高次モードを考慮した空間自己相関係数に基づくS波速度構造の合理的推定

東京工業大学大学院

福井大学大学院

○学生員

正会員

野寄

小嶋

真徳

啓介

1.はじめに

常時微動のアレイ観測に基づいてS波速度構造を推 定する場合,通常は基本モードが卓越しているとして Rayleigh 波の位相速度を求めてから推定を行っている. しかしながら,扇状地などの表層が比較的硬い地盤に おいては,観測される微動に高次モードが卓越し,位 相速度が求められない場合がある.そこで本稿では, 高次モードを考慮した空間自己相関係数からS波速度 構造を推定する方法を提案し,モデルおよび実地盤に 適用した結果を考察する.

2. 空間自己相関係数に基づくS波速度の推定法

アレイ観測→2)空間自己相関係数(SPAC係数)の算定 →3)位相速度曲線の設定→4)S波速度構造の最適化と いう手順で行われることが多い.しかし,高次モード が卓越する場合,位相速度を求めることが難しい場合 があり,S波速度の算定を目的とする場合は,位相速 度の設定が不必要であるとの立場から,上記の方法を 以下のように修正する.観測されたSPAC係数には高次 モードの影響が混入していると仮定し,それ自体をタ ーゲットとする.S波速度を仮定したモデル地盤につ いて,相対振幅(Medium Response/波数)による重み 付けによりモードごとの理論SPAC係数を重ねあわせ て理論SPAC係数を算定する.観測および理論SPAC係 数の誤差を最小とする層厚およびS波速度の最適化を 行う.なお,最適化には遺伝的アルゴリズムを用いた.

3.モデル地盤への適用

図-1の□で示す2つのモデル地盤を想定し,求めら れたSPAC係数を観測値とし,最初に設定したS波速度 構造が未知として逆解析を行う.なお,SPAC係数の算 定には齋藤によるCompound Matrix法を用いた.位相速 度からSPAC係数を算定する際に,大中小の正三角形ア レイによる微動観測が行われていることを想定し,6種 類の半径に相当する観測SPAC係数を算出した.



図-4 推定精度の比較

Casel は後背湿地などの軟弱地盤を想定しており,表 層からS波速度が漸増する地盤を想定している.図-2 のプロットは半径 50m に対応する SPAC 係数である. 観測値が基本モードのみ(左)と高次モードが含まれて いている(右)場合を想定し,初期モデルとして層厚を正 解の 80%としてその推定を行った.図-2 の細線と太線 は,初期および最適モデルによる理論値である.基本

keywords:常時微動, SPAC法, 高次モード

連絡先 〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学研究科 0776-27-8592

モードの場合も高次モードを考慮した場合も, 観測値 を完全に再現できていることが確認できる.

Case2 は表層が硬く, 逆転層が存在する地盤を想定し たものであり, 図-1 に示す速度構造から算定される高 次モードを考慮した SPAC 係数が観測されているもの とする. 初期モデルとして, 正解値よりも層厚は 20%, S波速度は 5%少ない値を与え, それらの推定を行った. 図-3 は半径 50m に対する SPAC 係数の比較である.当 然のことながら, 基本モードのみしか考慮しない場合 には, 低周波数領域を除いて, 観測値の再現性は低い.

図-1の黒線と灰色線は高次モードを考慮した場合と しない場合の最適モデルを示している.また図-4 は推 定精度を示している.層厚とS波速度ともに未知とし た Case2 では,推定精度がやや低いが,どちらのケース でも推定精度は高次モードを考慮した推定の方が勝っ ている.高次モードを考慮しない場合は,深い層の精 度が低い傾向が認められる.別途行ったモードごとの SPAC 係数のS波速度および層厚による感度分析から, 下層のパラメータの影響は基本モードよりも高次モー ドで大きいことが確かめられている.以上の結果から, S波速度構造の推定精度を改善するためには,高次モ ードを考慮することが有効であるように思われる.

4.実地盤への適用

図-5と表-1は三方断層を挟んだ美浜町と若狭町で実

施したアレイ観測地点 を示している.隆起側に 位置する美浜町は,段丘 や扇状地で形成されて いて,比較的硬い地盤を しているのに対し,沈降 側の若狭町は,軟弱な三 角州や氾濫源が広がっ ている.

4 か所の観測点のうち, 美浜町の観測点1は扇状 地,2は後背湿地であり, 若狭町の観測点3および



表−1 アレイ観測点の概要

観測点番号	観測点	微地形区分	アレイ半径(m)
1	弥美小学校(美浜町)	扇状地	5,15,40
2	美浜町民広場(美浜町)	後背湿地	5,15,40
3	縄文博物館(若狭町)	三角州	4,12,36
4	鳥浜公園(若狭町)	三角州	4,12,30





4は三角州である.

図-6と7は観測点1および2のアレイ半径 R=26m と 40mの観測 SPAC 係数と,最適S波速度構造による理論 SPAC 係数の比較である.扇状地にあたる観測点1では 高次モードを考慮した推定を行った方が,基本モード のみの推定よりも再現性が高いのに対し,軟弱な観測 点2では,基本モードのみを考慮した方が再現性が高 い.また図-8は推定されたS波速度構造である.図中 の点線は従来の位相速度をターゲットとした推定結果 である.位相速度は基本モードを仮定して求めている ため,位相速度に基づく推定結果と基本モードのみを 考慮した空間自己相関係数に基づく推定結果は近い.

5. あとがき

本報告では、アレイ観測から算出される SPAC 係数 は、相対振幅による重み付けによる理論 SPAC 係数に相 当するとの仮定の下でS波速度の推定を行った.しか しながら実測例には、この仮定が当てはまらない場合 もあるようであり、今後、構造が明らかな多くの地点 でその妥当性を検証していく予定である.

参考文献:池田達紀他, SPAC 法における異なる相関距離を考慮したマルチモード解析,物理探査 64 巻,2011.