

## 1 2 - 1 1 地盤・地震基盤構造調査への応用

### An application of the seismic interferometry in basement structure investigations

横浜市立大学 吉本和生  
Kazuo Yoshimoto, Yokohama City University

近年、様々な地下構造の調査において地震波干渉法が利用されている（例えば、Shapiro *et al.*, 2005; Poletto and Petronio, 2006）ここでは、地震波干渉法を用いた地盤・地震基盤構造調査のひとつの事例として、近地地震の波形記録解析による関東平野における地震基盤構造の調査結果（吉本・他, 2009）について紹介する。

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関数（グリーン関数）を評価する解析手法である。例えば、自然地震の地表地震動の観測を想定した水平成層構造に平面 SH 波が下方から入射する状況においても、観測地震波形の自己相関関数から地下構造のレスポンス関数が評価できる（例えば、Nakahara, 2006）。

本調査では、地震基盤及び堆積層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、Nakahara (2006) の解析手法を観測地震波形データに適用した。データには、首都圏地震観測網 (MeSO-net) と首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) の地震観測点において、1997 年以降に観測された 114 の近地地震 (第 1 図) の約 2 万の S 波波形を使用した。地震のマグニチュードは 3.1~6.4 である。地震基盤及び堆積層の S 波レスポンス関数の評価にあたっては、各観測点の加速度波形を変位波形に変換し、直達 S 波を含む 10 秒間の SH 成分について自己相関関数を求めた後に、重合処理を施した。

上述の解析によって、693 観測点において地震基盤（及びそれ以浅の堆積層内の地質学的境界面）からの反射 S 波位相が検出された。この位相の発現時間（S 波の地表 - 地震基盤の往復走時）は地域によって大きく変化するが、大局的には、関東平野周辺の山地部から東京湾に向かって連続的に大きくなり、房総半島中央部の東京湾沿いで 8 秒程度の値を示す (第 2 図)。第 3 図に、この位相を含むレスポンス関数の水平方向の変化の一例として、MeSO-net の入間 - 銚子測線で得られた結果を示す。

第 4 図は、地震波干渉法によって推定された地震基盤の深度の地域変化である。この結果は、S 波の地表 - 地震基盤の往復走時を、VSP 法調査 (山水 2004 など) で得られている首都圏内 14 地点の S 波速度構造モデルを線形補間及び外挿して用いること評価された。地震基盤の深度は、場所によって 4km を超えるなど、地域によって大きく変化する。この結果は、従来の調査報告 (例えば、鈴木 2002; 高橋 2005) と大局的には整合するものの、小規模の局所的な窪みの形状などについては異なっている。本調査の現状における課題として未調査の地域は散見されるものの、MeSO-net の新設観測点などで得られる地震波形データを追加解析することで、今後、空間分解能は飛躍的に向上できるものと考えられる。

本調査では、関東地方の地震基盤（及びそれ以浅の堆積層内の地質学的境界面）からの反射 S 波の位相を、近地地震の波形記録を用いた地震波干渉法によって明瞭に検出できた。この結果は、人工ノイズの大きな都市部においても、地震波干渉法が地震基盤（及びそれ以浅の堆積層内の地質学的境界面）構造の推定方法として有効であることを示している。

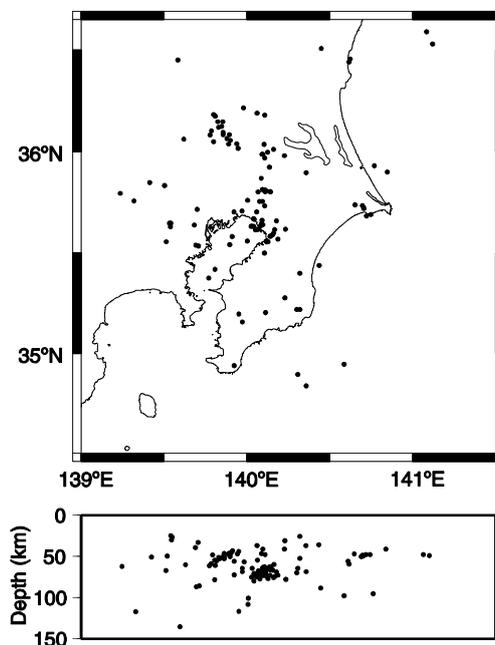
#### 謝辞

本調査には、東京大学地震研究所の首都圏地震観測網 (MeSO-net) で記録された地震波形、及び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, 気象庁の強震波形記録を利用しました.

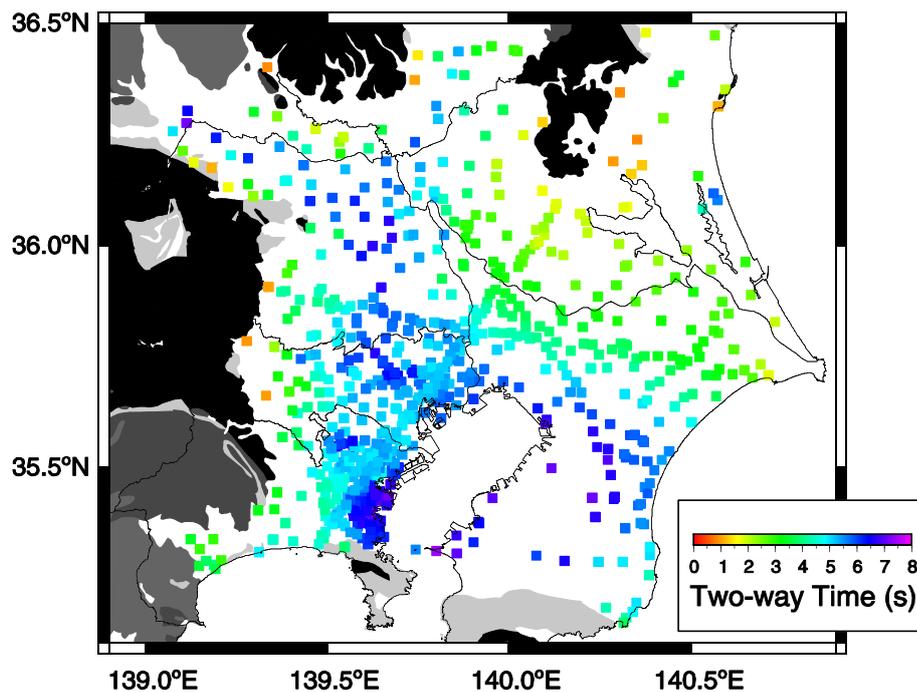
### 参考文献

- 1) Nakahara, H. (2006), Theoretical background of retrieving the Green's function by cross correlation: One-dimensional case, *Geophys. J. Int.*, 165, 719-728.
- 2) Poletto, F. and L. Petronio (2006), Seismic interferometry with a TBM source of transmitted and reflected waves, *Geophysics* 71, SI85, doi:10.1190/1.2213947.
- 3) Shapiro, N. M., M. Campillo, L. Stehly, and M. H. Ritzwoller (2005), High-resolution surface-wave tomography from ambient seismic noise, *Science*, 307, 1615-1618, doi:10.1126/science.1108339.
- 4) 鈴木宏芳 (2002), 関東平野の地下地質構造, 防災科学技術研究所研究報告, 第 63 号, 1-19.
- 5) 高橋雅紀・林広樹・笠原敬司・井川猛・川中卓・須田茂幸 (2005), 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, 第 67 号, 13-28.
- 6) 山水史生 (2004), 関東地域の中深層地殻活動観測井を利用した VSP 法速度構造調査, 防災科学技術研究所研究資料, 第 251 号, 1-75.
- 7) 吉本和生・平田直・笠原敬司・酒井慎一・小原一成・棚田俊收・鶴岡弘・中川茂樹・中原恒・木下繁夫・佐藤比呂志 (2009), 地震波干渉法による首都圏の地震基盤構造の推定, 日本地震学会 2009 年度秋季大会講演予稿集, B31-04.

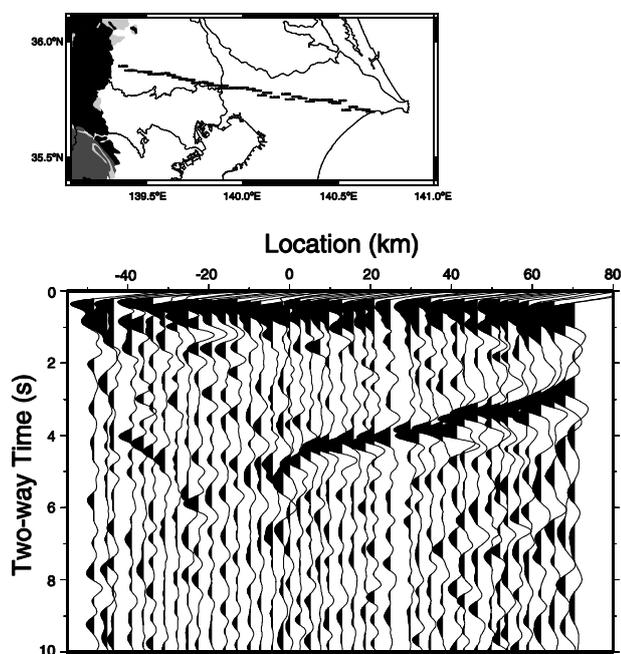


第 1 図 解析に使用した 114 の近地地震の震源分布.

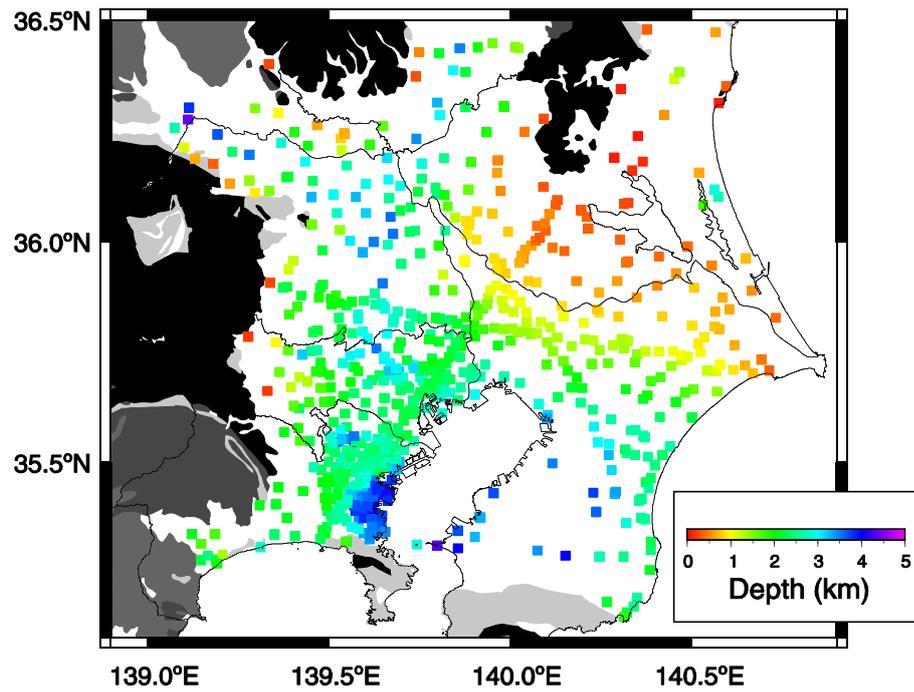
Fig. 1 Hypocenter distribution of 114 local earthquakes used in this study.



第 1 図 解析に使用した 114 の近地地震の震源分布.  
 Fig. 1 Hypocenter distribution of 114 local earthquakes used in this study.



第 3 図 地震波干渉法によって得られた MeSO-net の入間 - 鉾子測線におけるレスポンス関数.  
 Fig. 3 S-wave response functions along the Iruma-Choshi observation line of the MeSO-net obtained from the seismic interferometry.



第4図 地震波干渉法によって推定された地震基盤の深度の地域変化. 総点数 693.  
 Fig. 4 Map showing local variation of seismic basement depth.