

論文審査の結果の要旨

氏名 西野真木

本論文は7章からなる。第1章はイントロダクションである。近年の衛星観測から、惑星間空間磁場(IMF)が北向きの際に地球磁気圏近尾部に冷たい高密度プラズマの存在することが知られてきた。この冷たいプラズマは磁気圏境界面を横切って太陽風から磁気圏内部へ輸送されたものと考えられるがそれを担う物理過程には諸説あり、磁気圏物理学において解決すべき主要な課題となっている。本論文は人工衛星の観測データを用いて、冷たいプラズマの輸送および加熱過程の研究を速度分布関数の形状に着目して行ったものである。

第2章は、地球磁気圏の夕方側で観測される二成分プロトンの温度非等方性を取り扱っている。ケーススタディおよび統計解析によって、プロトン低エネルギー成分の温度非等方性は、昼間側で磁場垂直方向の温度が高く尾部側で磁場平行方向の温度が高くなっていることが初めて明らかにされた。これらの結果は昼側と夜側でプラズマの輸送メカニズムが異なっている事を示しており、本研究で初めて明らかにされた成果である。

第3章では、地球磁気圏の夕方側で観測される電子と二成分プロトンの温度非等方性が同時に調べられている。プロトンと電子の温度非等方性を比較した結果、尾部側プラズマシートにおいてプロトンの低エネルギー成分と電子の温度非等方性との間に高い相関のあることが発見された。また、両者には相関がありながらも常に電子の温度非等方性の方が強いことが示され、電子のみを選択的に磁場方向に加熱するプロセスが働いていることが示唆された。更に、IMFの北向きの度合いが強いほど温度非等方性が高い傾向があることが発見され、磁気圏境界層付近での発達期待される KH 渦との関連のあることが初めて明らかとなった。

第4章には、プラズマシートの温度非等方性と境界層付近の KH 渦との関係を詳しく調べた結果が述べられている。磁場平行方向の温度非等方性を生成する現場に迫るため、尾部側の磁気圏境界層付近の渦の観測データを解析した。プロトン速度分布関数の形状に着目した結果、渦内の電流層付近で磁場平行方向に互いに反平行なビーム成分の存在することが初めて見出された。この観測

は、巻き上がった渦の内部で磁気リコネクションが起きた結果として温度非等方性が生成されていることを示唆している。また、渦内部では電子のみが加熱されており、それを担う物理過程としては波動による電子加熱が挙げられる。さらに、渦の内部から磁気圏側へ移るにつれてプロトン・電子の両者とも温度の上昇することが分かった。この事は断熱加熱の存在を示唆している。以上の観測結果から、渦で乱れた場が作られることで磁気リコネクションや波動が励起され、これらの複数のプロセスが互いに影響を与えながら境界層付近でプラズマを輸送・加熱しているという新しいモデルを提唱した。

第5章は、磁気圏の真夜中付近で観測される二成分プロトンを取り扱っている。夕方側境界面付近でのプラズマ流入・プラズマシート形成メカニズムの探求に加えて、流入した冷たい高密度プラズマの輸送先の考察がなされている。真夜中付近でも夕方側付近と良く似た速度分布関数を持つプラズマが頻度は低いながらも存在するということが発見された。本現象の出現条件が明らかにされ、IMF 北向きの度合いが強い時に真夜中側への輸送が起きていることが突き止められた。過去の研究では、真夜中付近に存在する冷たいプラズマは主として朝側の境界面から流入したことが想定されており、これとは全く逆向きのプラズマ輸送が働いていることが新たに判明した。

第6章には論文全体の考察、第7章には結論が述べられている。本研究によって、磁気圏物理学の重要な課題である IMF 北向き時の磁気圏境界面を横切るプラズマ輸送および冷たい高密度プラズマシートの形成に関して、単一のプロセスのみが作用するのではなく複数のメカニズムが関与しているという事実が初めて明らかとされた。

以上を総合して、審査員全員一致で本論文が博士論文として十分なレベルに達していると結論した。

なお本論文第2章と第3章は藤本正樹・上野玄太・寺沢敏夫・前澤洌・向井利典・齋藤義文との共同研究、第4章は藤本正樹・上野玄太・向井利典・齋藤義文、第5章は藤本正樹・上野玄太・前澤洌・向井利典・齋藤義文との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。