

地震計アレイとアクロス震源を用いた地震波速度と見かけ速度の精密連続観測

Continuous observation of seismic wave velocity and apparent velocity using a precise seismic array and ACROSS seismic source

雑賀 敦 [1]; 山岡 耕春 [2]; 國友 孝洋 [3]; 渡辺 俊樹 [4]

Atsushi Saiga[1]; Koshun Yamaoka[2]; Takahiro Kunitomo[3]; Toshiki Watanabe[4]

[1] 名大院・理; [2] 東大・震研; [3] JAEA 東濃; [4] 名大・地震火山センター

[1] Nagoya Univ.; [2] ERI, Univ. Tokyo; [3] JAEA Tono; [4] RCSV, Nagoya Univ.

地表付近の媒質中の状態変化の原因を探るため、地震計アレイと人工震源 ACROSS を用いて地震波速度と見かけ速度の精密観測を行った。アレイを用いて複数の波動を同定し、それらの走時変動を調べ、変動の原因についての考察を行った。ACROSS は、精密に制御された弾性波を用いて地下の構造や状態などを定常的に監視するシステムである。本研究では名古屋大学瑞浪地殻変動観測壕内に地震計アレイを設置し、2.4km 離れた ACROSS 震源から発生される波動を観測した。地震計アレイで観測された波動に対してセンブランス法を適用し波動の到達時間および見かけスローネスを推定し、パーティクルモーシオンと合わせて波動の同定を行った。その結果、地下 100m に存在する第三紀堆積層と花崗岩の基盤との顕著な速度境界からの屈折波を同定した。また直達波、表面波、地下深部からの反射波と考えられる波群などを同定した。アレイ観測を行ったことにより波群の同定が可能になった。

それらの波群について、約 1 ヶ月間の走時変動と見かけスローネスの時間変動を調べた。その変動を説明するために、気温、降水量、気圧と比較検討を行った。その結果、屈折 P、S 波では主に気温の変化に対応する走時変動が観測され、直達 S 波では主に降雨に対応する走時変動が観測された。この点について考察を行った。

屈折 P 波と屈折 S 波について気温変動に対応する統計的に有意な 1 日周期の変動（最大 0.5 ミリ秒）が観測された。しかし、そのような変動はアレイ付近の見かけ速度の変動には見られず、震源基礎上で取得した波形記録では屈折 S 波の走時変動の 20% 程度しか見られなかった。気温の変動が影響を与える範囲は地表のごく浅い部分に限られることから、ここで観測された走時変動は震源付近の何らかの影響を受けた可能性がある。ACROSS 信号がラインスペクトルである特徴を生かして、任意の周波数帯毎の走時変動を調べた。震源基礎上の地震計記録、震源から約 50m 離れたボアホール地震計の記録、地震計アレイでの記録の周波数毎の走時変動から、地震計アレイに見られていた気温に対応する変動は震源基礎上では 1/5 程度であるが、震源から 50m 離れた鉱山のボアホールの記録では、アレイでの変動と同程度であることがわかった。このことから、気温に対応する変動は震源から鉱山ボアホールまでの間、すなわち震源の近傍の浅部で生じたと考えられる。

気温に対応する走時変動の原因を考える。今回の観測では、2 Hz という狭い周波数帯に大きな変動が見られたことから、共振の影響がまず疑われる。共振の影響が見られる場合には、共振周波数付近に振幅の集中が見られるはずであるが、気温に対応する変動が大きいときと小さいときで、気温に対応する特定の周波数の振幅もしくは位相の変動は見られなかった。佐伯 (2000) では、震源基礎とその周囲の媒質との動的相互作用によって、震源基礎とその周囲の媒質の位相が変動することを理論的に明らかにしている。また、震源と接する表層の厚さや S 波速度に依存して、ある特定の周波数の走時に大きな変動が生じることが数値計算によって示されている (佐伯, 私信)。表層付近の層の厚さや S 波速度、波動の周波数により、ある周波数帯の走時に変動が生じる可能性がある。

直達 S 波の走時変動には降雨に対応した変化が見られた。この変化の傾向は降雨に対応した走時の遅れ (最大 1.0 ミリ秒) と段階的な回復であった。降雨に対応する変化は、直達 P 波、アレイでの見かけ速度の変動には見られなかったが、震源基礎上の記録には見られている。また、屈折波の走時変動にその変動は見られないことから、震源や伝播経路上の表層付近において降雨の影響を受けていると考えられる。屈折波と同様に、直達 S 波に対しても周波数帯毎の変動を調べた結果、15~20Hz に降雨に対応する変動が卓越して見られた。特定の周波数に変動が見られたことから考えると、震源付近の浅部地盤の影響が変動して直達 S 波の走時に変動が見られた可能性が考えられる。最後にこれらの気温や降雨に対応した走時変動の影響を取り除くために、15~20Hz の成分を取り除いて走時変動を調べた結果、気温と降雨に対応する変動を取り除くことができた。

本研究では、気象条件の変化に伴う地震波速度の変動を捉えた。このような変動はこれまで原因究明が難しいためほとんど扱われることはなかったが、本研究ではその変動について、震源基礎上の記録、震源から約 50m 離れた場所の記録、アレイ記録を用いて変動する場所の特定を行い、気象条件の変動との比較から原因の特定を行った。さらに ACROSS 信号がラインスペクトルである特徴を生かして周波数帯毎の走時変動や周波数毎の振幅スペクトルおよび位相スペクトルの変化を調べ、変動の原因を考察した。