

地震波干渉法による首都圏の深部地盤の S 波速度構造探査の試み

○山中浩明¹⁾, 地元孝輔²⁾

1) 東京工業大学 総合理工学研究科 環境理工学創造専攻, yamanaka@depe.titech.ac.jp

2) 東京工業大学 総合理工学研究科 環境理工学創造専攻, chimoto.k.aa@m.titech.ac.jp

1. はじめに

1980 年代以降のやや長周期地震動に関する研究によって、やや長周期地震動の主成分は、堆積層で増幅された表面波であり、その予測には、震源特性と伝播経路に対応した地下構造の影響を考慮する必要があることが明らかとなっている。首都圏では、深部地盤の 3 次元 S 波速度構造モデルがいくつか提案されており（例えば、山中・山田、2006）、地震動評価にも使われている。こうした 3 次元モデルの妥当性を検証するために、中小地震による地震動のシミュレーションが行われているが、震源特性や平野外部の地下構造の影響もあり、平野の堆積層の詳細な影響評価は容易ではない。近年、2 地点での長時間の微動データから、グリーン関数を評価する地震波干渉法が注目され、2 地点の間の影響のみの抽出の試みが行われている（例えば、Shapiro and Campillo, 2004）。多くの研究では、微小地震の観測記録に適用されることが主体であるが、山中・内山（2008）は、2 ヶ月間の微動の連続観測を行い、表面波群速度の推定を行っている。

本研究では、首都圏において微動の長期間観測を行い、地震波干渉法を用いて表面波の群速度を求め、既往の地下構造モデルの妥当性の検討や修正などを行うことを目的とする。ここでは、長期間の微動観測および得られた結果の一部を紹介する。

2. 微動の長期間観測について

観測点は、図 1 に示すように相模湾と東京湾を中心とした首都圏南部である。これは、東京湾や相模湾の海域での地下構造モデルの精度を向上させることを考慮したためである。2008 年 3 月から観測を順次開始し、現在のところ 11 地点で連続観測を継続している。長期間の微動観測を行うことを目的としているために、各地点では既存の観測施設や建物内に機器を設置した。用いた観測機器は、図 2 に示すように、白山工業製ロガー LS8000SH、小型 PC、ミットヨ製地震計 6A3 である。このロガーは、16 ビットで 20MB のメモリーを有しているものである。本研究では、微動記録を得ることを主目的としているので、地震時には振幅がクリップしても大きな問題とならないと考えた。また、メモリーが小さいために、100Hz サンプリングの 1 秒間のデータパケッ

トをリアルタイムで PC に転送し、PC に保存することにした。保存した連続記録を一日分まとめて圧縮し、それを USB メモリーに保存するようにした。これにより長期間の連続観測が可能になった。保存したデータは、2～3 ヶ月に一度の割合で USB メモリーを交換することにより取得できる。PC の OS には Linux を採用しているため、波形表示やネットワークによるリモート管理も可能である。現在までの観測においてシステムの大きなトラブルはなく、比較的安定した観測システムであると考えられる。LS8000SH は、GPS 信号で 2 時間程度に一度校正されており、記録の時刻には 1 サンプル以下の精度が確保されている。

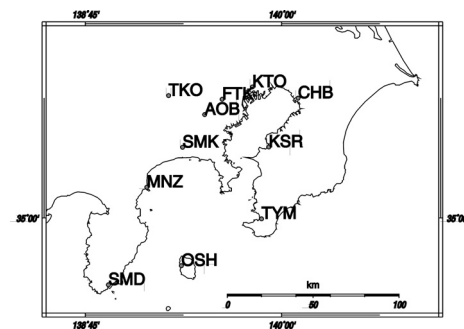


図 1 : 観測点の位置.

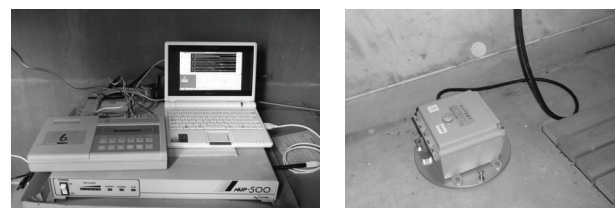


図 2 : 観測機器

3. 観測データの処理

得られた微動データは、山中・内山（2008）と同様に図 3 に示したように処理することにした。長時間の記録を 1 時間毎にまとめ、周期 1～数秒の帯域通過フィルタ処理を行う。つぎに、地震や突発的なノイズなどの振幅が大きい部分の影響を少なくするために、ある振幅レベルを決めて、それ以上の部分の振幅を有する部分を頭打ちにする (Sabra et al., 2005)。これらの処理後の加速度波形の 1 時間 (サンプル時間長さ) のデータを用いて相互相関係数を

求める。この操作をすべてのデータに対して繰り返し、さらに、それらをアンサンブル平均することによって、最終的な相互相関関数を得る。十分な時間平均ができれば、正と負の遅れ時間の相互相関関数は、2地点の間の両方向のグリーン関数（厳密には、グリーン関数の微分形）になる。従って、片側の相互相関関数のマルチフィルタ処理によって2地点間の群速度を算出することができる。さらに、群速度の逆解析によって2点間の平均的なS波速度構造を求めることができる。また、得られた相互相関関数を既存の3次元モデルでの2点間の理論グリーン関数と比較することによってモデルの検証を行うこともできる。

4. 観測結果

ここでは、AOBとKSRで観測記録の解析結果について示す。図4には、両地点でのある1時間のデータのスペクトルが示されている。周期0.8秒から5秒の帯域で類似したスペクトル形状であることがわかる。2地点の記録の相互相関係数が図5に示されている。アンサンブル平均を計算する時間を長くすると、-50〜

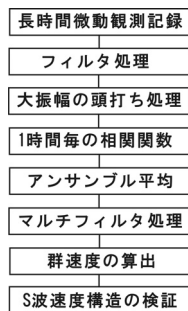


図3：地震波干渉法のデータ処理

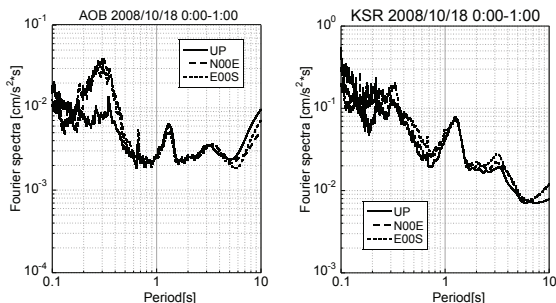


図4：AOBとKSRでのスペクトル

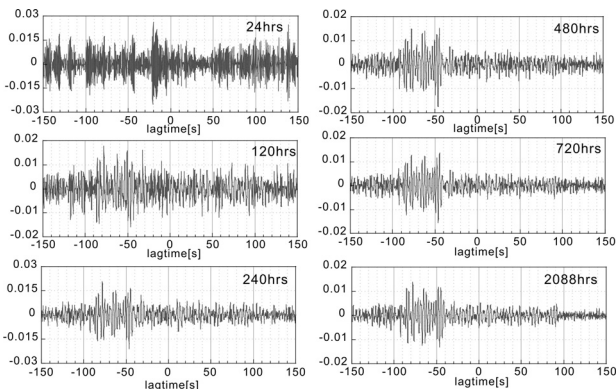


図5：アンサンブル平均時間の差による相互相関関数の変化

100秒付近の成分が徐々に顕著になり、720時間を越えると、安定してくることがわかる。正側でも、720時間以上で位相が明瞭になってくる。山中・内山(2008)も安定した結果には数百時間のデータが必要であると述べており、同様の結果である。振幅が大きい±50〜100秒の部分では、正負で振幅が異なっているが、表面波の振幅が伝播方向による強い方向性をもっている可能性がある。図5の負側の相互相関係数のマルチフィルタ解析の結果が図6に示されている。周期1〜4秒の間で、包絡波形の最大値または局大値の発生時刻が分散しており、レイリー波であると考えられ、2点間の群速度を算出できることがわかる。

5. まとめ

首都圏での深部地盤のS波速度構造モデル検証用の表面波群速度データを地震波干渉法によって求めるための微動の長期間連続観測を11地点で開始した。初期的な解析の結果、30km程度離れた2地点の相互相関係数から分散性のレイリー波の存在を確認することができた。今後、データの蓄積を待ち、全地点の組み合わせの2地点に対して同様の解析を行いたい。

謝辞

微動観測では、鹿島の諸井孝文博士と池浦友則博士、東大地震研究所の瀧瀬1起教授と坂上守氏、千葉大の中井正一教授と関口徹助教、千葉県消防地震防災課の浅尾一己氏には、ご協力を頂きました。記して感謝いたします。

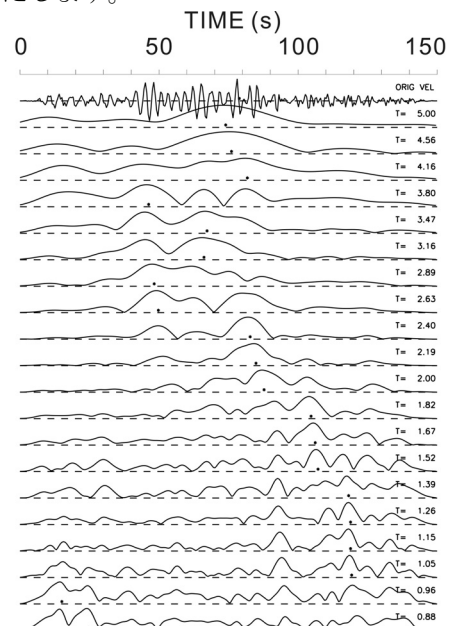


図6：図5の相互相関のマルチフィルタ解析結果