

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	非構造四面体要素を使用した3次元MTインバージョン手法の開発
Title(English)	Development of three-dimensional magnetotelluric inversion scheme using the unstructured tetrahedral element
著者(和文)	臼井嘉哉
Author(English)	Yoshiya Usui
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10412号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小川 康雄,綱川 秀夫,長井 嗣信,中島 淳一,神田 径
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10412号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	白井 嘉哉		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小川 康雄	教授	審査員	長井 嗣信	教授
	審査員	神田 径	准教授			
		中島 淳一	教授			
綱川 秀夫		教授				

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Development of three-dimensional magnetotelluric inversion scheme using the unstructured tetrahedral element” というタイトルであり、6章から成り立っている。

第1章“Introduction”では、自然電磁場を用いた地下比抵抗構造探査手法である Magnetotelluric (MT) 法について、その方法のレビューと、モデル解析上の問題について述べられている。MT法の解析では、これまで複雑な2次元・3次元構造に対する解析プログラムが開発されてきたが、地形の影響に関する対策が十分でない。地形の影響を局所的な電磁場擾乱の問題として扱い、周波数依存性のない実テンソルで表現して取り去る近似法があるが、それには限界があり、地形をモデル計算に取り込む必要がある。そのため、これまで構造化された6面体による計算格子を用いる差分法や有限要素法では、地形がステップ状にしか表現できず、傾斜面の影響が正しく表現できない。これを解決するためには、四面体要素を用いた有限要素法計算が必要であり、本論文では、その計算方法の開発と数値モデル及び実データを用いた実証をすることが目的である。

第2章“Fundamentals of magnetotelluric method”では、変位電流を無視できる低周波領域における電磁誘導の方程式を示し、地下比抵抗構造が1次元水平成層構造、2次元構造、3次元構造である場合について、それぞれインピーダンステンソルの性質について考察している。

第3章“New inversion scheme using the tetrahedral element”では、新しい非構造化四面体要素を使用した有限要素法順計算および逆問題の定式化とその応用について述べている。まず、順問題では複雑な種々のスケールの地形を取り込んだ構造を表現するためには四面体要素を用いた有限要素法計算が、従来の6面体の構造化された要素に比べて少ない要素数で計算が可能であることを述べた。またモデル計算に、観測点近傍の局所構造による電場の歪みを含めるため、電場に対して、周波数依存性のない実数からなる distortion tensor を導入した。逆問題については、観測データを与えて、モデル比抵抗および distortion tensor を求める。データに比べてモデルパラメータが多く、正則化のための制約条件が必要である。本論文では、モデルの粗さと、distortion tensor の L2 ノルムを制約条件とした。逆問題では Gauss-Newton 法を用いたが、モデルスペースおよびデータスペースでの解法を行い、後者の計算効率が高いことを示した。計算コードは複数の周波数について並列化した。

第4章“Verification of the newly developed inversion scheme”では、既存のベンチマークテスト用のテストモデルを用いて、複雑なブロックモデル、台形の地形モデル、起伏のある海底面モデルについて、順計算精度が十分確保できることを示した。またこれらのモデルを使って逆問題計算を行い、使用する応答関数の組み合わせ、制約条件であるモデルの粗さと distortion の強さを調整するハイパーパラメータの選択方法について検討した。

第5章“Application to an actual MT data set of a mountainous area”では、開発したコードを、浅間火山の MT データに適用し、3次元比抵抗構造を解明した。山頂域では過去の噴火で固化したマグマが球状の高比抵抗体異常体として解明された。また海水準に広がる低比抵抗異常体の分布が明らかとなり、熱水および変質した粘土を含む地層と解釈された。

第6章“Application to an actual marine MT data set”では、開発したコードを、伊平屋北海丘で実施された海底長周期 MT データに適用し、複雑な海底地形を考慮しつつ、上部マントルまでの比抵抗構造を解明した。

以上の通り、本論文は、四面体非構造メッシュを用いて、地形を考慮した MT 法の3次元比抵抗構造インバージョンを世界に先駆けて開発し、その有効性を実証した。この研究は、今後の地球内部電磁誘導研究の新たな方向性を与えるものである。よって、博士(理学)の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。