

12 - 16 首都直下における最新のプレート構造モデル

New plate boundary model of Philippine Sea plate in Metropolitan are.

酒井慎一（東京大学地震研究所）

Shin'ichi Sakai, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

文部科学省委託研究「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2007-2011)」では、首都圏の296ヶ所に新たに地震観測点を設置し、稠密で高精度な地震観測網(MeSO-net)を構築した¹⁾。そのデータを解析することで、高精度な震源分布が明らかになり、プレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在等を高精度で把握した。その結果、フィリピン海プレートの上面は、これまで知られているものより浅いことがわかった。

首都圏下には、南方からフィリピン海プレートが沈み込み、その下へ東方から太平洋プレートが沈み込んでいる。MeSO-netは、このフィリピン海プレートが首都圏下に沈み込む範囲を覆うように設置されている。さらに、M7級地震（断層サイズ約20km）の解明を目的の一つとしているため、このサイズの地震断層より細かな分解能での観測が不可欠である。平均間隔を5km程度として、単純に首都圏（半径約80kmの円内）をその間隔で均一に覆うと、約850点の観測点が必要になるが、観測点を集中させるなどして、少ないながらも適切な配置を考えた（図1）²⁾。その結果、5本の直線状の観測点分布（2~3km間隔）と半径約80kmの面状分布（4~10km間隔、中心で密）で、最終的に296ヶ所の観測点になった。さらに、その他の機関（地震研究所、気象庁、防災科学技術研究所）が設置している地震観測網も取り込み、統合処理している。その結果、東京駅を中心とした半径40kmの範囲では、これまでの約20倍の観測点密度になっている。

都市部は人工ノイズが多いため、MeSO-netでは地震計を縦孔（約20m）の底に設置し、孔底でデジタル化して伝送することによってノイズの軽減を図った。さらに、停電や回線断の時も現地のバッテリーで収録が続けられるため、復旧後に自動再送される仕組みによって、障害が発生しても欠落の無いデータを取得できる伝送方式を新たに開発した³⁾。その結果、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震発生以降の停電や回線断が発生した際にも、完全なデータが得られている。

MeSO-netで取得したデータは、既存の地震観測網のデータを統合して、二重走時差トモグラフィ法（Double-difference tomography）⁴⁾による地震波走時トモグラフィ解析を行い、首都圏下の地震波速度構造を求めた（図2）。集中配置された観測網にこの手法を適用して速度構造を推定することは、震源の相対走時の精度を向上させ、分解能の向上に寄与することが示されている⁵⁾。

推定した速度構造の深さ断面図を細かく作り、フィリピン海プレートや太平洋プレートの上面の深さ等を求めた（図3、図4）。プレート境界の深さは、速度構造の不連続から判別できる箇所もあるが、すべての場所が明らかであるわけではない。そのため、他のいくつかの情報を考慮に入れ、全体として滑らかにつながるような曲面として求めた。たとえば、沈み込む海洋性地殻のモホ面は、速度の不連続が明瞭に見られる場合があり、地殻の厚さを8kmと仮定することによって、そのモホ面の8km上をプレート境界とした。さらにプレート境界で発生している事象として、低角逆断層型の地震の分布、くりかえし小地震の分布、ゆっくり地震の分布等も考慮に入れた。この用にし

て得られた等深線は、東京湾で行われた反射法地震探査の結果⁶⁾、房総半島付近で行われた変換波解析の結果、茨城県南部における繰り返し小地震の分布による結果⁷⁾等の最近の研究とも比較し、大きな矛盾が生じないようなものになった。フィリピン海プレートの形状に関する従来の研究⁸⁾と比較すると、東京都東部周辺では約10km浅くなった。

これまでの速度構造の研究では、陸側のプレートとフィリピン海プレートとの境界では、千葉県と東京都との都県境付近に高 V_p/V_s の領域が東西に帯状に広がっていること等のため、マントル物質が蛇紋岩化しているとされていた⁹⁾。この地域は地震活動度が低いため、フィリピン海プレートの沈み込みによるひずみや応力を蓄積できない箇所として認識されていて、この付近に震源断層を設定したいいわゆる「東京湾北部の地震」の北縁を限る根拠になっていた。今回の結果でも、同様の高 V_p/V_s 領域は存在しているが、速度トモグラフィの精度が向上したため、領域は半分程度の範囲に狭まった。

参考文献

- (1) 平田 直・酒井慎一・佐藤比呂志・佐竹健治・瀬瀬一起(2009): 「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, 東京大学地震研彙報, 84,41-56.
- (2) 森田裕一・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田直・鏡弘道・加藤拓弥・佐藤峰司 (2009) : 首都圏地震観測網 (Meso-net) のデータ伝送方式について—自律協調型データ送信手順 (ACT protocol) の開発—, 東京大学地震研究所彙報, 84,89-105 (2009)
- (3) 酒井慎一・平田直, 2010, 首都圏地震観測網の設置計画, 東京大学地震研究所彙報, 本特集号
- (4) Zhang, H., and C. H. Thurber (2003): Double-difference tomography: the method and its application to the Hayward fault, California, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 93, 1875–1889.
- (5) Thurber, C., and D. Eberhart-Phillips (1999), Local earthquake tomography with flexible gridding, *Comput. Geosci.*, 25, 809-818.
- (6) Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, T. Iwasaki, T. Ito, K. Kasahara, T. Ikawa, S. Abe, T. Kawanaka, M. Matsubara, R. Kobayashi, S. Harder, (2005), Earthquake source fault beneath the Tokyo, *Science*, 309 5735, 462-464.
- (7) Kimura, H., K. Kasahara, T. Igarashi, N. Hirata(2006), Repeating earthquake activities associated with the Philippine Sea plate subduction in the Kanto district, central Japan: A new plate configuration revealed by interplate aseismic slips, *Tectonophysics*, 417, 101– 118.
- (8) Ishida, M. (1992), Geometry and Relative Motion of the Philippine Sea Plate and Pacific .. District, Japan, *J. Geophys. Res.*97, 489-513.
- (9) Kamiya, S., Kobayashi, Y. (2000), Seismic evidence for the existence of serpentinized wedge mantle. *Geophys. Res. Lett.* 27, 819– 922.

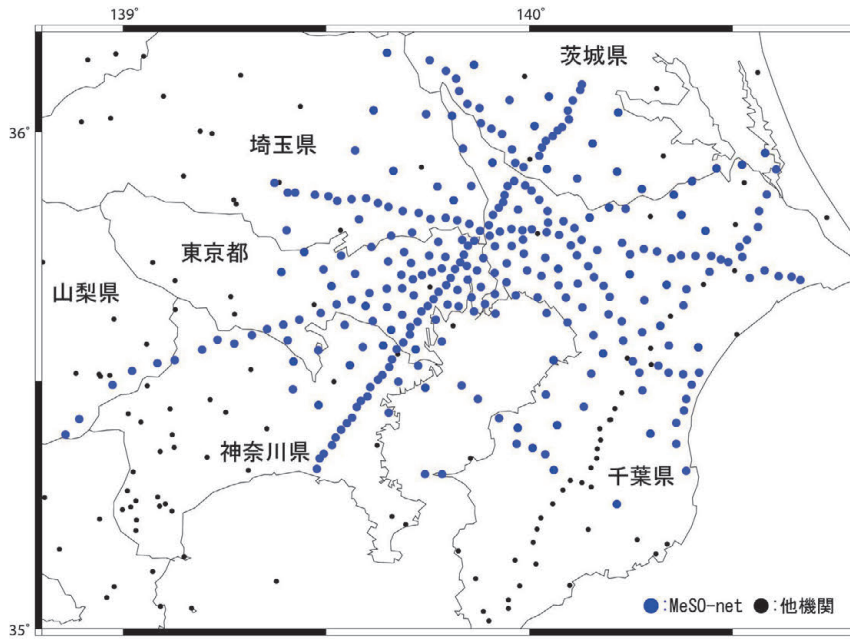


図1 首都圏地震観測網(MeSO-net)の観測点配置. 青丸が MeSO-net 観測点 296ヶ所. 小さい黒丸は, 大学, 気象庁, 防災科学技術研究所, 温泉地学研究所の既存の観測点を示す.

Fig.1 Distribution of the Metropolitan Seismometer Observation Network; MeSO-net. MeSO-net consists of 296 seismic stations (blue dots). Minimum interval is about 2km and average interval is about 5km.

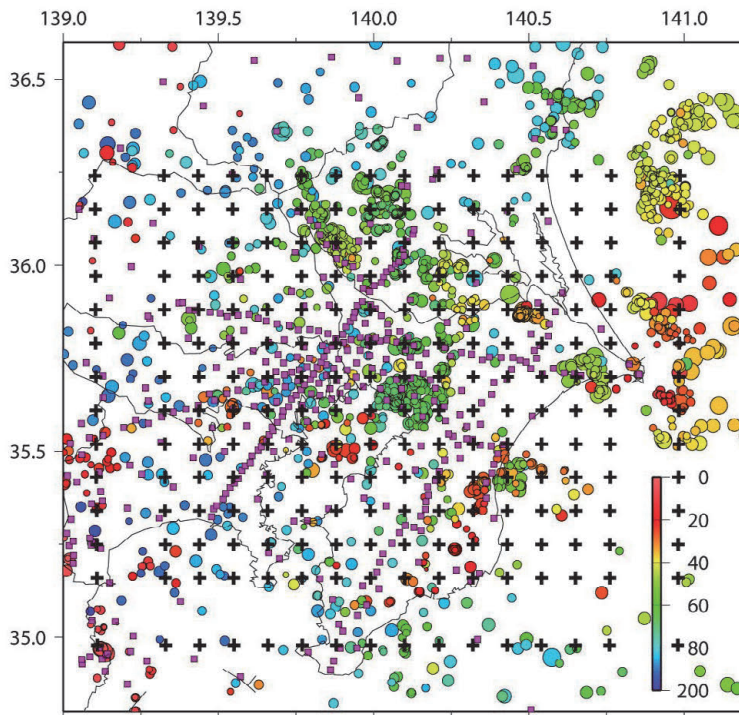


図2 二重走時差トモグラフィ解析に用いた地震 (丸), 格子点 (十字), 観測点 (四角). 震源の深さによって色を変えた. 格子点配置は, 水平方向に 10km 間隔 (外周部は一部 20km 間隔). 深さ方向は深さ 10km~60km は 5km 間隔, それ以深は, 70 km, 80km, 100km, 150km.

Fig2 We applied double-difference tomography method. The grid nodes are located at 10 or 20km on the horizontal. The vertical grid intervals are 5km up to 60km.

速度構造の南北断面図

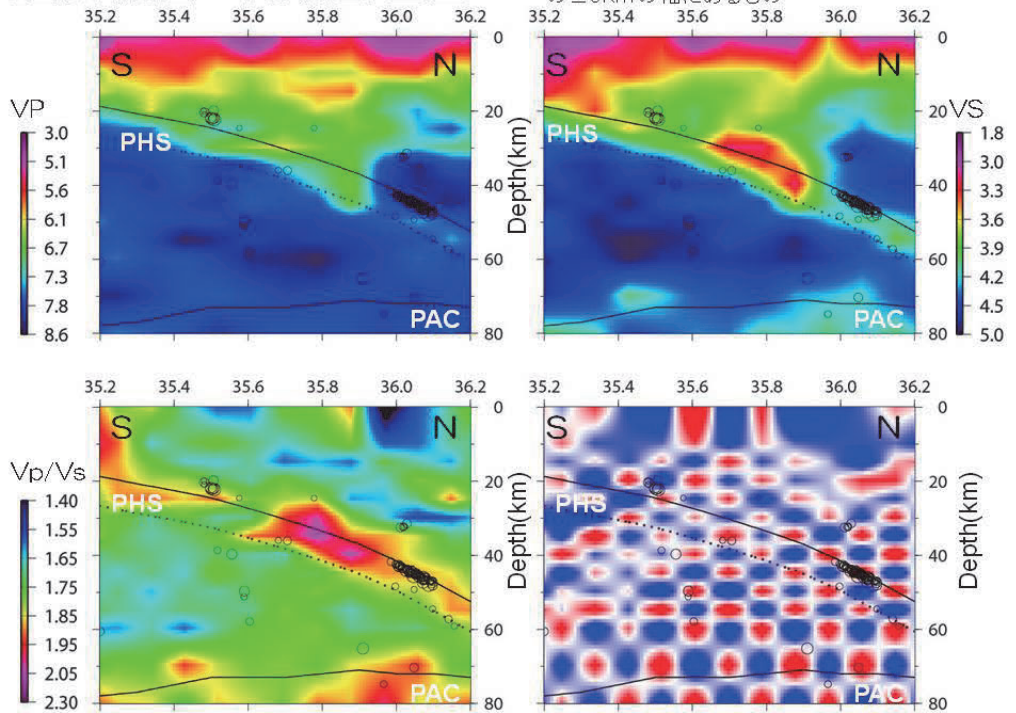


図3 速度構造の深さ南北断面図（東経 139.9 度，左が南）．実線は，フィリピン海プレートと太平洋プレートの上層と太平洋プレートの上層．破線は，フィリピン海プレートのモホ面．(a) P波速度：暖色ほど速度が遅い，(b) S波速度 (c) Vp/Vs (d) チェッカーボードテスト．

Fig.3 Depth sectional view in 139.9 degrees east. (a) the structure of Vp, (b) Vs, (c) Vp/Vs, (d) checkerboard test for P-wave. Solid lines are presented upper boundaries of PHS or PAC plate.

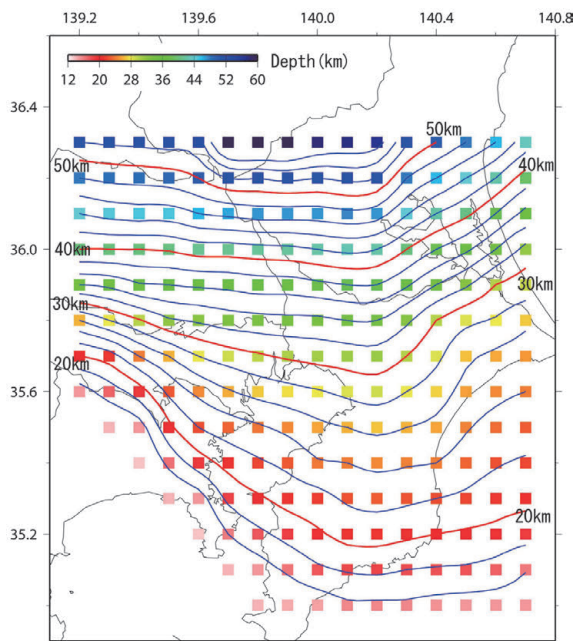


図4 フィリピン海プレート上面の等深度線．

Fig.4 New plate boundary model of Philippine Sea plate is shown. We referred to the locations of the repeating earthquakes, the distributions of normal hypocenters and the focal mechanisms.

トモグラフィ解析による速度構造と反射法探査断面図

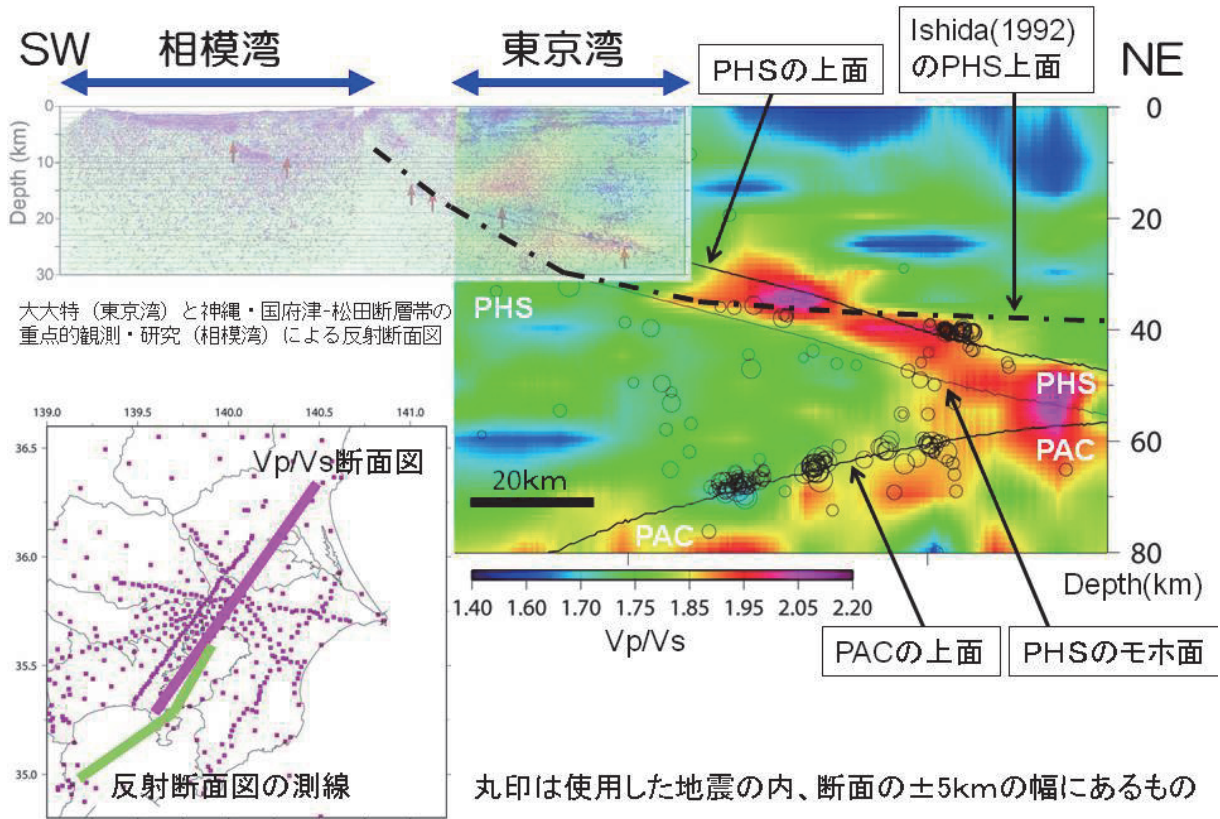


図5 東京湾を通る深さ断面図. 反射法地震探査断面図と V_p/V_s の分布をあわせて示し, Ishida(1992) による古いプレートモデルを一点鎖線で, 1923 年関東地震の震源断層面を破線で示した. 解析に利用した地震の内, この断面図の±5 kmの幅にあるものを丸で示した.

Fig.5 This profile of V_p/V_s is the depth sectional view beneath the Tokyo Bay. Since new plate boundary was 10km shallower than previous boundary, new fault plane becomes 10km shallower, consequently.