

SS520-3 用低エネルギー粒子計測器(LEP)の開発

横田勝一郎¹, 齋藤義文¹

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

1. はじめに

電離大気(イオン)の加速・流出現象は、地球のみならず火星、水星を含む他惑星や月を含む衛星周辺でも起こる普遍的な現象であることが最近の国内外の観測で次第に明らかとなってきた。その流出機構は、それぞれの天体により様々に変化すると考えられているが、十分な理解には至っていない。この流出機構の解明が、天体周辺の大気の変遷を理解・予測する上で必要不可欠である。SS520-3 ロケット実験は、電離大気流出の原因として理論的に想定されている波動・粒子相互作用を、人工衛星ミッションに向けて開発された新たな観測装置を用いて世界で初めてその場で検出し、解明する事を目的としている。これらの波動・粒子相互作用は、地球で主要な電離大気加速及び流出が起きている極域カスプ周辺領域の高度 800km 付近から効率よく働いていると予測されており、800km 高度まで到達できる SS-520 の使用が必須となる。このカスプ上空に SS-520 を打ち上げられる射場は、スバルバル島 Ny Alesund が唯一存在する。

本研究は、SS520-3 ロケット実験に搭載される観測器の1つで、低エネルギー粒子計測器(LEP)を開発するものである。LEP は電子用とイオン用で1対のほぼ同じ形状のセンサーで構成される。2016年度は数値計算によるセンサー部の設計と、その結果に基づいた製作を行った。各コンポーネント毎に機能試験を行い、それぞれの性能は確認している。

2. 低エネルギー粒子計測器(LEP)

図1に本研究で開発している低エネルギー粒子計測器(LEP)の形状を示す、対をなす電子センサーとイオンセンサーがレール上に位置し、観測時は伸展する機構に保持されている。中央にそれぞれ位置する箱には、電子及びイオンをカウントする検出器とセンサー部や検出器に電位を与える高圧電源が備わっている。両センサーを制御する電子基板の入った箱が横に位置していて、観測の際には伸展及び観測状態への移行を司る。観測時にはセンサー部への制御を行い、得られたデータを地上にダウンリンクするためロケット本体に送り出す。

図2は電子センサーとイオンセンサーに共通のセンサー部の形状を示す。球殻状の電極の内側に電圧を印加することで、入射粒子のうち適切なエネルギーと角度を持つものを選別して検出器に送り込む機構である。数値計算による結果はエネルギー分解能 18%、角度分解能 6.5° を示している。数値計算による設計の際は様々な形状を試行して、観測対象となる極域カスプ周辺領域の電子とイオンを計測する上で適切な性能となるものを選んでいく。

写真1は検出器を示している。検出器はマイクロチャンネルプレート(MCP)と呼ばれる二次電子増倍管の集合体、64チャンネルのアノードを持つアノード基板によって構成される。アノード基板には64チャンネルで得られた信号を処理してカウント情報として出力するASIC回路が搭載されている。

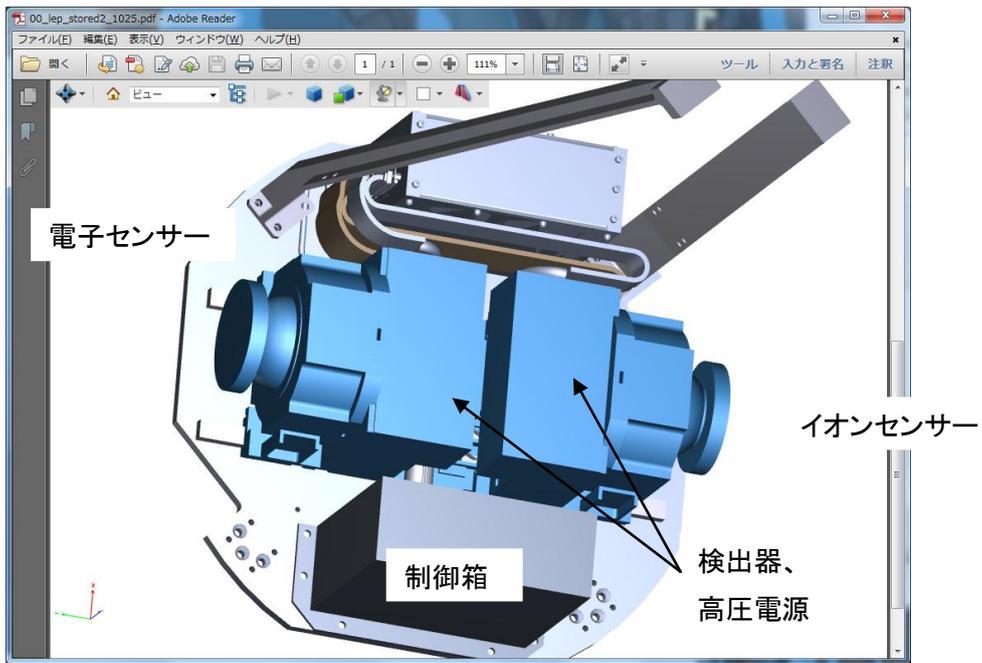


図1:低エネルギー粒子計測器(LEP)

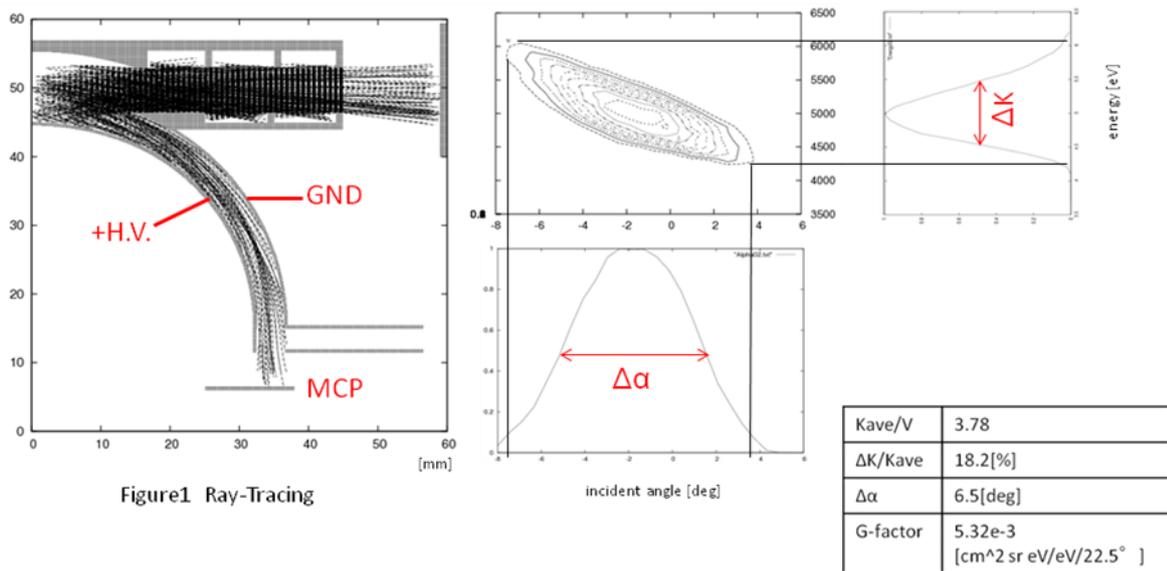


図 2:低エネルギー粒子計測器のセンサー部と数値計算による性能評価

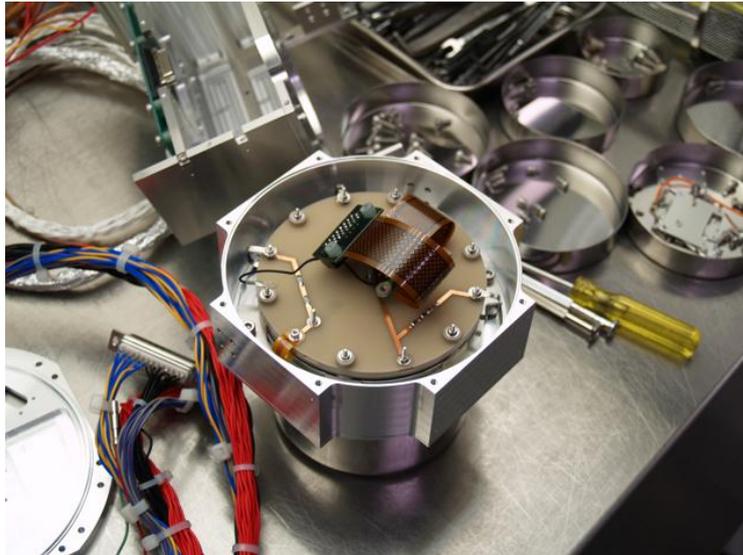


写真 1: 低エネルギー粒子計測器の検出器

最後に本研究の LEP の特徴を明記しておく。電子とイオン用それぞれセンサーがあるが、何れも超薄膜カーボン透過させ、そこから発生する二次電子を検出器にて検出する。これによって検出器は両方とも電子用の形態(主に印加電圧が電子用とイオン用で異なる)に統一することが可能となる(図 3)。このような手法は 1 台のセンサーで電子とイオンの両方が計測出来るセンサーに応用することを計画している。今回は電子とイオンで 1 対のセンサーを用意しているが、極性を変えられる高圧電源を用いることで 1 台のセンサーが電子用とイオン用を切り替えて観測することが可能になる。新宇宙探査では特に厳しいリソース制限があるため、このような 1 台で両極性の荷電粒子に対応出来るセンサーの重要性は高いと考えている。

3. まとめ

2016 年度は以下の事項を行った。

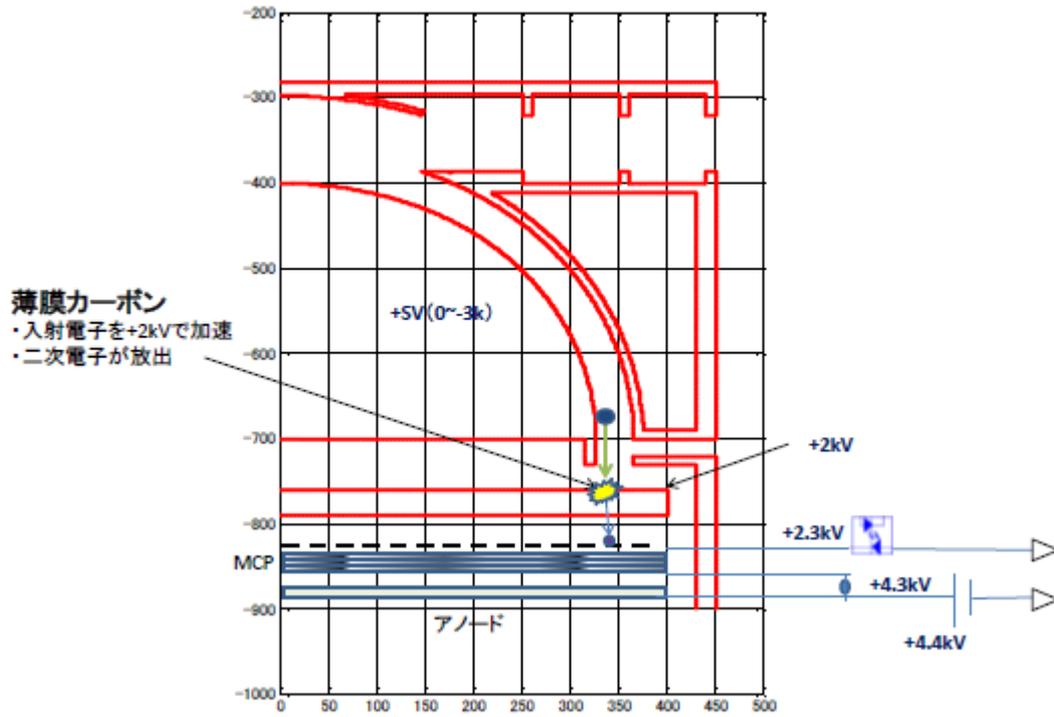
1. 数値計算による電子イオンセンサーの設計(4-9 月)
2. 電子イオンセンサーの製作 (10-3 月)
3. 検出器の製作 (10-3 月)
4. 高圧電源の製作 (10-3 月)
5. 制御箱の製作 (10-3 月)
6. それぞれのコンポーネントの機能試験 (1-3 月)

使用した設備：低エネルギー荷電粒子計測器校正装置

使用した測定器：オシロスコープ、パルスジェネレータ、各種安定化電源、デジタルマルチメータ

2017 年度からの予定として、2017 年 12 月にロケット実験が予定されているため、引き続き低エネルギー粒子計測器(LEP)の 5 月と 7 月の噛み合わせ試験に対して準備作業を行う。7 月の最終噛み合わせまでに性能試験と環境試験を全うする。また 11 月からは射場に移動してロケット実験への準備作業に従事する予定である。

電子用分析器



イオン用分析器

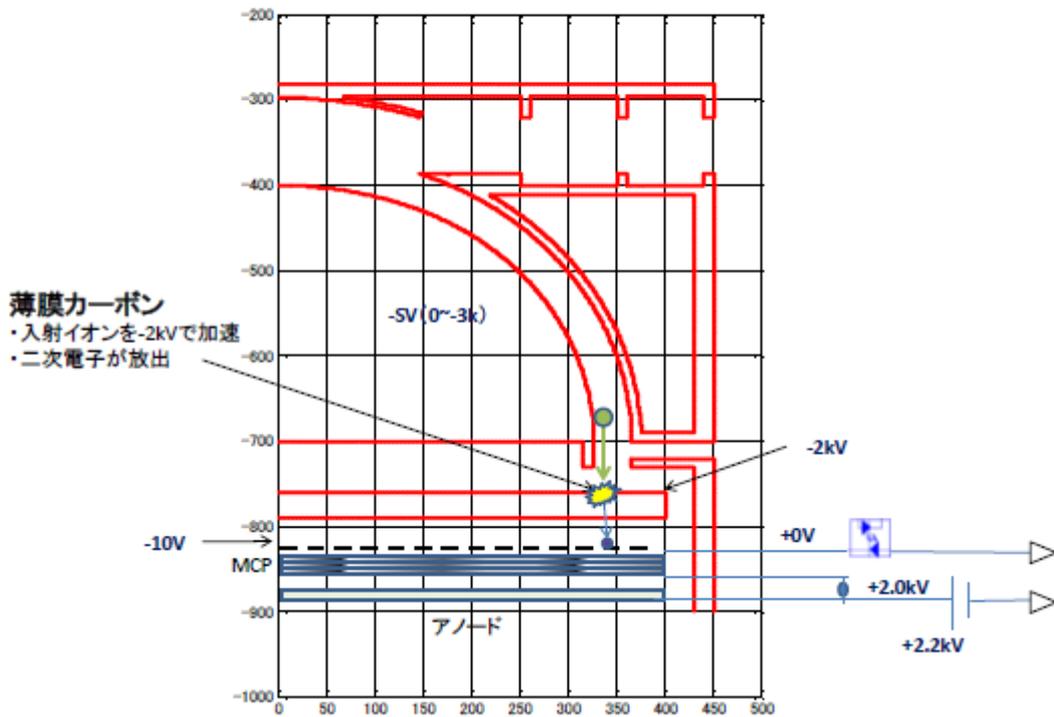


図 3: 超薄膜カーボンを利用した電子・イオンの検出