

# 表面波探査における地震計間の距離と探査深度

— チェーンアレー探査の微細構造探査 —

ジオックスコンサルタント株式会社 ○林 久夫  
 復建調査設計株式会社 高木 俊男 上熊 秀保  
 株式会社STORY・東北大・中央大・大阪公立大 原口 強

## 1. はじめに

物理探査の適用に際しては、目的に沿った探査法とその手法を、熟知しておく必要がある。

今回、チェーンアレー探査(微動アレー探査)の微細な構造探査について発表する。

## 2. 空間自己相関法(SPAC 法)

SPAC 法は、中心及び同心円の円周上に等間隔に微動計を配置・観測し、アレーの中心点と円周点間の相関性を全周平均して SPAC 係数を求め、その逆関数から位相速度を求める方法である。

岡田(2001)<sup>1)</sup>は、円周点が最少3点(中心及び円に内接する正三角形の頂点)で、表面波の分散特性を抽出できることを証明した(図-1)。

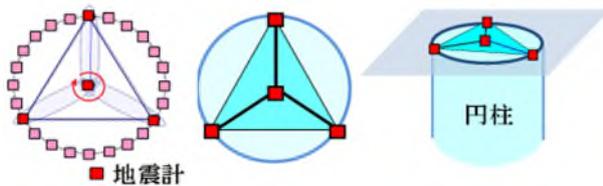


図-1 SPAC 法地震計配置, 探査範囲

## 3. チェーンアレー探査

岡田(2008)<sup>2)</sup>の「半円形アレーを線状に配列した測線上での同時観測により、特定の層の地域性や連続性についての考察が容易な2次元断面が得られることになる」との提案に沿って、ジオックスコンサルタント(株)が、始めた。チェーンアレー探査は、SPAC 法のアレーを連続的に配列し、2次元構造を成果とするものである(図-2)。

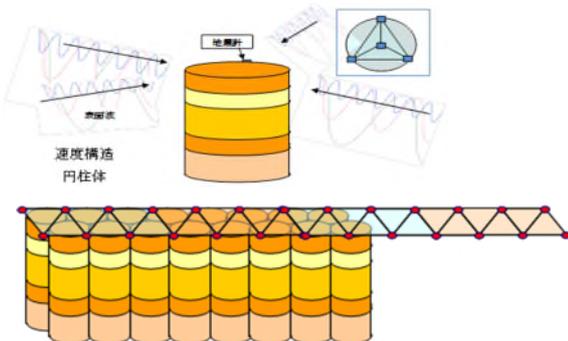


図-2 チェーンアレー探査法の概要

## 4. 分散曲線

### (1) 地震計間(X)と分散曲線

図-3に示すように、分散曲線は、基本的に2つ地震波から1つの分散曲線を求める。解析で得た速度構造は、2つ

の地震計間距離(X)の平均速度構造となる。そのため微細構造を検出するため場合、地震計間を小さく、探査深度が深い手法が、目的に沿うことになる。

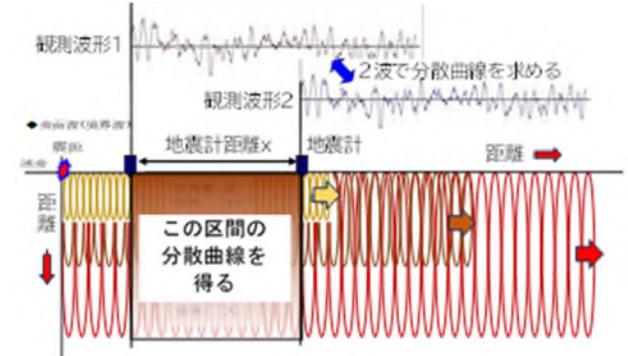


図-3 地震計間距離と分散曲線

### (2) 地震計間距離と最大波長

宮腰研他(1996)<sup>3)</sup>は、アレー最大半径を R, 最小半径を Rmin とすると、SPAC 法の推定可能な波長範囲( $\lambda$ ), 深度(d)は、次の通り記している。

$$2R_{min} \leq \lambda \leq 10R \quad (R_{min} \leq d \leq 5R)$$

SPAC 法では、地震計間距離より深い深度の速度構造が得られることを示している。

図-4に示すように、地震計間(X)の距離が大きい地震計配列では、微細な構造の検出は難しい。

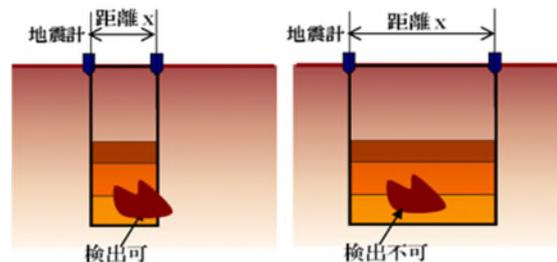


図-4 地震計間(X)の距離と微細構造の検出

## 5. 微細構造の探査

微動アレー探査の手順は、次の通りである。

- ①地盤(振動)⇒地震計(電気信号)
- ②地震計(電気信号)⇒アナログ⇒デジタル
- ③データ処理(解析)。

「地盤⇔地震計」の作業、地盤振動を忠実に記録することが、最も大事と考える。データが「良くなければ、どんなに高度な処理をしても、最善の解析を得ることはできない。

### (1) ハドルテスト(地震計の特性)

すべての地震計特性が同じでなければ、波形の高い相関が得られない。ハドルテストによる地震計のチェックは極めて重要である(図-5)。

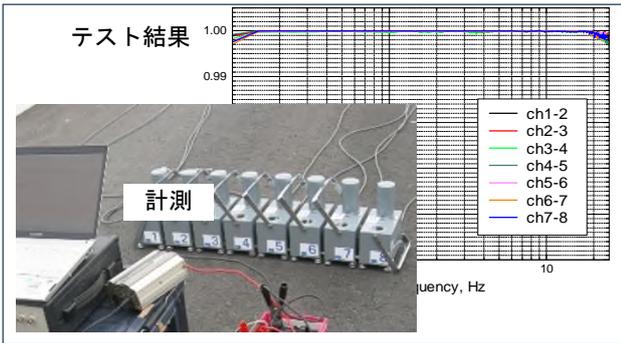


図-5 ハドルテストの例

## (2) 地震計の設置

地震計は、地盤振動を忠実に電気信号に変換しなければならない。台座を用いるなど、地盤振動が、地震計に伝播するように工夫する(写真-1)。地盤振動の地震計への伝達は、きわめて繊細であることに注意が必要である。



写真-1 地震計の台座、地震計の設置

## (3) 波形モニター

解析に用いるすべての地盤振動を記録する。

計測時、リアルタイムのモニター監視を行い、装置トラブルやノイズ入力に注意する。波形の異常を検出しやすいように、8波形を重ねて表示することができる(図-6)。

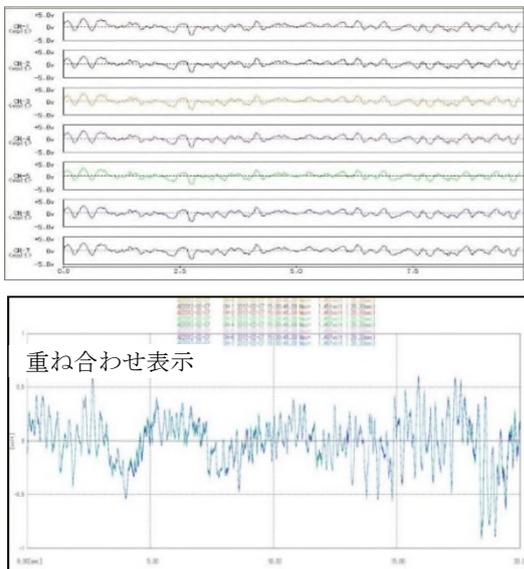


図-6 リアルタイムモニター

## 6. 探査例

### (1) 防空壕の探査

関東ローム層内の防空壕を探査したものである<sup>4)</sup>。地震計間距離(辺長)は2m, 探査深度は15m 以上である。微細な速度構造を得ている。低速度のゾーンでボーリングを行い、防空壕を検知した(図-7)。

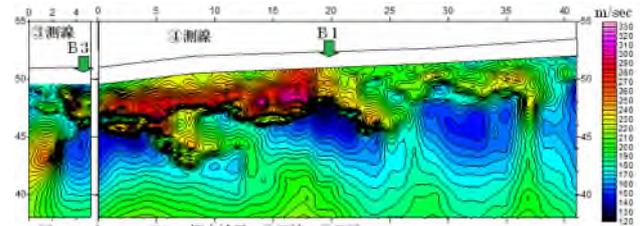


図-7 防空壕探査(神奈川県)

### (2) 阿蘇カルデラ内の陥没構造

阿蘇市の陥没の構造を探査したものである<sup>5)</sup>。地震計間距離(辺長)は2m, 探査深度は15m を得た。陥没ゾーンには、低速度が分布している。

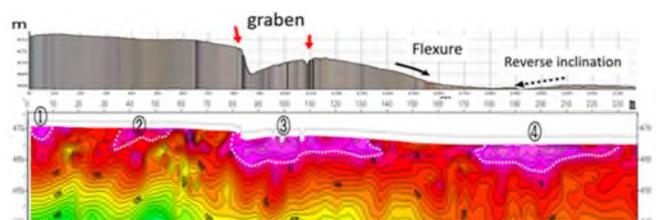


図-8 陥没ゾーンの構造探査

## 7. まとめ

SPAC 法のチェーンアレー探査では、地震計間(三角形辺長)の5倍~10倍の深さの速度構造を得ている。これは、計測作業を、着実に行うことによって得た結果である。

- ・地震計特性のチェック(ハドルテスト)
- ・地震計は、地盤に一体化するように設置
- ・波形の監視(リアルタイムモニター)

表面波探査の精度の要は、分散曲線である。分散曲線を的確に抽出するためには、「地盤⇄地震計」の計測が、重要であり、地震計の注意深い設置が大事と考える。

### 《引用・参考文献》

- 1) 岡田 廣(2001): 微動アレー観測のための空間自己相関法における効率的な観測点個数に関する考察, 物理探査学会第104回学術講演会論文集, 172-176.
- 2) 岡田 廣(2008): 微動探査の現状と課題, 第3回地震防災シンポジウム「微動と地震防災」講演概要集, 物理探査学会, 7-16.
- 3) 宮腰研・岡田広・凌甦群(1996), 微動探査法における推定可能な微動中の表面波位相速度の波長範囲, 物理探査学会第94回学術講演会論文集.
- 4) 林久夫, 高木俊男, 上熊秀保(2019) チェーンアレー探査による防空壕の探査, 物理探査学会第 140 回学術講演会論文集, 47-50.
- 5) 原口強, 林久夫他(2018): チェーンアレーによる2次元微動アレー探査 日本地球惑星科学連合2018大会.