

学 位 論 文 題 名

Crustal and upper mantle resistivity structure in the southwesternmost part of the Kuril island arc as revealed by magnetotelluric soundings

（マグネトテルリック法から推定された千島孤島
最南西端地域の地殻および上部マントルの比抵抗構造）

学位論文内容の要旨

地球内部の電気的特性（比抵抗）を推定する物理探査法のひとつにマグネトテルリック（MT）法がある。MT法は地表における電場（地電流）と磁場（地磁気）の時間変動を測定し、その解析から地下の比抵抗分布を明らかにする方法である。従来この方法は、大局的な地質構造や地下資源を探査するために用いられてきたが、最近では地球物理学的研究の立場から島弧-沈み込み帯あるいは安定大陸下の下部地殻および上部マントルの構造探査にも用いられるようになってきた。特に地下数10 kmという深部構造が対象となる場合、電磁波の地中浸透の性質から長周期のデータが必要になる。この場合でも、地下浅部の比抵抗構造は短周期のデータから精度よく決定されていないからではない。従って、地殻浅部から上部マントルまでの精度のよい比抵抗構造を得るためには、短周期から長周期にわたるより広帯域なデータを取得し解析を行う必要がある。本研究では、周期0.003～7680秒にわたる超広帯域のデータを用いて、千島弧最南西端部に位置する北海道東部地域の地殻浅部から上部マントルまでの構造を明らかにすることを目的とした。

はじめに、地殻内の比抵抗構造を調査するため周期0.003～1820秒の帯域をカバーするMT法による高密度観測を実施した。測線は北北西-南南東の方向、すなわち千島島弧の走向とほぼ垂直になるように3測線を配置した。なお、観測点数は合計31点である。測定は磁場3成分および電場2成分の時系列データを観測した。データ取得は1測点2日単位で行い、周期0.003～0.125秒までを2時間、0.125～1820秒までを15時間計測した。観測データに基づく構造解析は2次元比抵抗構造を仮定し、スタテックシフト補正を含んだ平滑化制約付き最小二乗インバージョン法(Ogawa and Uchida, 1996)を適用した。その結果、以下の特徴が得られた。（1）地殻浅部には盆状構造を

なす低比抵抗層（数 $\sim 10\Omega\cdot m$ ）が広範囲に厚く分布する（最大層厚 5 km）。この低比抵抗層の下底部は、地震探査反射法によって得られた強い反射面の位置とよく一致する。（2）前弧側の地殻中部から下部に高比抵抗層（5000 $\sim 1000\Omega\cdot m$ ）が存在する。この高比抵抗層は最大+227mgalの正の重力異常を示す分布域とよく対応する。

以上のように高密度にMT観測点を展開したことにより、地殻上部から中部にかけて精度の高い比抵抗モデルを得ることができた。しかし、下部地殻より深部構造に対しては比抵抗モデルの信頼度が薄い。これは深さ方向に対して分解能が悪くなるというMT法のもつ欠点に加えて、扱った周期帯の限界に大きく依存しているためである。

次に、下部地殻から上部マントルの比抵抗構造の精度を高めるために、より長周期のデータを解析に組み入れた。本研究では長周期帯のデータとして、ネットワークMT法によって得られた周期300 ~ 7680 秒のデータ(Uyeshima, 1990)を用いた。この日本で開発されたネットワークMT法は、NTT（日本電信電話株式会社）の電話回線網を利用した長基線の電位差観測が長期間できるため、長周期のデータを使った平均的な広域深部構造を得ることに適している。そこで、地殻浅部から上部マントルまでの精度の高い構造を得るために、従来のMT法とネットワークMT法で得られたデータを組み合わせた比抵抗モデリングを行った。この両者の結合が従来にない、本研究の大きな特徴のひとつである。その結果、（1）背弧側の地殻中部から下部に低比抵抗層（10 $\sim 30\Omega\cdot m$ ）が存在する、（2）千島弧下の上部マントルは40 $\sim 100\Omega\cdot m$ を示す、（3）太平洋プレートは700 $\sim 1000\Omega\cdot m$ を示す、ことがわかった。

最後に、本研究で得られたモデルが島弧に共通して見られるのかどうかを考察するために、東北日本弧および西南日本弧の比抵抗構造と比較した。東北日本弧はUtada (1987)によって、下部地殻は低比抵抗（10 $\sim 30\Omega\cdot m$ ）を示すこと、太平洋プレートの上面に薄い低比抵抗層（10 $\Omega\cdot m$ ）が存在する、という特徴が示されている。一方、西南日本弧は塩崎(1993)によって、下部地殻は高抵抗（10000 $\Omega\cdot m$ ）を示すことが報告されている。これら2つのモデルと比較すると、千島弧は東北日本弧と良く似た構造を有していることがわかった。

以上のことをまとめると、周期0.003 ~ 7280 秒にわたる超広帯域のデータ解析を行い、千島弧南西端地域の地殻から上部マントルまでの精度の高い比抵抗構造を得た。そして、東北日本弧および西南日本弧の比抵抗構造と比較すると、西南日本弧の下部地殻が高抵抗であるのに対して、東北日本弧および千島弧は低比抵抗を示すという違いを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 西 田 泰 典

副 査 教 授 小 山 順 二

副 査 教 授 笠 原 稔

副 査 助 教 授 新 井 田 清 信

学 位 論 文 題 名

Crustal and upper mantle resistivity structure in the southwesternmost part of the Kuril island arc as revealed by magnetotelluric soundings

(マグネトテルリック法から推定された千島孤島

最南西端地域の地殻および上部マントルの比抵抗構造)

北海道東部域は、千島弧南西端に位置している。この地域は現在の太平洋プレート沈み込み帯であると同時に、かつて(新生代第三紀)オホーツク古陸が西進にともなって、ユーラシアプレートと衝突した現場にも位置している。このようにテクトニクスの観点から見て極めて重要な地域であるにも拘わらず、地球物理学的観点から十分な構造研究がなされてきたとは云いがたい。そこで本学位申請者は、地磁気・地電流法(マグネトテルリック法: MT 法)を用いて地殻浅部から上部マントルまでの比抵抗構造を、詳細に推定することを試みた。

まず申請者は、周期 0.003 ~ 1820 秒にわたる広帯域 MT 観測を行った。観測点数は 31 にのぼる。本研究対象領域の構造の2次元性がどの程度保証されるかを確かめるため、千島弧にほぼ直交するように3本の測線上に観測点を配置した結果、観測データは海陸の分布、地質構造の不均質など、2次元性を乱す要因が認められるものの、大略は2次元構造解析に耐えられることが確認された。次に申請者は観測された時間変動磁場、電場のスペクトル解析結果をデータとし、それらの逆解析を行うことにより、2次元比抵抗構造を推定した。しかしながら、この観測で得られた変動周期範囲では、電磁場の表皮効果のため、下部地殻以深の構造分解能が著しく乏しいことが判明した。そこで申請者はより長周期のデータを取りあつかう目的をもって、ネットワーク MT データを解析した。ネットワーク MT とは、最近わが国で独自に開発された方法で、NTT 電話回線網を電場測定用ケーブルとして用いることにより、数~数 10 km スケールでの電場測定を可能にしている。申請者は前記広帯域 MT データに、ネットワーク MT データ(300 ~ 7280 秒)を加え、 10^{-3} ~ 10^4 秒という、超広帯域のデータ解析およびそれに基づく構造解析を行った。このように、従来の MT データにネットワーク MT データを加え、それらの逆解析を行ったのは

申請者が始めてであり、高く評価される。

以上の解析から、申請者は以下のような特徴的比抵抗構造を推定している。1) 根釧平野の 5 ～ 6 km 深までは、約 10 Ω m の低比抵抗層で特徴づけられる。申請者による重力異常解析、他機関による地震波反射面解析、および孔井データを加味すると、この低比抵抗層は第 4 紀および新第 3 紀層に対応することが確かめられた。2) 火山前線の背弧側の下部地殻に 10 ～ 40 Ω m の低比抵抗層の存在を見いだした。さらにマントル内の 55 ～ 100 km 深に、太平洋プレートの存在を示すやや高比抵抗層 (700 ～ 1000 Ω m) も推定されている。これらの下部地殻やプレートの構造は従来東北日本弧で推定されているものとほぼ一致しているが、下部地殻に低比抵抗層の存在を欠く西南日本とは著しく異なっていることが認識された。3) 火山前線より前弧側の深さ 7 ～ 25 km に、5000 ～ 10000 Ω m の、極めて比抵抗の高い層の存在が確認された。この層の分布とこの付近の高重力異常の分布がほぼ一致していることから、両者の原因物質が同じであると推定されている。この高比抵抗層の存在は、本研究対象領域における過去のテクトニクスを議論する場合、極めて強い制約条件を与えるものである。

このように、申請者は従来にまして広い周期帯域のマグネトテルリック解析を行い、地殻浅部からマントルにおよぶ千島弧南西部の比抵抗構造の詳細をはじめて明らかにした。この結果は現在のみならず、過去のテクトニクスを構築するために貢献するところ大なるものがある。

よって申請者は北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。