

微動探査法における中心点のない円形アレイ構成の提案と適用

Application of a circular array without a central sensor to an exploration method using microtremors

長 郁夫[1], 篠崎 祐三[1], 畑山 健[2], 座間 信作[2]
Ikuo Cho[1], Yuzo Shinozaki[2], Ken Hatayama[3], Shinsaku Zama[4]

[1] 東理大・工・建築, [2] 消防研

[1] Architecture, Faculty of Engineering, Science Univ. of Tokyo, [2] Architecture, Science Univ. Tokyo, [3] Natl. Res. Inst. Fire & Disaster, [4] Fire Res. Inst.

要旨 中心点のない円形アレイデータを用いる分散曲線解析手法を開発した。アルゴリズムは、空間自己相関法(SPAC法)を解釈し発展させた Henstridge(1979)に基づく。適用性の検討のため構造が既知のテストサイトでアレイ観測(半径 $r=15m, 5m$)を実施した。解析された分散曲線は理論分散曲線と良く一致した。

1. はじめに。SPAC法は有効な分散曲線解析手法だが、中心に1点と円周上に3点というアレイ形状のため観測が困難なこともある。不規則形状のアレイも提案されているが(凌・岡田, 1993), 適用には等方性の仮定が必要となる。我々はHenstridgeの理論に基づいて中心点のない円形アレイ構成に適用できるアルゴリズムを開発し適用性を検討した。これを以下に報告する。

2. アルゴリズム。微動 $z(r, \theta, t)$ をに関してフーリエ級数展開した場合の m 次フーリエ係数 $y_m(r, t)$ の分散は、周波数領域では第1種 m 次ベッセル関数 $J_m(rk)$ の2乗とパワースペクトルとの積になる。したがって $0, 1$ 次フーリエ係数の分散をフーリエ変換して比をとれば、 $J_0(rk)^2/J_1(rk)^2 (=F(rk))$ と定義)となる。一方、 m 次フーリエ係数 y_m は、観測から直接推定できる量である。つまり円周上の記録に $\exp(-im\theta)$ の重みをかけて方位積分すれば良い。時刻歴 y_0, y_1 の分散のフーリエ変換、すなわち y_0, y_1 のパワースペクトルを推定して比をとれば $F(rk)$ となるはずだから、逆関数 $\{F(rk)\}^{-1}$ から $k(\theta)$ を求めれば分散曲線が得られる。

観測では有限個(N)のセンサーが円周上に等間隔に配置されるから、空間的サンプリングが方向に離散化されることになる。解析可能なフーリエ係数 y_m の最高次数は $m=N/2$ となり、それ以上の高次成分は折り返されてエリアジング誤差となる。微動の到来方向と広がりを仮定してこのエリアジングの影響を理論計算すると、等方的な到来ならば、 $N=3$ で充分と予測される。到来方向にまったく広がりが無い場合はエリアジング誤差が大きくなるが、 $N=5$ とすれば問題はないようである。

3. 観測と解析 PS 検層データのあるサイトを選び、関東近郊の3箇所(半径 $r=5m, 15m$)を実施した。円周上にはセンサーを5点配置した。SPAC法の適用結果との比較のために、中心点にもセンサーを配置した。センサー数の相違による解析結果の相違を調べるために、1箇所では円周上にセンサーを3点配置したアレイも同時に展開した。サーボ型速度計で(アレイにより加減衰・動コイル型加速度計で)100Hzサンプリング、30-40分間記録した。解析された分散曲線は、各観測点の構造に水平多層を仮定して理論計算したレーリー波基本モードと $2.5r-3r$ から $20r-30r$ の波長帯域で良く一致した。データ区間を変えて解析結果のばらつきを調べたところ、SPAC法の適用結果よりも若干ばらつきが大きかったが、顕著な相違ではなかった。円周上に3点しか配置していない場合でも、解析された分散曲線は理論値と良く一致し、ばらつきは特に大きくはなかった。

4. まとめ 中心点のない円形アレイデータを用いる分散曲線解析手法を開発し、構造が既知のテストサイトで得たアレイデータに適用した。その結果、 $2.5r-3r$ から $20r-30r$ にわたる波長帯域で適正な分散曲線が得られた。

謝辞 埼玉県環境科学国際センターの松岡達郎氏に観測点を紹介して頂いた。同氏には観測点の地質について丁寧にご教授頂き貴重なPS検層資料もお借りした。東京都土木技術研究所からPS検層資料をお借りした。同研究所の中村正明氏、岡田佳久氏には資料の見方について詳細な説明を頂いた。微動アレイ観測には東京理科大学篠崎研究室の学生諸氏の協力を得た。ここに謹んで感謝の意を表します。

参考文献 [1]Henstridge, J. D., Geophysics, 44, 179-184, 1979. [2]凌・岡田, 物理探査学会学術講演会論文集, 44-48, 1993.