

平成22年6月15日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19740271

研究課題名（和文）

次世代3次元比抵抗構造解析理論・観測手法の構築

研究課題名（英文）

New method for analyzing three-dimensional electrical conductivity structure

研究代表者

小山 崇夫 (KOYAMA Takao)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：00359192

研究成果の概要（和文）：電磁探査法で従来問題となっていた観測点ごく近傍にある異常体の効果”galvanic distortion”の影響を受けない解析手法を確立した。

研究成果の概要（英文）：We developed a new method to analyze the electrical conductivity structure without any effects of a galvanic distortion in which a tiny anomaly distorts the electric field and mislead us to totally different conductivity model.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	600,000	3,700,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：観測手法・電磁探査法

1. 研究開始当初の背景

電磁探査法は、地下構造を推定する手法として、地震波探査法と並んで重要かつ有効なツールである。電磁探査法は、電磁誘導の分散性を用いることで、使用する周波数を変えることによって、探査深度を変えることができるため、探査深度に応じて測線長を変えなければならない電気探査法（電探）に比べて、1度観測機器を設置し、長期観測をおこなえば、深部の電気伝導度構造の情報も得られ、非常に観測が簡便である。また特に、電磁探査法は電気伝導の良い場所に対して感度が

高いため、例えば、火山のように、高温の異常や流体の移動のような現象が卓越する場合には、非常に強力な探査方法である。

しかし、一方で、探査対象にくらべ著しく小さな異常体により測定電場が歪められてしまう”galvanic distortion”の効果により、誤った構造を解析してしまう恐れがあることが電磁探査法の大きな欠点として指摘されており、その克服は重大な課題であった。

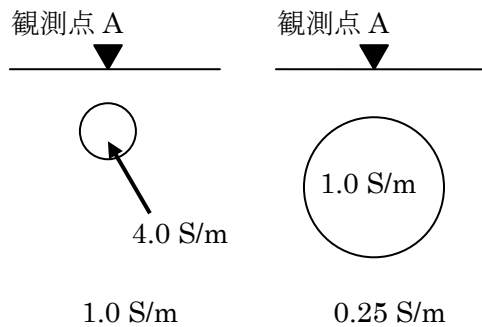
2. 研究の目的

本研究の目的は、”galvanic distortion”の効果

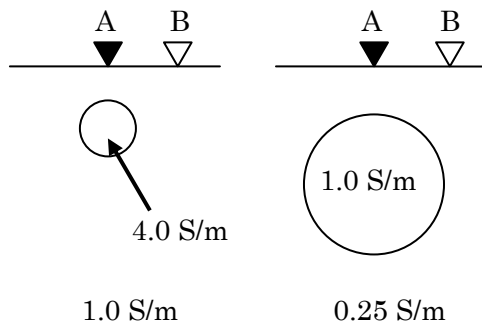
を受けないデータパラメータを用いて構造解析をおこなうことで、真の電気伝導度構造を推定する解析理論を構築することを目的としている。また同時に理論のみならず、実用的な3次元構造解析ツールの開発も行う。

3. 研究の方法

本研究では、解析に用いるデータとして、“MT phase tensor”というデータ量を用いた。このデータ量は従来 galvanic distortion の影響を受けないことは知られていたものの、1次元構造解析では一意に構造が求まらないことが知られており、構造解析には使用できないと考えられていた。例えば、下記の2つの構造について観測点Aに対して相似な構造では、全ての周波数帯において、同一の位相差を示すため、位相差データだけでは両者を区別することは不可能なため、1観測点における位相差データを用いた構造解析には一意性がないことがわかる。



しかし、本研究では、複数の観測点での phase tensor データを用いることで、構造は一意に求まりうることを、はじめて予想し、実用的な手法であることを提案した。つまり、先ほどの例において、A だけでは一意に構造が求まらなかったが、それに加えて観測点Bを加えれば、構造はBに対して相似ではなくなるので、一意に決定できるはずであると予想をした。



それは次のように説明できる。位相差データは電磁場の波長のスケールだけに依存するため、構造が違っていても電気伝導度もそれに合わせて変化してしまった場合、その波長スケールは同じになってしまうので、両者を区別できない。一方で、観測点が複数ある場合は、観測点間の距離という実スケールが入ってくるため、波長スケールによって構造を伸縮することはできず一意に構造が決定するはずである。

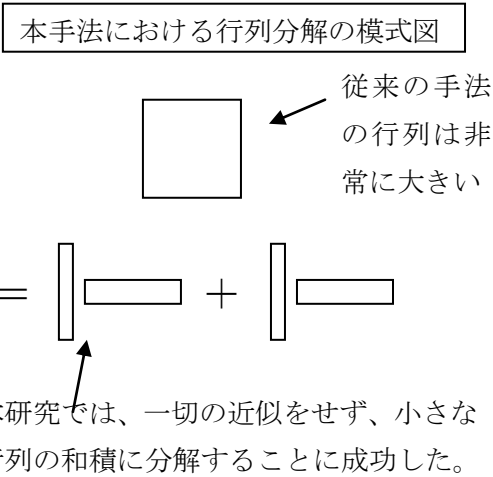
この提案を実用化するために、位相差データと同様の情報を持ち、galvanic distortion の影響を受けない“phase tensor”というデータパラメータ (Caldwell et al., 2004) を本研究では採用することにした。従来の MT response データを MT phase tensor データに置き換えること自体はそれほど難儀ではないが、問題は先に出した例でもわかるように、この手法を適用するためには横方向の不均質性を用いるため、3次元構造解析が必須であることである。これまでも3次元構造解析のコードは作成されてはいるものの、計算時間・メモリを大量に必要とするため、本研究を効率よく遂行するためにも、高速・省メモリの3次元解析コードの開発が必要である。そこで、本研究の目標を達成させるために以下の手順を踏むことにする。

1. 高速・省メモリの3次元構造解析コードを開発する。
2. データパラメータとして MT phase tensor データを適用する。この際に問題は、galvanic distortion のことを考慮に入れる必要がなくなる代わりに、構造解析に一意性があるかどうか焦点となる。そこで、理論データを用いてインバージョンをする際に、複数の初期モデルからはじめても、元のモデル構造に戻るか否かをみることで、一意性を確認することにする。

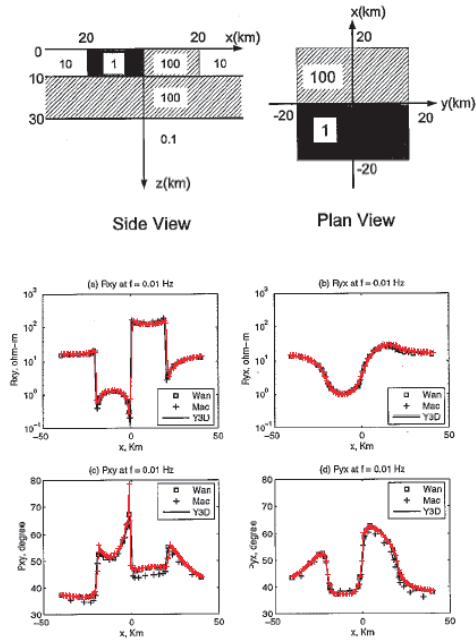
4. 研究成果

本研究の成果として最も特筆すべきことは、構造解析をおこなうための、3次元構造計算を従来のコードより著しく高速かつ省メモリでおこなうことを実現したことである。マクスウェル方程式の求解手法としては、積分方程式法を採用した。この方法は、複雑な構造(3次元構造)の解を、単純な構造(水平成層構造)における解析解(グリーン関数)を用いることで、精度よく数値解を求めることができる。一方で、解くべき方程式系が大きいため、膨大な計算時間と計算メモリを要することが欠点であった。本研究では、その巨大な方程式系の行列を、近似することなく、複数小さな行列の積で表せることを示した。その手順に基づき、新たに3次元構造解析の数値計算コードを開発し

た。

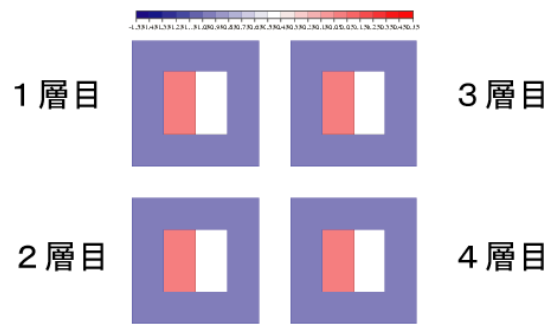


その結果、一例として、従来のコードで計算すると 7.5 分かかっていた計算問題を、あらたに開発したコードでおこなうと、わずか 10 秒未満で計算することができ、約 50 倍もの高速化に成功した。また、使用メモリも大幅に削減することができた。下図はその 1 例である。下 2 段が計算結果をプロットしたもので、黒線が従来の手法 (7.5 分) で赤線が本手法 (10 秒未満) による計算結果である。

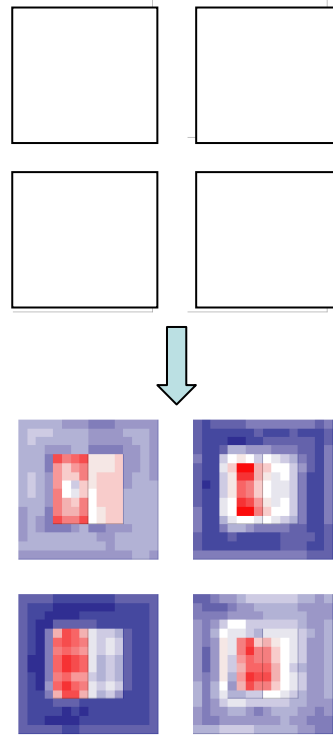


この計算コードを用いて、phase tensor データによる構造解析を行った。簡単な構造モデルによるテストケースで検証実験をおこなったところ、十分に正しく構造を求めることができることがわかった。

計算例として与えた真のモデル



ある初期モデル (下図上側) からスタートしたインバージョンの結果 (下図下側)。元の構造におおむね戻っていることがわかる。他の初期モデルも試みたが、同様におおむね戻っていることが確認された。



まだ、さまざまな例での実証をおこなってならず、今後さらにその実用性の確認をおこなってまいります。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 3 件)

- ① Takao Koyama, Yuji Takahashi, Hisashi Utada, Yuichi Morita, Hidefumi Watanabe and Tsuneomi Kagiya., Three-dimensional inversion of resistivity structure f

or CSEM method and its application to the ACTIVE system in Izu-Oshima Island, Japan, IUGG2007総会

② Takao Koyama, Hisashi Utada, and Dmitry B. Avdeev, Fast and memory-saved 3-D forward modeling code for MT by using integral equation method, Induction Workshop 2008.

③ Takao Koyama, Possibility of three-dimensional MT inversion by using MT phase tensor data, IAGA2009総会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小山 崇夫 (KOYAMA Takao)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号：00359192