

論文の内容の要旨

論文題目 Correction of the Galvanic Effect in Magnetotellurics and its Application to Regional Sounding of Southern Kyushu Area

MT法におけるガルバニックディストーションの補正法の開発及び南九州探査データへの適用

氏名 宗包 浩志

近年、スラブから放出された水がメルトの形成、ひいては地表での火山活動に深く関与しているというモデルがいくつか提出されている (cf. Iwamori, 1998; 巽, 1995)。このようなモデルのうちどれがもっとも正しいのか、またモデルは大体スラブの沈み込み軸に垂直な二次元断面で与えられているが、地表に火山活動がみられない場所では火山のある場所と比べて水やメルトの分布に差があるのかといった疑問に答えるためには、水やメルトの分布を正確に知る必要がある。岩石の比抵抗率は、水やメルトの存在に非常に敏感な物理量であり、MT法によってその構造を推定することができる。しかしながら、MT法にはガルバニックディストーションと呼ばれる問題があった。本研究では、まずガルバニックディストーションを補正するための新しい方法を開発した。次に南九州で紐密に取得したMT観測データに補正を行った上で比抵抗構造を推定し、脱水モデルとの関連を議論する。

ガルバニックディストーションとは観測点近傍に小さな不均質構造が存在した場合、推定される構造が深部に至るまでバイアスされてしまう現象のことである。この効果は不均質が小さくても構造を大きくゆがめてしまう危険があるため、構造を議論する際には何らかの補正を行ったことが必要条件となっている。しかし従来用いられている補正法は構造が2次元であることを仮定しており日本のような地下構造が複雑な三次元性を持つ場所で適用可能な方法は存在しなかった。宗包 (1998) では地磁気変換関数とインピーダンステンソルとの間に成立する恒等式を利用した新しい補正法を提案した。しかしながら、この補正法はそのままでは現実データに適用することが出来なかった。その理由は1. 恒等式を導く際に磁場の空間微分を無視していたこと、2. 観測データに誤差が含まれた場合ノイズの影響を受けやすいこと、である。本研究

ではまず 1. に関して、磁場の水平変換関数を導入することで、厳密な恒等式を導出することに成功した。また 2. に関しては、数値実験の結果適切な制約条件を加えることで日本のようなノイズレベルが比較的高い場所においても本補正法が有効に働くことを明らかにした。

比抵抗の推定には、各観測点で一次元成層構造を仮定してインバージョンを行ない、その結果をつなぎ合わせるという手法を用いた。そのようにして得られた疑似三次元構造に対して海陸分布も組み込んで三次元フォワードモデリングを行ない、データを正しく説明しているかを検証した。一次元インバージョンは、Mitsuhata(1994) による、ABIC 最小化による平滑化制約つきインバージョン法のアルゴリズムを使用した。この手法はまず平滑化制約を取り入れているため、データがノイズに汚染されている場合にも偽像の出現を押えられるという利点がある。また、得られた構造の確からしさを判定するためにブートストラップ法を用いて各層の比抵抗値の誤差を計算できるようにした。これらの手法によって、ノイズによって得られた誤った特徴を誤って解釈する危険性が少なくなった。また、三次元フォワードモデリングには一般に差分法や有限要素法などに比べて正確であるといわれる積分方程式法の変形である、Zinger や Fainberg などによって開発され Avdeev et al. (1997) によって一般の三次元フォワードモデリング問題に適用された Iterative Dissipative Method (IDM) 法を採用した。得られた積分方程式を解く部分は、Avdeev et al. (1997) は Jacobi 法を採用しているのに対し、本研究では、van del Vorst (1992) により開発された Bi-CGSTAB 法を採用し、その結果非常に高速に解を得ることが可能になった。

MT 法の観測は 96 年 12 月から 99 年 4 月まで計 6 回行い、電磁気合同観測班から提供をうけたものと合わせて 55 点での観測データを得た。観測地域は、最近火山活動起こった場所とそうでない場所での構造の違いを検証するため、霧島火山とその西に広がる第三紀-第四紀の北薩火山地域と、霧島火山から阿蘇にかけての広大な火山空白域を含み、かつ火山フロントをはさんで分布するように選定された。観測点分布は図 1 の通りである。観測データに対し、ディストーションの効果を補正した後、各観測点で水平成層構造

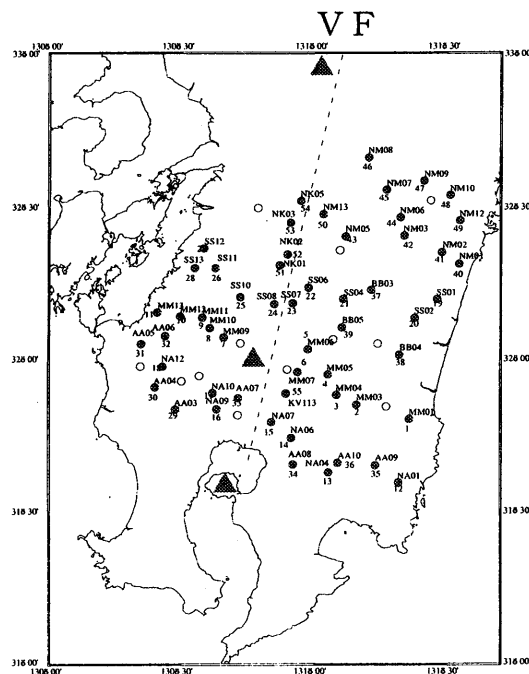


図 1: 観測点配置

を仮定した一次元インバージョンを行い構造を決定した。

各観測点で推定された一次元構造をつなぎ合わせた疑似三次元構造の深さ 400m 付近での断面が図 2 で

ある。その結果次のような特徴的な構造が明らかになった; 1. 領域南東の海沿いの低比抵抗域、2. 領域中

Resistivity structure(378m-478m)

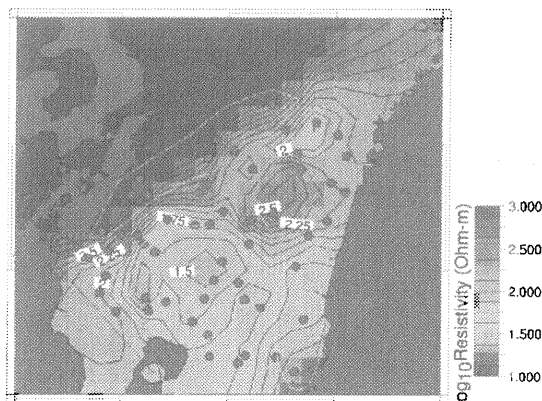


図 2: 浅部の比抵抗構造の断面図

央の低比抵抗域 3. 領域西端の南北に延びる高比抵抗域、4. 領域北東の小さな高比抵抗域。そしてそれぞれ 1. は若い堆積層、2. は新第三紀以降に活動した火山により形成された帯水層、3. は緻密な古生代層、4. は尾鈴山の深成岩体に対応することが分かった。

一方、各観測点で推定された一次元構造をつなぎ合わせた疑似三次元構造の深さ 40-50km 付近での断面が図 3 である。特徴的な構造として、霧島火山周辺から北東に延びる低比抵抗域があげられる。深さは上面がほぼ 20km 程度の下部地殻にある。この低比抵抗域は、霧島火山と北薩火山地域とほぼ対応しているが、さらに北東に延びて火山フロントを越え、霧島火山と阿蘇との間の火山空白域に延びてきている。地温勾配との対比から、この低比抵抗域の成因は領域北部の非火山地域の下では水、領域南部の火山地域ではメルトないしは水であると考えられ、スラブから放出された水、または水が上昇する過程で形成されたメルトが地殻下部に達したものと思われる。深部低比抵抗域が領域北部で火山フロントより東側にせり出ている理由としては、この地域では北部に若いスラブが沈みこんでいるため、北部ではより前弧側で脱水が起こるといいう可能性、また北部においてはこの地域でサブダクションの向きが変わった年代 (1.5Ma) 以前に蓄積された水がまだ残存しているという可能性などが考えられる。

Resistivity structure (40000-50000m)

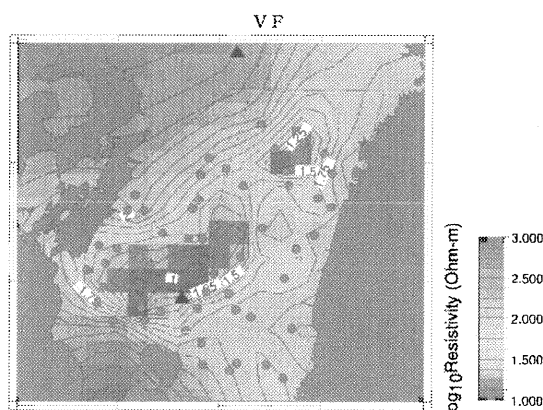


図 3: 深部の比抵抗構造の断面図

推定された、各観測点での一次元構造をつぎ合わせた構造が妥当なものであるかどうかを検証するため

に、海陸分布を取り入れた基本構造と、基本構造につき合わせ構造を埋め込んだリージョナルモデルとに対して三次元フォワードモデリングを行ないデータへのフィッティングが改善するかどうかを検討した。基本構造としては、観測地域の代表的な比抵抗値である $100\Omega \cdot m$ の半無限媒質に、海底堆積層の分布を取り入れた構造を採用した。従来九州では、長周期でインダクションベクトルが西向き成分を持ち、海陸分布だけでは説明ができないことが指摘されていたが、海洋堆積層を導入することによりインダクションベクトルの傾向がおおまかに説明できるようになった。基本構造とリージョナルモデルとで、インピーダンステンソルの determinant average の rms misfits を計算したところ、リージョナルモデルの方がデータをより説明することが明らかになった (Fig. 4)。このことは上で議論したような一次元比抵抗構造のつぎあわせで見られた特徴的な構造が意味のあるものであることを示唆している。しかしながら、観測領域の北側で misfit が大きな地域が存在しており、その領域ではリージョナルモデルに変更を加えることが必要である。

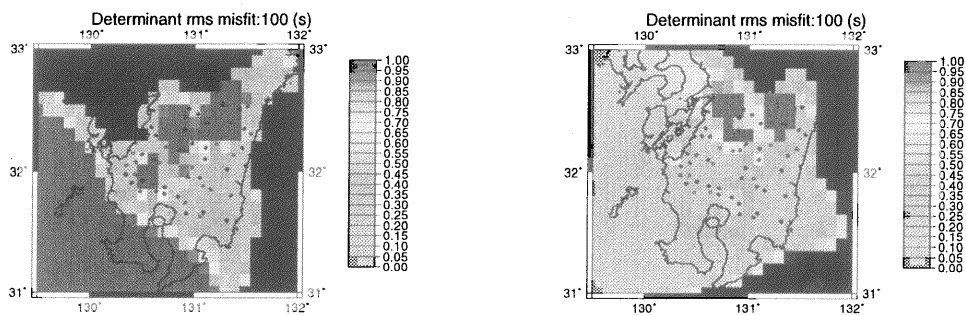


図 4: 周期 100 秒での観測されたインピーダンスの determinant average との Rms misfit。左が基本構造、右がリージョナル構造に対するもの。リージョナル構造の方が Rms misfit が小さくなっており、一次元構造のつぎあわせで見られた特徴的な構造が意味のあるものであることを示している。