

氏 名	かわ 川 村 誠 治
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 83 号
学位授与の日付	平 成 15 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	情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻
学 位 論 文 題 目	A Study of wind variations and their effects on the mid latitude ionosphere and thermosphere based on the MU Radar observations (MU レーダー観測に基づく中緯度電離圏・熱圏における風の変動とその影 響に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 深 尾 昌 一 郎 教 授 津 田 敏 隆 教 授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、滋賀県信楽町にある MU レーダー（北緯34.85度，東経136.10度，地磁気緯度北緯約25度）を用いて電離圏・熱圏における中性大気風（以下熱圏風）の変動とそれがこの領域に及ぼす影響について論じたものである。論文は以下の7章から成っている。

第1章は序論であり，電離圏・熱圏大気の力学・光化学過程の概要が述べられている。また，アジア域で唯一電離圏非干渉性散乱エコーを観測できる MU レーダーの電離圏・熱圏観測用レーダーとしての特徴が示されている。

第2章では MU レーダーのシステム，及び電離圏観測の概略が述べられている。MU レーダーによる電離圏観測の3つのモード（電子密度観測，電子・イオン温度観測，イオンドリフト速度観測）の原理・方法・データ処理法と，これらの観測から得られた1次物理量を用いて熱圏風速を推定する方法が示されている。

第3章では熱圏風の統計解析結果が示されている。MU レーダーによる11年間の観測データを用いて熱圏風の日変化の季節・太陽活動・地磁気活動による変化が論じられている。主として太陽放射で形成される大気圧勾配によって駆動される熱圏風が，イオンドラグ・南北半球間の温度差による大気圧勾配・オーロラ帯の加熱による大気圧勾配などの影響を受けていることが統計的に示されている。また他観測との比較では，熱圏風の日変化の位相・振幅とも比較的良好一致が見られている。一方，数値モデルを用いて電子密度最大となる高度から熱圏風を計算する従来法と本観測結果との比較では，従来法では考慮されなかった電場の効果が無視できないことが明らかにされている。また全球規模の経験モデル（HWM）との比較では，両者に日変化の位相・振幅の太陽活動，地磁気活動依存性の違いが見られており，これが経験モデルにはアジア域の地上観測データが含まれていないことが原因であると指摘されている。

第4章では電離圏の電子密度，電子・イオン温度の年変化に及ぼす熱圏風の影響について述べられている。電子密度は，春と秋に極大となる半年周期の変化を示し，電子温度はこれと逆相，イオン温度は正相の年変化を示す。数値モデルを用いてこれらの年変化を再現し，高度によって異なる熱圏風の影響について論じている。電子密度，電子・イオン温度の年変化は，電離圏下部では熱圏風の子午面对流によって形成される中性大気組成の年変化に強く支配されているが，一方電離圏のピーク及びそれ以高では，中性大気との衝突による電離大気の磁力線に沿った上下動に強く支配されていることが示されている。

第5章では2001年3月の強い地磁気擾乱時に，MU レーダー，稚内の MF レーダー，信楽の光学カメラ，日本全土約1000点に及ぶ GPS 受信機によって得られた観測結果が示されている。MU レーダーはこの時電離圏・熱圏・下部熱圏の同時切り替え観測をしており，異なる高度領域の風の地磁気擾乱による変化が同時に観測されている。地磁気擾乱による熱圏・下部熱圏の風の変化と，それが電離圏の電子密度に及ぼす影響について論じられている。また，光学カメラで観測された大気発光，GPS により得られた全電子数の増加について数値モデルを用いて数時間スケールの北向き熱圏風の影響を論じている。

第6章ではMUレーダーによる電離圏上部の水素イオン密度の推定結果が示されている。極めて微量な水素イオン密度を統計的に推定するための方法が述べられ、10年間の電子・イオン温度観測データを用いた推定結果が示されている。特に低太陽活動期・冬に電離圏上部（高度約500 km）で水素イオンが全イオンの約5%に達しており、他観測や数値計算結果との比較から、水素イオンが中性水素との化学平衡に強く支配されていることが述べられている。また、水素イオン密度の年変化に対する熱圏風の影響について論じられている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

電離圏・熱圏領域は地球大気環境の外縁に位置し、この領域を理解することが地球大気環境を知る上で重要である。なかでも熱圏中性大気の流れである熱圏風は、電離圏電離大気との相互作用によって電離圏構造に強い影響を与えると同時に、自らも電離大気の影響によって変動しており、高度領域が重なる電離圏と熱圏を結びつける極めて重要な要素の一つとなっている。本論文はこの熱圏風に着目し、MUレーダー（北緯34.85度、東経136.10度、地磁気緯度北緯約25度）で観測された1次物理量を用いて熱圏風速を推定し、熱圏風の統計的特徴と電離圏・熱圏に及ぼす影響について解析の結果を示している。

熱圏風の統計解析では、日変化の太陽活動・季節・地磁気活動依存性の他に、他観測や経験モデルとの比較結果が示され、経験モデルとの差異は同モデルにはアジア域観測データが含まれていないことが原因と指摘されている。電離圏の年変化についての統計解析では、数値モデルを用いて熱圏風が電子密度の季節変化に与える影響が高度によって異なることが示されている。水素イオン密度の統計解析では、従来推定困難だった微量の水素イオンを検出するために解析上の工夫を重ね、太陽活動・季節・地磁気活動による水素イオン密度の変化を示している。これら太陽活動1周期にあたる11年にも及ぶ膨大な観測データの統計解析は世界的にも稀有である。さらに地球大気の上下結合の解明につながる電離圏・熱圏・下部熱圏の同時観測結果も示されており、これらの解析結果は適宜数値モデルを用いて検証されている。

電離圏・熱圏領域の研究は、近年では工学的応用を目指して重要度が増している。衛星通信や人工衛星による測位システムなど様々な人類活動の舞台として電離圏・熱圏領域が活用されるようになっており、これらのシステムが電離圏・熱圏の状態に強く影響を受けることから宇宙天気予報の研究もさかんに行われている。宇宙天気予報には経験モデルや理論モデルなど様々な数値モデルが必要不可欠であり、これらモデルの精度が予報の精度を大きく支配することになる。本研究はMUレーダーによる電離圏・熱圏領域の膨大な観測データを基に中緯度アジア域の観測的モデルを提供するものであり、宇宙天気予報に必要な数値モデルの精度向上にも寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年1月28日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。