

氏名	さいとう あきのり 齋藤 昭 則
学位(専攻分野)	博士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 1808 号
学位授与の日付	平成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Studies on the Mid-latitude Ionospheric Electric Field Fluctuations (中緯度域電離層電場不規則構造についての研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 荒木 徹 教授 住友則彦 助教授 家森俊彦

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文の研究内容は、3つの部分から成っている。

第1章には、NASAによって打上げられ、1981年から1983年まで高度300-800kmを飛行したダイナミクスエクスプローラ-2号衛星(DE-2)のデータ解析の結果が述べられている。

申請者は、DE-2衛星のデータから中緯度電離層電場の不規則な擾乱を発見し、それが、電場測定アンテナと磁力線および衛星本体の位置関係によるノイズではなく、電離層の不規則構造であることを明らかにして、MEF(中緯度電離層不規則構造)と名付けた。

このMEFの性質は、下記のようにまとめられている。

- (1) 磁気緯度 24-45 度の範囲で真夜中過ぎに多く出現する。
- (2) 緯度方向の広がり数は数 100km、波長は数 10kmで、高度依存性は特に認められない。1本の磁力線で結ばれる南北両共約点で対称的に現れる。
- (3) 電場の変動は、主に磁気子午面内で磁場に垂直な成分に数 mV/mの振幅で現れ、擾乱の無い場合のレベルから正負いずれかの片側へずれる。
- (4) 磁場変動が同時に観測される場合があることから、沿磁力線電流を伴うとみられる。磁力線方向のポインティングフラックスは、片半球から反対半球に流れている。即ち、片半球の電離層にエネルギー源がある。
- (5) スペクトルの周波数に対するべき指数は、 $-3.5 \sim -4.5$ で、高緯度や赤道付近の電場擾乱に比べて急峻である。
- (6) はっきりとした電子密度変動を伴わない。
- (7) 地磁気活動依存性は認められない。

申請者は、現実的な電離層モデルを用いた電場分布の計算を行い、観測された波長では、片半球で生じた電場が、ほとんど減衰することなく磁力線沿いに反対半球へ投影されることを示した。

次に申請者は、1993年にスウェーデンが打上げた人工衛星 Freja と京都大学超高層電波研究センターの MU レーダーとの同時観測によって、この中緯度電離層不規則構造をより詳しく調べることを計画した。第2章はそれについての記述であり、次のように要約できる。

- (1) DE-2 衛星のデータから発見されたのと同様の中緯度電場不規則構造(MEF)が Freja 衛星でも観測された。
- (2) Freja 衛星が MEF を観測した時、観測点を通る磁力線の電離層領域において MU レーダーとアイオノゾンデは電子密度擾乱を観測した。国分寺と信楽のアイオノゾンテの解析から、この電子密度擾乱が大規模伝搬性電離層擾乱(TID)であることを確認した。
- (3) Freja 衛星が MEF を観測した夜は、観測しなかった夜に比べて、大規模 TID が MU レーダーによって観測される頻度が高かった。
- (4) MU レーダーのデータを解析して、TID の波面方向を推定し、F2 層ピーク電子密度の変動を検出した。

第3章には、MEF の理解のために、現実的な電離層モデルを用い、南北両半球電離層の結合を考慮して行われた2次元パーキンス不安定の数値シミュレーションの結果が示されている。要点は下記のようなものである。

- (1) 初期には、不安定の成長率は小さいが、シート状の構造が形成される。
- (2) いったんシート状構造が形成されると、擾乱の成長が早くなる。
- (3) 片半球でのみ比較的強い中性風を吹かせると、擾乱は線形解析の場合とほぼ同じ成長率で成長する。
- (4) 東向きの強い中性風が存在する場合には、擾乱は効率よく成長する。
- (5) 両半球に中性風が存在する場合には、擾乱の成長・減衰は風向に依存する。中性風が両半球共に東向きの時は、片半球だけの場合に比べて擾乱は早く成長する。片半球の風向が西向きの時は、擾乱は成長しない。

論文審査の結果の要旨

地球超高層大気は、太陽紫外線と X 線によって高度 70-80km から電離し始める。その電子密度は、200-300km で最大になり、それ以上で次第に減少して磁気圏へとつながっていく。この電子密度のピーク高度付近までの領域は、地上から発射される電波の伝搬にとって重要であり、電離圏または電離層と呼ばれる。電離層電子密度は、主として緯度と地方時で決まる非一様な水平方向分布をしており、それが更に季節や太陽活動によって時間変化している。

このような汎地球的な電離層構造の中に、時折、より小さな空間スケールで短寿命の不規則擾乱が現れる。この不規則擾乱は、電離層内のプラズマ不安定に起因することが多く、電波伝搬に影響する電離層構造の研究のみならず、磁化された部分電離プラズマ中の不安定の研究にとっても重要である。

これまで、地上レーダーによる遠隔観測と人工衛星による直接観測によって幾種類かの電離層不規則構造が見つけられ、それらの原因となるプラズマ不安定の機構が論じられてきた。しかしそれらは主に、磁気圏から多くのエネルギーが流入し、オーロラ活動に伴って強い電離層電流が流れる高緯度地方か、また

は、水平磁場という特殊条件が成り立つ赤道地方でのものであった。中緯度地方では、電波伝搬に関係するものとして以前から知られている Sporadic E, Spread F などの大規模擾乱, MU レーダーで見つけられた波長数メートルの擾乱(FAI: Field Aligned Irregularity)があるだけであり, これらはいずれも電子密度の擾乱であった。電場擾乱に関しては, 「赤道バブル」の中低緯度への進入が1, 2の論文で取り上げられただけであった。

本申請論文のダイナミクスエクスプローラー2号(DE-2)衛星データを用いた中緯度電離層電場不規則構造の解析は, 電場, 磁場, プラズマ密度のデータを用いて行った統計的解析として初めてのものである。この中で, 申請者は, 電子密度擾乱を伴わない電場擾乱を発見し, そのエネルギーが片半球から反対半球へ流れていることを観測事実として確認した。

更に, 申請者は, 自ら企画・実行した衛星-地上同時観測により, Freja 衛星軌道高度での電場不規則構造に, MU レーダーが観測した電離層擾乱が対応していることを確かめた。一般に, 衛星と地上観測点の相対位置が最適の時に目的とする現象が起こる確率は低く, そのため, 衛星-地上同時観測によって小規模・短寿命の現象を調べることは極めて難しい。申請者が行った衛星-レーダーの同時観測データの解析は, 中緯度の電離層不規則構造に関してはこれまで例が無かった。

申請者は, また, 電離層不規則構造を説明する機構の一つとして提案されているパーキンス不安定についての2次元シミュレーションを行い, その性質を詳しく解析した。今までこの不安定は片半球でのみ調べられていたが, 申請者は, より現実的な電離層モデルを用い, 磁力線で結合されている南北半球電離層を同時に考慮した計算を行い, 両半球の中性風風向の重要性を明らかにした。

本申請論文には, 既存の人工衛星データを用いた新しい現象の発見と解析, それを確かめるための衛星・レーダー同時観測の企画と実行, 理論的解釈のための数値シミュレーションの結果が述べられている。この一貫した研究の過程で示された申請者の能力は非凡なものであり, これにより, 新しい型の中緯度電離層不規則構造の存在が確立され, 超高層大気物理学に大きな貢献をしたと言える。

よって, 本申請論文は, 博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。

なお, 平成8年12月24日, 主論文に報告されている研究業績を中心とし, これに関連した研究分野について試問した結果, 合格と認めた。