

中間エネルギー粒子分析器の開発

笠原慧（宇宙科学研究所 太陽系科学研究系 助教）

背景

地球近傍の宇宙空間であるジオスペースには、メガエレクトロンボルトを越える高エネルギーの電子が多量に捕捉されている放射線帯（ヴァン・アレン帯）が存在している（図1）。この放射線帯は太陽風の擾乱によって生成と消失（高エネルギー電子の加速と消失）を繰り返すことが知られているが、そのメカニズムは未解明であり、磁気圏物理学の最重要課題のひとつとなっている。

この課題に挑むべく、日本では 2015 年度に ERG 衛星を打ち上げる予定である。ERG の最大のアドバンテージは、中間エネルギーイオン・電子分析器により、波動粒子相互作用の観測ができる事である。波動粒子相互作用は、高エネルギー電子の加速・消失に重要な役割を果たすことが理論的に予想されており、世界中の研究者がその検証を待ち望んでいる。中間エネルギー粒子分析器は現在、エンジニアリングモデル試験のフェイズにあり、その一部を本課題で実施した。

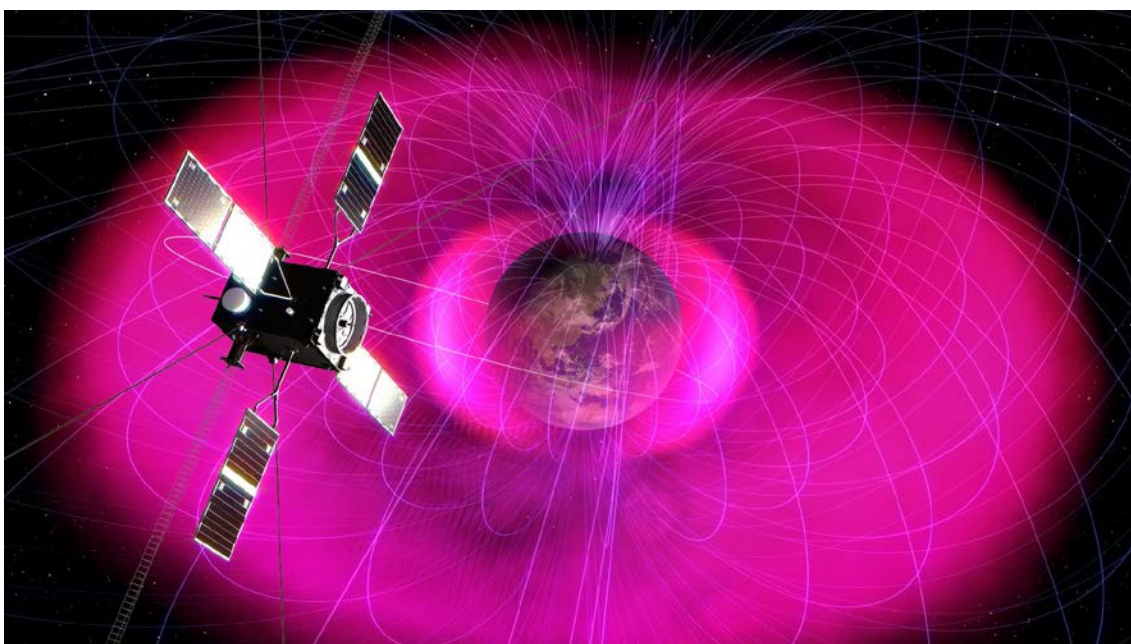


図1：放射線帯と ERG 衛星の概念図。

観測器の概要と課題

中間エネルギーイオン分析器は、10-180 keV/q の入射イオンに対し、その入射方向、入射エネルギー、質量（イオン種）、電荷を計測するものである。これらの物理量を決定するため、分析器は、静電分析部、time-of-flight 型質量分析部、及び半導体検出器部で構成される（図 2 左および中央参照）。

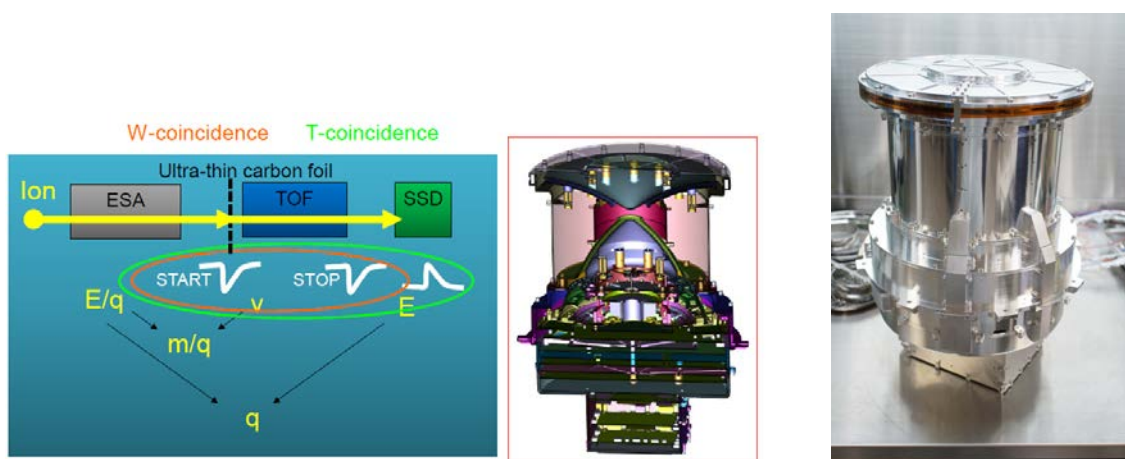


図 2 : (左) 計測原理. (中央) 3 次元形状図. (右) 分析器エンジニアリングモデルの写真.

この分析器の技術的なチャレンジの一つが、高電圧の印加である。分析器内の、入射イオン経路では、5mm の間隙に 10kV の電位差を与えるが、このような強電場下では大規模な放電のリスクがあり、細心の注意を払った設計と試験による検証が必須である。そこで本課題では、中間エネルギーイオン分析器エンジニアリングモデル（図 2 右）を用いた耐圧試験を実施した。

試験形態

図 3 に、耐圧試験のコンフィグレーションを示す。真空槽内に分析器をセットし、高電圧（最大+/-5kV）を印加した。また、印加電圧をペンレコーダでモニタした。

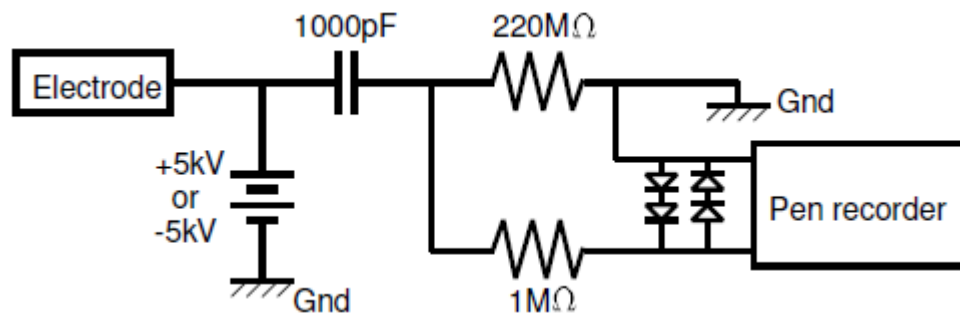


図3：耐压試験のコンフィグレーション. Electrode と表示した部分が，真空槽内に設置された分析器にあたる.

結果

フル電圧を印加し 8 時間モニタしたところ，高圧電源が落ちるような大規模放電は起きなかった．最初の数時間，小規模放電が見られた（図4）が，時間とともに放電が減る様子が観測された（4 時間経過後は，放電が見られなかった）.

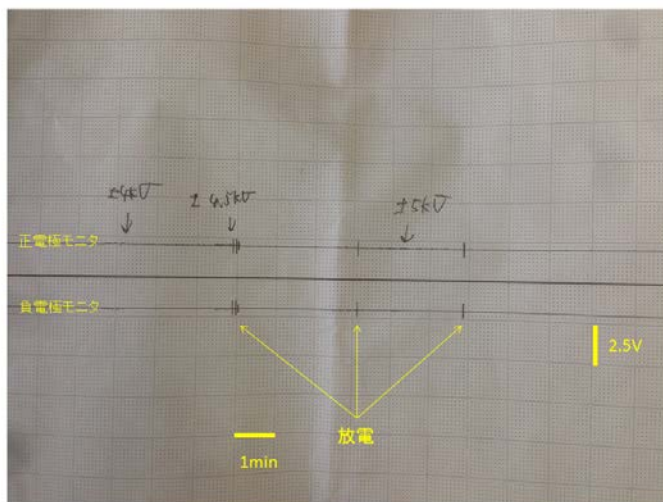


図4：高電圧のプロファイルの一部.

また，電圧印加後に真空槽から分析器を取り出し，解体して内部を確認したところ，静電分析部に紫外線除去のため塗装した黒色粉が，塗装面から飛散した様子が確認された（図5）．なおこのような黒色粉の飛散は，過去のテストモデル試験でも見られたもので，最初の高圧印加時が最も顕著で，2回目以降はほ

とんどなくなる事が確認されている。フライトモデルでは、あらかじめ静電分析部のみの高電圧印加を実施して黒色粉（の飛びやすい部分）をふり落とししてから、全機組上げを行うことにする。

黒色粉の飛散が小規模放電の結果なのか原因なのかは現時点で不明であるが、後者であるとすれば、（粉の飛散は最初の電圧印加時が最も顕著である事から）2回目以降の電圧印加では小規模放電もほとんど見られなくなると期待できる。今後、より長時間の耐圧試験を実施する。

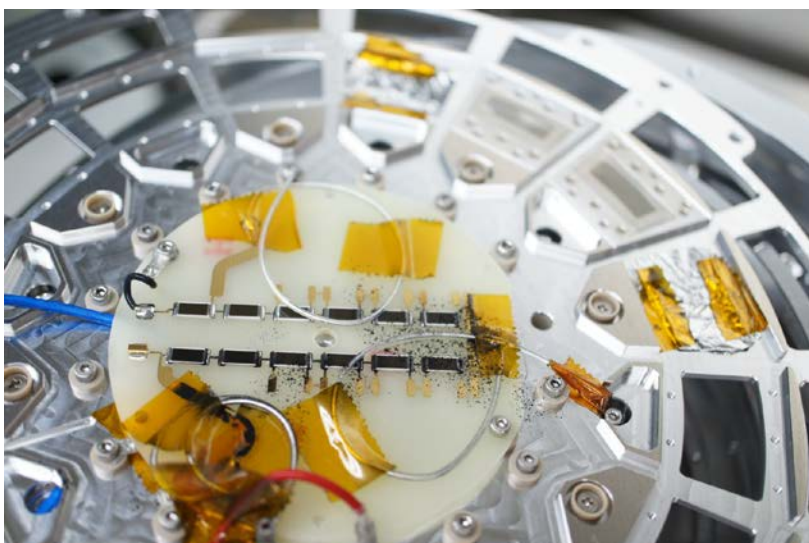


図5：飛散した黒色粉。

まとめ

ジオスペースにおける放射線帯ダイナミクスを解明するため、2015年度の打上げを目指して ERG 衛星の開発が進められている。搭載機器のひとつである中間エネルギーイオン分析器は、10-180 keV/q のイオンを精密に計測する世界的にもユニークなものである。この分析器の技術的なチャレンジの一つが、10kV/5mm という強電場の印加であり、細心の注意を払った設計と、その耐圧検証が不可欠である。本課題では、この分析器のエンジニアリングモデルに対し、耐圧試験を実施した。その結果、高圧電源が落ちるような大規模放電を起こさずに、フル電圧を印加できる事が確認できた。また、最初の数時間、小規模の放電が起こったものの、その後、頻度が落ちる傾向が見られた。今後、より長時間の試験を実施し、小規模放電の推移を確認する。