

オフセット鉛直アレイ観測記録を用いたコーダ波・常時微動の波動場構成の検討

南廣太郎・山本希・西村太志・中原恒(東北大理)・汐見勝彦(防災科研)

1, はじめに

鉛直ボアホールアレイを用いた地震波干渉法は、浅部地盤構造やその地震波速度変化を推定する有力な手法の一つである。しかしながら、鉛直アレイの干渉法解析においては、波源が地中側に非等方的に偏在していることや波長と観測点間距離の関係等、その適用性に議論の余地がある。そこで本研究では、既設ボアホール観測点の近傍で臨時観測を行い、コーダ波および常時微動を用いた解析を通じて波動場の違いを明らかにし、地震波干渉法に及ぼす影響を検討した結果を報告する。

2, データ・解析方法

防災科研・岩沼観測点(宮城県)敷地内に図(a)のように3成分地震計を2台設置し、2012年10月から2013年1月の期間、観測を行った。得られた記録は、設置方位、フィルター遅延の補正等を行った後、B0-G1(鉛直ペア)、B0-G2(斜めペア)、G1-G2(地表点ペア)の3ペアの相互相関関数(CCF)の計算に用いた。周波数帯は、2-4, 4-8, 8-16 Hzの各周波数帯を用いた。コーダ波干渉法では、S波走時の2倍から30秒間の時間窓を2秒毎に切りCCFを計算し、スタックした。常時微動干渉法では、閾値以上の振幅を含む時間帯を除き、1ビット化した波形のCCFを計算し、11日間分をスタックした。

3, 相互相関解析の結果

コーダ波・常時微動それぞれを用いた干渉法解析の結果例を図(b), (c)に示す。コーダ波を用いた解析では、鉛直ペア、斜めペアの2ペアで得られたCCFのピーク時間は観測点間距離の違いにも関わらず、全ての周波数帯で同じであった。また、地表点ペアではCCFピーク時間は約0秒であった。一方、常時微動を用いた解析では、CCFのピークは、鉛直ペアよりも斜めペアの方が遅く現れ、地表点ペアではCCFピーク時間は約0.05秒で、鉛直ペア、斜めペアの2ペアのピーク時間差と同じであった。また、鉛直ペアで得られたCCFピーク時間は、コーダ波の結果が常時微動のものに比べ早くなっている。以上の観測結果は、コーダ波では鉛直伝播成分が卓越しているのに対し、常時微動には水平伝播成分も十分含まれていることを示す。鉛直アレイに加え、水平方向にオフセットを持つ地震計を設置し、地震波干渉法を適用したことで、このようなコーダ波と常時微動の波動場の違いを示すことができた。

4, 数値実験

観測で得られたラグタイムの特徴を上記の波動場の違いで説明する試みとして、半無限媒質へのSV波等方入射を仮定し、地表におけるP-SV波の反射・変換を考慮し、停留位相の概念に基づいた干渉法の数値実験を行った。

地表反射を入れた数値実験では、鉛直ペアのCCFでは、等方的な波動場の場合に比べ、G1からB0に向かう方向のラグタイムで波形が歪み、ピーク時間の遅れ、ピーク振幅の減少が現れた(図d)。一方、斜めペアのCCFでは、G2からB0に向かう方向で、ピーク時間はほぼ同じであるが、波形が歪み、振幅が減少した(図e)。これらは、反射係数が小さい方向からの波の停留位相への寄与が弱まるためと考えられる。これらの数値実験結果は、コーダ波と常時微動・異なる地中-地表ペアの観測記録解析で見られたCCFピーク時間のシフトと定性的には調和的であり、鉛直ボアホールアレイの干渉法において波動場の違いや地表面の影響を考慮して解析を行う必要があることを示す。

5, H/V 比

本研究ではさらに、相互相関以外の解析から波動場の違いを見るために各地震計でコーダ波と常時微動の水平動と上下動の比(H/V 比)の違いを調べた。

H/V 比の値の割合をヒストグラムで表した結果例を図(f)に示す。コーダ波では、G1(地表直上点)における比の値が1以上となる割合が大きく、水平動が越している。S波の振動方向を考えると、コーダ波では鉛直伝播成分が卓越していると考えられる。この特徴は全ての地震計で見られた。それに対し、常時微動では全ての地震計で比の値が1以下となる割合が多かった。この結果から、常時微動は上下動成分のエネルギーが水平動成分と同程度含まれており、斜め入射S波や表面波寄与が考えられる。これらの結果は、相互相関解析から考えられるコーダ波と常時微動の波動場の特徴と一致する。このように相互相関以外の解析からでも、コーダ波と常時微動の波動場の違いが見られた。

謝辞: 本研究では、防災科学技術研究所岩沼観測点に地震計を設置させて頂くとともに、Hi-netのデータを使用させて頂きました。

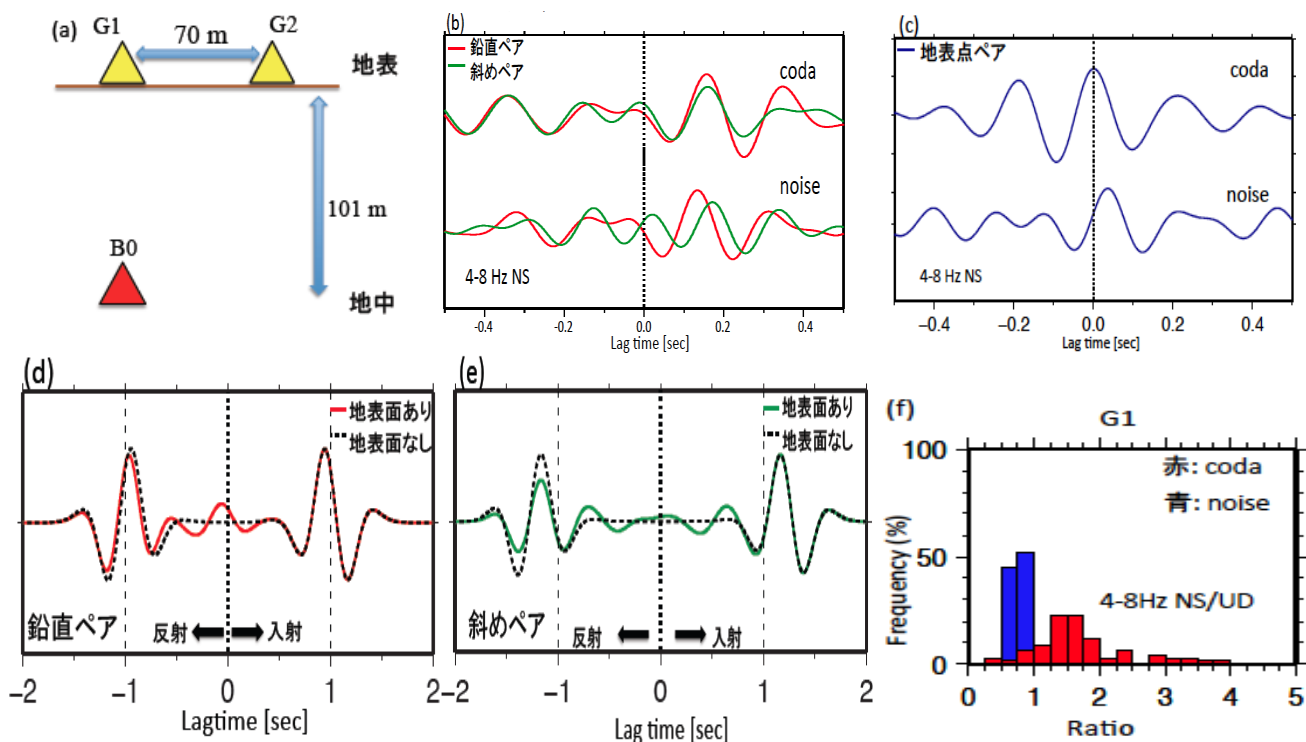


図 (a) 観測点の配置概略. (b), (c) コーダ波と常時微動を用いた地震波干渉法の結果例(NS 成分, 4-8Hz). (b)鉛直ペア(赤線)と斜めペア(緑線). (c) 地表点ペア. (d),(e) 数値実験による CCF 波形. (d) 鉛直ペア(赤線: 地表面あり, 黒破線: 地表面なし). (e) 斜めペア(緑線: 地表面あり, 黒破線: 地表面なし). (f) 地震計 G1 での NS/UD 比のヒストグラム(4-8Hz, 赤: コーダ波, 青: 常時微動).