

## SS520-3 搭載低エネルギー粒子計測器(LEP)の性能機能評価

横田勝一郎, 津田洸一郎(大阪大学), 齋藤義文, 浅村和史(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

### Calibration of low-energy particle experiments (LEP) for SS520-3

S. Yokota, M. Deguchi (Osaka University), Y. Saito, K. Asamura (ISAS/JAXA)

#### 1. はじめに

超高層大気加速・流出現象は、地球のみならず火星、水星といった地球型惑星でも起こる普遍的な現象である。しかしながら、その加速・流出現象はそれぞれの天体で様々であることは分かっているが詳細は不明な点が多い。加速・流出現象の理解は惑星大気の変遷を理解・予測する上でも重要であり、機構そのものの理解を目指す物理研究からだけでなく惑星科学研究からの要請も大きい。加速・流出機構の解明には科学観測が必須であり、地球の超高層大気が最も観測が容易な対象である。SS520-3 観測ロケットは地球のカस्प上空電離層最上部における流出イオンの加速・加熱メカニズムの解明を目的として、当初は 2017 年の 12 月に打ち上げを予定していた磁場・電場の観測器と共に電子及びイオン低エネルギー粒子計測器も搭載されている。イオン計測ではエネルギーと質量も計測する観測器も含まれていて、機上で相関を計算して波動粒子相互作用を検証する機能も備わっている。

本研究では、SS520-3 観測ロケットに搭載する観測器の一つである電子イオン低エネルギー粒子計測器(LEP)の開発を目的としている。2016 年度から開発を開始して、数値モデルによる設計とフライトモデル(FM)製作を行った。2017 年度には較正試験及び環境試験を一通り完了して、ペイロードかみ合わせ試験と総合試験の大半を終えた。しかしながら、タイマー試験で発生した問題の解決が時間内に終わらなかったため、2017 年度の打ち上げは延期されていた。2018 及び 2019 年度も打ち上げを延期されたため LEP は保管状態のままであったが、2019 年度末に 2020 年度の打ち上げが濃厚であることが周知されることとなった。そのため、2019 年度は年度内の打ち上げを想定した試験計画を立てていたが、年度末に通りの機能を簡易的に再確認することに変更した。ここでは LEP 及び今年度の作業結果について報告する。

#### 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 LEP の全体図を示す。イオン用と電子用の同一形状の TOPHAT 型静電エネルギー分析器がレール上に乗っている。観測時は打ち上げ後にタイマー制御によってレール上を対に移動して、二つの TOPHAT の頭を十分ロケットペイロードに対して露出させ、周囲のイオン電子観測のクリアランスを確保する。エネルギー分析に必要な掃引高圧電源及び MCP 用の高圧電源は TOFHOT の後ろに接続した箱に収納されている。レールの横に配置した直方体の箱には制御基板が内蔵していて、観測時はタイマー信号を受けて TOFHAT の進展や高圧電源の出力を開始し、得られた観測データを共通のテレメトリ装置に送信する役割を担う。LEP 用の制御基板はフラットケーブルで接続している図の上方の箱のみで、もう一つの箱にはロケットペイロードの別段に位置するイオンエネルギー質量分析器用の制御基板が収められている。

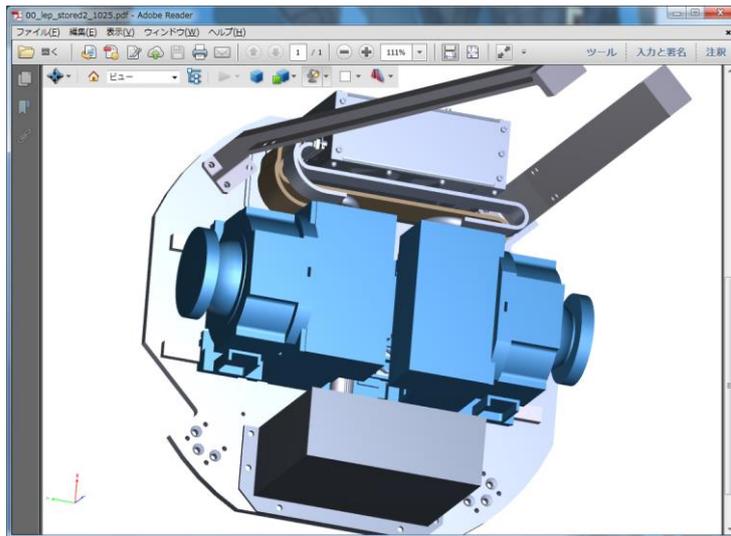


図1:LEPのCAD図

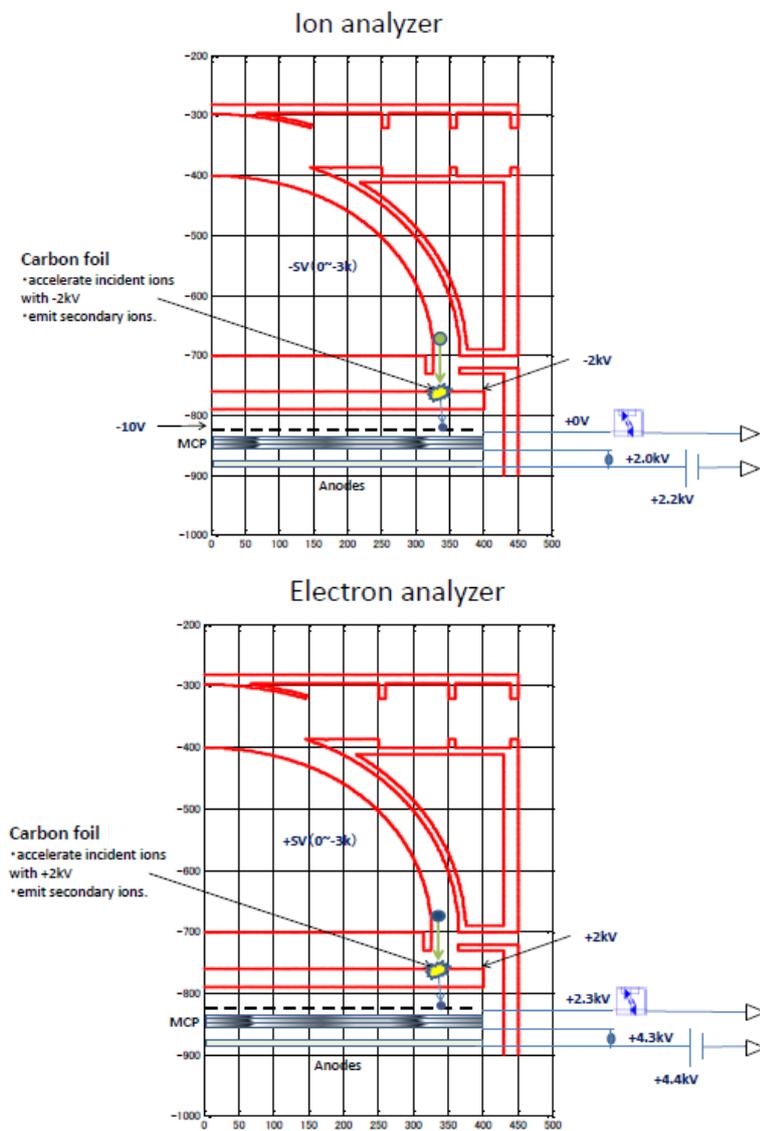


図2:LEPの模式的な断面図. 上はイオン用で下は電子用.

図 2 に LEP のエネルギー分析を担う TOFHAT 部の断面を示す。一对の球殻電極のうち内側に電圧を印加することで入射する荷電粒子のエネルギーを選別する。完全に同一の形状であるがイオン用は負電位で電子用は正電位を用いる。直下に超薄膜カーボンを張ったグリッドが配置してあり、ここまで到達した荷電粒子が通過する際に二次電子が発生する。そのため、最下にある MCP 検出器は両者とも電子用のものが用いられているのが LEP の第一の特徴である。この特徴は、球殻電極に接続する高压電源の極性を変更することが出来れば MCP も含めて完全に同一形態の TOPHAT 型静電分析器によってイオンと電子を切り替えて計測することが可能になることを意味する。利用例としては、プラズマ観測を主目的としない深宇宙探査においてリソースが限られる場合である。同時ではないものの 1 台の搭載にてイオンと電子の観測が可能であるため、少ない機会からより多くの科学観測成果を促すことが期待できる。LEP にとって SS520-3 観測ロケット実験は観測による科学研究だけでなく、新技術の立証の機会でもある。

### 3. LEP の試験結果

2017 度までに数値モデルを用いた設計、フライトモデル製作、較正試験、環境試験は完了している。写真 1 は較正試験時に LEP をジンバル上に設置した状態を示している。右から較正された  $N_2$  ビームが照射され、ジンバルによって LEP 入射口に対するビーム方向を網羅した。この試験は宇宙研の低エネルギー荷電粒子計測器較正装置を利用して行っている。

数値モデルによって得られた TOPHAT 型静電分析部の特性と、較正試験において得られた特性の一例を図 3 にて比較する。エネルギー及び角度特性ともに非常に良く一致していて、設計通りの性能が実証されているといえる。形・幅は概ね一致していることが見て取れる。よって、数値モデルにて設計した質量分析器は開発可能であると言える。既に全ての較正試験を終えているので、2019 年度は図 3 のような特性を簡易的に取得し、電氣的機能性能が保管前と状態が変わっていないことを確認した。タイマー信号に対する動作などの機能も一通り確認していて、2020 年度の総合試験に対しておよそ準備完了の状態であると言える。

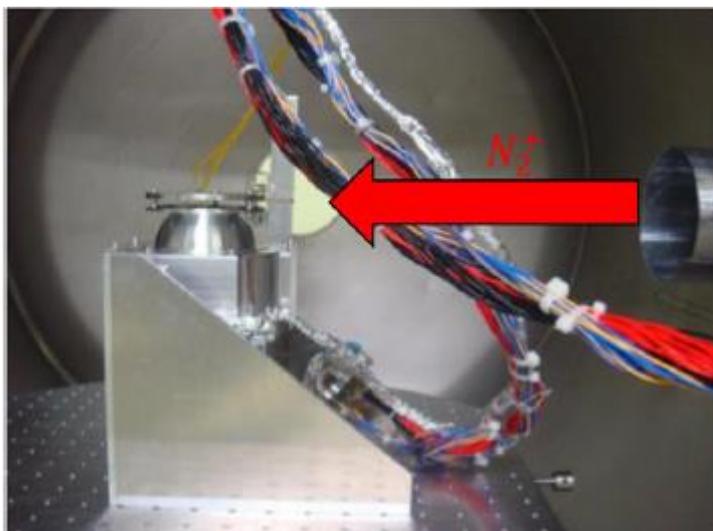


写真 1: LEP のビーム照射試験

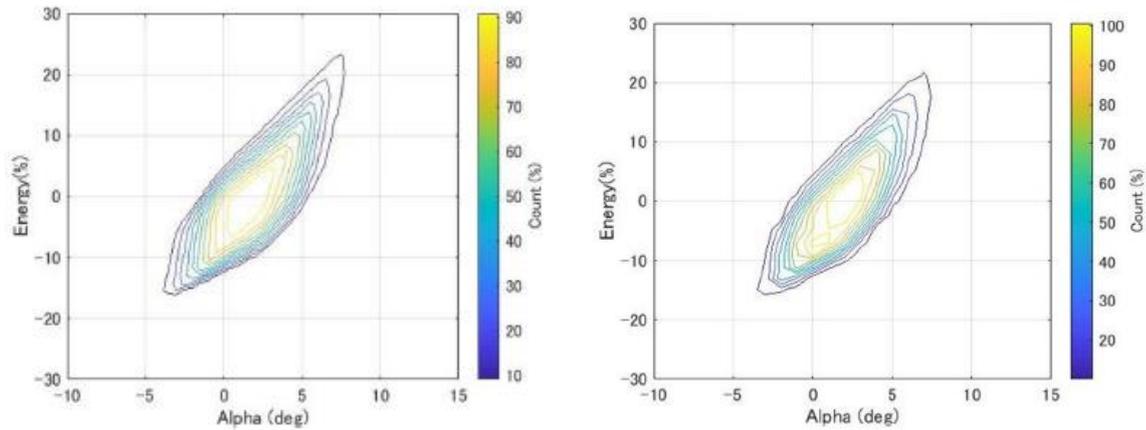


図 3：数値モデル(左)とフライトモデル較正試験(右)にて得られた LEP のエネルギー角度特性.

### 3. まとめ

2020 年度の打ち上げを想定して 2019 年度末に急遽 LEP の一通りの機能を簡易的に実施し、総合試験に対して参加可能な状態であることを確認した。2020 年度は早々に総合試験が行われる前提で準備作業を今後も続ける。首尾よく SS520-3 ロケット観測が進めば、2020 年度冬季にカサブ上空電離層最上部における流出イオンの加速・加熱の現場を観測して、科学研究に対して成果を上げるだけでなく LEP 独自の新技术の実証することも期待される。

#### 【成果発表】

- 横田勝一郎他, LEP の現状と噛み合わせに向けての作業状況, SS-520-3 会合, 極域電離圏における電離大気流出現象のメカニズム解明を目指した研究の戦略的計画, Zoom 会合短縮板, 2020.