

氏 名	つの 村 さとる 角 悟
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	論 理 博 第 1350 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	On the Contribution of Global Scale Polar-originating Ionospheric Current Systems to Geomagnetic Disturbances in Middle and Low Latitudes

(主査)
論文調査委員 教授 荒木 徹 教授 廣田 勇 助教授 家森 俊彦

論 文 内 容 の 要 旨

地球の超高層大気は、太陽からの紫外線によって高度約70kmから部分的に電離し始める。電子密度は250km付近で最大値に達し、高さと共に電離度を増して完全電離の磁気圏へとつながっていく。70km–500kmの領域は電離圏または電離層と呼ばれ電波伝搬に重要な役割を果たす。電離層には、電離大気が地球磁場を横切る運動により、また、磁気圏から伝えられる電場により電流が流れる。電流と電場の関係を規定する電気伝導度は、地球磁場の存在のため非等方テンソルとなるが、特に、磁場と電場の両方に垂直な方向に電流を流すホール電気伝導度が卓越するのが地球電離層の特徴である。電気伝導度は高度100–120kmで鋭い極大値を取るの、電離層電流はこの領域に集中して流れる。

本論文は2部に分かれている。第1部では、磁気圏から磁力線沿いに高緯度電離層に入出入りする電流が作る電離層電流の汎世界的分布が調べられている。電離層を厚さ零の薄い球殻と仮定し、地磁気緯度と地方時に依存する2次元非等方電気伝導度テンソルを与え、電流保存の式を緩和法を用いて数値的に解いて電流分布を求めた。

電離層の2次元電気伝導度は、3次元伝導度を各点で高さ方向に積分して得られるが、昼側地磁気赤道では、緯度数度の狭い範囲でその対角成分が赤道へ向けて急増し、また、非対角成分は赤道での値、零に向けて急減して、計算の収束を悪くする。

第1部前半では、昼側赤道の電気伝導度緯度勾配を、計算が収束する程度に緩めた「準現実的電気伝導度モデル」を用いて高緯度電離層起源の電流分布を計算した。その結果、電場は、緯度と共に減少し、昼側赤道の電気伝導度増加領域では更に小さくなるが、電流はそこで増加し、多くの地磁気変化に見られる赤道での振幅増加 (equatorial enhancement) を説明できることが分かった。

次に、3次元電気伝導度を2次元化する操作について考察し、その際に使われる仮定「鉛直電流=0」が赤道近傍で沿磁力線電流を作り、これが結果的に2次元電気伝導度を不自然に大きくしていると判断した。この考えに基づき、2次元電気伝導度の赤道付近の値を観測に合うよう減少させた「現実的電気伝導度モデル」を作り、これを用いて高緯度起源電離層電流の全球的分布を計算した。その結果、昼側赤道の電気伝導度増加帯の影響は、中緯度電離層電流分布には及ぶがオーロラ帯までは及ばない事が分かった。

また、電離層電流の源となる沿磁力線電流がRegion-1電流だけの場合とRegion-2電流が付加された場合の計算結果を比較し、後者のキャンセル効果を吟味した。更に、夏冬両半球に対応する南北非対称電気伝導度分布モデルを導入して、定電流源、定電圧源の二通りの極域電源に対する計算を行い、定電流源の場合には、電流の夏冬非対称性が電気伝導度のそれと逆センスになることを示した。最後に、equatorial enhancementの太陽活動度依存性についての計算を行い、観測結果と合うことを確かめた。

第2部には、主に日本の3地磁気観測所、女満別、柿岡、鹿屋で観測された磁気嵐急始部 (SC) の解析の結果が示されている。まず、Fukushima [1966]の指摘に基づき、SCの偏角 (D) 成分を局所的 (H, D, Z) 座標から地磁気座標に変換

して表現し、その波形の地方時依存性が高緯度起源電離層電流を取り入れたSCのモデルと合うことを示した。次に、上記3観測所のSCの水平(H)成分の振幅緯度変化が、地方時8-10時の範囲で他の地方時帯と異なる事を発見し、これを高緯度起源電流の影響と考えて第1部と同様の計算を行った。その結果、これは上記のSCモデルが提案する高緯度起源電流によって説明できるが、電離層電流よりは、その源である沿磁力線電流の効果が強いことを示した。

また、上の解析の応用として、SCに重畳する正のパルスのこれまでの解釈を批判し、1991年3月24日に観測された特異SCの解釈への修正点を指摘した。

論文審査の結果の要旨

電離層電流は地上で観測される地磁気変化の主要な原因の一つであるので、その世界的分布を調べることは重要である。これは、電流源または電圧源と電気伝導度分布を与えて電流連続の式を解くことに帰するが、3次元の全球的な扱いは、地磁気存在により電気伝導度が非等力になるため難しく、限られた部分空間で試みられた少数の計算例があるのみであった。電離層を厚さ零の薄層と見なす2次元の計算は幾例かあるが、主にオーロラ帯を中心とする高緯度電離層に関するものであり、全球的電流分布は考察されていなかった。2次元の全球的扱いには、昼側赤道に沿う狭い領域で電気伝導度の緯度勾配が急激になるため、計算の収束に問題が生じるという難点があった。

本論文の第1部では、最初に、「準現実的電気伝導度モデル」を用いた極起源電離層電流の全球的分布が示されているが、これは、高緯度に入入りする沿磁力線電流を源とする電離層電流が赤道で強くなることを定量的に示した最初の計算結果である。次に、2次元電離層電気伝導度の赤道での特異性を考察し、それが3次元電気伝導度を2次元化する際の仮定から生じる不自然なものであり、高さ方向の積分として求めた2次元電気伝導度値に適当な減少率を乗じて用いるのが物理的には合理的であると考え、観測に合う減少率を取り入れた現実的2次元電気伝導度モデルを提案した。これにより、2次元電離層電流の全球的分布を昼側赤道の電気伝導度増加帯をいれて計算する現実的スキームが初めて完成したことになり、今後、種々の地磁気変化に対する電離層電流の寄与を考察する際に役立つと期待できる。

このスキームを用いた計算により、昼側赤道電気伝導度増加帯の高緯度側への影響、高緯度起源電離層電流の太陽活動依存性、電流駆動源(定電流源か定電圧源)依存性、Region-1電流源に対するRegion-2電流源の影響、等が調べられたが、これらは、このスキームの完成により初めて可能になった新しい解析結果である。

第2部では、磁気嵐急始部(SC)振幅の緯度変化が8-10時の地方時帯で特異になることが述べられている。これは新しい発見であり、第1部の計算を用いた高緯度起源電流による解釈も合理的で、現在提唱されているSCのモデルを支持する新しい根拠を提供した。また、SCのD成分変化は地磁気座標でより合理的に表現されとの提案に基づき、実際にこの変換を実行して地方時依存性を統計的に調べ、提案の妥当性を実証した。これもまた、上述のSCモデルの支持に役立っている。これらは、中緯度に位置する日本の3観測所で長年にわたり蓄積されたデータの特徴を生かした巧みな解析と評価できる。

本論文は、外部起因の2次元電離層電流の全球的分布を計算するスキームを完成し、これを用いた数値解析と磁気嵐急始部(SC)のデータ解析の両面から、中低緯度地磁気擾乱への極起電離層電流系の影響を定量的に吟味し、それらの性質について新しい知見を付け加えたと判断できる。このスキームの完成により、今後の研究の発展につながる有効な手段が提供された。この様な観点から、本申請論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成10年12月24日、主論文および参考論文に示されている研究業績のほか、関連する分野について試問を行った結果、合格と認めた。