

## 7) - 2 深部地盤における常時微動の伝播過程解明に関する研究 【安全・安心】

### Study on Wave Propagation of Ambient Noise within Deep Subsurface Structure

(研究開発期間 平成 29～30 年度)

国際地震工学センター 林田 拓己  
International Institute of Seismology and HAYASHIDA Takumi  
Earthquake Engineering

The effects of abnormal noise source distribution and complicated three-dimensional subsurface structure on “observed Green’s functions” derived from seismic interferometry technique were examined. First we modified and updated an existing computer program package to make it possible to derive multi-scale observed Green’s functions (shallow subsurface, deep subsurface, crust) using various types of ambient noise (microtremor) records. We also derived “theoretical Green’s functions” using existing three-dimensional seismic velocity structure model of sedimentary basin and compared those with the observed ones to discuss the effects of three-dimensional subsurface structure. Additionally we estimated subsurface S-wave velocity structure down to the bedrock in the central part of Mashiki Town, Kumamoto Prefecture, which was heavily damaged during the 2016 Kumamoto earthquake.

#### 【研究開発の目的及び経過】

異なる 2 地点で長期間測定した常時微動記録の相互相関処理により、2 点間のグリーン関数を抽出する信号処理技術である地震波干渉法の研究が地震学分野において国際的に普及している。近年では物理探査分野において堆積平野内を伝播する地震波の伝播特性の把握や、既往の地盤構造モデルに不足している地盤構造情報の補間を図るためのツールとしての同手法の利活用が進められているが、微動源の偏在や不整形地盤内での局所的な回折・反射などにより微動が非等方な波動場で構成される場合にはグリーン関数を精度よく同定することができない可能性が危惧されている(図 1)。

本研究では国内の複数の地域を対象として、実際の微動観測記録に含まれるこれらの影響を統合的に把握し、微動場の偏在性を考慮した地盤構造モデル検証手法の枠組みの提唱・情報発信に努める。

#### 【研究開発の内容】

##### ① データ解析用ソフトウェアの整備

地震波干渉法を様々なスケールの地震波速度構造モデル(浅部地盤～深部地盤構～上部地殻)検証ツールとして利用ができるよう、自作プログラムを改良・整備する。

##### ② 相互相関関数の時空間変化および地域性の検討

既存の連続微動観測記録を整理し、地域ごと、一定期間ごとに得られる相互相関関数(観測グリーン関数)の特徴について取りまとめる。

##### ③ 理論グリーン関数の導出

三次元有限差分法等により、理論的なグリーン関数を

導出し、三次元的に不均質な地盤内での長周期微動の伝播過程を定量的に検証する。微動の合成波形から導出される相互相関関数と観測記録処理結果との比較を通じて堆積平野における深部地盤構造モデルの妥当性を検討する。

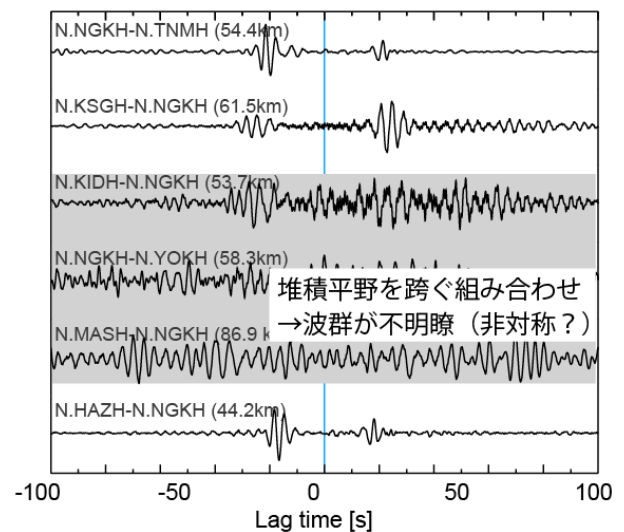


図 1 微動記録から導出される相互相関関数の例

#### 【研究開発の結果】

##### ① データ解析用プログラムの整備

複数地域で得られた多様な連続微動記録(10 時間～2 年間)の連続微動記録に対応すべくデータ解析用プログラムを更新した。また、相互相関処理を時間領域ではなく周波数領域で行うよう計算手順を変更することで、計算時間の短縮を可能にした。国内外で観測した各種微

動記録に対してプログラムを適用し、実用性を確認した。今後、国際地震工学研修（個人研修）および国際科学技術協力プロジェクト等においても本プログラムを活用する予定である。

② 相互相関関数の時空間変化および地域性の検討

①で導出した相互相関関数（観測グリーン関数）を用いて、対象とする速度構造のスケールに対して適切なグリーン関数を得られるために必要な測定期間の検討を行った。観測点間隔が数 100m～数 km 程度のスケールでの観測網に適用した事例を図 2 に示す。また、相互相関関数に加えて観測された微動のパワーを予め導出し、周波数-波数スペクトル解析法および地震波干渉法を適用することで、観測地域内における常時微動の伝播過程を推定するための手法を検討した。

微動の到来方位が地震基盤以深の地震波速度構造の推定結果に及ぼす影響を検討するため、本州～九州の広範囲を対象として近接する既設の広帯域地震観測点 3 点の微動記録を用いた地震波干渉法および CCA 法解析により、表面波位相速度・群速度の推定可能性を検討した。

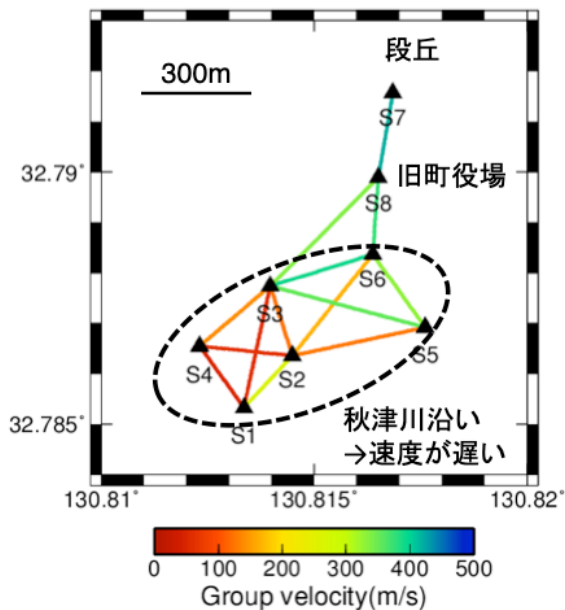


図 2 熊本県益城町における表面波群速度推定例

③ 既存の地盤構造モデルを用いた理論グリーン関数の導出

既存の三次元地盤構造モデルに基づく理論グリーン関数を導出し、地盤の不均質性が地震波干渉法に及ぼす影響の定量的な評価法を検討した。また、対象エリア内に擬似観測点を想定し、不均質な堆積盆地内で微動がどのように伝播するのかの定量的検討を行った。導出したグ

リーン関数を用いて表面波の群速度を求めるだけではなく、堆積盆地の内部で生成・増幅される後続相の出現時刻や振動方向に着目することで、三次元的な地盤構造の影響を定量的に検討することができる可能性を示した（図 3）。

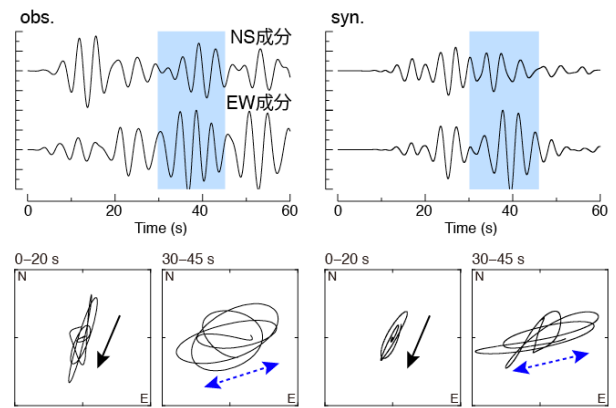


図 3 観測グリーン関数と理論グリーン関数の比較例

④ その他

京都大学が主体となり平成 28 年に熊本県・益城町で実施した連続微動観測記録・余震記録を用いて表面波位相速度の分散特性を求め、深部地盤構造を推定した。推定されたモデルは、実際の深部地盤構造が既存モデルと異なることを示唆している。

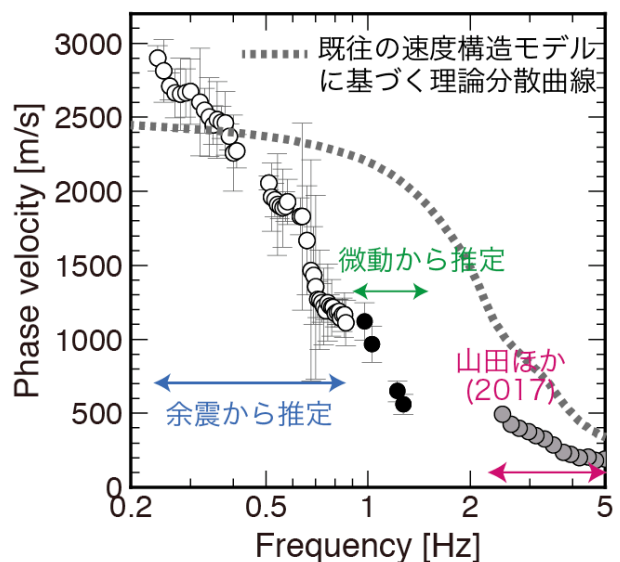


図 4 熊本県益城町中心域において臨時観測記録より推定された表面波位相速度