

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	にしおか みち 西岡 未知
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 21 年 3 月 23 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) Study on meso-scale ionospheric structures at low- and mid-latitudes using data of GPS receiver networks and satellites (GPS 受信機網及び人工衛星を用いた中低緯度電離圏におけるメソスケール擾乱の研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 家森俊彦 教授 町田 忍 教授 福田洋一 教授

理 学 研 究 科

(論文内容の要旨)

世界中に展開されている GPS 受信機網及び人工衛星による観測データを用いて、中緯度および低緯度の電離圏に出現する、水平方向の規模がおおよそ 100km ～1000km のメソスケール擾乱の解析を行った。

本論文第1部では、中低緯度域を中心とした電離圏構造と、そこに発生するメソスケール擾乱である、プラズマ・バブルおよび中規模伝搬性電離圏擾乱(MSTID)の発生機構と特性について、これまでに得られている知見を記述している。また、GPS による電離圏観測手法等についても概説している。

本論文第2部では、地上GPS受信機網データを用いて長期間・広範な領域におけるプラズマ・バブルの出現特性を明らかにした。まず、GPS受信機で観測された全電子数(TEC: Total Electron Content)データの変動からプラズマ・バブルを同定する手法を開発し、その妥当性を示した。次に、全球に分布する地上 GPS 受信機網のうち磁気赤道付近の観測点のデータを用い、地磁気静穏時のプラズマ・バブルの出現特性を地域別に求め、その出現確率の太陽活動度依存性が地域によって異なること、この地域差は下層大気の活動度の地域差によって生じる可能性があることを示唆した。さらにプラズマ・バブル出現率の夏至/冬至非対称性及び春分/秋分非対称性を明らかにし、夏至/冬至非対称性は、磁力線に沿って積分した電気伝導度の夏至/冬至非対称性で説明できることを初めて指摘した。

プラズマ・バブルの東西方向の構造を調べるために、その出現時刻と伝搬速度を仮定し、出現位置を推定する方法を考案した。その手法を用いて、東経 60-150 度、東西方向 10,000km の広領域において、地磁気静穏時に出現した 1,585 個のプラズマ・バブルの東西方向の幅と間隔を調べた。その結果、プラズマ・バブルの東西方向の幅は、100km前後のものが半分以上を占めること、プラズマ・バブルの出現しやすい区間が東西方向約400kmのスケールを持つこと、を初めて統計的に示した。この空間的なスケールにはプラズマ速度シアやプラズマ不安定性の非線形効果、大気重力波が寄与している可能性を示唆した。

プラズマ・バブルの到達高度を調べるために、東経 100 度付近の緯度方向に展開されている地上 GPS 受信機網と TIMED 衛星による光学観測データを用いた。その結果、2004 年のプラズマ・バブルの出現率は、観測高度が 600km 以上で減少すること、赤道異常ピーク高度が高いほどプラズマ・バブルの到達高度及び発生率が高くなることを定量的に示した。

本論文第3部では、非常に大きな磁気嵐発生時に出現した、全電子数変動の振幅が通常の10倍以上の伝搬性電離圏擾乱について、その特性をGPS受信機網と衛星の観測データを用いて調べた。この擾乱の出現範囲は日本付近の中緯度と南半球の磁気共役点付近に限られていたことから、中緯度域に特有の現象であることを示した。擾乱が見られる直前に広い範囲で電離圏の上昇が見られたが、この電離圏上昇が、強い東向き電場によって引き起こされたことを示した。極端に大きい振幅を持つこの中規模伝搬性電離圏擾乱は、東向きの強い電場によってプラズマ不安定性が高められて生じたと解釈できることを示した。

(論文審査の結果の要旨)

電離圏には様々なスケールの電子密度擾乱が存在し、電波の伝搬に影響を与えている。近年急速に普及したGPS(全地球測位システム)は、航空機の自動離着陸等にも利用が検討されているが、電子密度擾乱は測位精度に影響を与えるため、発生原因やその性質の解明は極めて重要である。特に、メソスケールとよばれる、水平距離が100km-1000km規模の電離圏プラズマ擾乱は振幅も大きくそのため測位精度や電波伝搬への影響が大きい。従来、衛星観測や地上観測では、観測の空間分解能と観測範囲が現象のスケールに対して十分でなかったため、詳細な解析が困難であった。また物理的には、中性大気と電離大気が結合して生じる現象であるため、複雑な深い振る舞いをする現象である。申請論文は、このメソスケール擾乱の特性を解析的に研究したものである。

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. 申請者は、電離圏全電子数の測定が可能なGPS受信機が、世界中に多数分布していることに着目、長期間かつ多観測点のデータを収集・処理・データベース化した。そして、データの指数化をはじめ、様々な工夫をほどこすことにより、メソスケールの電離圏プラズマ擾乱、特にプラズマ・バブルとよばれる低緯度電離圏に出現する擾乱現象を大量に解析できる環境を整えた。その結果、特にアジア・太平洋域では、発生しているプラズマ・バブルのほぼすべてを検出できる手法を確立し、従来の研究に比べ、統計的解析の信頼度を大幅に向上することに成功した。
2. 上記データベースを基に、プラズマ・バブルの分布および発生の特性を定量的に調べた。その結果、低緯度における電離圏プラズマ擾乱の出現に、従来の理論では説明できない春秋非対称性や夏冬非対称性、経度方向の地域性が存在することを発見した。これらの特性は、超高層での現象の発生原因に下層大気の影響が及んでいることを示唆しており、階層間結合現象として理学的見地からのみならず、現象発生の予測可能性も示しているため、応用的見地からも極めて重要である。
3. 電離圏の物理学は、約80年以上前から電波による観測が開始した古い分野であるが、中緯度におけるメソスケールの伝搬性電子密度擾乱現象については未解決の問題が数多く残されている。第3部で解析・議論された非常に強い磁気嵐の際に発生した巨大振幅の伝搬性擾乱については、衛星データも駆使した解析から、電離圏電場の影響が大きいことを示唆する結果を得た。

以上のように、申請者は地上観測データと衛星観測データを駆使して、電離圏の物理学にメソスケール擾乱に関する新しい知見を追加した。それゆえ、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、また、論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。