

氏名・(本籍)	きく ち たけ ひこ 菊 地 武 彦
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 1 3 7 号
学位授与年月日	昭和42年1月18日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和26年3月 東北大学大学院理学部地球物理学科前期修了
学位論文題目	不均一電気伝導層における誘導電流とその 二次磁場に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授加藤愛雄 教授山本義一郎 教授鈴木次郎 助教授上山弘

論 文 目 次

緒 論	
第I章 地球外部磁場の時間的変化と誘導地電流	
第1節 渦電流	
第2節 表皮効果	
第3節 地球の電気伝導度と地球電磁気の振幅及び位相の関係	
第II章 誘導地電流とその二次磁場	
第1節 垂直に隣接した二層問題	
第2節 水平並びに垂直に隣接した三層問題	
第3節 電気伝導度の異常と誘導地球磁場	
第III章 結 論	

論文内容要旨

緒 論

地球の外部磁場の時間的変化により地球内部に誘起される電磁場の関係については、多くの研究者によって研究されている。

近年地磁気の短周期変化の異常と地下の電気伝導度の異常の研究が、世界的に盛んになり、特に水平一次磁場の変化 (ΔH) とそれに併う鉛直二次磁場の変化 (ΔZ) の比の異常が各地で発見されるに及び、その原因の究明も一段と活発になってきた。

筆者はこれに先立ち特に外部磁場の変化とそれに併う誘導電磁場の振幅と位相の関係より、地球上層の電気伝導度の程度及びその分布状態を推定した論文を既に 1950 年に発表し現在も引用文献として広く参考とされている。

筆者は更にそれを拡張して電気伝導度の異なる層の種々のモデルにつき、外部磁場の変化により誘起された地電流とそれにより誘起される二次磁場の振幅と位相差の関係を理論的に解析した。

従って逆にこの解析を応用することにより地球磁場の三成分の変化を測定することのみで、地下の電気伝導度の程度及び分布を推定する。即ち電気的地下構造の探査にも適用される可能性のあることを見出した。

第 I 章 地球外部磁場の時間的変化と誘導地電流

第 1 節 渦 電 流 (Eddy current)

地球が半無限固体でその電気伝導度が一様であると仮定した場合、外部磁場の変化があまり大きくないとみて Maxwell の準定常の電磁場の方程式を適用し、且つ外部磁場の時間的変化が周期的である場合の誘導電磁場を計算し、それぞれの振幅及び位相差と周期の関係を明らかにした。

第 2 節 表皮効果 (Skin Effect)

地球外部磁場の変化が内部にどの程度侵透するかを調べ、又外部磁場により誘起される誘導電流 (地電流) の地球断面上の密度分布を調べた。

外部磁場が周期的変化をする場合その周期が短周期になるとその電磁場は地球表面だけのものになってしまう関係式

$$Z_p = f(L) \sqrt{\frac{T}{\sigma}}$$

を導いた。

ここで Z_p は侵入深さ、 σ は電気伝導度、 T は周期である。

振幅が $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$ になる $f(L)$ を求め、特に振幅が $\frac{1}{10}$ になる場合

$\sigma = 2 \times 10^{-12}$ e. m. u., 10^{-13} e. m. u., 10^{-14} e. m. u. について、周期 T とともに侵入深さ Z_p がどのように変わるかを計算した。

第3節 地球の電気伝導度と地球電磁気の振幅及び位相の関係

第1節では地球の電磁場の変化は、地球が Isotropic and Homogeneous Conductor と仮定した場合の電場と磁場の間の振幅と位相の関係について述べた。

しかしながら地球表面での観測データを分析すると、上の関係は成立しないことが明瞭である。筆者はその原因は、地球を Isotropic and Homogeneous Conductor と仮定したのがあやまっているとの考えから、地球内部の電気伝導度の分布状態に、二、三の仮定を与えて解析することを試みた。

電気伝導度の分布状態は次の三つに大別することが出来る。

- (1) 地球の表面層が Horizontal に電気伝導度の異なった層から出来ている場合 (Fig. 1)
- (2) 地球の表面層が Vertical 方向にその場所の函数として表わされる様な、連続的に変化している層で出来ている場合 (Fig. 2)
- (3) 地球の表面層が Vertical に電気伝導度の異なった層が隣り合っていて出来ている場合 (Fig. 3)

以上を図示すると次の様になる。



Fig. 1

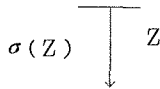


Fig. 2



Fig. 3

今節では (1) (2) を解析することにし (3) については第II章で述べることにする。

此の場合やはり Maxwell の準定常の電磁場の方程式を適用して、外部磁場が周期的に変化した場合の誘導電磁場についての関係を、振幅と位相差について詳細に計算し、

(1) については、 σ と深さ a を変えた場合

(2) については、 $\beta = 1$ の場合の

$$\sigma_0 = 10^{-13} \text{ e. m. u} \quad a = 5 \times 10^6 \text{ cm}$$

$$\text{及び } \sigma_0 = 10^{-13} \text{ e. m. u} \quad a = 10^7 \text{ cm}$$

について外部一次磁場の周期について、数値計算をし、その特性を明らかにした。

第II章 誘導地電流とその二次磁場

第1章では主として地球上層に於ける電気伝導度の分布が、座標 Z (Vertical) にのみ依存している場合について論じたが、此の章では電気伝導度の分布が、 Y (Horizontal) にも依存して変化している場合、即ち、第I章第3節 Fig. 3 に示されたモデルを更に四分類した場合について外部一次磁場の変動により誘導される地電流により二次的に誘起される磁場の変化について論じた。

特に外部一次磁場の変動と二次磁場の鉛直成分の変動の振幅及び位相差と周期との関係より、地球上層の電気伝導度の程度及び分布状態を推定するための理論的研究をした。

第1節 垂直に隣接した二層問題

電気伝導度の異なる層が互に Plane 及び Cylinder で接している場合、外部一次磁場が Step Function 或は周期的に変化をした場合、鉛直二次磁場の振幅及び位相差がその Boundary よりの距離及び周期と共に、どの様に変化するかを詳細に計算した。

第2節 水平並びに垂直に隣接している三層問題

電気伝導度の異なる三層が、垂直に接している場合、及び二層が水平に、一層が垂直に接している場合のモデルについて外部一次磁場が周期的な変化をした場合の鉛直二次磁場の変化を計算した。

特に夫々の磁場の振幅と位相差が、層の広さ、深さ及び周期に対してどの様な関係があるかを研究した。

第3節 電気伝導度の異常と誘導地球磁場

電氣的地下構造として考えうる種々なモデルについて、第1、第2節で詳細に計算した磁場の変化の結果に基づき、日本の主要な地磁気観測所のデータを解析し、特にその ΔZ と ΔH の比の周期特性よりその観測所近傍の地下構造の推定を試みた。

第Ⅲ章 結 論

外部磁場の時間的変化により誘起される二次磁場の変化の理論的研究は、観測と相まって極めて重要なことと考えられる。何故ならば、電氣的地下構造の探査に役立つ可能性もあると考えられるからである。

論文審査結果の要旨

本論文は地球の外部磁場の時間的変動をした場合、その変化と地球内部に誘導される電磁場の振幅と位相との関係について(1)地球表面層に電気伝導度の異なる水平の二層が存在した場合、(2)電気伝導度が深さの函数として表わされる様な分布をして居る場合、(3)垂直に電気伝導度が異なる層が接している場合について理論的に計算した。

第一の場合、電場と磁場の変化の位相差 φ は周期 T に対して上層の電気伝導度 σ_1 が下層の電気伝導度 σ_2 より大きい場合は $\varphi < \frac{\pi}{4}$ で、逆に $\sigma_1 < \sigma_2$ の場合は $\varphi > \frac{\pi}{4}$ である。又、電場と磁場の振幅比 $\frac{E}{H}$ は $\frac{1}{\sqrt{T}}$ (T は周期)に比例する事を明らかにした。

第二に電気伝導度 σ が深さ Z の函数 $\sigma(Z) = \sigma_0 \left(1 + \frac{Z}{a}\right)^{-\beta}$ (但し a は定数)で表わされる場合 $\beta = 1$ の時は周期 $T = 0$ の場合 $\varphi(E-H) = \frac{\pi}{4}$ で T が大きくなると或る所でminimumになり以後漸次回復に向う。これ等の様子は a 、 σ_0 及び β に関係する事を明らかにした。

次に第三の場合について外部磁場が周期的に変化した場合、地下に誘導された地電流による二次磁場を計算し、その振幅及び位相差がその境界からの距り及び周期と共にどの様に変化するかを計算した。

著者のこれ等の結果は、地下の電気伝導度の分布、或は異常構造を推定する上に非常に有用なもので、この方面の発展に寄与するものと考えられる。

よって菊地武彦提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。