

## 岩手県の Hi-net 観測点で観測された常時微動の 地震波干渉法解析による群速度の推定\*

岩手大学工学部 鈴木舞  
岩手大学理理工学部 山本英和 齊藤剛

### 1. はじめに

地震時の揺れやすさを評価するために、地盤の S 波速度構造を把握することが重要である。その探査手法として、近年地震波干渉法を用いた解析が盛んに試みられている。本研究では、地震基盤の深度などの S 波速度構造の推定を目的に、地震波干渉法に基づいて、高感度地震観測網 Hi-net の岩手県内の全 27 観測点で平成 29 年 5 月の一ヶ月間観測された常時微動から二地点間の Radial 成分、Transverse 成分、Vertical 成分の三つの一ヶ月間重合相互相関関数を算出した。さらに得られた一ヶ月間重合相互相関関数から群速度の推定を行い、Nishida et al.(2008) によるモデルから計算される群速度との比較を行った。

### 2. 一ヶ月間重合相互相関関数の算定

Hi-net では 100Hz で観測が行われているが、計算の負荷を減らすため波形データを 20Hz にダウンサンプリングした。微動に前処理として時間規格化、二値化、スペクトルホワイトニングを行った（例えば、Bensen et al., 2007）。前処理を行った波形に対し FFT 処理によりクロススペクトルを算出し、クロススペクトルの逆フーリエ変換により相互相関関数を計算した。基本区間 15 分の相互相関関数を平均して一時間重合相互相関関数として算出した。

図 1 に観測点分布を、図 2 に観測点間の組み合わせを示す。区域毎の群速度分布を求めるために、三点の観測点からなる三角形を 1 セットとした。各セットを番号付けし、各セットの辺ごとに相互相関関数を求めた。図 3 に上から一時間、一日、十日、一ヶ月間重合した相互相関関数を示す。重合時間が長いほどノイズが少なく特徴的な位相がみえやすくなっている。十日間重合した時点で多くの組み合わせにおいてはっきりと位相を捉えられたことから、一ヶ月間重合したもののが信頼性はさらに高いと考え、本研究では一ヶ月間重合相互相関関数を用いることにした。

図 4 に、全三角形セットにおいて求められた一ヶ月間重合相互相関関数のうちのセット No.30 (観測点位置は図 1 を、セット位置は図 2 を参照) の Radial 成分 (RR)、Transverse 成分 (TT)、Vertical 成分 (ZZ) のものを例として示す。N.KMIH-N.KASH と N.YMDH-N.KASH の一ヶ月間重合相互相関関数をみると、どちらも遅れ時間が正のときに特徴的な位相が確認できる。このことから、こ

\*Estimation of group velocities in Iwate Prefecture by seismic interferometry analysis of microtremors observed with Hi-net stations by M. Suzuki, H. Yamamoto and T. Saito

の二辺はどちらも沿岸側から内陸側の方向に波動が伝播していると考えられる。また、TTにおける位相がZZのものより若干早いことも確認できた。

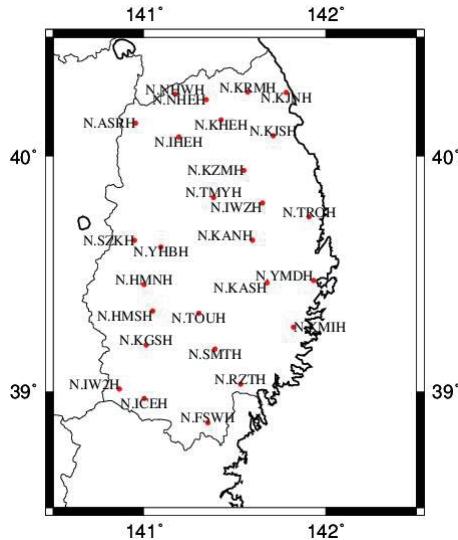


図1 観測点分布

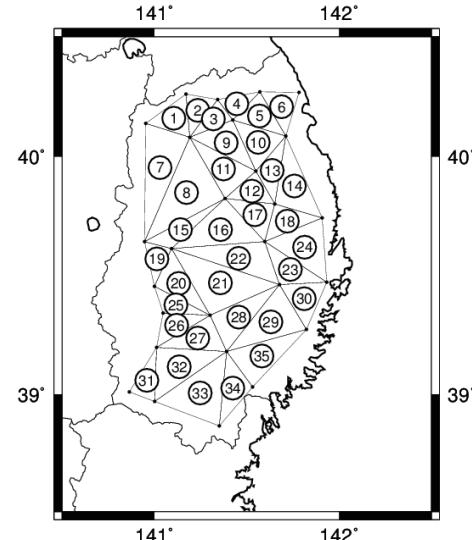


図2 観測点間の組み合わせ

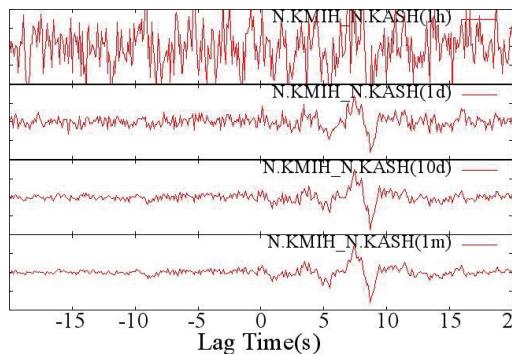


図3 Radial成分の（上から）一時間、一日、十日、一ヶ月重合相互相關関数

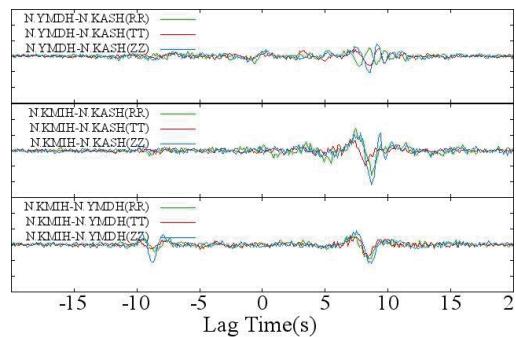


図4 No.30におけるRadial成分(RR), Transverse成分(TT), Vertical成分(ZZ)の一ヶ月間重合相互相關関数

### 3. 群速度の推定

得られた一ヶ月間重合相互相關関数に対し、マルチプルフィルタ解析 (Dziewonsky et al., 1969) により周期ごとの群速度を算出した。また、同時にSN比も算出し、信頼性の高い群速度の周期範囲を定量的に検証するために用いた。SN比が大きいことは算定された群速度の信頼性が高いことを意味する。SN比の閾値は一律で10以上と設定した。

例として、図5に、セットNo.30のN.KMIH-N.KASHにおけるRadial成分(RR)の一ヶ月間重合相互相關関数から計算された群速度分散曲線と同時に計算される周期ごとのSN比を示す。N.KMIH-N.KASHでは正の方向の周期1~7秒の群速度が利用可能であり、約2.5~4km/sで分布することが分かる。

次に、一ヶ月間重合相互相關関数から計算された群速度とNishida et al.(2008)によるモデルから計算される群速度の比較検討を行った。速度構造は各セットの辺の両端の観測点付近のものを使用した。例として、図6に、No.1, No.6, No.12, No.15, No.26, No.28, No.30, No.31における比較結果と比較対象地点におけるNishida et al.(2008)によるS波速度構造モデルを示す。

No.1とNo.15とNo.26とNo.31は、全体的に観測による群速度がNishidaモデルによる群速度よりも遅い。No.6とNo.12は、一部の区間において周期約3秒までの短周期での観測による群速度がNishidaモデルによる群速度よりも遅い。No.28とNo.30は、全体的に観測による群速度とNishidaモデルによる群速度が一致している。

観測による群速度がNishidaモデルによる群速度よりも遅くなった結果については、Nishidaモデルの速度構造よりも浅部の速度構造が遅いためであると考える。

#### 4. まとめ

相互相關関数については、ほとんどの区間において一ヶ月程度の重合で波動の伝播を確認することができ、さらに、周期6秒程度までの群速度も示すことができた。また、一ヶ月間重合相互相關関数から計算された群速度とNishida et al.(2008)によるモデルから計算される群速度を比較検討することで、後者と実際の浅部の速度構造の差異の存在を推察できた。

今後は、得られた各セットの二点間の群速度のうち、特定の周期における群速度を抽出し、区間ごとの群速度分布を作成し、さらに区域ごとの群速度の推定が必要とされる。

#### 謝辞

国立研究開発法人防災科学技術研究所の高感度地震観測網Hi-netより過去波形データを提供していただきました。一部の図の作成には、GMT(Wessel and Smith, 1998)を用いました。記して感謝致します。

#### 参考文献

- Bensen, G.D., M.H. Ritzwoller, M.P. Barmin, A.L. Levshin, F. Lin, M.P. (2007) : Processing seismic ambient noise data to obtain reliable broad-band surface wave dispersion measurements,

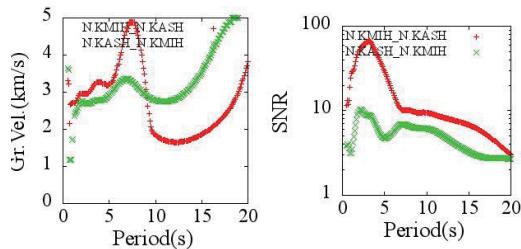


図5 No.30のN.KMIH-N.KASHにおけるRadial成分(RR)の群速度分散曲線(左)とSNR(右)

*Geophys. J. Int.*, 169, 1239-1260.

Dziewonski, A.S., Bloch, and M. Landisman(1969) : A technique for the analysis of transient seismic signals, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 59, 427-444.

Wessel, P. and W. H. F. Smith(1998) : New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, 79, 579.

Nishida, K., H. Kawakatsu, and K. Obara, (2008) : Threedimensional crustal S wave velocity structure in Japan using microseismic data recorded by Hi-net tiltmeters, *J. Geophys. Res.*, 113, B10302, doi: 10.1029/2007jb 005395.

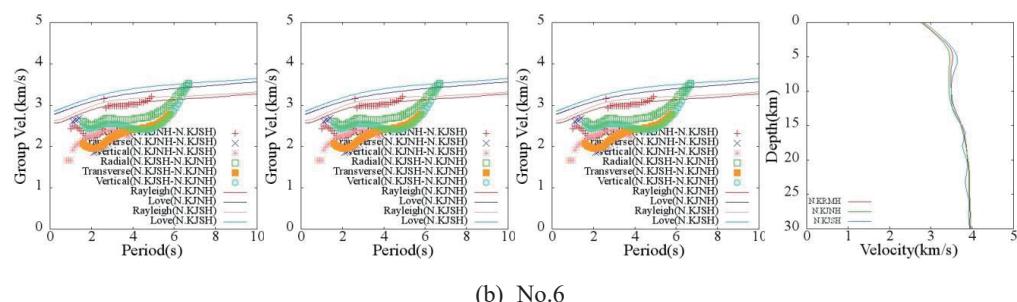
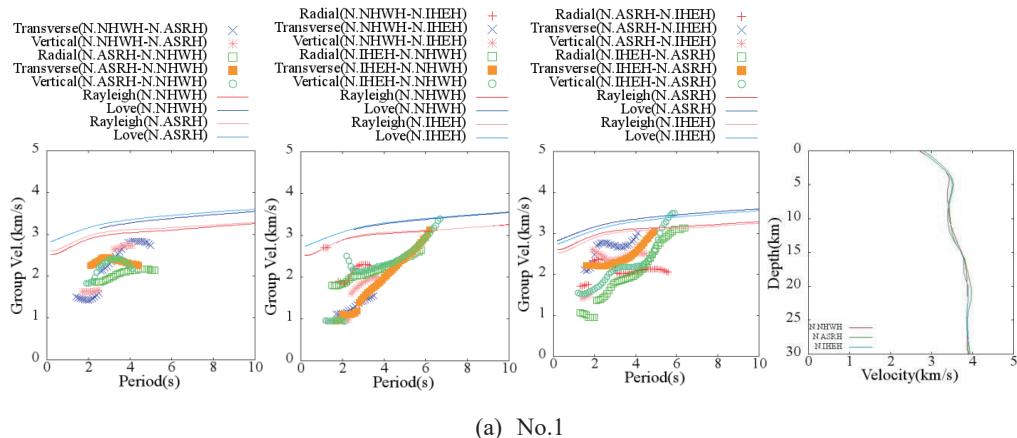


図 6(a), (b) 観測による群速度と Nishida モデルから計算される群速度の比較結果(左から 1, 2, 3 枚目) と Nishida et al.(2008)による S 波速度構造モデル (最右)

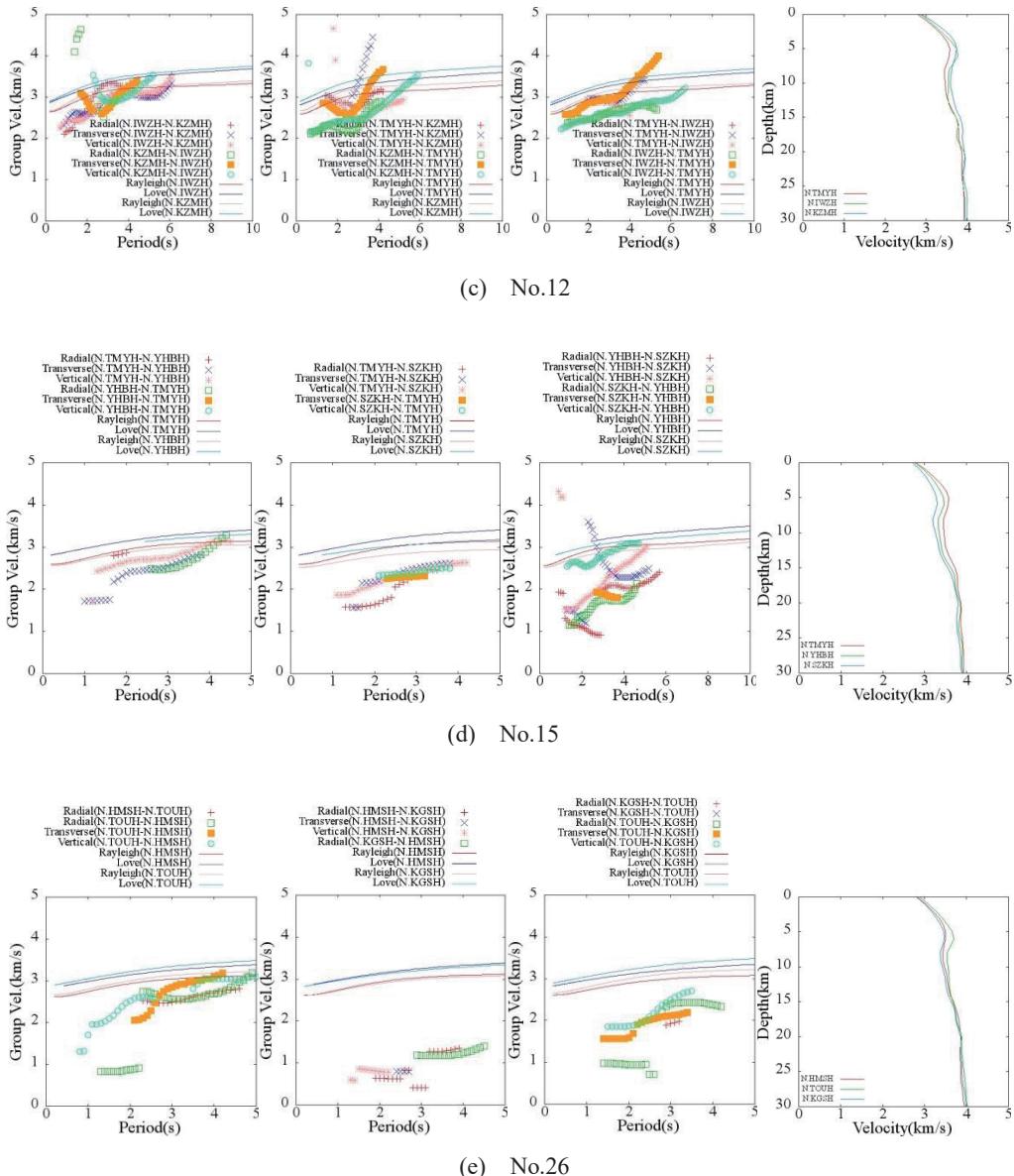
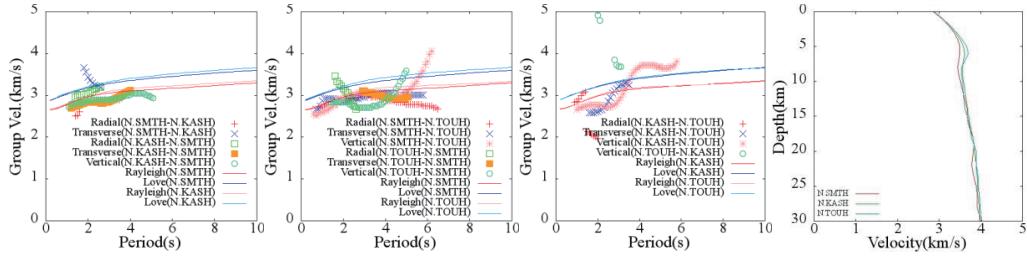
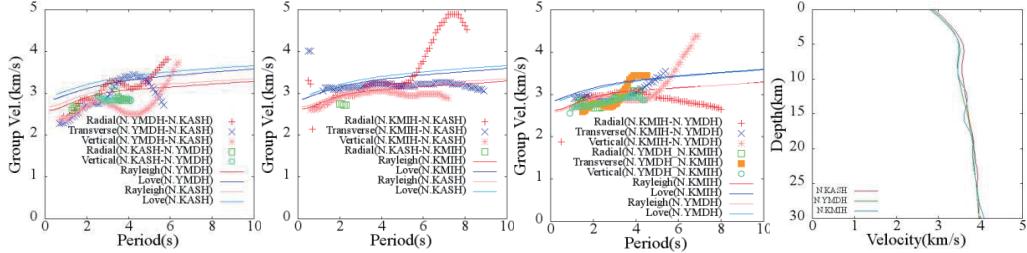


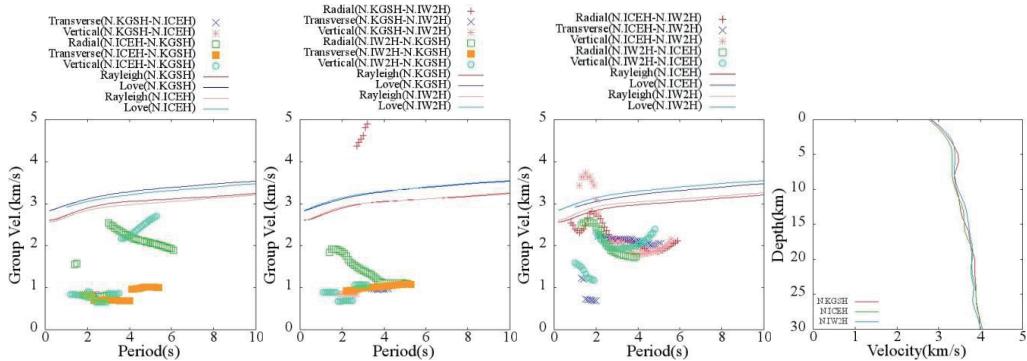
図 6(c), (d), (e) 観測による群速度と Nishida モデルから計算される群速度の比較結果 (左から 1, 2, 3 枚目) と Nishida et al.(2008)による S 波速度構造モデル (最右)



(f) No.28



(g) No.30



(h) No.31

図 6(f), (g), (h) 観測による群速度と Nishida モデルから計算される群速度の比較結果（左から 1, 2, 3 枚目）と Nishida et al.(2008)による S 波速度構造モデル（最右）