

常時微動の時間変化や到来方向に関する基礎実験

応用地質株式会社 ○大貫 隆輔, 山内 政也, 小西 千里, 辻 雅規, プラダン オム

1. はじめに

近年、微動アレイ探査は簡便に地盤 S 波速度構造を推定する手法として、2 次元・3 次元探査での活用事例が増えている。また、最近ではリアルタイムに地盤の S 波速度構造をモニタリングするシステムの構築が進められている¹⁾。微動アレイ探査では、様々な方向から到来する地盤の微小な振動（微動）を計測し解析することで、地盤の S 波速度構造を推定することができる。ただし、微動は時間とともに変動し、到来方向にも偏りがある場合があるため、時間変化や到来方向を分析することは微動アレイ探査を実施する上で重要である。

そこで、基礎実験として、長時間の微動の連続観測データを取得し、時間変化や到来方向に関する分析を行った。

2. 実験概要

本実験は茨城県つくば市、応用地質（株）敷地内で実施した。微動の収録には独立型地震探査装置 McSEIS-AT（Geometrics 社製）に固有周波数 2Hz の速度型地震計を接続したものをを用いた。アレイ配置は図-1の通り三角形とし、三角形の1辺の長さは50m 程度、中心に1台、各辺の midpoint に1台と、計7台の収録器を用いて測定した。測定期間は2022年5月16日から2022年5月19日12時までの計66時間である。

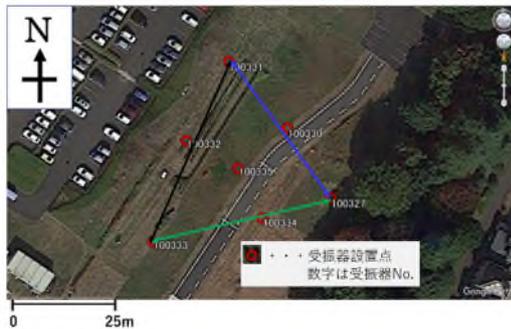


図-1 アレイ配置

3. 位相速度の推定

66時間の測定により得られた記録から三角形頂点部分にあたる100327, 100331, 100333の3台の収録器で得られたデータを用いて解析を実施した。3台の収録器から2つを選定し、各収録器におけるパワースペクトル、2つの収録器のクロススペクトルを計算した後に、測定データの相関性を示すコヒーレンスを計算した。この処理を3ペアに関して6時間ごとに実施した。図-2に5月17日における各ペアの6時間ごとのコヒーレンスの計算結果を示す。0時から6時、18時から24時までの夜間のデータはどのペアも類似した波形となっているが、6時から18時までは100327-100333のペアに関して、他の2ペアと比較してコ

ヒーレンス波形が異なる結果となった。

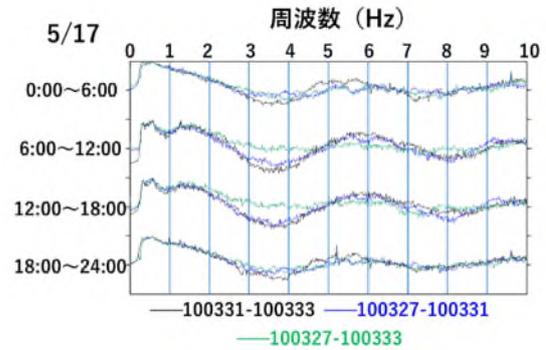
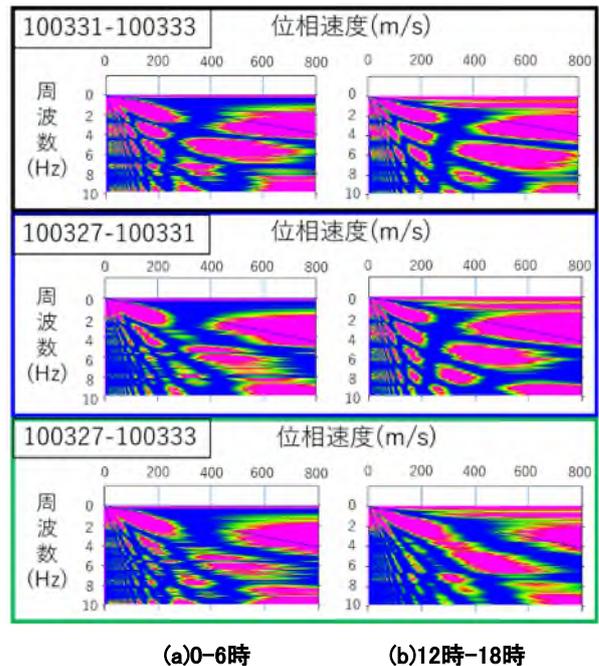


図-2 コヒーレンス波形(5月17日の記録)

図-3に各ペアにおける周波数-位相速度イメージを0時から6時、12時から18時の2つの時間帯について示す。縦軸が周波数、横軸が位相速度を示しており、青色で示しているところがその周波数における信頼性の高い位相速度値となっている。100331-100333, 100327-100331のペアは時間帯によって大きくは変わらない周波数-位相速度イメージとなっているが、100327-100333についてはコヒーレンス波形と同様に昼間と夜間で大きく異なる結果となった。

本測定は、収録器間が50m の測定であるために、周波数-位相速度イメージにおいて、3Hz の時の波長が100m となっており、それより高い周波数領域は空間的にエイリアシングした領域となっているが、推定される位相速度は既存の結果²⁾とも整合性のある結果となっている。



(a)0-6時

(b)12時-18時

図-3 周波数-位相速度イメージ(5月17日)

4. 微動の到来方向の推定

位相速度解析の結果から、本実験エリアでは時間帯によって微動の振動源が異なることが推察された。そこで、微動の到来方向について考察するためにF-K解析を実施した。F-K解析には設置した7台全てのデータを用いた。解析は5月17日1時から2時と4時から5時の夜間、13時から14時までの昼間、各1時間のデータから10分間のデータを抽出して使用した。図-4にF-Kスペクトルの結果例を示す。左上が周波数、左下が卓越している位相速度値である。また、図の上向きが北、右方向が東を示す。赤く示されている方角からの振動が優位であることを示しており、図-4の例では北からの振動が卓越していると読み取ることができる。

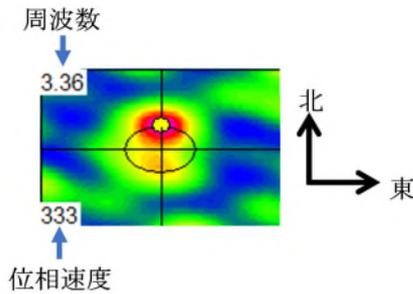


図-4 F-Kスペクトルの結果の例

図-5に1時から2時まで、図-6に4時から5時まで、図-7に13時から14時までのF-Kスペクトルをそれぞれ示す。1時から2時までと4時から5時までの夜間帯においては南

から南西方向、北西方向の微動が優位であり、また13時から14時までの昼間の時間帯においては北方向からの微動が卓越していることが明らかである。

5 考察・まとめ

北側の隣接したエリアでは測定期間中に昼間は建設工事が行われており、昼間に北側からの微動が卓越していた要因と考えられる。また夜間における南西・北西方向からの微動については、振動源が特定できておらず今後の検討事項である。

本実験の結果のように、微動の振動源の変化によって、ある方向では位相速度が正しく求められないことがあることは、実務においても十分に留意すべき事項である。例えば、本実験における100327-100333の方向で2次元の微動アレイ探査を実施するような場合である。

微動アレイ探査を実施する時は微動の到来方向の変化や時間変化など考慮し、受振点配置や測定時刻、解析結果の解釈を行う必要がある。

《引用・参考文献》

- 1) 石塚理, 小西千里, 林宏一, 鈴木晴彦, 棚澤美秋 (2023): 小型リアルタイム微動観測システムの開発, 物理探査学会 第148回学術講演会予稿集
- 2) Konishi, C., Hayashi, K., Liu, Y., Suzuki, H. and Sato, T. (2018): Application of 3D ambient noise tomography for an efficient S-wave velocity structure investigation, 13th SEGJ Int. Symp., 391-394.

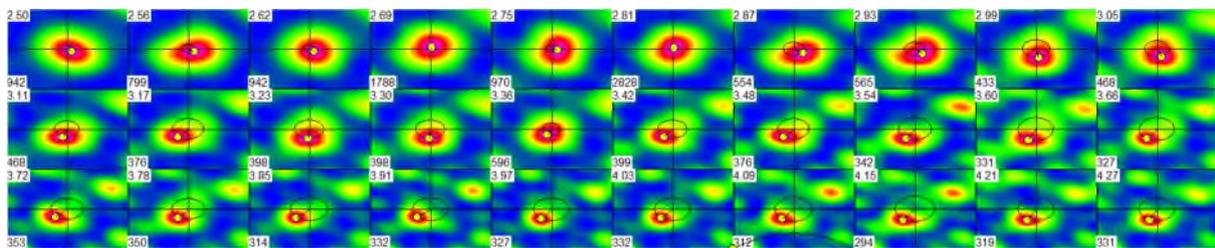


図-5 1時から2時のF-Kスペクトル

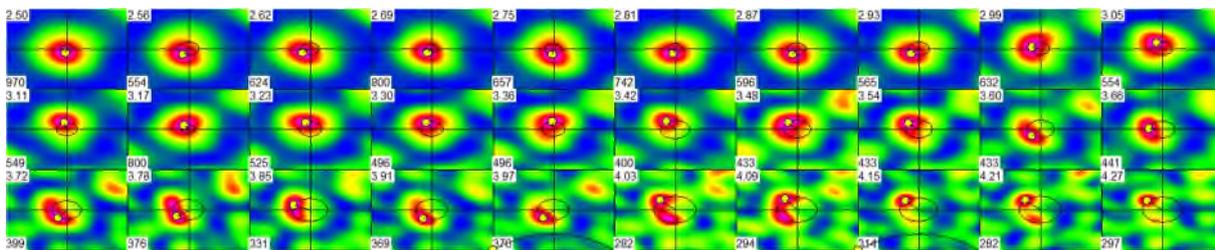


図-6 4時から5時のF-Kスペクトル

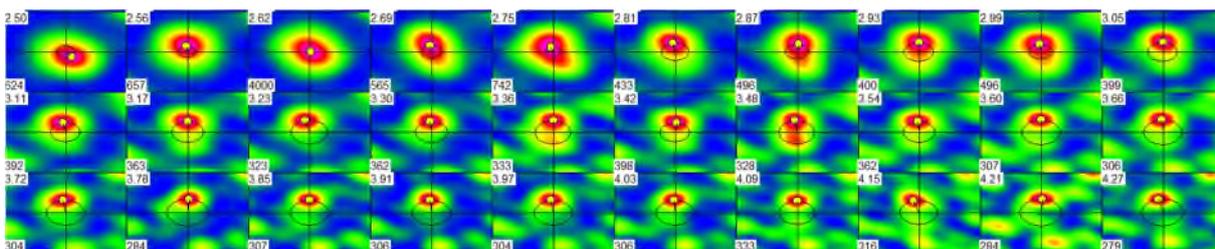


図-7 13時から14時のF-Kスペクトル