

論文内容の要旨

論文題目 Remote Sensing of Magnetospheric Structure with Particle Measurements
 (粒子計測による地球磁気圏構造の遠隔観測)

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。サブストームの際に観られる現象、すなわち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。このような関係をグローバルな視点から捉えることは磁気圏物理学においてたいへん重要な問題であることは論を待たない。本論文は、そのような観点から、ENA(energetic neutral atom)粒子による遠隔観測のための技術的な研究および磁気圏尾部でのエネルギー分散イオン現象に着目した研究をまとめたものである。

内部磁気圏においては、高エネルギーイオンが周囲の希薄な大気との荷電交換によってENA粒子が生成される。ENAは中性粒子であるため磁場を横切って情報を伝えることができるため、このENAを検出することにより、内部磁気圏を遠隔観測する手法が以前から着目されている。近年POLAR衛星やIMAGE衛星で行われるようになってきているが、その観測技術は未だ発展途上の段階にある。我々も以前からその観測技術の基礎開発を行っており、本研究の前半はその成果の報告である。

始めに、ENA検出などプラズマ計測における基本的な要素である薄膜カーボンの粒子透過特性を実験的に計測した。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、

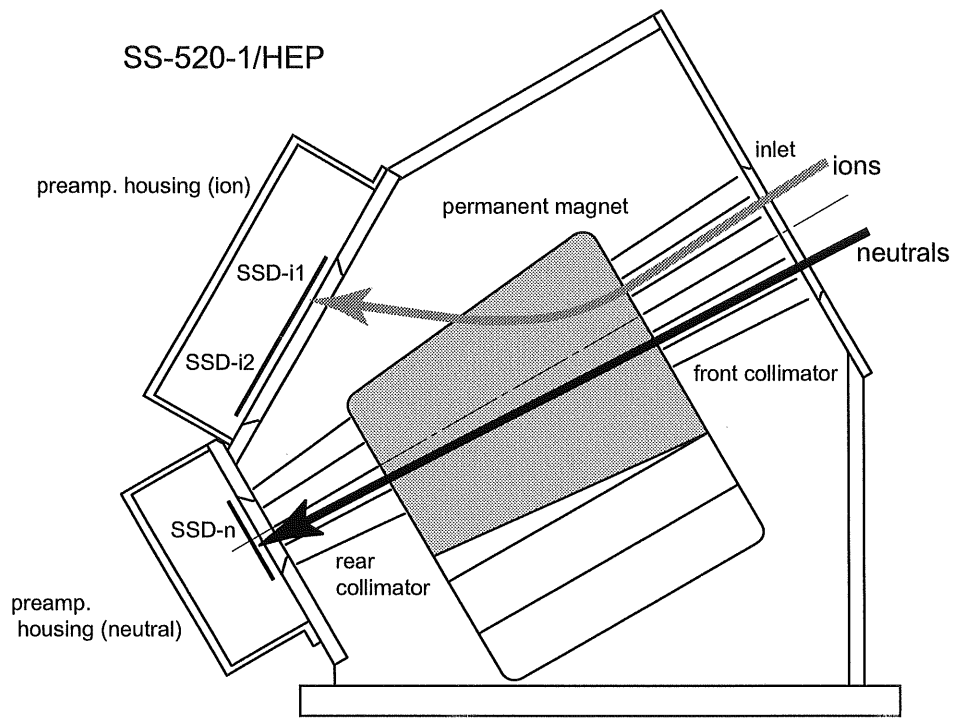
実験の過程でそれらの取り扱い技術を取得したことは、大きな成果である。実験と平行してコンピュータによるシミュレーションも行った。実験により得られたエネルギー損失・角度分散量は、50-100Å厚の薄膜のシミュレーション結果に相当することが分かった。

次に、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。この計測器の特徴は、中性である ENA と荷電粒子を同時に計測できることである。これは磁気圏で生成された ENA 粒子が地球電離圏の濃密な中性大気とどのような反応をしているかを研究することを目的としている。そのため永久磁石を用いてイオンと中性粒子の弁別を行う（図 1 を参照）。また、粒子のエネルギー分析を可能とするため、粒子の検出部には半導体検出器を用いた。この観測器を搭載したロケット実験により、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。これは磁気圏の活動度が長い期間静穏であり、リングカレントでの高エネルギー粒子が大気との荷電交換反応により消失したためと解釈できる。

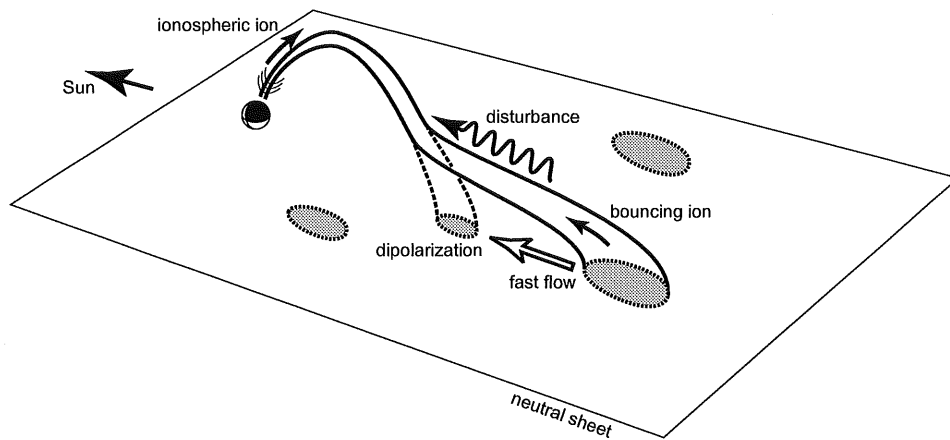
これらの実験を通じて得られたカーボン薄膜技術・半導体検出器利用技術・加速器を用いた高エネルギー粒子実験は、現在計画されている SELENE 衛星や水星探査衛星に搭載予定の粒子観測装置に生かされている。

本研究の後半は、GEOTAIL 衛星でプラズマシート中で観測される磁力線に沿った方向の粒子に着目し、そのエネルギー分散関係から粒子の加速位置や加速時刻を調べた。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ものである。

解析の結果、分散イオンには二つの起源が有ることが分かった。一つは磁気圏尾部の磁気中性面で高速流に伴い加速されたものであり、もう一つはオーロラ帯上空で上向きに加速されたイオンである。これらの発生場所と時刻を詳細に解析した結果、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発見した。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と考えられ、伝搬速度から、アルベン波が寄与していると思われる（図 2 を参照）。



(図 1) 観測ロケット SS-520 ロケットに搭載された ENA 観測器の断面図



(図 2) 磁気圏で観測されるエネルギー分散イオン発生の様式図