

## ACROSS の開発研究報告と地震場の監視

## R &amp; D of ACROSS for monitoring of earthquake field

# 熊澤 峰夫[1]

# Mineo Kumazawa[1]

[1] JNC・東濃

[1] Tono, JNC

アクロスはレーザーのように位相のそろった連続波を使う精密遠隔観測監視システムであり、地下を観るためにはこれまで存在しなかった新しい光と目である。1996年名古屋大学で構想段階にあったアクロスは、地震総合フロンティア研究における4年間の基礎研究と開発研究によって、実用化への基盤を積み上げることができた。具体的には、この新技術の理論体系の確立、個別要素技術の開拓確保、試験観測の経験とノウハウの蓄積を行い、弾性波と電磁波を総合するアクロスが地震場などの監視観測に刷新的な実用的方法になることを実証した。

構想段階にあったアクロスは、地震総合フロンティア研究によって、実用化の基盤ができた。過去4年間弱に達成した研究開発を簡単にレビューし、将来展望を述べる。

アクロス研究の目的： アクロスは、地下構造の詳細な解明と状態の経時変化を遠隔監視する能動的な手法として考案された。これまでの地震予知研究などが専ら地表面近傍に発生する諸現象の受動的な観測に依存しているのを補完するのが目的である。本研究課題の5年間の達成目標は、アクロスの理論的・技術的基盤の確立、およびテストフィールドにおける具体的な事例の提示に基づいた日本列島地下状態監視システムの具体的設計を提案することである。

理論的基盤の確立： アクロスの原理は、非破壊的で精密に制御した連続正弦弾性波の定常的送信によって高いS/Nの伝達関数を測定し、その解析によって複数の波の走時を高精度で決定するものである。この考えを提案した当時、それは原理的に不可能だと考える研究者が主だった。線形力学系の励起入力-応答関係を記述する伝達関数の基本的性質の分析、信号と雑音の性質を合理的にモデル化した存否セブストラム理論の定式などを行い、現在はアクロスの理論的基盤はほぼ確立された。当時、アクロスは電磁波にも適用できると述べるだけの段階であったが、高周波の地中レーダー領域から、低周波のMT領域（電磁的変動は拡散場）までを一元的に記述する伝達関数を導いて、アクロスは波線にそった群速度の周波数依存性を観測することを示した。また、地震発生場の構造敏感性を介して弾性波の分散と吸収がアクロスの観測量であることを示した。さらに電磁物性の周波数依存性（誘電分散）が、地下に存在するH<sub>2</sub>O分子を介した電気化学反応の効果で、地震発生場において水の遠隔監視観測も可能であることを理論的に示した。

技術的基盤の確立： 本研究の出発時点では、名古屋大学構内において20Hzまで、プロトタイプ音波送信装置による試験が行われた段階で、実用装置の実現は技術的に極めて困難、というのが大方の見方であった。フロンティア研究の成果として、50 Hz、20 tonf までの実用試験装置の開発を行い、東濃鉱山に設置してサブマイクロ秒精度の同期制御技術を確立した。さらに、FM送受信（複数の正弦波の同時扱い）と多重送受信（混信なく複数の送信装置で同じ周波数帯信号の同時扱い）を実現実証した。これには、時間区間蓄積記録装置の試作試験、多種の地震計とその地下アレイの特性試験などの積み重ねによるものである。また、機動性のある可搬型音波送信装置、電磁アクロス送信装置などの技術開発も行いつつある。

テストフィールド事例研究： 本研究のメインテストフィールドである土岐市の東濃鉱山の他に、淡路島の野島断層と岐阜県各務原にも音波送信装置を設置し監視観測を積み上げている。野島断層では断層を貫くボーリング孔への注水によって近傍の地震波速度の微細な変化がとらえられたと報告を受けている。東濃鉱山から送信する信号は100 km離れた地点でも検出された。名大の瑞瑞地震観測壕内の地震計アレイによって、この地域の地下に散乱体が存在することを確認したがそれを同定する観測システムは未だ十分でない。東濃鉱山地下に設置した地震計によってS/N = ~10<sup>4</sup> という高精度の周波数領域伝達関数の連続データの取得が実現した。また、地震波速度の微小な日変化と降雨による変化も検出されている。地下130mにGPS同期坑内地震計アレイ設置がなされデータが開始した。電磁アクロスでは、プロトタイプ送信装置と鉱山近傍の受信試験によって3 kmまでの信号検出を確認した。

まとめと将来展望： アクロスは、レーザーのように位相のそろった波を使う精密遠隔観測監視システムであ

り、地下を観るためにはこれまで存在しなかった新しい光と目である。理論も要素技術もほとんど存在しなかったこの新技術は、地震場などの監視観測に刷新的な実用技術になることを実証できた、と考えている。

しかし、アクロスは底が深い。適切な研究投資によって10年以内に高分解能カラーホログラフィを実現できよう。ところが、東濃テストフィールドでは、地下構造を決定できる送受信点分布を確保できないし、既存の物理探査法の結果と比較すべき観測を行う体制とハードウェアは供給されていない。したがってそれらは次段階の課題である。