

3.1.2. 自然地震観測に基づく断層周辺の広域的3次元構造調査

目次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 3カ年の年次実施業務の要約
 - 1) 平成24年度
 - 2) 平成25年度
 - 3) 平成26年度
- (e) 平成25年度業務目的

(2) 平成25年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の方法
- (c) 業務の成果
 - 1) 臨時観測点の選定および設置
 - 2) 観測データの回収および品質確認
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 学会等発表実績
- (g) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

(3) 平成26年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 自然地震観測に基づく断層周辺の広域的 3次元構造調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所観測開発基盤センター	准教授	酒井 慎一
東京大学地震研究所地震予知研究センター	助教	蔵下 英司
東京大学地震研究所地震予知研究センター	教授	平田 直

(c) 業務の目的

立川断層帯周辺地域において、30台の高感度地震計からなる臨時観測点を設置し、自然地震観測を行う。臨時観測点で得られるデータと既存の基盤的地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網(MeSO-net) (平田ほか, 2009) のデータを統合し、高精度な震源決定処理を行う。この処理に用いられた臨時観測データ、基盤的地震観測網データおよびMeSO-net データを利用して、地震波速度トモグラフィ解析を行い、立川断層帯周辺地域における詳細な広域的3次元速度構造を得る。高精度な震源分布と3次元速度構造を比較する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

- 1) 平成24年度：立川断層帯周辺地域において、30台の高感度地震計からなる臨時観測点を選定し、観測機器を設置し、自然地震観測を開始した。臨時観測点で得られるデータの品質確認を行った。統合処理を行うため、既存の基盤的地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網(MeSO-net)のデータ収集を開始した。
- 2) 平成25年度：立川断層帯周辺地域に設置された30台の高感度地震計からなる臨時観測を継続し、自然地震を観測した。臨時観測で得られたデータは、既存の基盤的地震観測網のデータおよびMeSO-net のデータと統合し、高精度な震源決定処理を行った。
- 3) 平成26年度：高精度な震源決定処理に用いられた臨時観測データ、基盤的地震観測網データおよびMeSO-net データを利用して、地震波速度トモグラフィ解析を行い、立川断層帯周辺地域における詳細な広域的3次元速度構造を得る。高精度な震源分布と3次元速度構造を比較する。

(e) 平成25年度業務目的

立川断層帯周辺地域に設置された30台の高感度地震計からなる臨時観測を継続し、自然地震を観測する。臨時観測で得られたデータは、既存の基盤的地震観測網のデータおよびMeSO-net のデータと統合し、高精度な震源決定処理を行う。

(2) 平成25年度の成果

(a) 業務の要約

立川断層帯周辺地域において、前年度に設置した 30 ヶ所の高感度地震計による臨時観測を継続し、2013 年 7 月に撤収した。臨時観測点で得られたデータは、周辺の基盤的地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網(MeSO-net) (平田ほか, 2009) のデータと統合し、処理を行った。得られたデータから地震波形を切り出し、読み取りを行い、高精度震源情報等を得た。

(b) 業務の方法

立川断層帯周辺地域における詳細な広域的 3 次元速度構造を得るために、自然地震観測を行った。立川断層帯周辺域は都市部であるため、人工的な雑振動が多く地震観測には不向きな地点が多いが、臨時観測点を稠密に設置することで、解析に耐えうる信号を捉えることを目指した。前年度に設置した 30 ヶ所での観測を継続し、2013 年 7 月に撤収した。臨時観測点で得られた記録は、周辺の基盤的地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網(MeSO-net)のデータと統合処理を行った。それらから、地震波形を切り出し、読み取りを行い、震源決定および地震波トモグラフィ解析を行った。

(c) 業務の成果

1) 臨時観測点の保守と観測データの回収

今年度は、前年度に設置した臨時観測点の全 30 点に対して、電池交換およびデータ回収を行った(図 1)。臨時観測点の地震計は、固有周期 1 秒の速度型地震計 LE-3D (レナーツ社製) で、収録装置は SD カードに連続して記録する DAT5 (クローバーテック社製) である。GPS 信号に同期してデジタル変換するため、記録の時刻精度は 1 m 秒以下である。おおむね観測状況は順調であったが、データ収録が止まっていた観測点が 1 ヶ所(TC30) あった。データレコーダを交換して調査したところ、データを収録する SD カードの不具合であることが判明した(田中・西本, 2013)。それ以外の観測点では順調にデータ収録が行われ、予定どおり 2013 年 7 月末には、全観測点の観測を終了し、機器を撤収した。これらの観測データは、周辺の首都圏地震観測網(MeSO-net) や東京大学地震研究所、神奈川県温泉地学研究所、気象庁、防災科学技術研究所の既存観測網のデータと統合させ、その後の処理に用いられた。

2) 高精度震源処理と地震活動

臨時観測は、2013 年 1 月 23 日から 7 月 24 日まで行われたため、その間に発生した地震のカタログを用いて、地震波形の切り出しを行った。切り出す地震は、気象庁一元化震源カタログに基づき、以下の基準で選んだ。

- ・北緯 34.85 度～36.60 度、東経 138.8 度～140.8 度、マグニチュード 2.5 以上

これら 224 個の地震に対し、各観測点の P 波到着時刻、S 波到着時刻、最大振幅、P 波初動振動方向を読み取り、震源決定を行った(図 2)。読み取り数は P 相が 47,900 個、S 相が 27,836 個、最大振幅が 50,227 個、初動振動方向が 28,382 個である。震源決定には、

東京大学地震研究所の通常処理で用いる一次元 P 波速度構造を使用した。またポアソン比を 1.73 として求めた S 波速度を用いた。

この期間（2013 年 1 月 13 日～7 月 24 日）の気象庁一元化震源の分布を見ると、立川断層帯周辺の直下には、地震活動が無かった。都市部の雑音が多く、地震の検知能力が低いことも考えられるため、比較的ノイズレベルの低い観測点（例えば TC10、飯能市名栗）の連続波形記録を目視で観察し、地震波形と思われるものの抽出を試みた。2013 年 2 月 1 日から 2 月 9 日の 9 日間を調べたところ、立川断層帯周辺で気象庁一元化震源カタログに含まれていない地震を 55 個検知することができた。それらの読み取りを行い、震源決定した所、その多くは採石発破による振動であった。その中で、明らかに自然地震とわかったものは、16 個で、それらは立川断層帯の活動によるものとは考えられない地震であった（図 3）。まだ、9 日間の波形を調査したにすぎないが、立川断層帯での地震活動は、見出されていない。

一方、臨時観測点は、基盤岩上ではなく関東平野の堆積層上に設置していて、その厚さは地域によって大きく異なる。そのため、震源決定に用いた一次元速度構造からのずれを補正することによって、震源決定精度を向上させる必要がある。そこで、最初の震源決定後、観測走時と計算走時の差の平均値を基に観測点補正値を決定した。観測点補正値を求めるために使用した地震は、今年度の処理データに加えて昨年度の処理データを合わせたものの中から、東経 138 度から 141 度、北緯 34 度から 38 度、深さ 150km 以浅で発生した地震のうち、P 相、S 相ともに 50 個以上の読み取りのある 103 イベントである。観測点補正値の分布を図 4 に示す。この観測点補正値は、立川断層帯の東西で顕著な違いが見られる。ただし、その境をなすものは、立川断層帯というよりも東経 139.35 度付近であると思われる。浅部の地盤構造だけでなく、地殻深部の構造を比較することが必要であると考えられる。立川断層を挟んで直線状に配置した臨時観測点（TC19～TC29）を並べてみると、走時遅れの差が明らかになる（図 5）。P 波初動の振幅も、西側の観測点に比べて東側の観測点は、数倍大きく増幅していることが明らかになった。

3) 地震波トモグラフィ解析による速度構造

臨時観測で取得したデータ及び既存のデータを用いて、二重走時差トモグラフィ法（Double-difference tomography）（Zhang and Thurber, 2003）による走時データ・インバージョン解析を行い、立川断層帯周辺の地震波速度構造の推定を試みた。解析グリッドの水平位置は、東西方向と南北方向に基本的には 10km 間隔（外周部は一部 20km 間隔）となるようにグリッドを配置した。また、深さ方向は、深さ 10km から 60km までは 5km 間隔に、それ以深は 70、80、100、150km にグリッドを配置した。インバージョン解析用の初期速度構造および初期 V_p/V_s として、防災科学技術研究所高感度地震観測網がルーチン処理で用いている構造（鶴川ほか、1984）を採用した。インバージョン解析に使用した地震は、2013 年 1 月 23 日から 7 月 24 日の期間に発生した 224 個で、気象庁一元化処理震源カタログのうちマグニチュード 2.5 以上の地震に相当する。

その結果、他のプロジェクトで得られた速度構造（平田、2013）と矛盾しない結果が得られた（図 6）。その過程で得られた震源情報は、三次元速度構造による震源である。そこで、一元速度構造による震源と比較したところ、両者には水平方向に約 1.9km（標準偏差

1.3km) の差があり、深さ方向には約 1.2km (標準偏差 2.3km) 浅くなった。まだ、粗い格子点間隔であるため、得られた速度構造も茫洋としているが、今後は、もっと分解能を上げた解析を行う予定である。

(d) 結論ならびに今後の課題

立川断層帯周辺地域において、30ヶ所に高感度地震計による臨時観測点を設置して自然地震の観測を行った。臨時観測点で得られたデータは、周辺の地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網(MeSO-net)のデータと統合処理を行った。これらのデータから、地震波形を切り出し、P波、S波等の読み取りを行って、詳細な震源分布や発震機構解の分布を求めた。

次年度はこれらの情報を元にして、立川断層帯周辺の震源クラスターの特徴を抽出する。さらに、地震波トモグラフィーの解析を進め、得られた地震波速度構造から立川断層帯の深部延長や南部延長における地震活動との関係を明らかにする。

(e) 引用文献

平田直・酒井慎一・佐藤比呂志・佐竹健治・額瀨一起：「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」サブプロジェクト①「首都圏周辺でのプレート構造調査，震源断層モデル等の構築等」の概要，地震研究所彙報，84，41-56，2009.

平田直：「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」サブプロジェクト①2012年度成果報告書，2013.

田中伸一・西本太郎：「コンパクトフラッシュの脆弱性によるオフライン地震観測データの消失事例」，東京大学地震研究所技術研究報告，No.19，25-30，2013.

鶴川元雄，石田瑞穂，松村正三，笠原敬司：関東・東海地域地震観測網による震源決定方法について，国立防災科学技術センター研究速報，Vol. 35，pp. 1-88，1984.

Zhang, H. and C. Thurber: Double-difference tomography: The method and its application to the Hayward fault, California, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 93, pp/1875-1889, 2003.

(3) 平成26年度業務計画案

臨時観測データ、基盤的地震観測網データおよび MeSO-net データを基に、高精度震源再決定、発震機構解再解析、トモグラフィー解析を行う。地震クラスターの特徴を抽出するとともに、高分解能地震波トモグラフィー解析等を実施し、立川断層帯深部延長、南方延長域等での性状を明らかにする。

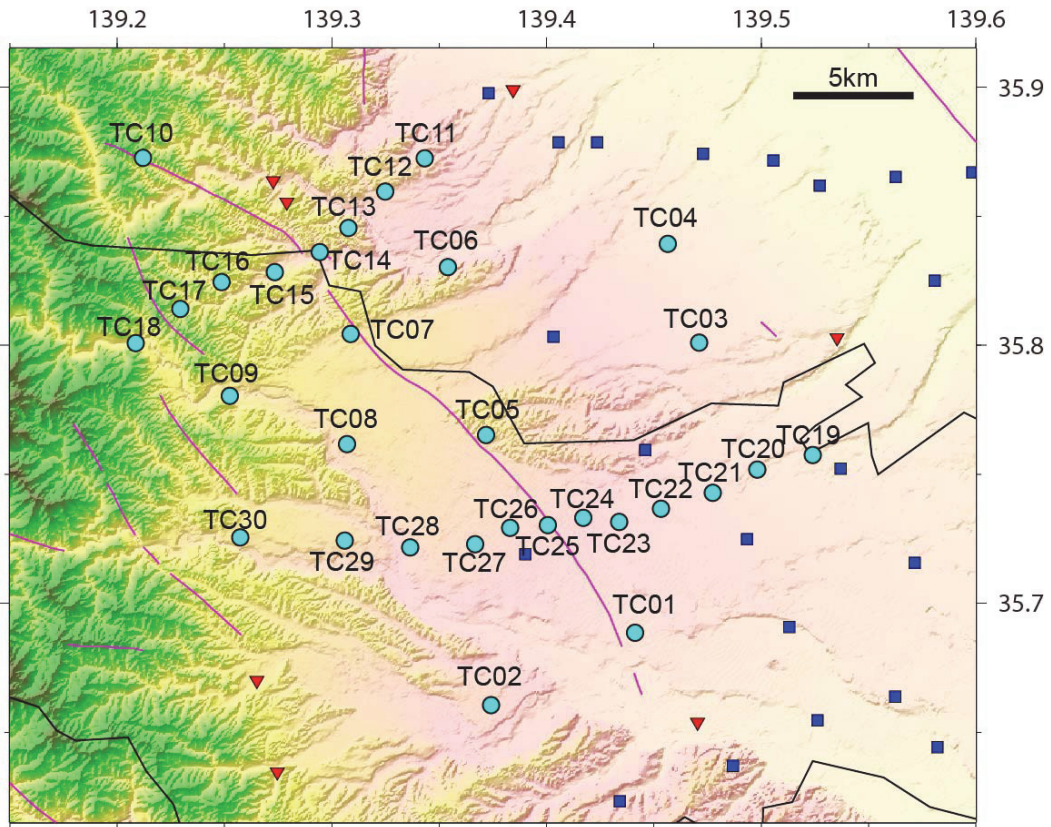


図1 地震観測点分布。●：臨時観測点、■：MeSO-net、▼：既存観測点。

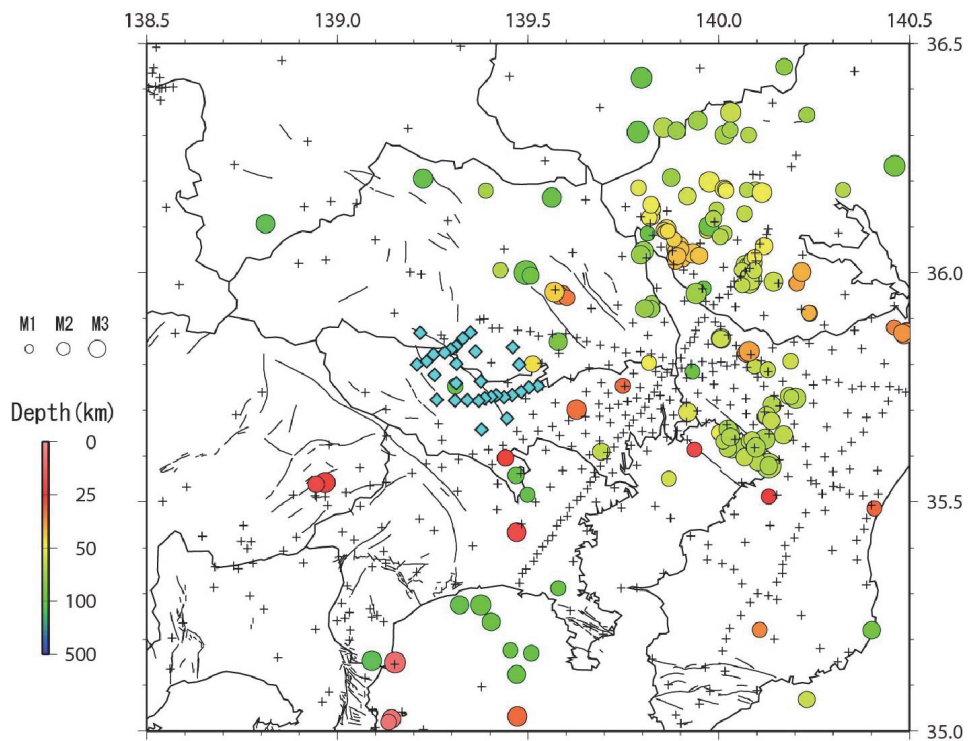


図2 震源分布（2013年1月12日～7月27日）。気象庁一元化震源によるM2.5以上の地震を選び、本研究で震源再決定した。色は深さを、大きさは規模を表わす。◆：臨時観測点、+：既存テレメータ観測点。

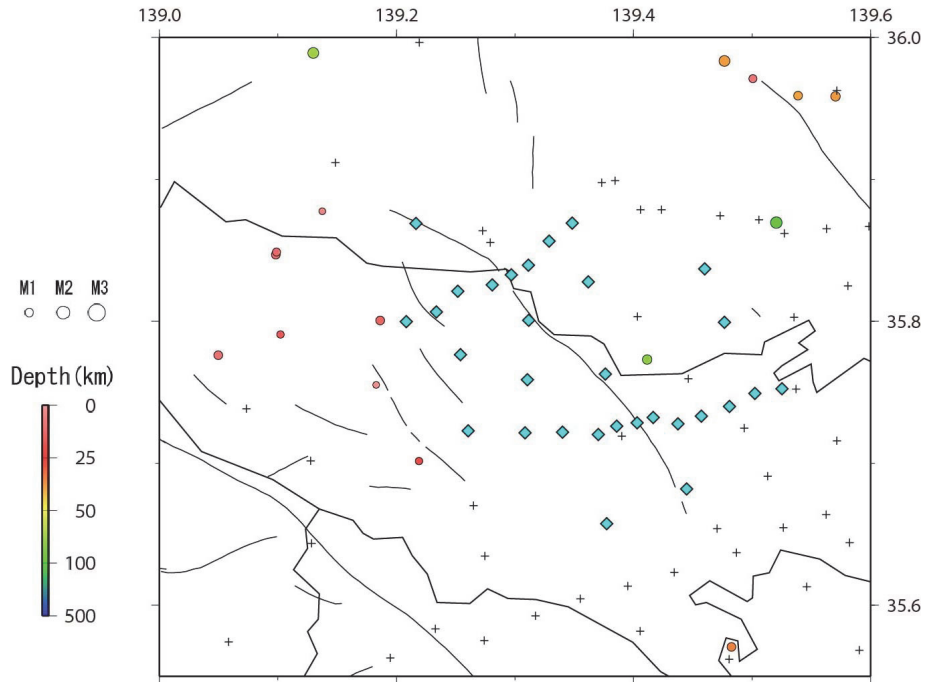


図3 震源分布（2013年2月1日～2月9日）。目視によって検知された16個の自然地震の震源（採石発破と思われるものは除外した）。色は深さを、大きさは規模を表わす。◆：臨時観測点、+：既存テレメータ観測点。

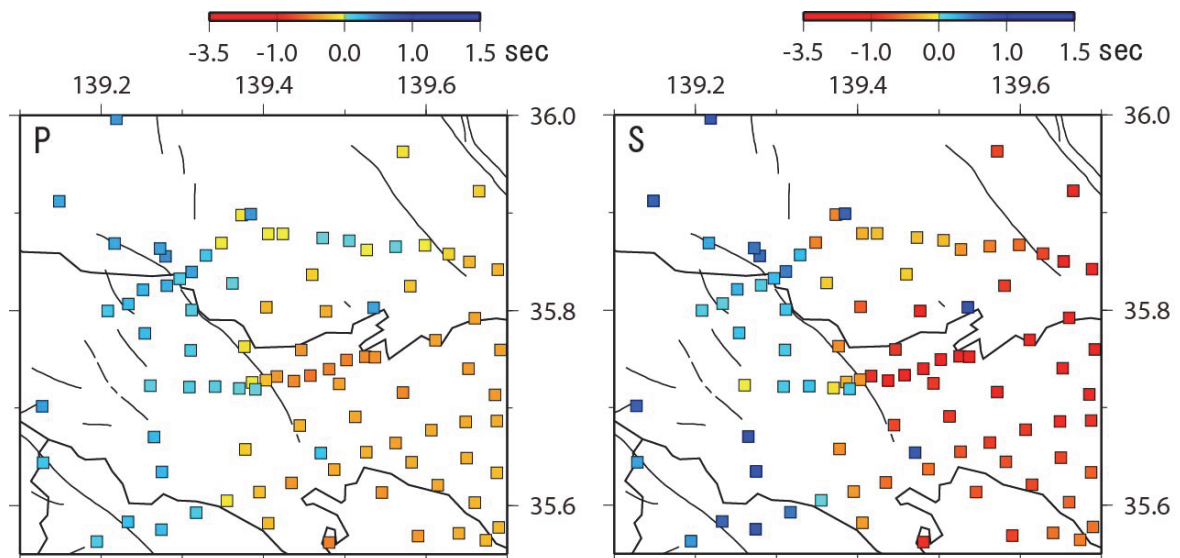


図4 P波（左）とS波（右）の観測点補正值。暖色は、遅く到達する観測点。

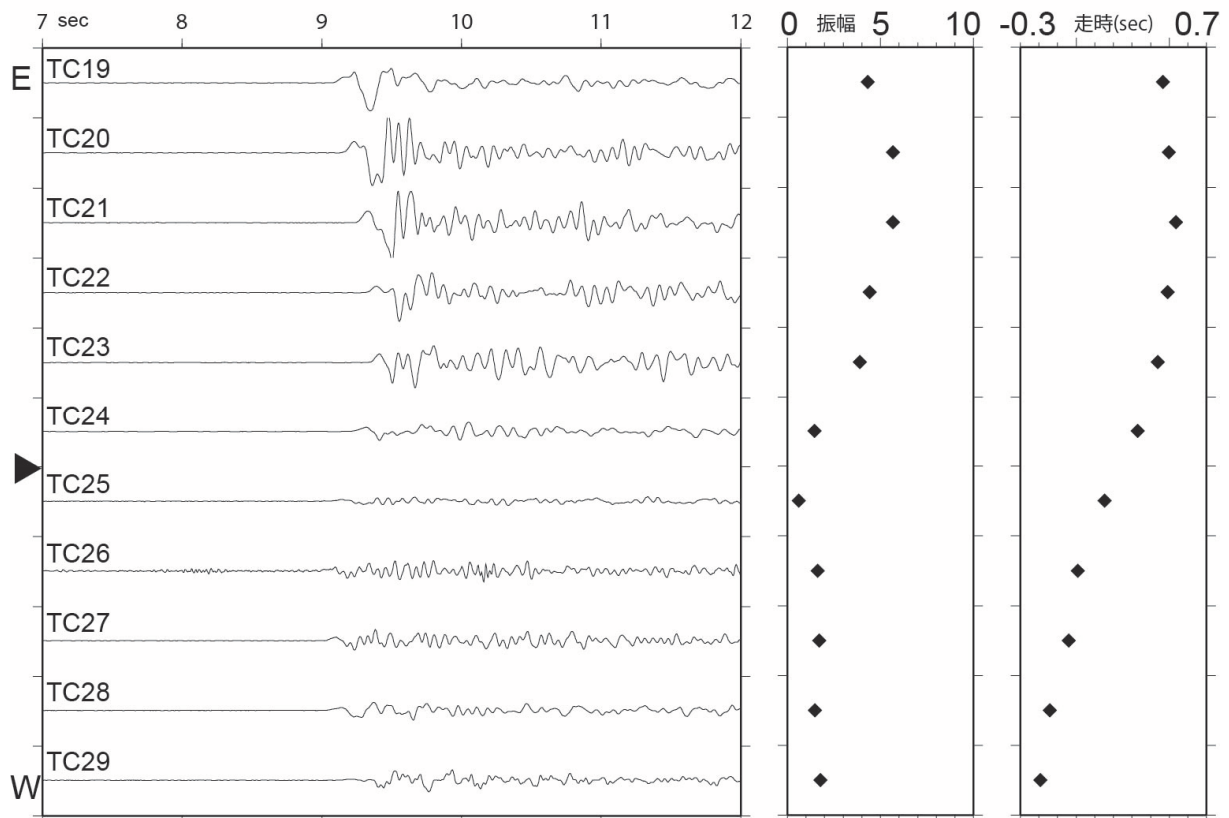


図5 立川断層(▼印)を挟んで配置された観測点における地震波形の違い。左図：P波初動部分の拡大。上が東に位置する観測点(TC19)で下が西に位置する観測点(TC29)。中図：P波初動部分の振幅(TC11を1とした時の倍率)。右図：走時残差(TC11を0.0とした時の値)。立川断層を挟んで東に位置する観測点の方が、振幅が大きく、走時は遅い。

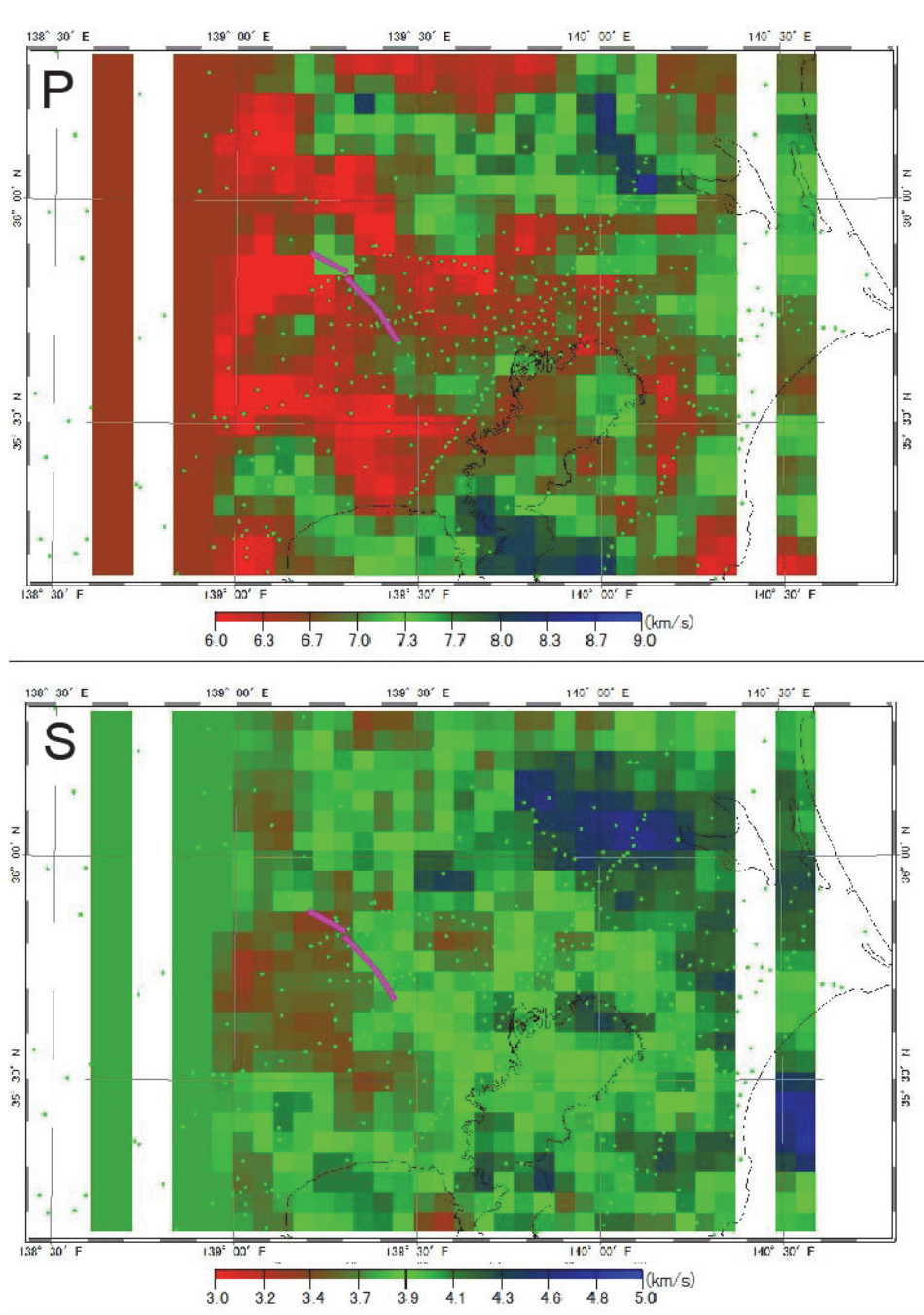


図6 地震波トモグラフィー解析によって得られた深さ 20 km における P 波速度構造 (上) と S 波速度構造 (下)。桃色線：立川断層帯、+：観測点。

