

## SPAC法の一般化とCCA法の開発について On the generalization of the SPAC method and the development of a CCA method

長 郁夫<sup>1\*</sup>  
CHO, Ikuo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>産総研

<sup>1</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

### はじめに

微動アレイ探査法は常時微動のアレイ観測で得られるレーリー波位相速度の分散データに基づく地下構造推定法である。いわゆる表面波探査のように人工振源を必要とせず、数m程度のごく浅部から数kmまでの大深度に至るまで手軽に探査できる。位相速度の解析法には大別して Spatial Autocorrelation Method (SPAC法) [Aki, 1957] と FK法 [Capon, 1969] がある。FK法では任意形状のアレイが利用されるが、SPAC法は標準的には「円形アレイ」に限定される [Okada, 2003]。しかし地震計数や解析可能波長帯域を考慮した総合的な解析効率では FK法よりも優れる [Okada, 2003]。さらに SPAC法には本来2点アレイを適用できる可能性があり [Aki, 1957]、この10年間にそれが再評価されてきた。例えば、Chavez-Garcia et al. [2005] や Extrom et al. [2009] は、長時間データを利用すれば2点 SPAC法を適用可能なことを実証している。このような背景により、近年は SPAC法のほうが良く使われるだけでなく、適用性の理論検討や様々な拡張がなされている。

### SPAC法の一般化とCCA法の開発

著者らの場合、Henstridge[1979]に基づいて Akiの SPAC法の理論を一般化した [Cho et al., 2006]。すなわち定常確率過程論に基づいて3成分円形アレイの解析法を一般的に記述した。この理論は、レーリー波の位相速度や楕円率、レーリー波とラブ波のパワー比等を効果的に抽出するための解析手法を生み出すための基礎となった。ラブ波の位相速度をレーリー波と完全に分離して抽出する方法を生み出すための基礎となった。2点 SPAC法(2点干渉法)の適用条件や最適な観測時間を厳密に理論検討するための基礎となった。

Centerless Circular Array (CCA)法は、この一般理論に基づくレーリー波位相速度解析ツールの1つである。不規則に配置した3個の地震計で構成されるアレイへの適用性を最大の特徴とする。また、長波長の解析性能に優れるという特徴もある。解析性能を低下させるファクターとしての SN比の評価法やノイズの補正法も検討している。

本発表の前半では微動アレイ探査の概略に触れた上で、以上の経緯を述べる。

### 浅部探査のための極小アレイ解析の開発

後半は、CCA法を基礎とする「極小アレイ解析」について報告する。極小アレイ解析とは、ごく小さいアレイ(半径1m以下)を用いた10~15分程度の微動観測で地表から数10m、時として100mを超える深さに対応する分散データを取得するための方法である。解析結果の品質管理のための指標も得られる。この1年は、極小アレイ解析の実用化のために次の課題に取り組んだ。すなわち、(i) 微動強度が低い場合十分な SN比が得られず目的深度に対応する長波長を解析できないケースがあるが、一般に解析結果の品質が悪く信頼性が疑わしい場合にどう対応すれば良いか? (ii) 速度構造推定は一般に非一意であり、その対応として先験情報が必要となる。しかし変化に富む浅部ではごく近接地点の情報が必要となるので結局はデータがない場合が多い。諸々の情報を補間して先見的なモデルを作るのは相当骨が折れる作業であり、微動探査の「簡易性」というメリットが損なわれる。地下構造推定まで含めた探査効率の追求のためにはどうすれば良いか?

極小アレイの観測例を増やしつつこの問題の対処策を検討した結果、(i)については、補足的に小半径(半径数m~10m程度)の3点不規則アレイを追加すればそれほど観測効率を下げずに対処できることが分かってきた。(ii)については、分散曲線に簡単な変換式を適用して S波速度の深度分布に変換する昔ながらの Simple Profiling Method (SPM) [e. g., Heukelom and Foster, 1960] で客観的なイメージを得、引き続き簡単な処理— H/V 深度変換 [長他, 2013] および Simplified Inversion Method (SIM) [Pelekis and Athanasopoulos, 2011] — で分解能を向上することにより、かなりの効果を上げられることが分かった。

上記の解析プロセスを自動化できれば、微動探査の最大のメリット「いつでもどこでもデータを取得可能」に「誰でも、大量でも解析可能」が加わり、微動探査分野でも「ビッグデータ」に対応できるようになる。現在、データ解析区間の自動判別に加え、精度向上の余地はあるが分散データおよび H/V 深度変換の自動読み取りアルゴリズムの開発が終了したところである(長他, 本大会; 先名他, 本大会)。こうして得られた極小アレイ解析で S波速度2次元断面を半自動で描き出す解析ツールは、公開中の解析ソフト BIDO (<https://staff.aist.go.jp/ikuo-chou/bidodl.html>) の拡張版として公開する予定である。

謝辞 前半の成果の多くは多田卓博士、篠崎祐三教授との共同研究で得られた。後半の成果の多くは先名重樹博士および防災科学技術研究所および微動の会有志の方々との共同研究で得られた。

SSS35-01

会場:502

時間:5月2日 14:15-14:35

キーワード: 微動, 速度構造, 表面波, 位相速度, 探査, アレイ

Keywords: Microtremor, velocity structure, surface waves, phase velocity, exploration method, array