

6) 国際地震工学センター

6) - 1 中小規模盆地を対象とする地震波干渉法を用いたせん断波速度構造探査技術の研究【安全・安心】

Study on Exploration Technologies using Seismic Interferometry for Shear Wave Velocity Structure in Small to Medium Size Basins.

(研究開発期間 平成 26~28 年度)

国際地震工学センター International Institute of Seismology and Earthquake Engineering 構造研究グループ Dept. of Structural Engineering	横井俊明 YOKOI Toshiaki 中川博人 NAKAGAWA Hiroto	林田拓己 HAYASHIDA Takumi 小山 信 KOYAMA Shin	鹿嶋俊英 KASHIMA Toshihide
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	------------------------------

This study is aimed to verify the applicability and the convenience of the seismic interferometry in the period range around 2 seconds for exploring sub-surface structure of the shear wave velocity in small to medium size basins on which many cities in Japan are located. We have performed continuous seismic/microtremor observation from November 2014 to September 2015 using a dense seismograph array that consists of 16 sensors, in Iwaki City, Fukushima Pref., Japan. During the observation period, seismic signals from at least 100 felt earthquakes ($3.5 \leq M_w \leq 7.9$) as well as continuous microtremors were recorded. The Rayleigh-wave dispersion properties derived from the seismic interferometry technique using the latter show lower group velocities compared with the theoretical curve from the existing model and spatial variation within the basin. This show the usefulness of the seismic interferometry using microtremor. Study on the strong motion records shows that the combined use with microtremor analyses can be a powerful tool for the improvement of subsurface structure model.

【研究開発の目的及び経過】

近年地殻構造等を対象とした地震学分野での研究が急速に進んでいる地震波干渉法は、微動や地震波に含まれる波長が観測点間隔より短い表面波を利用して地下のせん断波速度構造を推定するので、波長が観測点間隔より長い表面波を利用する微動アレイ探査とは相互補完的な関係にある(図1)。その工学的利用は、現在主として長周期地震動に直接関係する広大で深い構造盆地(例えば、関東平野や濃尾平野等)を対象として進められており、数 km~数 10km の測線で取得された記録が周期数秒以上の長周期帯域で使われている。一方、多くの地方

都市は、中小規模の盆地に立地するが、工学的基盤の深さが数 10m を超える場合や、さらに深部の地盤を含めた地盤全体の評価が必要な場合が十分考えられる。

本研究は、周期 2 秒程度以下の卓越周期を持つ地盤を対象とした地震波干渉法の工学的利用を、ハザードマップ作成等の為の地盤探査技術の一つとして捉え、数百 m~数 km の範囲での簡便性や有効性を実証することを目的とした。



図 1. 地震波干渉法概念図(観測点間より短い波長の表面波を利用する)。

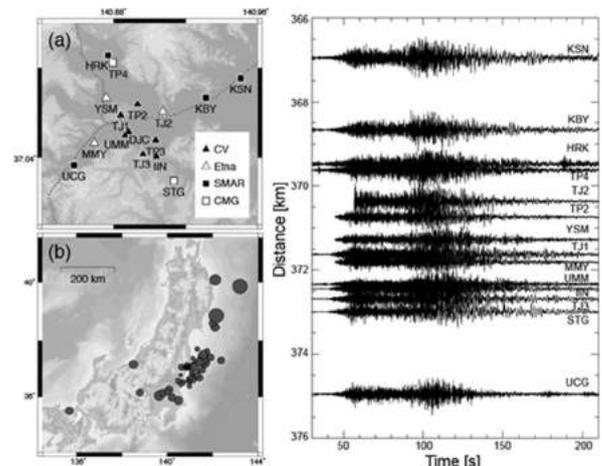
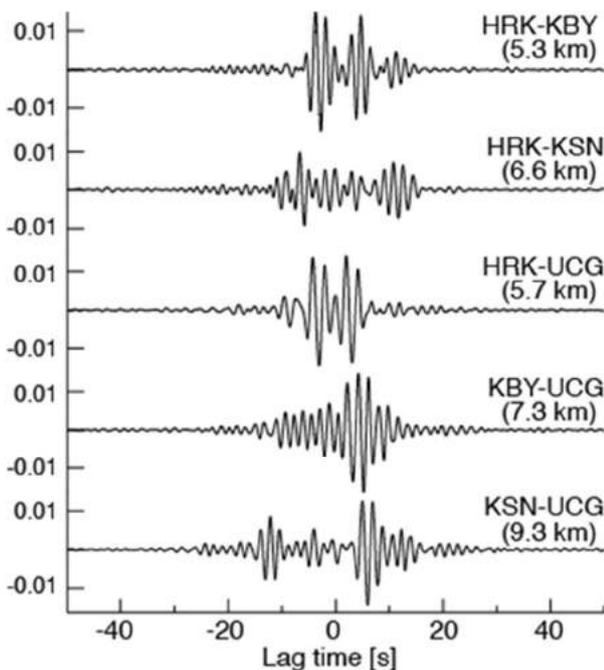


図 2. (左) (a) 地震観測網(観測点住所は参考資料参照)と(b)地震の分布、(右)記録例:2015 年 2 月 17 日に三陸沖で発生した地震(Mw6.7, 深さ 12.7km)の観測波形(上下動成分, 0.1-10Hz)。

【研究開発の内容】

平成 26 年 11 月から翌年 9 月まで、いわき市内の小中学校・公民館を主とする 16 カ所の臨時観測点において、地震動・微動の連続観測（一部は強震計によるトリガー観測）を実施し、100 地震による強震記録、及びその間の期間の長時間微動記録を収録した（図 2）。平成 28 年 1 月には、深部地盤の速度構造解明の為に、底辺長 1500m の正三角形アレイによる微動探査（空間自己相関法）を市役所周辺で、浅部地盤の速度構造の解明の為にミニアレイによる微動探査¹⁾を 6 観測点で実施した。



- 2) <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>
- 3) Nakagawa 他：Effect of Inclined Boundary and Embedded Foundation on Wave Propagation, 10th Pacific Conference on Earthquake Engineering, 2015.
- 4) 中川他：いわき市役所における傾斜基盤を対象とした微動観測、地震工学会論文集、Vol. 15 (2015) No. 7.
- 5) Hayashida 他：VERIFICATION OF SUBSURFACE S-WAVE VELOCITY STRUCTURE MODEL IN IWAKI CITY, FUKUSHIMA PREFECTURE, USING A DENSE SEISMIC ARRAY, 16WCEE, 2017.

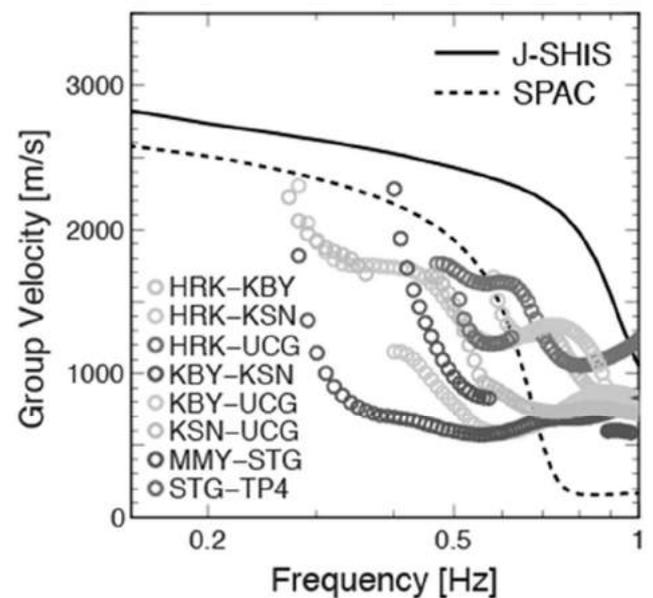


図 3（左）地震波干渉法により導出した観測点間の相互相関関数（上下動成分）。（右）導出した相互相関関数から推定される周波数毎の表面波群速度。実線は既往の地盤構造モデル（J-SHIS v2）⁴⁾から推定される群速度の理論曲線。点線は本課題で実施した微動アレイ探査により推定された地盤構造モデルを用いて推定される群速度の理論曲線。

【研究開発の結果】

有意な振幅レベルで長期にわたって微動を測定した 7 地点の連続微動記録を用いて、地震波干渉法を適用した。その結果、周期 1～3 秒の帯域において、観測点間を伝播する表面波に対応すると考えられる明瞭な波群を抽出した。これにより、数百 m～数 km の範囲における同手法の有効性と簡便性を実証した。

【参考文献】

- 1) 横井：小アレイ微動探査の為に計器特性の補正及び長波長近似の改良について、物理探査、第 67 巻、第 4 号、p255-265

地震波干渉法の結果は、いわき市中心部（盆地内）における表層近傍のせん断波速度が既往の地盤構造モデル（J-SHIS v2²⁾）と比較して低いことを示唆するものであった。そこで、結果の妥当性を確認するため、いわき市中心部において深部地盤構造推定のための大規模な微動アレイ探査を実施（H27 年度）するとともに^{3),4)}、有感地震記録に対してスペクトルインバージョン法を適用し（H27-28 年度）、観測点直下の地盤増幅特性を推定した⁵⁾。これらの結果も同様に地盤構造モデル修正の必要性を示唆するものであり、地盤全体のせん断波速度構造を評価する為の手法として同手法が簡便かつ有効に適応できることを確認した（図 3）。