

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	青山 忠司
論文題目	A study on the origin of small-scale field-aligned currents as observed in topside ionosphere at middle and low latitudes (中低緯度電離圏上部で観測される微細沿磁力線電流の起源についての研究)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、中低緯度電離圏上部ではほぼ常時、約 20～30 秒の周期の磁場変化として全球的に観測される「磁気リップル」(magnetic ripples)と名付けられた現象の起源に関する研究である。先行研究により、これらは、微細な沿磁力線電流がつくる磁場の衛星軌道に沿う空間的構造であり、その地理的分布および季節による変化の特徴から、下層大気に起源があると予想されていた。申請者は、2013 年に打ち上げられた 3 機編成の Swarm 衛星の磁場観測データと、地上磁場、GPS-TEC 観測データ、台風のトラックデータや雲の赤外画像などの気象観測データを用いて、下層大気の擾乱に起源があると考えることが妥当であることを、データ解析により示した。 第 1 章の導入部に続き、第 2 章では、CHAMP衛星により得られた磁気リップルの基本特性が、Swarm衛星のデータからも同様に得られることを確認すると共に、高度が高いと振幅が減少することを示した。また、電離圏F層までの高さ積分した電気伝導度と磁気リップル現象の相関が極めて高いことなどを見いだした。これらの結果は、電離層E層およびF層で生成されたダイナモ電流が成因であるとする予想を強く支持することを示した。 第 3 章では、磁気リップルの振幅が台風上空で増大する傾向があることを、イベント解析と統計解析から明らかにした。その昼夜による傾向の明瞭さの違いや、台風以外の期間を含めたすべての期間の全球的振幅分布のLocal Timeによる違いなどから、ほぼ常時全球的に存在する積雲対流が磁気リップルの生成に大きく寄与していると推測した。雲頂高度分布の季節依存性と磁気リップルの振幅分布の比較から、アメリカ大陸の経度で北半球の夏に特異的に振幅が大きくなのも積雲対流の効果であると解釈した。 第 4 章では、南米チリのカルブコ山が2015年に噴火した際に、火山及びその磁気共役点近傍を噴火約2時間後に通過したSwarm衛星の磁場データ、火山付近のGPS-TEC、及び、磁気赤道にあるペルーのHuancayoの地上磁場データの解析を行った。その結果、Swarm衛星のデータに火山噴火に対応すると考えられる磁気リップルの振幅増大が見られ、TECと地上磁場観測データには火山噴火直後に、熱圏下部と地表との間の音波共鳴周期に対応する約4分周期の変動が見られることを示した。このイベントは、音波モードの大気波動が磁気リップルの生成と密接に関係していることを示す一例であると解釈した。 第 5 章では、以上の結果から、磁気リップルの起源は、主に対流圏で生じた大気波動による電離層ダイナモ電流の、磁力線に沿う発散であると解釈するのが妥当であり、また、大気波動の内、少なくとも一部は音波モードの波に起因すると解釈されることを示した。			

(論文審査の結果の要旨)

申請論文に記載された研究成果として、以下に記す3点が特に重要で評価できる。

1. 磁気リップル現象の基本特性については、先行研究として、CHAMP衛星による磁場観測データの解析を記述した論文一篇のみであったが、3機編成の Swarm 衛星観測データを、一部異なる手法を用いて解析しても、ほぼ同じ特性が得られることを確認し、その知識を確かなものとすると共に、3機編成の特長を利用して、発生源が高度500km前後の電離圏上部より下にあることを示した。
2. 台風の存在が、磁気リップルの振幅を増大させていることを明らかにすることで、磁気リップルの少なくとも一部は下層大気擾乱に起因することを示した。また、夜間の振幅分布に注目し、全球的分布も含め、振幅分布の LT 依存性は、積雲対流が主要な成因であることを示唆することも指摘した。静止衛星による雲頂高度分布の季節変化と磁気赤道との位置関係も、積雲対流が磁気リップルの生成に寄与しているとする考えを支持することを示した。
3. 火山噴火の時の地上磁場および GPS-TEC との同時観測から、少なくとも解析した火山噴火イベントにおいては、音波モードの大気重力波が磁気リップル現象生成に関連していると考ええると観測結果が調和的に説明できることを示した。

以上のように、申請者は、ごく最近発見されたばかりで、その起源についても推測の域をでなかった磁気リップル現象について、新しい知見を追加すると共に、その起源が下層大気にあることを強くサポートする解析結果を示した。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年1月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。