっとも検測作業が進んでいる 2006 年 2 月分については、気象庁一元化震源リストに含まれる地震の 2 倍程度の数の地震について、読み取りを実施している。

次にこれらの読み取り値を用いて、Hirata and Matsu'ura (1987)<sup>3</sup>)を用いて震源決定を行った。速度構造は Nakanishi et al. (2004)<sup>7</sup>)を参考にして、図 19 に示す P 波速度構造を使用し、 $V_p/V_s$  は 1.73 とした。また、主として観測点直下の不均質構造の影響を除去するため、暫定的に観測点補正值を導入した（図 20）。観測点補正值は各観測点の走時残差の平均値を初期観測点補正值として与え、5 回震源決定を繰り返すことによって求めた。

海底地震計データを用いた震源決定では、海底地震計直下の堆積層が走時に大きく影響する。そこで、平成 18 年 5 月から 6 月にかけてエアガンを用いた地殻構造調査を行った（図 21）。このデータから距離時間軸断面を作成し（図 22）、過去に行われた構造探査の結果（Iwasaki et al., 1989<sup>6</sup>）、Nakanishi et al., 2004<sup>7</sup>)を参考にし、二次元波線追跡法（Zelt and Smith, 1992<sup>15</sup>）により（図 23）、海底地震計直下の浅部 P 波速度構造を求めた（図 24）。

気象庁の一元化震源リストに含まれる地震 1418 個と、一元化震源リストに含まれない地震 1041 個の震央を図 25 と図 26 に示す。Yamanaka and Kikuchi (2004)<sup>14</sup>)によって求められた 1973 年根室沖地震、2003 年十勝沖地震、2004 年釧路沖地震のすべり域と、地震調査委員会による根室沖地震想定震源域も重ね合わせた。1973 年根室沖地震のすべり領域および根室沖地震想定震源域では、海溝寄りの領域で地震活動度が低いことが気象庁一元化震源リストから明らかになっていたが、一元化震源リストに含まれない微小地震活動をみても、同様に活動度が低いことが、本研究で初めて明らかとなった。

図 27 に本研究で求めた 9 ヶ月分の高精度な震源と、2002 年から 2006 年までの 5 年間の気象庁一元化震源の鉛直断面を示す。一元化震源からみえるような二重地震面（Hasegawa et al., 1978<sup>2</sup>）に沿って地震が分布しているほか、特に陸から離れた領域では、海底地震計データを含めた結果の方が震源の深さ方向のばらつきが小さく、相対的に浅く決まる傾向にある。これは速度構造の不均質の影響のほか、陸域の高感度地震観測網が、陸から離れた海域で発生する地震に対しては、震源深さ決定の分解能が低下しているためと考えられる。

気象庁一元化震源の断面図と、本研究で得られた震源の断面図を比較する（図 28）と、海溝寄り付近では本観測データを加えた震源の方が震源の深さがより浅く決まっており、



3.2.1.1. より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究（日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）

海溝軸近傍で太平洋プレートが沈みこみを開始し、沈み込み角度が沈み込み方向に連続的に増加していく様子がよくわかる。

表1 平成17年度に設置した根室沖・釧路沖の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
NLS01	05/12/20-13:50:05	42-33.553	144-28.639	1120	693	05/12/20 18:00
NLS02	05/12/17-12:07:01	42-33.351	144-43.471	1180	636	05/12/17 18:00
NLS03	05/12/17-12:19:07	42-35.979	144-57.926	1140	695	05/12/17 18:00
NLS04	05/12/17-12:32:17	42-40.936	145-11.349	1280	694	05/12/17 18:00
NLS05	05/12/17-12:43:08	42-45.521	145-24.047	1400	617	05/12/17 18:00
NLS06	05/12/17-12:54:08	42-50.471	145-37.477	1450	687	05/12/17 18:00
NLS07	05/12/17-13:05:15	42-54.256	145-50.274	1680	688	05/12/17 18:00
NLS08	05/12/20-13:40:41	42-24.170	144-28.563	1400	685	05/12/20 18:00
NLS09	05/12/20-10:26:16	42-23.656	144-43.285	1750	619	05/12/20 18:00
NLS10	05/12/20-10:16:11	42-25.980	144-56.887	2150	618	05/12/20 18:00
NLS11	05/12/20-10:05:24	42-30.119	145-10.476	1950	638	05/12/20 18:00
NLS12	05/12/20-09:54:37	42-35.011	145-23.527	2180	641	05/12/20 18:00
NLS13	05/12/20-09:44	42-40.035	145-36.968	2180	620	05/12/20 18:00
NLS14	05/12/20-09:32:53	42-44.917	145-49.915	2320	633	05/12/20 18:00
NLS15	05/12/20-13:31:04	42-15.997	144-36.061	1750	696	05/12/20 18:00
NLS16	05/12/20-13:22:12	42-09.747	144-42.859	1960	699	05/12/20 18:00
NLS17	05/12/20-13:11:26	42-14.773	144-55.203	2300	672	05/12/20 18:00
NLS18	05/12/20-13:00:43	42-19.226	145-09.316	2870	675	05/12/20 18:00
NLS19	06/01/27-10:49:51	42-24.040	145-22.266	2800	669	06/01/27 18:00
NLS20	06/01/27-10:39:48	42-28.920	145-35.699	2760	674	06/01/27 18:00
NLS21	06/01/27-10:29:42	42-33.660	145-49.377	2930	631	06/01/27 18:00
NLS22	06/01/26-12:06:23	42-02.622	144-53.714	2540	626	06/01/26 18:00
NLS23	06/01/27-11:04:36	42-07.910	145-06.117	2910	629	06/01/27 18:00
NLS24	06/01/26-14:55:07	42-13.000	145-21.208	3400	668	06/01/26 18:00
NLS25	06/01/26-14:44:56	42-17.737	145-35.035	3600	670	06/01/26 18:00
NLS26	06/01/26-14:34:42	42-22.617	145-48.658	3280	627	06/01/26 18:00
NLS27	06/01/26-14:25:00	42-25.324	145-57.960	3270	634	06/01/26 18:00
NLS28	06/01/26-11:52:10	42-02.490	145-20.210	3680	673	06/01/26 18:00
NLS29	06/01/26-11:37:32	42-11.272	145-46.496	4220	657	06/01/26 18:00
NLS30	06/01/26-11:27:29	42-16.145	146-00.355	4120	632	06/01/26 18:00

(次ページに続く)

表 1（続き）

観測点 名	推定海底位置（WGS84）			位置決定方法	回収日
	緯度（度 - 分）	経度（度 - 分）	水深（m）		
NLS01	42 - 33.5268	144 - 28.6236	1036	エアガン	2006/9/14
NLS02	42 - 33.3378	144 - 43.3992	1109	エアガン	2006/9/17
NLS03	42 - 35.9442	144 - 57.8292	1159	エアガン	2006/9/17
NLS04	42 - 40.9038	145 - 11.2662	1250	エアガン	2006/9/17
NLS05	42 - 45.4986	145 - 23.9292	1397	音響測距	2006/9/17
NLS06	42 - 50.4354	145 - 37.3554	1447	音響測距	2006/9/17
NLS07	42 - 54.1986	145 - 50.1852	1674	音響測距	2006/9/16
NLS08	42 - 24.1266	144 - 28.5474	1397	エアガン	2006/9/14
NLS09	42 - 23.5578	144 - 43.1316	1719	エアガン	2006/9/16
NLS10	42 - 25.9236	144 - 56.6520	2123	エアガン	2006/9/16
NLS11	42 - 30.0366	145 - 10.2246	1905	エアガン	2006/9/16
NLS12	42 - 34.9536	145 - 23.3808	2194	エアガン	2006/9/16
NLS13	42 - 39.9678	145 - 36.7332	2175	エアガン	2006/9/16
NLS14	42 - 44.8488	145 - 49.8042	2293	音響測距	2006/9/16
NLS15	42 - 15.8538	144 - 35.9268	1737	エアガン	2006/9/14
NLS16	42 - 09.6912	144 - 42.7194	1922	エアガン	2006/9/14
NLS17	42 - 14.7654	144 - 55.1748	2251	エアガン	2006/9/16
NLS18	42 - 19.1874	145 - 09.2100	2866	エアガン	2006/9/16
NLS19	42 - 24.0270	145 - 22.2318	2940	エアガン	2006/9/16
NLS20	42 - 28.9194	145 - 35.6976	2712	エアガン	2006/9/16
NLS21	42 - 33.6660	145 - 49.3920	3015	エアガン	2006/9/15
NLS22	42 - 02.6184	144 - 53.7060	2455	エアガン	2006/9/14
NLS23	42 - 07.9188	145 - 06.1428	2952	エアガン	2006/9/15
NLS24	42 - 13.0362	145 - 21.3162	3419	エアガン	2006/9/15
NLS25	42 - 17.5974	145 - 34.9590	3548	エアガン	2006/9/15
NLS26	42 - 22.6140	145 - 48.6492	3276	エアガン	2006/9/15
NLS27	投入位置を使用				2006/9/15
NLS28	42 - 02.4690	145 - 20.1300	3641	エアガン	2006/9/15
NLS29	42 - 11.2932	145 - 46.5540	4285	エアガン	2006/9/15
NLS30	42 - 16.2480	146 - 00.4140	4101	音響測距	2006/9/15

表2 平成18年度に設置した三陸沖北部から十勝沖にかけての領域の長期観測型海底地震計の投入位置

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
ELS01	06/11/24-09:53:07	41-37.088	142-36.836	1050*	699	06/11/25-00:00:00
ELS02	06/11/24-09:01:39	41-27.618	142-49.670	1260*	631	06/11/25-00:00:00
ELS03	06/11/24-08:49:42	41-30.551	143-07.831	1070*	689	06/11/25-00:00:00
ELS04	06/11/23-13:53:09	41-30.782	143-25.107	1150*	657	06/11/24-00:00:00
ELS05	06/11/24-14:23:48	41-31.516	143-40.922	1150*	673	06/11/25-00:00:00
ELS06	06/11/25-08:49:28	41-37.910	143-57.777	1200*	693	06/11/26-00:00:00
ELS07	06/11/24-09:40:52	41-24.243	142-32.419	1350*	618	06/11/25-00:00:00
ELS08	06/11/24-09:27:20	41-14.993	142-44.478	1640*	617	06/11/25-00:00:00
ELS09	06/11/24-09:15:24	41-17.753	143-02.103	1910*	626	06/11/25-00:00:00
ELS10	06/11/24-11:43:20	41-18.043	143-19.257	2080*	632	06/11/25-00:00:00
ELS11	06/11/24-11:07:40	41-22.200	143-37.196	2200*	674	06/11/25-00:00:00
ELS12	06/11/25-09:32:07	41-25.523	143-52.679	2290*	620	06/11/26-00:00:00
ELS13	06/11/25-09:11:05	41-28.319	144-07.443	2150*	627	06/11/26-00:00:00
ELS14	06/10/22-15:53:39	41-04.95	142-56.40	1930	687	06/10/24-00:00:00
ELS15	06/10/21-16:11:30	41-05.29	143-13.37	2021	628	06/10/24-00:00:00
ELS16	06/11/24-11:31:49	41-11.342	143-32.923	2170*	669	06/11/25-00:00:00-
ELS17	06/11/24-14:09:00	41-14.694	143-48.295	2730*	641	06/11/25-00:00:00
ELS18	06/11/25-09:22:04	41-17.503	144-02.872	2900*	694	06/11/26-00:00:00
ELS19	06/10/21-11:47:08	40-52.16	142-50.75	1719	633	06/10/24-00:00:00
ELS20	06/10/21-13:49:15	40-52.54	143-07.55	1559	697	06/10/24-00:00:00
ELS21	06/10/21-17:46:46	41-00.45	143-28.69	2017	625	06/10/24-00:00:00
ELS22	06/11/24-11:21:08	41-03.870	143-43.894	2320*	619	06/11/25-00:00:00
ELS23	06/11/24-13:57:54	41-06.708	143-58.362	3300*	691	06/11/25-00:00:00
ELS24	06/10/22-13:07:15	40-49.59	143-24.49	1921	639	06/10/24-00:00:00
ELS25	06/10/21-19:05:25	40-52.97	143-39.55	2161	675	06/10/24-00:00:00
ELS26	06/11/24-13:48:40	40-57.965	143-54.748	3530*	647	06/11/25-00:00:00
ELS27	06/10/21-09:34:53	40-39.37	142-45.13	1670	685	06/10/24-00:00:00
ELS28	06/10/22-09:10:10	40-39.78	143-01.74	1474	664	06/10/24-00:00:00
ELS29	06/10/22-10:44:33	40-38.71	143-20.21	1717	695	06/10/24-00:00:00
ELS30	06/10/22-11:59:39	40-42.15	143-35.21	2415	671	06/10/24-00:00:00
ELS31	06/10/21-20:23:01	40-46.09	143-49.93	3130*	622	06/10/24-00:00:00
ELS32	06/10/21-07:36:16	40-27.03	142-56.11	1550	660	06/10/24-00:00:00

3.2.1.1. より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究（日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）

ELS33	06/10/22-07:16:44	40-27.84	143-16.07	1832	696	06/10/24-00:00:00
ELS34	06/10/22-03:24:55	40-31.31	143-30.89	2242	642	06/10/24-00:00:00
ELS35	06/10/22-00:46:35	40-34.25	143-45.04	2944	649	06/10/24-00:00:00
ELS36	06/10/21-21:49:25	40-37.08	144-00.28	4274	698	06/10/24-00:00:00
ELS37	06/10/21-05:49:38	40-14.25	142-50.26	1405	651	06/10/24-00:00:00
ELS38	06/10/22-05:54:08	40-16.95	143-11.88	1473	672	06/10/24-00:00:00
ELS39	06/10/22-04:36:43	40-20.45	143-26.63	2020	636	06/10/24-00:00:00
ELS40	06/10/22-02:06:04	40-23.40	143-40.61	2744	629	06/10/24-00:00:00
ELS41	06/10/21-23:13:34	40-26.17	143-55.79	4178	690	06/10/24-00:00:00
ELS42	06/11/25-08:59:53	41-39.141	144-12.001	2380*	634	06/11/26-00:00:00

\*は、ヘリコプターによる設置のために、水深は海図よりの読み取り値

3.2.1.1. より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究（日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）



写真 1 根室沖・釧路沖の浅部構造調査のために、使用したエアガン（平成 18 年 5 月）



写真 2 根室沖・釧路沖におけるエアガンの発震（平成 18 年 5 月）

3.2.1.1. より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究（日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）



写真3 根室沖・釧路沖から回収作業中の海底地震計（平成18年9月）



写真4 三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に設置される海底地震計（平成18年10月）

3.2.1.1. より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究（日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）



写真 5 大型ヘリコプターに搭載前の最終チェック（平成 18 年 11 月）



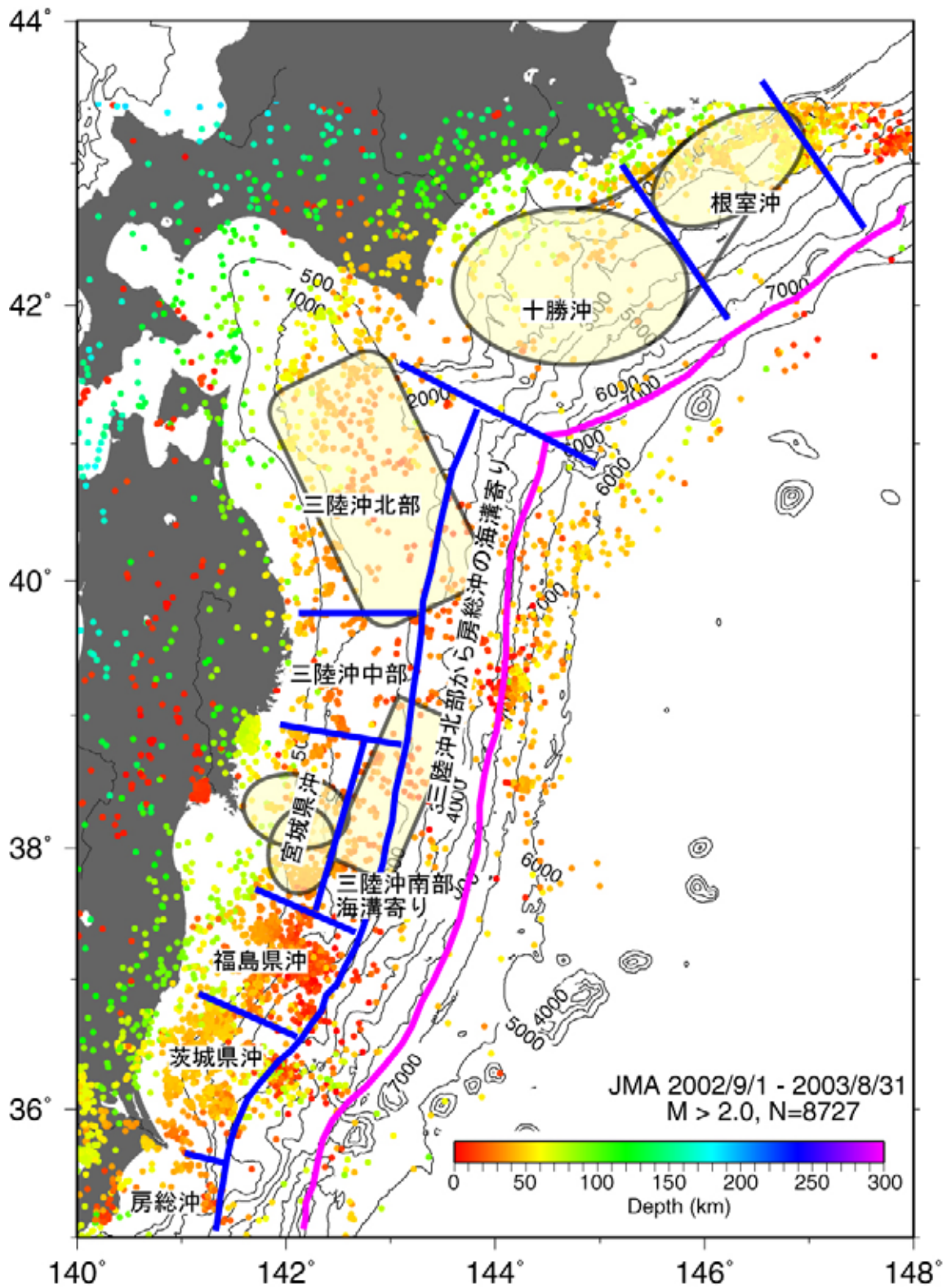


図1 地震調査委員会による海溝型地震想定震源域

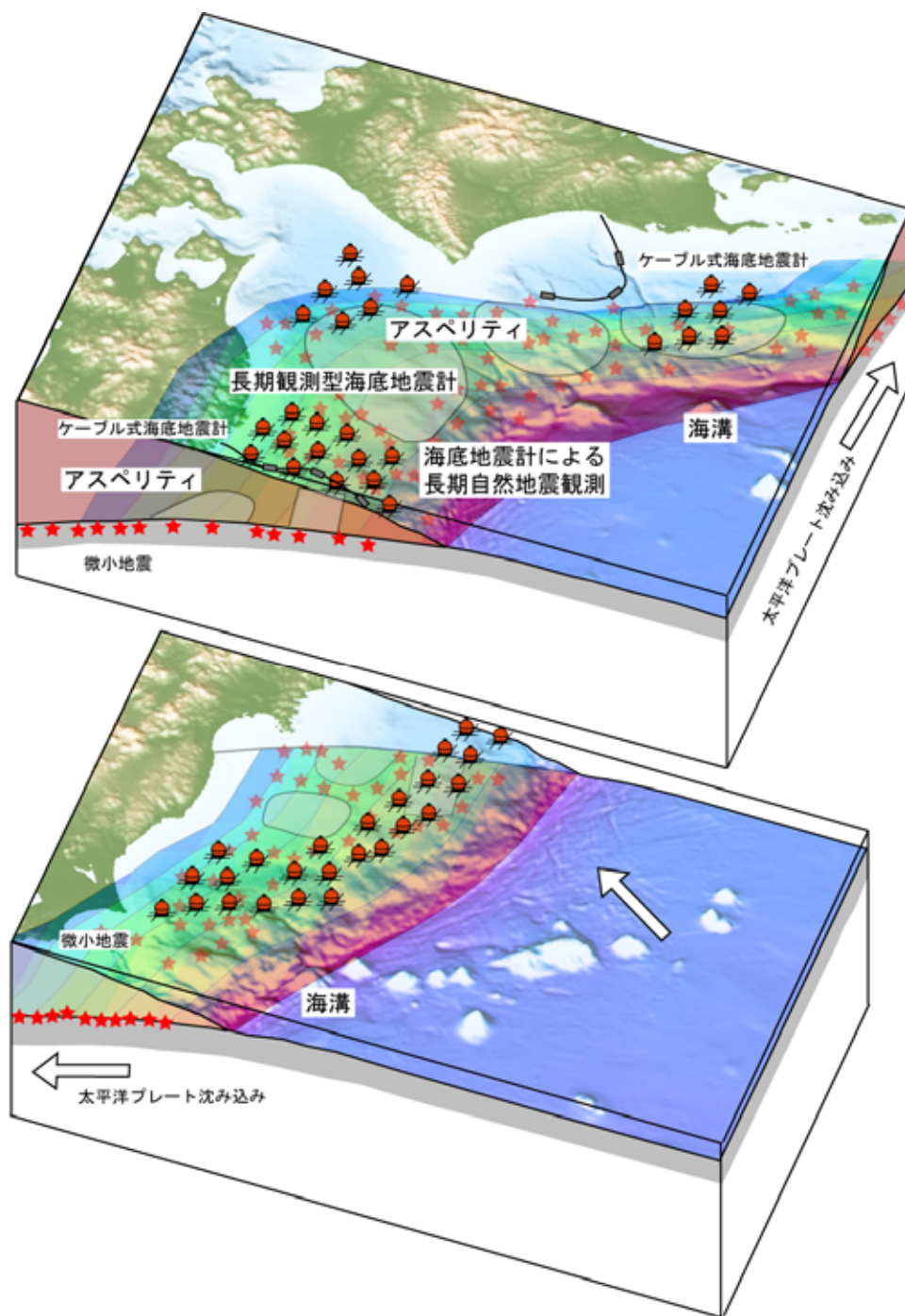


図2 長期観測型海底地震計を用いた観測手法の概念図

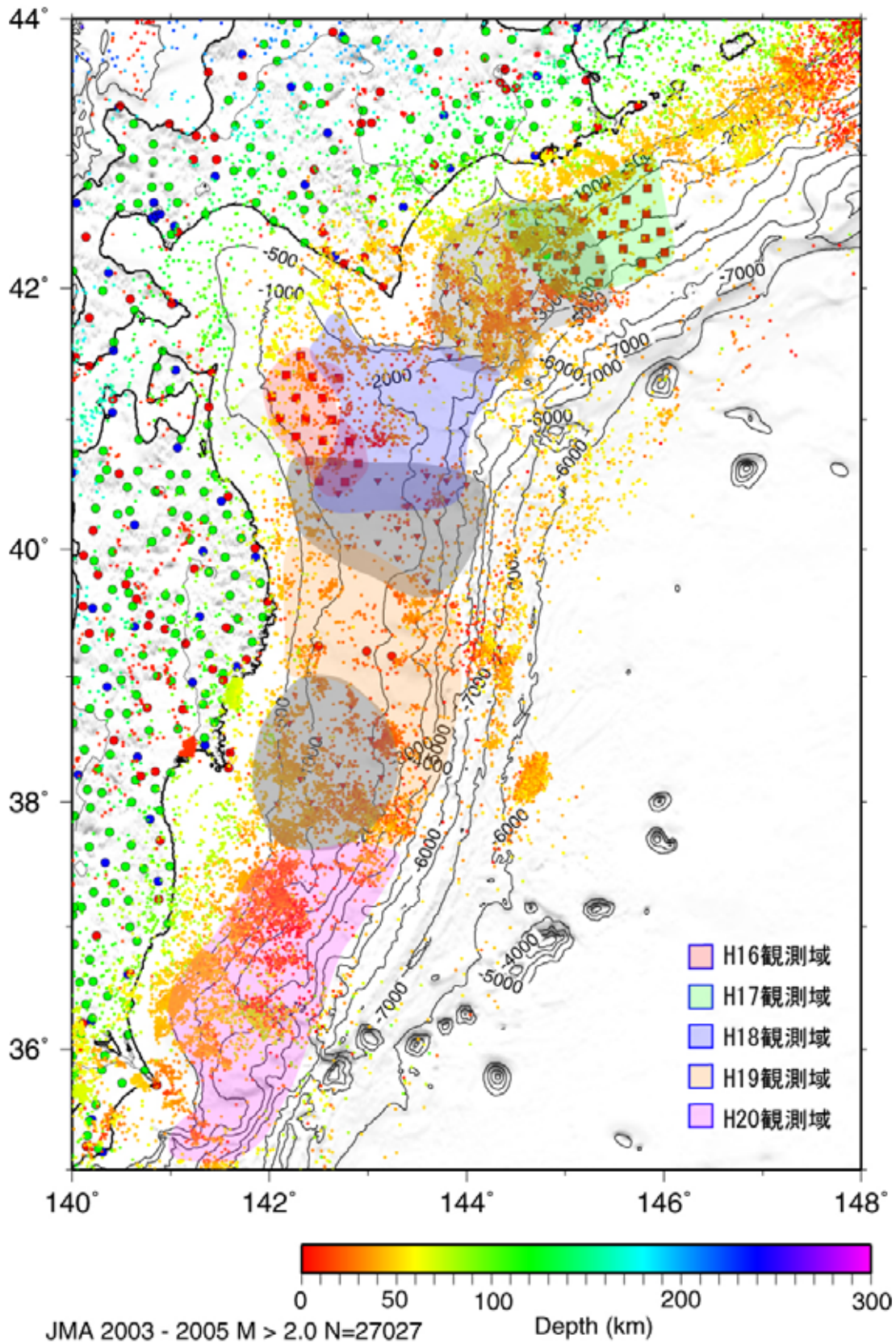


図3 本研究計画による長期海底地震観測計画

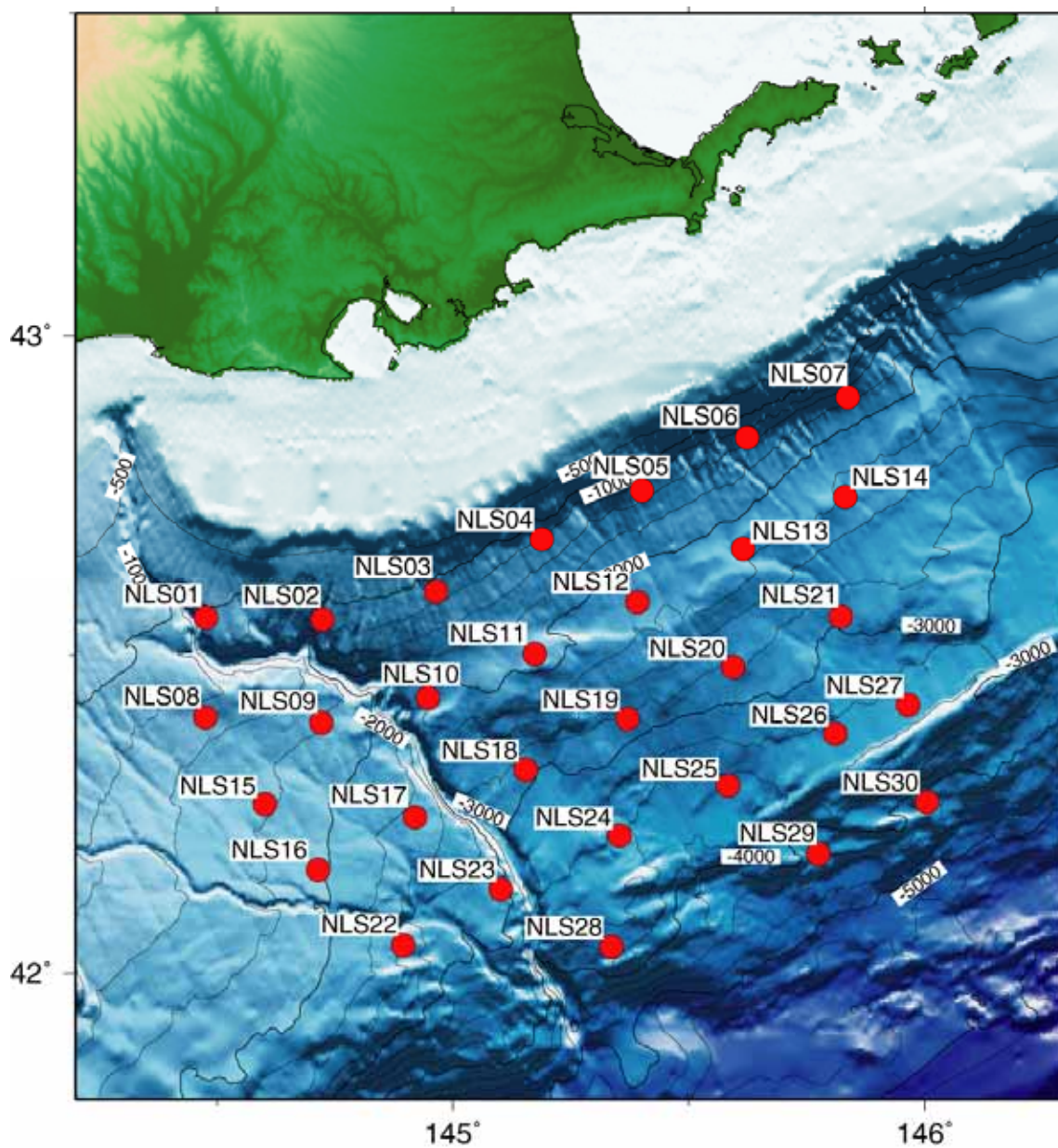


図4 平成17年度観測の根室沖・釧路沖の海底地震計設置点  
平成17年12月17日と20日にNLS01～NLS18を、平成18年1月26日と27日にNLS19～NLS30をヘリコプターを利用して設置した。

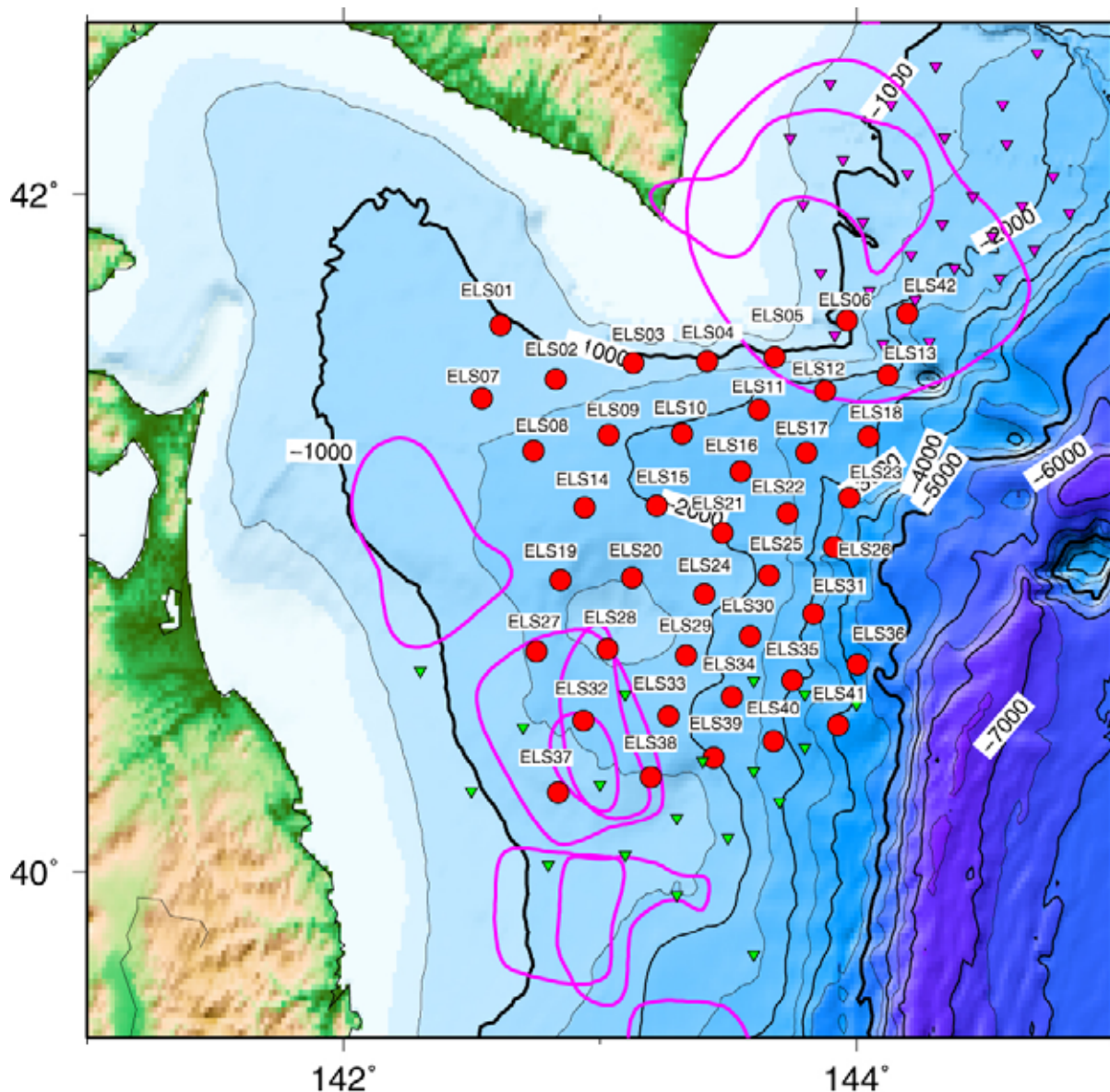


図5 平成18年度観測の三陸沖北部から十勝沖にかけての領域における海底地震計設置点  
 平成18年10月20日から23日にかけて、南側の22台を、平成18年11月23日から25日にかけて、北側の20台をヘリコプターを利用して設置した。赤丸が本研究計画で設置した長期観測型海底地震計、逆三角は、2003年十勝沖地震余震観測（赤）と1994年三陸はるか沖地震余震観測（緑色の逆三角）の海底地震計の設置位置を示す。赤のコンターは、Yamanaka and Kikuchi, 2004<sup>14)</sup>による大地震のアスペリティの位置を示す。

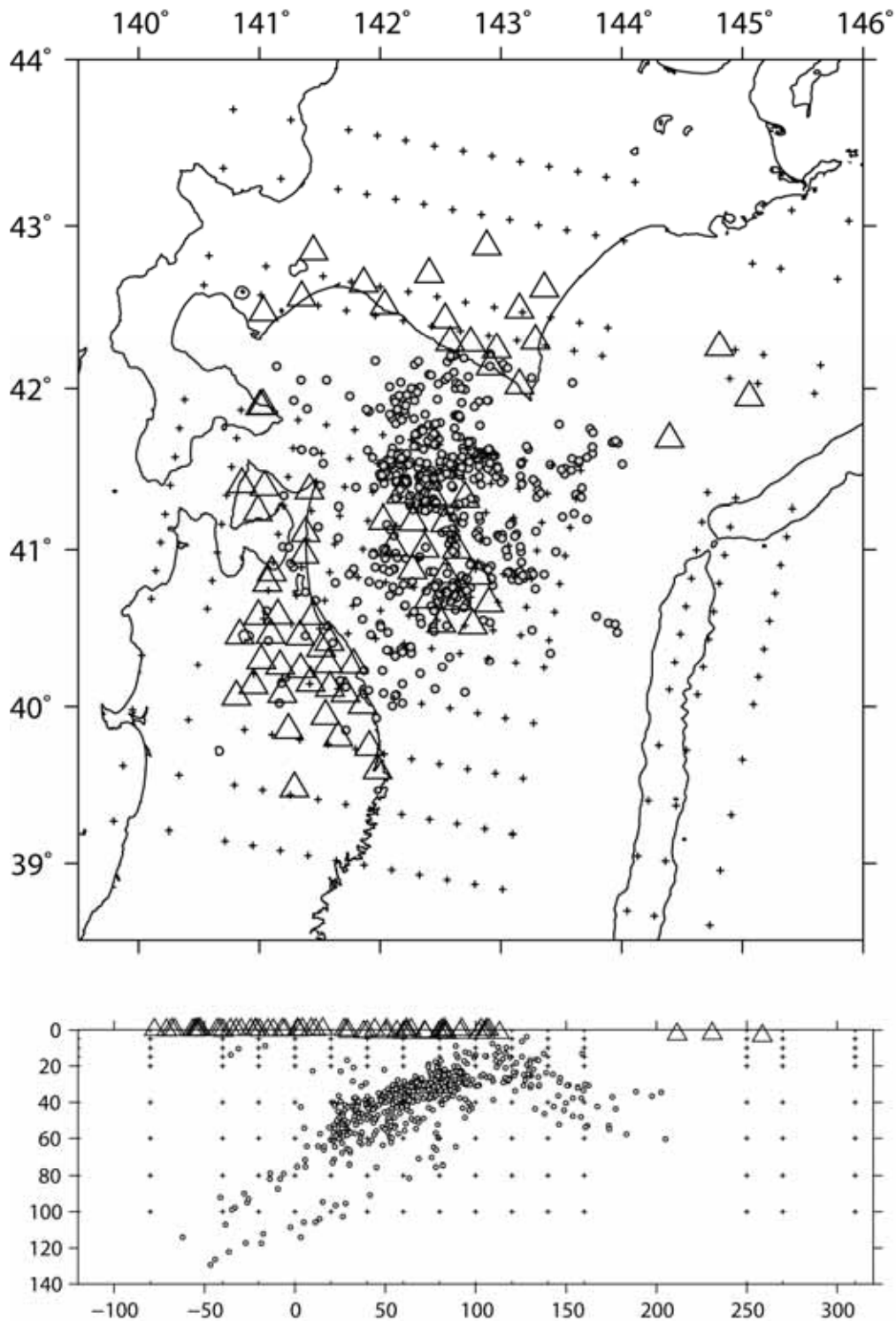


図6 トモグラフィ解析に使用した地震、観測点、グリッドの配置

三角が観測点、丸がトモグラフィに用いた初期震源、+がトモグラフィに用いたグリッドの位置を示す。初期震源は、気象庁が決定した一元化震源リストのうち、海底地震計で読み取ることができた地震を、一次元速度構造を用いて再震源決定した（576個）。

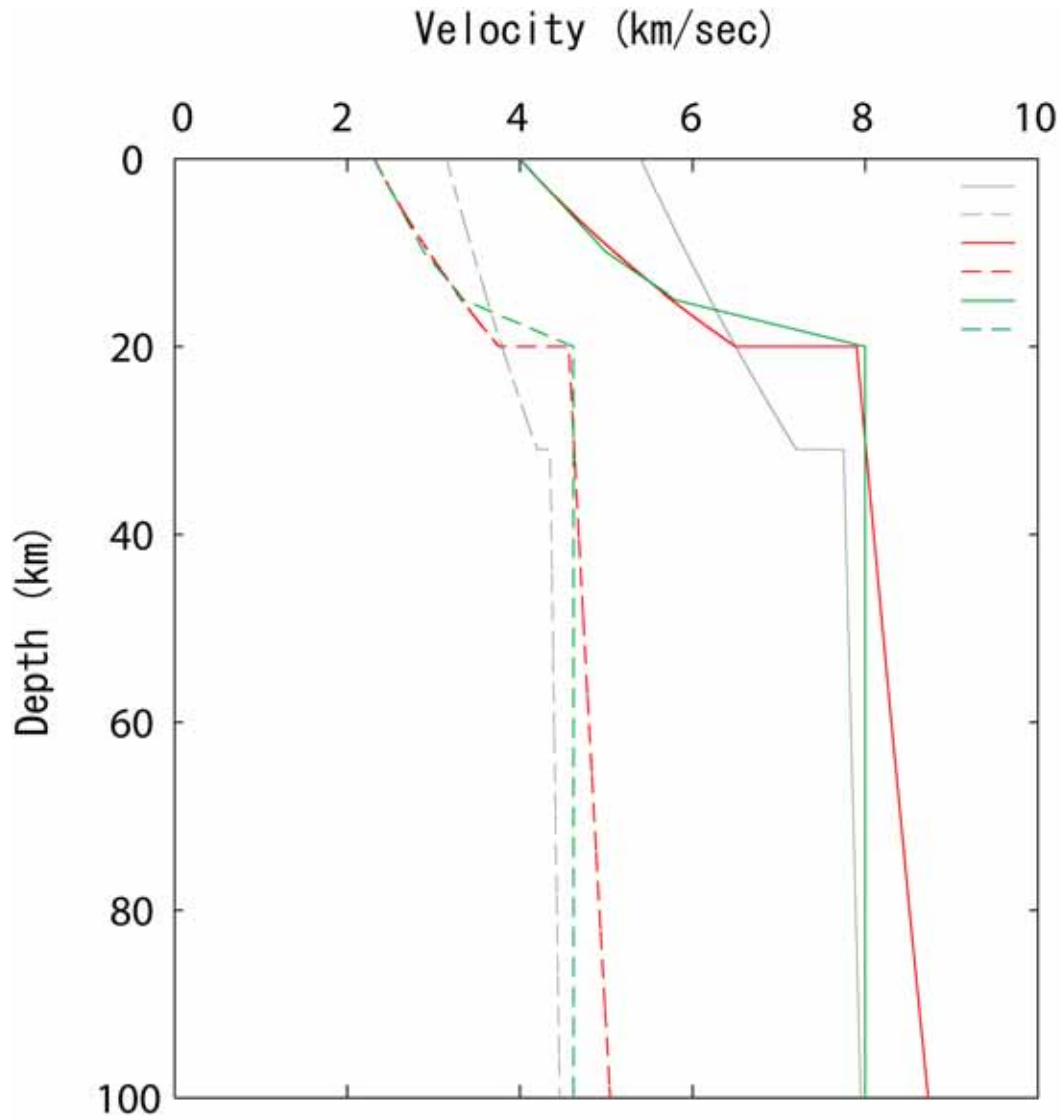


図7 気象庁が決定した一元化震源リストにある地震の再震源決定に使用した1次元速度構造（黒線が陸域、赤線が海域観測点に使用したもの）  
トモグラフィ解析に使用した初期速度構造（緑）も示す。実線がP波速度構造、破線がS波速度構造を表す。

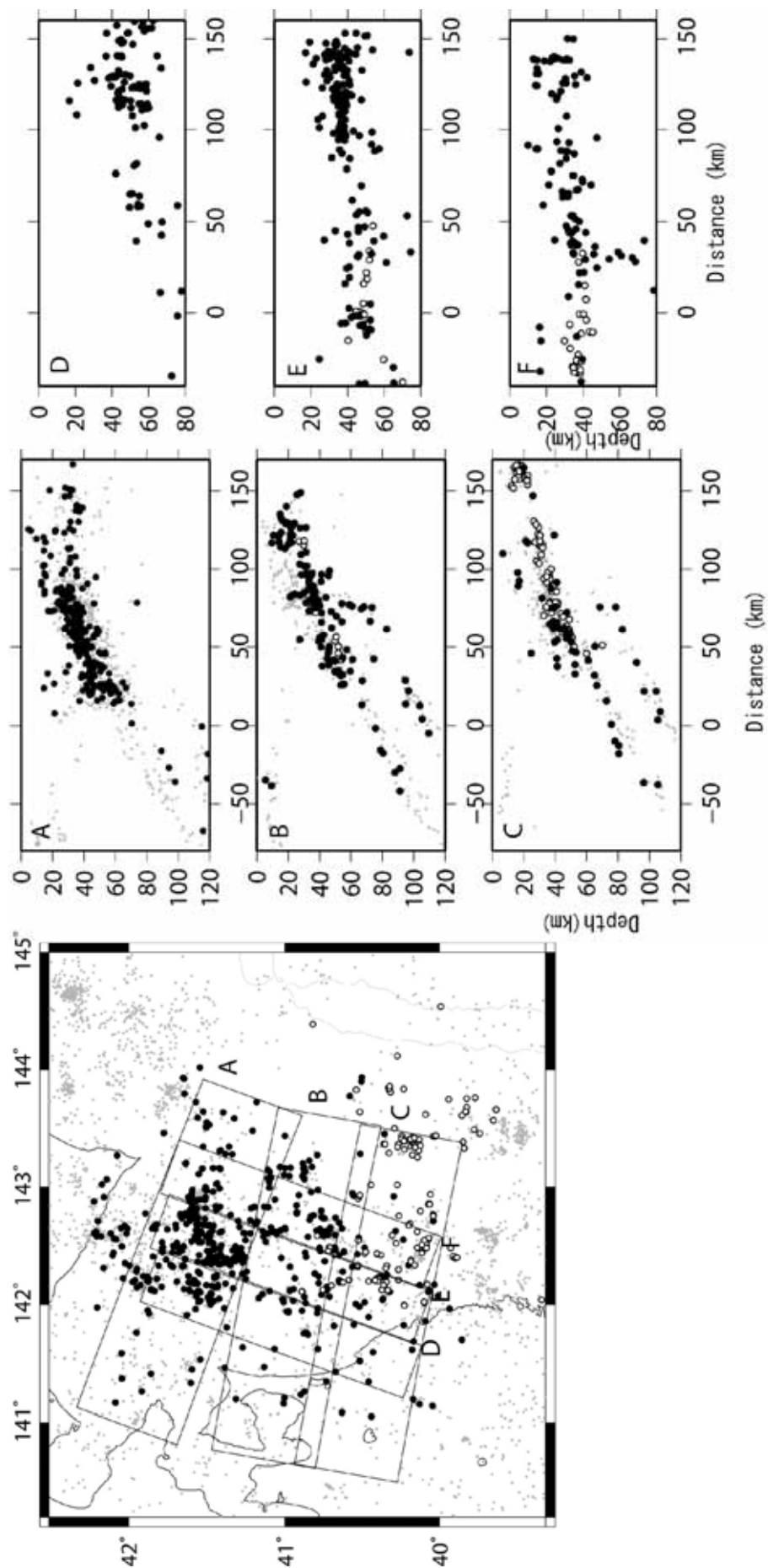


図8 気象庁が決定した一元化震源リストのうち、海底地震計で読み取ることができた地震をトモグラフィ的震源再決定の結果、1個の地震に対してすべての観測点の走時残差2乗平均が0.3秒以下である地震（532個）の震源分布（黒丸）  
 灰丸が海底地震観測で決定した1994年三陸はるか沖地震の余震（桑野、2005）。灰丸は、長期観測型海底地震計による観測期間にほぼ対応する2005年3月22日から2005年10月31日までに気象庁が決定した地震。A, B, Cはほぼ東西断面、D, E, Fはほぼ南北断面。



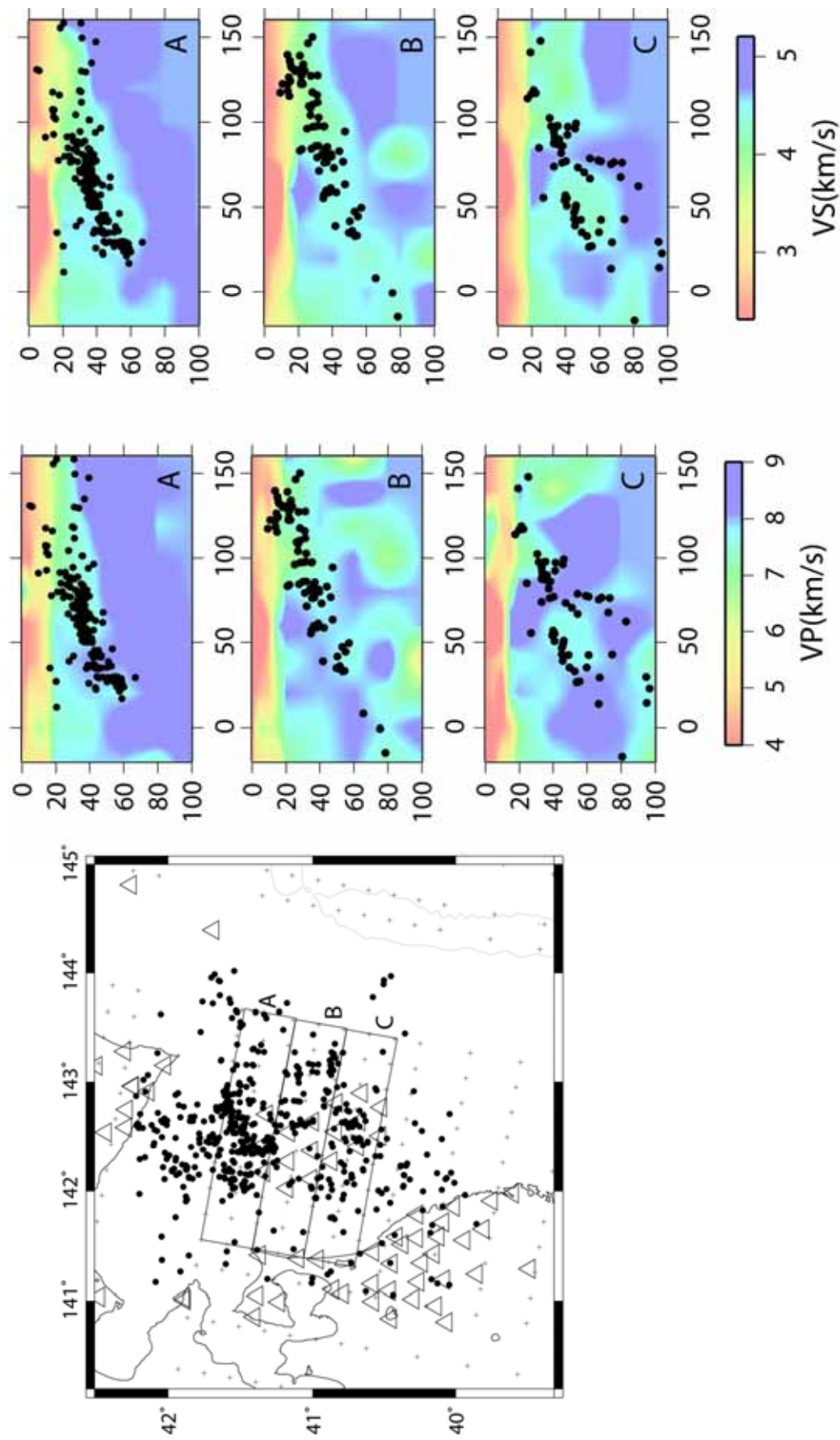


図9 トモグラフィ解析の結果推定された3次元地震波速度構造  
 黒丸は気象庁が決定した一元化震源リストのうち、海底地震計で読み取ることができた地震をトモグラフィ的震源再決定の結果、1個の地震に対してすべての観測点の走時残差2乗平均が0.3秒以下である地震（532個）の震源位置を示す。沈み込む海洋プレートが低速度域として、イメージされている。

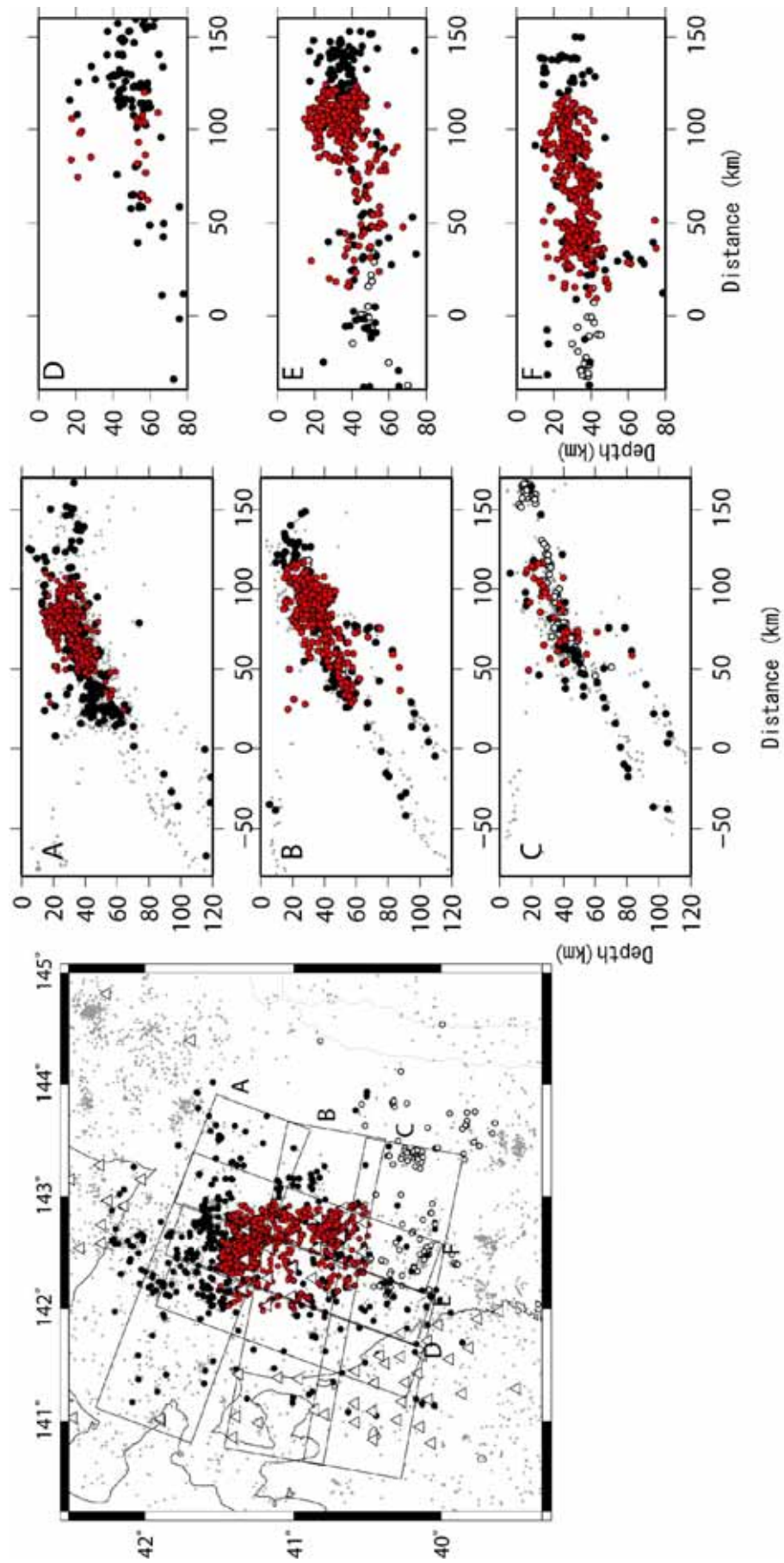


図10 長期観測型海底地震計のみで記録された地震を3次元速度構造を用いて決定した震源の位置（赤丸）  
 トモグラフィ解析のための初期震源は、一次元構造（図7）を用いて、求めた。黒丸は、気象庁が決定した一元化震源リストのうち、海  
 底地震計で読み取ることができた地震をトモグラフィ的震源再決定した震源位置、白丸は、海底地震観測で決定した1994年三陸はるか  
 沖地震の余震（桑野、2005）  
 灰丸は、長期観測型海底地震計による観測期間にほぼ対応する2005年3月22日から2005年10月31日ま  
 でに気象庁が決定した地震の震源位置。微小地震活動が高い領域は、規模の大きな地震の活動域とほぼ同一である。

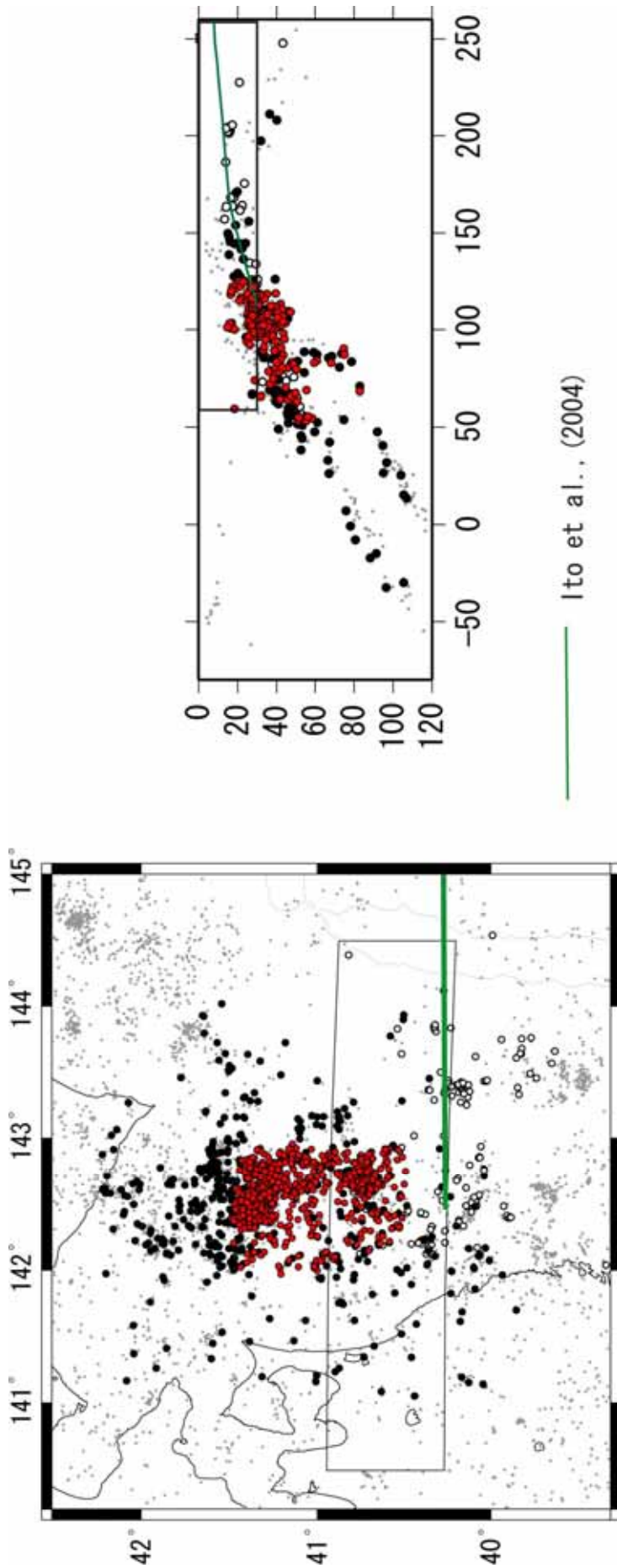


図 11 地震の震源分布と、海底地震計を用いた地殻構造探査から推定されたプレート境界面(緑実線, Ito et al., 2004)との比較  
 赤丸は、長期観測型海底地震計のみで記録された地震を 3 次元速度構造で決定した震源の位置。黒丸は、気象庁が決定した一元化震源  
 リストのうち、海底地震計で読み取ることができた地震をトモグラフィ的震源再決定した震源位置、白丸は、海底地震観測で決定した  
 1994 年三陸はるか沖地震の余震(桑野、2005)、灰丸は、長期観測型海底地震計による観測期間に気象庁が決定した地震の震源位置。プ  
 レート境界付近で多数の地震が発生していることが分かる。

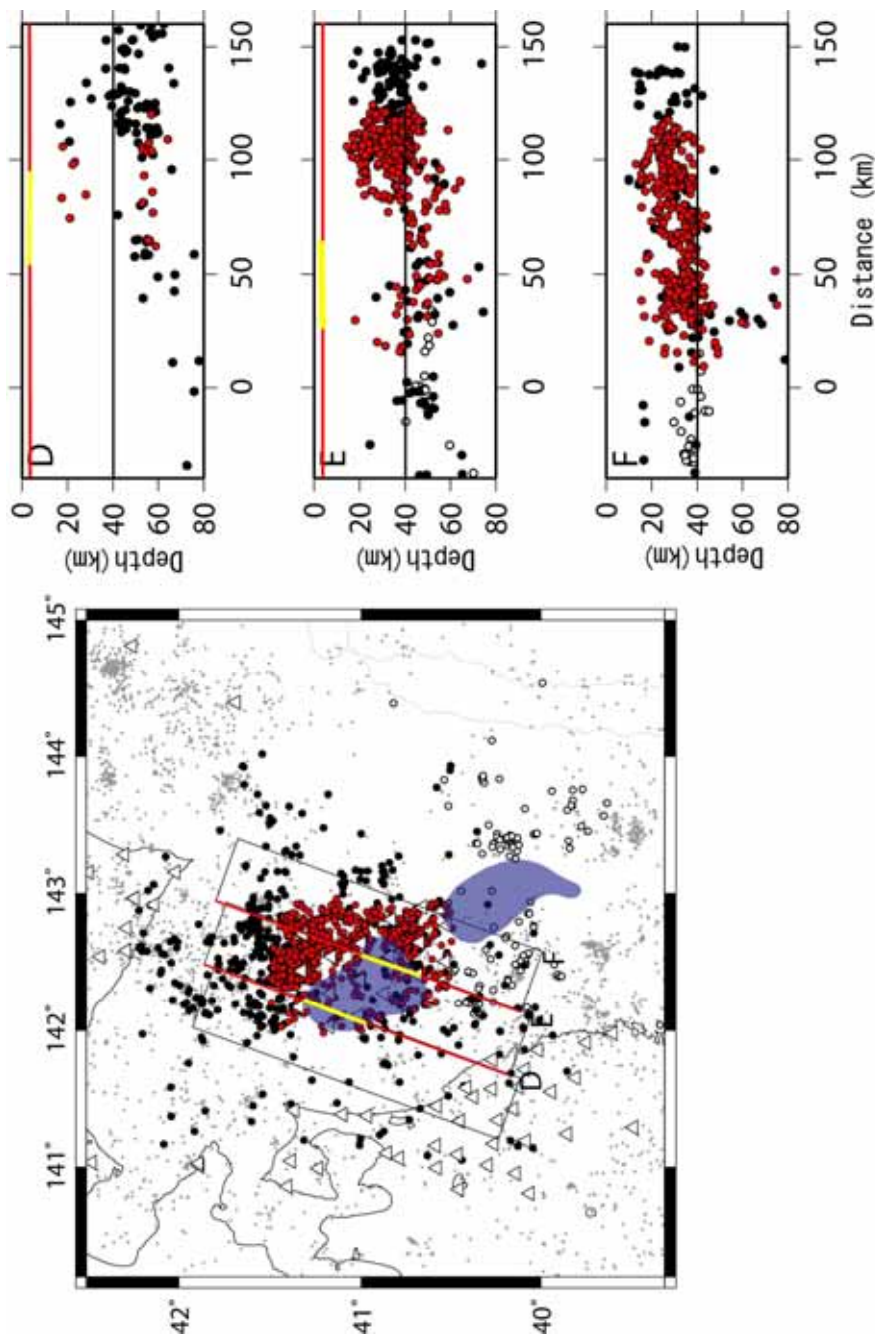


図 12 地震の震源分布と、1968 年十勝沖地震アスペリティ位置(紫)との比較

赤丸は、長期観測型海底地震計のみで記録された地震を 3 次元速度構造で決定した震源の位置。黒丸は、気象庁が決定した一元化震源リストのうち、海底地震計で読み取ることができた地震をトモグラフィ的震源再決定した震源位置、白丸は、海底地震観測で決定した 1994 年三陸はるか沖地震の余震（桑野、2005）。灰丸は、長期観測型海底地震計による観測期間に気象庁が決定した地震の震源位置。鉛直断面図 D、E の上部の黄色実線はアスペリティの断面上の位置を表す。震央分布からは、アスペリティ内では、微小地震も含めて、地震活動が低いことがわかる。また、D、E の断面では、アスペリティの北縁を境に、地震活動が高い領域の深さが変化する。

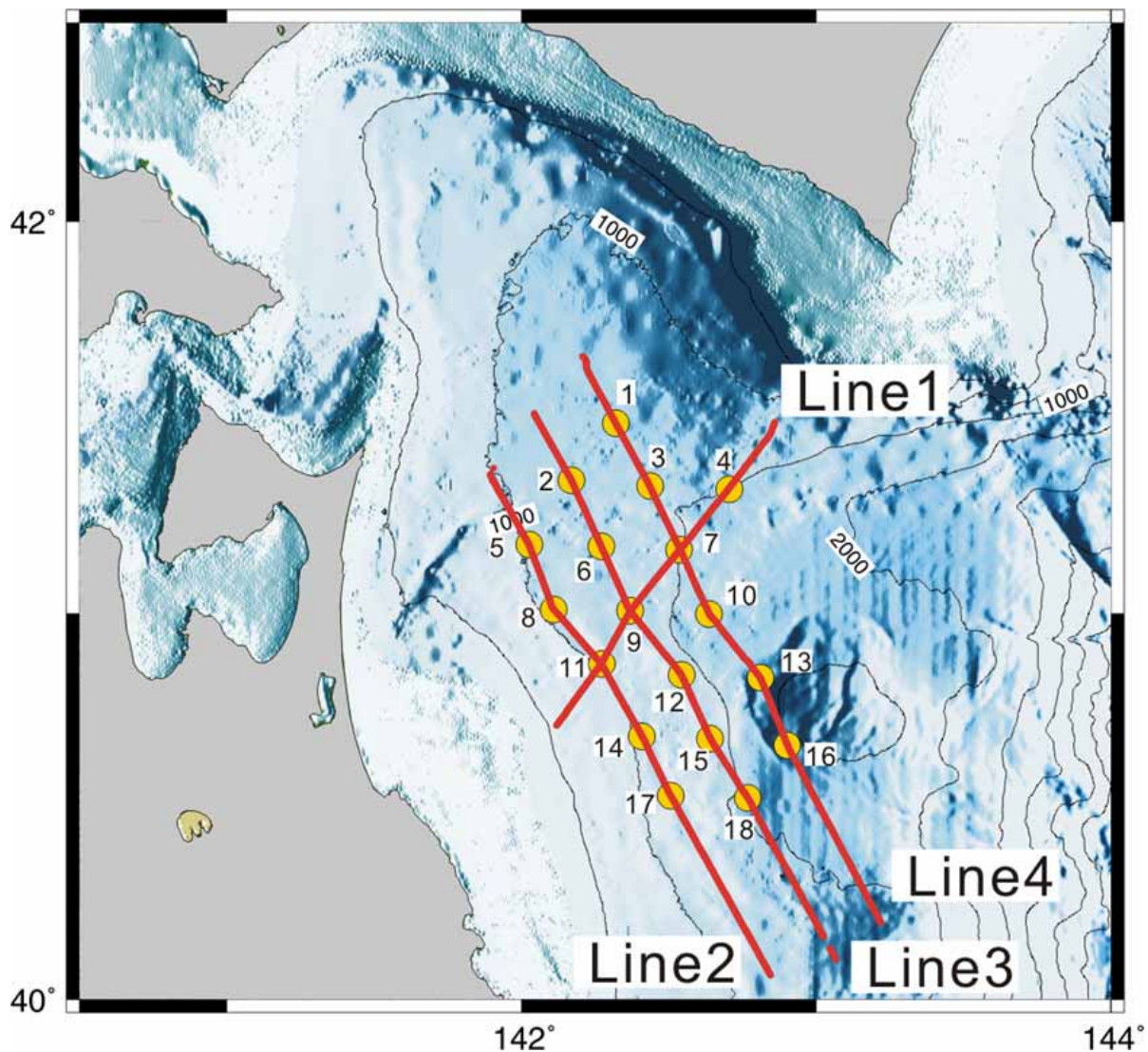


図 13 平成 16 年度設置の三陸沖北部地震観測網に対するエアガン発震測線（Line1～Line4）

図中の、黄色丸が長期観測型海底地震計の位置、Line1～Line4（赤線）がエアガン発震測線、数字 1～18 は海底地震計番号。

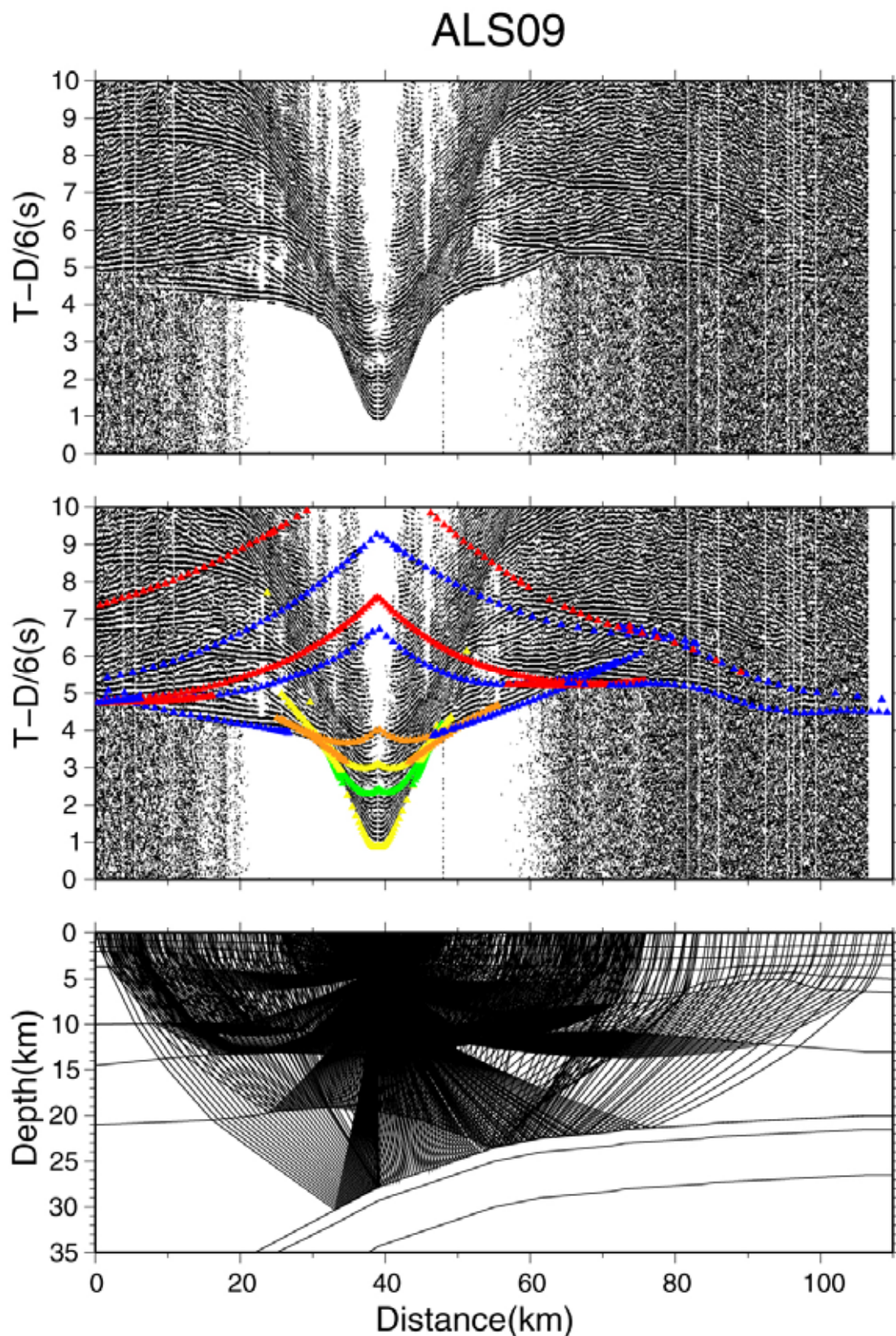
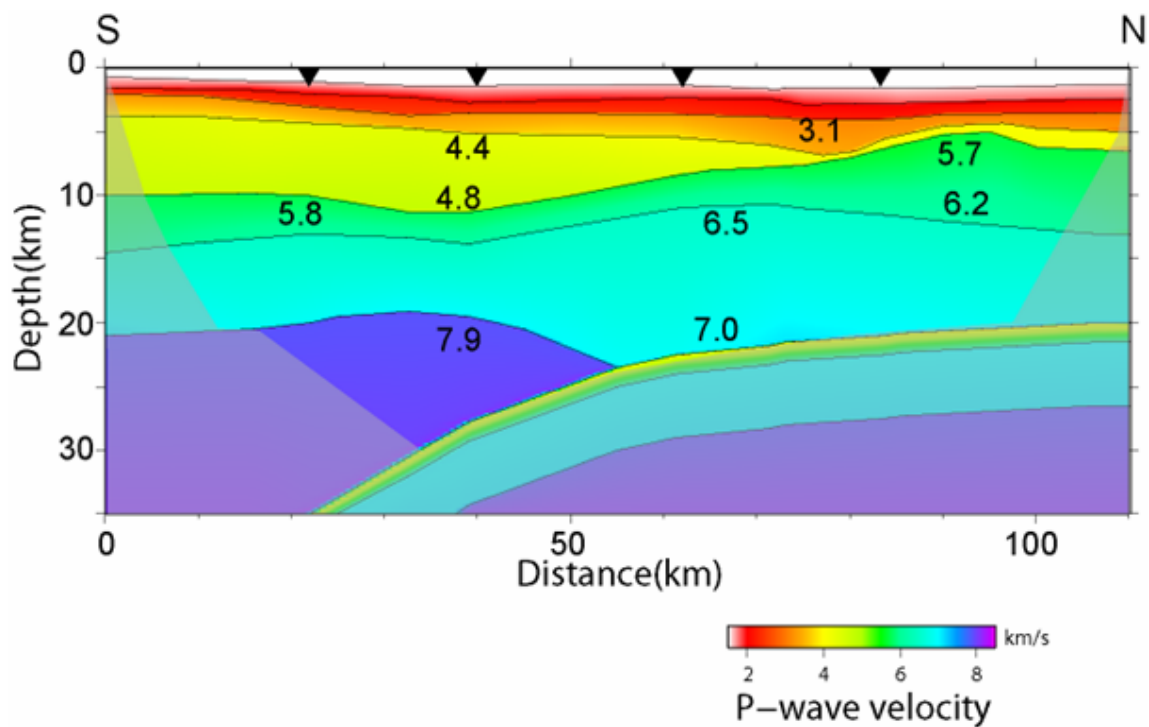


図 14 測線 Line1 構造探査における海底地震計 ALS09 の波形記録（上図）、モデルから計算された理論走時と波形記録（中図）、波線図（下図）  
 波形記録は 5 から 12Hz のバンドパスフィルターを施して、最大振幅で規格化してある。

Line1



Line4

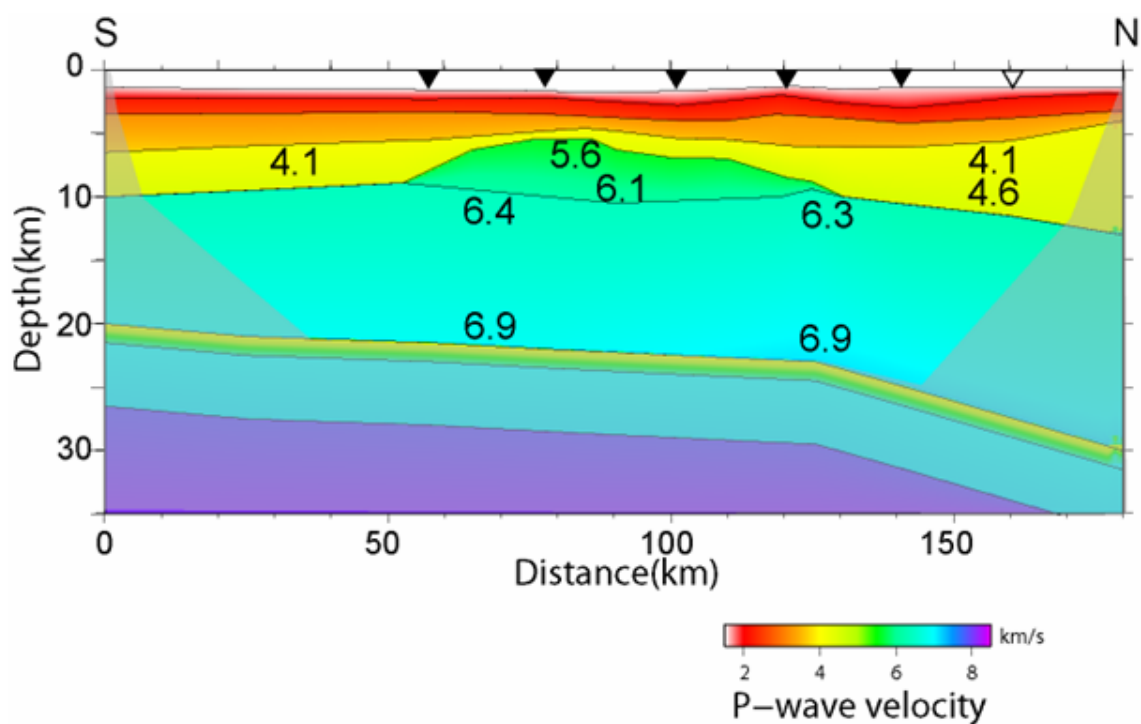


図 15 a 測線 Line1（北東－南西方向）および Line4（北西－南東方向）の下の P 波速度構造

図中の数字は P 波速度 (km/s) を、黒逆三角は海底地震計の位置を示す。白逆三角は、速度構造解析に使用していない海底地震計の位置。

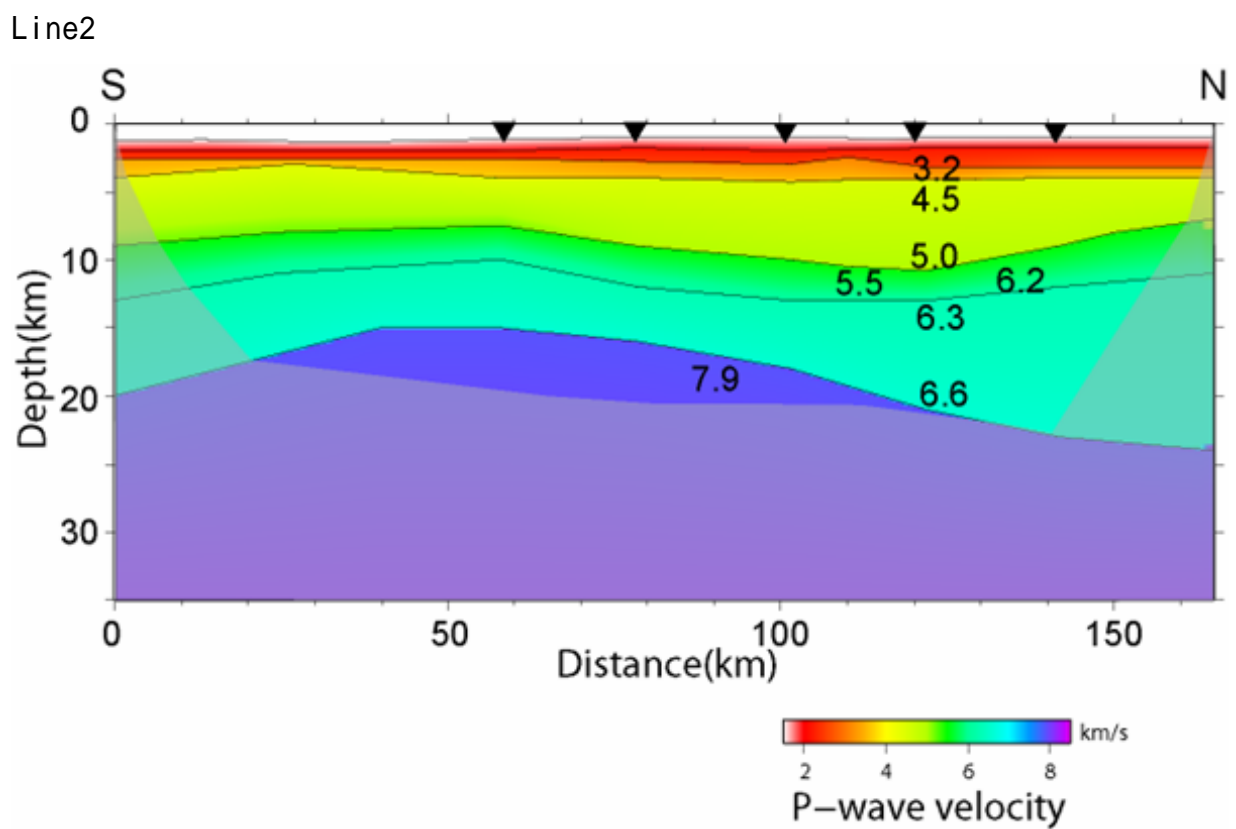
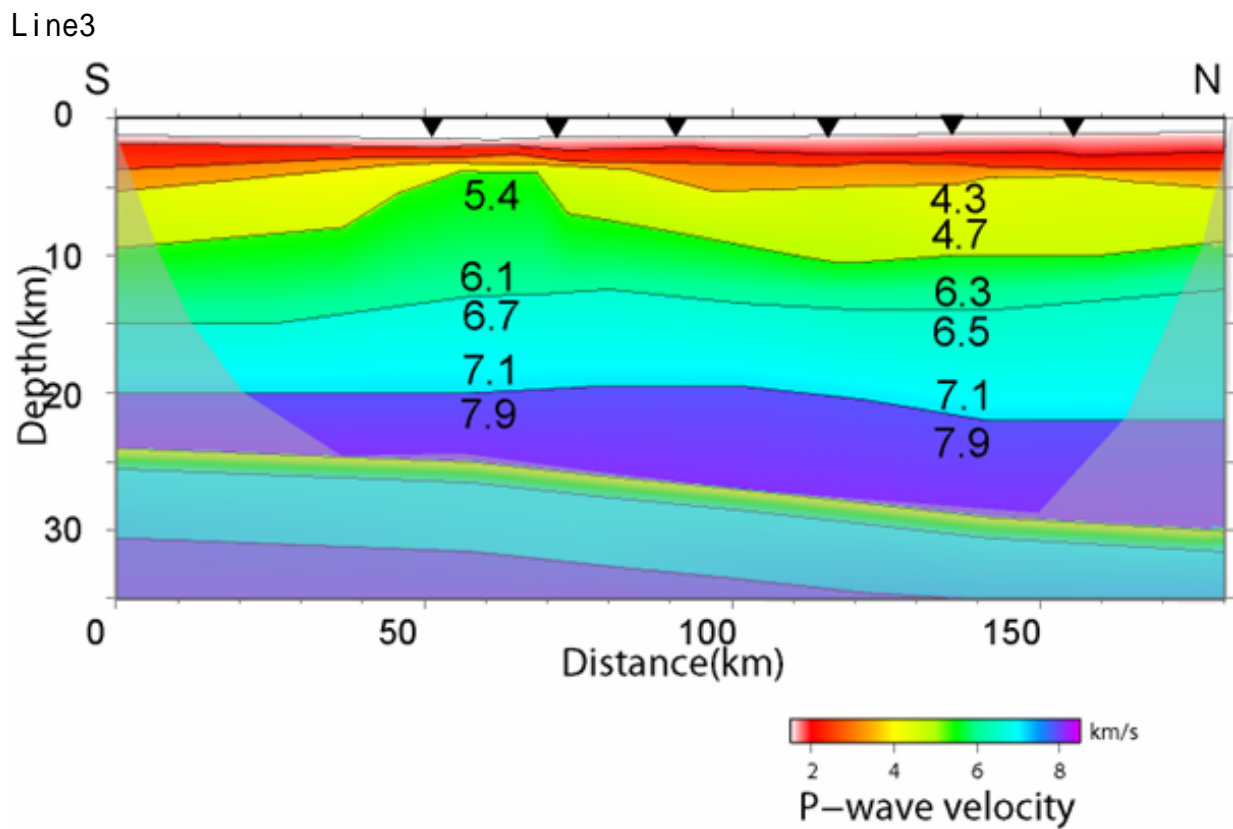


図 15b 測線 Line3（北西－南東方向）および Line2（北西－南東方向）の下の P 波速度構造

図中の数字は P 波速度 (km/s) を、黒逆三角は海底地震計の位置を示す。



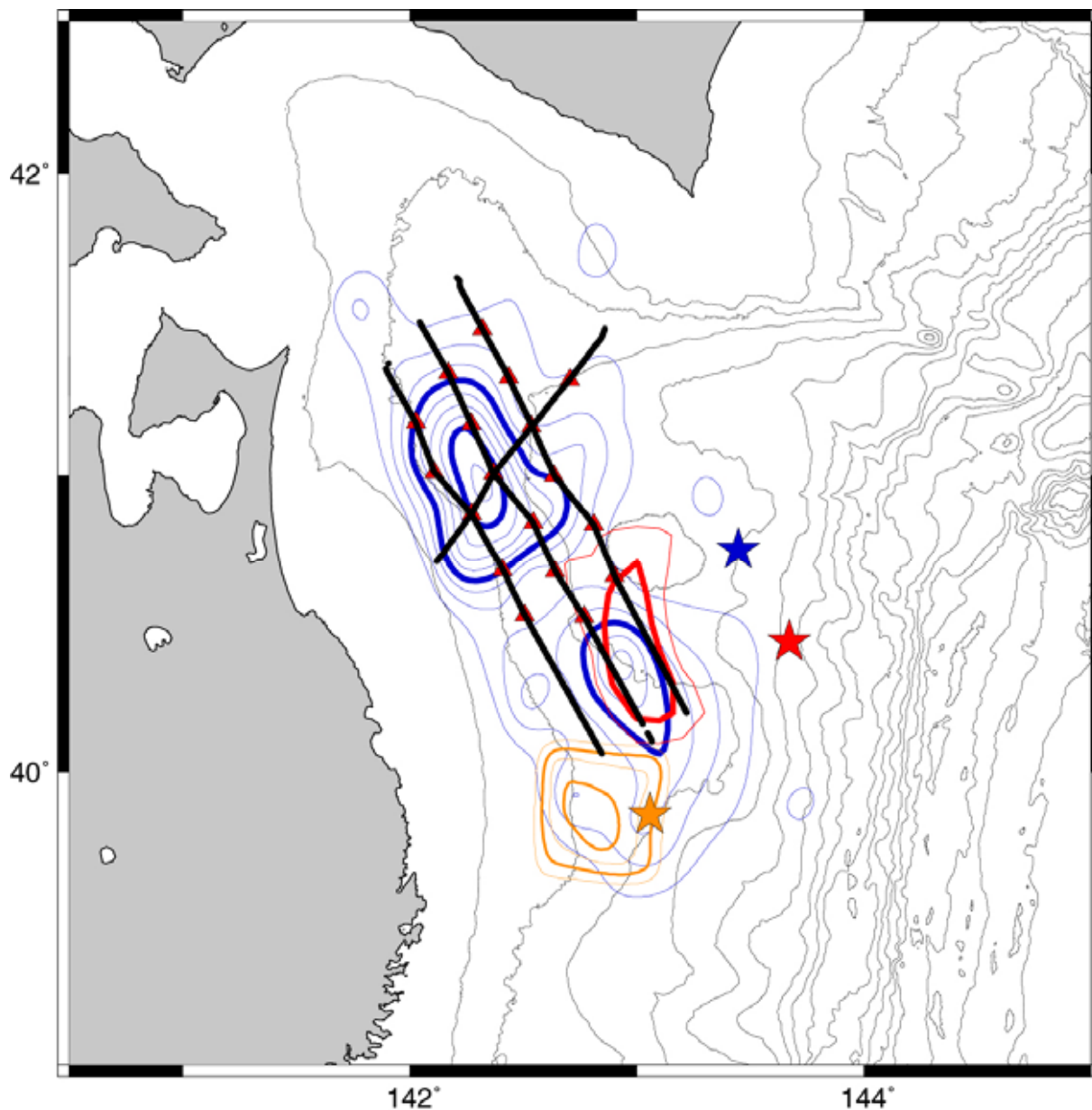


図 16 構造探査測線とアスペリティ分布

図中の赤三角は海底地震計の位置を、黒線はエアガン発震測線を示す。

青、黄、赤のコンターおよび星は、それぞれ Yamanaka and Kikuchi (2004)<sup>14)</sup>による 1968 年十勝沖地震、1989 年三陸沖地震、1994 年三陸はるか沖地震のアスペリティと本震の震央位置を示す。

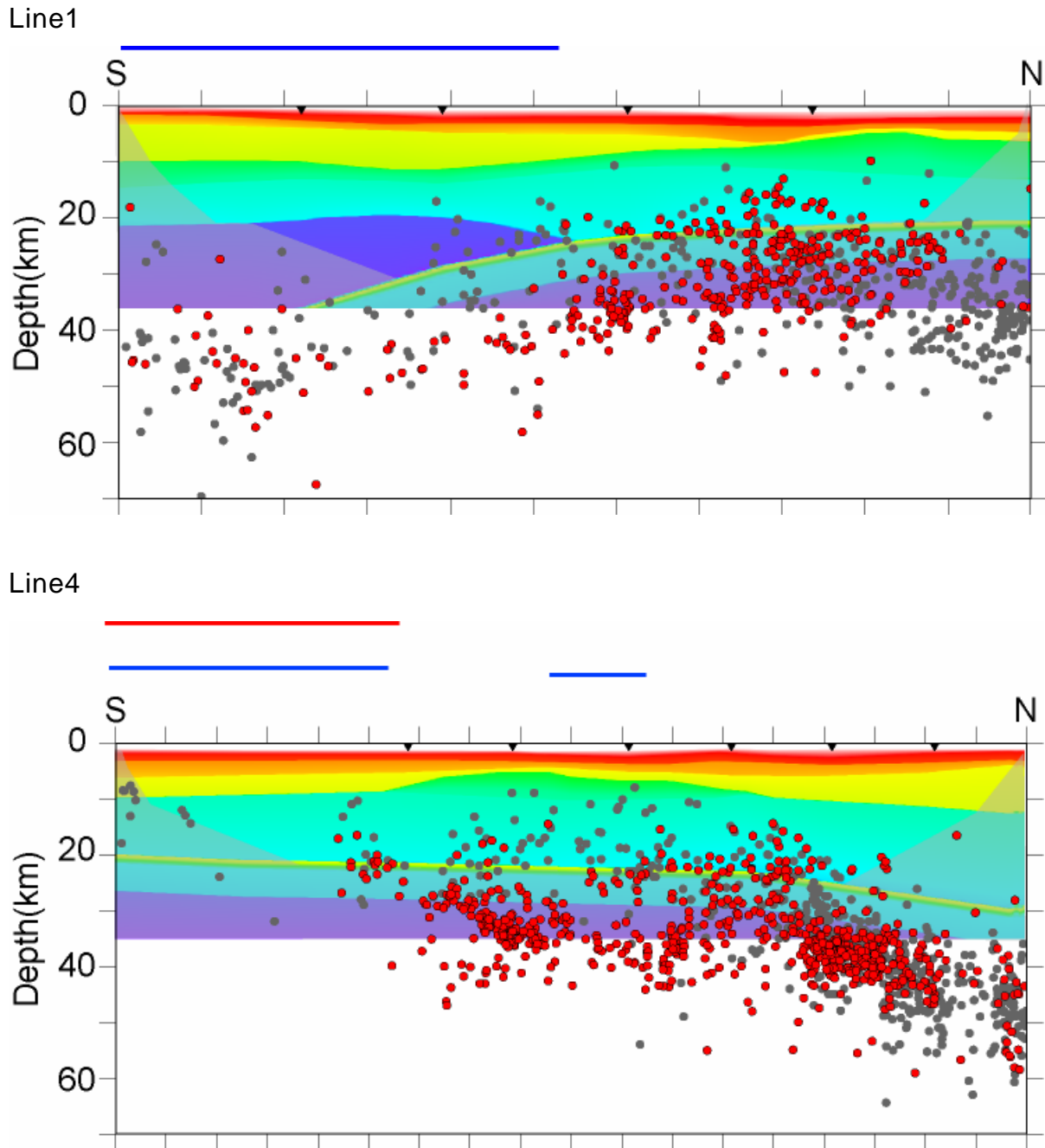


図 17a 得られた地殻構造と震源との比較（測線 Line1 および Line4）

赤丸は本研究により震源決定されたすべての震源（気象庁により決定された一元化震源を再決定した震源および海底地震計には記録されているが気象庁一元化震源リストには含まれていない地震）。灰色は気象庁が決定した一元化震源、黒逆三角は海底地震計を示す。測線より両側 15km 以内の震源を、測線に投影した。図の上を示す青線は 1968 年十勝沖地震、赤線は 1994 年三陸はるか沖地震のアスペリティを示す (Yamanaka and Kikuchi, 2004)<sup>14</sup>。アスペリティの領域では、プレート境界付近では定常的な地震活動が低い。

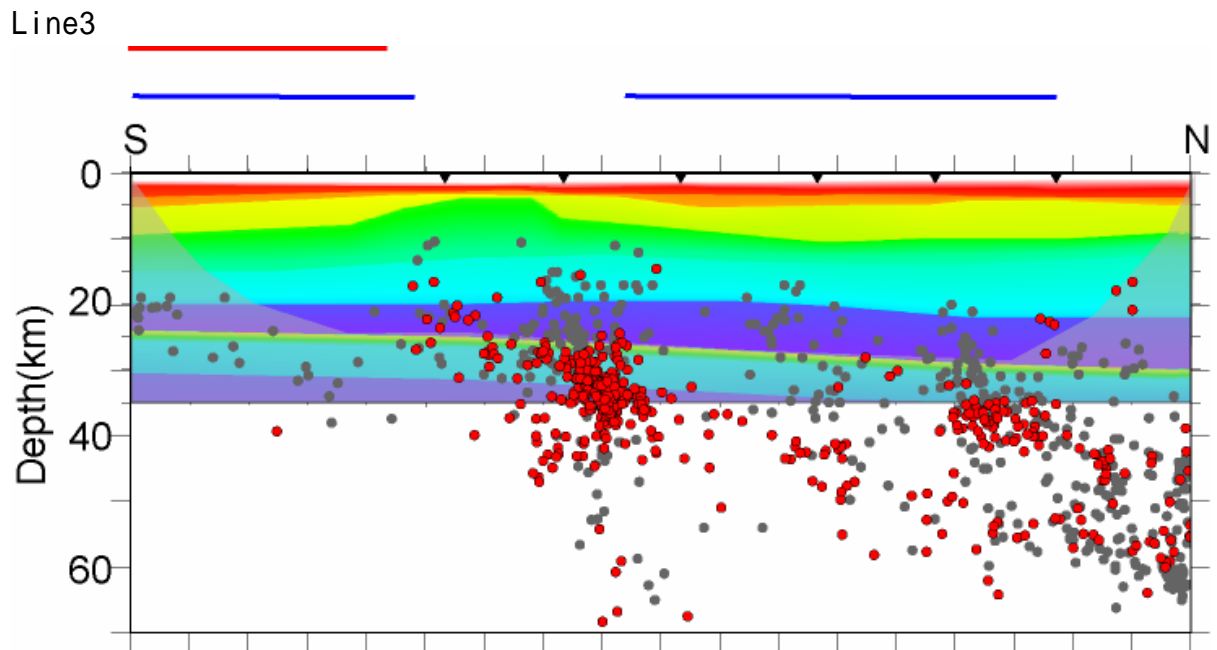


図 17b 得られた地殻構造と震源との比較（測線 Line3）

赤丸は本研究により震源決定されたすべての震源（気象庁により決定された一元化震源を再決定した震源および海底地震計には記録されているが気象庁一元化震源リストには含まれていない地震）。灰色は気象庁が決定した一元化震源、黒逆三角は海底地震計を示す。測線より両側 15km 以内の震源を、測線に投影した。図の上を示す青線は 1968 年十勝沖地震、赤線は 1994 年三陸はるか沖地震でのアスペリティを示す (Yamanaka and Kikuchi, 2004)<sup>14</sup>。アスペリティの領域では、プレート境界付近では定常的な地震活動が低い。

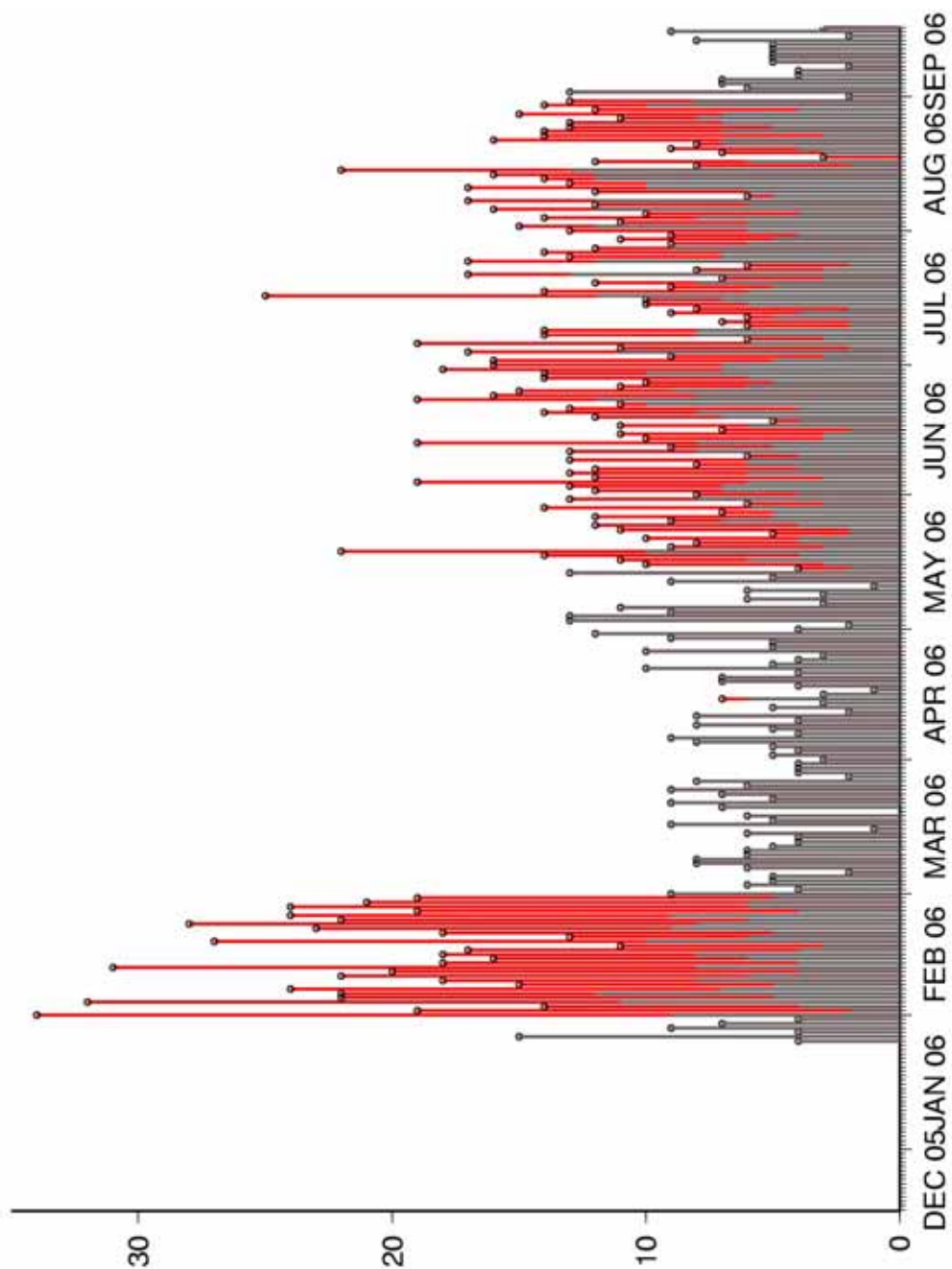


図 18 観測期間中の日毎地震数。赤：海底地震観測で記録されているが気象庁一元化震源リストには含まれていない地震数。灰：気象庁一元化震源リストによる地震数。

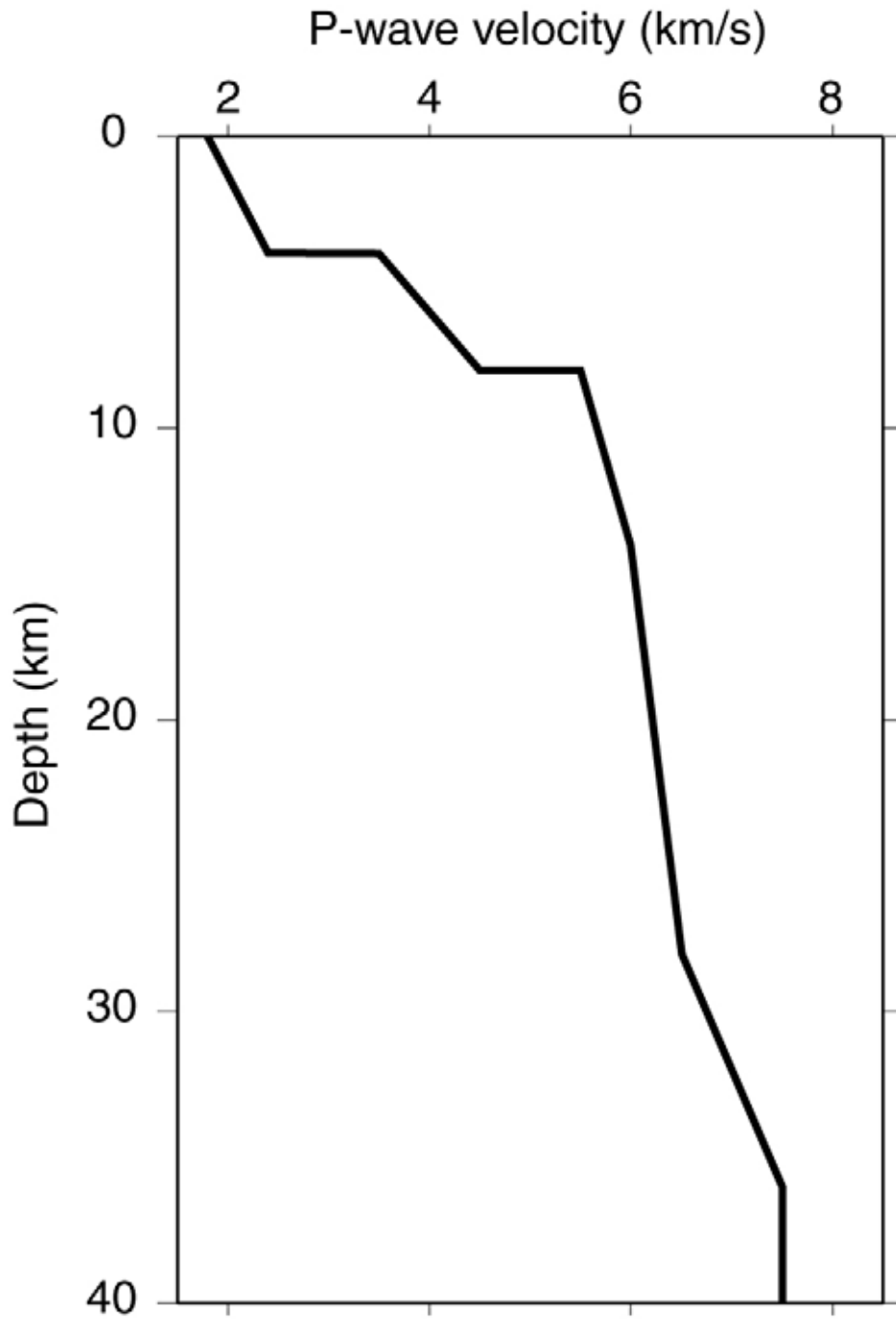


図 19 根室沖・釧路沖の震源決定に使用した速度構造

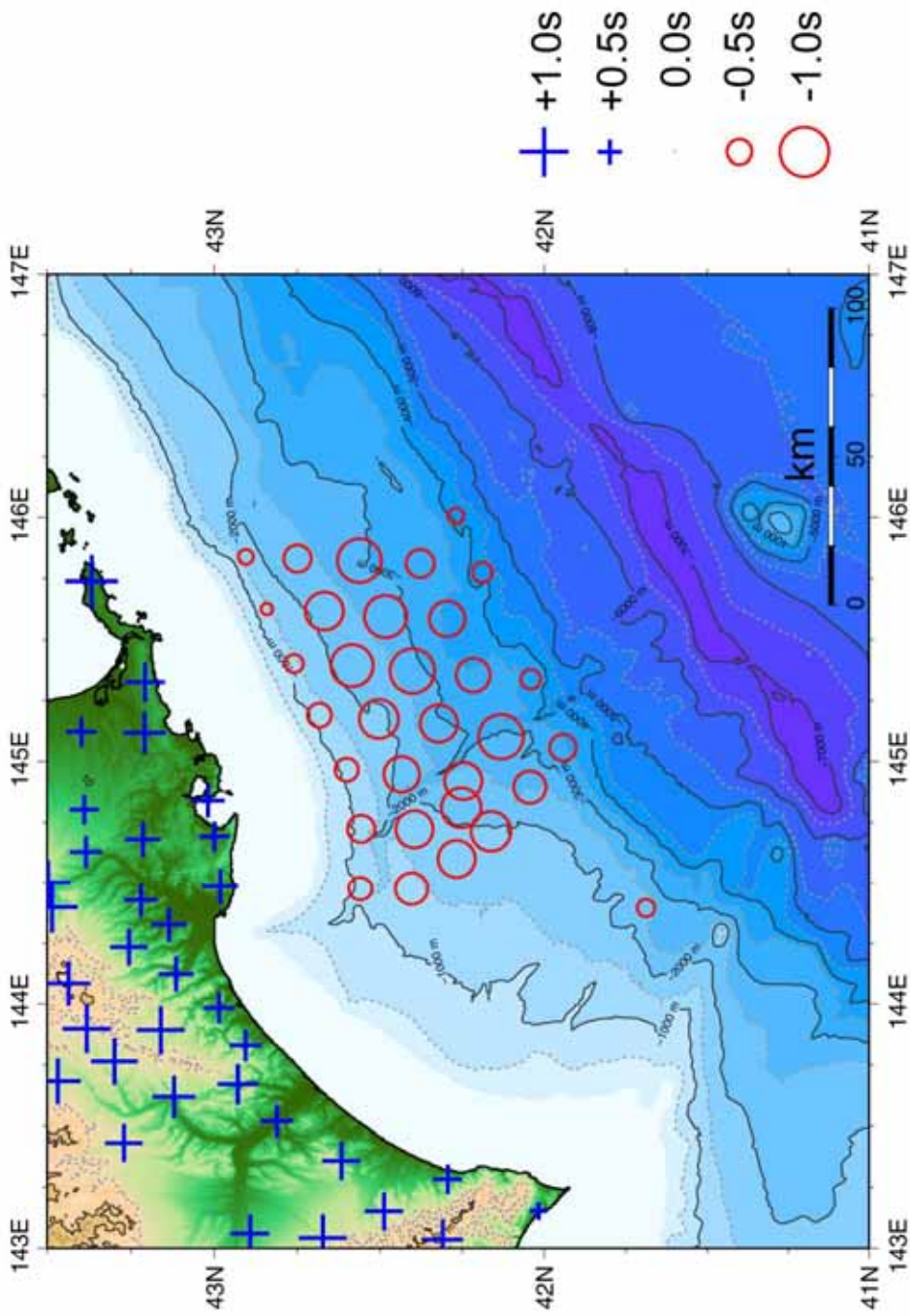


図20 根室沖・釧路沖の震源決定に用いた観測点補正値  
赤丸は観測点補正値が負、青十字は観測点補正値が正を表す。大きさが補正値の大きさを示す。

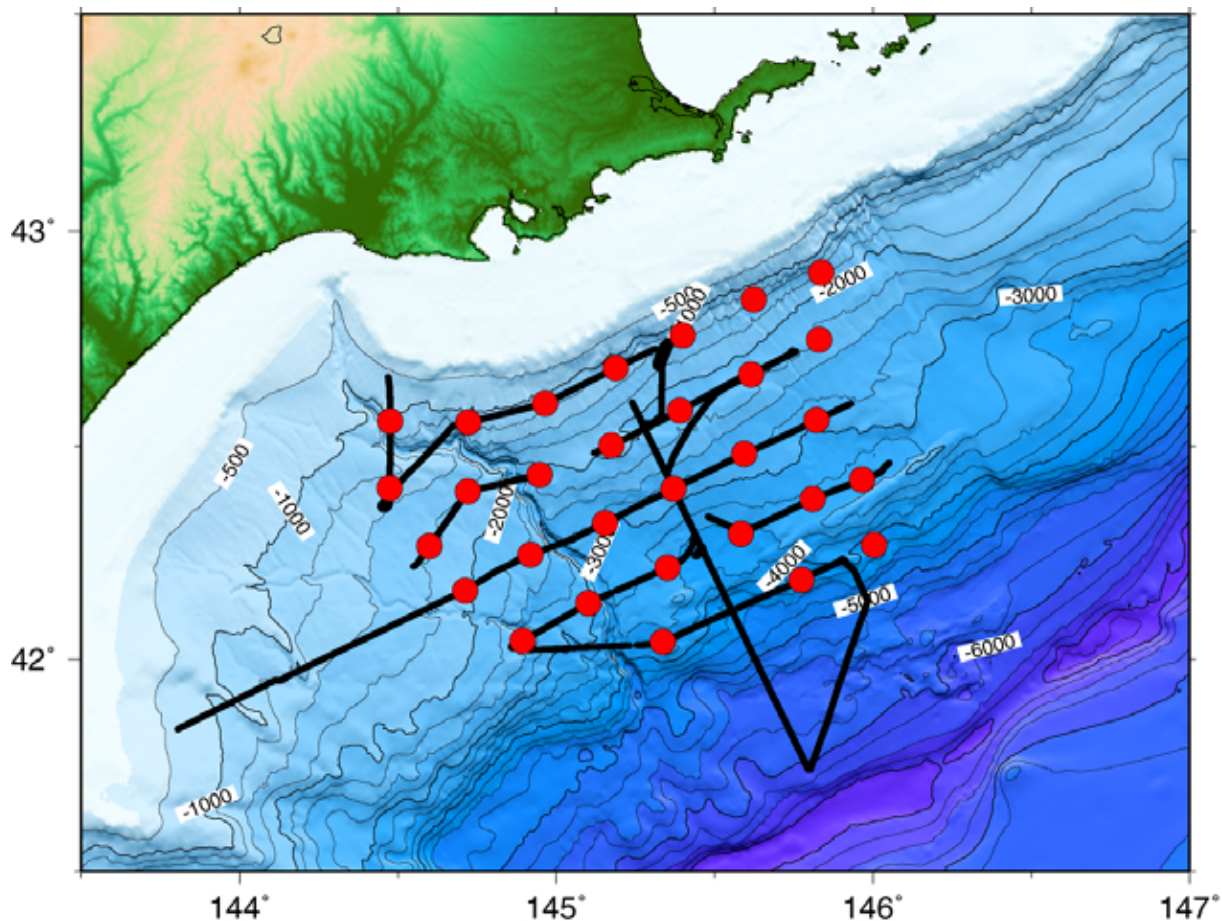


図 21 エアガンの発震測線

赤丸が長期観測型海底地震計の位置、黒線がエアガン発震測線である。

海底地震計観測期間中の 2006 年 5 月 27 日～6 月 3 日の間、地震研究所が用船した第 5 海工丸により、海底地震計直上を通る測線で、エアガン(容量 1500 立方インチ)1 台～3 台を用いた発震を行った。天候などの影響により一部測線では発震出来なかった。

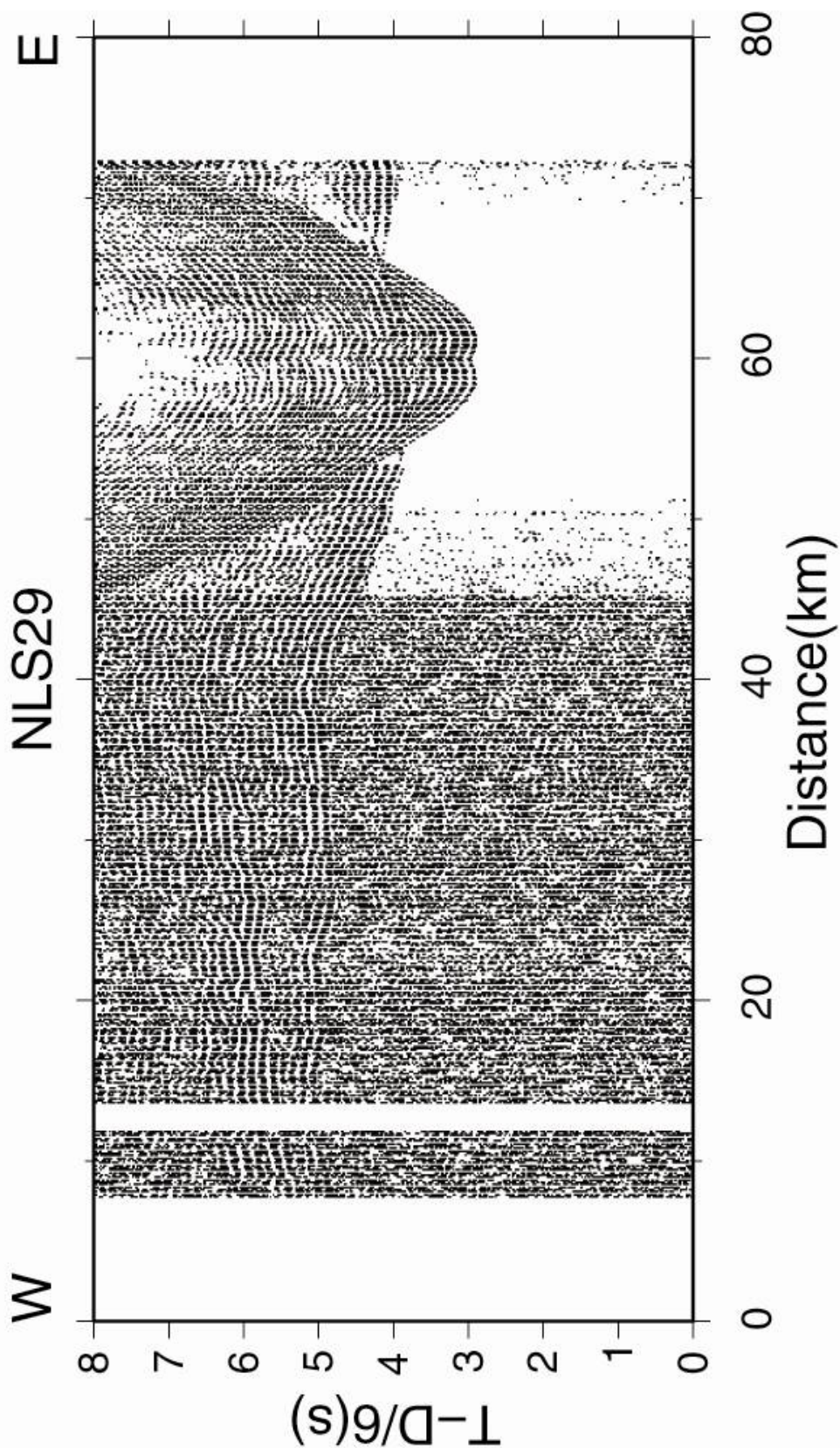


図 22 構造探査の海底地震計 NLS29 における記録例  
6~15Hz のバンドパスフィルターを施してある。沈み込むプレート上面からの反射波と考えられる相が見られる。



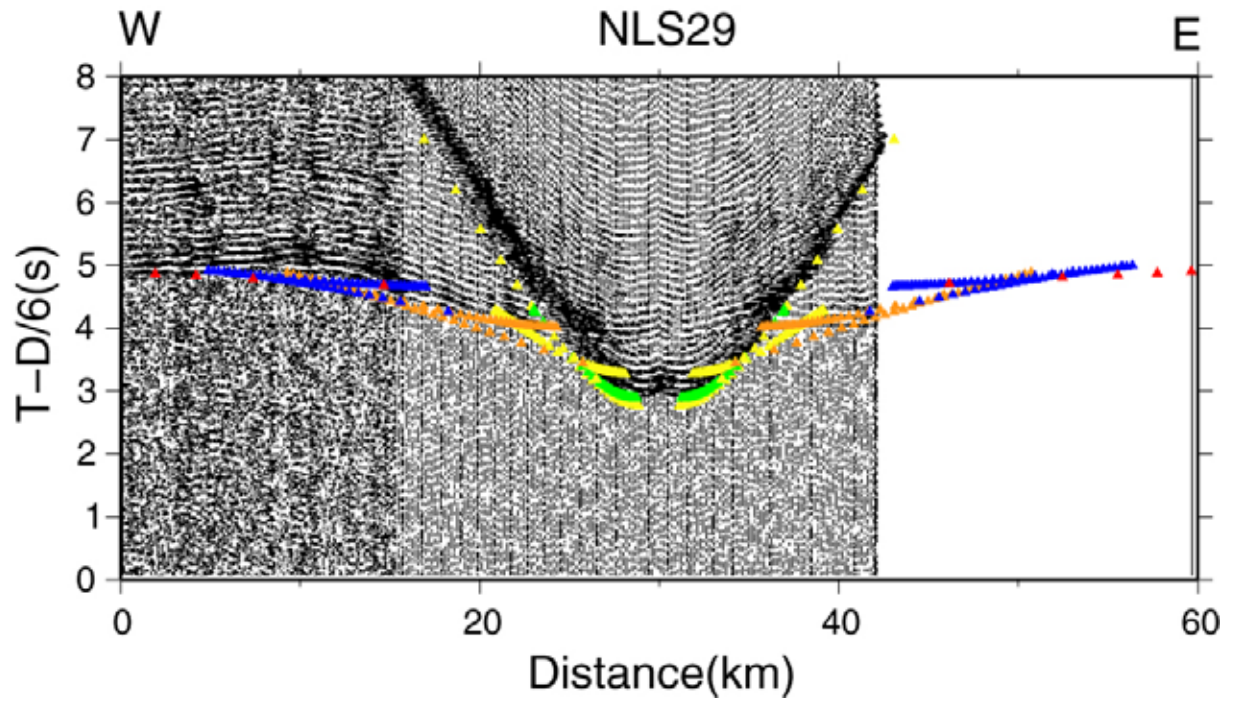


図 23 海底地震計 NLS29 の観測波形と推定した速度構造モデルから期待される到着時刻の比較

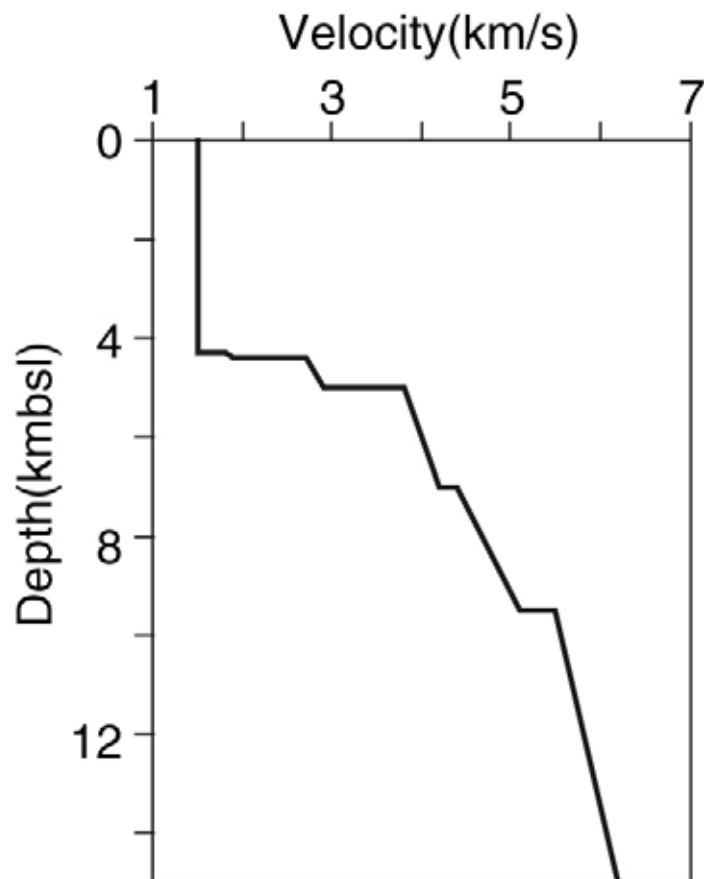


図 24 海底地震計 NLS29 の観測波形から推定した一次元 P 波速度構造モデル

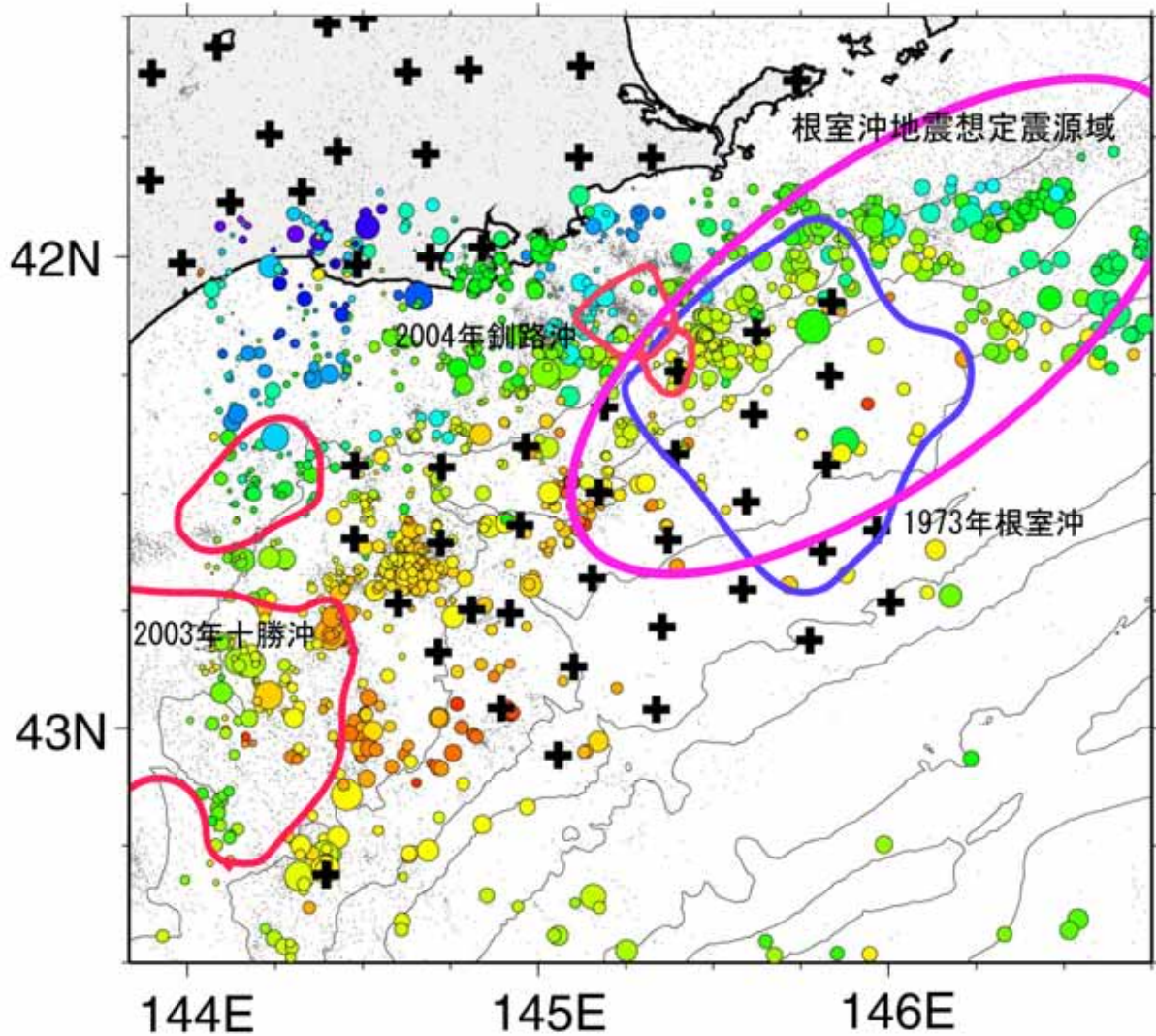


図 25 長期観測型海底地震計のデータを用いて再震源決定した地震 1418 個の震央分布  
 黒十字は、長期観測型海底地震計の位置、および陸域観測点、ケーブル式海底地震観測点  
 の位置を表す。黒点は、2002 年から 2006 年までの気象庁が決定した一元化震源の震央  
 (17006 個)。気象庁が決定した一元化震源リストのうち、長期観測型海底地震計で読み取  
 ることができた地震を、陸域観測点、及びケーブル式海底地震観測点、長期観測型海底地  
 震計の読み取り値を用いて、一次元速度構造(図 19)により再震源決定した。再震源決定  
 に際しては、走時残差の 2 乗平均が小さくなるように、観測点補正値をそれぞれの観測点  
 で求めた。なお、それぞれの地震のマグニチュードは、気象庁が決定したものをを用いた。  
 これまでの大地震のアスペリティの位置、根室沖地震想定震源域の位置も合わせて示す。

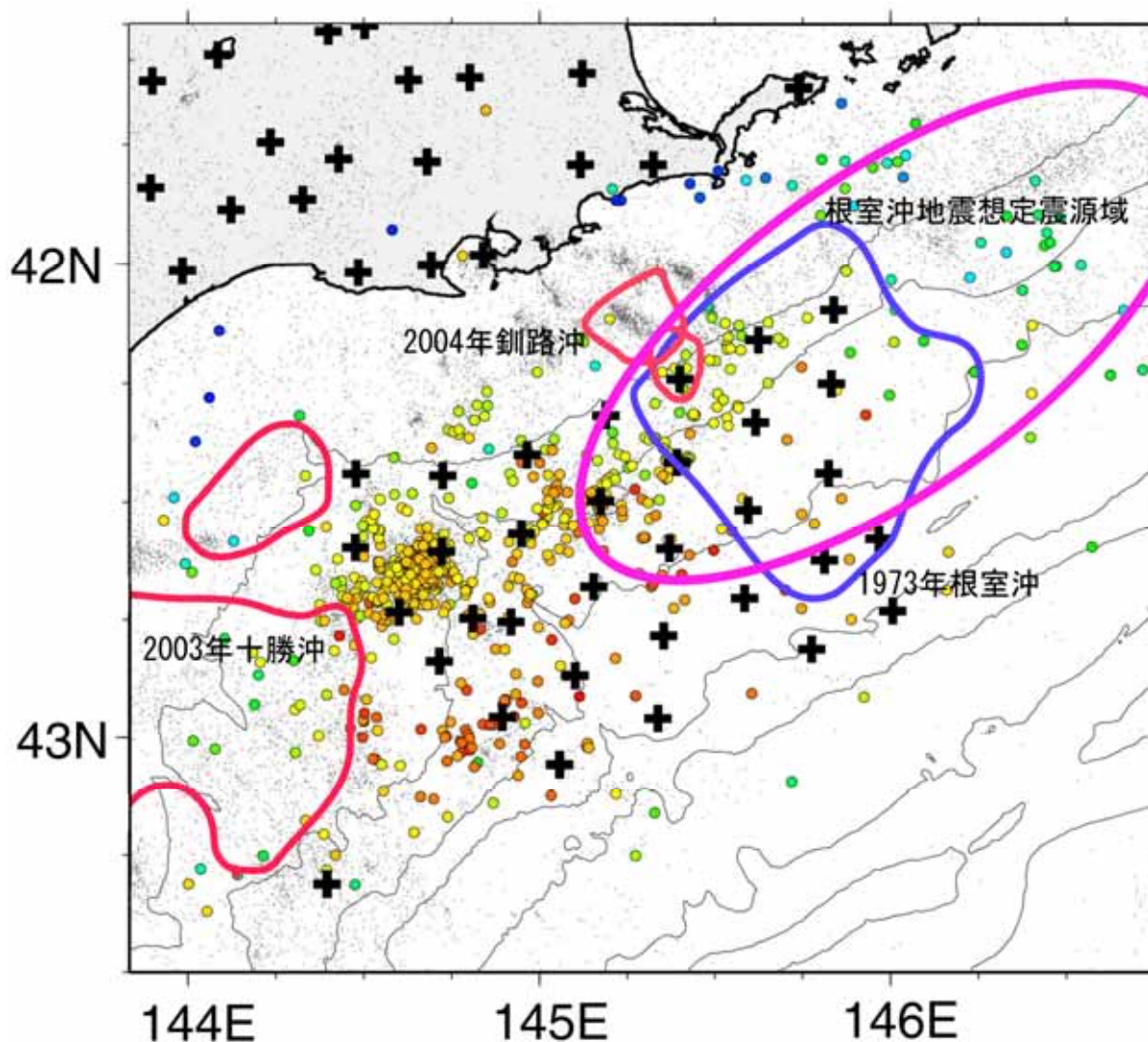


図 26 長期観測型海底地震計のみに記録されていた地震 1041 個の震央分布

黒十字は、長期観測型海底地震計の位置、および陸域観測点、ケーブル式海底地震観測点の位置を表す。黒点は、2002 年から 2006 年までの気象庁が決定した一元化震源の震央（17006 個）。長期観測型海底地震計で読み取ることができた地震のうち、気象庁一元化震源リストに含まれていない地震に対して、一次元速度構造（図 19）を用いて震源決定を行った。震源決定に際しては、規模が大きく、多くの海底地震計観測点で記録されている地震を用いて、走時残差の 2 乗平均が小さくなるように、観測点補正値を求めた。なお、それぞれの地震のマグニチュードは、決定していない。これまでの大地震のアスペリティの位置、根室沖地震想定震源域の位置も合わせて示す。1973 年根室沖地震の地震すべり領域および根室沖地震想定震源域の海溝寄りの領域では、海底地震観測のみで検出される小さな地震も含めて、地震活動度が低い。

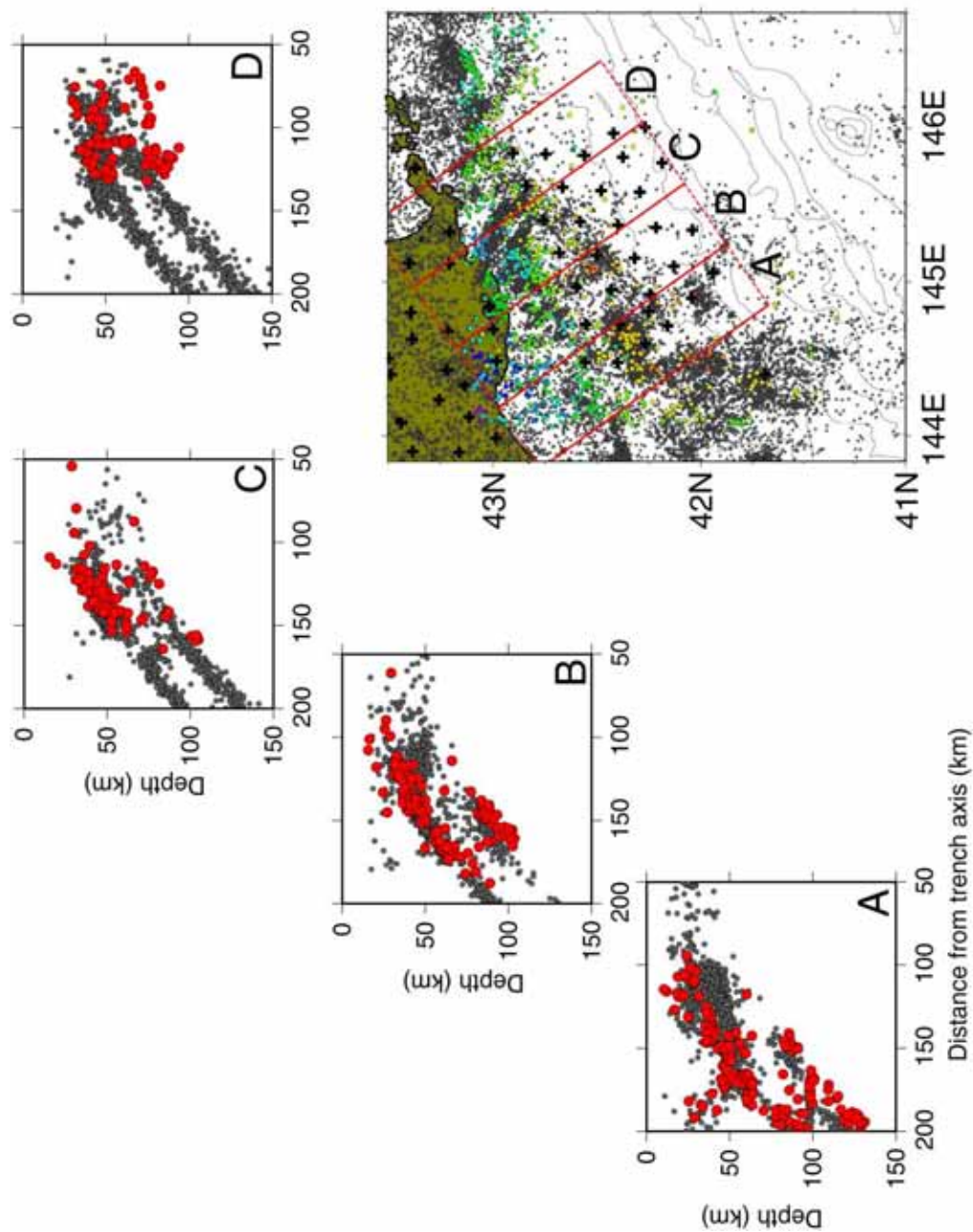


図 27 気象庁が決定した一元化震源リストのうち、長期観測型海底地震計で読み取ることができた地震を、一次元速度構造（図 19）により再震源決定した震源（赤丸）と、2002 年から 2006 年までの 5 年間に気象庁が決定した一元化震源（黒丸）の鉛直断面特に陸から離れた領域では、海底地震観測による結果の方が震源の深さが小さく、相対的に浅く決まる傾向にある。

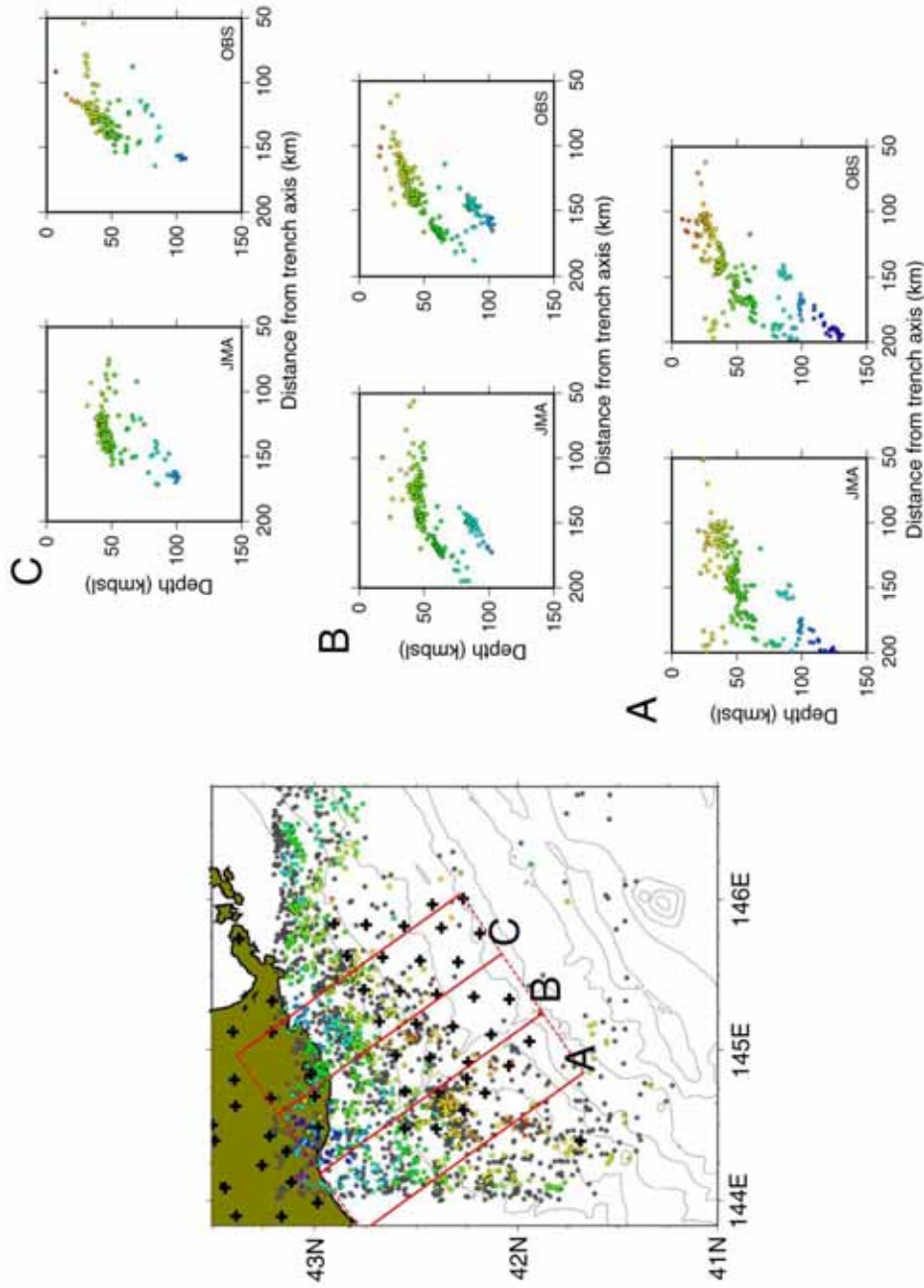


図 28 2002 年から 2006 年までの 5 年間に気象庁が決定した一元化震源の断面図（右図中の左）と、気象庁が決定した一元化震源リストのうち、長期観測型海底地震計で読み取ることができた地震を、一次元速度構造（図 19）により再震源決定した震源の断面図（右図中の右）の比較  
海溝軸近傍で太平洋プレートが沈みこみを開始し、沈み込み角度が沈み込み方向に連続的に変化している様子が、再震源決定した震源の断面図ではよくわかる。

(d) 結論ならびに今後の課題

新規整備および回収再整備した長期観測型海底地震計 30 台を用いて根室沖・釧路沖で約 9 ヶ月間の海底地震観測を実施した。海底地震計は、平成 18 年 9 月中旬に全台回収された。また、本観測期間中にあたる平成 18 年 5 月から 6 月にかけて、用船を用いて、エアガンによる発震を行い、地下構造探査を行った。この制御震源記録を用いて各海底地震計直下の浅部 P 波速度構造を求めた。海底地震計記録については、現在もデータ処理中であるが、観測期間中の気象庁一元化リストには含まれていない地震も含めて、多数の地震が記録されており、震源決定結果からは観測網内およびその周辺で震源決定精度が向上し、海洋プレートが沈み込んでいく様子がイメージされた。また、1973 年根室沖地震の地震すべり領域および根室沖地震想定震源域では、海溝寄りの領域で地震活動度が低いことが震源決定結果から推定される。

今後は、構造と震源分布の対比を行うために、3 次元速度構造不均質を考慮した震源決定を、根室沖・釧路沖のデータに適用する。これらの結果とこれまでの研究から、千島海溝における沈み込み帯のプレート境界面の形状をより詳細に明らかにすることを目指す。

さらに、平成 18 年度は、平成 17 年度に引き続き、平成 17 年 10 月に三陸沖北部から回収した 18 台の長期観測型海底地震計のデータを用いて、三陸沖北部想定震源域北西部の正確な震源位置の推定を進めた。トモグラフィを用いた解析によるより精度の良い再決定震源を解釈した結果、三陸沖に対し日本海溝・千島海溝会合部ではプレート境界が 10km 程度浅くなっていることがわかった。これは海溝会合部におけるプレート沈み込み方向の変化に伴うものであると考えられる。1968 年十勝沖地震の北側アスペリティの空間的位置と比較すると、プレート境界面の深さ変化がみられる地点はアスペリティの北縁に位置している。このことは、沈み込む海洋プレートの幾何学的形状が、大地震でのすべり領域を制約する条件の一つである可能性を表していると考えられる。一方、本研究による構造探査実験により、得られた 2 次元地震波速度構造と再決定された震源分布を比較すると、多くの地震はプレート境界付近で発生していることがわかったが、アスペリティと考えられる領域ではプレート境界における定常的な地震活動が少ないことが明らかとなった。

平成 18 年度に新規整備した 12 台の長期観測型海底地震計を加えて、総計 42 台を用いて、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域の海域で、平成 18 年 11 月から、長期地震観測を開始した。これらの海底地震計は平成 19 年度中に回収し、より正確な地震活動の把握、プレート形状の推定、構造と震源分布の対比などを行う。

(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) Hasegawa A., N. Umino. and A. Takagi, Double-planed structure of the deep seismic zone in the northeastern Japan arc, *Tectonophysics*, 47, 43-58, 1978.
- 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) Hayakawa, T., J. Kasahara, R. Hino, T. Sato, M. Shinohara. A. Kamimura, M.

3.2.1.1. より正確な地震活動を把握するための海底地震観測研究（日本海溝・千島海溝周辺における海底地震観測研究）

- Nishino, T. Sato, and T. Kanazawa, Heterogeneous structure across the source regions of the 1968 Tokachi-Oki and the 1994 Sanriku-Haruka-Oki earthquake at the Japan trench revealed by an ocean bottom seismic survey, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 132, 89-104, 2002.
- 5) Ito, A., G. Fujie, T. Tsuru, S. Kodaira, A. Nakanishi and Y. Kaneda, Fault plane geometry in the source region of the 1994 Sanriku-oki earthquake, *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 223, 163-175, 2004.
- 6) Iwasaki, T., H. Shiobara, A. Hishizawa, T. Kanazawa, K. Suyehiro, N. Hirata, T. Urabe, and H. Shimamura, A detailed subduction structure in the Kuril trench deduced from ocean bottom seismographic refraction studies, *Tectonophysics*, 165, 315-336, 1989.
- 7) Nakanishi, A., A. J. Smith, S. Miura, T. Tsuru, S. Kodaira, and K. Obana, Structural factors controlling the coseismic rupture zone of the 1973 Nemuro-Oki earthquake, the southern Kuril Trench seismogenic zone, *J. Geophys. Res.*, 109, doi:10.1029/2003JB002574, 2004
- 8) 桑野亜佐子, 三陸沖海陸プレート境界における地震学的構造に関する研究, 東北大学博士論文, 125pp, 2005.
- 9) Shinohara, M., N. Hirata and N. Takahashi, High resolution velocity analysis of ocean bottom seismometer data by the  $\tau$ -p method, *Marine Geophys. Res.*, 16, 185-199, 1994.
- 10) 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.
- 11) Thurber, C. H., Earthquake locations and three-dimensional crustal structure in the Coyote Lake area, central California, *J. Geophys. Res.*, 88, 8226-8236, 1983.
- 12) ト部卓・束田進也、win -微小地震観測網波形観測支援のためのワークステーション・プログラム（強化版）地震学会講演予稿集、1、C22-P18.
- 13) 山田知朗・篠原雅尚・金澤敏彦・平田直・金田義行・高波鐵夫、三ヶ田均・末廣潔・酒井慎一・渡邊智毅・植平賢司・村井芳夫・高橋成実・西野実・望月公廣・佐藤壮・荒木英一郎・日野亮太・宇平幸一・塩原肇・清水洋、稠密海底地震観測による2003年十勝沖地震の余震分布, *地震*, 第2輯, 57, 3, 281-290, 2005.
- 14) Yamanaka, Y. and M. Kikuchi, Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, 109, doi:10.1029/2003JB002683, 2004.
- 15) Zelt, C. A., and R. B. Smith, Seismic travel-time inversion for 2-D crustal velocity structure, *Geophys. J. Int.*, 108, 16-34, 1992.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

発表者	題名	発表先	発表年月日
山田知朗・金沢敏彦・篠原雅尚・酒井慎一・望月公廣・中東和夫・山下幹也・高波鐵夫・村井芳夫・雨宮晋一郎・日野亮太・桑野亜佐子・山本揚二郎・佐藤利典・丸山友章	青森沖における長期海底地震観測	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006.5.16
山田知朗・中東和夫・望月公廣・桑野亜佐子・山下幹也・酒井慎一・篠原雅尚・金沢敏彦・高波鐵夫・村井芳夫・雨宮晋一郎・日野亮太・山本揚二郎・佐藤利典・丸山友章	長期海底地震観測による三陸沖北部の地震活動	日本地震学会 2006年秋季大会	2006.11.2
桑野亜佐子・篠原雅尚・山田知朗・望月公廣・中東和夫・酒井慎一・金沢敏彦・日野亮太・高波鐵夫	長期観測型海底地震計を用いた震源分布による日本・千島海溝会合部におけるプレート境界面の形状	日本地震学会 2006年秋季大会	2006.11.2

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定なし。

(3) 平成19年度業務計画案

日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震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して、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけての領域に新たに長期観測型海底地震計を設置して観測を開始する。また、平成18年度に三陸沖北部から十勝沖にかけての領域において観測を開始した長期観測型海底地震計を回収して、海・陸データの併合処理を実施する。

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、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域の地震活動を正確に把握するほか、日本海溝・千島海溝周辺に関する研究を行い予測精度の向上に資することも目的とする。

実施方法

(a) 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、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけての領域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。



(b) 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。

(c) 長期観測型海底地震計の設置・回収

18年度から三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に展開している長期観測型海底地震計を回収する。続いて、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけて、新たに長期観測型海底地震計を展開する。

(d) 浅部構造のデータ収集・解析：

浅部構造のデータ収集をして、震源決定の際に必要な観測点直下の堆積層補正値を求める。

(e) 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。

(f) 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、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域における正確な地震活動の把握等を進める。より詳細なプレート境界の形状の把握、地殻構造と地震活動の対比等、3次元地殻不均質構造の推定（国立大学法人東北大学）及び地震活動度の時空間的分布の把握（国立大学法人北海道大学）について解析を行う。

(g) 観測データの流通・公開

長期観測型海底地震計を用いて観測したデータについては、地震調査研究推進本部調査観測計画部会調査観測データ流通・公開推進専門委員会において定める方針に従い、流通公開を行う。

(h) 運営委員会の設置・開催

調査研究を効率的に推進するため、「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）」を年に2回程度開催する。