

ベピコロombo MMO 搭載用イオン質量分析器(MSA)の開発

横田勝一郎、齋藤義文(宇宙研)

1. はじめに

水星は地球と同様に固有磁場を持ち、磁気圏を保持していることが知られている。水星磁気圏の詳細な構造やそこで生起する様々な現象を解明する為には水星探査衛星による水星磁気圏の総合的な観測が必要である。ISAS と ESA では水星磁気圏の構造、及びダイナミクスを解明する目的で水星周回衛星として Bepi-Colombo/MMO が計画された。磁気圏を理解する為には磁気圏に存在するプラズマ及び高エネルギー粒子の直接測定を行うプラズマ/粒子計測装置が必須である。その一つとして、我々はイオンエネルギー質量分析器(MSA:Mass Spectrum Analyzer)の開発を行っている。高い質量分解能と時間分解能を特徴とする。これによって、太陽風や太陽光等による水星表面から放出されるナトリウムイオンなどを弁別することが可能となり、太陽風・水星相互作用の解明に必要な観測データをもたらしてくれる。また、地球磁気圏に比べて数十倍早い水星磁気圏の太陽風変化に対する反応を捕らえることも可能となる。現在 MSA は FM フェーズであり、FM は既に MMO 衛星本体に取り付けられている。我々は FS(フライトスペア)も製作していて、本年度は FS を用いて主に MSA-CPU 搭載ソフトウェアの動作試験を行った。

2. MSA の原理

MSA は静電型エネルギー分析器の後段に質量分析部を配置した観測器であり、図 1 にその断面図を示す。エネルギー分析部にはトップハット形状で、360 度の視野を確保している。衛星のスピン運動を利用することで全方位(4π str) の視野確保が可能となる。

質量分析には飛行時間分析(TOF: Time-Of-Flight)法を用いる。入射粒子に超薄膜カーボンを通させ、通過時にたたき出された二次電子と入射粒子自体を検出し、その検出時間差から入射粒子の速度を導出する。エネルギー分析部で入射粒子のエネルギーが分かっているため、速度を計測することで質量を導くことができる。更に線型電場(LEF: Linear Electric Field)という特殊な電場を配置することで入射イオンの飛行時間を収束させ、質量分解能を向上させている。表1に MSA の性能を記す。

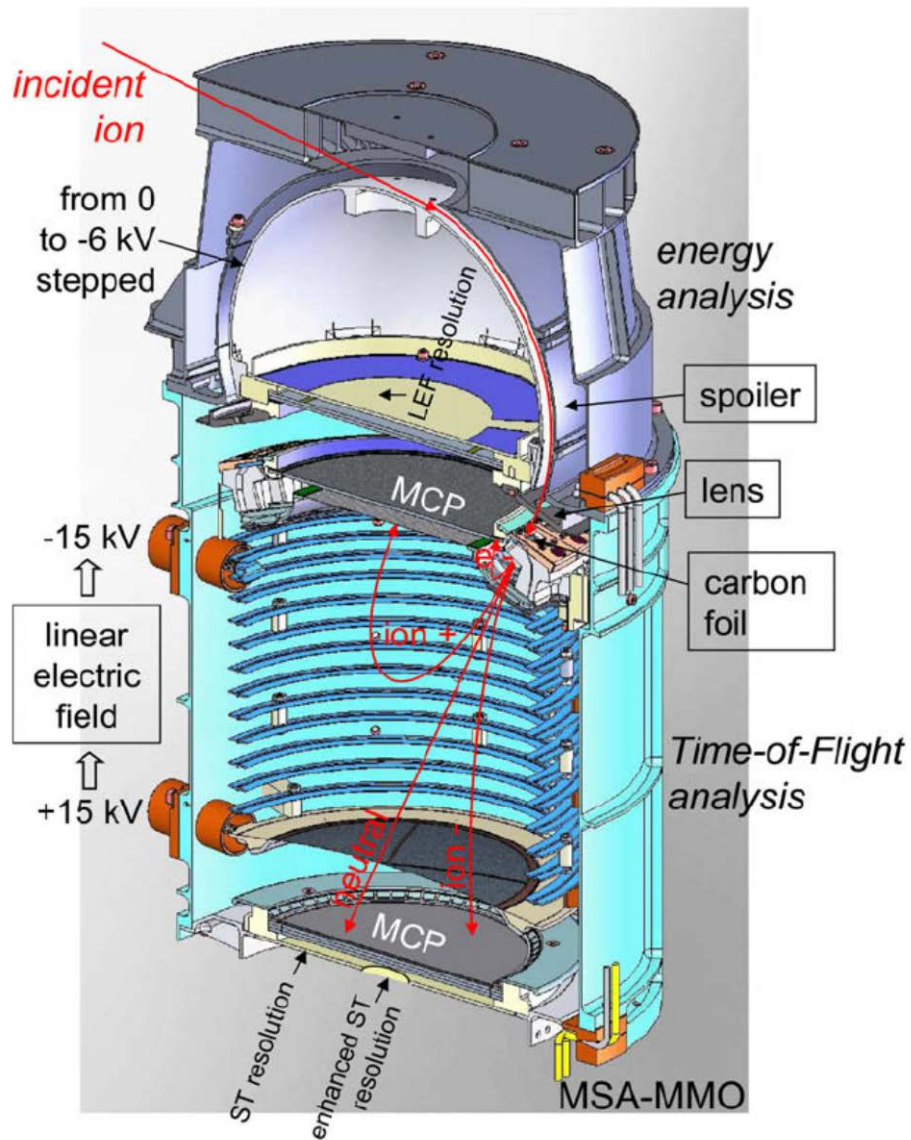


図1:MMO 搭載 MSA の断面図

表1:MSA の性能

Field of view:	8 deg. x 360 deg.
Angular resolution:	11.25 deg. x 11.25 deg.
Energy range:	5 eV/q-40 keV/q
Energy resolution:	10%
Mass range:	1-64 amu
Mass resolution:	$m/dm = 40 (<15 \text{ keV/q})$ $m/dm = 15 (>15 \text{ keV/q})$
Time resolution:	4 s for 3D (32 energy steps)
G-factor:	$5e-3 \text{ cm}^2 \text{ sr eV/eV}$

3. 成果

写真1のように MSA を治具に取り付けた後真空チャンバー内に設置し、イオンビームを MSA に対して照射することで MSA 試験を行った。本年度の時点で FM は既に衛星システムに提出しており、性能試験の一通りは既に終了している。写真の MSA は FM と全く同一に製作された FS であり、これを用いて MSA-CPU 搭載ソフトウェアの機能試験を行った。

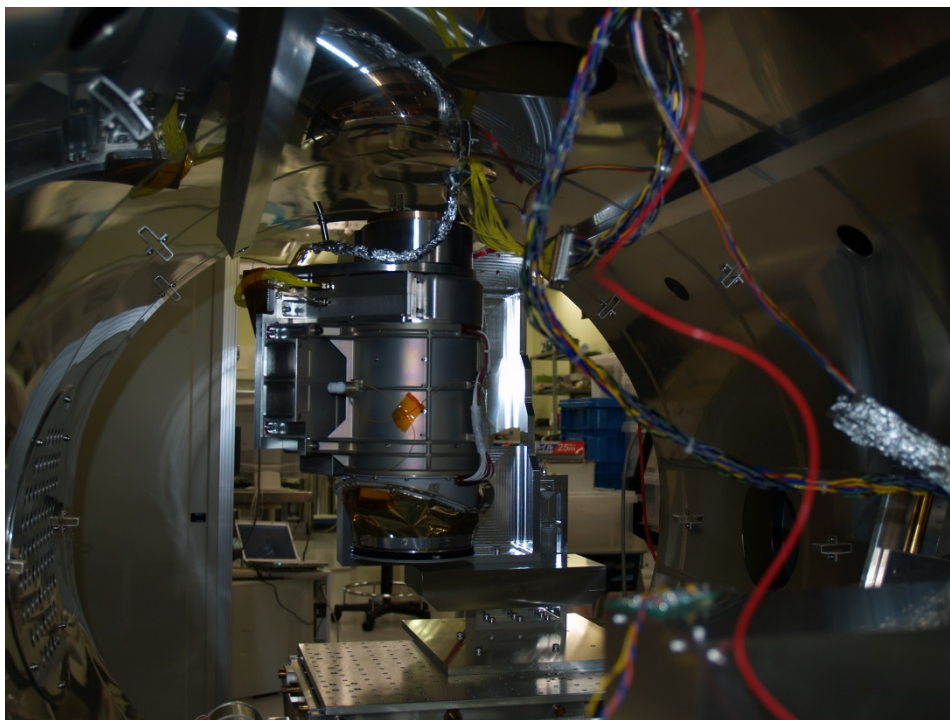


写真1:試験時のMSA。イオンビームは右から照射される。

機能試験の項目としては下記の通り。

- 1) 衛星システム試験時にでたバグを修正した版の動作確認
- 2) 新たに追加した観測モード自動移行機能の確認

本年度の試験作業で検証した MSA-CPU 搭載ソフトウェアを、衛星に搭載されている MSA の FM に対して 2014 年 12 月にアップロードを行った。

4. まとめ

FS を用いて FM に搭載する CPU ソフトウェアの検証試験を行った。本試験で動作を確認した版を、衛星に搭載されている FM に対してアップロードした。今後 FM に問題が発生した場合に備えて、今回の FS 及び試験設備機材は保管している。