

高ノイズ環境における地磁気地電流法探査のデータ 処理および解析方法に関する研究

根木, 健之

<https://doi.org/10.15017/1441220>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

論 文 要 旨

区 分	甲	氏 名	根 木 健 之
論文題名	高ノイズ環境における地磁気地電流法探査のデータ処理および解析方法に関する研究		

論 文 内 容 の 要 旨

地磁気地電流法(magnetotelluric method ; MT 法)は、自然の電磁場変動を測定し、周波数毎の見掛け比抵抗と位相から地下数 m~数十 km までの比抵抗構造を調べることができる物理探査法である。MT 法はこれまで、地熱・金属・石油などの資源探査分野で使われることが多かったが、近年は資源分野だけでなく、防災などの他分野でも広く活用されている。しかし、電磁ノイズが大きい高ノイズ環境や複雑な地質構造のために MT 法を適用することが難しい場合もあり、どのようなノイズ環境や地質構造でも適用可能なデータ処理法やデータ解析法が求められている。

本研究では、MT 法を適用するのに厳しいとされていた条件でも効果的に MT 法調査が実施できるように、高ノイズ環境かつ複雑な地質構造でも適用可能な MT 法のデータ処理法とデータ解析法を開発した。以下に研究内容の概要をまとめた。

第1章では、MT 法の現状とこれまでの研究を紹介し、微弱な自然電磁場を利用しているため高ノイズ環境では十分な品質のデータを取得できない問題や、データ解析時に平滑化拘束条件を用いているため複雑な地質構造を正しく再現することが難しいなどの MT 法の問題点を指摘するとともに、本研究の目的を示した。

第2章では、人為的な電磁ノイズが卓越する市街地近郊等の地域においても、時系列データから高品質なスペクトルを推定可能な新しい加重スタッキング法を提案した。この方法は、観測点と参照点の相互パワースペクトルと、観測点の自己パワースペクトルの比を基にした重みを用いた加重スタッキング法である。この方法を、直流電車の漏洩電流を電磁ノイズの発生源と仮定したシミュレーションデータに適用して、新しい加重スタッキング法の有効性を検討した。その結果、電磁ノイズを効率的に低減するためには、スタッキングに用いる重みの最適化が必要で、探査曲線を近似する回帰曲線を使用することで重みの最適化が可能ながわかった。

第3章では、加重スタッキングの結果を評価する品質評価指数を新たに提案し、振幅の大きなコヒーレントノイズを含む能登半島地域のフィールドデータに適用して、その有効性を検討した。品質評価指数を用いることで、加重スタッキング法で求めたインピーダンスの品質の違いを相対的に評価でき、コヒーレントノイズを含むデータからでも高品質なインピーダンスを計算できることを示した。このことから、本加重スタッキング法と品質評価指数を用いることで、MT 法調査の適用可能地域を拡大できることがわかった。

第4章では、加重スタッキング法を用いても十分にノイズを低減できなかったスペクトル行列から、高品質なインピーダンスを推定するインピーダンス計算法を提案した。この方法をシミュレーションデータと電磁ノイズを多く含む南伊豆地域のフィールドデータに適用して、その有効性を検討した。その結果、このインピーダンス計算法を使うと低品質なスペクトル行列から滑らかで連続性のあるインピーダンスを計算できることがわかった。これにより、十分なスタッキング回数を確保できなかったスペクトル行列から求められるインピーダンスの品質向上が可能となった。また、スペクトル行列が低品質なため、これまで利用されなかった既存データの再利用が期待できる。

第5章では、インピーダンスの品質を定量的に評価するため、従来のインピーダンス分散の推定方法に修正を加え、コヒーレントノイズが卓越したインピーダンスに対しても有効なインピーダンス分散の推定法を提案した。この方法は、インピーダンス分散の計算に必要な観測電場の誤差を、参照点の磁場から推定して利用する方法である。この方法を第2章で使用したシミュレーションデータとフィールドデータに適用した結果、コヒーレントノイズが卓越したデータに対する有効性を明らかにすることができた。さらに、従来のインピーダンス分散と比較することで、コヒーレントノイズによって生じた探索曲線中のバイアス成分の存在可能性を評価できることを示した。このことから本評価方法は、データ処理によって求めたインピーダンスが、比抵抗構造解析に使用可能であるかを判断する有効な手法となることがわかった。

第6章では、比抵抗境界位置などの地下構造に関する事前情報なしに、明瞭な比抵抗境界を再現できる3次元インバージョンアルゴリズムを考案し、このアルゴリズムを用いて3次元インバージョンプログラムを開発した。このプログラムは、非線形最小二乗法に必要な感度行列の更新を行なう代わりに平滑化フィルタ係数を更新することで、感度行列の計算に必要なフォワード計算の回数を30%程度減らすことができた。フォワード計算については、ソルバーとしてBICGstab2法を用いたことにより、従来用いられていたBICG法に比べ、同じ精度に収束するまでに必要な計算量を50%程度減らすことができた。これらの改良により、従来の感度行列を更新する従来のプログラムに比べて3分の1の計算時間で3次元比抵抗構造を求めることができた。さらに本プログラムの適用性を評価するため、シミュレーションデータを使用して解析結果を検討した結果、本インバージョンプログラムは明瞭な比抵抗境界や局所的な比抵抗異常体を有するモデルを忠実に再現できることがわかった。

第7章では、2000年に発生した鳥取県西部地震の震源域周辺で取得したMT法データを使用して、今回開発した3次元インバージョンプログラムの有効性を検討した。その結果、従来のプログラムでは不明瞭であった震源分布に関連した高比抵抗体の境界を明瞭に検出することができ、本プログラムが実際の複雑な3次元比抵抗構造の解析においても有効であることを示した。このことから本インバージョン方法は、事前情報なしに断層等の明瞭な比抵抗境界を抽出するための有効な方法であることがわかった。

第8章では、本論文を総括し、本研究で開発したMT法のデータ処理および解析方法は、高ノイズ環境かつ複雑な地質構造で頻繁に現れるMT法調査の問題点を総合的に解決する有効な手段になり得ると結論づけた。