

2. 1 課題1 南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究

2. 1. 1 陸海観測データを用いた地震活動モニタリング

(1) 業務の内容

(a) 業務題目「陸海観測データを用いた地震活動モニタリング」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	研究部門長	汐見 勝彦
	主任研究員	三好 崇之
	主任研究員	松澤 孝紀
	上席研究員	浅野 陽一
	主任研究員	松原 誠
	主任研究員	田中 佐千子
	副研究部門長	切刀 卓
東京大学地震研究所	教授	篠原 雅尚
国立研究開発法人 海洋研究開発機構	センター長	藤江 剛
	センター長代理	尾鼻 浩一郎
	グループリーダー	中村 恭之
	主任研究員	利根川 貴志
	主任研究員	新井 隆太
	主任研究員	白石 和也
	主任研究員	仲西 理子
	副主任研究員	縣 亮一郎
	研究員	Qin, Yanfang
	ポストドクトラル研究員	Su, Jun
	JSPS 外来研究員	Flores, Paul Caesar M
Earth Sciences New Zealand	Geophysicist	Bassett, Dan
	Geophysicist	Tozer, Brook

(c) 業務の目的

陸域及び海域の定常観測による連続データと三次元地下構造モデルを用いて、従来よりも高い精度で通常の地震及びスロー地震活動の自動モニタリングを行うシステムを開発する。本課題で構築した三次元地下構造モデルとモニタリング成果に基づき、沈み込み帯における地震活動の詳細な時空間分布の把握やテクトニクス的な意義付けの考察、プレート境界面の状態把握の実現に向けた研究開発を進める。南海トラフ域においては、既存の陸域の地震観測網や地震・津波観測監視システム（DONET）に加え、新たに構築された南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）による観測データを用いて、南海トラフ海域及びその周辺で発生する通常の地震活動及びスロー地震活動検出の高度化、震源決定精度の向上に繋がるシステム開発を行う。海域及び陸域の構造探査や地震観測

データ等の解析を通じ、三次元地下構造モデルの高精度化、最適化を行うとともに、本モデルを基準モデルとして通常の地震活動及び南海トラフ沿いのスロー地震活動の迅速な検知と解析を実現する。日本海溝・千島海溝域においては、陸域地震観測網及び日本海溝海底地震津波観測網（S-net）による観測データ、構造探査データ等に基づいて構築される三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムを新たに整備し、定常的な地震活動モニタリングを実現するとともに、スロー地震モニタリングを実現するための技術開発を行う。三次元地下構造モデルの構築並びに最適化にあたっては、新たな観測データや探査データの活用を含めた検討を行う。

(d) 5 か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 令和 7 年度：

南海トラフ域において、新たな観測網である N-net の観測データの評価を行うとともに、「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」（以下、防災南海プロジェクト）で構築した三次元地下構造モデルを用いて震源決定を自動的に行うシステムに N-net による観測データを追加した。これにより得られた震源情報や発震機構解情報の評価に着手した。N-net データ及び一次元地震波速度構造を用いて、南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）のモニタリングシステムを試験的に構築し、結果の評価を行った。より現実的な三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システム構築に向け、深層学習技術を用いることにより、詳細な三次元地下構造モデルでも高速かつ安定した走時計算を実施するための解析手法を開発した。さらに、その解析手法を活用して三次元地下構造モデルの不確実性を評価できるトモグラフィ解析手法の開発を進めた。既存データに基づく南海トラフ域の三次元地下構造モデル更新に着手するとともに、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデル構築及び更新のため、構造データや観測データ、研究成果、知見の収集・蓄積・整理を行った。

2) 令和 8 年度：

南海トラフ域において、N-net データを用いて得られた震源カタログの評価を進める。スロー地震モニタリングの仮運用を開始するとともに、DONET 海域を解析対象に加えるための技術開発とシステム拡張を行う。日本海溝・千島海溝域では、既存の三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定の試行を進める。深層学習による走時解析手法については南海トラフ域で試験解析と評価を行い、トモグラフィ解析への適用を進める。三次元地下構造モデルの構築・更新に向け、新たな観測データや研究成果の収集・整理を継続するとともに、南海トラフ海域の三次元地下構造モデルの更新作業を継続する。

3) 令和 9 年度：

構築したモニタリングシステムの仮運用を継続しつつ、得られた結果と他の様々なカタログとの照合により課題を抽出することで、解析手法の改良・高度化を行う。深層学習を用いて開発した高速・安定的な走時解析手法を自動震源計算システムへ導入するための改修に着手する。さらに、新たな観測成果や陸海域データを用いて南海トラフ域の三次元地下構造モデルと断層モデルを更新するとともに、日本海溝・千島海溝域では三次元地下構造モデルのプロトタイプ構築を進める。

4) 令和 10 年度：

構築したモニタリングシステムの仮運用を継続しつつ、得られた結果の評価、解析手法の改良・高度化を継続する。スロー地震モニタリングに三次元地下構造モデルを試験導入し、課題を抽出する。南海トラフ海域では、深層学習を用いた走時解析手法を組み込んだ自動震源計算システムを試験稼働させ、その成果を評価する。新たに収集した観測データ等を用いて三次元地下構造モデルを更新する。日本海溝・千島海溝域では断層モデルのプロトタイプを構築する。これまでに得られたモニタリング成果や地下構造モデルを他のサブ課題と共有する。

5) 令和 11 年度：

構築したモニタリングシステムの仮運用を継続し、得られた結果の評価や必要な調整を継続する。スロー地震解析では、三次元地下構造モデルの活用に向けて抽出した課題を踏まえ、解析手法の高度化や高速化を図る。得られた解析結果や三次元地下構造モデルを用いて、通常地震とスロー地震の時空間的關係や推移、スロー地震の定量化手法を検討する。深層学習を用いた走時解析手法を組み込んだ自動震源計算システムの対象に日本海溝・千島海溝域を試験追加し、その結果を評価する。新たな観測データに基づいて三次元地下構造モデルの更新を進める。これらの成果を基に、プレート境界の構造的特徴や沈み込み帯での通常地震・スロー地震活動のテクトニックな意義の評価を試みる。

(e) 令和 7 年度業務目的

南海トラフ域において、新たな観測網である N-net の観測データの評価を行うとともに、防災南海プロジェクトで構築した三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムに N-net による観測データを追加する。これにより得られた震源情報や発震機構解情報の評価に着手する。N-net データ及び一次元地震波速度構造を用いて、南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）のモニタリングシステムを試験的に構築し、結果の評価を行う。より現実的な三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システム構築に向け、深層学習技術を用いることにより詳細な三次元地下構造モデルでも高速かつ安定した走時計算を実施するための解析手法を開発する。既存データに基づく南海トラフ域の三次元地下構造モデル更新に着手するとともに、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデル構築及び更新のため、構造データや観測データ、研究成果、知見の収集・蓄積・整理を行う。

(2) 令和 7 年度の成果

① 陸海観測データを用いた地震活動の自動モニタリング

(a) 業務の要約

南海トラフ海域に新たに敷設された N-net の観測データを三次元地下構造モデルに基づいて自動的に震源決定を行うシステムに導入し、通常地震活動の震源計算の試行及び結果の評価を実施した。その結果、三次元地下構造モデルと N-net の観測データを導入することで、日向灘南部で発生する地震の震源深さ推定の安定性が著しく改善することを示した。また、一次元地震波速度構造を仮定し、N-net のデータにエンベロープ相

関法を適用することにより、南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）の検出と微動源の決定を行った結果、微動は主として N-net の敷設海域の西半分で発生していることを明らかにした。さらに、N-net に整備されている海底ケーブル監視用の光ファイバを用いた分散型音響計測（Distributed Acoustic Sensing : DAS 観測）の試験観測を開始した。

(b) 業務の成果

1) 三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムの整備

防災南海プロジェクト（令和 2 年度～令和 6 年度）では、南海トラフ及びその周辺で発生する地震活動を迅速かつ精度良く把握することを目的として、高精度な海陸統合三次元地下構造モデルの新規構築及びそのモデルを用いて自動的に震源位置を推定するシステム（以下、3D 震源決定システム）の整備を行った¹⁾。このシステムは、防災科学技術研究所（以下、防災科研）が別途運用する一次元地震波速度構造を用いた自動震源決定システム（以下、Hi-net システム）による震源情報をトリガーとし、その震源位置を初期震源として三次元地下構造モデルを用いた震源再計算を自動的に、あるいは手動で実行するものである。一方、これまで定常観測点の空白域であった室戸岬沖から日向灘の海域では、南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）の沖合システム及び沿岸システムの整備が完了し、それぞれ 2024 年 7 月、2025 年 6 月から観測データの収集と処理を開始した。N-net のデータ活用により当該海域で発生する地震の震源決定精度の向上が期待されている。今年度は、3D 震源決定システムへ最新の三次元地下構造モデルの反映と N-net による観測データの追加を行うとともに、これらのデータを活用した震源再決定の試行とその結果の評価を行った。

N-net の観測例として、2026 年 2 月 25 日に四国沖で発生した気象庁マグニチュード (Mj) 5.0 の地震の上下動成分の観測波形を図 2-1-1-1 に示す。観測波形について、陸域に設置された Hi-net 観測点の波形（黒線）の初動到着時刻が同時刻に揃うよう震央距離 D を見かけ速度 7.5km/s で割った走時を差し引くことで時間軸を補正した。この結果、Hi-net の観測波形における初動は補助的に示した縦破線と良く対応しているのに対し、N-net 沖合システム（青線）や沿岸システム（橙線）には、縦破線より数秒早く初動が到着する観測点の存在が確認出来る。図 2-1-1-1 の地図に示されるとおり、初動が早く到着する観測点は震央からトラフ軸側に位置している。その結果、地下の比較的浅部に存在するフィリピン海プレート由来の高速度媒質の影響を受けるため、陸域観測点から想定される見かけ速度よりも地震波が速く伝播した。南海トラフ海域で発生する地震の震源決定において N-net データを有効に活用するためには、三次元地下構造モデルを活用することが不可欠であることが分かる。

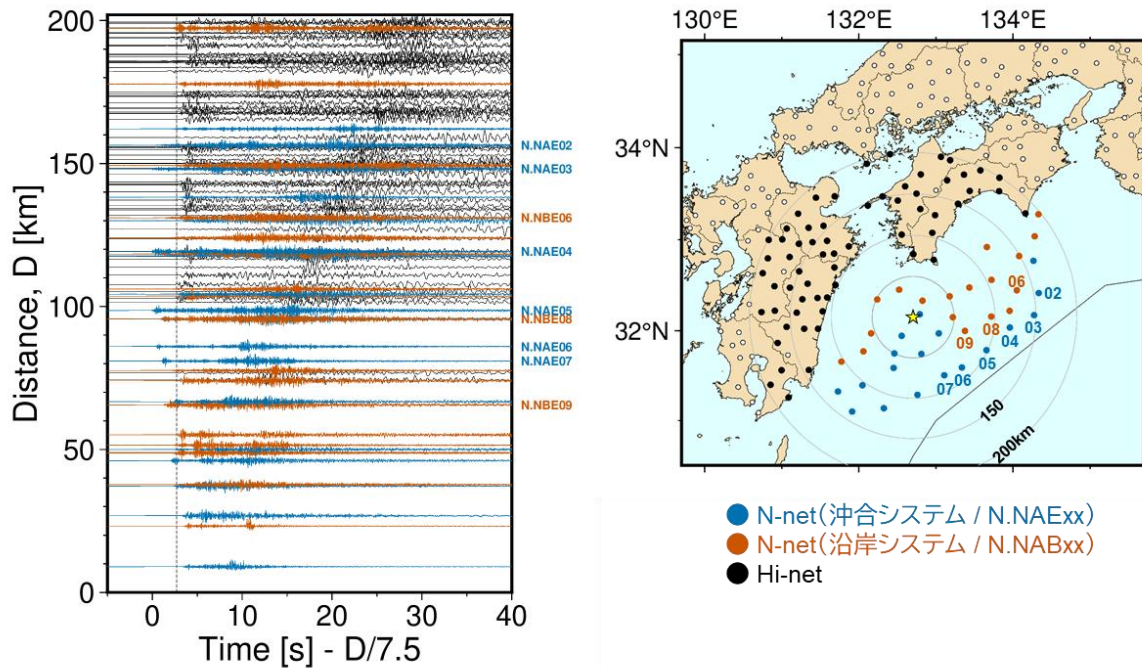


図 2-1-1-1 2026 年 2 月 25 日 18:07 頃に四国沖で発生した Mj5.0 の地震に対する上下動成分の観測波形例。震央距離 D と見かけ速度 7.5km/s に基づき時刻補正をした。波形を表示した観測点の分布を地図中に示す。波形及び観測点の配色は観測網・観測システムに対応しており、Hi-net、N-net 沖合システム、沿岸システムをそれぞれ黒、青、橙で表した。波形を表示していない Hi-net 観測点は地図中の白丸で示した。地図中の星印は気象庁による震央位置を示し、震央を中心とした 50km 間隔 200km までの等距離線を灰色の円で示す。地図中の番号は波形横に示した観測点名の下二桁に対応する。

3D 震源決定システムは、サーバ上に設定された複数の仮想マシン (VM) と計算結果を保存するリレーショナルデータベース (RDB) から構成される。各 VM 上では異なる計算パラメータや構造モデルを用いて完全に独立した震源計算を実施可能である。計算によって推定された震源情報は、Hi-net システム側で与えられた地震ごとの ID に加え、VM ごとに独自のサブ ID を添えて RDB に保存する。これにより、Hi-net システムと 3D 震源決定システム間、及び 3D 震源決定システム内の異なる VM 間での結果を互いに比較、検討することが容易に出来る。今回の震源計算の試行では、防災南海プロジェクトで令和 6 年度に構築した海陸統合三次元地下構造モデル^{1),2)}と地震波走時トモグラフィ解析による構造モデル³⁾を新たに導入し、3D 震源決定システムの過去震源再計算機能を用いて、2003 年 1 月～2026 年 2 月に発生した M1.0 以上の地震の震源再決定を行った。三次元地下構造モデルを用いた震源再決定における走時計算是 Pseudo-bending 法⁴⁾を用いた。以後、防災南海プロジェクトによる構造モデルを用いて得られた震源カタログを BN24、トモグラフィ解析によるカタログを MB22 と呼ぶ。なお、2024 年 7 月以降及び 2025 年 10 月以降に発生した地震については、それぞれ N-net 沖合システム、沿岸システムの検測値が含まれる。得られた震源計算結果は、Hi-

net システムによる震源カタログ (Hi1D) や気象庁一元化震源カタログ (JMA) ⁵⁾、フィリピン海プレート上面形状 ²⁾と比較した。震源再計算対象領域と N-net の観測点分布を図 2-1-1-2 に示す。

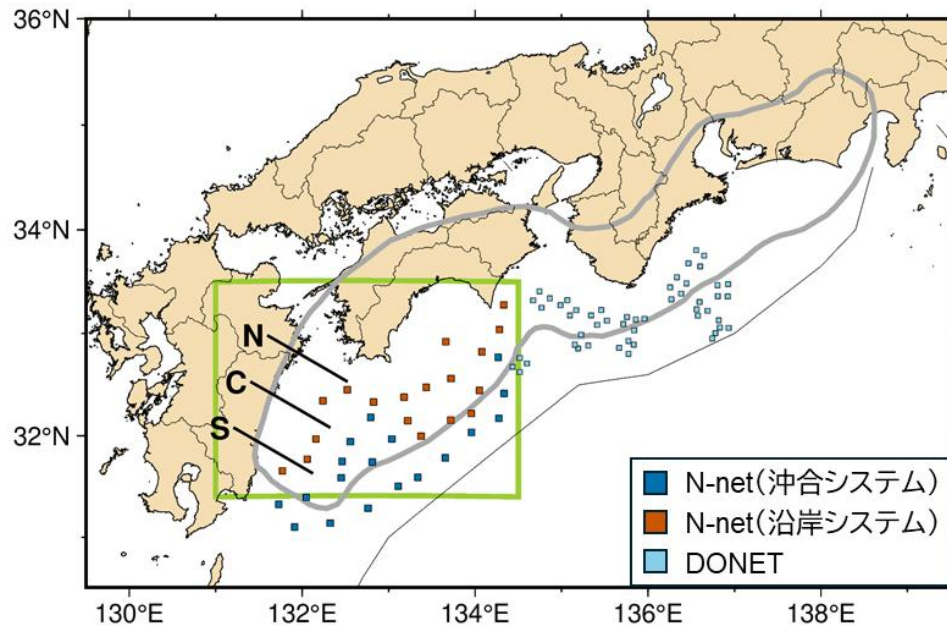


図 2-1-1-2 3D 震源決定システムにより震源再計算を試行した領域 (黄緑枠)。黒線は図 2-1-1-3、図 2-1-1-4 で示す断面の位置、灰色の線は南海トラフ巨大地震の想定震源域 ⁶⁾を表す。四角は海底に設置された N-net と DONET の観測点位置を表す。

再計算対象領域の西部に位置する日向灘は、南海トラフ巨大地震想定震源域内で最も地震活動が活発な地域である。まず、Hi-net システムに N-net 沖合システムのデータが追加される前の期間を対象に、今回導入した新しい三次元地下構造モデルの有効性評価を行う。前述の通り N-net 沖合システムのデータ収集開始は 2024 年 7 月だが、同年 3 月下旬以降、Hi-net システム上で試験データを用いた震源決定が試行されていた。ここでは、この処理の影響を避けるため、試行開始前の 2024 年 3 月 23 日までを対象期間とした。各震源カタログを用いて作成した日向灘の鉛直断面図を図 2-1-1-3 に示す。三次元地下構造モデルを用いた再決定震源 (MB22、BN24) は、全ての断面の沖合側において初期震源 (Hi1D) よりも浅くなる傾向が見られた。日向灘北部 (N 断面、図上段) では、一次元地下構造モデルに基づく JMA や Hi1D の震源分布とフィリピン海プレート上面モデル (青線) との間には薄い隙間が見られたが、MB22 や BN24 の深さ 30km 以浅ではプレート沈み込みに伴う地震活動の上端とフィリピン海プレート上面は概ね一致した。中部 (C 断面、図中段) では、いずれのカタログにおいても沖合に多数の浅い地震活動が認められた一方、深さ 35~40km 程度以深ではスラブ内地震活動が主となった。南部 (S 断面、図下段) では、JMA や Hi1D、MB22 にお

いて沖合（距離-20km 付近）で深さ 40km 以深の活発な地震活動が確認されたが、BN24 では同様の活動はほぼ認められなかった。MB22 は N-net 整備前の地震波走時データに基づくトモグラフィ解析に基づく三次元地下構造モデル³⁾を用いている。日向灘北部では、四国南西部と九州の観測点で波線を確保出来るのに対し、日向灘南部は九州のみの観測データでモデル推定が行われているため、モデルの信頼性に課題があると考えられる。一方、BN24 で用いたモデルは、海域構造探査や臨時観測データ解析など複数の成果を統合して構築されたものである^{1),2)}。結果として、40km 以深の活動が低調な BN24 の震源分布がより現実的なものであろうと考えられる。

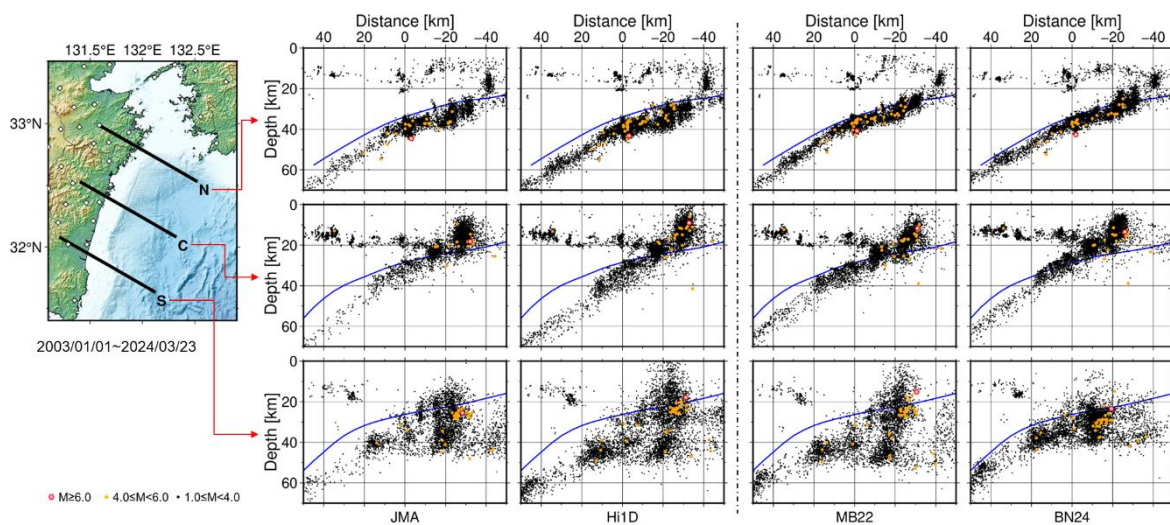


図 2-1-1-3 各震源カタログに基づく日向灘の地震活動。左の地図に示した断面線から±10km の範囲内で、2003 年 1 月 1 日から 2024 年 3 月 23 日までに発生した M 1 以上の地震の震源分布を示す。M 6 以上は赤丸、M 4 以上は橙丸を用いた。縦列は同一の震源カタログを用いており、最下部にカタログの略称を記す。横列は断面の位置に対応し、上から順に北部（N 断面）、中部（C 断面）、南部（S 断面）を示す。断面図中の青線はフィリピン海プレート上面の位置²⁾を、地図中の白菱形は観測点位置を表す。各断面図の右が太平洋側、左が九州側である。

次に、N-net 導入の効果を調べるため、N-net 沖合システム導入前後の震源分布を比較した（図 2-1-1-4）。N 断面及び C 断面では、N-net 導入前後の差異は明瞭ではない。これは、これらの断面が N-net 沖合システムの観測点から離れていること、特に N 断面は四国南西部の観測点が比較的近くに位置するため、N-net による新たなデータ追加が震源決定精度に大きな影響を及ぼさなかったことが要因である。今回、沿岸システムについては導入からの期間が短く、導入前後の震源分布の変化を確認することは困難であった。沿岸システムの効果については、今後のデータ蓄積を待った上で改めて評価する必要がある。一方、図 2-1-1-3 の S 断面で見られたプレート上面よりも 10km 以上深い地震活動は、N-net 沖合システム導入後、いずれのカタログにおいても著しく減少した。従来、日向灘南部の沖合で発生する地震の震源決定には、震央距

離の遠い陸域観測点のデータを用いるしかなかったため、特に震源深さの推定精度が低下していた。N-net 沖合システムの導入により震央付近及び震央東側の観測点データが新たに追加されたことで、震源深さの推定が安定し、過去に震源位置を深く評価されていたような地震活動の評価精度向上につながったと言える。

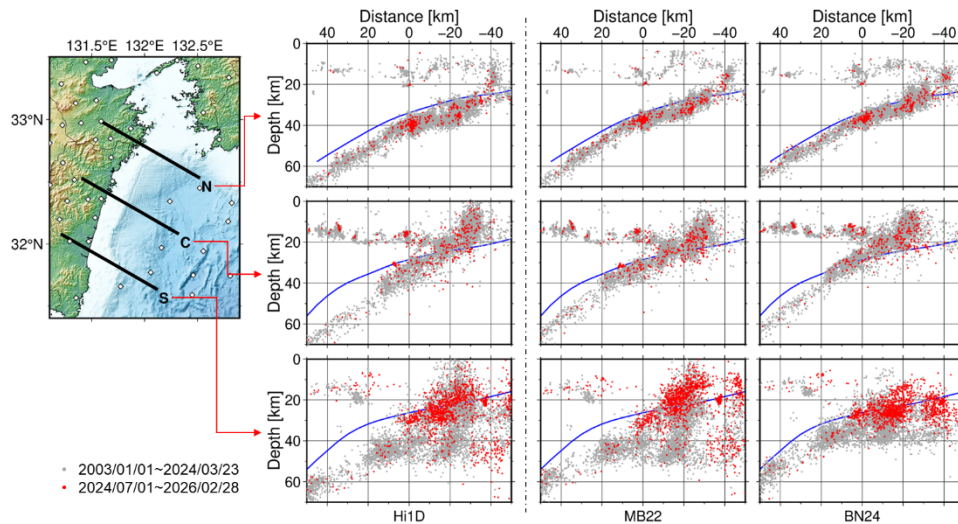


図 2-1-1-4 N-net 導入前後の震源分布の比較。導入前を灰色、導入後を赤の点で示す。断面線の位置や描画幅は図 2-1-1-3 と同じ。断面図中の青線はフィリピン海プレート上面の位置²⁾を、地図中の白菱形は観測点位置を表す。

N-net 沖合システムが利用可能となった 2024 年 7 月以降に日向灘で発生した Mj5.5 以上の 3 地震及び 2026 年 2 月 25 日に四国沖で発生した Mj5.0 の地震について、三次元地下構造モデルに基づいて評価した初動解を、Hi1D の初動解及び気象庁による CMT 解⁵⁾と比較した。結果を図 2-1-1-5 に、各地震の気象庁による震源情報⁵⁾を表 2-1-1-1 に示す。検討対象とした全ての地震において、発震機構解推定結果間の差異は小さく、CMT 解とも概ね一致する解となった。「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」の対象となった地震①では、Hi1D 解の走向が他の解よりもやや北向きに求まっていた。Hi1D 解は、他の地震を含め、震源球上に円弧を描くように観測点が分布している点が特徴的である。これは、一定の震央距離以遠の観測点における射出角評価にヘッドウェーブが強く影響していることを表している。極性が不一致となる観測点も少なからず存在しており、節面推定の安定性に影響を与えている。地震①及びほぼ同じ場所で発生した地震②は、地震調査委員会により沈み込むフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震であると評価されている^{7), 8)}。これらの地震の MB22 解及び CMT 解はいずれも低角逆断層型を示しており、この評価と整合している。これに対して、BN24 解の節面は高角に求まった。地震①及び②は BN24 で用いた三次元地下構造モデルの端部に近いため、フィリピン海プレート形状を含めた地下構造の解像が十分では無いことが影響した可能性が高い。一方、これらの地震の北東側で発生した地震③はフィリピン海プレート内部で発生した地震である⁹⁾。この地震の BN24 解はほぼ CMT

解と同様であるほか、極性不一致となる観測点も極めて少ないことが分かる。四国沖の地震（地震④）の震央直上周辺には、新たに敷設された N-net 観測点が分布している。陸域観測点のみで初動解を計算すると横ずれ成分の強い解が示唆されるが、菱形あるいは四角で示された N-net 観測点の初動極性を取り込むことによって CMT 解と同等の発震機構の推定が可能となっており、N-net が安定した初動解推定に大きく貢献している。

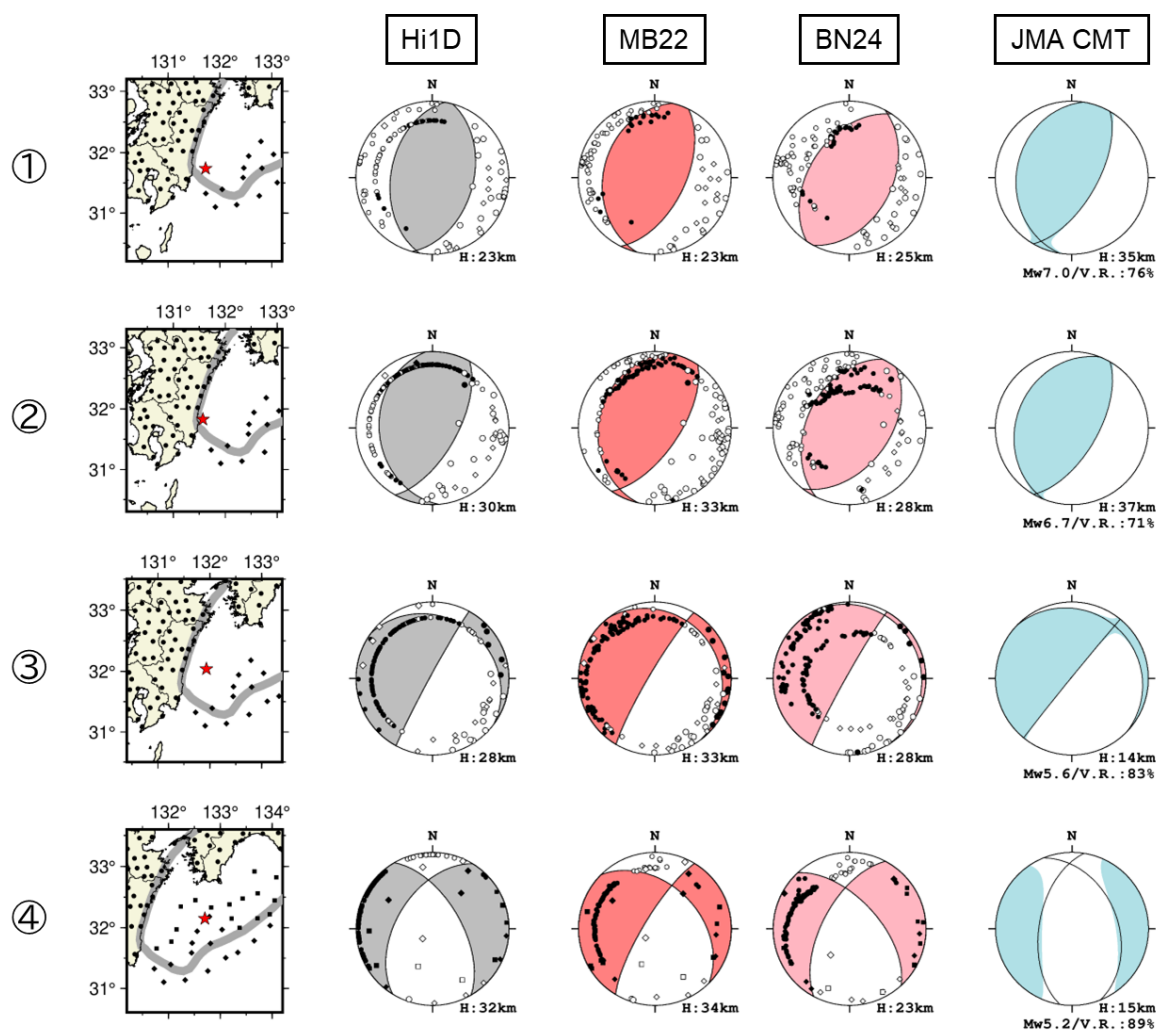


図 2-1-1-5 主な地震の発震機構解推定結果。番号①～④は、に対応する。地図中、気象庁一元化震源カタログによる震央位置を赤星、南海トラフ巨大地震想定震源域⁶⁾を灰色の線で示した。地図中及び初動解震源球上において、Hi-net、N-net 沖合システム、沿岸システムの観測点位置をそれぞれ丸、菱形、四角で示した。

表 2-1-1-1 発震機構解を確認した地震の諸元⁵⁾

	震源時刻	北緯	東経	深さ	M
①	2024/08/08 16:42:55	31.738°	131.723°	31 km	7.1
②	2025/01/13 21:19:32	31.829°	131.570°	36 km	6.6
③	2025/08/17 06:13:14	32.038°	131.936°	29 km	5.7
④	2026/02/25 18:07:46	32.149°	132.704°	33 km	5.0

本サブ課題では、今後、南海トラフ域を対象とした三次元地下構造モデルを用いた自動震源決定システムと同様のシステムを日本海溝・千島海溝を対象に新規構築し、震源計算結果の評価を行う予定である。日本海溝・千島海溝域を対象とした試験計算を新たに開始するための環境整備として、今年度は、南海トラフ域用に整備した 3D 震源決定システムが稼働しているサーバ上に日本海溝・千島海溝域を処理対象とする新たな VM を立ち上げた。基本設定は南海トラフ域と同等とし、三次元地下構造モデルには地震波走時トモグラフィ解析による構造モデル³⁾を仮設定した。

2) 海域観測データを用いたスロー地震モニタリング

本サブ課題では南海トラフ地震臨時情報へ貢献することを視野に、N-net 及び DONET を用いて南海トラフ浅部微動のモニタリングを行うことを目的の一つとしている。本年度は N-net のデータを用いた微動の検出と微動源の決定を試みた。

N-net は沖合システムと沿岸システムの 2 システムからなり、それぞれ 18 観測点に加速度計、速度計、水圧計を有している。本サブ課題では、2025 年 6 月に完成した N-net の速度計で取得された 3 成分の波形データを解析に用いた。目視によって連続波形を確認したところ、日向灘から南海トラフ及び室戸沖に設置した沖合システムと沿岸システムの観測点で振幅が比較的小さいにもかかわらず継続時間の長い（1 分以上）、微動と考えられる波形が確認できた。一例として、図 2-1-1-6 に連続波形記録を示す。ほぼ全点で観測される通常の地震のほか、概ね N-net の敷設海域の西半分にあたる足摺岬沖から日向灘の海域に設置した観測点（図 2-1-1-6 下段の下半分）で微動と考えられる波形が観測されていた。

次に、微動源を決定するためのモニタリングシステムを試験的に構築した。今回は DONET での微動モニタリング¹⁰⁾と同様の手法を採用し、一次元地震波速度構造を仮定した。まず、2～8 Hz のバンドパスフィルタを連続波形に対して適用し、1 Hz でリサンプリングして各観測点のエンベロープ波形を作成した。次に、エンベロープ相関法^{11),12)}を用いて微動の検出と微動源の決定を行った。震源決定された結果を既存の地震カタログと照合し、微動、地震、エアガンといった分類を行い、可視化を行った。微動源の決定の結果、N-net の敷設海域の西半分にあたる足摺岬沖から日向灘の海域で微動が決定された。暫定的な微動の分布を図 2-1-1-7 に示す。なお、主な活動時期は、既報¹³⁾の 2024 年 8 月の日向灘の地震の発生後に加え、2025 年 1 月の日向灘の地震後、2025 年 5 月下旬、7 月中旬であった。今後、微動の発生位置とともに精査する

予定である。

一方、DONET の海域における南海トラフ浅部微動のモニタリングについては、過年度に防災科研で構築したモニタリングシステムを今年度に調達したサーバで稼働できるように整備した。以上により、N-net 及び DONET の海域における南海トラフ浅部微動のモニタリングを着実に進めることができた。

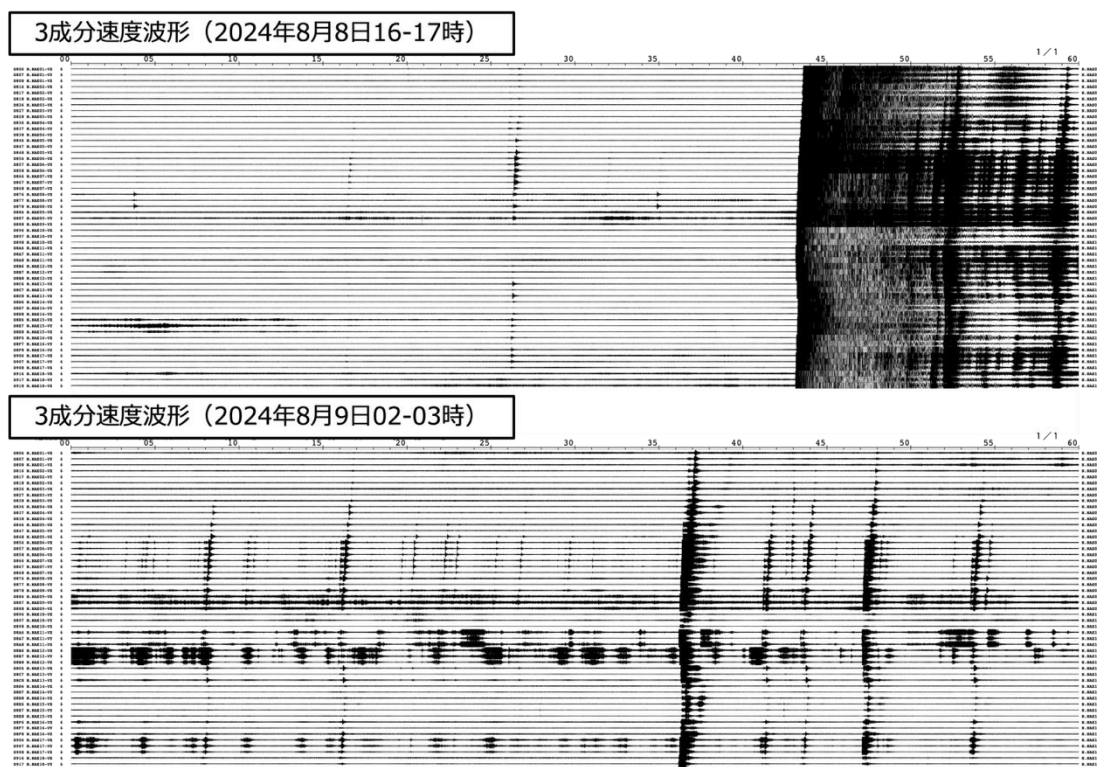


図 2-1-1-6 N-net 沖合システムの速度計 3 成分の連続波形の例。トレースは上から室戸から串間の順に 18 観測点の波形記録を並べた。(上) 2024 年 8 月に発生した日向灘の地震時の記録。(下) その後の地震と微動を含む記録事例。

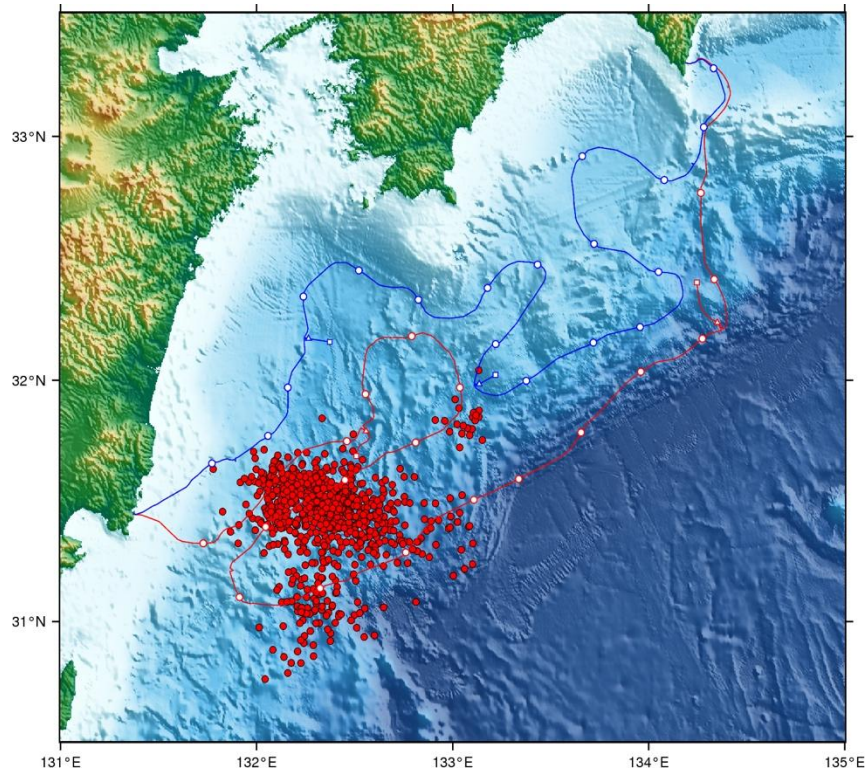


図 2-1-1-7 N-net を用いた微動分布の暫定的な結果 (赤丸)。赤線は N-net 沖合システム、青線は沿岸システム、白丸は観測点の位置を表す。

3) 新たな海域観測データの取得と解析方法の検討

N-net は、沖合システムが約 900km、沿岸システムが約 740km の光海底ケーブルによって高知県室戸市の室戸ジオパーク陸上局と宮崎県串間市の串間陸上局がつながっている。このうち、室戸ジオパーク陸上局及び串間陸上局からそれぞれ約 50km 程度、監視用の光ファイバが両システムに整備されている。この監視用の光ファイバは、インライン観測で使用する光ファイバとは別に沖合システム及び沿岸システムのそれぞれで利用可能である。本年度は、串間陸上局から沖合システム及び沿岸システムの監視用に整備されている光ファイバを用いて、DAS 観測を実施することとした。

2026 年 3 月に東京大学地震研究所より串間陸上局に 2 セットの DAS 計測装置 (インテロゲータ)、データ収録装置、刻時用 GNSS、UPS とその周辺機材等を運搬し、それらを串間陸上局のサーバ室内に設置した。インテロゲータは OptaSense 社の QuantX を用いた。刻時にはサーバ室内で GNSS 信号を分岐、再放射したものを受信して利用した。沖合システム及び沿岸システムの海底ケーブル端末をそれぞれ DAS 計測装置に接続し、10m 間隔で約 5,000 チャンネルを設定して観測を開始した。写真 2-1-1-1 は沖合システムと沿岸システムそれぞれの DAS 計測装置等の設置状況と観測の様子である。タップテスト等を経て、2026 年 3 月 18 日より両システムの観測をスタートした。

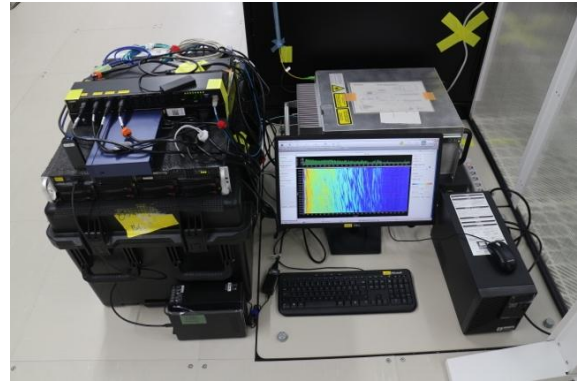
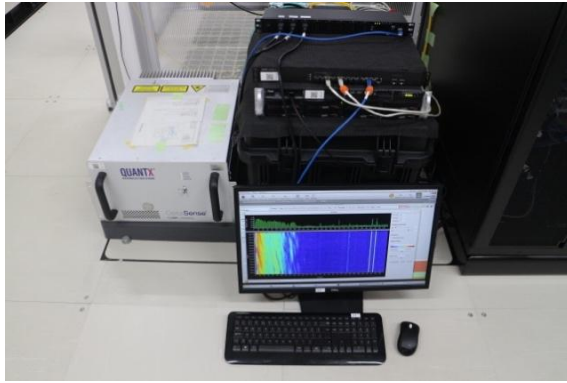


写真 2 - 1 - 1 - 1 DAS 計測装置等の設置状況と監視用の光ファイバによる DAS 観測の様子。左が沖合システム、右が沿岸システム。

(c) 結論ならびに今後の課題

地下構造が複雑な南海トラフ及びその周辺域で発生する震源の位置を適確に把握するためには、震央近傍で観測されたデータと現実とに即した三次元地震波速度構造を用いた震源決定を行う必要がある。今年度は、南海トラフ海域に新たに敷設された **N-net** の観測データを三次元地下構造モデルに基づいて自動的に震源決定を行うシステムに導入した。三次元地下構造モデルには、防災南海プロジェクトで構築した最新のモデル及び地震波走時トモグラフィによるモデルを採用した。2003 年以降に日向灘で発生した地震を対象として震源再決定を行ったところ、特に日向灘南部の沖合で発生する地震について、最新の三次元地下構造モデルと **N-net** の観測データを導入することで震源の深さを著しく安定して推定可能なことが明らかになった。以上により、今年度の目標である 3D 震源計算システムへの **N-net** データの追加及び計算結果の評価は達成された。ただし、**Hi-net** システム上での **N-net** 沿岸システムのデータ処理は 2025 年 10 月に開始したばかりであり、震源位置や発震機構解推定への貢献は未評価である。また、**N-net** 各観測点の特徴把握を進め、より高精度な震源を推定するための観測点ごとの走時補正值を評価する必要がある。地震活動の活発な日本海溝・千島海溝域に対しては、南海トラフ用に整備した 3D 震源決定システムに、当該地域の既存三次元地下構造モデルを仮設定する環境整備を行った。今後、自動処理を行うための処理性能の確認及び計算パラメータの設定、震源計算結果の評価を行う。また、南海トラフ域、日本海溝・千島海溝域ともに、新たな構造モデルが構築された際には、それぞれの 3D 震源計算システムにモデルを反映する必要がある。

南海トラフ沿いで発生するスロー地震（微動）活動について、**N-net** の沖合システム及び沿岸システムの速度計で得られたデータを用いて、その分布を明らかにした。目視による連続波形の確認を行ったほか、一次元地震波速度構造を仮定した、エンベロープ相関法による試験的なモニタリングシステムを構築して解析を行った結果、微動は主として **N-net** の敷設海域の西半分で発生していることが明らかとなった。また、導入したサーバにおいて **DONET** を用いたモニタリングシステムを稼働できるよう整備した。以上のように、本年度の目標は達成できた。今後、**N-net** 海域においては結果を精査する

とともに、観測点補正等により振幅を考慮することで微動のエネルギーを決定する。さらに、現在手動で実施している解析を安定的に自動で行うことで、網羅的に微動源を決定する予定である。また、N-net 及び DONET を同時に用いた解析も行う予定である。

N-net を用いた新たな海域観測データの収集を目的として、N-net 沖合システム及び沿岸システムの監視用の光ファイバを用いた DAS 観測を開始した。観測期間は約 2 ヶ月を予定している。今後、DAS 観測によって得られた時空間的に稠密なデータと N-net の地震計や津波計データとを比較して、観測データの評価等を行う。

(d) 引用文献

- 1) 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構：防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト 令和 6 年度 成果報告書 令和 7 年 5 月，
<https://www.jishin.go.jp/database/project_report/nankai-bosai/nankai-bosai-r06/>，(参照 2026-03-25)，2025.
- 2) 仲西理子・他：様々な用途に活用可能な 3 次元海陸統合地下構造モデルを目指した南海トラフ域における多様な構造モデルの統合，日本地球惑星科学連合 2025 年大会（千葉市），SSS08-05，2025.
- 3) Matsubara, M., Ishiyama, T., No, T., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., and Kamiya, S.: Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, Earth, Planets and Space, 74:171, doi: 10.1186/s40623-022-01724-0, 2022.
- 4) Koketsu, K. and Sekine, S.: Pseudo-bending method for three-dimensional seismic ray tracing in a spherical earth with discontinuities, Geophys. J. Int., 132, 339-346, doi: 10.1046/j.1365-246x.1998.00427.x, 1998.
- 5) 気象庁：地震月報（カタログ編），
<<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>>，(参照 2026-03-25).
- 6) 内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会中間取りまとめ（平成 23 年 12 月 27 日），
<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf>，(参照 2026-03-25)，2011.
- 7) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2024 年 8 月 8 日 日向灘の地震の評価（令和 6 年 8 月 9 日），
<https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240808_hyuganada.pdf>，(参照 2026-03-25)，2024.
- 8) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2025 年 1 月の地震活動の評価（令和 7 年 2 月 12 日），
<https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2025/2025_01.pdf>，(参照 2026-03-25)，2025.

- 9) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2025 年 8 月の地震活動の評価（令和 7 年 9 月 9 日），
https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2025/2025_08.pdf，（参照 2026-03-25），2025.
- 10) 太田和晃：DONET データを用いた南海トラフ浅部微動の網羅的検出, 日本地震学会 2021 年度秋季大会（オンライン），S09-22，2021.
- 11) Ide, S.: Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, Nature, 466, 356-359, doi:10.1038/nature09251, 2010.
- 12) Ohta, K., Ito, Y., Hino, R., Ohyanagi, S., Matsuzawa, T., Shiobara, H., Shinohara, M.: Tremor and inferred slow slip associated with afterslip of the 2011 Tohoku Earthquake, Geophysical Research Letters, 46, 9, 4591-4598, doi: 10.1029/2019GL082468, 2019.
- 13) 三好崇之・太田和晃・松澤孝紀・浅野陽一・功刀卓・武田哲也・青井真：N-net を用いた南海トラフ浅部微動活動のモニタリングに向けて，日本地震学会 2024 年度秋季大会（新潟市），S23P-17，2024.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
南海トラフ周辺を対象とした新たな三次元地震波速度構造を用いた震源決定の試行（2）～モデルの更新と N-net の導入～（ポスター発表）	汐見勝彦 松原誠 仲西理子 藤江剛 浅野陽一 三好崇之	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.20	国内
N-net を用いた南海トラフ浅部微動活動のモニタリング（口頭発表）	三好崇之 松澤孝紀 浅野陽一 太田和晃	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.22	国内
Introduction of monitoring for shallow tectonic tremors along the Nankai trough using the N-net（口頭発表）	Miyoshi, T. Matsuzawa, T. Asano, Y. Ohta, K	ESNZ-NIED Earthquake and Tsunami Workshop	R8.02.22	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

② AI(深層学習)技術を用いた走時計算法及びトモグラフィ手法の開発

(a) 業務の要約

震源決定の高精度化には高精度な三次元地下構造モデルが不可欠だが、防災南海プロジェクトで構築された三次元地下構造モデル¹⁾も含めて、既存のモデルでは構造推定に伴う不確実性はほとんど把握されていない。本サブ課題では、この課題解決に向けて、地球科学分野において不確実性の定量化のために広く用いられるベイズ推定に基づき、走時トモグラフィ解析手法による三次元地下構造モデルの構築と不確実性の評価を行うことを目指す。ベイズ推定では確率分布を推定するために多数の走時トモグラフィ計算結果からなるアンサンブルを作る必要があり、必然的に計算負荷が高い。そこで、ベイズ推定での活用を念頭に **Physics-informed neural network (PINN)** に基づいた効率的な走時計算法を開発した。加えて、PINN に基づくベイズトモグラフィ解析手法の開発も実施した。さらに、本トモグラフィ手法を用いて、紀伊半島沖の3次元P波速度構造モデルのアンサンブル推定を行い、推定結果の不確実性を定量化することに成功した。

(b) 業務の成果

1) 紀伊半島沖三次元P波速度構造のアンサンブルモデルの構築

防災南海プロジェクトにおいて、これまで蓄積されてきた二次元や三次元の様々な構造情報を元に、南海トラフ域の三次元P波速度構造モデルが構築された¹⁾。また、同領域において海洋研究開発機構が実施してきた海域地震探査による制御震源データと自然地震データを統合した走時トモグラフィ解析による三次元P波速度構造モデルも構築されている^{2),3)}。このような構造モデルには、地震研究におけるコミュニティモデルとしての役割が期待される。一方で、解析領域にはモデル構築に使用された地震データにより地震波速度が拘束されていない部分が当然含まれているため、モデルの信頼性に関する情報を明示することが課題となる。そのためには、速度構造の推定結果における不確実性の定量化が可能であるトモグラフィ解析手法が必要となる。

そこで本サブ課題では、地球科学分野において不確実性の定量化のために広く用いられる、ベイズ推定に基づく走時トモグラフィ解析手法の導入を検討した。ベイズ推定は、推定対象のパラメータに関する事前情報とデータからの情報を合わせた下でのパ

ラメータの確率分布を求める。非線形性の強い走時トモグラフィ解析においては、速度構造を最少でも数百程度のメンバーからなるアンサンブルモデルとして推定することにより、確率分布を近似的に表現することが望ましい。しかし、三次元地震波速度構造をグリッドモデルにより表現し、それを数百個のアンサンブルとして管理することは、データ量等の観点から容易ではない。そこで本研究ではさらに、**Physics-informed neural network (PINN)**⁴⁾によるメッシュフリーな走時トモグラフィ⁵⁾を導入することとした。この手法では、速度構造をニューラルネットワークにより表現して推定を行う。ニューラルネットワークは速度構造を関数そのものとして表現できるため、グリッドモデルよりデータ効率ははるかに高く、速度構造をアンサンブルモデルとして保持することも容易となる。PINNに基づくベイズ走時トモグラフィの手法は担当者らによりすでに提案されており⁶⁾、地震探査実データによる二次元P波速度構造モデルの推定にも適用済み⁷⁾であるが、三次元モデルへの適用性はこれまで未検討であった。

まず、Sin 波型の空間パターンの人工的三次元速度構造に基づく数値実験を実施し、PINNに基づくベイズ走時トモグラフィ手法の適用性を確認した。そして、南海トラフ域の一部、具体的には紀伊半島沖の領域を対象に、実データによる三次元P波構造のアンサンブル推定を行った。対象領域を図2-1-1-8に示す。Arnulf et al. (2022)²⁾が用いた海域地震探査による制御震源データと自然地震データを統合したデータセットから、対象領域に含まれるものを抽出して使用することとした。抽出したデータセットには、制御震源と自然地震に由来するそれぞれ 322,549 と 61,710 の走時データが含まれる。このデータセットに基づき、255 個のモデルからなる速度構造アンサンブルモデルを推定した。

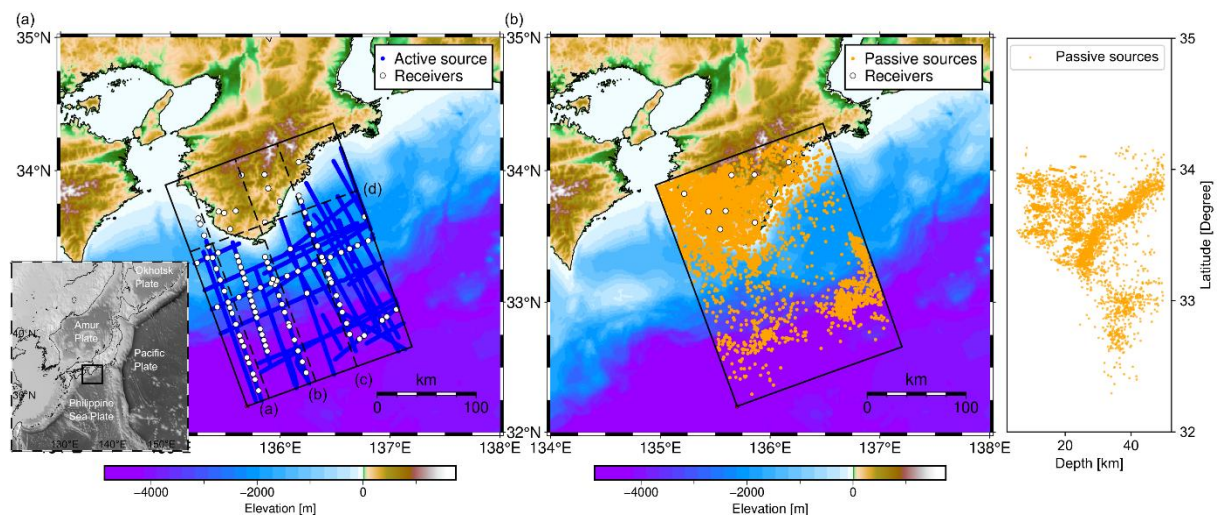


図2-1-1-8 紀伊半島沖の解析対象領域。(a) 制御震源と受振点の分布。(b) 自然地震震源と受振点の分布。

推定結果の断面、全体での可視化結果を図2-1-1-9、図2-1-1-10に示す。Arnulf et al.の結果とは、255モデルのアンサンブル平均モデルでよく対応している。255モデルの標準偏差は不確実性の一つの指標となる。平均モデルとArnulfモデ

ルでずれのある部分は、不確実性の影響として説明できると考えられる。標準偏差の分布は、制御地震データによる拘束が強い浅部では不確実性が小さく、自然地震データの拘束が比較的強くなる深部に行くにつれ大きくなり、さらにデータからの拘束がない端点では大きくなるといった解釈性の高い特徴を示している。

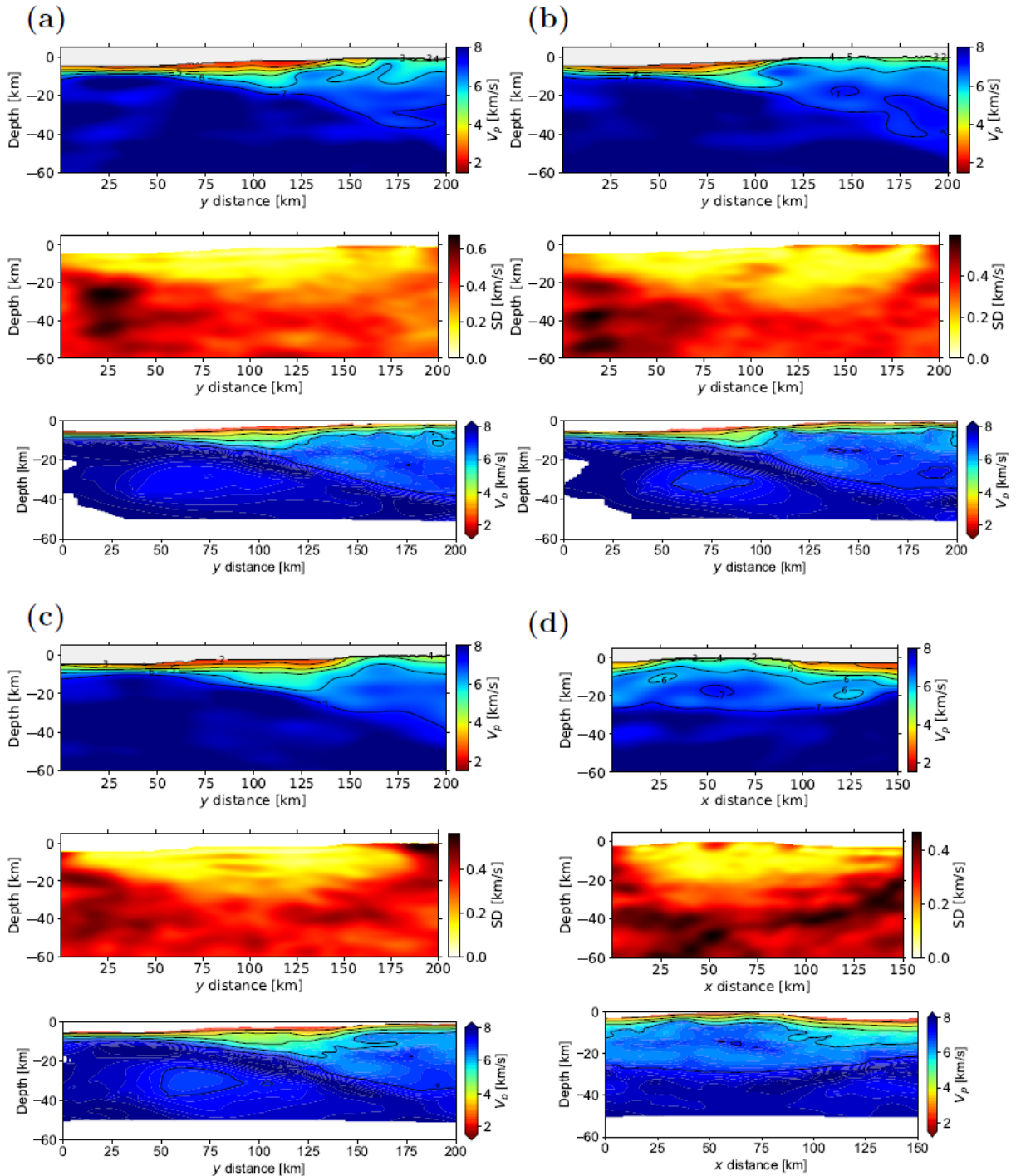


図 2-1-1-9 図 2-1-1-8 (a)に示す(a)-(d)の断面位置における、平均P波速度構造モデル（上段）、P波速度の標準偏差（中段）、Arnulf et al. (2022) ²⁾による平均P波速度構造モデル（下段）。

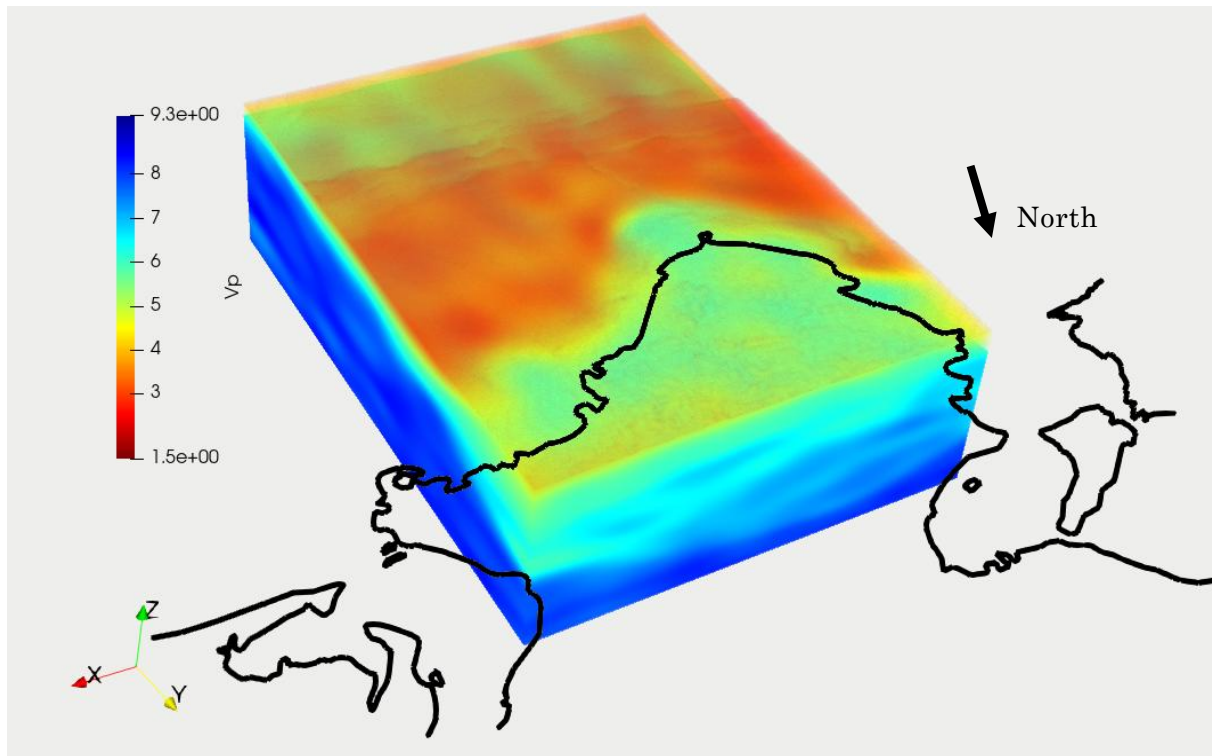


図 2-1-1-10 平均速度構造モデルの三次元可視化結果。P 波速度が 6 km/s 以下の領域を半透明としている。黒線は左から渥美、知多、紀伊半島、淡路島などを表す海岸線。

(c) 結論ならびに今後の課題

Physics-informed neural network (PINN)に基づいたトモグラフィ解析にベイズ推定手法を導入することで、紀伊半島沖の三次元 P 波速度構造モデルのアンサンブル推定を行い、推定結果の不確実性を定量化することに成功した。以上により、今年度の目標である走時計算方法の開発のみならず、来年度の目標である PINN に基づくベイズトモグラフィ解析手法の開発に着手することができた。今後は、南海トラフ域全域での解析を目指した解析領域の拡大を予定している。今回の紀伊半島沖の解析を行うために、85GPU を 20 時間以上占有している。解析領域拡大のために、計算環境の確保が重要となる。また、計算プログラムで用いる機械学習用ライブラリを、より計算性能に特化したものに移行することで、計算時間短縮を図ることも検討する。

(d) 引用文献

- 1) 仲西理子・他：様々な用途に活用可能な 3 次元海陸統合地下構造モデルを目指した南海トラフ域における多様な構造モデルの統合，日本地球惑星科学連合 2025 年大会（千葉市），SSS08-05，2025.
- 2) Arnulf, A. F., Bassett, D., Harding, A. J., Kodaira, S., Nakanishi, A., and Moore, G.: Upper-plate controls on subduction zone geometry, hydration and earthquake behavior, *Nature Geoscience*, 15(2), 143-148, 2022.
- 3) Bassett, D., Arnulf, A., Kodaira, S., Nakanishi, A., Harding, A., and Moore, G.: Crustal structure of the Nankai subduction zone revealed by two

decades of onshore - offshore and ocean - bottom seismic data: Implications for the dimensions and slip behavior of the seismogenic zone, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 127(10), e2022JB024992, 2022.

- 4) Raissi, M., Perdikaris, P., and Karniadakis, G. E.: Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, Journal of Computational physics, 378, 686-707, 2019.
- 5) Waheed, U. B., Alkhalifah, T., Haghighat, E., Song, C., and Virieux, J.: PINNtomo: Seismic tomography using physics-informed neural networks, arXiv preprint arXiv:2104.01588, 2021.
- 6) Agata, R., Shiraishi, K., and Fujie, G.: Bayesian seismic tomography based on velocity-space Stein variational gradient descent for physics-informed neural network, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 61, 1-17, 2023.
- 7) Agata, R., Shiraishi, K., and Fujie, G.: Physics-informed deep learning quantifies propagated uncertainty in seismic structure and hypocenter determination, Scientific Reports, 15(1), 1846, 2025.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
物理情報深層学習に基づく能動・受動震源を用いたベイジアントモグラフィ （口頭発表）	縣亮一郎 白石和也 藤江 剛 Bassett, D.	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.20	国内
Bayesian three-dimensional seismic traveltime tomography based on physics-informed neural network （口頭発表）	Agata, R. Shiraishi, K. Fujie, G. Bassett, D.	International Workshop on Interdisciplinary Research of Information Science and Seismology (IWIRISS 2025)	R7.11.25	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

③ 三次元地下構造モデルの構築及び更新に向けた取り組み

(a) 業務の要約

防災南海プロジェクトで構築した南海トラフ域の海陸統合三次元地下構造モデルの精緻化、信頼性向上のための更新及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデルを実データに基づき新たに構築するため、地下構造に関する既存の研究成果など公表済みの知見を整理するとともに、地下構造の構築に有用な未公開の構造探査データの収集に向けた取り組みを進めた。日本海溝・千島海溝域については、国内の多数の大学等の研究者に聞き取り調査を進めた結果、三次元地下構造モデルの構築にきわめて有用な多数の未公開データを本プロジェクトで活用できる道筋をつけることができた。

(b) 業務の成果

1) 南海トラフ域の三次元地下構造モデルの更新に向けた取り組み

防災南海プロジェクトで構築した南海トラフ域における三次元地下構造モデル¹⁾の精緻化、信頼性向上のために、活用可能な既存の研究成果や調査観測データの収集に着手した。防災南海プロジェクトの三次元地下構造モデルは、走時トモグラフィによって構築した三次元地下構造モデル²⁾を基盤としていたが、走時トモグラフィに用いた構造探査データは 2010 年以前のもののみであった。2011 年以降、南海トラフでは海洋研究開発機構だけでも 100 本以上の二次元反射法地震探査や 10 本以上の二次元屈折法地震探査を実施しており、これらの人工震源データを DONET や Hi-net などの海陸定常地震観測網で受信したデータを走時トモグラフィ解析に適用することで、三次元地下構造モデルの精緻化や信頼性の向上が期待できる。しかし、反射法地震探査ではエアガン発振間隔が約 20 秒と短いため、前の発振による水中多重反射がノイズとして重畳し、初動など地下を伝播した信号が著しく乱されてしまう。このため、実際の解析では利用が困難であるという大きな問題がある。そこで、本年度は、AI を用いたノイズ抑制手法の開発研究に取り組んだ。概念図を図 2-1-1-11 に示す。繰り返し同一測線で実施した構造探査データをスタックして得られた高品質（低ノイズ）データを教師データとして用い、AI をトレーニングすることでノイズ抑制を試みた。現在までのところ、二次元地震探査（オンライン発振）における突発ノイズ等への有効性を確認した。水中多重反射の抑制は対応困難な課題であることは間違いないが、今後は、三次元構造の構築で重要となるオフライン発振データにおける前の発振の水中多重反射についても検証していく計画である。

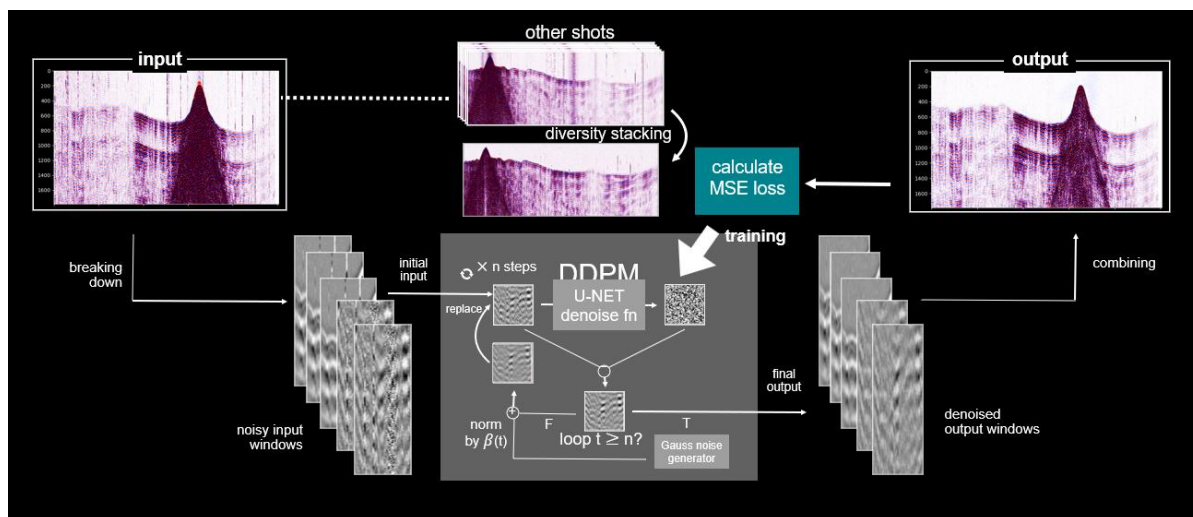


図 2-1-1-11 AI を用いたノイズ抑制処理の概念図。

2) 日本海溝・千島海溝域のデータ収集・整備

日本海溝・千島海溝域における海洋研究開発機構の海域地震構造探査観測データは、南海トラフ域に比べて圧倒的に少ない（図 2-1-1-12）。そのため、海洋研究開発機構のデータのみでは、南海トラフ域に比べて解像度や信頼性が著しく低い三次元構造モデルしか得られない。一方、千島海溝・日本海溝域では、様々な大学や研究機関等が国のプロジェクト等を活用し、地下構造探査に関する研究を実施してきた。その成果の一部は国際誌で論文として公表されているが、受託研究等の報告書のみにとどまっているものも少なくない。さらに、観測データについては公開や利活用に関する情報が明示されていないのが実情である。そこで本プロジェクトでは、これら既存の有用な研究成果や観測データを掘り起こし、日本海溝・千島海溝の三次元地下構造モデルの構築ならびに解像度や信頼性の向上に活用するとともに、それらのデータを将来の研究資産として保存・継承していくことを目指す。

令和 7 年度は、過去 20～30 年の間に日本海溝・千島海溝域で地震構造探査を実施した主要な大学である北海道大学、東北大学、東京大学地震研究所と相談、議論を重ね、既存データの活用手順や、データ活用後の成果の公開方法等について整理を進めた。その結果、本プロジェクトでこれらのデータを活用するための道筋を確立することができた。

本プロジェクトにとってとりわけ重要な観測データは、日本海溝全域と北海道沖の千島海溝域を網羅して観測を実施した「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する研究調査」（平成 16 年度～平成 20 年度）^{3)・7)}（以下、海溝型調査）である。海溝型調査では、年度ごとに自然地震観測のための長期間の海底地震計設置と構造探査を実施しており（図 2-1-1-13）、その解析結果は、各年度の報告書等^{4)・8)}に記載されている。これらの報告では構造探査結果は二次元に限られているが、実際の観測は全ての海底地震計設置後に実施されている。このため、測線上でエアガンを発振したデータ（オンラインショット）に加え、別測線で発振したデータ（オフラインショット）も海底地

震計に記録されているはずである。オフラインショットは三次元地下構造モデルの構築にも極めて有効である。そこで、本プロジェクトでは生データ（観測期間中の連続記録）からオフラインショットを切り出し、解析に活用する方針のもと、関係者との調整を進めている。

一方、海溝型調査も含め、大学による構造探査データの多くは各大学独自のフォーマットで保存されており、そのままでは近年の解析ソフトウェアを活用することが難しい。今後、これらのデータを研究資産として継承していくためにも、業界標準フォーマットに変換することが望まれる。このため本プロジェクトでは、各大学独自の旧来のフォーマットを業界標準のデータフォーマット（SEG-Y）に変換する取り組みにも着手した。令和7年度は、北海道大学独自のデータフォーマットを SEG-Y 形式に変換するソフトウェアコードを開発し、実データに適用することでその有効性を確認した。

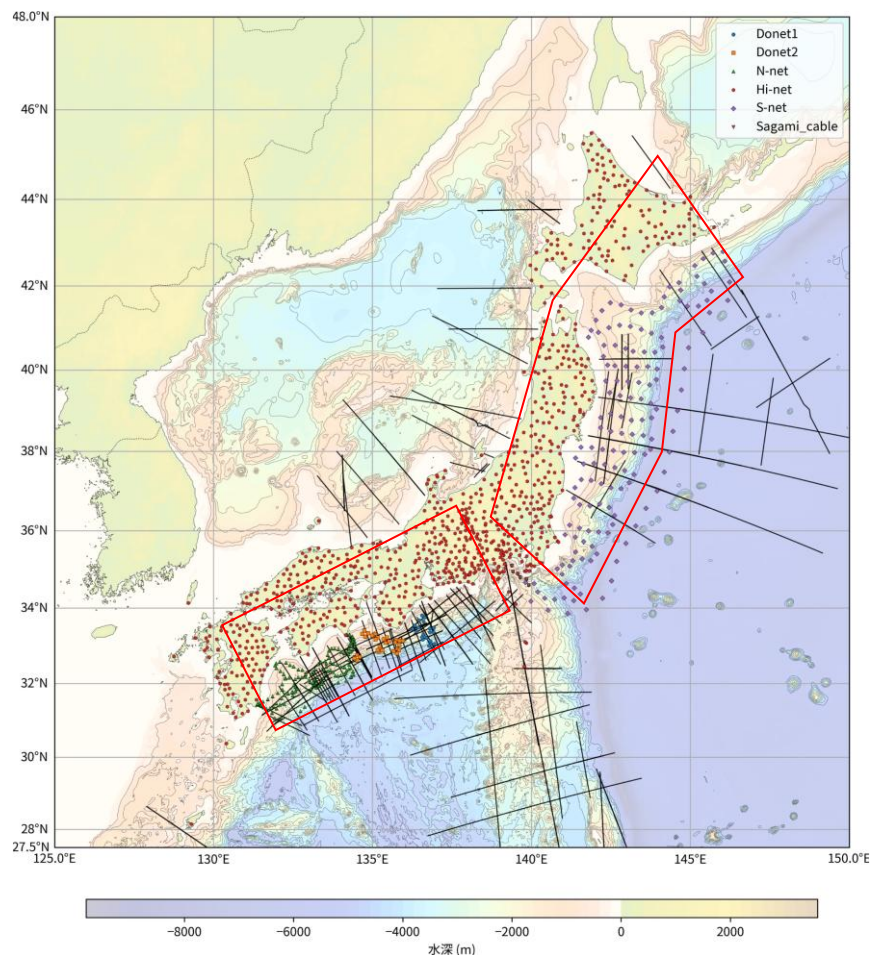


図2-1-1-12 海洋研究開発機構が行った南海トラフ域、日本海溝・千島海溝域の構造探査測線の配置（黒線）と海陸の地震観測点分布（凡例参照）。南海トラフ域に比べて、日本海溝・千島海溝域の調査観測が少ないことがわかる。

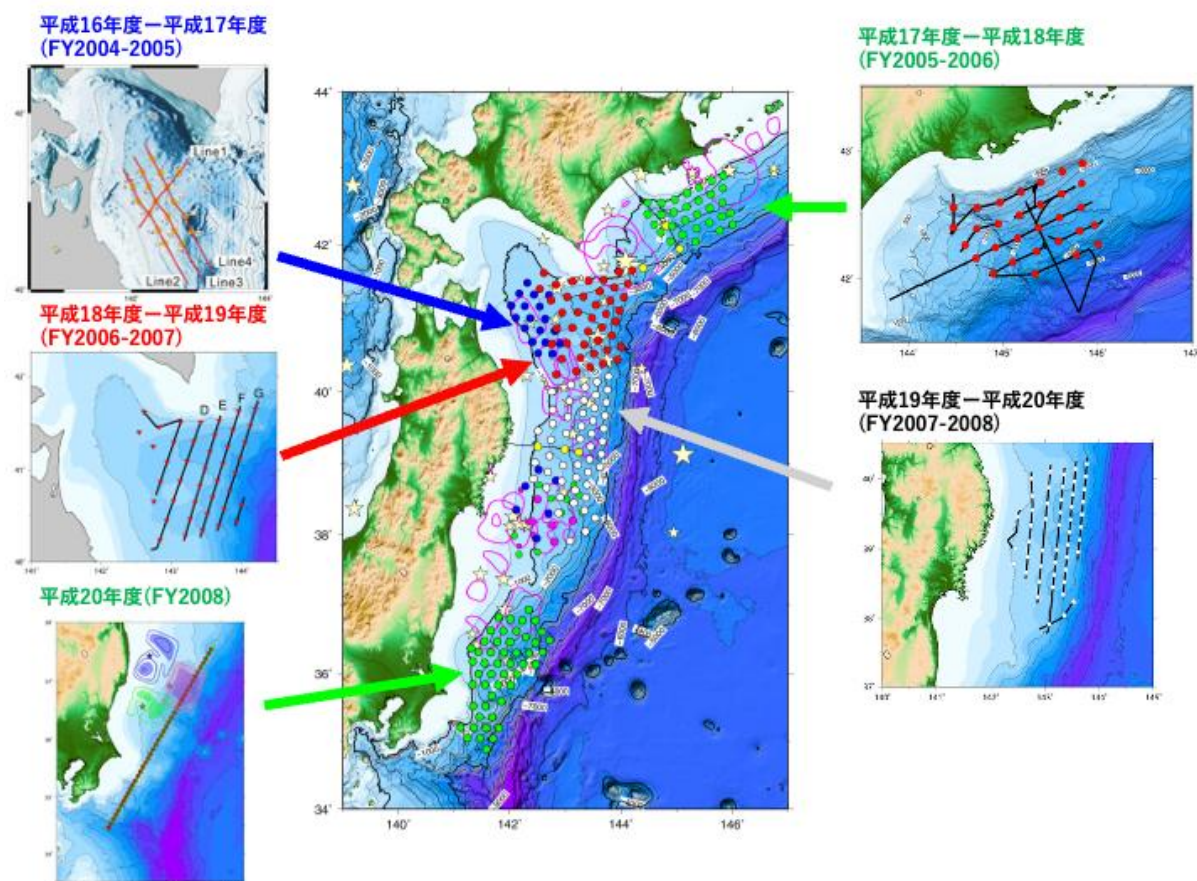


図 2 - 1 - 1 - 13 「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」の一環として実施された「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する研究調査」（平成 16 年度～平成 20 年度）の自然地震観測の観測点分布及び構造探査測線配置図。

(c) 結論ならびに今後の課題

防災南海プロジェクトで構築した南海トラフ域における三次元地下構造モデル¹⁾の高度化を目的として、活用可能な既存の構造探査データ及び構造研究成果の整理を進めた。その一環として、膨大なデータ量がある反射法地震探査のエアガン発振を活用したモデルの高度化の可能性を検討するため、AIを用いたノイズ抑制手法の開発を進めた。また、日本海溝・千島海溝域における実データに基づく三次元地下構造モデル構築に向けて、既存の構造探査観測の情報、データ、研究成果の収集を進め、今後の活用に向けた道筋を確立した。さらに、各大学独自の旧来フォーマットを業界標準であるデータフォーマット（SEG-Y）へ変換する取り組みにも着手した。以上により、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域の三次元地下構造モデルの高度化、構築に必要なデータや知見の収集・整備という本年度の業務目標を達成した。

今後は、新たに収集した地震探査データも活用し、走時トモグラフィにより三次元地下構造モデルの構築及び高度化を進めていく必要がある。蓄積されてきたデータ量が膨大であるため、効率的な解析手順、手法の確立も求められる。また、本プロジェクトで収集した既存データを将来にわたり多様な研究で活用可能な研究資産として継承していくためには、持続的なデータ維持・管理の仕組みを確立する必要がある。容易ではな

い課題であるが、関係機関と協議を進めていくことが肝要である。

(d) 引用文献

- 1) 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構：防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト 令和6年度 成果報告書 令和7年5月，
<https://www.jishin.go.jp/database/project_report/nankai-bosai/nankai-bosai-r06/>，（参照 2026-3-25），2025.
- 2) Arnulf, A. F., Bassett, D., Harding, A. J., Kodaira, S., Nakanishi, A., and Moore, G.: Upper-plate controls on subduction zone geometry, hydration and earthquake behavior, *Nature Geoscience*, 15(2), 143-148, 2022.
- 3) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人名古屋大学大学院 環境学研究科・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」 平成16年度 成果報告書，平成17年5月，
<<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/seika16.html>>，（参照 2026-3-25），2005.
- 4) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人名古屋大学大学院 環境学研究科・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人防災科学技術研究所・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究（東南海・南海地震）（日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震）」 平成17年度 成果報告書集，平成18年5月.
- 5) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人名古屋大学大学院 環境学研究科・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」 平成18年度 成果報告書，平成19年5月，
<<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H18seikaHP/H18seikaHP.htm>>，（参照 2026-3-25），2007.
- 6) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人防災科学技術研究所・独立行政法人海洋研究開発機構：科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン 〜リサーチ・レボリューション 2002〜「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究（東南海・南海地震）（日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震）」 平成19年度 成果報告書，平成20年5月，<<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H19seikamokuji.html>>，（参照 2026-3-25），2008.
- 7) 文部科学省 研究開発局・国立大学法人東京大学 地震研究所・国立大学法人東北大学大学院 理学研究科・独立行政法人防災科学技術研究所：科学技術振興費 主要5

分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創世プラン ～リサーチ・レボリューション 2002～「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究（日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震）」平成 20 年度 成果報告書，平成 21 年 5 月，
 <<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H20seikamokuji.html>>，（参照 2026-3-25），2009.

- 8) Nakahigashi, K., Shinohara, M., Mochizuki, K. et al.: P-wave velocity structure in the southernmost source region of the 2011 Tohoku earthquakes, off the Boso Peninsula, deduced by an ocean bottom seismographic survey, Earth, Planets and Space, Vol. 64, pp.1149-1156, 2012. <https://doi.org/10.5047/eps.2012.06.006>

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Denoising ocean bottom seismometer data with diffusion models: A real-world application of DDPM to Geophysical Signal Enhancement (口頭発表)	Su, J. Agata, R. Fujie, G. Nakamura, Y.	日本地震学会 2025 年度秋季大会	R7.10.20	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし