

3. 1. 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）

3. 1. 1. 日本海溝・千島海溝周辺における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

3. 1. 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）

(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
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
	准教授	塩原 肇	shio@eri.u-tokyo.ac.jp
	准教授	篠原雅尚	mshino@eri.u-tokyo.ac.jp
	准教授	酒井慎一	coco@eri.u-tokyo.ac.jp
	助教	望月公廣	kimi@eri.u-tokyo.ac.jp
	助教	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すると、十分な数の微小地震を捉えるためには、1年程度にわたる地震観測の実施が必要である。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ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

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に設置した。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間隔で配置した18観測点からなる海底地震観測網で観測する体制を構築した。平成17年10月まで本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

平成17年度計画として根室沖から釧路沖にかけて設置した長期観測型海底地震計総計30台は約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。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増強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。

#### 4) 平成19年度

平成18年度計画として平成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年度は、引き続き三陸沖北部から十勝沖の地震活動データを蓄積した後、平成19年6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19年10月に海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」により49台の新規購入及び回収後再整備を実施した長期観測型海底地震計を、地震発生確率の高い三陸沖の領域に設置して観測を開始した。平成20年6月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増強および新規整備した。さらに、平成 19 年に三陸沖北部から十勝沖の海域から回収した海底長期観測データおよび平成 17 年度に本業務で実施した三陸沖北部での海底長期観測データと、陸域地震データを併合して処理し、三陸沖北部から十勝沖の領域における地震活動の正確な把握を進めた。一方、平成 18 年度に回収した根室沖から釧路沖での地震観測データの解析を引き続き実施し、根室沖想定震源域における地震活動の正確な把握に努めた。

#### 5) 平成 20 年度

平成 19 年度計画として平成 19 年 6 月から観測を開始した、全 49 観測点による、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での海底地震観測を継続した。平成 20 年度は、引き続き三陸沖の南部の地震活動データを蓄積した後、平成 20 年 5 月から 6 月にかけて用船により全台を回収して観測を終了した。さらに平成 20 年度計画で海底地震観測を新規に実施予定であった茨城沖の海域で、平成 20 年 5 月に M7 クラスの地震が発生した。このため、同月中に大型ヘリコプターを用い、長期観測型海底地震計 12 台の先行設置を茨城沖地震震源域直上およびその周辺で行った。続く平成 20 年 6 月に用船により 38 台の海底地震計の設置を行い、総計 50 台の海底地震計を用いた観測網を福島県から房総半島沖の海域に構築した。平成 20 年 10 月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増強および新規整備した。さらに、今年度回収した海底長期観測データと定常観測点の地震データの併合処理を行い、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と、福島県沖から房総半島沖海域下における正確な地震活動の把握を進めた。

#### (e) 平成 20 年度業務目的

平成 19 年度に三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部の領域において観測を開始した長期観測型海底地震計 49 台を回収して、海・陸データの併合処理を実施する。この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、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけての領域の地震活動を正確に把握することを目的とする。また、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、福島県から房総半島沖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。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進める。

## (2) 平成20年度の成果

### (a) 業務の要約

平成19年度計画の中で、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おいて平成19年6月に49観測点からなる海底地震観測網を構築した。平成20年度は、引き続き本観測を継続し、三陸沖の南部の地震活動データを蓄積した後、平成20年5月から6月にかけて用船により全台を回収して本観測を終了した。また、平成20年5月に、平成20年度計画で海底地震観測を実施予定であった茨城沖の海域でM7クラスの地震が発生したことを受け、平成20年5月に大型ヘリコプターを用いて12台の長期観測型海底地震計の先行設置を茨城沖海域で行った。続く平成20年6月に用船により38台の海底地震計の設置を行い、総計50台の海底地震計を用いた観測網を福島県から房総半島沖の海域に構築した。この観測は平成20年10月まで継続した。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増強および新規整備した。さらに、今年度回収した海底長期観測データと定常観測点の地震データの併合処理を行い、平成19年度計画で実施した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と、平成20年度計画で実施した福島県から房総半島沖の海域の正確な地震活動の把握を進めた。

### (b) 業務の実施方法

#### 1) 観測点配置に関する調整

房総半島沖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、房総半島沖の領域に設置した観測点は50点である。50観測点の配置は、茨城沖で約20年の周期で繰り返し発生しているM7クラスの地震の震源破壊域の分布や、定常地震観測網でとらえられている地震活動分布などを考慮して調整した。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

三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部等の領域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19年度に三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけて設置した観測網は、平成20年5月から6月にかけて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。平成20年5月に大型ヘリコプターを用いて12台の長期観測型海底地震計の設置を茨城沖の海域で行った。続く平成20年6月に用船により38台の海底地震



### 3. 1. 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）

計の設置を行い、総計 50 台の海底地震計を用いた観測網を福島県から房総半島沖の海域に構築した。平成 20 年 9 月に 10 台の海底地震計を海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」により回収した。さらに、平成 20 年 10 月、用船により残り 40 台を回収し、平成 20 年度の観測を終了し、本課題における長期観測型海底地震計による観測を全て終了した。

#### 4) 浅部構造のデータ収集・解析

平成 20 年 9 月に海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」を用いて、福島県から房総半島沖にかけての領域で制御震源を用いた構造調査を実施した。実施内容は長期型海底地震計直上を含む複数の測線上においてエアガン（2～4 台）による発震と、2 チャンネルハイドロフォン・ストリーマーによる発震記録収録である。本記録をもとに、速度構造解析を行った。

#### 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は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福島県から房総半島沖周辺の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。平成 19 年度に本業務で実施した海底地震観測のデータと陸域観測網で記録された地震データを併合処理し、震源再決定を行った。その結果気象庁一元化震源で求まっている地震を含めて 1208 個の震源を決定し、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部における、より詳細なプレート境界形状の把握を進めた。また、平成 20 年度に実施した福島県から房総半島沖での海底地震観測のデータと陸上の地震観測点のデータを併合処理し、震源再決定を行った。その結果、654 個の震源を決定し、福島県から房総半島沖における地震活動分布を求めた。

#### 7) 観測データの流通・公開

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って流通公開を行うため、根室沖から釧路沖において長期観測型海底地震計が記録した地震波形について、平成 18 年度に回収した地震波形から観測対象領域における気象庁一元化震源リストに対応する波形データベースを作成し、光学ディスクに保存した。

#### 8) 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 20 年 10 月 8 日及び平成 21 年 3 月 23 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、地震発生の物理モデルを用いた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、地震発生の物理モデルを構築する上で、モデルパラメータの一部となるために、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進めた（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した。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できる。

平成 19 年 10 月に開始した、三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部における長期観測型海底地震計 49 台で構成した観測を継続した（図 4、表 1）。この領域では海底地震計を用いた構造探査調査や自然地震観測が行われている（Hino et al., 2000<sup>2)</sup>, Miura et al., 2005<sup>6)</sup>, 桑野, 2005<sup>4)</sup>）。しかし、長期間連続した自然地震観測は行われておらず、地震活動の特徴の把握、プレート境界形状の把握、地殻構造と地震活動の対比等に関する知見の蓄積が十分ではない。そのため、本研究では平成 20 年 6 月まで観測を継続し、用船により長期観測型海底地震計を平成 20 年 6 月 18 日から 22 日にかけて回収し（写真 1）、観測を終了した。

平成 20 年 5 月に、平成 20 年度計画で海底地震観測を実施予定であった茨城沖の海域で M7 クラスの地震が発生したため、平成 20 年 5 月 19 日に大型ヘリコプターを用いて 12 台の長期観測型海底地震計の先行設置を茨城沖の海域で行った（写真 2）。続く平成 20 年 6 月 25 日から 27 日にかけて、用船により 38 台の海底地震計の設置を行い、総計 50 台の海底地震計を用いた観測網を福島県から房総半島沖の海域に構築した（図 5、表 2）。これまで本領域では海底地震計を用いた構造探査調査や自然地震観測が行われている（Mochizuki et al., 2008<sup>7)</sup>, Nishizawa et al., 2009<sup>5)</sup>）。しかし、多数の海底地震計を用い、長期間連続した自然地震観測は行われておらず、地震活動の特徴の把握、プレート境界形状の把握、地殻構造と地震活動の対比等に関する知見の蓄積が十分ではなかった。そこで、関係機関（者）等との調整を実施した上で、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展開した。

さらに、地震予知研究計画と連携することにより、エアガンおよび水中発破を用いた構造探査実験を併せて実施した。本実験では、平成 20 年 9 月 4 日から 5 日にかけて、用船を用いてガラス球型海底地震計 31 台の追加設置を行い、同年 9 月 6 日から 9 日にかけて、薬量 40kg のダイナマイト 134 発の海中発破を行った。続く平成 20 年 9 月 24 日から 10 月 4 日にかけて、海洋研究開発機構学術研究船「白鳳丸」を用いて、エアガン 3~4 台（総容量 75~100 リットル）による発震を行った（写真 3）。その後、白鳳丸によりガラス球型海底地

震計全台と長期観測型海底地震計 10 台の回収を行った。平成 20 年 10 月 25 日から 10 月 28 日にかけて、用船を用いて、残りの 40 台の長期観測型海底地震計を回収し、観測を終了した（写真 4）。

1) 三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部における海陸データ統合解析

平成 20 年度は、平成 19 年 10 月に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構築した海底地震計ネットワーク(49 点)の地震計回収作業を行った。作業は平成 20 年 6 月 18 日から 22 日まで株式会社オフショア・オペレーションの「第 5 海工丸」を用いて行った。また、平成 19 年 10 月 15 日から 22 日にかけて海洋研究開発機構の学術調査船「白鳳丸」を用いて、観測域において、エアガン発震を行っている(図 6)。このエアガン発震による水中直達波の走時を用いて、各海底地震計の着底位置を決定した。これらの長期観測型海底地震計の観測期間は平成 19 年 10 月中旬から平成 20 年 6 月下旬までの約 8 ヶ月である。回収した海底地震計の地震記録に対して時刻補正を行った後、近接する陸上の地震観測点 83 点及び地震研究所所有の三陸沖ケーブル式海底地震観測点 3 点のデータと統合した。

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 19 年 10 月に実施したエアガンを用いた地殻構造探査調査記録から距離時間軸断面を作成し(図 7)、過去に行われた構造探査の結果(Takahashi et al., 2004<sup>9)</sup>, Miura et al., 2005<sup>6)</sup>)を参考の上、二次元波線追跡法(Zelt and Smith, 1992<sup>11)</sup>)を用いて、堆積層を含めた海底地震観測網下の P 波速度構造を求めた(図 8)。

自然地震解析については、まず最初に、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 WIN システム(卜部・東田, 1992<sup>10)</sup>)を利用してディスプレイ上で目視による手動検出を行った。それらの地震について、Hirata and Matsu'ura (1987<sup>3)</sup>)により震源決定を行った。理論走時計算時に使用した速度構造は今回の観測で実施した構造探査を含む、この海域で行われた構造探査の結果を参考にして作成した(図 9)。図 9 に示す様に観測点毎に個別の P 波速度構造を与えて理論走時を計算した。Vp/Vs 比は 1.73 とした。また、観測点直下の不均質構造の影響を緩和するため、観測走時と理論走時の差を観測点補正值として震源再計算を 3 回繰り返す事によって震源分布を求めた。解析対象とした地震数は気象庁一元化震源 1511 個である。解析の結果、1208 個の震源が収束した(図 10)。

図 11 に本研究で求めた 8 ヶ月分の高精度な震源の鉛直断面図を示す。本観測領域北側から中央部(図 11A・B・C)にあたる三陸沖では、太平洋プレートの沈み込みに伴い発生するプレート境界付近の地震活動は、薄い面上に分布している。これをプレート境界、あるいはプレート境界と平行な面と考えると、三陸沖下においては、ほぼ様な傾斜角で太平洋プレートが沈み込んでいるものと推定される。一方、本観測網南部にあたる宮城沖付近(図 11D)ではプレート境界付近の地震分布を投影面上で見ると、三陸沖の震源分布と比較すると、深さ方向に厚みを持っている。したがって、宮城沖ではプレート境界の傾斜角が図 11D の投影面直交方向に対して大きく変化しているか、もしくはプレート境界付近で複雑な地震活動が起こっているか、もしくは両者の複合的要因に起因する地震活動であることが示唆される。このように微小地震活動の震源分布でみたプレート

境界付近の構造は三陸沖と比較して複雑な様相を示していることが明らかになった。さらに三陸沖中部から宮城沖北部（図 11B・C・D）においては、スラブ内で発生する深発二重地震(Hasegawa et al., 1978<sup>1)</sup>)の下面につながる地震活動が、海溝軸近くまでほぼ連続的に発生していることが明らかになった。このような地震の発生メカニズムは必ずしも明らかではないが、今回観測された事例を踏まえて、従来の二重深発面の地震発生モデルについて再検討する必要がある。

本研究による震源分布と、過去に観測領域で行われた構造探査の結果(Takahashi et al., 2004<sup>9)</sup>, Miura et al., 2005<sup>6)</sup>)を比較すると(図 12)、三陸沖の島弧地殻とスラブが接する領域では、先に指摘したように海溝軸に沿って震源の深さはほぼ一定であるが、宮城沖では複雑な分布をしている事がわかった。さらに三陸沖においては、プレート上盤側の島弧地殻内に顕著な地震活動が局所的に認められる。また、三陸沖および宮城沖いずれも、太平洋プレートの傾斜角が急変する付近と概ね一致する、島弧側モホが接する領域付近から、プレート沈み方向にかけて、島弧下部地殻からスラブ内まで、地震が深さ方向に広く分布していることが明らかになった。

## 2) 福島県から房総半島沖における海陸データ統合解析

平成 20 年度は福島県から房総半島沖の海域において長期観測型海底地震計 50 点の設置、制御震源を用いた地殻構造探査実験、海底地震計の回収作業を行った。観測は平成 20 年 5 月に、平成 20 年度計画で海底地震観測を実施予定であった茨城沖の海域で M7 クラスの地震が発生したため、平成 20 年 5 月 19 日に大型ヘリコプターを用いて 12 台の長期観測型海底地震計の先行設置を茨城沖の海域で行い、長期観測を開始した。続く平成 20 年 6 月 25 日から 27 日にかけて、用船により 38 台の海底地震計の設置を行い、総計 50 台の長期観測型海底地震計を用いた観測網を福島県沖から房総半島沖の海域に構築した。また、地震予知研究計画と連携し、エアガン・発破を用いた構造探査実験を福島県から房総半島沖の海域で行った(図 13)。平成 20 年 9 月 4 日から 5 日にかけて、地震予知研究計画による用船により、ガラス球型海底地震計 31 台の追加設置を行い、9 月 6 日から 9 日にかけて、薬量 40kg のダイナマイト 134 発の海中発破を行った。続く平成 20 年 9 月 24 日から 10 月 4 日にかけて、海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」を用いて、エアガン 3~4 台（総容量 75~100 リットル）による発震を行った。その後、白鳳丸によりガラス球型海底地震計全台と本観測研究による長期観測型海底地震計 10 台の回収を行った。平成 20 年 10 月 25 日から 10 月 28 日にかけて、本観測研究による用船を用いて、残りの 40 台の長期観測型海底地震計を回収し、観測を終了した。

制御震源探査の解析については、まず海底地震計で記録されたデータに時刻補正などを施したのち、距離時間軸断面を作成した(図 14、15)。各観測点における距離時間軸断面を見ると、複雑な地殻構造を反映して、初動走時に凹凸が見られる。海底地震計で得られた発破記録を見ると、震央距離 200km 程度まで初動を確認することが出来、震央距離 100km 以遠では、見かけ速度が 8.0km/s を超える相を初動としてみる事が出来る。これは沈み込む太平洋プレート下の最上部マントルを通過してきた相と解釈した。速度構造解析には二次元波線追跡法(Zelt and Smith, 1992<sup>11)</sup>)を用い、試行錯誤的を求めた(図 16)。得られた速度構造を見ると、P 波速度 1.6~2.0km/s の堆積層の下に、P 波速度 4km/s

程度の層が見られる。P波速度4km/sを示す層の下にP波速度5.8km/s程度の層が見られ、測線南端から100～150kmの領域で、この層が上に凸の形状をしていることがわかる。また、本測線下での太平洋プレート上面の深さは約20kmであることがわかった。

自然地震解析については、今年度実施した観測で得られた海底地震計データと、近接する定常地震観測点63点の地震データ、および東京大学地震研究所が独自に設置していた海底地震計5台の地震データと統合した。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1100個の地震波形の切り出しを行い、WINシステム（卜部・東田，1992<sup>10)</sup>）を利用してディスプレイ上で目視による手動検測を行った。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。速度構造は今回の観測で実施した構造探査の結果を参考にして、図17に示すP波速度構造を使用した。Vp/Vsは1.73とした。震源計算の結果、解が収束し、深さの誤差が2km以下で決定したのものについて、各観測点各相の走時残差の平均値を求め、これを観測点補正值として震源再計算を行った。さらに同様の再計算を4回繰り返し実施した。この結果、最終的に解が収束し、かつ深さ誤差2km以下の精密な震源を654個求めることができた（図18）。この中には、本観測網展開直前に発生したM7クラスの地震の余震が多く含まれている。図19に本研究で得られた精密な震源の鉛直断面を示す。図19の2の領域で発生している地震の多くがM7クラスの地震の余震活動に対応しており、これらの活動は概ね太平洋プレートの沈み込み角と対応して分布していることが明らかになった。またこの地震発生領域よりも南側にあたる房総沖（図19-3、4、5）にかけては、プレート境界付近よりもあきらかに浅い、太平洋プレートの上盤側プレートの地震活動が数多く認められる。図20に本研究で実施した構造探査実験の結果と、本研究で得られた震源の比較を示す。前述のように、プレート境界付近で発生している地震の他、上盤側のプレート内で発生している地震も認められる。このうち特に地表近くまで基盤が盛り上がっている領域において、浅い領域にまで震源が分布している。このような局所的な基盤の盛り上がりの成因と地震発生との関係は現時点では必ずしも明らかではない。特にこの領域は、南方から沈み込むフィリピン海プレートの先端部近傍であると推察されることから、これら一連の比較研究は、エンドメンバーに属するプレート境界不均質構造と地震発生の関係を明らかにするうえで重要である。これは、本研究結果から提起された課題の一つである。

表1平成19年度に三陸沖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
ML01	07/10/15-10:25:38	38-14.25	143-31.96	3337	617	07/10/15-16:55:00
ML02	07/10/07-17:34:27	38-57.22	143-37.31	2832	657	07/10/15-18:45:00
ML03	07/10/14-23:14:26	39-07.95	143-38.73	3535	704	07/10/15-05:55:00
ML04	07/10/14-21:30:12	39-18.69	143-39.99	3248	649	07/10/15-03:55:00
ML05	07/10/14-20:38:18	39-29.45	143-41.32	3223	627	07/10/15-02:55:00
ML06	07/10/14-15:29:19	39-40.18	143-42.70	2884	708	07/10/14-20:55:00
ML07	07/10/14-14:42:13	39-50.94	143-44.06	3021	631	07/10/14-20:55:00
ML08	07/10/13-08:37:04	40-01.65	143-45.44	2976	696	07/10/14-14:55:00
ML09	07/10/14-07:45:03	40-12.41	143-46.82	3278	691	07/10/14-12:55:00
ML10	07/10/15-09:14:56	38-02.58	143-21.71	3483	633	07/10/15-14:55:00
ML11	07/10/15-11:16:49	38-20.55	143-20.55	2857	695	07/10/15-16:55:00
ML12	07/10/15-13:04:51	38-31.31	143-21.91	2433	630	07/10/15-18:55:00
ML13	07/10/15-14:56:55	38-42.05	143-23.25	2212	625	07/10/15-20:55:00
ML14	07/10/15-16:49:28	38-52.78	143-24.60	2332	699	07/10/15-18:55:00
ML15	07/10/15-00:11:31	39-03.53	143-28.90	2668	693	07/10/15-06:55:00
ML16	07/10/14-22:25:07	39-14.27	143-27.25	2716	709	07/10/15-04:55:00
ML17	07/10/14-19:48:11	39-25.02	143-28.62	2960	620	07/10/14-23:55:00
ML18	07/10/14-16:18:41	39-35.75	143-29.96	2612	647	07/10/14-21:55:00
ML19	07/10/14-13:55:45	39-46.52	143-31.35	2174	634	07/10/14-19:55:00
ML20	07/10/14-09:28:04	39-57.23	143-32.73	2008	626	07/10/14-15:55:00
ML21	07/10/14-06:58:43	40-08.00	143-34.10	2036	651	07/10/14-12:55:00
ML22	07/10/15-08:03:19	37-54.62	143-05.28	2154	611	07/10/15-11:55:00
ML23	07/10/15-12:07:26	38-26.85	143-09.22	2402	712	07/10/15-17:55:00
ML24	07/10/15-14:03:43	38-37.60	143-13.53	2180	618	07/10/15-19:55:00
ML25	07/10/15-16:01:50	38-48.33	143-11.86	2001	622	07/10/15-21:55:00
ML26	07/10/15-01:05:43	38-59.08	143-13.21	2228	669	07/10/15-06:55:00
ML27	07/10/14-19:02:06	39-20.56	143-15.94	2031	663	07/10/14-23:55:00
ML28	07/10/14-17:06:55	39-31.30	143-17.28	2224	655	07/10/14-22:55:00
ML29	07/10/14-13:09:52	39-42.07	143-18.66	2200	671	07/10/14-18:55:00
ML30	07/10/14-10:20:43	39-52.77	143-20.02	1744	698	07/10/14-15:55:00
ML31	07/10/14-06:12:30	40-03.52	143-21.42	1422	628	17/10/14-11:55:00
ML32	07/10/15-06:13:35	38-18.29	142-52.60	1382	639	07/10/15-11:55:00
ML33	07/10/15-05:10:39	38-31.73	142-54.27	1579	710	07/10/15-10:55:00
ML34	07/10/15-03:02:58	38-45.13	142-55.94	1531	690	07/10/15-08:55:00
ML35	07/10/15-02:04:22	38-58.57	142-57.58	1504	685	07/10/15-07:55:00
ML36	07/10/14-18:09:13	35-25.41	143-00.97	1834	664	07/10/14-23:55:00
ML37	07/10/14-12:13:59	39-38.84	143-02.69	1703	629	07/10/14-17:55:00
ML38	07/10/14-11:16:15	39-52.27	143-04.38	1447	674	07/10/14-16:55:00
ML39	07/10/14-05:22:47	40-05.73	143-06.13	1233	619	07/10/14-10:55:00
ML40	07/10/15-04:09:47	38-39.55	142-39.61	1294	711	07/10/15-09:55:00
ML41	07/10/13-20:49:32	38-52.97	142-41.32	1257	707	07/10/14-02:55:00

3. 1. 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）

ML42	07/10/13-23:00:58	39-06.40	142-42.99	1269	706	07/10/14-04:55:00
ML43	07/10/14-00:01:39	39-19.84	142-44.69	1622	694	07/10/14-05:55:00
ML44	07/10/14-02:15:10	39-33.27	142-46.37	1334	689	07/10/14-07:55:00
ML45	07/10/14-03:08:10	39-45.21	142-46.37	1098	636	07/10/14-08:55:00
ML46	07/10/14-04:12:55	40-00.00	142-45.48	1082	632	07/10/14-09:55:00
ML47	07/10/19-53:53	38-47.36	142-25.53	1029	686	07/10/14-02:00:00
ML48	07/10/13-21:58:17	39-00.77	142-27.16	1135	673	07/10/14-03:55:00
ML49	07/10/14-01:17:12	39-27.61	142-30.55	1021	641	07/10/14-06:55:00

（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）		
ML01	38 - 14.2272	143 - 31.9494	3323	エアガン	2008/6/22
ML02	38 - 57.2953	143 - 37.3332	2870	エアガン	2008/6/21
ML03	39 - 08.0436	143 - 38.7528	3622	エアガン	2008/6/21
ML04	39 - 18.8370	143 - 40.0068	3253	エアガン	2008/6/21
ML05	投入位置を使用				2008/6/21
ML06	39 - 40.2798	143 - 42.7314	2879	エアガン	2008/6/20
ML07	39 - 50.9550	143 - 44.0382	3004	エアガン	2008/6/20
ML08	40 - 01.7520	143 - 45.4356	2975	エアガン	2008/6/19
ML09	40 - 12.5406	143 - 46.8150	3260	エアガン	2008/6/19
ML10	38 - 02.5512	143 - 21.6930	3460	エアガン	2008/6/22
ML11	38 - 20.8050	143 - 20.6106	2827	エアガン	2008/6/22
ML12	38 - 31.3776	143 - 21.9084	2407	エアガン	2008/6/22
ML13	38 - 42.0516	143 - 23.2200	2216	エアガン	2008/6/22
ML14	38 - 52.7910	143 - 24.6066	2320	エアガン	2008/6/21
ML15	39 - 03.6276	143 - 25.9260	2692	エアガン	2008/6/21
ML16	39 - 14.3220	143 - 27.2466	2698	エアガン	2008/6/20
ML17	39 - 25.0314	143 - 28.6224	2950	エアガン	2008/6/21
ML18	39 - 35.7426	143 - 29.9388	2605	エアガン	2008/6/20
ML19	39 - 46.4394	143 - 31.3716	2162	エアガン	2008/6/20
ML20	39 - 57.2232	143 - 32.7570	1991	エアガン	2008/6/19
ML21	40 - 07.9464	143 - 34.0716	2014	エアガン	2008/6/19
ML22	37 - 54.7326	143 - 05.0286	2099	エアガン	2008/6/22
ML23	38 - 26.9964	143 - 09.2574	2390	エアガン	2008/6/22
ML24	38 - 37.6854	143 - 10.5144	2165	エアガン	2008/6/22
ML25	38 - 48.4260	143 - 11.8920	2007	エアガン	2008/6/22
ML26	38 - 59.1468	143 - 13.2084	2212	エアガン	2008/6/21
ML27	39 - 20.5914	143 - 15.9570	2022	エアガン	2008/6/20
ML28	39 - 31.3776	143 - 17.2896	2169	エアガン	2008/6/20
ML29	39 - 42.1176	143 - 18.6678	2188	エアガン	2008/6/20
ML30	39 - 52.8618	143 - 20.0532	1748	エアガン	2008/6/19
ML31	40 - 03.5766	143 - 21.4362	1438	エアガン	2008/6/19
ML32	38 - 18.4392	142 - 52.6380	1352	エアガン	2008/6/17
ML33	38 - 31.8750	142 - 54.3180	1557	エアガン	2008/6/17
ML34	38 - 45.2664	142 - 55.9368	1540	エアガン	2008/6/18
ML35	38 - 58.5990	142 - 57.6138	1493	エアガン	2008/6/18
ML36	39 - 25.4472	143 - 00.9636	1833	エアガン	2008/6/21
ML37	39 - 38.9274	143 - 02.7126	1656	エアガン	2008/6/18
ML38	39 - 52.2600	143 - 04.3836	1426	エアガン	2008/6/19
ML39	40 - 05.6874	143 - 06.1158	1210	エアガン	2008/6/19
ML40	38 - 39.6102	142 - 39.6096	1285	エアガン	2008/6/18
ML41	38 - 52.9320	142 - 41.3382	1251	エアガン	2008/6/18
ML42	39 - 06.3156	142 - 42.9498	1226	エアガン	2008/6/18
ML43	39 - 19.7244	142 - 44.6664	1602	エアガン	2008/6/18
ML44	39 - 33.2064	142 - 46.4070	1334	エアガン	2008/6/18
ML45	39 - 45.1290	142 - 46.3866	1069	エアガン	2008/6/19
ML46	39 - 59.9148	142 - 45.4770	1081	エアガン	2008/6/19



3. 1. 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）

ML47	投入位置を使用					2008/6/18
ML48	投入位置を使用					2008/6/18
ML49	39 - 27.5730	142 - 30.5334	1012	エアガン		2008/6/18

表2 平成20年度に房総半島沖に設置した長期観測型海底地震計の投入及び海底推定位位置

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
LF01	08/05/19-16:43:11	36-18.55	141-26.05	1335*	616	08/05/19-19:00:00
LF02	08/06/27-06:53:10	36-27.88	141-32.75	1579	727	08/06/27-09:55:00
LF03	08/06/27-07:58:59	36-37.22	141-39.48	1771	751	08/06/27-10:55:00
LF04	08/06/27-09:21:10	39-48.88	141-47.94	1464	740	08/06/27-10:55:00
LF05	08/06/25-04:36:28	36-08.16	142-28.03	5491	670	08/06/25-06:55:00
LF06	08/06/25-03:12:51	36-18.66	142-35.59	5446	697	08/06/25-05:55:00
LF07	08/06/26-23:32:38	35-40.57	141-40.68	2672	764	08/06/27-00:55:00
LF08	08/06/27-05:34:46	36-22.14	141-18.26	1124	527	08/06/27-08:55:00
LF09	08/06/27-04:20:06	36-10.31	141-20.15	1092	705	08/06/27-06:55:00
LF10	08/05/19-14:01:10	36-09.03	141-33.13	1754*	742	08/05/19-14:55:00
LF11	08/05/19-17:22:44	36-18.36	141-39.80	1719*	688	08/05/19-19:00:00
LF12	08/05/19-16:56:29	36-27.72	141-46.55	2168*	656	08/05/19-19:00:00
LF13	08/06/25-12:22:25	36-37.04	141-53.28	2372	667	08/06/25-14:55:00
LF14	08/06/25-11:15:20	36-47.30	142-00.73	2580	518	08/06/25-12:55:00
LF15	08/06/26-14:47:36	34-53.27	141-35.26	4675	675	08/06/26-17:55:00
LF16	08/06/26-13:32:18	35-02.36	141-41.46	5215	605	08/06/26-16:55:00
LF17	08/06/26-12:18:16	35-12.03	141-48.30	4909	687	08/06/26-16:55:00
LF18	08/06/27-01:58:55	35-50.33	141-19.85	1164	703	08/06/27-03:55:00
LF19	08/06/27-03:02:31	35-59.67	141-26.47	1751	683	08/06/27-05:55:00
LF20	08/05/19-10:59:45	35-59.54	141-40.22	2476*	654	08/05/19-11:30:00
LF21	08/05/19-14:10:58	36-08.84	141-46.90	1988*	668	08/05/19-14:55:00
LF22	08/05/19-14:36:09	36-18.18	141-53.57	2407*	638	08/05/19-14:55:00
LF23	08/05/19-17:07:05	36-27.51	142-00.32	2856*	741	08/05/19-19:00:00
LF24	08/06/25-08:57:45	36-36.84	142-07.06	2548	743	08/06/25-11:55:00
LF25	08/06/25-10:11:10	36-46.16	142-13.84	2572	648	08/06/25-12:55:00
LF26	08/06/24-22:16:35	36-55.48	142-20.64	2672	693	08/06/24-23:55:00
LF27	08/06/26-20:55:00	35-12.64	141-07.27	1829	677	08/06/26-20:55:00
LF28	08/06/26-21:37:48	35-31.40	141-20.37	1164	748	08/06/26-22:55:00
LF29	08/06/27-00:43:35	35-50.12	141-33.58	2441	529	08/06/27-02:55:00
LF30	08/05/19-11:41:52	35-59.24	141-53.99	2474*	763	08/05/19-11:30:00
LF31	08/05/19-11:38:39	36-08.664	142-00.59	2627*	642	08/05/19-11:30:00
LF32	08/05/19-14:26:19	36-17.97	142-07.33	3920	713	08/05/19-14:55:00
LF33	08/06/25-07:57:13	36-31.96	142-17.43	3055	719	08/06/25-09:55:00
LF34	08/06/24-23:34:00	36-45.94	142-27.60	3830	765	08/06/25-01:55:00
LF35	08/06/26-17:09:20	35-03.07	141-14.44	2493	766	08/06/26-19:55:00
LF36	08/06/26-19:32:30	35-12.46	141-20.97	2067	640	08/06/26-22:55:00
LF37	08/06/26-20:20:23	35-21.83	141-27.51	2008	721	08/06/26-21:55:00
LF38	08/06/26-22:36:58	35-31.20	141-34.08	1642	681	08/06/26-23:55:00
LF39	08/06/26-06:25:23	35-49.92	141-47.30	2931	604	08/06/26-09:55:00

3. 1. 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）

LF40	08/05/19-11:29:30	36-08.43	142-14.34	3753*	544	08/05/19-11:30:00
LF41	08/06/25-05:48:40	36-17.74	142-21.05	4163	747	08/06/25-07:55:00
LF42	08/06/25-06:55:55	36-27.07	142-27.47	3958	658	08/06/25-08:55:00
LF43	08/06/25-00:42:53	36-3639	142-34.55	5207	660	08/06/25-03:55:00
LF44	08/06/26-15:51:41	35-02.87	141-28.12	4038	715	08/06/26-17:55:00
LF45	08/06/26-11:08:23	35-12.25	141-34.64	3376	635	08/06/26-12:55:00
LF46	08/06/26-06:53:10	32-21.62	141-41.19	2064	609	08/06/26-11:55:00
LF47	08/06/26-08:03:18	35-35.67	141-51.07	2272	672	08/06/26-10:55:00
LF48	08/06/26-04:45:58	35-49.71	142-01.00	3276	745	08/06/26-07:55:00
LF49	08/06/26-03:158:55	35-59.06	142-07.66	3852	645	08/06/26-05:55:00
LF50	08/06/25-01:53:14	36-29.15	142-43.18	4566	676	08/06/25-04:55:00

\*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（次ページに続く）

表 2 （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)		
LF01	36 - 18.513	141 - 26.1102	1344	エアガン	2008/10/26
LF02	36 - 27.8700	141 - 32.7402	1571	エアガン	2008/10/26
LF03	36 - 37.1646	141 - 39.4464	1752	エアガン	2008/10/26
LF04	36 - 48.8268	141 - 47.9028	1457	エアガン	2008/10/04
LF05	投入位置を使用				2008/10/05
LF06	36 - 18.6732	142 - 35.5950	5916	エアガン	2008/10/05
LF07	投入位置を使用				2008/10/28
LF08	36 - 22.1196	141 - 18.2790	1112	エアガン	2008/10/26
LF09	36 - 10.2858	141 - 20.1672	1101	エアガン	2008/10/26
LF10	36 - 08.9052	141 - 33.0636	1742	エアガン	2008/10/26
LF11	投入位置を使用				2008/10/26
LF12	36 - 27.6408	141 - 46.4826	2127	エアガン	2008/10/26
LF13	36 - 36.9288	141 - 53.1960	2342	エアガン	2008/10/26
LF14	36 - 47.1336	142 - 00.6192	2550	エアガン	2008/10/04
LF15	投入位置を使用				2008/10/27
LF16	35 - 02.8686	141 - 41.9064	5278	エアガン	2008/10/27
LF17	35 - 12.2412	141 - 48.4404	5141	エアガン	2008/10/27
LF18	投入位置を使用				2008/10/26
LF19	35 - 59.5932	141 - 26.4174	1716	エアガン	2008/10/26
LF20	35 - 59.5380	141 - 40.2192	2480	エアガン	2008/10/28
LF21	36 - 08.8656	141 - 46.8978	1970	エアガン	2008/10/29
LF22	36 - 18.2058	141 - 53.5368	2391	エアガン	2008/10/29
LF23	36 - 27.5124	142 - 00.2940	2832	エアガン	2008/10/29
LF24	投入位置を使用				2008/10/04
LF25	36 - 46.1496	142 - 13.8252	2543	エアガン	2008/10/25
LF26	36 - 55.4298	142 - 20.6052	2640	エアガン	2008/10/25
LF27	35 - 12.7884	141 - 07.4304	1842	エアガン	2008/10/27
LF28	投入位置を使用				2008/10/27
LF29	35 - 50.2278	141 - 33.6732	2405	エアガン	2008/10/26
LF30	35 - 59.3580	141 - 54.0210	2525	エアガン	2008/10/28
LF31	36 - 08.7522	142 - 00.5778	2617	エアガン	2008/10/29
LF32	36 - 17.9538	142 - 07.3314	3917	エアガン	2008/10/29
LF33	36 - 31.9344	142 - 17.4360	3046	エアガン	2008/10/05
LF34	36 - 45.9366	142 - 27.6042	3816	エアガン	2008/10/25
LF35	35 - 03.2904	141 - 14.5938	2489	エアガン	2008/10/27
LF36	35 - 12.6408	141 - 21.0912	2034	エアガン	2008/10/27
LF37	投入位置を使用				2008/10/27
LF38	35 - 31.3626	141 - 34.2360	1594	エアガン	2008/10/28
LF39	35 - 49.9974	141 - 47.3592	2908	エアガン	2008/10/28
LF40	36 - 08.4834	142 - 14.4318	3740	エアガン	2008/10/29
LF41	36 - 17.7462	142 - 21.0504	4165	エアガン	2008/10/05
LF42	36 - 26.9976	142 - 27.7338	4091	エアガン	2008/10/05
LF43	36 - 36.3414	142 - 34.5180	5245	エアガン	2008/10/05
LF44	35 - 03.0600	141 - 28.2438	4029	エアガン	2008/10/27
LF45	35 - 12.4128	141 - 34.7394	3344	エアガン	2008/10/28
LF46	35 - 21.8100	141 - 41.1450	2131	エアガン	2008/10/28

3. 1. 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）

LF47	35 - 35.8236	141 - 51.1680	2243	エアガン	2008/10/27
LF48	35 - 49.8798	142 - 01.1214	3272	エアガン	2008/10/28
LF49	35 - 59.1402	142 - 07.7250	3851	エアガン	2008/10/28
LF50	36 - 29.1414	142 - 43.1610	5618	エアガン	2008/10/05

3. 1. 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 三陸沖南部から福島沖北部から回収された海底地震計（平成 20 年 6 月）



写真 2 福島県から房総半島沖の海域に大型ヘリコプターで設置される海底地震計（平成 20 年 5 月）



3. 1. 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 福島県から房総半島沖の構造調査のために使用したエアガン（平成20年9月）



写真4 福島県から房総半島沖の海域から回収された海底地震計（平成20年10月）

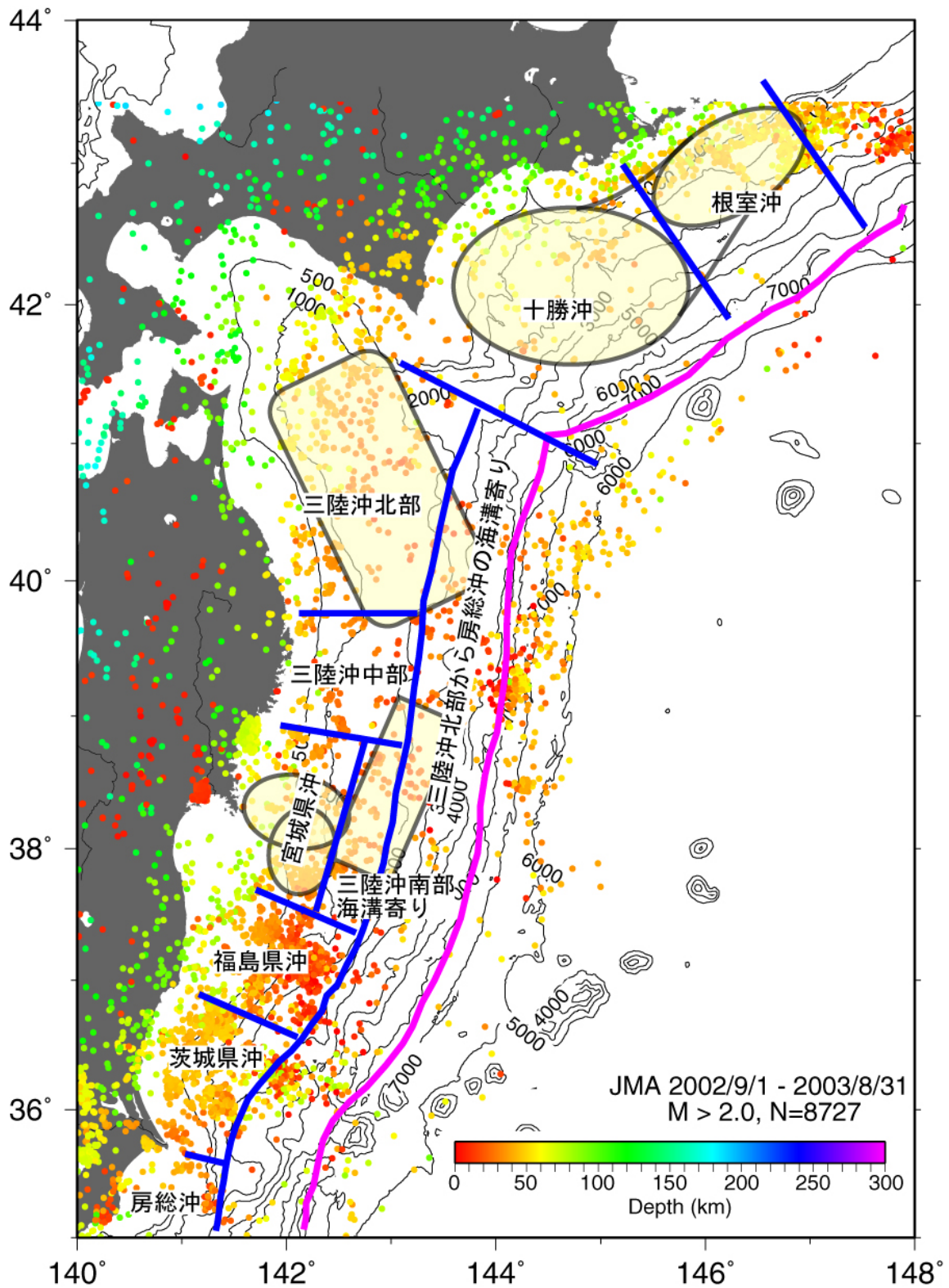


図1 地震調査委員会による海溝型地震想定震源域



3. 1. 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）

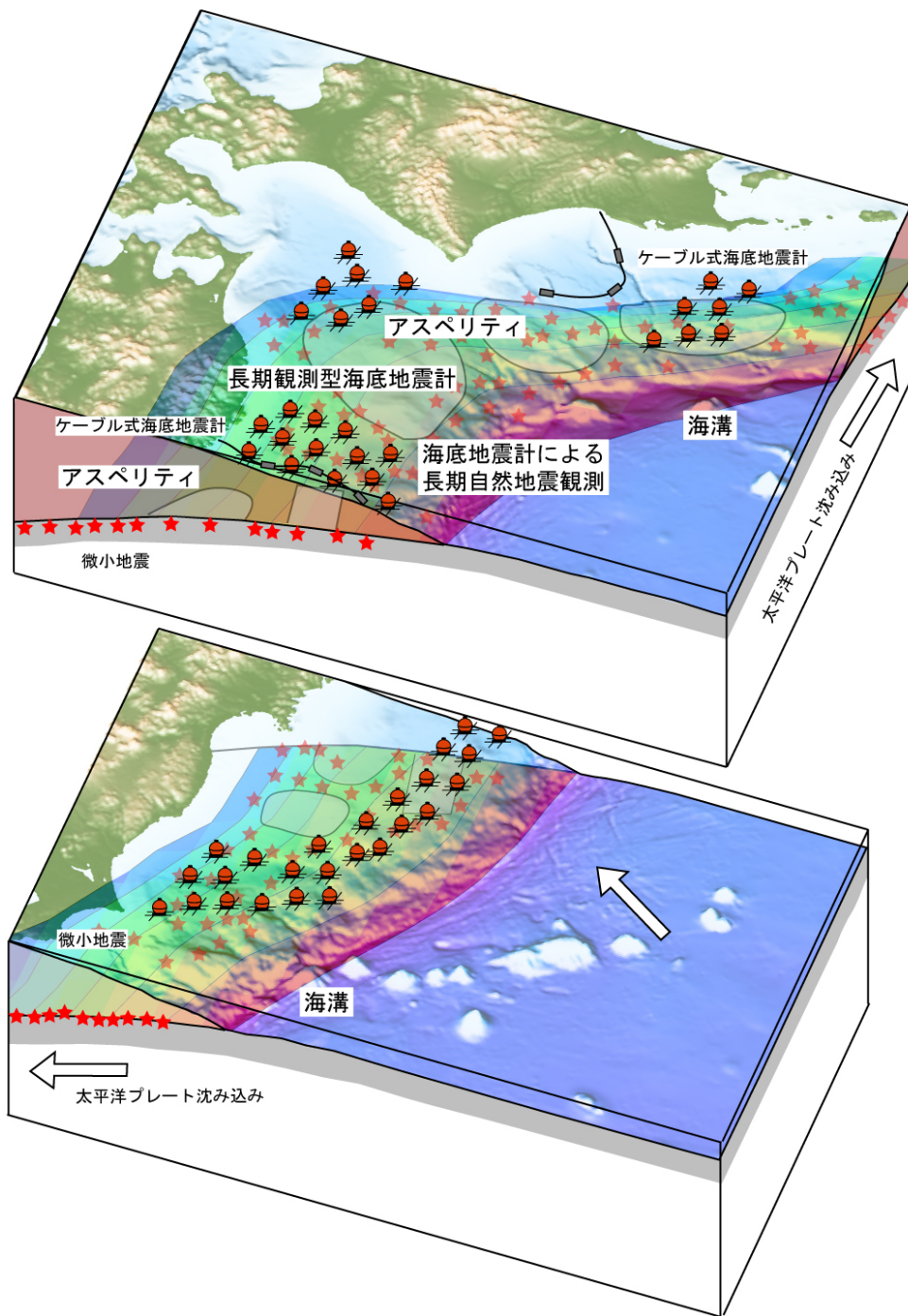


図2 長期観測型海底地震計を用いた観測手法の概念図

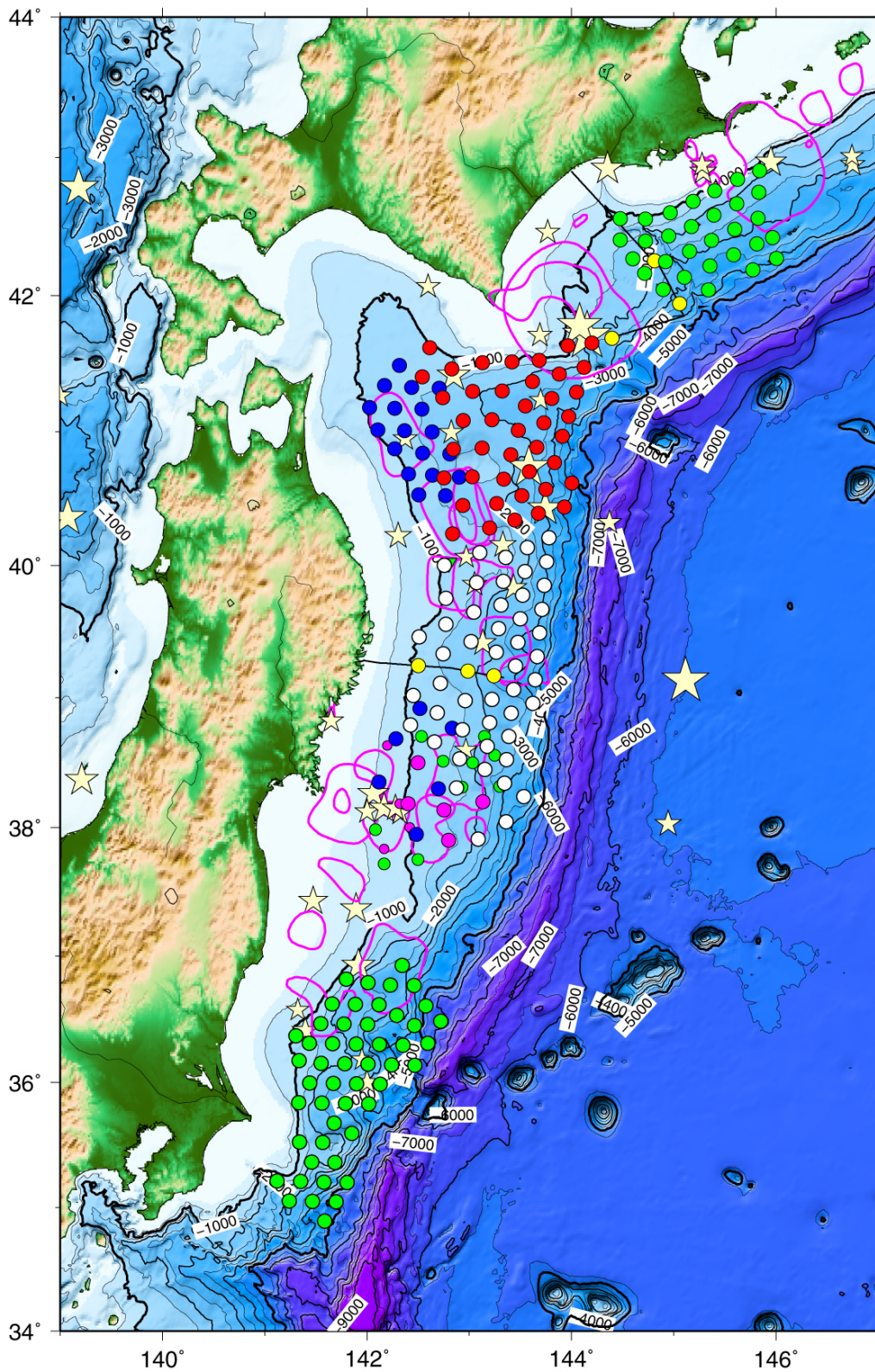


図 3 本研究計画による長期海底地震観測点と海底ケーブル観測システムおよび宮城沖県沖地震重点観測海底地震観測点



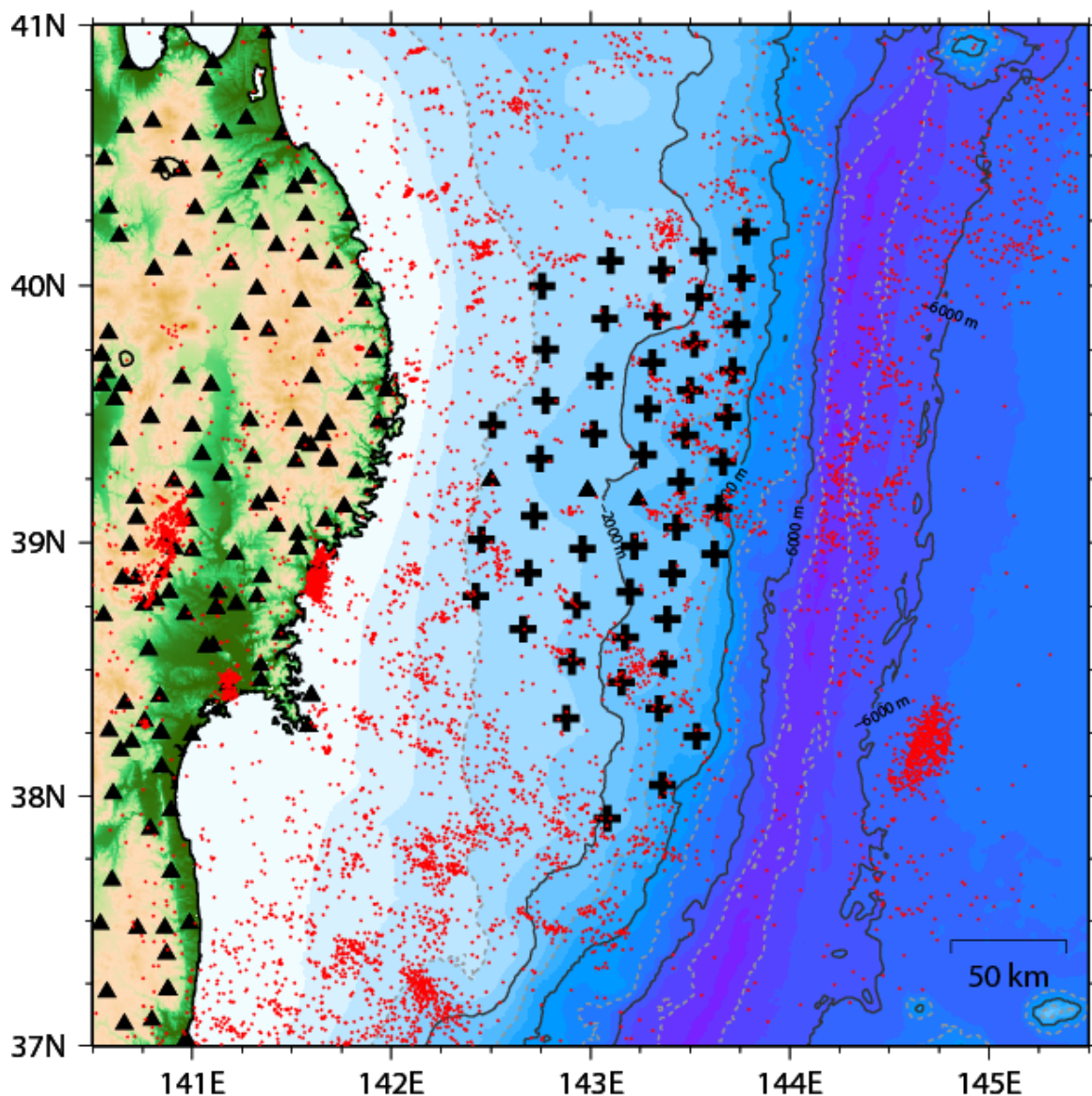


図4 平成19年度～平成20年度観測の三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島沖北部にかけての領域における海底地震計設置点

平成20年6月18日から22日にかけて株式会社オフショア・オペレーションの「第5海工丸」を利用して回収した。黒十字が長期観測型海底地震計(49点)の位置、三角は陸上の定常観測点と東京大学地震研究所所有のケーブル式海底地震計の位置を示す。赤点は1998年～2008年までのMj3.0以上の気象庁一元化震源。

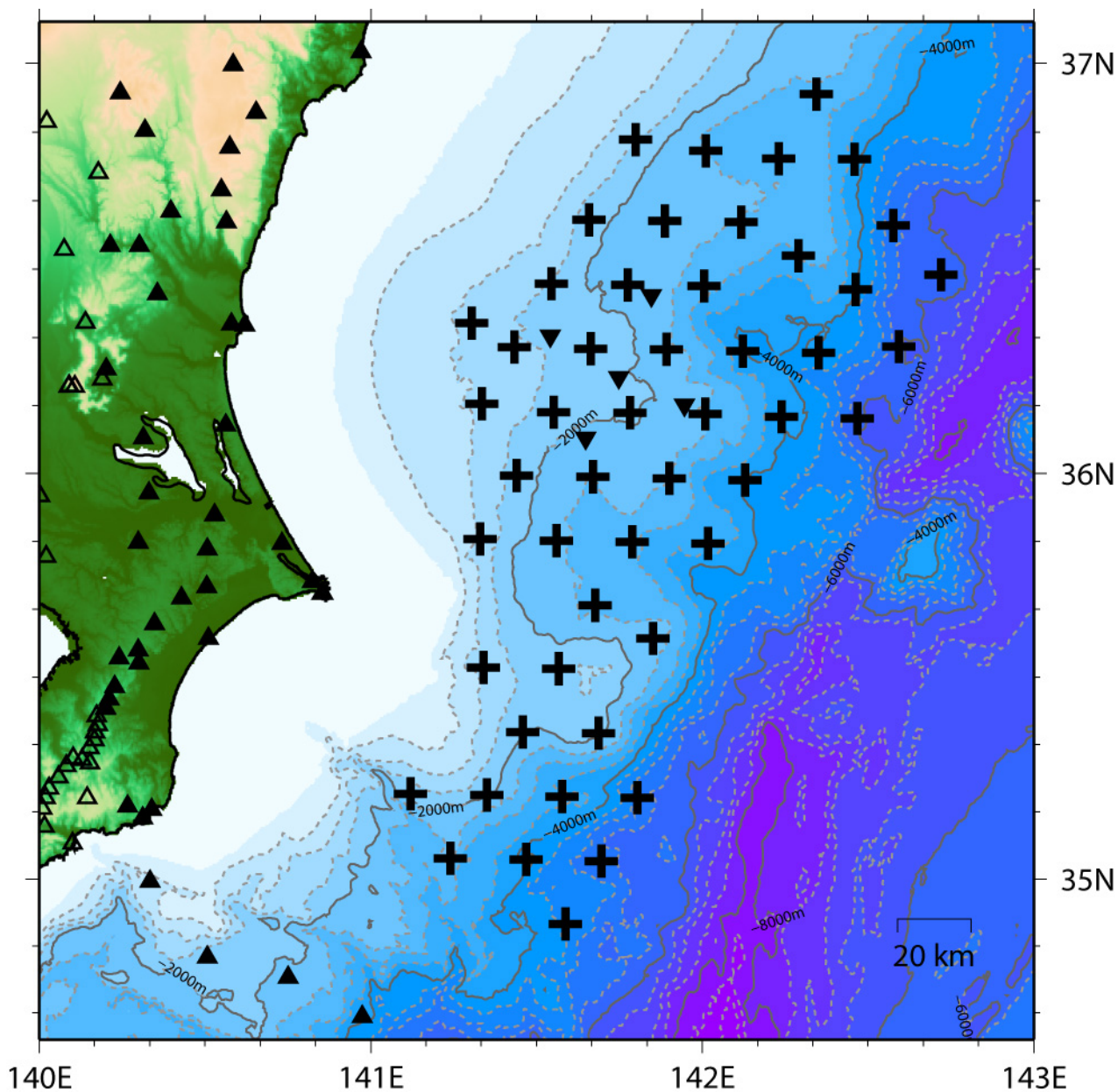


図5 平成20年度観測の福島県から房総半島沖における海底地震計設置点

平成20年5月19日に大型ヘリコプターを利用して観測点中央部の12点を設置した。続く平成20年6月25日から27日にかけて、用船を利用して38点を設置した。黒十字が本研究計画で設置した長期観測型海底地震計を示す。逆三角は東京大学地震研究所が実施した、茨城沖繰り返し観測で設置した海底地震計を示す。三角は陸上の定常観測点と気象庁のケーブル式海底地震計の位置を示す。

3. 1. 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）

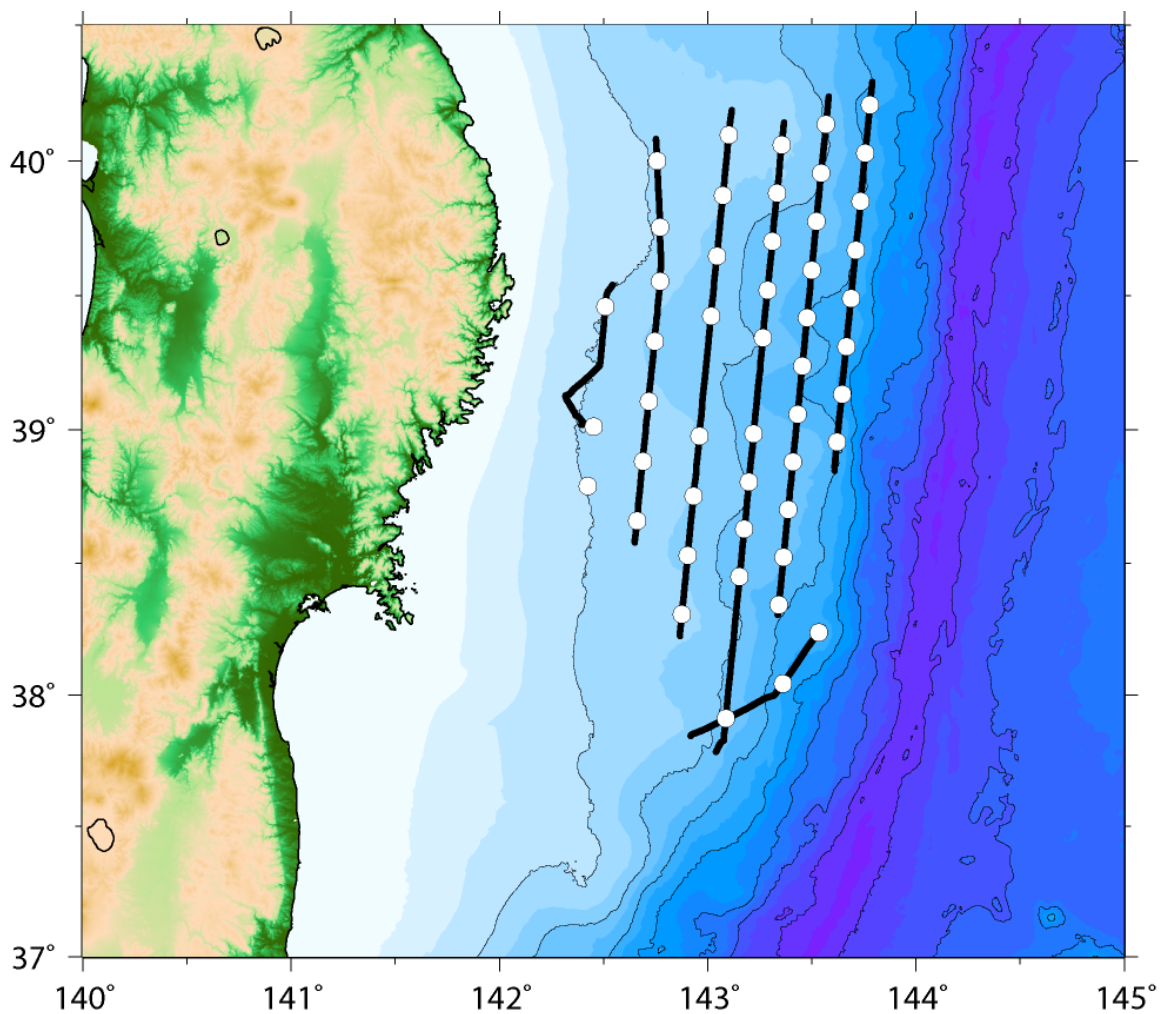


図6 三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島県沖北部にかけての領域で実施したエアガン測線配置図

白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。エアガン発震は海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」を用いて行った。



# 17

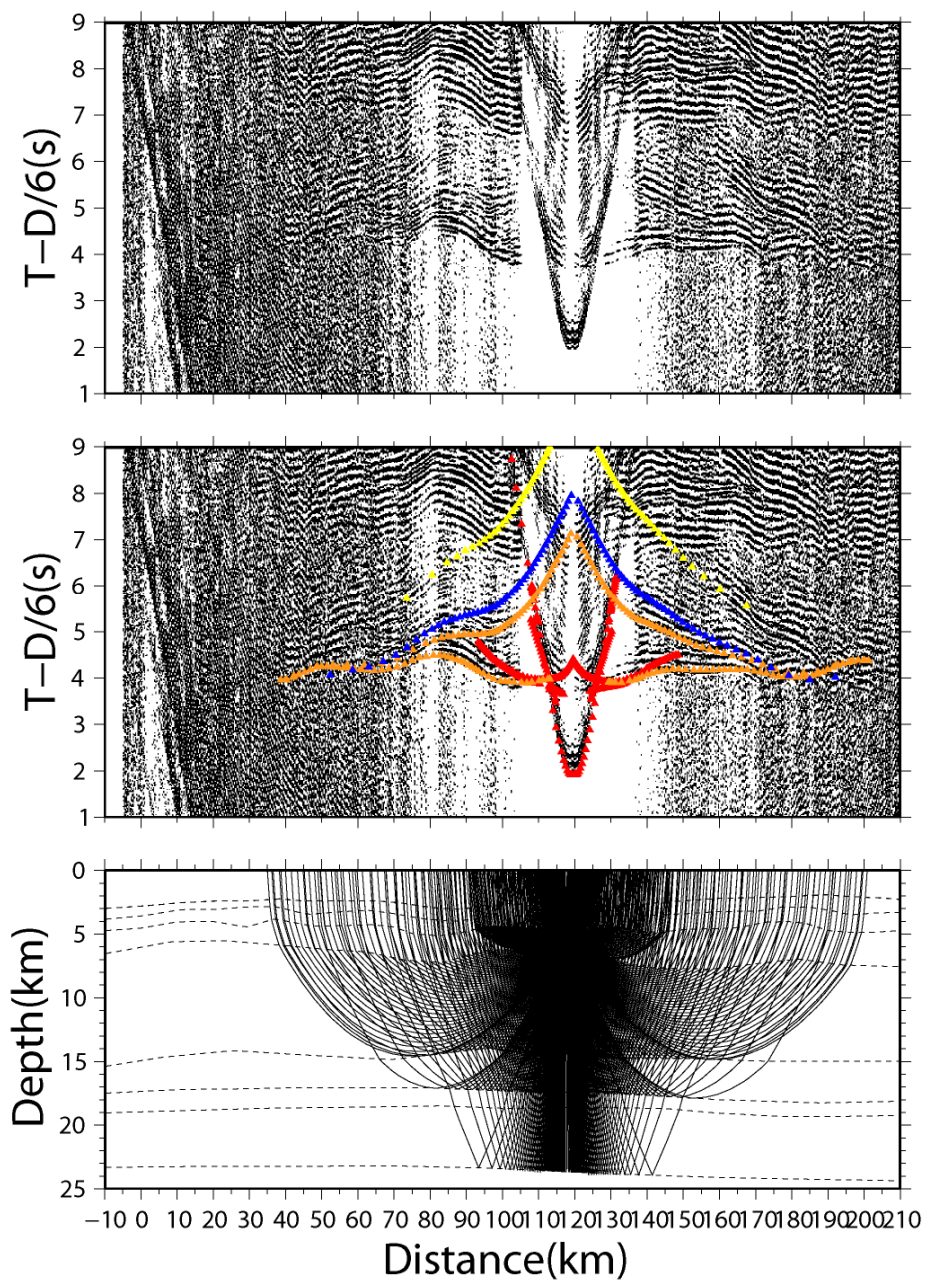


図7 (上)長期観測型海底地震計 ML17 で得られたエアガン波形、(中)波形とモデルから計算された理論走時、(下)波線図  
 波形記録には 6-12Hz のバンドパスフィルターを施し、最大振幅で規格化している。

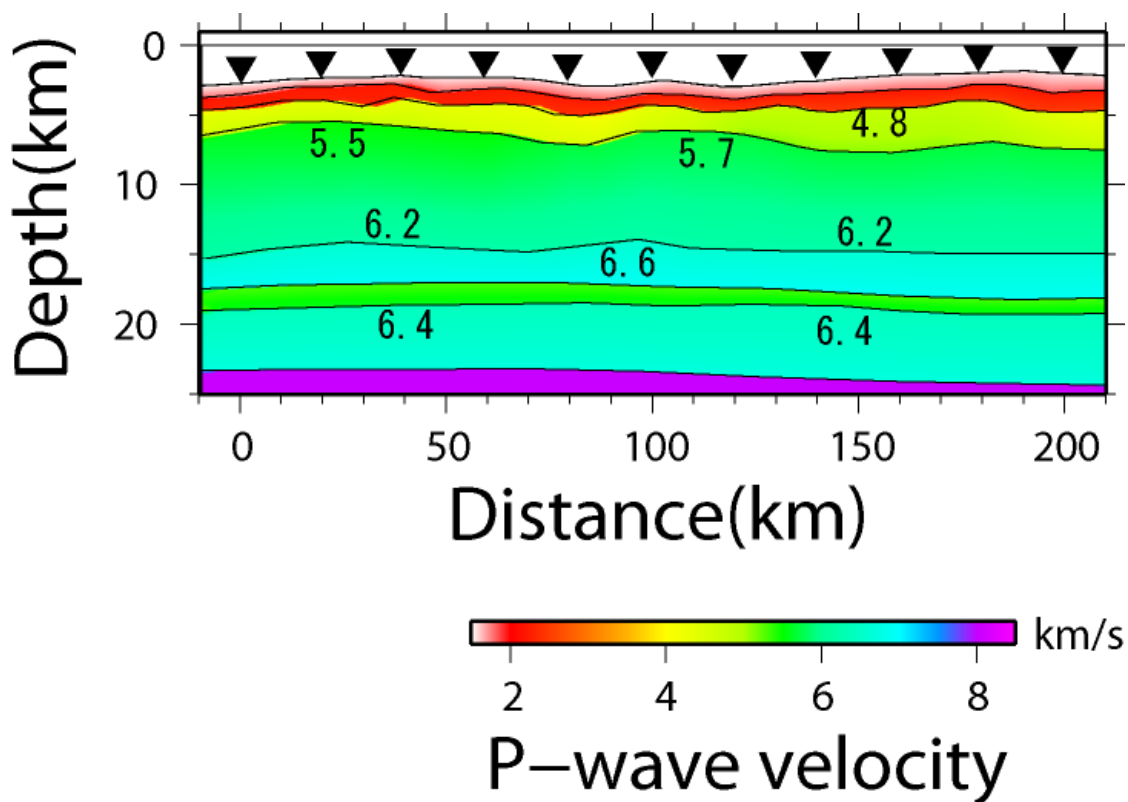


図 8 三陸沖南部から宮城沖海溝軸寄り・福島県北部にかけての領域における地殻構造探査実験で得られた速度構造モデル

図中の黒三角は海底地震計の位置を示す。

プレート境界の深さ 17km 程度である。

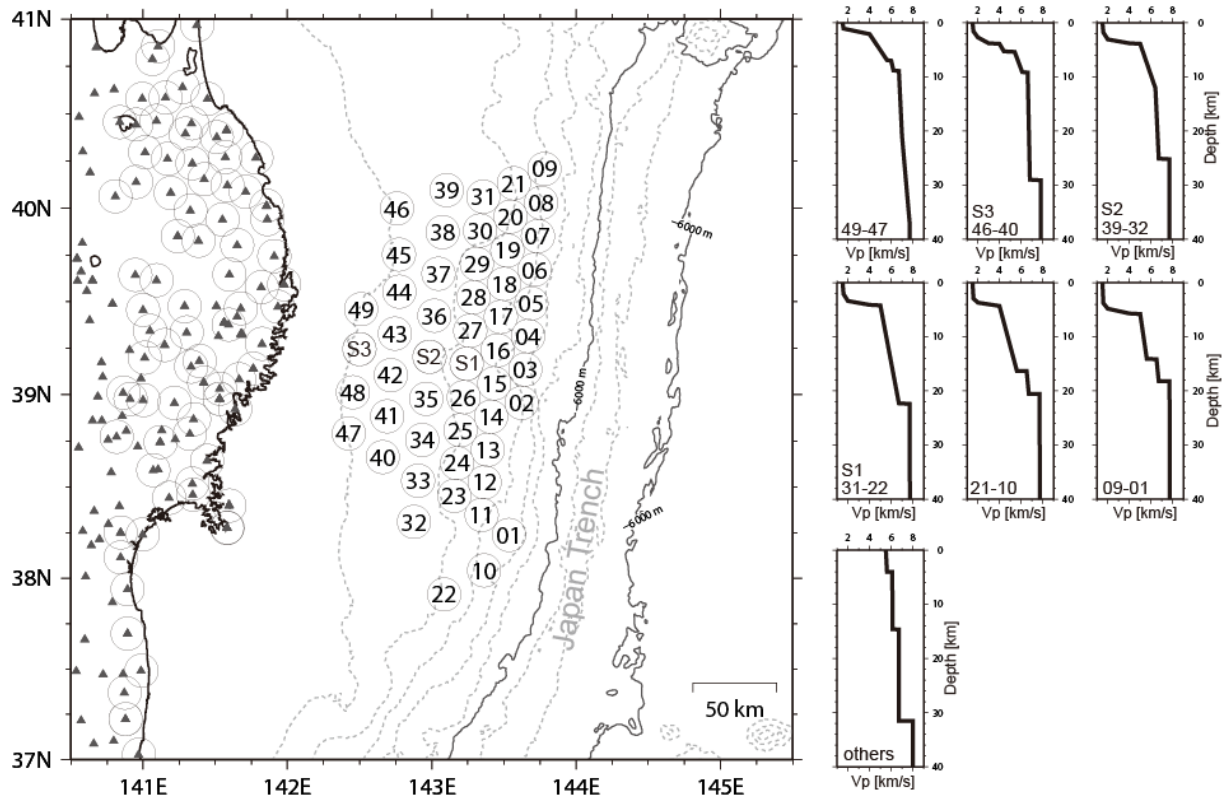


図 9 震源決定に使用した観測点の配置と震源決定に使用した各観測点の一次元地震波速度構造

図中の数字は海底地震計番号を示す。各観測点の一次元速度構造は今回の観測で実施した構造探査を含む、この海域で行われた構造探査の結果を参考にして作成した。Vp/Vs 比は 1.73 と仮定した。



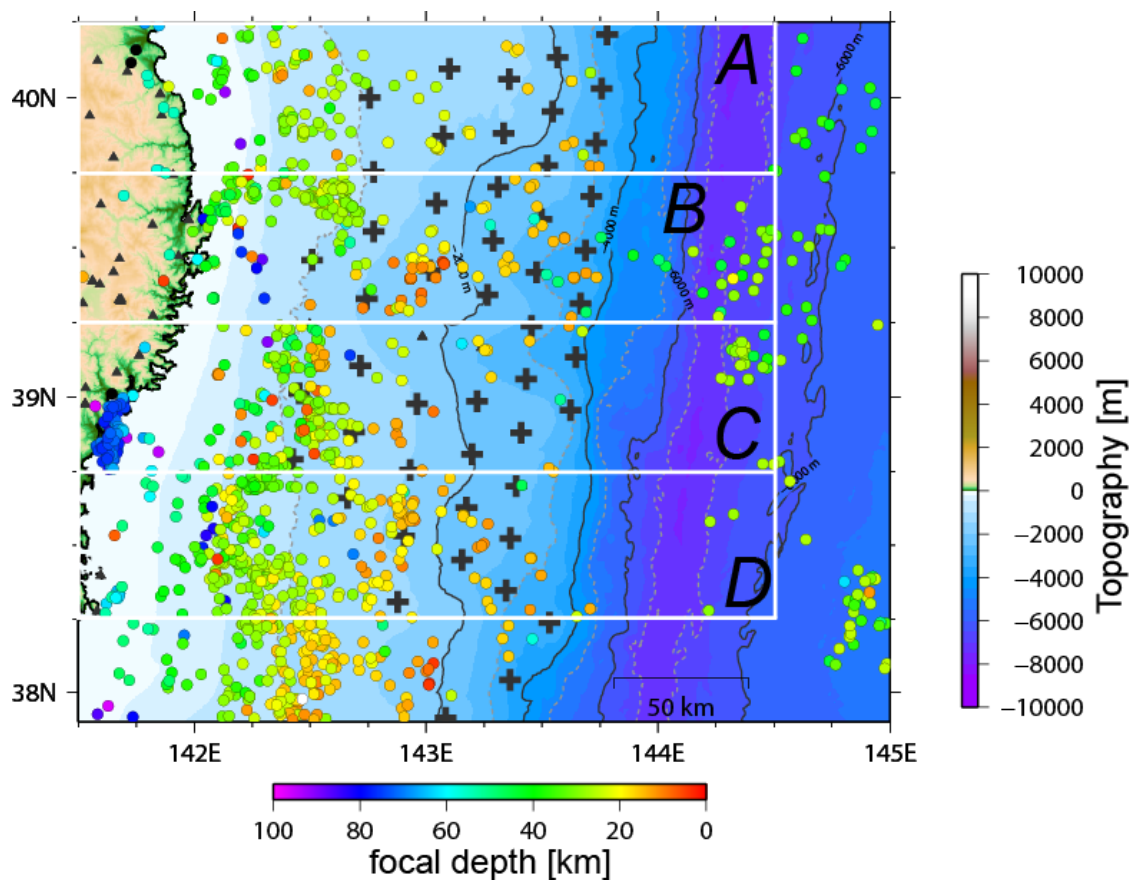


図 10 解析の結果得られた震源の震央分布

気象庁一元化震源 1511 個について震源再決定を行い、1208 個の震源が収束した。これらの震源の深さをカラーで示した。黒十字、黒三角は解析に使用した観測点の配置を示す。アルファベットと白枠は図 11 で示す震源の垂直断面投影図の位置。

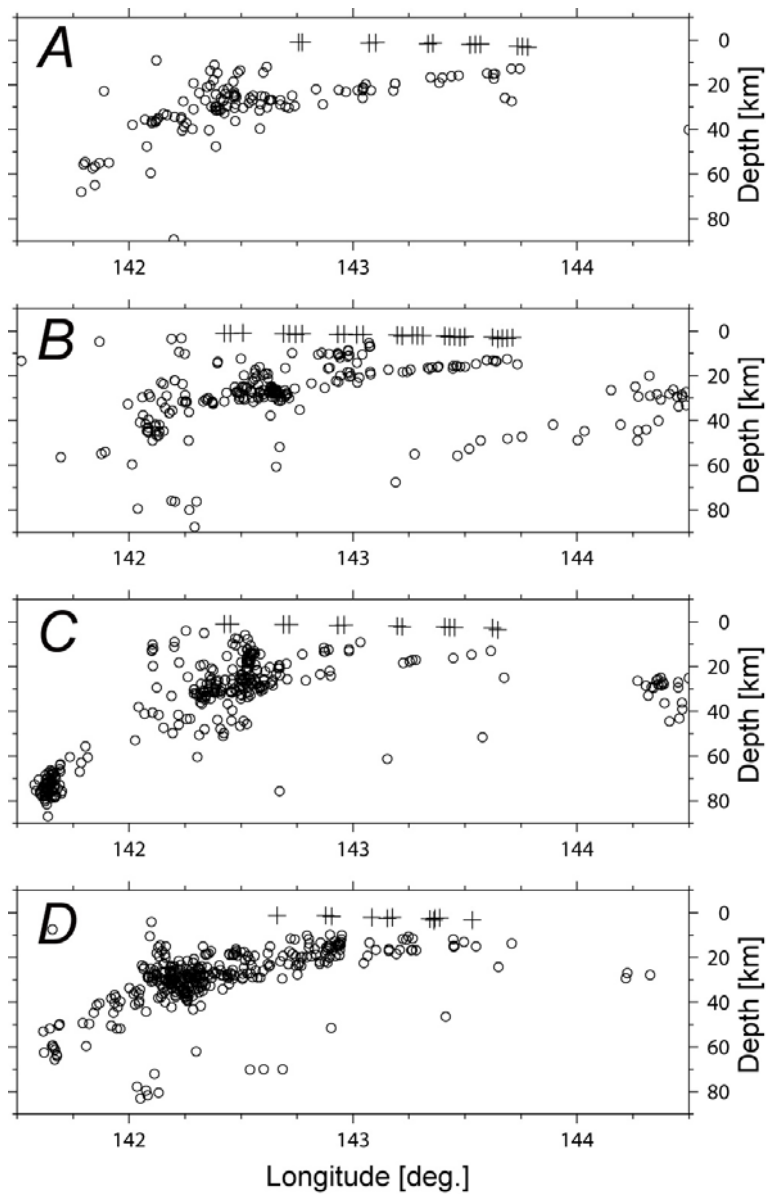


図 11 解析の結果得られた震源の鉛直断面投影図

各断面中のアルファベットは図 10 の白枠を示し、震源は各白枠内のもの。黒十字は白枠中の海底地震計の位置。プレート境界及びその付近、上盤側の地震活動に加え、スラブ内二重深発地震の下面延長に位置する地震活動が海溝近くまで認められる。

3. 1. 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）

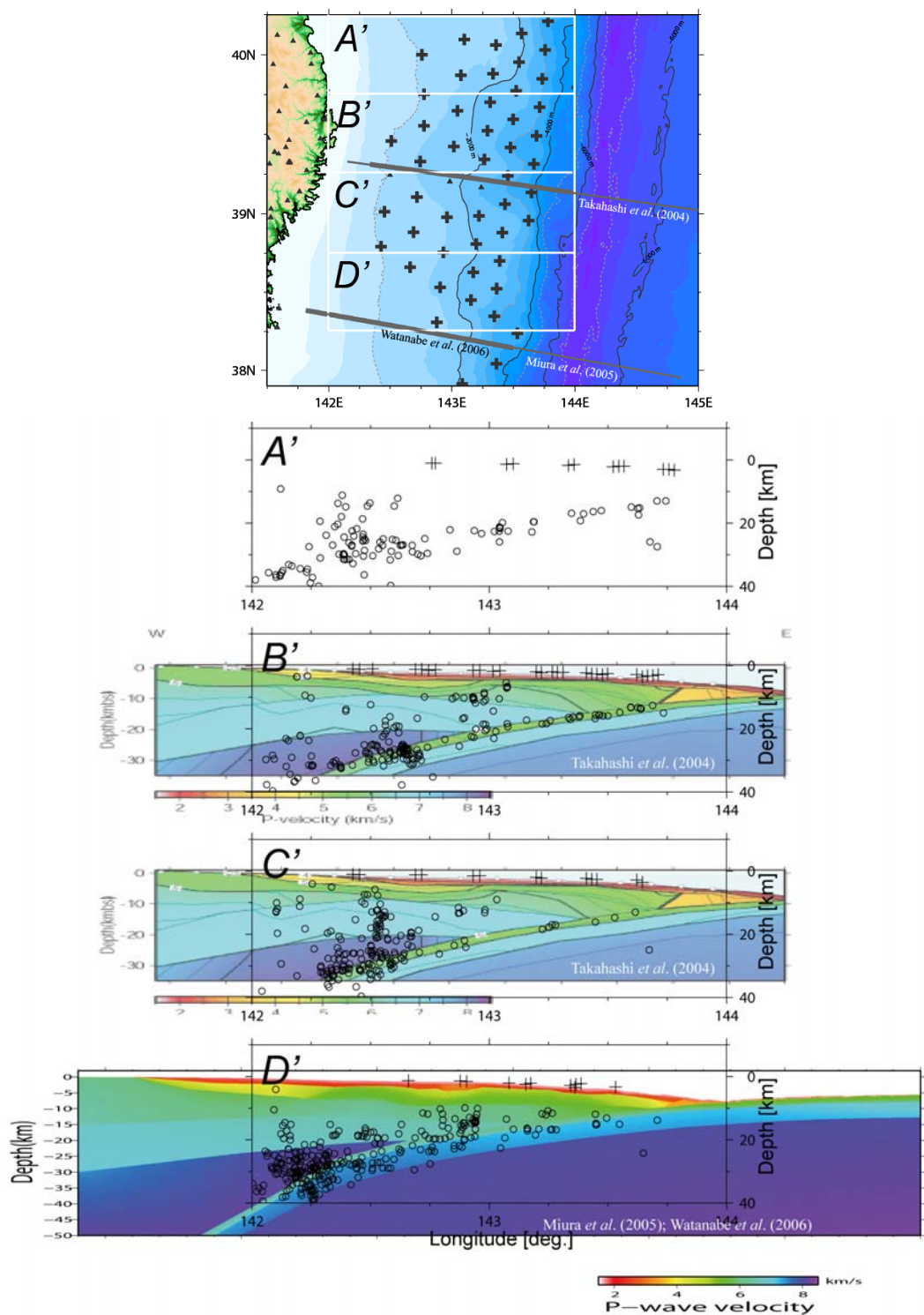


図 12 決定した震源と過去の構造探査実験による二次元 P 波速度構造との比較

(上)平成 19 年度実施の三陸沖海底地震観測網に対する構造探査測線。

図中の黒十字が海底地震計の位置、灰色線が構造探査測線(Takahashi et al., 2004<sup>9</sup>), Miura et al., 2005<sup>6</sup>)

(下)P 波速度構造と震源との比較。

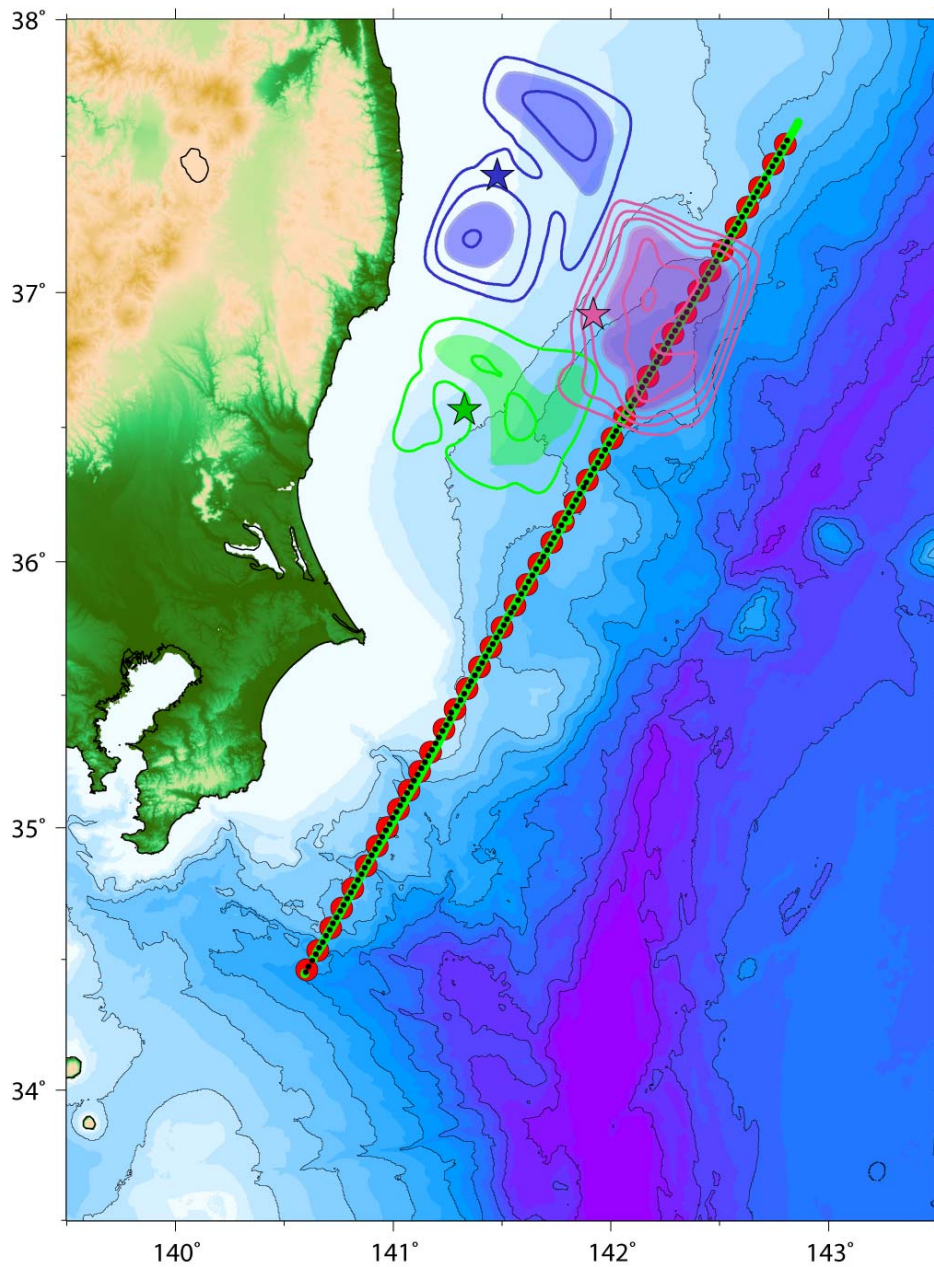


図 13 福島県から房総半島沖でエアガン・発破を用いた構造探査実験の測線  
赤丸は海底地震計の位置、黒小丸はダイナマイト発破位置、緑線がエアガン発震測線。色つきコ  
ンターは過去に発生した規模の大きな地震のすべり量分布(室谷・他、2004<sup>8)</sup>)。



26

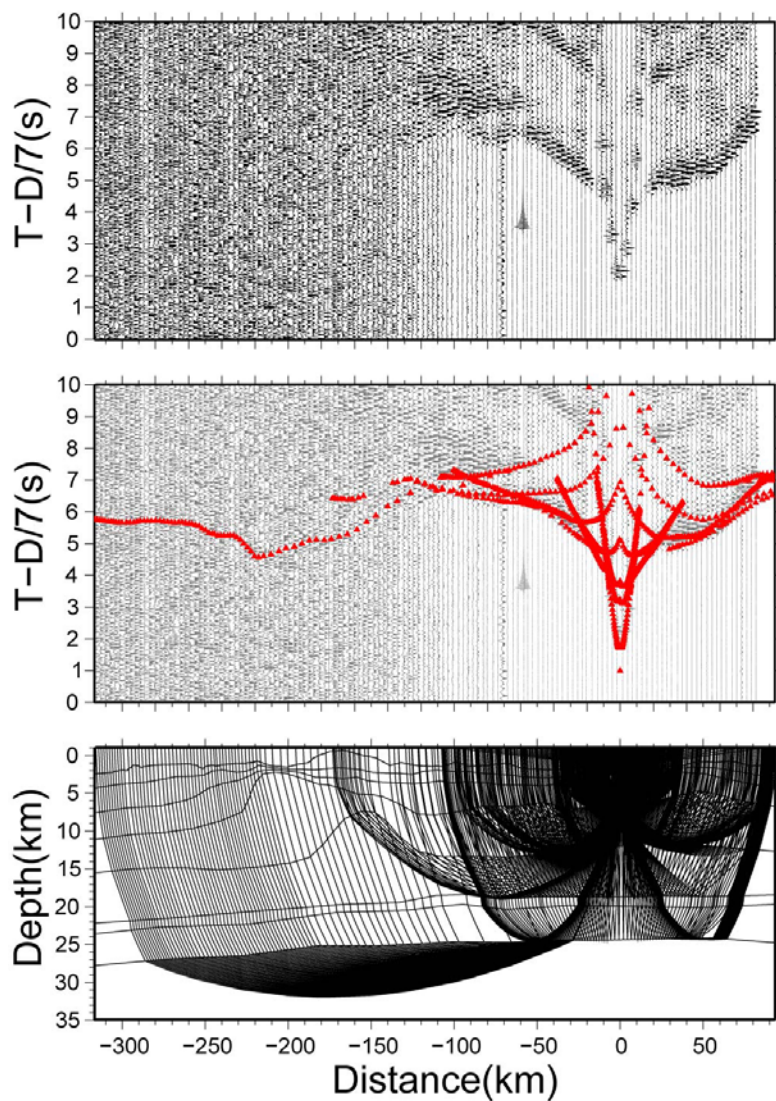


図 14 (上)長期観測型海底地震計(観測点番号 26)で得られたダイナマイト発破の記録波形、(中)地震計記録波形と、得られた速度構造モデルに基づく理論走時(三角)、(下)波線図  
 波形記録には 6-12Hz のバンドパスフィルターを施し、最大振幅で規格化している。

29

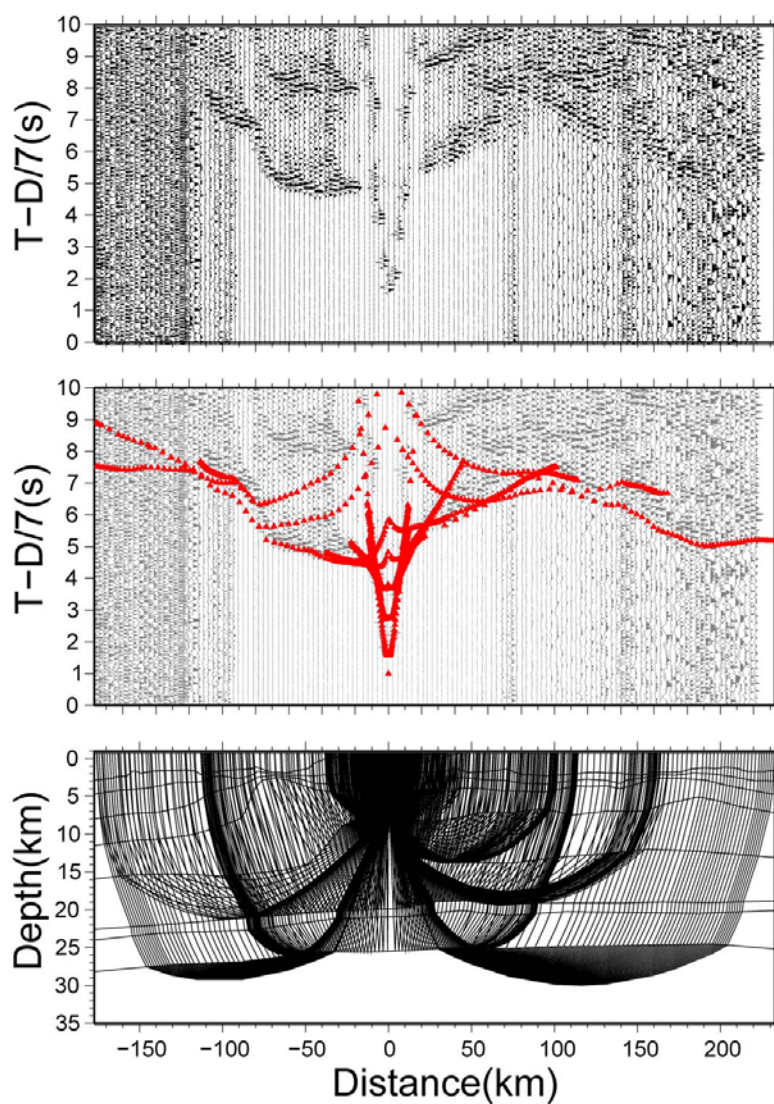


図 15 (上)長期観測型海底地震計（観測点番号 29）で得られたダイナマイト発破の記録波形、(中)地震計記録波形と、得られた速度構造モデルに基づく理論走時、(下)波線図  
波形記録には 6-12Hz のバンドパスフィルターを施し、最大振幅で規格化している。

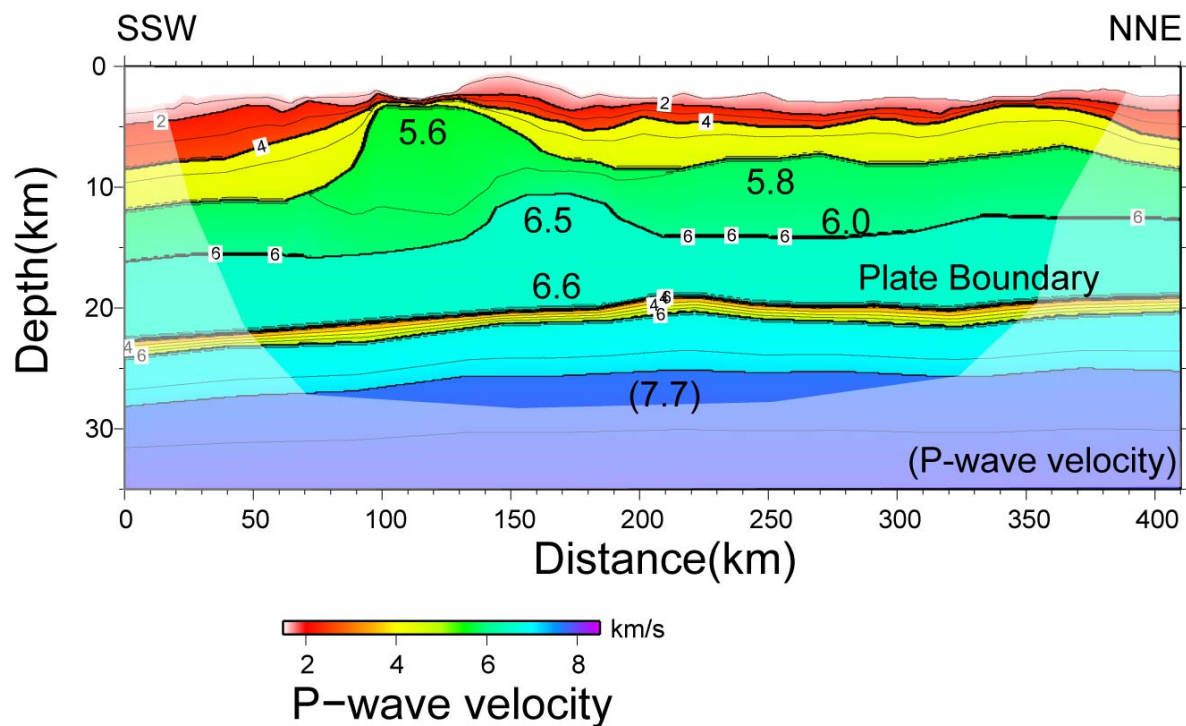


図 16 福島県から房総半島沖で実施された地殻構造探査実験で得られた速度構造モデル  
測線南端から約 100km 付近の島弧側地殻内に顕著な不均質が見られる。

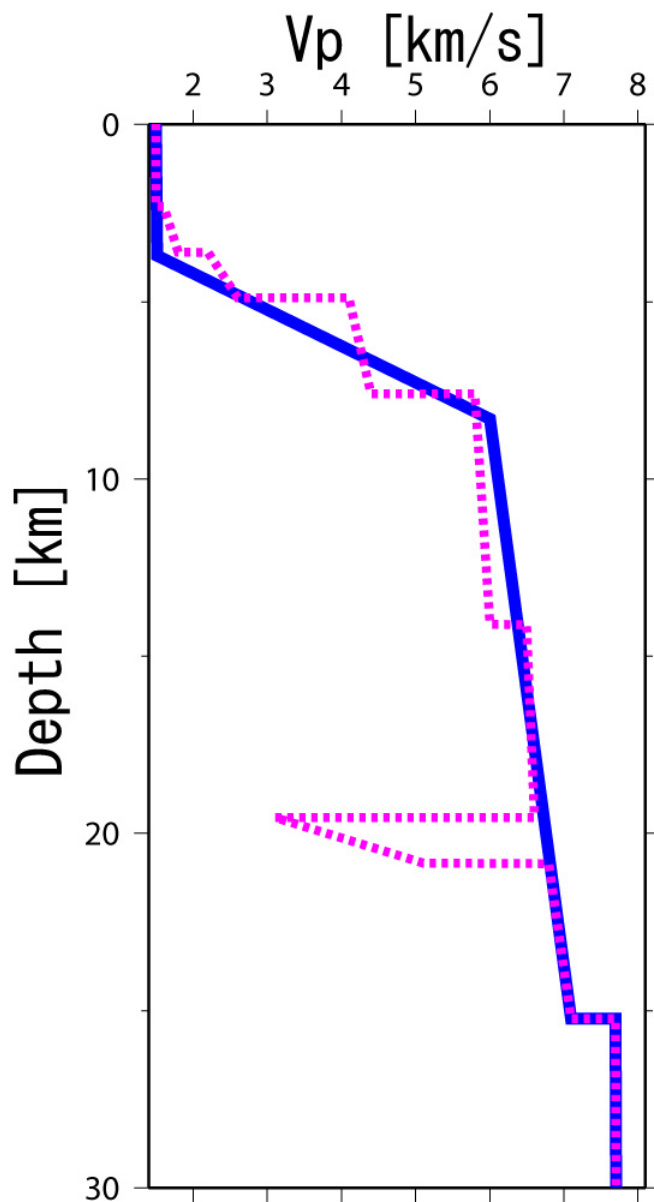


図 17 福島県から房総半島沖での震源決定に使用した一次元速度構造

ピンク破線：速度構造探索の結果。

青線：速度構造探索の結果を参考に作成した一次元速度構造。



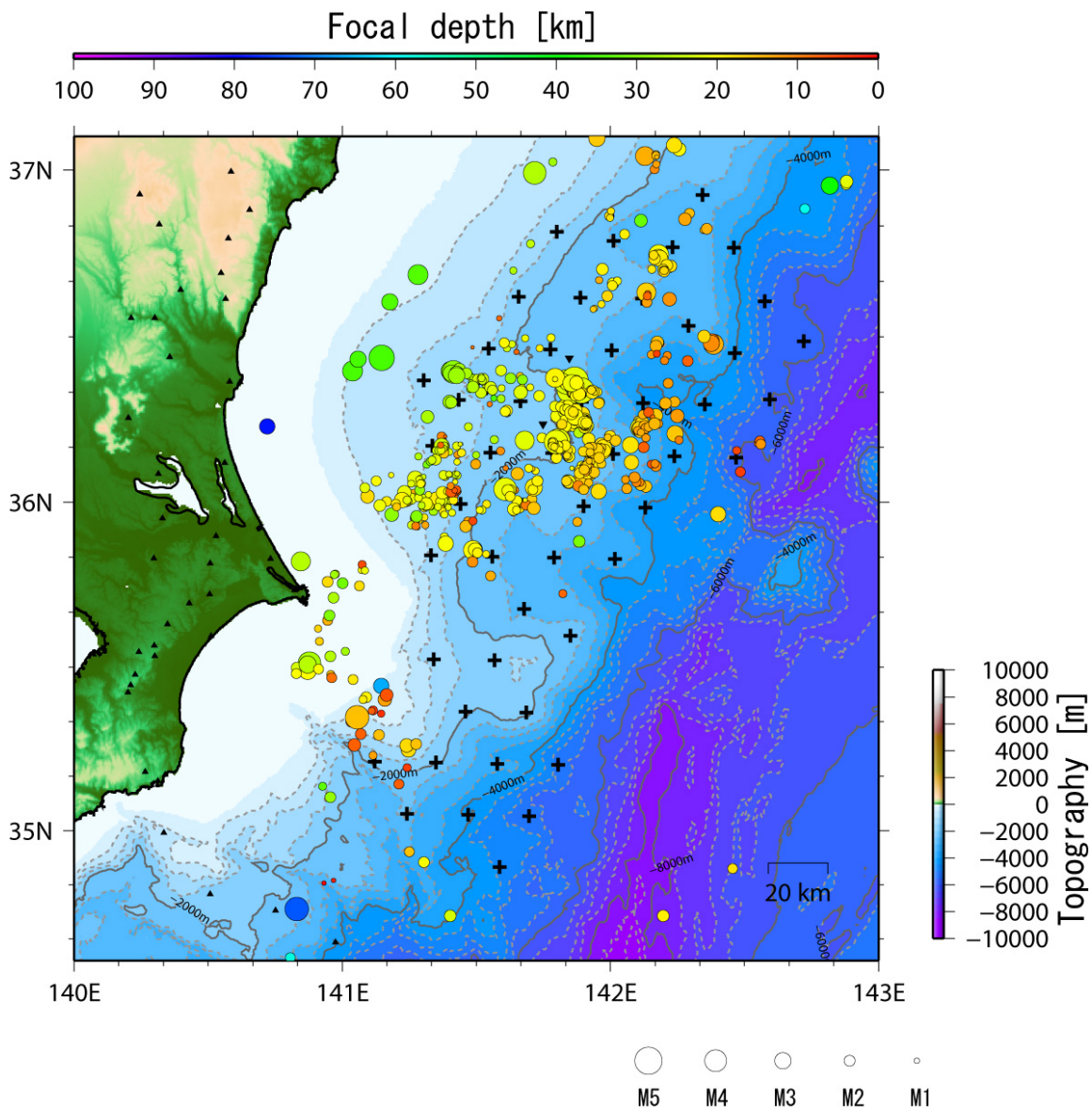


図 18 解析の結果得られた福島県から房総半島沖の震源の震央分布  
 黒十字が平成 20 年度計画で設置した長期観測型海底地震計の位置、黒三角が解析に使用した定常観測点および東京大学地震研究所が独自に設置した海底地震計である。  
 震源の深さをカラーで示してあり、震源の大きさはマグニチュードの大きさに比例する。

3. 1. 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）

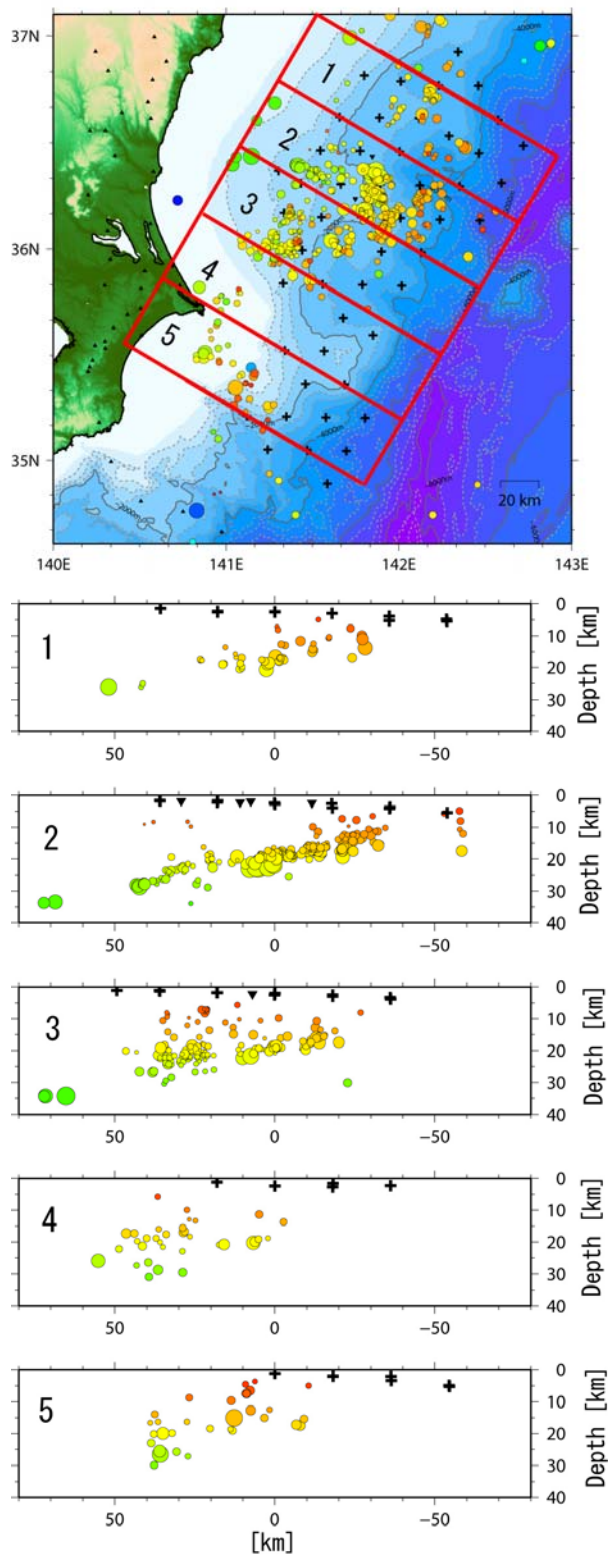


図 19 解析の結果得られた震源の震央分布(上)と鉛直断面投影図(下)  
 (上)図中の番号と赤枠は下図で示す震源鉛直断面投影図の位置に対応する。  
 (下)図中の黒十字および黒三角は海底地震計の位置を示す。

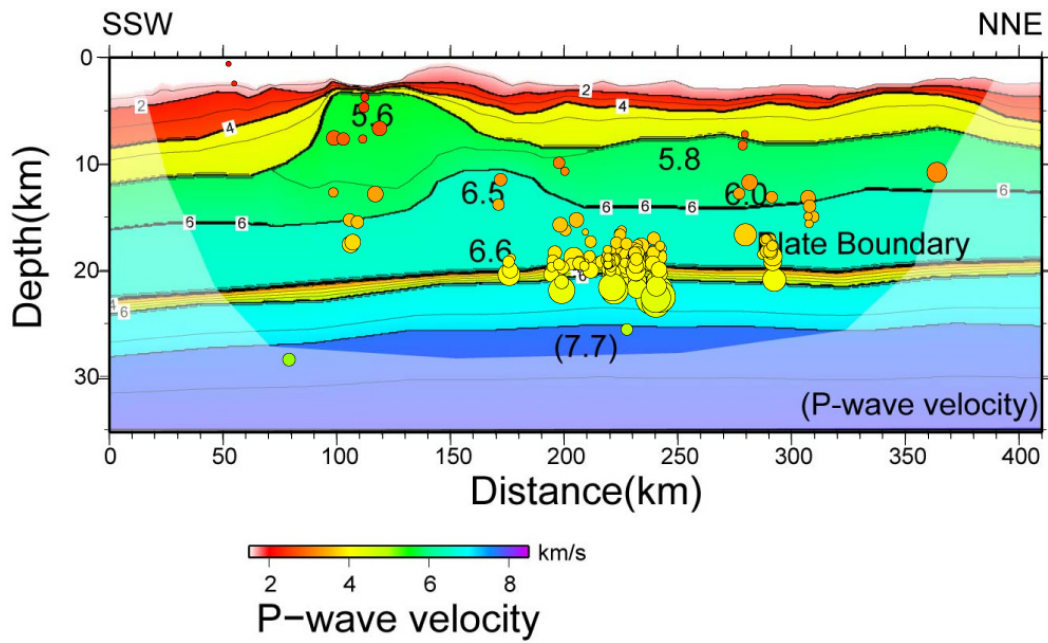


図 20 解析の結果得られた震源と構造探査による二次元 P 波速度構造との比較

(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 49 台を用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約 8 ヶ月間の海底地震観測を実施した。海底地震計は、平成 20 年 6 月に全台回収した。また、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。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ングされた。さらに、三陸沖の領域ではスラブ内二重地震面の下面の地震活動が海溝近くまで見られることが明らかになった。

また、平成 20 年度の計画として長期観測型海底地震計総計 50 台を用いて、福島県から房総半島沖の海域で、平成 20 年 5 月から 10 月まで、長期地震観測を実施した。また、地震予知研究計画と連携して、エアガン・ダイナマイトを震源とした地殻構造探査実験を行った。これらの解析結果から、房総半島沖ではプレート境界付近のほかに島弧地殻内にも地震活動が見られることがわかった。また、房総半島沖の島弧地殻内には顕著な不均質構造が存在することがわかった。

(e) 引用文献

- 1) 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.
- 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 (Mw 7.7) revealed by ocean bottom seismographic observation, *J. Geophys. Res.*, 105, 21697-21710, 2000
- 3) Hirata, N. and M. Matsu'ura, Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 47, 50-61, 1987.
- 4) 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.
- 5) Nishizawa, A., K. Kaneda, N. Watanabe, and M. Oikawa, Seismic structure of the subducting seamounts on the trench axis: Erimo Seamount and Daiichi-Kashima Seamount, northern and southern ends of the Japan Trench, *Earth Planets Space*, 61, e5-e6, 2009.
- 6) Miura, S., N. Takahashi, A. Nakanishi, T. Tsuru, S. Kodaira, and Y. Kaneda, Structural characteristics off Miyagi forearc region, the Japan Trench seismogenic zone, deduced from a wide-angle reflection and refraction study, *Tectonophysics.*, 407, 165-188, 2005.

3. 1. 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）

- 7) Mochizuki, K., T. Yamada, M. Shinohara, Y. Yamanaka, and T. Kanazawa, Weak Interplate Coupling by Seamounts and Repeating  $M \sim 7$  Earthquakes, *Science*, 321 1194-1197, 2008.
- 8) 室谷智子・菊池正幸・山中佳子・島崎邦彦、1938年に起きた複数の福島県東方沖地震の破壊過程(2)、日本地震学会秋季大会予稿集、P029、2004.
- 9) Takahashi N., S. Kodaira, T. Tsuru, J-O. Park, Y. Kaneda, K. Suyehiro, H. Kinoshita, S. Abe, M. Nishino, and R. Hino, Seismic structure and seismogenesis off Sanriku region, northeastern Japan, *Gephys. J. Int.*, 159, 129-145, 2004.
- 10) ト部卓・束田進也、win-微小地震観測網波形験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、1992.
- 11) Zelt, C. A., and R. B. Smith, Seismic travel-time inversion for 2-D crustal velocity structure, *Gephys. 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
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・橋本信一・八木健夫・金沢敏彦・東龍介・日野亮太・町田祐弥・雨宮晋一郎・三浦亮・村井芳夫・高波鐵夫	長期観測型海底地震計を用いた日本・千島海溝会合部の微小地震活動	日本地球惑星科学連合 2008 年大会	2008. 5. 25
中東和夫・桑野亜佐子・山田知朗・望月公廣・篠原雅尚・酒井慎一・八木健夫・橋本信一・金沢敏彦・町田祐弥・三浦亮・雨宮晋一郎・村井芳夫・高波鐵夫・東龍介・日野亮太	青森沖東部における地殻構造	日本地球惑星科学連合 2008 年大会	2008. 5. 26
山田知朗・中東和夫・桑野亜佐子・望月公廣・篠原雅尚・酒井慎一・金沢敏彦・八木健夫・橋本信一・三浦亮・雨宮晋一郎・村井芳夫・高波鐵夫・東龍介・山本揚二郎・日野亮太・佐藤利典	Microearthquake observation of the off-Sanriku, northwestern Pacific margin using long-term ocean bottom seismometers	The 7th General Assembly of ASC, 2007	2008. 11. 25

3. 1. 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）

桑野亜佐子・篠原雅尚・山田知朗・望月公廣・中東和夫・橋本信一・八木健夫・金沢敏彦・東龍介・日野亮太・町田祐弥・雨宮晋一郎・三浦亮・村井芳夫・高波鐵夫	Geometry of plate boundary around Japan-Kuril Trench junction derived from 3D seismic tomography by using LT OBS network	The 7th General Assembly of ASC, 2007	2008. 11. 27
中東和夫・桑野亜佐子・山田知朗・望月公廣・篠原雅尚・酒井慎一・金沢敏彦・八木健夫・橋本信一・三浦亮・雨宮晋一郎・村井芳夫・高波鐵夫・東龍介・山本揚二郎・日野亮太・佐藤利典	Seismic surveys carried out simultaneously with long-term ocean bottom seismic observation in off-Sanriku region	The 7th General Assembly of ASC, 2007	2008. 11. 27
中東和夫・桑野亜佐子・山田知朗・望月公廣・篠原雅尚・酒井慎一・金沢敏彦・町田祐弥・三浦亮・村井芳夫・高波鐵夫・東龍介・日野亮太・佐藤利典・八木健夫・橋本信一	Plate boundary structure at the Junction of Japan and Kuril Trenches	AGU Fall Meeting 2008, San Francisco	2008. 12. 16
桑野亜佐子・篠原雅尚・山田知朗・望月公廣・中東和夫・橋本信一・八木健夫・金沢敏彦・東龍介・日野亮太・町田祐弥・雨宮晋一郎・三浦亮・村井芳夫・高波鐵夫	Geometry of plate boundary around Japan-Kuril Trench junction derived from 3D seismic tomography by using LT OBS network	AGU Fall Meeting 2008, San Francisco	2008. 12. 16
山田知朗・金沢敏彦・篠原雅尚・望月公廣・中東和夫・桑野亜佐子・高波鐵夫・日野亮太・植平賢司	High dense seafloor seismic networks above the Japan Trench and the Nankai Trough subduction zone	IASPEI General Assembly 2009, Cape Town, 2009.	2009. 1. 12

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定なし。