

2点同時観測に基づく空間自己相関法の短周期領域における適用性の検討

Applicability of 2sSPAC method to microtremor

盛川 仁[1], 宮腰 研[2], 趙 伯明[2], 岡 秀樹[1], 澤田 純男[3]

Hitoshi Morikawa[1], Ken Miyakoshi[2], Boming Zhao[3], Hideki Oka[4], Sumio Sawada[5]

[1] 鳥大・工・土木, [2] 地域地盤環境研, [3] 京大・防災研

[1] Dep. of Civil Eng., Tottori Univ., [2] G.R.I., [3] G.R.I, [4] Dept. Civil Engrg., Tottori Univ., [5] DPRI, Kyoto Univ.

空間自己相関法(SPAC法)に基づく位相速度の推定法のなかでも, 2点間の同時観測のみで推定可能な2点空間自己相関法(2sSPAC法)の短周期領域での推定精度を議論するものである。従来, 短周期領域の微動は時間的な定常性が確保できないために2sSPAC法の適用は適当ではないと考えられてきた。本研究では, その点について実観測記録に基づき実証的な検討を行う。その結果, 非常におおまかな地盤構造であれば, ある程度は推定可能であり, 観測の容易さを考慮すると十分に有効な手法であることがわかった。

1. はじめに

微動のアレー観測記録から, 位相速度を求め, 地盤構造を推定する試みは多数行われているが, 特に, 4点以上の同時観測記録を用いた周波数-波数スペクトル(F-K)法(Capon 1969)や空間自己相関(SPAC)法(Aki 1957)は精度の良い位相速度の推定法として, しばしば利用されている。

SPAC法は同時に観測された2観測点間の空間自己相関係数を求め, 同じ距離だけ離れたすべての観測点間の組み合わせに対して方位平均をとり, その関数がBessel関数になるという性質を使って位相速度を決定するというアルゴリズムである(岡田ほか 1990, 松岡ほか 1996)。従って, 同じ距離だけ離れた2点間での同時観測を, いろいろな方角に対して繰り返し実施することにより, 7点同時観測と同様の精度で位相速度を推定可能である(Morikawa et al. 1999)。

この手法によれば限られた機材と人員のもとでも精度良くレイリー波の位相速度を推定できるようになる。また, 水平動/上下動スペクトル比(H/V)に基づく地盤構造推定のための観測に際して, 固定点を1ヶ所追加するだけで位相速度の推定が可能となるなど, その応用範囲は非常に広いものと期待される。しかし, このような2点同時観測に基づくSPAC法(以下では, 2sSPAC法と呼ぶ)は波動場の確率論的特性が時間的にあまり変動しないことを前提としている。そのため, 波動場の時間的変動が比較的少ない1秒以上のやや長周期領域では良い結果を示すものの, 短周期領域では必ずしも安定した結果が得られるとは限らないことが指摘されている(Morikawa et al. 1999)。

本研究では, 2sSPAC法によって, 短周期領域での位相速度がどの程度推定可能であるかという点について, 実際の観測記録に基づいて検討を行うものである。

2. 観測場所及び観測方法

観測は, 京都盆地の東に位置する京都大学の吉田キャンパス内で1998年11月16日から18日にかけて実施した。吉田キャンパスは道路によって, 3つエリアに細分されており, 便宜上, 南から順に吉田(YSD), 時計台(TKD), 北部(HKB)と呼ぶ。キャンパス内各エリアは, それぞれ順に16日, 17日, 18日に観測を実施している。各エリアには, 固定点を設置し, 移動点は各エリアごとに約120m間隔の千鳥配置とした。移動点については, 2組の移動観測班により, 各班が随時, 記録を収録して移動する, という作業を繰り返した。

すべての観測点で, 固有周期を8秒にあわせた速度型換振器PELS-73(振動技研製)を用いた。記録は, すべて100Hzのサンプリング周波数で20分間にわたって3成分の速度波形を14bitデジタルレコーダに収録した。その際, 10Hzのカットオフを有するローパスフィルターを通過させ, 増幅機によって1000倍に増幅している。また, GPS時計を用いて刻時信号を記録して, 十分な精度で記録の同時性を確保した。

アレーは固定点を中心として半径100m~3000m程度の範囲で, YSDでは2種類, TKD, HKBでは3種類の三角形を選んだ。特に, TKDとHKBでは最小半径を有するアレーについては同じ位置で方向が異なる2種類の三角形をとっ

た。これにより、2sSPAC 法によって推定された短周期領域での位相速度の推定精度を検討する。

3. 結果

2sSPAC 法を適用するにあたっては、微動の時間的な定常性がもっとも重要な要素となるが、観測を平日の昼間に実施したために、観測地点の周辺を多くの人や自動車が頻繁に通過するという、極めて悪い条件下での観測となった。100m 程度しか離れていない2地点間で、3秒以上の長周期成分の波群の対応を目視によってさえも確認することができないほど、2点間のコヒーレンスが悪い記録も存在した。また、短周期領域では、アレー内に震源を有する波が多く含まれるものと考えられ、厳密な議論は困難であるが、2sSPAC 法に基づく解析によって得られた結果より以下のような知見が得られた。

(1) 短周期領域での 2sSPAC 法の安定性を検討するためにおこなった、場所と半径は同じで、方向が異なる二つのアレーの解析結果より、厳密な構造推定を行うことは不可能であるものの、事前に得られている他の知見等との整合性を考慮することで、おおよその推定は可能である。

(2) 移動観測を行う際の観測毎の時間差が大きくなり過ぎると、空間自己相関係数の推定値が著しく不安定となって、正しく位相速度を推定できない場合がある。

(3) 異なる半径の複数のアレーより、位相速度の分散曲線は周期に対して連続的に求められた。これよりおおざっぱに構造を推定には、2sSPAC 法でも有効であることがわかる。

観測では、京都大学防災研究所の赤松純平助教より機材を拝借した。

Capon (1969), Proc IEEE, 57, pp.1408-1419.

Aki (1957) Bull. Earthq. Res. Inst., 35, pp.415-456.

岡田ほか(1990), 物理探査, 43, pp.402-417.

松岡ほか(1996), 物理探査, 49, pp.26-41.

Morikawa et al. (1999), Proc. of 2nd Int'l Conf. on Earthquake Geotech. Engrg, pp.119-124.