

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 佐伯昌之

本論文は、近年、地震研究所などで開発されている先端的な地震トモグラフィ手法である ACROSS 法の実用化へ向けての基礎的な研究の成果をとりまとめたものである。

この手法は、地殻内の物性変動に伴う観測波形の変動の情報を高精度に捉えると期待される。一方、最近の地震予知研究では、例えば震源核をいかに同定するかという問題が重要になっているが、震源核は局所化した不均質構造と考えられるので、ACROSS 法を局在する散乱体の位置同定あるいは物性同定問題に適用できれば、その効果は大きい。しかしながら、このコンセプトはハード・ソフト面共に多くの未踏技術を含み、実用化までになすべき仕事は多い。

本研究は、大深度地下トンネルに精密制御震源の実証モデルを立ち上げ、その基本的な性能試験を行うとともに、ACROSS 法に必要な散乱体の同定理論を開発する第一歩として、線形近似の枠内での散乱体同定問題を定式化している。なお ACROSS 法は非線形インバージョンを必要とすると予想されるが、その場合にも、線形モデルは摂動近似の基礎になるので、価値を失うことはない。

ACROSS 法では周波数伝達関数を精度良く決定できる。したがってフーリエ変換によりインパルス伝達関数を推定でき、その結果、従来の速度トモグラフィや散乱体位置決めに利用することができる。しかし、本研究では、これらの方法とは異なる、ACROSS の特性を活かした新しい手法の開発を試みている。すなわち、精密制御震源のフェイズドアレイ展開による空間分解能の向上と、連続観測とフィルタリングによる変動の高感度検出である。

ACROSS 法では、どの程度の散乱波の振幅を励起できるかがまず問題となる。そこで本研究は、水平成層波動場計算プログラムを用い、精密制御震源アレイにより、どの程度の散乱波が励起されるかを評価している。次に本研究は、散乱体分布を同定する基本アルゴリズムの開発を行っている。将来的には非線形散乱の同定が必要となるが、ここでは、その第 1 歩として Born 散乱体を扱っている。散乱体を同定するには、散乱波を観測波形から抽出する必要があるが、地殻の不均質性を考えると、散乱体以外によるノイズが多いので、種々の工夫が必要になる。本研究では、観測波形の変動から散乱波の変動を抽出するために摂動を考え、波形インバージョンにより散乱体の変動の推定の可能性を検討している。その結果、局在散乱体モデルでは散乱波の放射パターンの影響が大きいため、さらに何らかの情報を付加しない限り、散乱体を同定することができないことを明らかにしている。このデータ処理手法の開発は今後の重要な課題であると考えられる。

本研究では、精力的に多くのハードウェアの開発を行っている。まず、予備検討として、先行して観測実験を行っている名古屋大学の研究をレビューし、その問題点を明確にし、彼らの実験サイトの地表付近は相当に風化していること、さらに、それが

原因で大きなノイズが現れていることを示している。

この検討結果および、波動シミュレーションの結果から、精密制御震源を地下の良好な岩盤に埋設すべきであることを明らかにし、それに基づいて山梨県大月市北方にある葛野川発電所の巨大トンネルに精密制御震源を設置するとともに、観測システムを構築して、精密制御震源の性能試験を行っている。そして前例の少ない深部地下計測環境に特有の諸問題を克服して、正常な運転を持続できるまでに至っている。本格的な計測はこれからであるが、これまでに 24 時間程度の連続観測によって精密制御震源の安定性を評価して、震源の励起する波動場は、振幅のゆらぎは 0.1%程度で、極めて安定であることを示している（名大の震源のゆらぎは 10%程度）。また、震源躯体の振動を計測し、震源が理想的な調和波動に近い波を励起していること、躯体の振動には高調波が生じるが、これは震源と岩盤をカップリングする定着装置の弾性変形による正常な現象であることを確認している。以上の結果から、精密な波動解析に使える十分な性能を有している精密制御震源（1号機）が概ね完成したと認められる。

以上のように、本研究は、先端的な地震トモグラフィ手法である ACROSS 法について、解析法を定式化してシミュレーションによる検討を行うとともに、高い性能の実証装置を実現したもので、大きな意義があると判断される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。