

# アクロスの概要と現状

動力炉・核燃料開発事業団  
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  
國友孝洋

アクロスとは、Accurately Controlled Routinely Operated Signal System (ACROSS: 精密制御定常信号システム) の略称であり、周波数と位相を精密に制御した定常正弦波信号により、対象の構造とその微少な時間変化とを得るための技術(思想?) 体系である<sup>註</sup>。個別の課題にチューニングしたシステムの開発により、室内実験での岩石サンプルから地球の大規模構造に至るまで広い範囲の空間スケールの対象に対して適用が可能である。また、用いる信号は定常的な正弦波を送信できるものならば何でも良く(音波, 電磁波, 浸透流, . . . ), 信号の種類によって音波アクロスとか電磁波アクロスとかという呼称がある。これらを組み合わせた観測により、地下構造だけでなくその状態およびその時間発展までも捉えることを目的としている。ここでは、具体的な開発が最も進んでいる数 10m~数 10km スケールの地下構造を対象とした音波アクロスを中心としてその概要と現状を述べる。

## アクロスの概要

従来の弾性波探査では、パルス型の震源を用いて検出された波の走時から地下構造を描写することが一般的であった。パイプロサイズも、ある限られた時間周波数をスイープさせて取得した記録を相関処理によりパルスのな波に変換して用いるため、パルス型震源の範疇に入れることが出来る。これらの震源は、時間的に局在した間欠的な送信を行うため、S/N をかせぐためにエネルギーを大きくすれば地盤を破壊する、スタッキング(垂直重合)を行う場合には、送信していない時間が余計にかかるなどの欠点があった。これに比べ、アクロスでは、完全に連続した正弦波信号を送信し受信し続けることにより、地盤を破壊しないで震源特性の恒常性を保ちながらも、スタッキングのために時間を最大限有効に使うことが可能となる。また、弾性波の放射効率の良いシングルフォースを採用し、送信波の周波数の制御を極めて精密に行ってこれに同調して受信することにより、遠方でも S/N が良い記録が得られる。

送信条件が既知である複数の周波数の正弦波信号を観測すると地下の伝達関数が求められる。複数の周波数の連続正弦波データから波の走時を求める手法をセプストラム解析法と呼ぶ。これは周波数空間でのスペクトラム解析であり、少数の周波数データから精密に走時解析を行う場合には存否法が適用される。これを(複素) 存否セ

プストラム法と呼んでいる。存否セプストラム法では、狭い周波数範囲のデータから複数の波の走時の精密決定が可能であり、伝播速度と減衰定数との周波数依存性が求められる。なお、伝達関数を効率的に求め、その時間変化を調べるためには、複数の周波数データを同時に取得する必要がある。この場合、周波数変調（FM）の技法の採用により、多数の周波数の同時送信が1台の震源装置で可能となる。

## 現状

現在、震源装置としては偏心荷重回転式が開発され実験に用いられている。発生力20tonfの岩盤固定型震源（FIT）が淡路島と岐阜県土岐市に設置され実験に用いられており、また、発生力2tonfの可搬型震源（HIT）が鹿児島県山川町で実験された。他にも、電磁式の加振機を用いた直線加速式の震源のテストや新方式の震源の開発が進められている。これらの震源は、絶対時刻精度1 $\mu$ 秒以下のGPS時計に同期した送信（FMを含む）が行えることが前提としている。回転式では既の実績が蓄積されており、極めて高い周波数・位相精度を実現している。

受信装置は、送信波に正確に同調できる多周波数チャンネル時間区間蓄積記録計（TSS:Time Segment Stacking recorder）である。TSSは、送信された弾性波を地震計（センサー）で検出し、送信波の周期の整数倍の時間区間毎に自動的に区切って加算平均記録する装置である。記録データのS/Nは加算回数の平方根に比例して上がる。受信装置は、送信装置と同様にGPS時計に同期してデータ取得をなし、世界中どこにあっても相互に1 $\mu$ 秒以内の誤差で同期を取ることができる。3成分取得型から96成分取得型のものまで種々のタイプのTSSが製作されているが、同期方法は、まだ十分でないものが多い。また、既成の地震計は、その精度や安定性に問題があり、それらへの対処も開発研究課題の大きなテーマとなっている。環境安定性を確保するためにセンサー部からA/D変換部までを一つのペネトレータ容器におさめて、簡易埋設するシステムも設計中である。

上述のシステムを用いた種々の実験を行われてきた。まだ、必ずしも実験条件の整備や解析が充分でなく問題点も多いが、実用化に向けて進みつつある結果の幾つかを紹介する。

- (1) 岐阜県土岐市周辺における到達距離試験
- (2) 岐阜県土岐市～瑞浪市と淡路島における地震波速度変化検出実験
- (3) 鹿児島県山川町と岐阜県土岐市～瑞浪市とにおけるアレー観測実験

(注) 本研究は、熊澤峰夫・名古屋大学名誉教授をリーダーとし、名古屋大学と動力炉・核燃料開発事業団とを中心として行われている。