

3) 近畿地方の3次元地震波減衰構造

地球内部構造を調べる上では、速度構造だけでなく減衰構造も重要なパラメータの一つであり、空間分布を求めることは非常に重要な課題である。以下のような解析によって減衰構造を三次元的に求めた。

a) データ

2001年4月から2004年12月までに発生した地震の中で、以下の条件を満たす防災科研 Hi-net のP波、S波の最大振幅情報をデータとして用いた。

- ・北緯 31.5 度～37.5 度、東経 132.5 度～東経 138.5 度、まで深さ 0km～300km の地震
- ・マグニチュードの大きさが 2.5 から 5.5 の範囲内である地震
- ・P波またはS波が到達してから2秒以内に最大振幅が到達した地震
- ・水平方向 0.01 度と深さ方向 1km の中で読み取り数が一番多い地震

これらに当てはまる地震は 1594 個であり、領域内にある防災科研 Hi-net の観測点は 243 点である(図 19)。なお、トモグラフィに用いた総波線数は P 波で 73099 本、S 波で 70031 本である。

b) 手法

最大振幅をデータとした Q 構造トモグラフィ(関根・他 2004 地震学会)で P、S 両方の波について解析を行なった。なお、グリッドは水平方向に 0.25 度深さ方向に 5km のメッシュを切っており、初期値の Q としては、 $Q_p=500$ 、 $Q_s=200$ とし、最大振幅は 5 Hz 付近にピークを持っているとして計算を行った。なお速度構造は松原・他[2004 合同大会]¹⁷⁾の西南日本の三次元速度構造を用いている。

c) 結果

トモグラフィの結果およびチェッカーボードテストの結果を以下に示す。トモグラフィの図では、低減衰域(High-Q)は水色から青色の寒色系で示し、高減衰域(Low-Q)は黄色から赤色の暖色系で示している。また、黒三角の点は第4紀の火山の位置を示している。なお、 Q_p と Q_s で同じカラースケールを用いているため Q_s の方で周囲の赤くなっている部分は、波線は 50 本以上通過しているが、本質的にあまりよく解けていない部分であると思われる。

図 20 に深さ 15km の結果を示す。大阪湾の付近においては、同じ深さにおいて周囲の値に比べて Q_p 、 Q_s 共に低い値を示している。この地域は兵庫県南部地震の震源域を含む領域であり、速度構造トモグラフィの結果でも触れられている通りこの地域では、総じて P 波および S 波の速度は遅い。この起源は流体またはマグマの存在であると考えられるが速度構造と総合的に考えると流体であると考えられる。また、大山および白山などの第四紀火山の下にも局所的に顕著な低 Q の領域が見られる。このことはマグマもしくはマグマが固化した後で散乱の影響が強いことを示している。しかし、本解析においては減衰

が内部減衰起源なのか、散乱減衰起源なのかを分離することはできないため、どちらの可能性も否定はできない。

図 21 に深さ 40km における結果を示す。300km 以浅の地震を用いたとはいえ、解析領域における大半の地震は深さ 50km までに多く存在し、深い場所を横断するような波線が少ないため、深さ 40km においては、チェッカーボードのテストで十分に解けていると思われるのは、紀伊半島部分のみになっている。しかし、そのような状況のなかで伊勢付近において顕著な低 Q_s の領域を見ることができる。この領域は、レシーバー関数の解析においても反射面が見えにくくなっている領域であり、沈み込むフィリピン海プレートの中で、他の地域と比べて例えば温度や含有する水の量が違う等の特異なことが起こっていると推測できる。また、周りのフィリピン海プレート内部の Q の値は非常に大きく、 Q_p 、 Q_s 共に 1000 を超える値を持つと推測される。

50km 以深では、今回の解析では解像度が悪いため、同じ期間のデータで全国を 0.5 度メッシュに切ったトモグラフィ解析の 90km の結果を図 22 に示す。このように深い場所では、中部、近畿地方ではすでにマントルウェッジであるため、地殻内に比べて非常に低い Q の構造をしている。

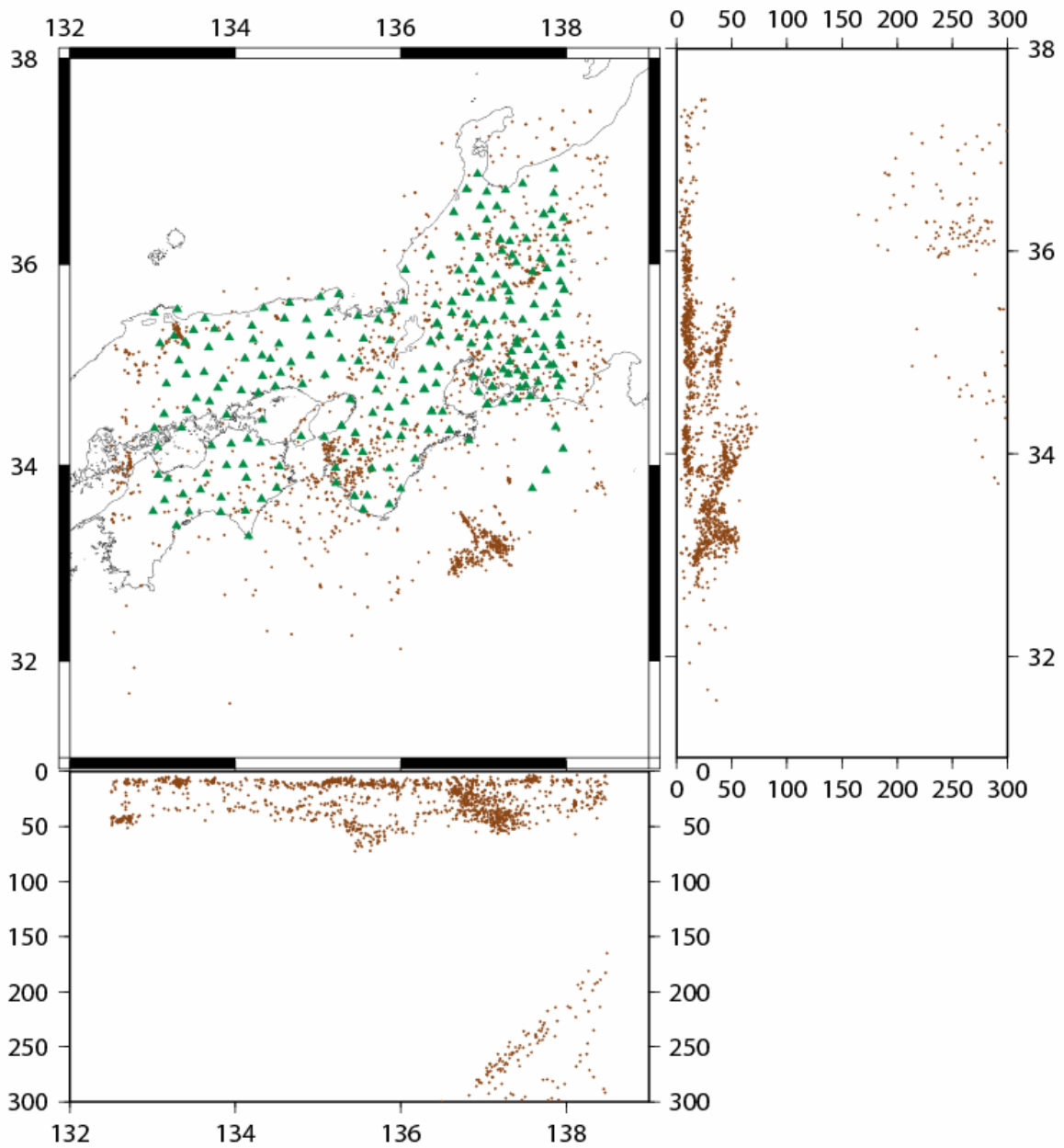


図 19 トモグラフィに用いた震源(茶色の点)、 および防災科研 Hi-net の点(緑三角)

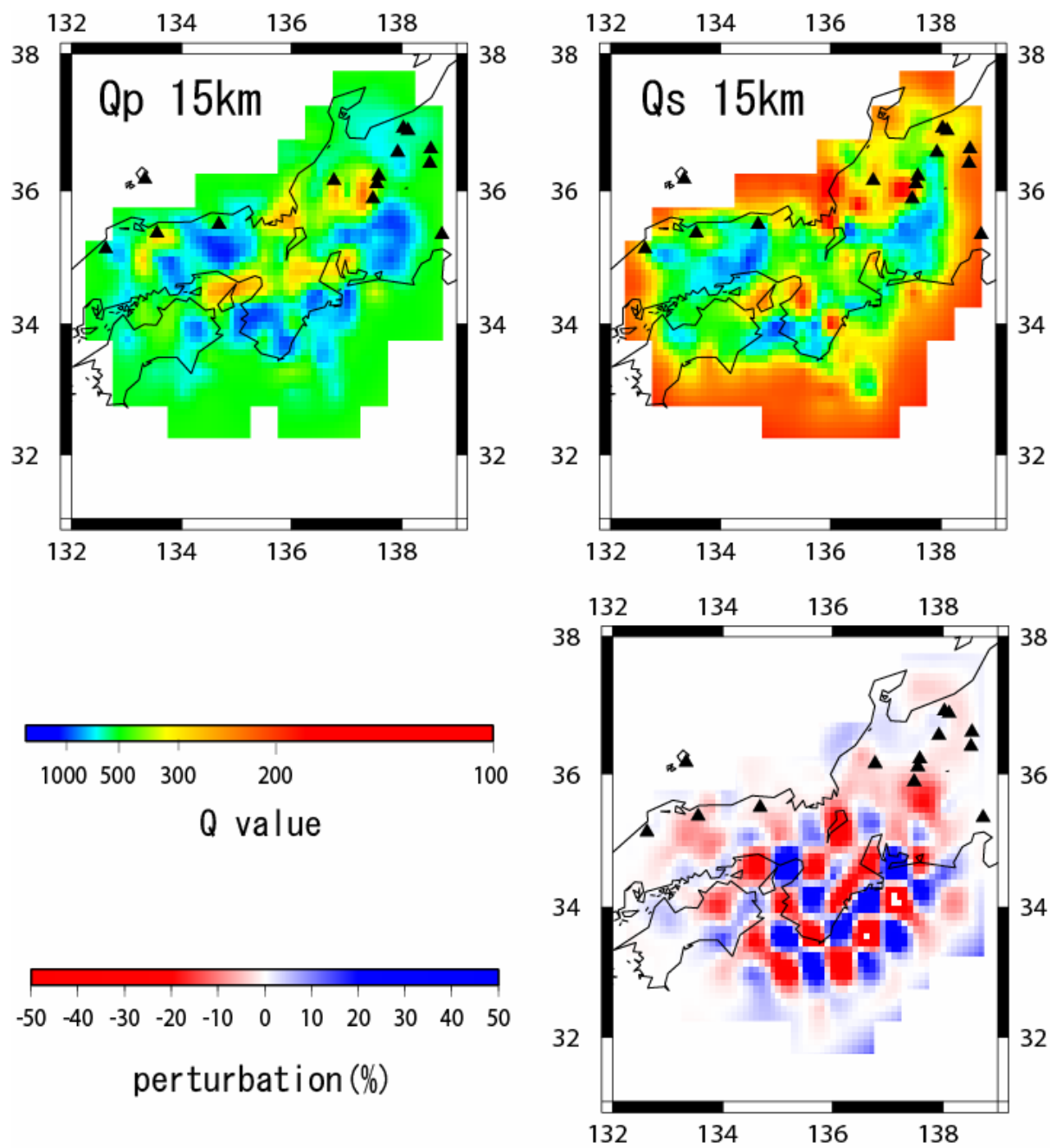


図 20 15km における Q_p (左上)、 Q_s (右上)、チェッカーボードテスト(左下)の結果

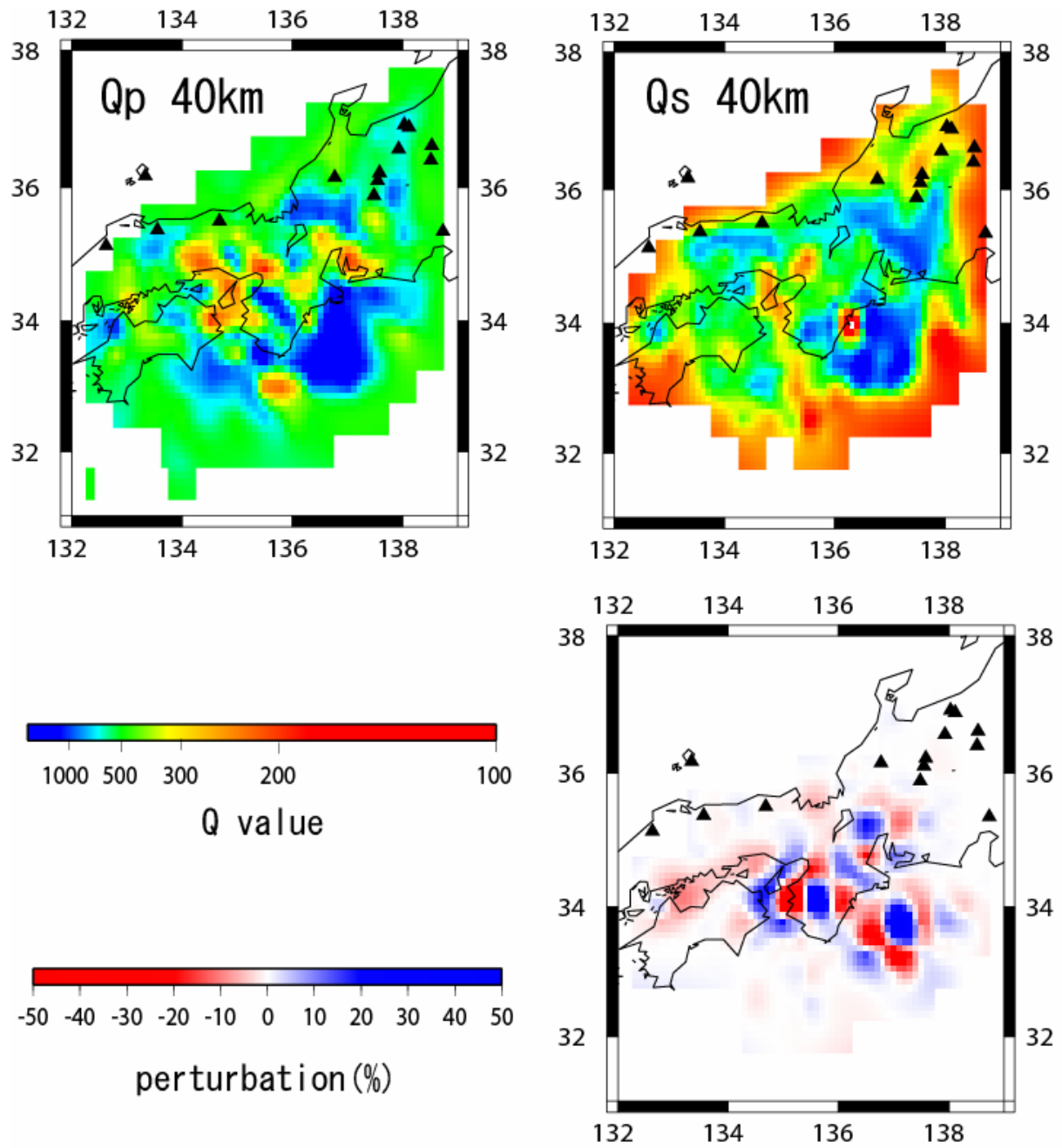


図 21 40km における Q_p (左上)、 Q_s (右上)、チェッカーボードテスト(左下)の結果

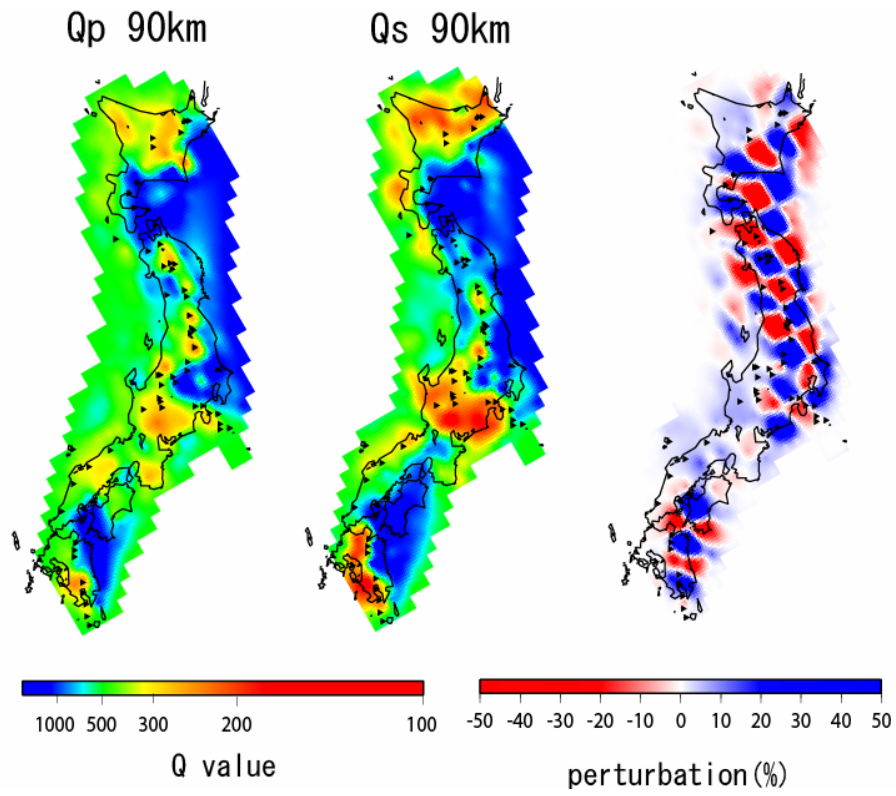


図 22 90km における Q_p (左)、 Q_s (中)、チェッカーボードテスト(右)の結果

(d) 結論と今後の課題

レシーバー関数法による解析では、定常観測網で収録された遠地地震波形を解析することにより、紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートの詳細な形状を推定することができた。スラブは紀伊半島の地表地形に対応するように谷状になっていること、Ps 変換波の強度が場所によって有意に異なることが判明した。また、陸側のプレート内のモホ面は、和歌山市付近の深さ 30 km に存在することが明瞭に確認された。大陸性モホ面は海溝側に向かって次第に浅くなること、スラブに近づくと大陸性モホ面が不明瞭になる点など、既に四国 (Shiomi et al., 2005)⁷⁾ や Cascadia (Bostok et al., 2002)¹⁸⁾ 沈み込み帯で指摘されている特徴と同様の傾向があることが示唆された。

図 6 から、本解析により推定した沈み込むスラブの傾斜角は約 30~40° である。しかし、本解析を始めとする主なレシーバ関数解析は一次元水平成層構造を仮定しており、紀伊半島下に存在する傾斜層はその速度不連続面の深さ推定に 20 % 程度の誤差を与える可能性がある (例えば、Shiomi et al., 2004)³⁾。また、本解析では日本の平均的な地震波速度構造である JMA2001 モデルを用いて深度変換を行ったが、紀伊半島下の速度構造との差異については議論の対象としていない。したがって、本調査で求めた紀伊半島下におけるフィリピン海プレート内の海洋性モホ面等深度線は、第一次的な結果として位置づけられるものである。

大陸性モホ面と海洋性スラブが近接する点は、海溝型地震の震源域の下限を決めると考えられている。また、紀伊半島下のスラブの屈曲あるいは断裂は、東南海地震と南海地震の震源域を分ける原因になっているとも考えられており、詳細なスラブ形状を求めることは、強震動を予測する上でも非常に重要な事項となる。今後は、トモグラフィ解析等によるより現実的な速度構造を用いたマイグレーション処理などを行うことにより、フィリピン海プレートのイメージングの精度を高める必要がある。

トモグラフィ手法による解析により、フィリピン海プレートの形状がイメージングできた。紀伊半島の下においても、フィリピン海プレート最上部の低速度海洋性地殻が深さ 60km 程度まで存在することがわかった。トモグラフィ法では、グリッド間隔により分解能に限度があるため、レシーバ関数法や反射法などにより推定された速度不連続面など合わせて詳細な境界面の形状を評価する必要がある。また、本解析により得られた速度モデルを反射法解析の速度モデルに組み込むなどすることにより、より現実に近い地下構造モデルの構築に結びつけることが可能である。

P 波、S 波の最大振幅を用いることにより関西地方における Qp、Qs を推定することができた。今後は、強震動などを計算する際の基本データとして、周波数ごとの Q を三次元的に求めていくことが重要であると考えられる。

(e) 引用文献

- 1) Langston, C. A.: Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, *J. Geophys. Res.*, 84 (B9), 4749–4762, 1979.
- 2) Ammon, C.J.: The isolation of receiver effects from Teleseismic P waveforms, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 81, 2504-2510, 1991.
- 3) Shiomi, K., H. Sato, K. Obara, and M. Ohtake: Configuration of subducting Philippine Sea

- plate beneath southwest Japan revealed from receiver function analysis based on the multivariate autoregressive model, *J. Geophys. Res.*, 109, B04308, doi:10.1029/2003JB002774., 2004.
- 4) 汐見勝彦, 小原一成, 青井真, 笠原敬司: Hi-net / KiK-net 観測点における地中地震計設置方位の推定, *地震* 2, 56, 99-110, 2003.
 - 5) 上野寛, 畠山信一, 明田川保, 舟崎淳, 浜田信生: 気象庁の震源決定方法の改善ー浅部速度構造と重み関数の改良ー, *験震時報*, 65, 123-134, 2002.
 - 6) 三好崇之, 石橋克彦: 震源分布からみた伊勢湾から四国西部にかけてのフィリピン海スラブの形状, *地震* 2, 57, 139-152, 2004.
 - 7) Shiomi, K., K. Obara and H. Sato: Moho depth variation beneath southwestern Japan revealed from the velocity structure based on receiver function inversion, submitted to *Tectonophysics*, 2005.
 - 8) Kennett, B.L.N. and E.R. Engdahl: Traveltimes for global earthquake location and phase identification, *Geophys. J. Int.*, 105, 429-465, 1991.
 - 9) 山崎文人, 大井田徹: 中部地方におけるフィリピン海プレート沈み込みの形状, *地震* 2, 38, 193-201, 1985.
 - 10) 中村正夫, 渡辺晃, 許斐直, 木村昌三, 三浦勝美: 西南日本外帯における地殻下地震の活動特性, *京都大学防災研究所年報*, 40 B-1, 1-20, 1997.
 - 11) 石田瑞穂, 坂無雅子: フィリピン海スラブの形状ー関東地域から九州地域までー, *月刊地球*, 25, 168-172, 2003.
 - 12) Yamauchi, M, K. Hirahara and T. Shibutani: High resolution receiver function imaging of the seismic velocity discontinuities in the crust and the uppermost mantle beneath southwest Japan, *Earth Planets Space*, 55, 59-64, 2003.
 - 13) 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, 1992.
 - 14) 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, 2004.
 - 15) 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法について, *国立防災科学技術センター研究速報*, 53, 1984
 - 16) Zhao, D., H. Kanamori, H. Negishi, and D. Wiens, Tomography of the source area of the 1995 Kobe earthquake: evidence for fluids at the hypocenter?, *Science*, 274, 1,891-1,894, 1996.
 - 17) 松原誠, 関根秀太郎, 小原一成, 笠原敬司: 西南日本の地殻・上部マントルの速度構造, 2004年合同学会要旨, 2004.
 - 18) Bostock, M.G., R.D. Hyndman, S. Rondenay and S.M. Peacock: An inverted continental Moho and serpentinization of the forearc mantle, *Nature*, 417, 536-538, 2002.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

なし

2) 口頭発表、その他

著者	題名	発表先	発表年月日
Shoji SEKIGUCHI, et al.	Borehole drilling above the descending Philippine Sea plate at the southern Kanto Area, Japan, and the geological interpretation of the core samples	International Workshop of Strong Ground Motion Prediction and Earthquake Tectonics in Urban Areas ERI, DPRI, NIED and MEXT ERI(Tokyo, Japan)	平成 16 年 6 月 22 日
木村尚紀 他	相模トラフ周辺におけるフィリピン海プレート上面の詳細な形状	日本地震学会 2004 年度学術大会、日本地震学会、福岡市	平成 16 年 10 月 10 日
松原 誠 林 広樹 小原一成 笠原敬司	関東地方における太平洋・フィリピン海プレート最上部の低速度海洋性地殻	日本地震学会 2004 年度学術大会、日本地震学会、福岡市	平成 16 年 10 月 11 日
松原 誠 林 広樹 小原一成 笠原敬司	関東地方における太平洋・フィリピン海プレート最上部の低速度海洋性地殻	日本地震学会 2004 年度学術大会、日本地震学会、福岡市	平成 16 年 10 月 11 日

(g) 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) 平成 17 年度業務計画案

観測点密度の低い北関東地域にて、自然地震データを利用して弾性波速度構造を求め、求めた地下構造（3次元）を元に自然地震の高精度な震源決定を行い、当地の地震発生現場であるプレート構造などを明らかにし、地震発生断層モデルの精緻化に資する。また強震動予測に重要なパラメータである減衰構造についても、既往の自然地震観測データから研究を進める。