

6. 微動観測による神奈川県東部の地盤構造の推定

倉橋奨・宮腰研

1. はじめに

神奈川県東部の三浦半島の付け根の地域では、秦野-横浜構造線と呼ばれる東西方向に伸びる凹地状の地形が知られている。この地形は、相模トラフからフィリピン海プレートが沈み込むことによって形成されたヒンジラインと考えられている（町田、1973）。ヒンジラインの南部は、山側よりも海側の標高が高くなっている。一方で、内陸の活構造の影響の可能性も捨てきれず、もし、活構造が存在し活動すれば大きな被害が発生する可能性が示唆される。本研究では、この地域の地盤構造の推定を目的として、微動アレイ探査と単点微動観測を実施したので報告する。

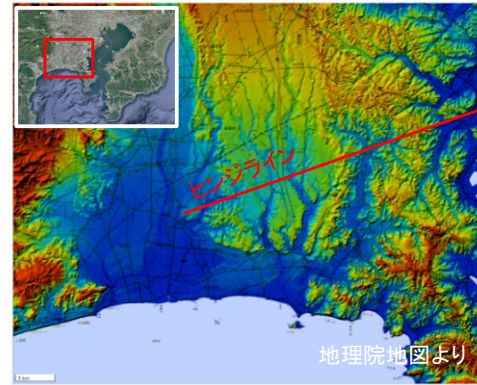


図1 対象地域の標高図とヒンジラインの位置

2. 対象地点の概要

図1に対象地域の標高地形図とヒンジラインを、図2に観測対象地点付近の標高図を、図2右に微動アレイ観測と単点微動観測を行った観測点位置を示す。

図2左の標高図から、対象領域は北部から南部にかけて徐々に標高が低くなるが、ヒンジライン付近を境に南部にかけて標高が高くなり、その差は約15m程度である。今回観測対象としたヒンジラインを挟む南北2.5kmの範囲での標高差は6m程度であり、対象観測範囲の北部はほぼ標高差はなく、南部で標高差が確認される。

この研究対象領域において、図2右の様に、微動アレイ探査3地点を、各微動アレイ探査地点の間に計21点において単点微動観測を行った。観測機器と観測概要を表1、表2にまとめる。また写真1に観測写真を示す。

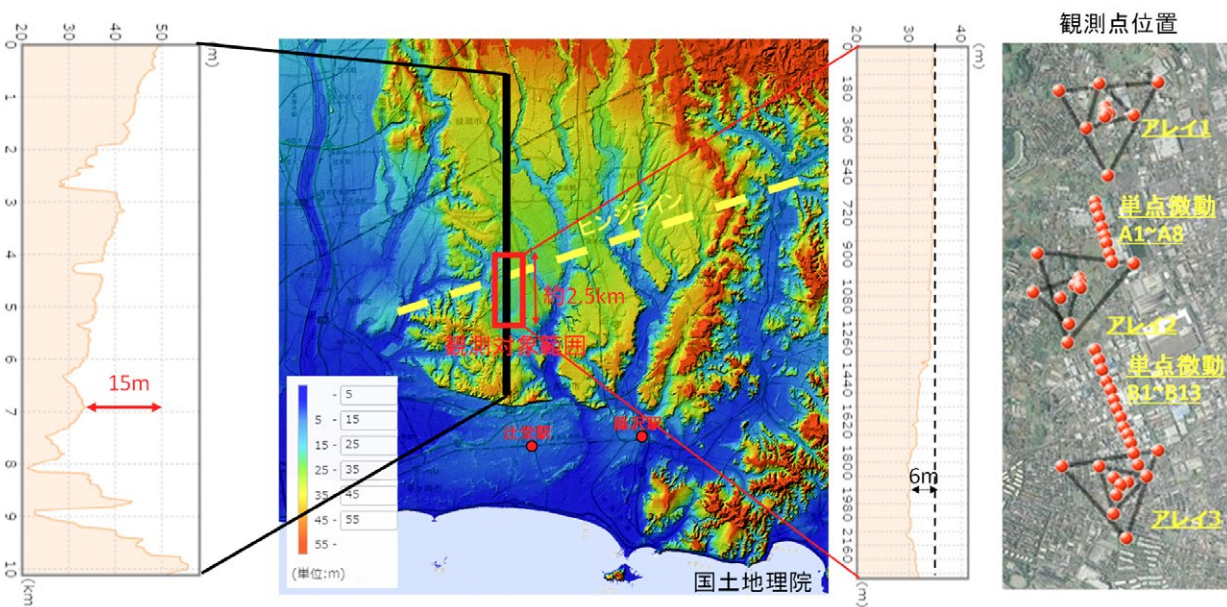


図2 (左) 観測対象地点の標高図および標高縦断面図と (右) 微動アレイ観測および単点微動観測地点

表1 観測機器の概要および微動アレイ観測に使用したセンサーとロガーの一覧

観測機器		大アレイ	中アレイ	小アレイ
Ju410(白山工業)	加速度計	ロガー	センサー・ロガー	センサー・ロガー
VSE(東京測振)	速度計	センサー	-	-

表2 観測概要

観測概要	観測日	観測地点	観測時間
アレイ観測	2023年11月13日~16日	アレイ半径	60分~90分
単点観測		約50m間隔に設置	15分



写真1 (左) 中アレイの観測の様子 (センサー：VSE、ロガー：JU410)、(右) 小アレイの観測の様子

3. 観測結果

図3にアレイ3地点のうち、中アレイ (アレイ半径150m) における4地震計の観測波形の一例を示す。4地点とも同時観測をしており、4番目の観測点の波形では、40秒付近で自動車のノイズが入っている。このように、1地震計のみに記録されたノイズが入っているものは、解析に除外している。

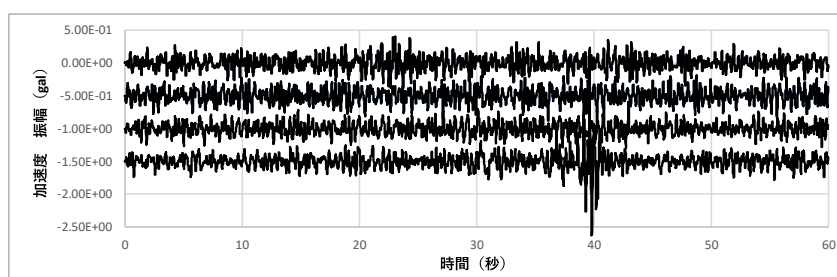


図3 アレイ3地点のアレイ波形150mの中アレイにおける微動観測波形

4. 解析結果

4.1 分散曲線

これらの観測波形から、周波数ごとの位相速度を示す分散曲線を求める。解析方法はCCA法 (Cho et al., 2004, 2006) とし、解析ツールはBIDO (Tada et al., 2010 : <http://staff.aist.go.jp/ikuo-chou>よりダウンロード) を使用した。

図3上に、アレイ1、2、3における、小アレイ、中アレイ、大アレイの観測結果から算出された分散曲線を

示す。また、小中大アレイの分散曲線において、分散傾向が得られている区間を抽出し、つなぎ合わせた分散曲線を図3下に示す。基本的には、小アレイは約1~2Hz、中アレイは約0.5~1Hz、大アレイは約0.25~0.5Hzの周波数帯域で分散傾向がみられ、その帯域の位相速度が得られていることがわかる。図4左にはアレイ1、2、3の分散曲線を、図3右に設置した観測位置と標高を示す。各アレイの分散曲線は、大局的には近似した曲線が得られている。一方で、0.5~1.5Hzの間では、位相速度の違いが見られるため、地盤構造にどの程度影響があるかが興味深い。

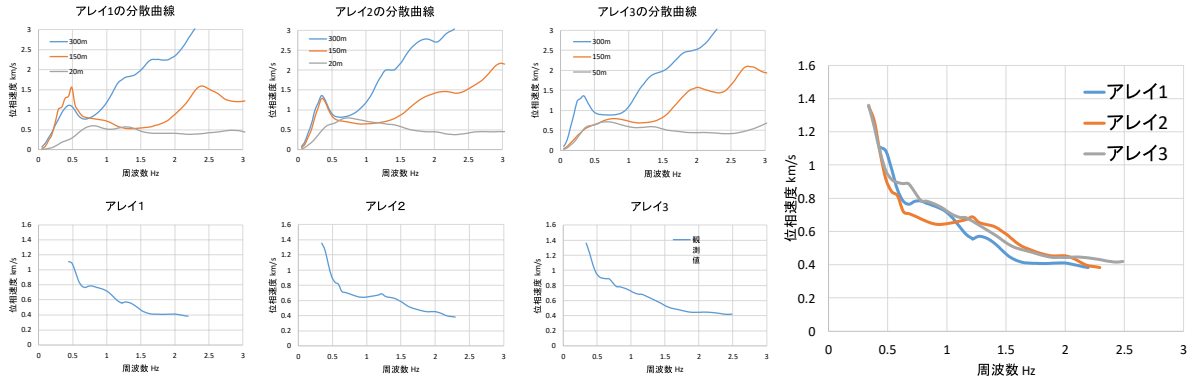


図4 アレイ1、2、3において算出された分散曲線

4.2 地盤構造の推定

得られた分散曲線から、地盤構造を推定する。地盤構造は、最初に適宜設定した初期地盤構造モデルから理論分散曲線を求め、観測分散曲線に一致するように初期モデルのモデルパラメータを変更し、理論分散曲線と観測分散曲線の残差が最小となったモデルを最適地盤構造とした。最適地盤構造の推定には、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) を使用した。初期地盤構造モデルは、J-SHISにおける微動アレイ観測直下の地盤構造を用いた。表3に初期地盤構造モデルを示す。解析では、P波速度と密度はJ-SHISのもので固定し、S波速度と層厚を検索範囲 $\pm 80\%$ の範囲で探索した。

解析結果を図4に示す。図4上に観測分散曲線とGAで得られた最適地盤構造モデルの理論分散曲線を示す。図4下にはGAで得られた最適地盤構造モデルを示す。アレイ3については、観測分散曲線とGAによる理論分散曲線の一致度が低いため今後の検討課題であるが、アレイ1、アレイ2については、観測と理論の分散曲線はよく一致している。このアレイ1、アレイ2における最適地盤構造モデルを見ると、250m以浅部分では違いがみられるものの、深部地盤(250m以深)では、ほぼ同じ構造モデルであることがわかる。

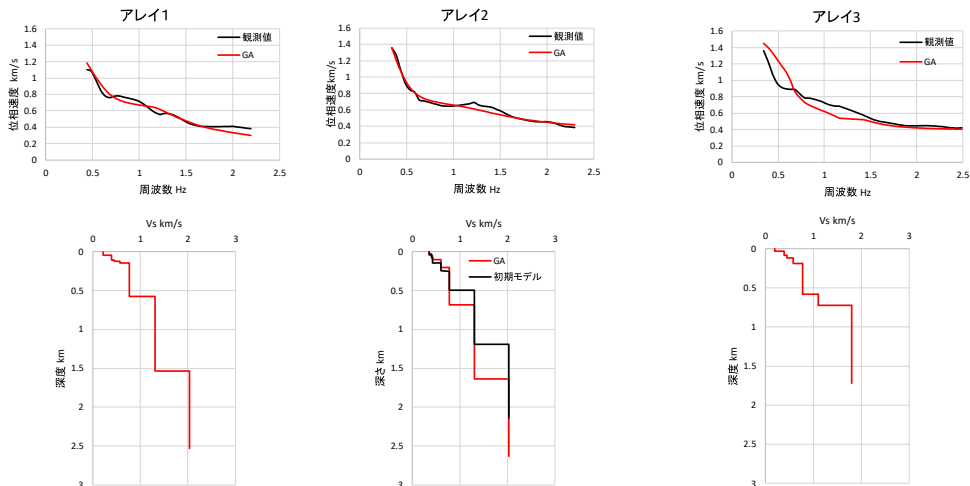


図5 アレイ1、2、3地点における(上)逆解析結果と(下)推定された最適地盤構造モデル

4.3 単点微動観測結果

アレイ1、2、3の間を補間する形で単点微動観測を実施し、各点のH/Vスペクトル比を算出した。図5にその一例を示す。1 Hzより低周波は、微動のパワーが小さいため分析範囲外とする。アレイ1とアレイ2の間のA1～A8観測点の内、A1点とA5点のH/Vスペクトルを見ると、2 Hz付近に明瞭なピークが見られ、それよりも高周波数帯域は徐々に振幅が小さくなる特徴となっている。アレイ2とアレイ3の間のB1～B13観測点のうち、B1とB5の観測点のH/Vスペクトルを見ると、B1は2 Hz付近で明瞭なピークが見られるが、B5地点では、ピークが明瞭でなくなっている。この傾向は、B5より南側でも同様であった。このことは、A1～A8地点およびB1付近までは近似した浅部地盤構造であるが、それより南側では浅部地盤構造の特徴が変化している可能性を示唆していると考えられる。詳細については、今後分析を行う予定である。

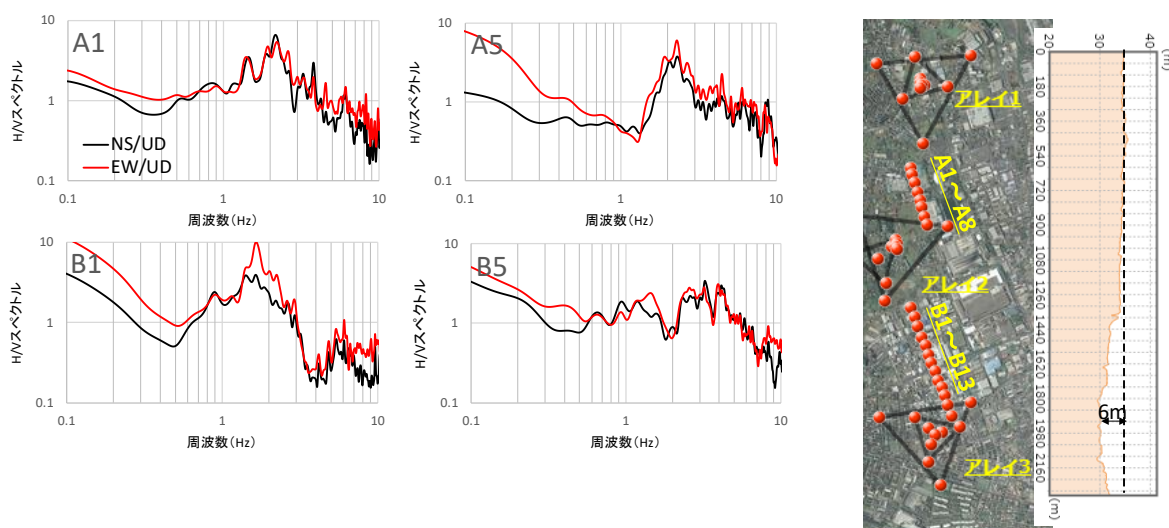


図6 単点微動観測から算出されたH/Vスペクトル比

5. まとめ

神奈川県東部に位置する「秦野―横浜構造線」にて、微動アレイ探査および単点微動観測を実施し、地盤構造の推定を行った。その結果を以下にまとめる。

- (1) 微動アレイの3地点での分散曲線は、局所的な違いは見られるものの、きわめて大きな変化は見られなかった。
- (2) 現況での地盤構造では、北部と南部では違いがみられるが、さらに精度の良い解析が必要である。
- (3) 表層地盤の影響がみられるH/Vスペクトルでは、南部では表層地盤が変化することが示唆される。

参考文献

- 1) 町田洋, 南関東における第四紀中・後期の編年と海成地形面の変動. 地学雑誌, No.82, 53-76, 1973
- 2) Tada, T., I. Cho, and Y. Shinozaki, Analysis of Love-wave components in microtremors, Proc. 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Center for Urban Earthquake Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2010.
- 3) Cho, I., T. Tada, and Y. Shinozaki, A new method to determine phase velocities of Rayleigh waves from microseisms, Geophysics, 69, 1535-1551, 2004.
- 4) Cho, I., T. Tada, and Y. Shinozaki, Centerless circular array method: Inferring phase velocities of Rayleigh waves in broad wavelength ranges using microtremor records, J. Geophys. Res., 111, B09315, doi:10.1029/2005JB004235, 2006.