

# 地震波干渉法による関東地方の地震基盤構造の推定

吉本和生<sup>1</sup>・櫻井健也<sup>1</sup>・木下繁夫<sup>1</sup>・中原恒<sup>2</sup>・佐藤比呂志<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>横浜市立大学大学院総合理学研究科,<sup>2</sup>東北大学大学院理学研究科,<sup>3</sup>東京大学地震研究所)

## 1. はじめに

関東地方における長周期地震動を特徴付ける重要な要素として、地震基盤とそれ以浅の地盤構造があげられる。同地方における堆積層及び地震基盤の構造については、各種の物理探査に基づいたモデルが提案されているが、深度推定にあたってリファレンスに使用される地震基盤に到達するボーリングの数が限られることや全域的に物理探査を実施することが困難であるなどの理由から依然として不確実性が残されている。本研究では、堆積層及び地震基盤の構造調査における地震波干渉法の有効性と、実際に同解析手法を強震波形記録に適用して得られた成果について報告する。

## 2. データと解析

地震波干渉法は、地震波形の自己（或いは相互）相関解析から地下構造のレスポンスを評価する解析手法である。例えば、Nakahara (2006)は、水平成層構造に平面 SH 波が下方から入射する 1 次元問題について地下構造のレスポンスの評価方法を提示している。現実的には、堆積層及び地震基盤の構造は水平方向に変化するが、この変化が小さい場合には近似的に 1 次元構造と見なせると仮定して、本研究では同解析手法を観測データに適用した。

解析には、首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)の東京都、東京消防庁、茨城県、神奈川県、群馬県、埼玉県、千葉県、栃木県、横浜市、東京大学地震研究所、防災科学技術研究所の地震観測点で 1997 年以後に記録された SN 比の良い強震波形を使用した。地震数は 63 個である。解析では、各観測点の加速度波形をハイパスフィルタ処理 (C.F.= 0.35Hz) と積分処理して変位波形に変換し、直達 S 波を含む 10 秒間の SH 成分を切り出して、その自己相関関数を求めた後に重合処理を行った。

## 3. 解析結果

重合処理した自己相関関数（レスポンス関数）には、観測点直下の S 波速度不連続面に起因する幾つかの顕著な位相が見られた。これらの位相は、各地震のレスポンス関数においては不明瞭であるが、重合処理により強調されて容易に検出できるようになる。

多数の観測点で明瞭に検出される位相としては、上総層群 三浦層群境界と地震基盤からの反射 S 波に対応する位相があげられる。前者は、レスポンス関数の約 5 秒までに検出される（図 1）。後述する地震基盤の反射 S 波の発現時間と比較すると地域変化は小さく、関東平野の中央部において 3 秒前後の値をとり、房総半島の中央部で最大（約 5 秒）になる。同位相の発現時間は、観測点とその直下の S 波速度不連続面の間における S 波の往復走時に相当し、堆積層の S 波速度のみによって特徴付けられる（レシーバ関数解析とは異なり、変換波を解析の対象としないので、鉛直入射の場合も明瞭な位相が検出できる）。

一方、地震基盤からの反射 S 波は約 8 秒までに検出され、その値は地域によって大きく変化する（図 2）。関東平野内においては、周辺の山地との境界から東京湾に向かってこの値が連続的に大きくなる傾向が見られるが、神奈川県横浜市、東京都練馬区、埼玉県久喜市とその周辺などのように局所的かつ孤立的に著しく大きな値（6 秒超）を示す地域もある。最大値（約 8 秒）は、千葉県富津市周辺において見られる。

上総層群 三浦層群境界と地震基盤の地域的な深さ変化を推定するために、簡便法として岩槻地殻観測井における S 波速度構造 (Yamamizu 1996) を参考にして堆積層の S 速度構造モデルを作成

し、上述したレスポンス関数中の位相の発現時間を深度変換した(図3,4)。ここで推定された地震基盤などの深度はあくまでも暫定値としての取り扱いが必要であると考えられるものの、従来の研究の結果(例えば、鈴木 2002 や高橋 2007)と大局的には深さ 3000m まで概ね整合する。さらに、本研究で確認された地震基盤の局所的な凹みは、高橋・他(2005)が指摘している関東平野の地下深部に伏在する半地溝(ハーフグラベン)の位置とも良く対応している。

#### 4. まとめ

本研究では、関東地方の地震基盤とそれ以浅の堆積層内の S 波速度不連続面に起因する反射 S 波の位相が地震波干渉法によって明瞭に検出できた。この結果は、地震波干渉法が強震波形記録を用いた堆積層及び地震基盤構造の推定方法として有効であることを示す。既存の強震波形データの利用(解析)によって、数百箇所以上における地下構造の情報を新たに獲得できることは、関東地方における長周期地震動予測の高度化のために極めて大きな意味をもつものと考えられる。本研究の今後の課題としては、堆積層の S 波速度構造モデルをより適切に設定し、レスポンス関数に含まれる主要な位相の深度変換(推定)を正確に実施することなどがあげられる。

#### 謝辞

本解析では、首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)の、東京都、東京消防庁、茨城県、神奈川県、群馬県、埼玉県、千葉県、栃木県、横浜市、東京大学地震研究所、防災科学技術研究所の強震波形記録を使用しました。ここに記して感謝します。

#### 参考文献

- Nakahara, H., Theoretical background of retrieving the Green's function by cross correlation: One-dimensional case, *Geophys. J. Int.*, 165, 719-728, 2006.
- 鈴木宏芳, 関東平野の地下地質構造, 防災科学技術研究所研究報告, 63, 1-19, 2002.
- 高橋雅紀, 関東平野の基盤構造, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会 S228-P005, 2007.
- 高橋雅紀・林広樹・笠原敬司・井川猛・川中卓・須田茂幸, 関東平野下に伏在する中新世ハーフグラベン群 地表地質からみた地下地質構造の新たな視点, 防災科学技術研究所研究報告, 67, 13-28, 2005.
- Yamamizu, F., Down-hole measurements of seismic wave velocities in deep soil deposits beneath the Tokyo metropolitan area, Report of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 56, 1-32, 1996.

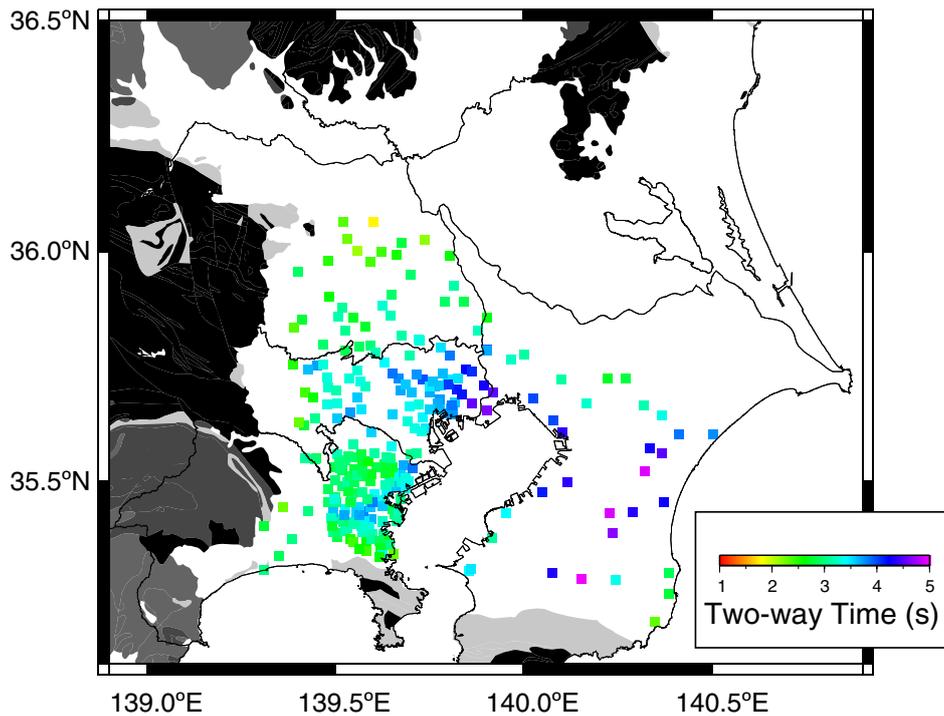


図1 .地震波干渉法によって求められるレスポンス関数に見られる上総層群 三浦層群境界の反射S波位相の発現時間の地域変化 .総点数 270 .表示スケールをはずれた値については , 端点の色により表示 . 地表地質が第四紀堆積層でない領域をシェーディングで示す .

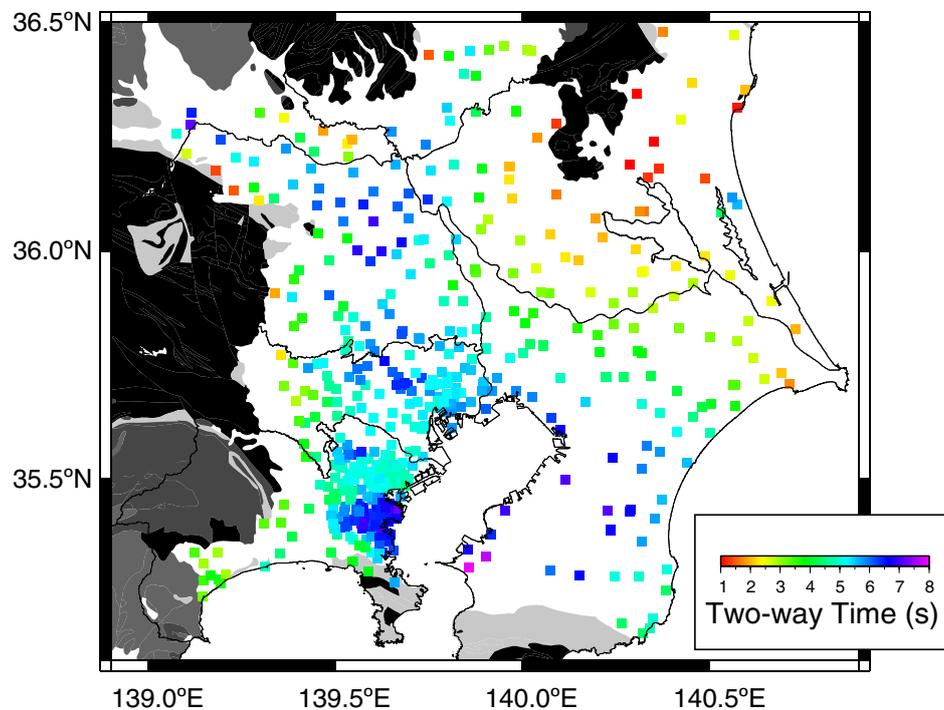


図2 .地震波干渉法によって求められるレスポンス関数に見られる地震基盤の反射S波位相の発現時間の地域変化 .総点数 503 .表示スケールをはずれた値については , 端点の色により表示 . 地表地質が第四紀堆積層でない領域をシェーディングで示す .

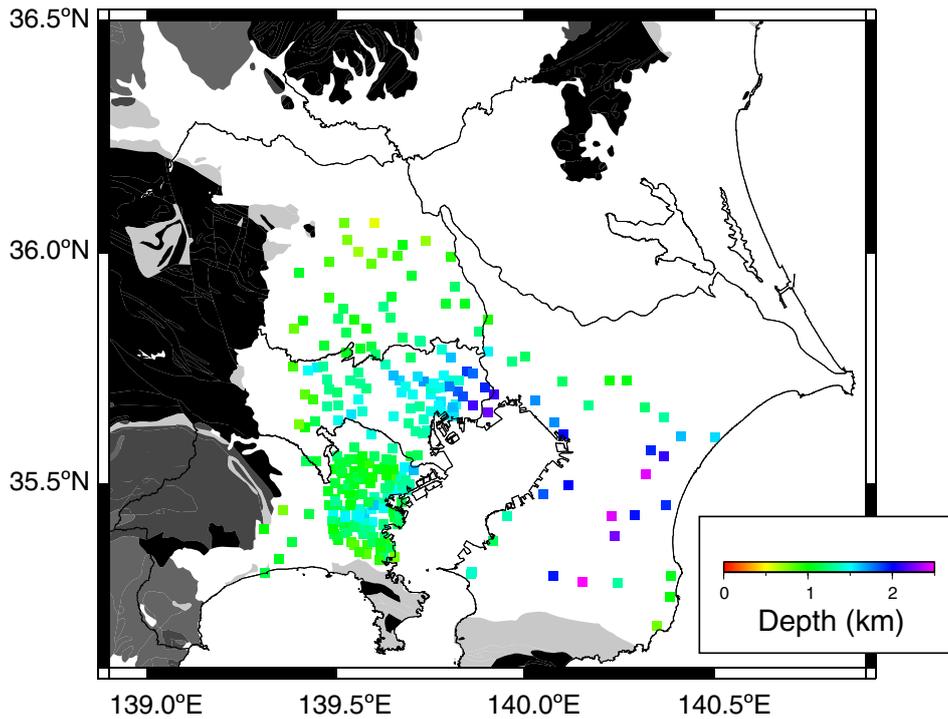


図3．地震波干渉法によって推定された上総層群 三浦層群境界の深度（暫定値）の地域変化．総点数 270．表示スケールをはずれた値については，端点の色により表示．地表地質が第四紀堆積層でない領域をシェーディングで示す．

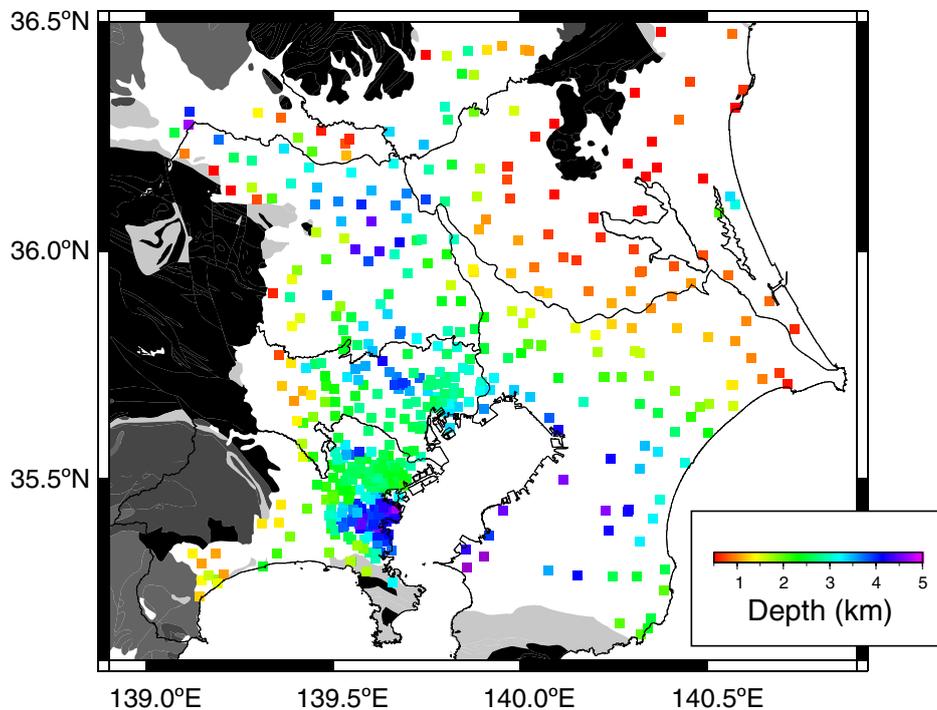


図4．地震波干渉法によって推定された地震基盤の深度（暫定値）の地域変化．総点数 503．表示スケールをはずれた値については，端点の色により表示．地表地質が第四紀堆積層でない領域をシェーディングで示す．