

氏 名	うち だ とし ひろ 内 田 利 弘
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3142 号
学位授与の日付	平 成 8 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	電 気 ・ 電 磁 探 査 データの 2 次 元 イ ン バ ー ジ ョ ンの 安 定 化 と 適 用 に 関 する 研 究

論文調査委員 (主 査)
教 授 佐 々 宏 一 教 授 花 崎 絃 一 教 授 小 倉 久 尚

論 文 内 容 の 要 旨

物理探査データより最も確からしい地下構造を求めるインバージョン手法の開発とその高精度化は非常に重要な課題である。本研究は地下構造が2次元構造であると仮定し、電気・電磁探査データより地下の比抵抗構造を求めるための安定なインバージョン手法を開発するとともに、シミュレーションデータと実測データとにこの手法を適用し、その有効性を明らかにした成果をまとめたもので、7章から成っている。

第1章は緒論であり、本研究の背景、目的と概要を示している。

第2章ではデータ解析手法についての研究成果をまとめている。電気・電磁探査データのインバージョンは非線形問題であり、一般に初期モデルについて応答関数を線形化したのち最小二乗法を用いて残差が小さくなるまでモデルを修正するという手法が用いられる。しかし、応答関数の強い非線形性のために、解が不安定になることが多い。そこで、ベイズ統計とエントロピー最大化の原理から導出された情報量基準である ABIC を用いて最適な平滑パラメータを与え、比抵抗分布は滑らかであるという制約によって解の安定化を図る解析手法を開発し、比抵抗法および MT 法 (Magnetotelluric method) のデータを解析するプログラムを作成したことを示している。

第3章では、2次元構造モデルに有限要素を適用して比抵抗法の一つであるシュランベルジャ法と比抵抗トモグラフィ及び MT 法のモデリングを行い、得られた結果に必要な応じて数値ノイズを加えることによって観測データに対応する解析用データを作成し、それに ABIC 最小化法を用いる平滑化制約の2次元インバージョン手法を適用した。その結果、測定誤差が大きいときは、大きな平滑パラメータが選択されてスムーズな比抵抗モデルとなり、測定誤差が小さいときは自動的に小さな平滑パラメータが選択され、真の構造に近いラフなモデルが得られること、及び平滑化制約によって滑らかすぎるモデルが求められるという危険性は無いことを明らかにし、この手法が探査データの逆解析に有効に利用し得ることを示している。

第4章では秋田県澄川地熱地域において取得された MT 法などのデータを ABIC 最小化に基づく平滑化制約によって解析し、3次元性の強い地熱地域でも上記の2次元解析が実用レベルに達していることを

明らかにするとともに、測線近傍のボーリング孔を利用した検層データを情報として与えることによって解析結果の信頼性を高め得ることを示した。さらに CSAMT 法探査データとの複合解析によって深部構造解析の信頼性が増加すること、及び地熱貯留域とその上部の不透水層の境界を明瞭に把握し得ること、解析結果がボーリング結果と調和的であることを示している。

第 5 章では秋田県小坂地区で実施した GSAMT 法 (Controlled-source audio-frequency magnetotelluric method) と比抵抗トモグラフィ探査によって得られたデータを上記の手法を用いて解析した結果を示している。まず、CSAMT 法は人工信号源を利用するためノイズの少ないデータが取得できるのでインバージョンは安定であり、地質調査結果と整合的な良い結果が得られたことを示している。さらに、比抵抗トモグラフィ探査の電極配置パターンと解析精度の関係について検討し、比抵抗トモグラフィ探査は分解能が高く、深部に至るまで信頼性の高い比抵抗構造を求め得るが、ボーリング孔内計測の高精度化を達成しなければ偽像が発生する可能性が大きいことを指摘している。

第 6 章では誤差について論じている。ABIC 最小化法を用いた最小二乗法インバージョンでは平滑パラメータは残差に応じた値が自動的に決定され、最終的な rms 残差からデータに含まれていた誤差の平均的な値が推測できること、及び、測定誤差を正確に把握し、個々のデータに適切な重みを与えることが信頼性の高い比抵抗構造を得るために重要であることを示している。

第 7 章は結論で、本論文で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

電気・電磁探査のインバージョンは応答関数の強い非線形性のため、不安定になることが多い。本研究は情報量基準 ABIC を用いてデータに含まれている情報だけから客観的に最適な平滑パラメータを選択し、安定にインバージョンを行う手法を開発し、実測データへの適用性を明らかにしたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 情報量基準 ABIC を用いて残差の最小化と比抵抗分布の粗さの最小化を同時に満たすモデルを安定に求める解析手法を開発し、比抵抗法及び MT 法の 2 次元インバージョンプログラムを作成した。

2. 数値実験によって、ABIC 最小化法を用いる平滑化制約の最小二乗法インバージョンによって、測定誤差に対応した最も確からしい解析結果が得られることを確認した。

3. 地熱地帯で実施した MT 法探査データを解析し、3 次元性の強い地域であっても本手法が実用レベルで適用し得ること、及び検層データを制約に組み込むことによって、解の信頼性を高め得ることを明らかにした。

4. CSAMT 法及び比抵抗トモグラフィの実測データに上記の手法を適用し得られた比抵抗モデルが推定地質断面と調和的であることを示した。

5. 測定誤差の絶対値が不明でも相対的な値がほぼ正しいと判断できれば、それを重みとして用いたインバージョンが可能なこと、及び最終的な rms 残差から測定誤差がどれだけ過小評価されたかを推定し得ることを示した。

以上要するに、本論文は ABIC 最小化法を用いて安定で、かつ最も確からしいモデルを求め得る手法

を開発し、その実測データへの適用性を明らかにしたもので、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8年7月29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。