

学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな) 氏 名	チン チャホン 陳 佳宏
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 24 年 3 月 26 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) Modeling and Observational Studies of Plasma Density Anomalies and Earthquake-triggered Disturbances in the Mid-latitude Ionosphere (中緯度電離圏におけるプラズマ密度異常と地震による擾乱に関するモデルと観測による研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 町田 忍 教授 家森俊彦 教授 齊藤昭則 准教授

(論文内容の要旨)

申請者は、中緯度電離圏プラズマ密度異常のメカニズムを解明するために、GPSとアイオノゾンデの観測データと電離圏の数値モデルを用いて、夏期夜間電子密度増大現象(Mid-latitude Summer Nighttime Anomaly: MSNA)と、地震によって発生した電離圏プラズマ擾乱の研究を行った。

第1章の導入部に続いて、第2章では、南半球におけるMSNAであるWeddell Sea Anomaly(WSA)を2次元数値モデルを用いて調査した。具体的には、電場および中性風の影響を調べるため、それぞれを作用させなかった場合の計算を行い、両者の結果を解析することによって、WSAの生成には中性風が主要な働きをしている事を見出した。また、地方時22時以降のWSAの維持にはプラズマ圏からやってくるプラズマ下降流が寄与している事を求めた。さらに、異なる経度域での計算から地磁気緯度と地理緯度の差が大きい事に起因する太陽光による電離の効果と磁気偏角の効果もWSAの生成に重要である事を示した。

第3章では、北半球も含めたMSNAの長期間の変動を、アイオノゾンデ・データを用いて算出されるMSNA活動指数を自ら考案・導入して、解析を進めた。その結果、北半球ではヨーロッパ域と東アジア域の夏期にのみMSNAが見られる事を求め、南北いずれの半球でも、太陽活動度の低い時期においてMSNAの規模が大きくなり出現頻度も高くなる事が示された。夏期にのみ出現する季節依存性は、中性風の影響と太陽光による電離の効果によって説明可能であることを導いた。また、太陽活動度に対する依存性も中性風と太陽光による電離効果によって説明できる事を示した。しかし、後者については北半球の東アジア域においてはその関係が明瞭でなく、この地域のMSNAの生成にはプラズマ圏からのプラズマの下降流など、他の物理機構も寄与している可能性を指摘した。

第4章では、拘束条件付き最小自乗法を用いた3次元電離圏電子密度トモグラフィのアルゴリズムの開発を行い、低軌道衛星のGPS-TEC観測を加えることで、より精度の高い電子密度分布の推定が行えることを示した。

第5章では、より短い時間スケールの電子密度異常の例として、地上GPSネットワークの観測を用いて、2011年東北地方太平洋沖地震が引き起こした電子密度擾乱の伝播現象を解析した。地震の直後に、ほぼ東西方向に伸びる波面をもつ電子密度構造が出現し、1,000-1,400m/sの速度で赤道方向に伝搬していった事を日本と台湾におけるGPS観測から明らかにした。この電子密度構造は、日本上空から台湾上空までに伝播する間に東方向に伝搬方向を回転させていた事も見出した。波面方向が東西方向である事実は、大気重力音波と地球磁力線の配位に電子密度構造が大きく影響されている事を示唆している。また、伝搬方向の回転は地方時の違いによる温度差によるものとの仮説を示した。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文の研究成果として、以下の3つの事柄が学術的に重要であり、高く評価することができる。

1. 夏期夜間電子密度増大現象(Mid-latitude Summer Nighttime Anomaly: MSNA)の生成物理過程を2次元数値モデルを用いて解明し、赤道向きの中性風が主要な原因であることを明らかにした。そのほか、磁力線の配位、太陽光による電離、プラズマ圏からのプラズマ下降流、などの物理過程の寄与についても明らかにし、観測との整合性から、これまで議論のあったMSNAの生成過程について、少なくとも南半球のものについては、解明する事が出来た。
2. MSNAの長期間変動について、独自に考案したMSNA指数を解析することによって詳細を明らかにした。MSNAの長期間変動については、従来議論があったが、長期間安定したデータが利用可能なアイオノゾンデの観測データを用いてMSNAの活動度を指数化して定量的な解析を行う事により、MSNAが太陽活動度に逆相関する事を明らかにした。また、その長期間変動が赤道向きの中性風と太陽光による電離により説明できる事を示した。
3. 地震によって電離圏に生じる変動について、地震発生直後に発生する速い伝搬速度をもつ擾乱について、その水平2次元の伝搬特性を初めて明らかにした。従来、数点の観測からは、震源から等方的に2,000-3,000 m/s程度の速度で伝搬すると考えられていたが、東西方向の波面を持つ事を示し、これまでの伝搬速度の推定が過大な見積もりであった事を示した。また、伝搬方向の変化等これまで報告されていない新しい特性を見出した。

以上のように、申請者は、2次元数値モデルとGPS及びアイオノゾンデによる観測データを用いて、夜間に電子密度が増大する夏期夜間電子密度増大現象(MSNA)の生成の物理過程と長期間変動について明らかにし、GPSによる観測データを用いて地震直後に電離圏で発生する速い伝搬速度をもつ擾乱について、その伝搬特性を明らかにした。これらは、電離圏における擾乱構造の生成および発達における中性風と磁力線配位の重要性を示したものであり、今後の観測や理論的研究の方向性も指し示した意義ある研究成果である。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る。また、平成24年1月23日に、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。