

地震計アレイによる ACROSS 信号のセンブランス解析 - 名大瑞浪地殻変動観測 壕での観測 -

A semblance analysis on receiving ACROSS signal with a seismic array

雑賀 敦[1], 山岡 耕春[2], 國友 孝洋[3], 生田 領野[4], 宮川 幸治[4], 森口 賢治[4]

Atsushi Saiga[1], Koshun Yamaoka[2], Takahiro Kunitomo[3], ryoya ikuta[4], Koji Miyakawa[5], Kenji Moriguchi[5]

[1] 名大・理, [2] 名大・理・地震火山センター, [3] サイクル機構, [4] 名大・理・地球惑星

[1] Nagoya Univ., [2] RC. Seis. & Volc., Nagoya University, [3] JNC, [4] Earth and Planetary Sci. Nagoya Univ., [5] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ

ACROSS 震源と地震計アレイを用い約 2.4km の距離で弾性波信号の同定を行った。

我々は地殻の弾性、非弾性的性質の時間変動を定常観測する手段として、震源装置-観測系からなる精密制御定常震源システム(ACROSS)を開発中である。現在採用している震源は回転軸に対して偏心した重りをサーボモーターで回し、遠心力による正弦波を発生する。その特徴は震源の動きが精密に制御されることであり、再現性が高く低出力でも長時間の重ね合わせによって高い S/N 比を獲得できる、また連続での観測に適している。観測は名古屋大学の瑞浪地殻変動観測壕内で行った。瑞浪地殻変動観測壕内には伸縮計が設置されていて、地震波速度の変化に伴う歪変化を捉えることが可能である。また瑞浪観測壕の隣に東濃地震研究所のボアホールがあり、歪計、地震計、水位計などの観測が行われている。これらのデータを用いて地下での水の挙動やそれに伴う地震計、歪計の変動に対する地震波速度変動の観測が可能である。今回の実験は連続観測のための予備実験として長時間のスタックを行い、スタティックな地下構造からの弾性波を観測した。本研究の目的はアレイを展開することにより、速度変動をモニターする弾性波の到来方向、速度を求めることである。

観測は 2000 年 1 月 22 日から 29 日まで 1 週間行った。岐阜県土岐市の東濃鉱山にあるサイクル機構の ACROSS 震源で地震波を送信し、2.4 km 離れた瑞浪市の瑞浪観測壕に設置された地震計アレイによって受信した。震源装置は地表に低周波機、高周波機の 2 台が設置されており、震源の動き(偏心錘の回転)は GPS に同期されている。この 2 台の ACROSS 震源を 16.5 ± 2.5 Hz, 21.45 ± 2.5 Hz で周期 10 秒の FM 変調を行い運転した。地震計アレイはノイズや温度変化による地表面のコンディションの変化、地震計の気候変動による特性変化を抑えるために地下壕内に設置した。15 台の固有周期 1 秒の 3 成分地震計を用い、地震計の間隔は 8 m で、縦、横 56m の十字アレイを採用し観測を行った。地震計の周波数特性は設置前にキャリブレーションコイルを用いて測定しており、地震計毎の周波数特性の補正を後で行っている。また観測壕内で記録した地震計アレイの記録は、約 150m 離れた入口から GPS の信号を受信し時刻の同期を行っている。波形記録は 1000Hz でサンプリングし、高い S/N 比を獲得するため 100 秒の時間長で 36 回スタックして 1 時間毎のデータとした。このスタックした周波数スペクトルを震源で発生している力の理論的な周波数スペクトルで補正し、その後フーリエ逆変換することによって時系列の伝達関数を求める。

アレイ解析は、周波数領域で見かけ速度に合わせて位相をずらし、時間領域に戻して足し合わせるビームフォーミングを行った。またこの波形を 0.1 秒毎のウィンドウに区切り、それぞれの時刻で波のエネルギーの和の平方根で規格化して(センブランス値)、振幅の小さい部分でもコヒーレンスの良い波を取り出した。これはセンブランス法に似た方法であるが、ACROSS では周波数領域で行っている。この方法によって波の到来方向と見かけ速度を求める。また今回コヒーレンスの良い波形の中でも比較的振幅が大きいものを強調するため規格化する部分のウィンドウを広げての解析も行った。

1 週間の波形の中から高い S/N 比を獲得できた 2 日間のデータを用い、27 時間分スタックし求めた走時波形を用いて解析を行った。時系列の伝達関数から動径成分において約 0.6 秒後、1.15 秒後に波の存在が確認され、これらの波は見かけ速度が 4.0[km/s]、2.2[km/s]であり、ACROSS 震源の方向から到来している。またそれ以外の波については 2.2 秒付近に表面波と推定される見かけ速度の遅い(0.85[km/s])波が ACROSS 震源の方向から到来している。

これらの結果と震源、地震計アレイ付近で行なわれた物理検層データと併せて検討した。直達 P 波は 0.6 秒後に約 4.0[km/s]の見かけ速度で到達しており、震源-地震計アレイ間距離が 2.4 km であることから、地下 100m 付近の基盤層(P 波速度 4.3[km/s]、S 波速度 2.3[km/s])を通過してきた Head wave であると考えられる。同様に直達 S 波についても、約 2.0[km/s]の見かけ速度をもつ波が 1.15 秒付近に到達しており基盤層を通過してきた S 波の Head wave であると考えられる。今後これらの波については到来方向も含めた弾性波伝播特性の時間変動観測が可能となった。