

氏 名	山 根 一 修
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1924 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 資 源 工 学 専 攻
学位論文題目	MT 法 2 次元・3 次元インバージョン問題における高速解法に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 芦 田 讓 教 授 菊 地 宏 吉 教 授 大 西 有 三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は物理探査手法の一種である MT 法における 2 次元及び 3 次元インバージョン問題に対する高速解法に関する研究をまとめたもので 5 章から構成されている。

第 1 章は緒論であり、MT 法及び CSMT 法の工学的な役割と位置付け、技術的な歴史および現状での問題点、特にインバージョン解析における諸問題を示し、本研究の背景および目的を明確に示している。また、本論文の構成と内容を概説している。

第 2 章では、本研究で提案した MT 法 2 次元インバージョン解法である GRRI 法の内容とその適用例について述べている。測点に近接する電磁場を試行関数として用いることで、自己随伴演算子の形をした MT 法支配方程式を導いている。それが従来の RRI 法に比べ広い計算領域を設定しているにも拘わらず、モデル修正値の計算時間が、近似解法と殆ど差異がないことを示している。次に、観測値と計算値との残差を零に近づけようとする行為が、観測値に含まれる摂動（ノイズ）を増幅し、最小二乗法による解を大きく擾乱するが、この現象を回避する手段として、インバージョン計算における最小二乗法を安定して解くための正則化手法について述べている。そして、GRRI 法の効果を確認するために、地表部に比抵抗異常体が存在するモデルを作成して行った数値実験について述べ、また、他のインバージョン手法との比較も併せて行い GRRI 法の効果について論じている。また、実測データへの適用性についても論じている。比較的水平構造の発達した活断層地帯での調査、カナダのサスカチュワン州における深部地殻構造調査、そしてアメリカのオクラホマ州で行われた MT 法調査の実測データを使い GRRI 法の有効性を実証している。

第 3 章は、GRRI 法の 3 次元インバージョン問題への拡張について論じている。最初に、3 次元問題における GRRI 法の理論的考察について検討を行い、支配方程式を電場に着眼した Maxwell 方程式より導いている。2 次元問題の場合と同様に、測点を取り囲む近接カラムを計算領域として設定し、その周辺領域での電磁場を試行関数として用いることで、測点の存在するカラムのモデル修正値を求めている。3 次元 GRRI 法が RRI 法より広い領域を計算領域とすることで、より 3 次元性を考慮した定式化が可能になることを示している。次に、均質大地に直方体の低比抵抗体を 2 個存在させた単純なモデルを作り、3 次元 GRRI 法による解析の効果について検討を行っている。

第 4 章は、各測点の電場ダイポールが連続している MT 法 3 次元データを用いて 3 次元 GRRI 法の実測データへの適用性について論じている。新たに従来のカスケードデシメーション法にコヒーレンシー・ソーティングのアルゴリズムを付加するデータ処理方法を開発してデータ処理を行い、パワースペクトラムの品質向上を図っている。そして、この処理されたデータを用いた 3 次元インバージョン計算を行っている。計算時間は 450 MHz の IBM-PC で 1 時間未満であり、3 次元 GRRI 法が十分実用に供せられる手法であることを示している。最後に、得られた結果の解釈を行い、計算結果の有効性について論じている。まず、岩石の比抵抗値に影響を及ぼす諸因子について坑井データを用いて検討し、北海道南茅部地熱地域では、地層の比抵抗値を決定する大きな要因が、岩石の孔隙率と熱水変質鉱物であることを示し、それを考慮して 3 次元計算結果を行っている。その結果、地熱貯留層の帽岩の形態を明らかにしている。解析エリア内は全般に低比抵抗域であり、

その低比抵抗値をもたらしたものは、モンモリロナイトやセリサイトを始めとする変質鉱物の影響が非常に大きいことを明らかにした。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は物理探査手法の一種である MT 法における 2 次元及び 3 次元インバージョン問題における計算時間の短縮と計算機容量の節約を目標とした高速解法を開発し、数値実験や実測データの解析を通して、その理論と実用性について検討したもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 2 次元インバージョン問題において、GRRI 法と命名した新しい高速解法スキームを構築した。その手法はメッシュ分割した大地モデルの中で、一つのカラムの中の比抵抗値のみを算出し、モデル修正の過程で測点近傍域での電磁場を、Frechet 微分の近似の程度を弱めた試行関数として採用した関数を Maxwell 方程式に掛け合わせた自己随伴演算子形式の微分方程式を用いる。その結果、MT 法 2 次元インバージョンの近似解法においても、急峻地形や地表部に比抵抗異常体が存在しているモデルの解析が行えることを示した。また、着眼するカラムでの試行関数のうち半数は当該イタレーションにおける電磁場を用い、残り半数は 1 回前のイタレーションで求められた電磁場の値を採用することで、計算時間の長大化を避けうることを示した。

2. 数値実験及び実測データに対して 2 次元 GRRI 法を適用し、その効果を検証した。その結果、GRRI 法は従来の Frechet 微分を使用したインバージョン計算と比較して同等の結果を与えるとともに、計算時間と計算機容量の大幅な節約が実現できることを明らかにした。

3. GRRI 法を 3 次元問題へ拡張することにより、測点を中心とする局所的な 3 次元領域を設定し、測点直下のカラムのみの比抵抗分布を求めることで、計算時間と計算機容量の長大化を回避できる高速 3 次元インバージョン解析方法を提案した。

4. 3 次元 GRRI 法を北海道地熱地域で取得された MT 法データセットに適用した。MT 法データは多くのノイズに汚染されている。そこで、3 次元解析を行う前に、コヒーレンシー値に基づくパワースペクトルの篩い分けや、リモートリファレンス処理を用いるデータ処理方法を開発し、パワースペクトルのデータ品質の向上が図られることを示した。

以上要するに、本論文は、MT 法 2 次元及び 3 次元インバージョン問題における高速解法を開発し、実測データへの適用を図ることで、その実用性を検討したものであって、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 12 年 1 月 28 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。