

論文審査の結果の要旨

氏名 風間 洋一

地球磁気圏は性質の異なる幾つかの領域に大別されるが、それらは独立ではなく、境界を通したエネルギー・運動量・物質の授受によってダイナミックに変動している。それらは非定常かつ非一様で、局所的かつ短時間に粒子加速が幾つかの領域で発生する。特に磁気圏サブストームの際にみられる諸現象、オーロラ帯上空における沿磁力線加速、内部磁気圏における粒子インジェクション、尾部における磁気リコネクションは端的にこのことを表している。これら諸過程の相互関係をグローバルな視点から捉えることは現象の解明に不可欠であり、近年の観測技術の高度化に伴って可能になってきた。本論文は、そのような研究の一環として、ENA (energetic neutral atom) 粒子による遠隔観測のための実験的研究、および GEOTAIL 衛星観測に基づく磁気圏尾部でのエネルギー分散イオンに関する研究の成果をまとめたものである。

本論文は 7 章からなり、第 1 章は本論文の意義、すなわち非定常かつ非一様である磁気圏を理解するための大局的観点の重要性について概説している。

第 2 章は薄膜カーボンの粒子透過特性について述べている。薄膜カーボンは ENA 検出など宇宙空間でのプラズマ計測における基本的な技術要素であり、それらの粒子に対する特性を取得することは、プラズマ計測技術の発展に寄与するものである。薄膜カーボンの厚みは 25 Å 程度のきわめて薄いものであり、実験の過程でそれらの取り扱い技術を確立した。実験と平行してコンピュータによるシミュレーションも行った。実験により得られたエネルギー損失・角度分散は、50-100 Å 厚の薄膜のシミュレーション結果に相当する。この厚みの不一致は薄膜表面に不純物等が付着しているためであると結論され、計測器開発の際には実際の薄膜厚を考慮しなければいけないことを明らかにした。

第 3 章は半導体検出器の利用技術開発について述べている。半導体検出器は高エネルギー粒子の検出に有用であり、それらの利用技術の開発は第 4 章で述べている高エネルギー粒子計測器のみならず、今後の粒子観測装置に生かされる。実験の中で理論的極限までの SSD 回路のノイズの低減に成功した。また、検出器表面の不感層厚を計測した結果、3800 Å 程度の厚みを持つことを示した。そして、この結果に基づき、磁気圏観測で必要な数十 keV のイオン検出器に対する不感層厚の制限を求めた。

第 4 章は高エネルギー粒子計測器の設計・開発について述べている。ENA 観測を行うロケット搭載用高エネルギー粒子計測器の設計・開発を行い、観測ロケット SS-520-1 に搭載した。この計測器は、磁気圏で生成された ENA 粒子と地球大気圏の濃密な中性大気との反応の研究のため、中性である ENA と荷電粒子を同時に計測できるように設計された。この

同時計測のため永久磁石を用いてイオンと中性粒子の弁別を可能としている。また、粒子のエネルギー分析を行うため、粒子の検出部には半導体検出器を用いている。打ち上げられた観測ロケットは正常に飛行し、開発した観測器の正常な動作を確認したが、ENA による有意なカウントは検出されなかった。この観測結果から ENA の上限値を得ている。さらに、この上限より、中性粒子の源であるリングカレントの粒子密度が従来のモデル計算で示唆される量よりも 2 桁程度以上減少していなければならないことを結論している。この結果は、この観測時期のような磁気圏の活動度の長い静穏期間に適用するにはモデルの改訂が必要であることを示している。

第 5 章は夜側磁気圏で観られるエネルギー分散イオンの一般的な性質について述べている。エネルギー分散を示す粒子は磁気圏の様々な領域において観測され研究も行われているが、磁気圏尾部プラズマシートで観測されるエネルギー分散を伴ったイオンの観測は従来行われていなかった事例である。研究により、夜側磁気圏で観られるエネルギー分散イオンは 4 つのタイプ、すなわち広いピッチ角をもつ高エネルギー分散イオン、広いピッチ角をもち繰り返し発生する分散イオン、狭いピッチ角の低エネルギー分散イオン、2 成分プラズマ中に観測される分散イオン、に分類できることを示した。これらはイオンの起源や生成機構に依存していると考えられるが、うち三種の起源は、夜側磁気圏に起源を持つもの、磁気圏境界面近傍で観測され太陽風進入の過程で発生するもの、地球電離圏に起源を持つもの、であるとの結論を得た。

第 6 章は上記のエネルギー分散イオンのうち、磁気圏イオンと電離圏イオンが共存している事例について述べている。特に、事例中に発見された電離圏起源イオンと磁気圏起源イオンが同時に存在している例につき解析した結果、両者がしばしば同時に同一磁力管内に存在し、オーロラ帯に起源を持つ粒子が数分程度遅れて発生することを明らかにした。これは磁気圏から電離圏へ擾乱が伝搬したという因果関係を示している。その伝搬速度から、電離層イオンの磁気圏への注入にアルベン波の寄与があることを結論した。

第 7 章は本論文全体の統括を行っている。論文前半部の高エネルギー中性粒子観測装置の開発、試験観測への応用とその結果、ならびに後半部の GEOTAIL 衛星によるエネルギー分散イオンのデータ解析とその結果は、いずれも磁気圏をグローバルな視点から捉える研究手段として極めて有効であると結論している。これらの結果は有意義なものであり、磁気圏研究の発展に寄与するものと認められる。

なお、本論文第 2 章は浅村和史氏、斎藤義文氏、向井利典氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験および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。

以上の結果に基づき博士(理学)の学位を授与できると認める。