

III-51

微動アレイ観測による八戸市内の地下構造の推定

八戸工業大学 ○学生会員 渡辺 健志
八戸工業大学 小野 雄司
八戸工業大学 坂尻 直巳

1. はじめに

ある地域の強震動を予測する上で最も重要なことは、対象とする地域の地盤構造を把握することである。2002年三陸沖北部の想定震源域について、その地震を想定した強震動評価が公表（地震調査委員会：文科省2004年）されているが、その中で「青森県の東側においては、浅い地盤構造のデータが乏しいため、地形分類にもとづいて概略評価がなされた」としている。現在までに約10地域の構造探査を実施してきたが、測定面積は非常に狭い範囲である。そこで、より詳細な強震動予測のための基礎資料として活用可能な3次元速度構造を求める事を目的として微動アレイ観測による地下構造探査を実施した。今回実施した地域は現在まで調査が行われなかった地域、過去に実施されても失敗に終わった地域である。ここでは、2005年に実施した結果と過去のデータの再解析結果について報告する。

2. データ・解析

図1に観測点の地図を示す。2005年に実施した地区は、八戸ニュータウン内の白山台小学校グラウンド、八戸市立病院付近の向陵高校グラウンドおよびその周辺の類家地区である。図中の合同庁舎は過去に観測された地域であり、また強震観測点でもある。地震計は



図1 八戸市地図と観測地点

PELSの上下動成分4台を固有周期8秒に調整して用いた。記録計は白山工業製のLS8000SHで、サンプリング周波数100Hzで観測した。地震計の配置は図2に示されているように、半径Rの円周上の正三角形の頂点に3点、円の中心に1点配置した。1回の観測時間は約20分、人工的振動の少ない夜間に行った。アレイ半径は

10m・20m・40m各2回ずつ観測を行った。観測された記録の例を図3に示す。観測された記録を約20秒（2048ポイント）のいくつかの小区間に分割し、それぞれの空間自己相関を計算して平均値をとって全体の空間自己相関関数としている。

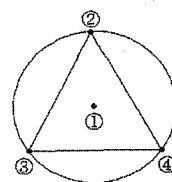


図2 地震計の配置

この空間自己相関関数

を $\rho(f, r)$ とすると、 $\rho(f, r) = J_0\left(\frac{2\pi f}{c(f)} r\right)$ となる。

ここで、 $J_0\left(\frac{2\pi f}{c(f)} r\right)$ は0次のBessel関数（Aki, 1957）

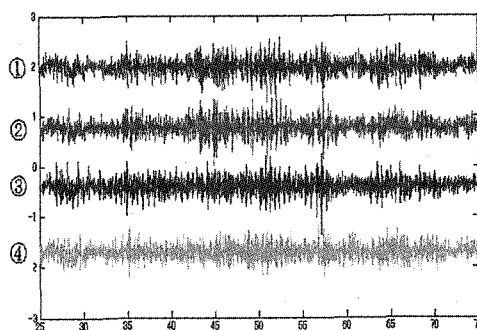


図3 観測記録の例（白山台小学校）

ある。ここで、 f ：周波数、 r ：地震計間の距離、 $c(f)$ ：位相速度である。上記の式から f を固定して位相速度 $c(f)$ を推定する。図4に白山台小学校の記録から得られた相関係数を示す。図の縦軸は規格化された相関係数、横軸は周波数を示す。図中のグラフの数字は地震計間の距離を示している。これらを見ても分かるように、地震計間の距離が短くなるほど短周期側まで相関が良いことが分かる。ここで、周波数 f を固定すると、 $\rho(r)$ は r の一価関数であるから、多くの r について $\rho(r)$ が求められていると、それに $J_0(Ar)$ に当てはめることによって位相速度を求める。

ここで、 $A=2\pi f/c(f)$ である。これを、各周波数ごとにいき、位相速度を求める。このようにして求められた位相速度はレーリー波の基本モードのものであり、これは観測点直下の地下構造を反映している。

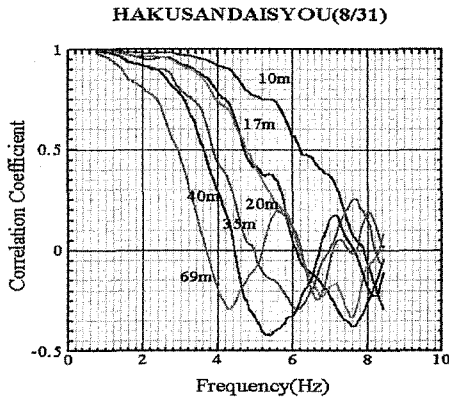


図4 相関関数

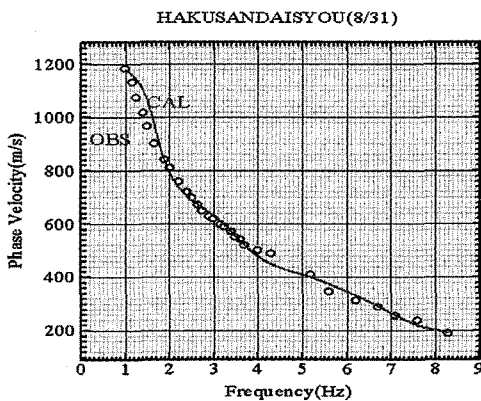


図5 求められた位相速度の例

丸印：観測から求められた位相速度
実線：理論曲線

この位相速度を用いて逆解析することによって地下構造もとめた。表面波の位相速度から地下構造を推定する方法（逆解析）にはいくつかの方法があるが、ここではGA（遺伝的アルゴリズム）を用いた。計算には、4層構造を仮定し、パラメータとして層厚 $H_1 \sim H_3$ 、S波速度 $V_1 \sim V_4$ の7個を与え、各層の密度、P波速度は次式でS波速度と連動させ、密度については各層で一定値とした。

$$V_p = 4.096 \times V_s^{0.699} : V_s \geq 800.0 \text{ m/s}$$

$$V_p = 19.1113 \times V_s^{0.699} : V_s < 800.0 \text{ (工藤より)}$$

図5の実線はGAによって求められた構造モデルから計

算された理論分散曲線である。

3. 結果

観測値とGAを用いた逆解析から求めた結果との間はかなり良い一致が見られる。このような分散曲線を与える構造を、この地域のS波速度構造とした。SPAC法によって求められる最大周波数と最少周波数はアレイ半径に依存する。求められる表面波の波長はおおよそアレイ半径の2倍以上10倍程度（宮腰、1995）とされている。しかし、条件の非常に良い場合には、20倍近くにもなるようである。従って、白山台の場合、最少半径10m、最少位相速度が180m/s、よって8Hzまでが求められる最高周波数である。また、最大地震計間隔は69mである。今回、1Hzで1.2km/sまで求められているが、この値は限界を僅かに超えているが、相関関数とベッセル関数とのfittingが非常によく、位相速度も無理なく求まっているため、この値を採用した。図6に今回の観測によって求められたS波の速度構造と過去のデータの再解析の結果を示す。今回の解析ではまだ基盤には到達していない。今後、さらに大きいアレイ半径のデータを解析する予定である。

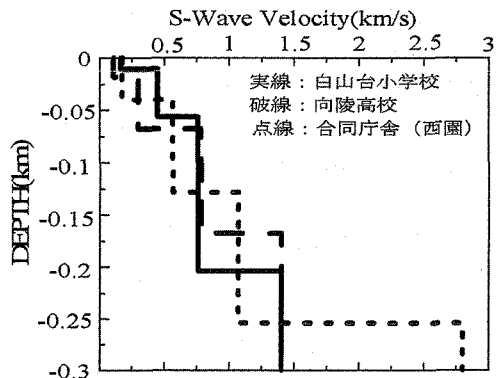


図6 S波速度構造モデル

参考文献

- Aki, K., Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremor, B. E. R. I., 1957.
- 凌魁群、微動に含まれる表面波の位相速度の推定に関する研究、北大理学位論文、1994.
- 宮腰研、微動探索法による表面波位相速度推定の基礎的研究、北大理学位論文、1995.
- 山本英和、3成分空間自己相関法による微動に含まれる表面波の位相速度の推定に関する研究、北大理学位論文、1998.
- 山中浩明・石田寛、遺伝的アルゴリズムによる位相速度の逆解析、日本建築学会構造系論文集、468、1995.