

3. 2 地震活動から見たプレート構造解明のための調査研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 地震活動から見たプレート構造解明のための調査研究

(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巨大地変災害研究領域 地震津波複合災害研究部門	主任研究員	松原 誠
国立研究開発法人防災科学技術研究所巨大地変災害研究領域 地震津波複合災害研究部門	上席研究員	武田 哲也
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	蔵下 英司
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	酒井 慎一
神奈川県温泉地学研究所	主任研究員	本多 亮
神奈川県温泉地学研究所	主任研究員	安部 祐希

(c) 業務の目的

強震動予測に資する関東地方南部の地殻構造と本断層帯の深部延長に存在する沈み込むフィリピン海プレート上面の形状に関する情報を高度化する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 令和5年度：

これまでに首都圏地震観測網（MeS0-net）で読み取られた地震波の到達時刻データを確認するとともに、微小地震の震源分布や発震機構解を分析し、プレート境界の推定方法を検討した。干渉法等による上盤プレート内の構造解析手法について検討した。

2) 令和6年度：

定常観測網と MeS0-net の観測点における既存の地震波到達時刻データを用いて地震波速度構造予備解析を実施した。MeS0-net のデータを処理し、地震波速度構造解析に資するデータを生成した。レーシーバー関数法等を用いて、上盤プレート内の構造解析に着手した。

3) 令和7年度：

MeS0-net のデータを処理し、地震波速度構造解析に資するデータを生成し、定常観測網のデータと合わせて三次元地震波速度構造を構築する。速度構造、震源分布、発震機構解などと合わせて、沈み込むフィリピン海プレート上面境界モデルを構築する。レーシーバー関数法等を用いて、上盤プレート内の構造を高度化する。

(2) 令和6年度の成果

(a) 業務の要約

防災科学技術研究所（防災科研）の高感度地震観測網（Hi-net）や気象庁等を含めた定常観測網と 2015 年度までの MeS0-net の観測点における既存の地震波到達時刻データを用いて地震波速度構造予備解析を実施した。防災科研 Hi-net のイベントリストを基に定常観測網のイベントデータと MeS0-net の連続波形データから処理し、地震波速度構造解析に資するデータを生成した。レシーバー関数法等を用いて、上盤プレート内の構造解析に着手した。

(b) 業務の成果

1) 既往の MeS0-net の到達時刻データを用いた速度構造解析

2008 年 4 月～2016 年 4 月の地震について、首都直下地震防災・減災特別プロジェクトおよび都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクトにおいて、東京大学地震研究所により防災科研 Hi-net 等を含めた定常観測網と MeS0-net 観測点における地震波の到達時刻のデータが読み取られていた。これらのデータを用いて、関東地域の下の地震波速度構造解析を実施した。

a) データ・手法

防災科研 Hi-net システム（防災科研 Hi-net や気象庁、国立大学、国立研究開発法人、自治体などの観測点を含めて震源決定するシステム）により蓄積されている自然地震の到達時刻のデータにこれらのデータを合わせて地震波速度構造解析を実施した。解析に用いた震源分布を図 1 に示す。地震波速度構造解析には観測網から 50 km 以内の地震を用いるため、地震から一番近い観測点が 50 km 以内の地震の震源分布となっている。

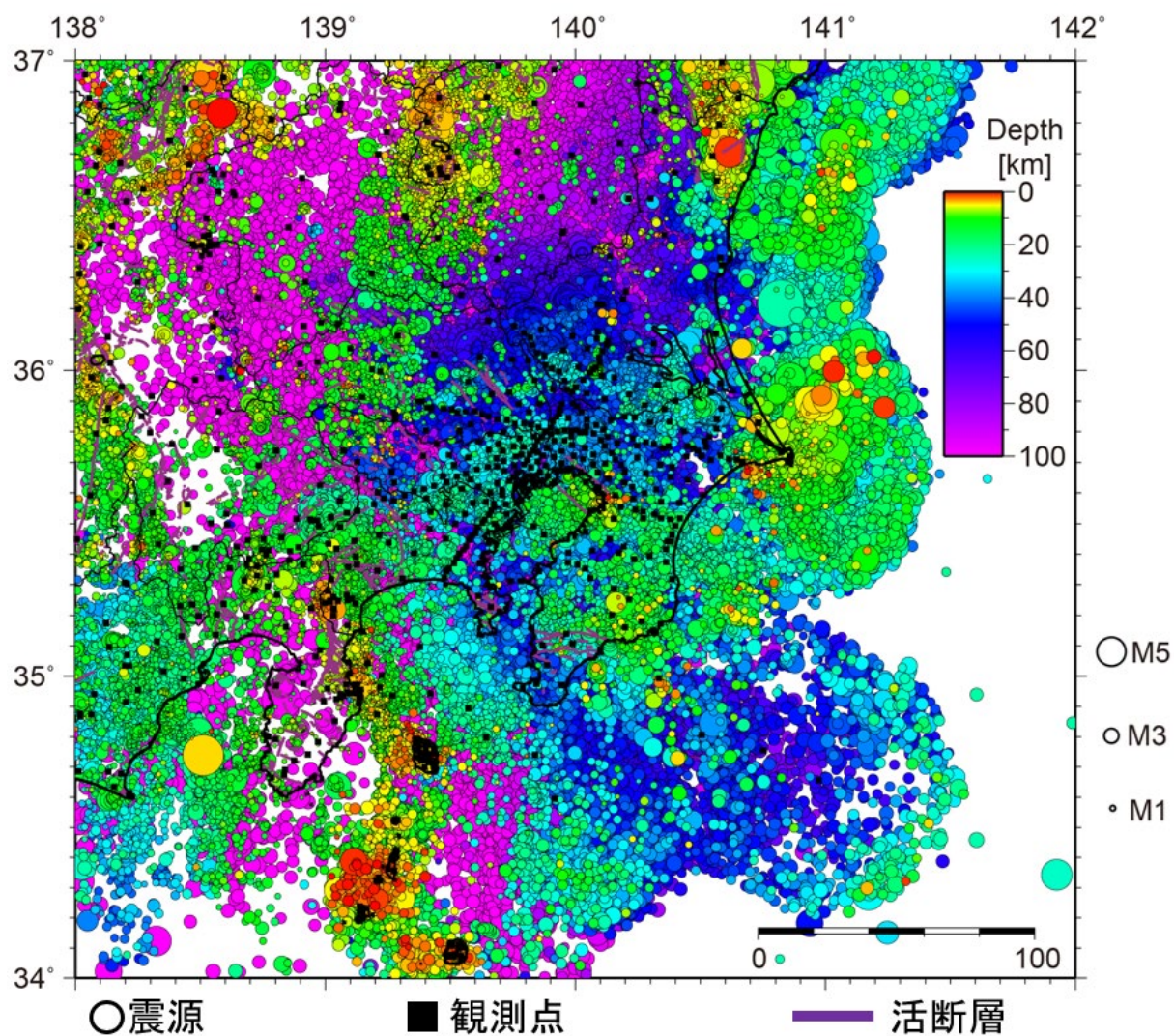


図1 速度構造解析に用いた震源分布。

手法は Zhao et al. (1992) のトモグラフィ法にスムージングと観測点補正値を導入した Matsubara et al. (2004, 2005) を用いた。グリッド間隔は水平方向が 0.5° (約 5 km)、深さ方向は 2.5~10 km とした (図 2)。地震がやや少ない深さ 20~30 km はグリッド間隔を広げた。

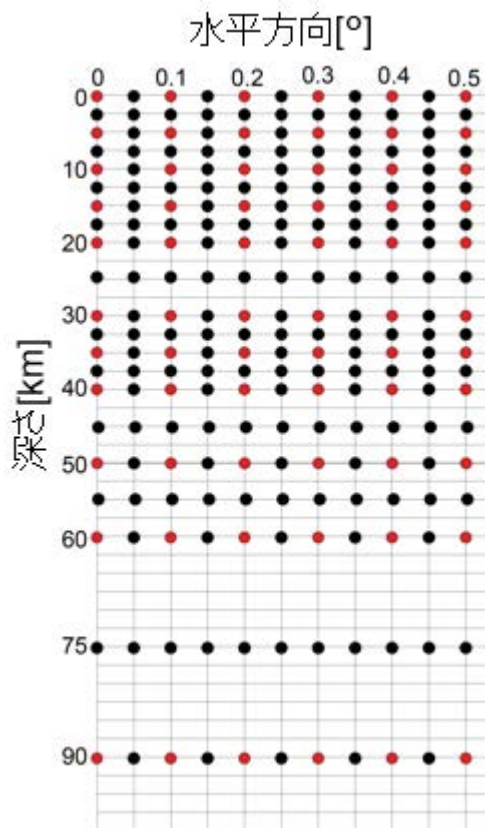


図2 グリッド配置。赤丸と黒丸の両方を配置して解析を行った。赤丸は解像度のあるグリッド間隔を示す。

b) 結果

P波・S波速度のチェッカーボードテストの結果を図3に示す。分解能の大きさが10kmと既往の研究より小さくなったにもかかわらず、深さ5km～90kmまでP波、S波ともに三浦半島下を含む関東下で分解能があることが分かる。

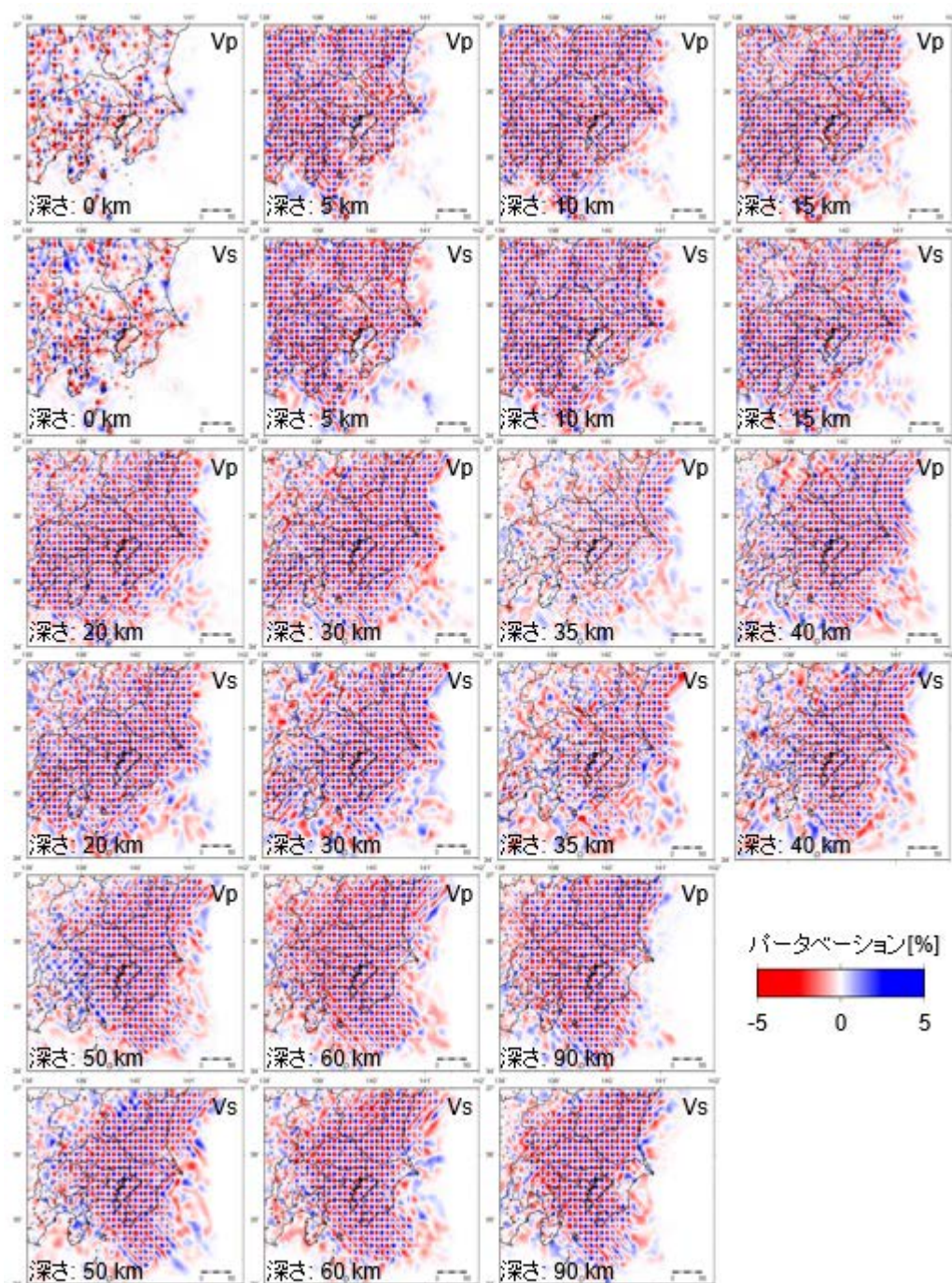


図3 深さ0～90kmのP波、S波のチェッカーボードテストの結果。

観測点補正値を図4に示す。定常観測網のうち、防災科研Hi-netの観測点は深さ100 m以上の観測井の底に地震計を設置しているので、おおむね負の観測点補正値が得られている。一方、MeS0-netは深さ20 mに設置してあるため、地表の堆積層の影響が大きく、正の補正値が得られている。

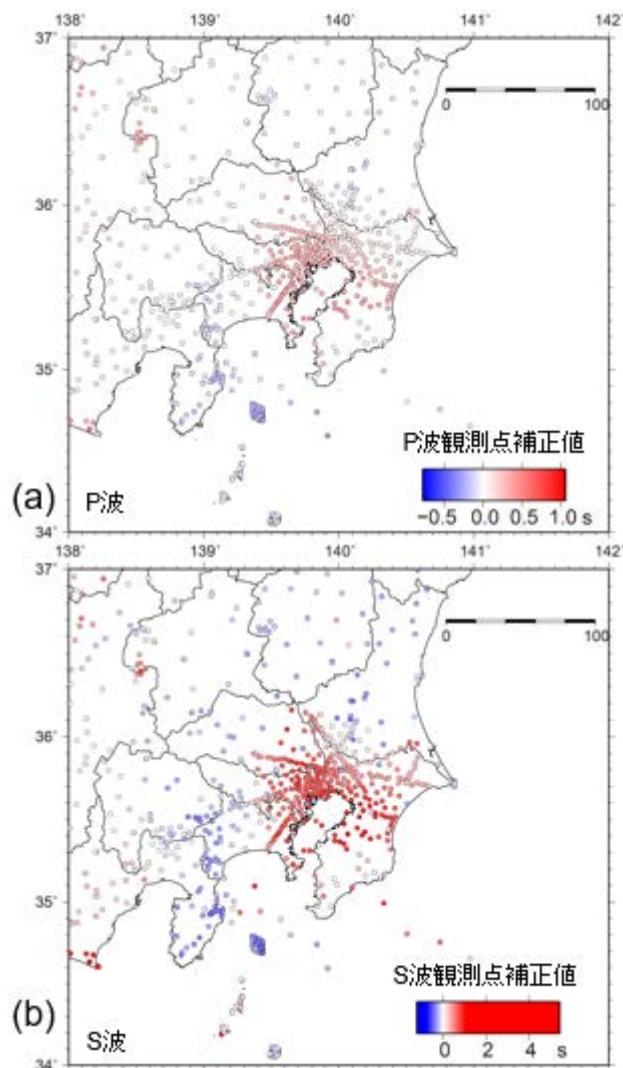


図4 (a)P波、(b)S波の観測点補正值。

P波速度パータベーションと V_p/V_s の水平断面図を図5に示す。深さ5 kmでは関東山地から高速度域が東へ、東京都や埼玉県下へ伸びているが、それ以外の場所はおおむねやや低速度域が広がっている。 V_p/V_s は大きな値の領域が広く分布している。深さ10 kmでは低速度域が茨城県から千葉県、神奈川県東部にかけての領域にまだらに広がり、 V_p/V_s の大きな領域も埼玉県東部から神奈川県にかけてと房総半島南部に絞られてくる。深さ30~40 kmにかけては北緯35.8°付近を中心に南北に約40kmの幅の低速度域が東西に広く分布している。

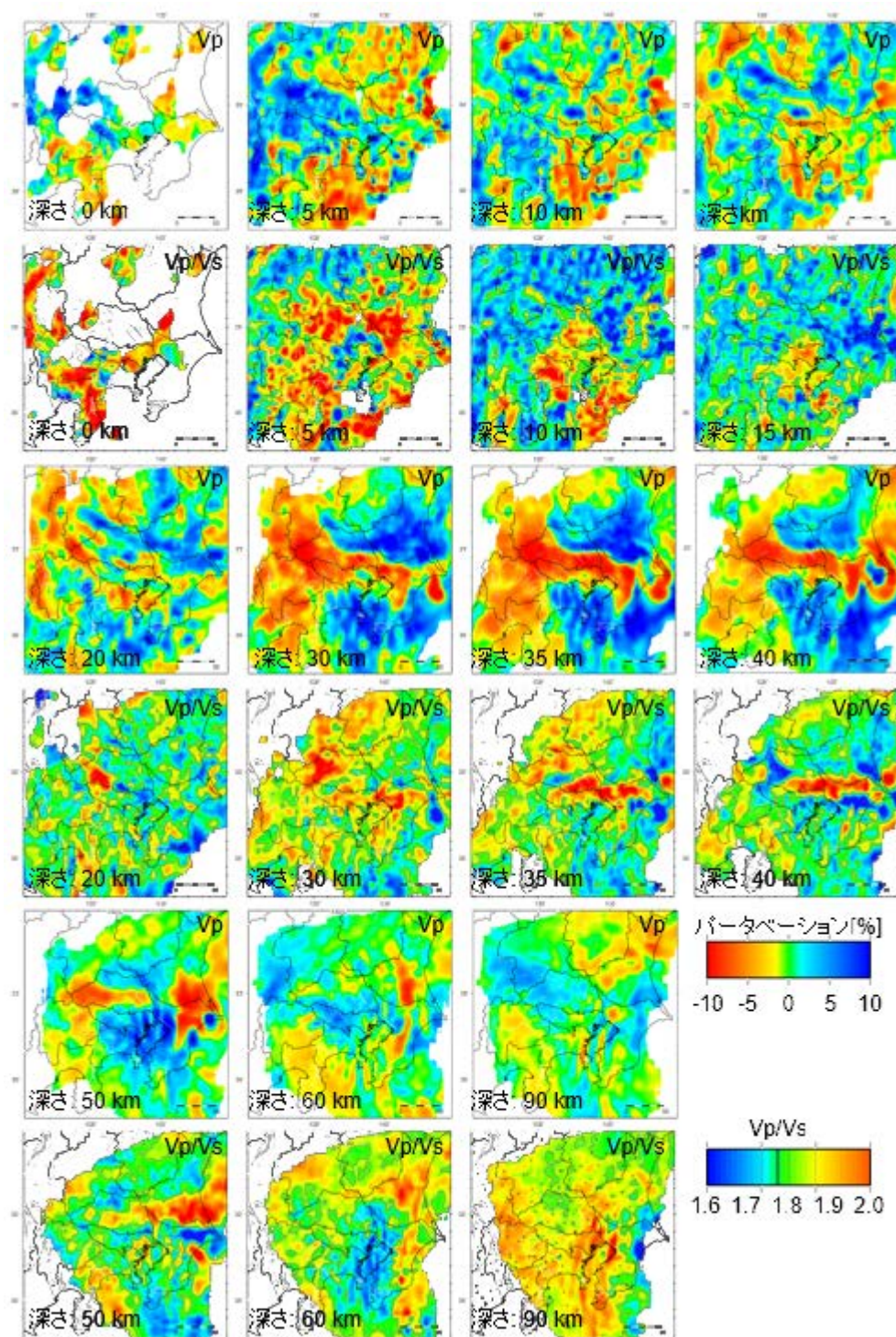


図5 深さ0～90 kmのP波速度パータベーションとVp/Vsの結果。

北緯35.8度の東西断面、三浦半島を縦断する東経139.6°の南北断面を図6に示す。東から沈み込む太平洋プレート(図6a)と南から沈み込むフィリピン海プレート(図6b)が最上部の低速度海洋地殻と高速度マンタルの組み合わせでイメージングされている。

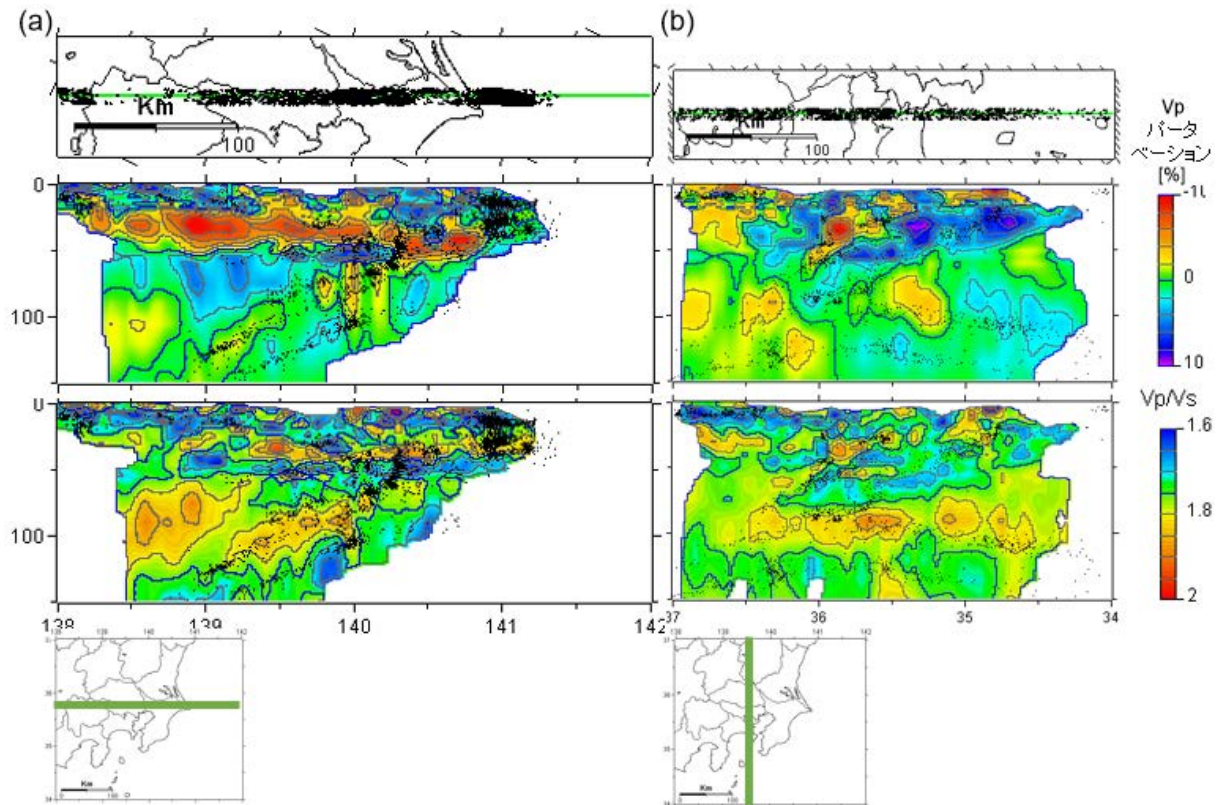


図6 P波速度パータベーションと V_p/V_s の(a)北緯 35.8 度の東西断面と(b)三浦半島を縦断する東経 139.6° の南北断面。

c) 議論

既往の研究(Matsubara et al. 2022 等)では分解能が 0.2° (約 20 km)であったが、本解析では MeSO-net のデータの活用もあり、分解能が 0.1° (約 10 km)まで向上した。Ishise et al. (2021)は P 波速度構造のみであったが、S 波速度構造も分解能があることが分かった。

フィリピン海プレートは相模トラフからユーラシアプレートの下に北東傾斜で沈み込んでおり、北西方向へ移動している。三浦半島周辺から相模トラフに直交する断面を Ishise et al. (2021)によるフィリピン海プレートの北東端の位置と合わせて図 7 に示す。逆断層の地震がプレート境界付近を中心に起きており、低速度かつ高 V_p/V_s の海洋地殻との関係から、フィリピン海プレートと太平洋プレートの上面が推定できた。

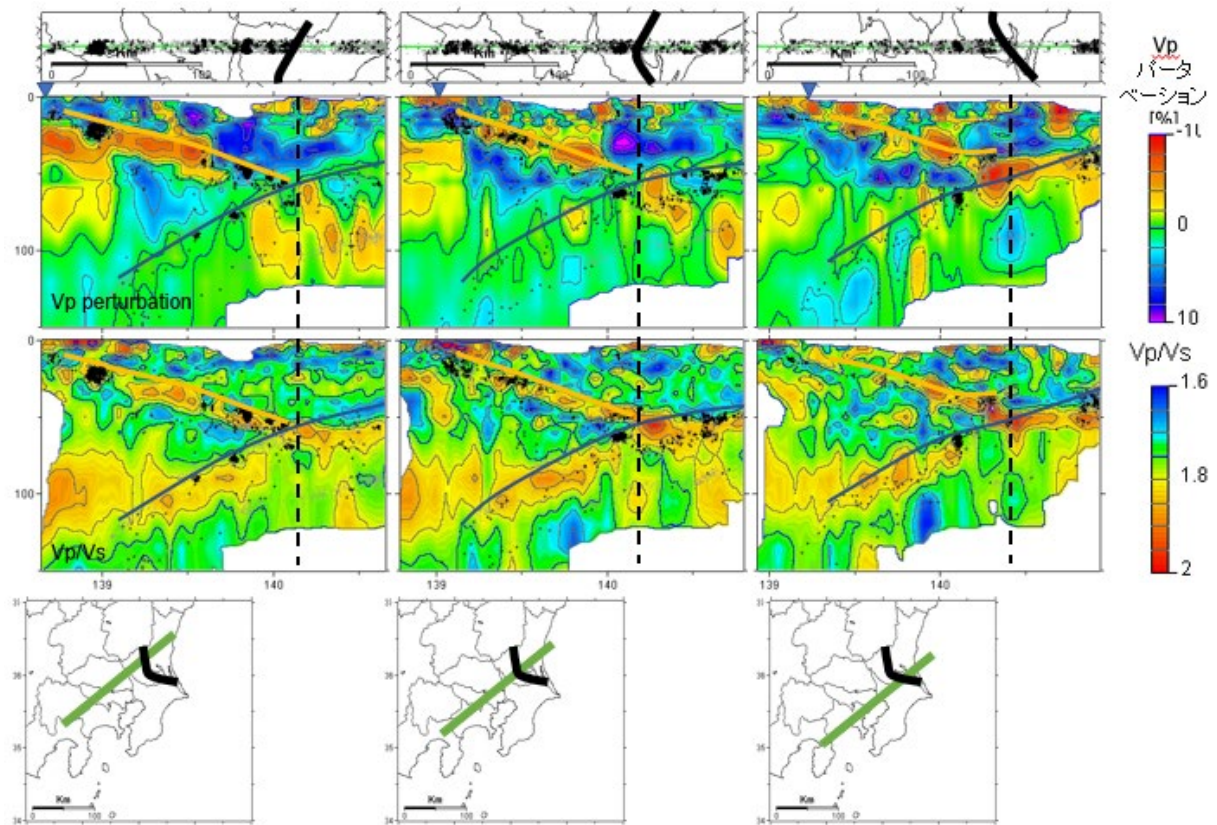


図7 P波速度パータベーションと V_p/V_s の三浦半島周辺から北東にかけての相模トラフに直交する断面。

2) MeSO-net と定常観測網のデータ統合と読み取り

2016 年以降防災科研は日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) を運用し、イベントファイルを作成してきた。一方 MeSO-net のデータは連続データのみを蓄積してきた。2016 年 4 月から 2024 年 3 月までの防災科研 Hi-net と S-net で捉えられた震源分布を図 8 に示す。期間中 64,358 個の地震が捉えられている。このうち、M1.5 以上の地震は 51,498 個であった。本年度はこのうち 250 イベントについて、MeSO-net の連続データから波形を切り出し、定常観測網のデータとマージし、MeSO-net 観測点における P 波と S 波の到達時刻を読み取った。

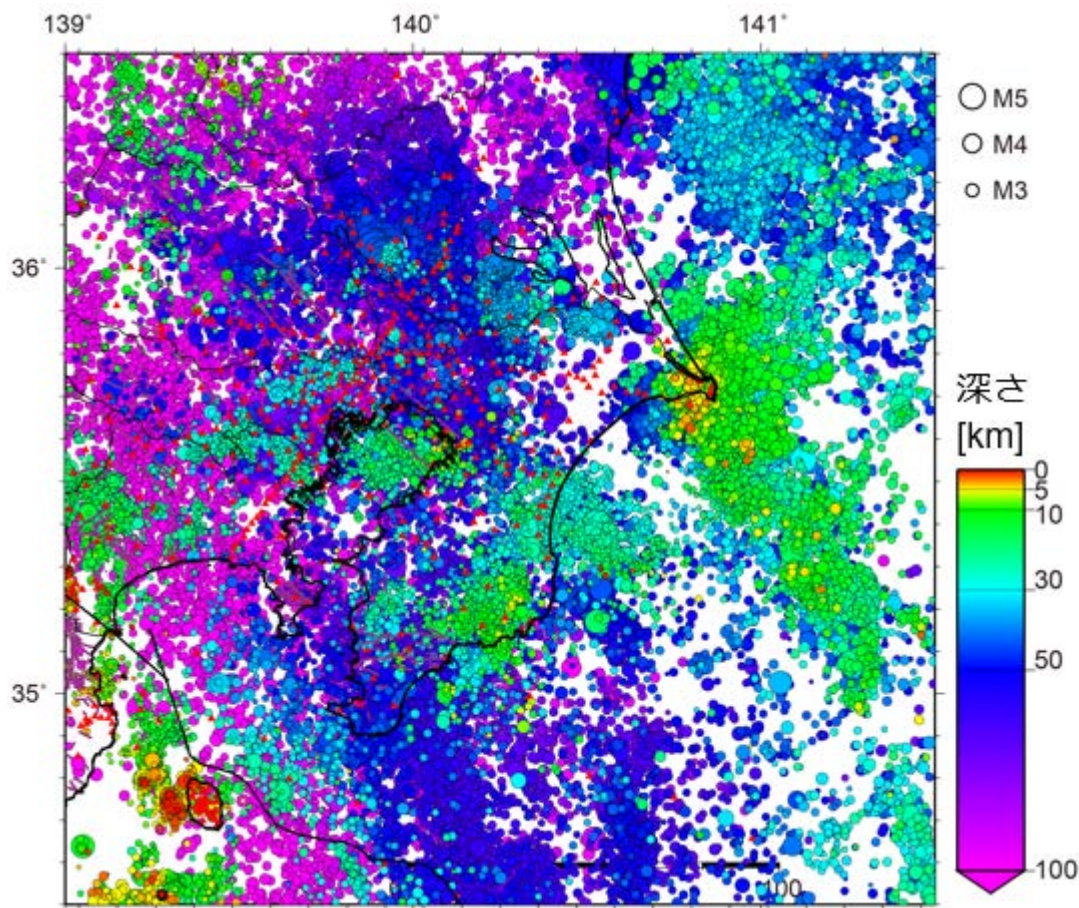


図8 2016年4月～2024年3月までの防災科研 Hi-net, S-net で捉えられた震源分布。

(c) 結論ならびに今後の課題

既往のMeSO-net観測点で読み取られた地震波の到達時刻のデータを用いて、地震波トモグラフィ解析を実施し、これまでより詳細な首都圏下の地震波速度構造が得られた。また、2016年以降はそれまでの定常観測網に加えて防災科研S-netの運用開始に伴い海域の観測点も増え、それらにMeSO-netの観測点を増やすことが可能となった。

今後、2024年度に読み取られたデータを用いて地震波速度構造解析をするとともに、さらに2016年4月～2025年3月までの地震についてMeSO-net観測点のデータのマージと追加読取りを実施し、S-netのデータも併せて地震波速度構造解析を実施することにより、関東下における詳細な三次元地震波速度構造モデルが得られることが期待される。また、その構造から沈み込むフィリピン海プレート最上部低速度海洋地殻や三次元地震波速度構造を用いて再決定した震源分布、発震機構解等を考慮して、プレート境界モデルの構築を目指す。また、レーシーバー関数法等を用いて、ユーラシアプレート内の不均質構造についての解析も進める。

(d) 引用文献

Ishise, M., A. Kato, S. Sakai, S. Nakagawa, and N. Hirata, Improved 3-D P wave azimuthal anisotropy structure beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: New interpretations of the dual subduction system revealed by seismic anisotropy, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126, e2020JB021194,

doi:10.1029/2020JB021194, 2021.

Matsubara M., H. Hayashi, K. Obara, and K. Kasahara, Low-velocity oceanic crust at the top of the Philippine Sea and Pacific plates beneath the Kanto region, central Japan, imaged by seismic tomography, *J. Geophys. Res.*, 110, B12304, doi:10.1029/2005JB003673, 2005.

Matsubara M., N. Hirata, H. Sato, and S. Sakai, Lower crustal fluid distribution in the northeastern Japan arc revealed by high resolution 3D seismic tomography, *Tectonophysics*, 388, 33–45, doi:10.1016/j.tecto.2004.07.046, 2004.

Matsubara, M., T. Ishiyama, T. No, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Kanazawa, N. Takahashi, and S. Kamiya, 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.

Zhao D., A. Hasegawa, and S. Horiuchi, Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan, *J. Geophys. Res.* 97, 19,909–19,928, doi:10.1029/92JB00603, 1992.