

## 物理探査におけるアクロス - 11年の総括と展望

### Review on the development of ACROSS in the past 11 years and prospects towards the next decade

# 熊澤 峰夫 [1]; 小川 克郎 [2]; 藤井 直之 [3]; 山岡 耕春 [4]; 國友 孝洋 [1]; 中島 崇裕 [1]; 鶴我 佳代子 [1]; 羽佐田 葉子 [5]; 笠原 順三 [6]; 茂田 直孝 [7]; 渡辺 俊樹 [8]; 長谷川 健 [9]

# Mineo Kumazawa[1]; Katsuro Ogawa[2]; Naoyuki Fujii[3]; Koshun Yamaoka[4]; Takahiro Kunitomo[1]; Takahiro Nakajima[1]; Kayoko Tsuruga[1]; Yoko Hasada[5]; Junzo Kasahara[6]; Naotaka Shigeta[7]; Toshiki Watanabe[8]; Ken Hasegawa[9]

[1] JAEA 東濃; [2] 名大・理・地球惑星; [3] 名大・理・地震火山セ; [4] 東大・震研; [5] JAEA; [6] JCSS; [7] 原子力機構; [8] 名大・地震火山センター; [9] サイクル機構・東濃

[1] JAEA Tono; [2] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ; [3] RCSV, Grad. Sch. Sci., Nagoya Univ.; [4] ERI, Univ. Tokyo; [5] JAEA; [6] JCSS; [7] JAEA; [8] RCSV, Nagoya Univ.; [9] TGC,JNC

1995年の物理探査学会において、アクロスと称する地下の観測手法を提案してから11年が経過した。この新しい観測法の開発研究は、地下15-30 kmにある地震発生場の監視観測によってその時間発展を連続的に把握し、地震予知研究に役立たせる目的で1994年4月名古屋大学で開始した。当初は、偏心質量の回転によって精密に制御したサイン波の力を発生させて、これ震源とする雑音に強い能動観測法を想定し、小型試作装置の設計製作と試験を開始した。大きな慣性モーメントをもった物体の回転が周波数を精密にかつ安定に制御できる最も重要な要素であると考えた。そこでこの方法を Accurately Controlled ROTary Seismic Source の中の大文字をつないで「アクロス」と呼んだ。

アクロスの開発研究は、次の二つの要因で初期の方向付けが行われた。一つは混迷する地震予知研究への強いあせりであり、もう一つは、物理探査技術の高度化に対する強い要望である。前者は、神戸地震の発生に押されて、地震学への適用を目標にしたアクロスへの研究投資の受け皿になり、発生力が20 tonf 級の実用装置の開発が実現した。後者では、物理探査を目的にした100 Hzまでの2 tonf 級モバイル型アクロス（合同大会1997年）を実現する契機となった。当初、地下15 km以深の探査の具体的実現はきわめて困難とみられ、むしろ浅部を対象にした物理探査技術に目標を絞るべきだ、という考えもあった。限られた研究資源による異なる二つの目標への同時研究開発は、当然いろいろな困難と問題を伴ったけれども、10年を経て地震学と物理探査の両面に展望が得られる段階に至ったと考えている。

それには当初の予想を超えた次の二つの要因が働いた。(1)地震学者が想定もしなかった兵庫県南部地震の発生(1995年1月17日)とそれを契機としたPNCにおける地震フロンティア研究プロジェクトの発足(1996年)、および(2)アクロスの本質に関する理解の変遷進化。前者では、当時のPNC、JNCを経由して現在のJAEAに至る10年間の研究投資があり、その結果、地殻深部(東海地震発生場)の監視観測が本当に実現できる技術水準に達し、同時に1 km以浅の遠隔監視システムの構築がなされたのである。後者では、アクロス技術に想定していた雑音に強い能動監視法の本質は、実は質量の回転にあるのではなく、信号とその使い方の情報論的特性にあると確認できたので、アクロスを Accurately Controlled, Routinely Operated Signal System のアクロニムである、と変更した。この信号システムとしての理解が、アクロスの技術開発やデータ解析の戦略にも大きな変貌をもたらし、電磁拡散波のアクロスをはじめ、さらなる発展への道を担保することになった。本報告では10年間におよんだPNC/JNC/JAEAにおける地震フロンティア研究の終結(2006年3月)を機に、また物理探査学会の合同大会への参画を機に、アクロス研究の変遷進化の総括を試みる。

さらにアクロスの原理面の考察からその将来の可能性について述べよう。アクロスは線形力学系のシステム同定における雑音に強い計測の信号システムであるから、線形力学系として記述できる対象には何にでも適用できる。低周波数領域における湿潤岩石の複素誘電率(2端子回路と等価)の精密測定は、われわれが関与したアクロス技術応用の具体例の一つである。地中レーダーにアクロス信号を使えば、その探査距離は格段に拡大し、構造解析と監視観測の質は非常に上がるはずである。使う周波数が低くなると電波は拡散するが、それでも線形系であるから、CSMTやTDEMにはアクロス信号を使うとよい。地下水の浸透拡散構造の遠隔監視観測にもアクロス信号の使用は有用だ。地下構造に限らず、任意の構造物(例えば、地盤と連結した原子炉)のモード解析やそれに基づく安全評価などもアクロスを使用して格段の新機軸を出せる典型例である。とりわけ周波数領域で精密データを取得するアクロスの特徴は、対象の幾何学的構造だけでなく時間依存の状態パラメータを把握する情報の取得を実現するから、従来不可能あるいは困難とされてきた探査対象を扱うことができるようになるであろう。しかしこれらが実現できるためには、Green関数の精密計算手法と逆問題の効率的解法を確保する必要がある。そこでこれが次の最大の課題になると予言できる。