

東京大学地震研究所 東原 紘 道

1 はじめに

地下構造のCTは、典型的な逆解析問題として、応用力学の一つの柱を成している。しかし精密な逆解析が意味をもつためには精密なデータが必要であり、成功例は意外に少ない。例えば表層地殻は不均質性が高いため、自然地震解析も人工地震法も、その描像は相当にぼやけている。そこで現在の開発課題はそのハードウェアの着想と実現にあると考えられる。ここで紹介する ACROSS は、調和波動による弾性波トモグラフィのアイデアで、周波数の長期安定性を利用した高いSN比、多数の波動源のフェイズドアレイによる波動エネルギーの局所化を狙うものである。ここでは現在の ACROSS プランを概括し、それに必要な逆問題のアイデアを報告する。

我国の地震防災施策の費用対効果を検討すると、地震の短期予知の研究はなお震災軽減戦略の重要な柱であるが、その実現のためにも、活断層近傍の弾性波トモグラフィ技法の性能向上が不可欠であると考えられる。ACROSS 計画はその一つであって(1)、新地震予知計画でも開発の推進が謳われている(2)。紙面の都合上ここでは計画の原理と地震研究所のハードウェア計画のみを述べる(3)。

2 ACROSS計画の基本概念

(1)要素技術とシステム構築

周波数が長期間安定して一定した弾性波を地殻に向けて放射する振動子(以下では単にソースと呼ぶ)を製作し、このソースを十分な長期間連続運転する。これによる波動場を高精度地震計(センサーと呼ぶ)で観測し、十分に長時間スタッキングした記録をオンラインで取り出す。得られる情報は、1波形の記録および開始時刻(位相情報に等価)に濃縮されており、これは記録位置の情報も有している。ソースの周波数制御とセンサーのサンプリングのタイミングはGPSにより 10^{-6} 秒台の時刻精度で共通管理する。

製作中のモデルでは1台の重量が数十 kg, 加震力数十 kN 超、設定周波数帯域 10-50Hz のソースを基盤岩に多数アレイ展開する。同様にセンサーを多数アレイ展開する。ソースへの指令と制御、センサーからのデータ回収には衛星通信を利用する。ソースはフェイズドアレイとして上記の時間精度の範囲内でそれぞれのソースに最適な位相を割り当てる。これにより、照射エネルギーを集束させるとともに波動モードを制御でき走査も原理的に可能である。

(2)ACROSS計画に必要な逆解析

ACROSS の分析方法の第1は、多数の照射周波数について観測して、その結果をセプストラム解析により走時解析に転換して速度トモグラフィを実行するものである。これは古典的な逆問題である。さらに人工衛星による広域時刻管理と通信能力が飛躍的に向上した現在では、人工震源の位相差管理により照射エネルギーの集束能力を高めることと、地殻深部での散乱の実験に重点をおく案が有力である。この実験によって散乱に敏感な照射条件が見出された場合には、不均質媒質中の調和波動場の逆解析により、物性が有意に変化している領域の特定、およびそこで物性の変動の微分トモグラフィによる監視が可能となり、地震予知に有効になることが期待される。

3 ACROSSの実証試験

ACROSS 装置によって達成されるものは、さしあたり信号の搬送と解釈のしくみであるにすぎない。最も大切な問題は自然界の物理現象、すなわち重要な指標量が信号としてこのしくみに乗ってくるかということである。

キーワード: コンピュータ・トモグラフィ, 逆解析, 地震予知, 上部地殻の探査, 精密制御震源, 調和弾性波

連絡先: 113文京区弥生1-1-1・電話 03-3812-2111・fax: 03-3814-6365

mail: higashi@lilac.eri.u-tokyo.ac.jp

地震を発生する断層の近傍には応力集中が生じ、これは多様な物性の変化をもたらす。この変化は時間空間に応じて変化するであろう。完全に脆性的に破壊が生じるならば事前の予知は原理的に不可能になるが、おそらくある程度の変化が生じるであろう(4)。弾性波速度はその一つであるが、それはバルク指標の一つにすぎず、実際は複雑な微視過程の合成の結果、巨視的にも複雑な変化があると予想される。

問題は我々がそれを検出できるか否かである。すなわちこの変化が ACROSS のモノクロ波(ただし周波数とモードは可変である)をどのように散乱し、その結果が我々にどのように見えるかである。ここに最大の仮説があるが、照射エネルギーを局在化し、モードを適切に選んだときには、弾性波速度変化以外にも多様な、もっと明瞭な信号が現れる公算が大と見る。ただしこれは実証的にのみ解決される性質の問題であるので、掘削中の深さ数百mの大型トンネルもしくは地下構造を標的として、射程2km級の実証試験が検討されている。これが肯定的に決着するならば、真にブレイクスルーがあったと言えることができる。図1に開発のフローを示す。

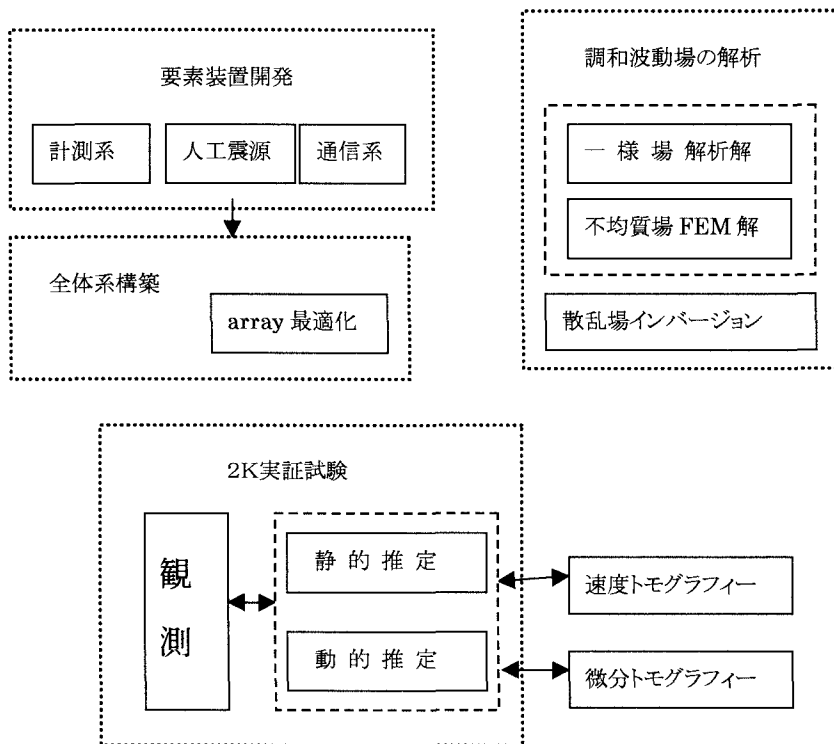


図1 ACROSSシステムの開発フロー

4 参考文献

- (1) 熊澤峰夫, 1998, 地下構造状態の常時遠隔監視技術の開発研究と地震発生場解明に向けたテストフィールド実験, 月刊地球号外 No. 20 新地震予知研究, pp. 174-177
- (2) 東原紘道, 1998, ACROSS the tide of recession, 月刊地球号外 No. 20 新地震予知研究, pp. 204-208
- (3) 地震予知研究を推進する有志の会(代表・浜野洋三), 1998, 新地震予知—21世紀に向けたサイエンスプラン
- (4) 大中康馨, 1998, 地震サイクルと大地震の予測, 月刊地球号外 No. 20 新地震予知研究, pp. 112-115