

## 東濃アクロス地震計アレー観測システム

### Tono seismic array observation system for ACROSS

# 國友 孝洋[1], 熊澤 峰夫[2]

# Takahiro Kunitomo[1], Mineo Kumazawa[2]

[1] サイクル機構, [2] JNC・東濃

[1] JNC, [2] Tono, JNC

アクロス研究のテストサイトの一つである東濃鉱山にある、地下125mの水平坑道内に地震計アレー観測システムを設置した。地震計は、現地の地動ノイズを記録できる小型サーボ式加速度計で、約50m間隔で8点埋設設置し、L字型の観測アレーを構成している。また、GPSアンテナの信号を光ケーブルにより坑道内に導入することで、常時UTCに対して1 $\mu$ sec以内の精度のサンプリングを実現した。この地下坑道内の地震計アレーによりアクロス信号の本格的な連続観測が可能となった。また、本システムでは、アクロス信号の時間区間蓄積記録が取得しながらも、同時に自然地震の観測も行える。

陸域地下構造フロンティア研究プロジェクト・アクロス研究チームは、岐阜県土岐市に位置する東濃鉱山をテストサイトとして、地下構造とその時間変動とを精密計測する手法の開発を行っている。東濃鉱山に設置済みの20tonf級回転型アクロス震源装置（以下東濃アクロス震源）の信号を、これまでは主として臨時に設置した地震計により観測してきたが、平成11年度に鉱山内に常設観測アレーを設置したので、本格的な連続観測ができるようになった。本発表では、稼動を開始した地下水平坑道内地震計アレー観測システムについて報告する。この地震計アレー観測システムは、地震計をはじめ各種の観測装置の技術開発、東濃アクロス震源の近地場での観測、および30kmの遠方に名古屋大学によって建設された各務原アクロス震源からの信号観測を目的にしたものである。

#### 地震計の選定

ボアホール型のサーボ式地震計（AKASHI JEP-7B3）を、深さ125mに掘削された水平坑道内に東西245m・南北144mのL字型アレーとして約50m間隔で8点設置した。この地震計は、直線性と安定性よりサーボ式とし、自己ノイズが現場の地動ノイズと同等以下であることを条件として選定した。アクロス実験のターゲット周波数（5～100Hz）内の自己ノイズレベルは、ほぼ $4 \times 10^{-7} \text{m/s}^2 \text{Hz}^{1/2}$ と評価された。また、全ての地震計に対して、事前に周波数特性、直線性、温度特性などの検定作業を行った。その過程で、従来の検定手法に存在する様々な問題点が洗い出され、アレー用低価格・高感度サーボ式地震計の構成とともにその検定方法の改良に具体的な方法と方向とを明らかにした。

地震計の設置箇所は、鉱山地下水平坑道内の回避所等を利用した。76mm径で深さ2mの孔を掘削し、ステンレスパイプのケーシングを施してその中に埋設した。この深度は、坑道掘削の際のダメージゾーンを避けることと、常時換気している坑道に発生する気温変化を避けることを目的として決定した。浅い埋設であるが、これは開発予定の簡易埋設式ペネトレータ型地震計（A/D変換器内蔵）を設計する上での問題点を探る予行演習も兼ねている。

#### データロガーの構成

データロガーは、オフセットアンプ、ローパスフィルター、PCベースの24ch時間区間蓄積型記録計、サンプリングクロック発生用GPS時計から構成される。これらは、換気されている主坑道から派生した短い横坑を利用して部屋とした温度変動が小さい場所（以下観測坑）に設置した。坑外に設置したGPSアンテナからの信号を光ケーブルで観測坑のGPS時計まで送り、坑内で $\mu$ sec以内のタイムキーピングを実現した。PCベース時間区間蓄積型記録計（Time Segment Stacking-recorder：以下TSS）は、Windows GUIを活用した自作システムである。アクロス用TSSとしての観測中にも、アクロス信号レベル以上の自然地震波が到来した場合は、スタックせず地震データとして別個に保存される。ただし、平日の日中は、坑道内で見学や工事が頻繁に行われるため、夜間か休日以外は微小地震の観測条件は良くない。観測坑にはメンテナンス以外には人は立ち入らず、環境の安定化をはかっている。TSSは、地上の観測室からLAN（TCP/IP）を通じて遠隔操作・データ回収を行う。地上部では無線LANも経由しているが、動作は良好である。

TSSのA/Dは16bitの逐次比較型で、サンプリング周波数は、1kHzを基準としている。チャンネル数制限もしくはボードの増設によって、5kHz、10kHzまでのサンプリング、さらに、そのデシメーション記録にも対応している。アンプは現在のところ200倍固定で用いており、遠隔操作でA/Dの入力レンジを変更することで、観測の目的毎に異なるダイナミックレンジの確保に対応している。

#### 今後の課題

地動から観測装置まで全てを含めたノイズレベルは、5～100Hzの帯域で、加速度スペクトル密度換算で $10^{-6} \text{m/s}^2 \text{Hz}^{1/2}$ をやや下回る程度である。今後地震計アレー観測システムを利用して、東濃アクロス震源等から送信される、種々の地震波相の同定および走時とその変動の観測を行っていく予定である。また、電磁アクロス

の送信も地震計アレーの真上の地上で行われているが、その送信による地下の電位変動に誘導される GPS 同期ノイズを如何に除去するかが当面の課題となっている。