

R009-03

Zoom meeting D : 11/1 AM1 (9:00-10:30)

09:30-09:45

BepiColombo Mio 搭載イオンエネルギー分析器 MPPE-MIA の軌道上性能評価

#齋藤 義文¹⁾, 原田 裕己²⁾, 横田 勝一郎³⁾, 三宅 亙⁴⁾

¹⁾宇宙研, ²⁾京大・理・地球惑星, ³⁾阪大, ⁴⁾東海大・工

Evaluation of the in-flight performance of MPPE-MIA on BepiColombo/Mio

#Yoshifumi Saito¹⁾, Yuki Harada²⁾, Shoichiro Yokota³⁾, Wataru Miyake⁴⁾

¹⁾ISAS, ²⁾Dept. of Geophys., Kyoto Univ., ³⁾Osaka Univ., ⁴⁾Tokai Univ.

BepiColombo Mio was successfully launched by Ariane 5 from Kourou, French Guiana on 20 October 2018. The Mercury Plasma/Particle Experiment (MPPE) is a comprehensive instrument package on Mio spacecraft for plasma, high-energy particle and energetic neutral atom measurements. It consists of 7 sensors: two Mercury Electron Analyzers (MEA1 and MEA2), Mercury Ion Analyzer (MIA), Mass Spectrum Analyzer (MSA), High Energy Particle instrument for electron (HEP-ele), High Energy Particle instrument for ion (HEP-ion), and Energetic Neutrals Analyzer (ENA). MIA that measures 3D phase space density of low energy ions between 15eV/q and 29keV/q was developed for understanding (1) structure of the Mercury magnetosphere, (2) plasma dynamics of the Mercury magnetosphere, (3) Mercury - solar wind interaction, (4) atmospheric abundances, structure, and generation/loss process, and (5) solar wind between 0.3 and 0.47 AU. In order to achieve these science objectives, MIA was designed to measure the three-dimensional distribution function of both solar wind ions around Mercury, and Mercury magnetospheric ions.

The low voltage part of MIA was turned on for the first time on 25 November 2018 about one month after the launch. No problems were identified during the low voltage function tests including calibration pulse injected into all the channels of the pre-amplifier. The high voltage tests were performed on 3 and 4 July 2019 about 8 months after the launch when Mio was in the solar wind. High voltage up to +2500V, -3610V, -2471V were successfully tested for SVG (stepping high voltage power supply connected to "top-cap"), SVS (stepping high voltage power supply connected to the inner sphere) and MHV (high voltage power supply connected to the MCP detector), respectively. Dark counts of the MCP were observed indicating that the detector part of MIA was functioning normally. Since Mio is surrounded by MOSIF (MMO Sunshield and Interface Structure) during the cruise phase, most part of the MIA's field of view is blocked by MOSIF. No solar wind ions are observed since solar wind ion thermal velocity is much lower than the solar wind bulk velocity and MOSIF blocks the solar wind ions from entering into MIA.

Between 9 and 11 April 2020, BepiColombo made the first and last Earth fly-by. MIA made observation of low energy ions for about 19 hours on 10 and 11 April. Although most part of the MIA's field of view was blocked by MOSIF, MIA succeeded in measuring hot plasmas in the Earth's magnetosphere that entered MIA from topside of the Mio spacecraft. The obtained data were used for evaluating the in-flight performance of MIA. Most of the obtained data were as expected except for the onboard calculated velocity moments that were calculated unexpectedly by using a dummy table due to the lack of a few necessary commands.

MIA will be turned on again during Venus fly-by in October 2020. It is another good opportunity to keep remembering the instrument operation as well as a good opportunity to evaluate the performance of the instrument. The operation will be much improved by reflecting the results of Earth fly-by operation. During another Venus fly-by scheduled in August 2021, and during the Mercury fly-bys scheduled in October 2021, June 2022, June 2023, September 2024, December 2024 and January 2025, MIA will be turned on. The observation with full performance of MIA will start after Mio's arrival at Mercury in 2025.

BepiColombo Mio は 2018 年 10 月 20 日にフランス領ギアナのクールーからアリアン 5 によって打ち上げられた。MPPE (Mercury Plasma/Particle Experiment) は Mio 衛星に搭載された、プラズマ・高エネルギー粒子・高速中性粒子の計測を行う観測装置で、7 台の観測装置で構成されている。2 台の電子計測センサー: Mercury Electron Analyzers (MEA1 and MEA2), イオン計測センサー: Mercury Ion Analyzer (MIA), イオン質量分析器: Mass Spectrum Analyzer (MSA), 高エネルギー粒子計測装置: High Energy Particle instrument for electron (HEP-ele) 及び High Energy Particle instrument for ion (HEP-ion) と、高速中性粒子計測装置 Energetic Neutrals Analyzer (ENA) である。このうち、MIA は、15eV/q から 29keV/q の低エネルギーイオンの三次元分布関数の計測を行うことで (1) 水星磁気圏の構造 (2) 水星磁気圏におけるプラズマのダイナミクス (3) 水星と太陽風の相互作用 (4) 水星希薄大気の組成、構造、生成・消滅過程 (5) 0.3AU から 0.47 AU における太陽風の理解を目指す。これらの科学目的を達成するために、MIA は水星周辺の太陽風イオンと、水星磁気圏イオン両方の三次元分布関数を計測できるように設計した。

MIA の低電圧部分は、打ち上げ約 1 ヶ月後の 2018 年 11 月 25 日に初めて立ち上げ、プリアンプの全チャンネルに較正パルスを入力するなどし、特に問題無く試験を完了することができた。打ち上げ約 8 ヶ月後の 2019 年 7 月 3 日と 4 日には太陽風中で高圧の試験を実施した。3 台の高圧 SVG (感度制御用高圧)、SVS (エネルギー分析用高圧)、MHV (検出器用高圧) にそれぞれ最大で +2500V, -3610V, -2471V を印加し、問題の無いことを確認した。検出器の MCP (Micro Channel Plate) に高圧を印加すると、正常にダークカウントが検出され、MIA の検出器が正常に動作していることが確認できた。Mio 衛星はクルージングフェーズの間、サーマルシールド MOSIF (MMO

Sunshield and Interface Structure)に囲まれているため、MIA の殆どの視野は MOSIF によって遮られてしまう。太陽風の熱速度は太陽風プラズマ全体の速度よりも低いことから、太陽風イオンは MOSIF に遮られて観測することができない。

2020 年 4 月 9 日から 11 日にかけて BepiColombo は最初で最後の地球フライバイを行ったが、その際に MIA は 4 月 10 日と 11 日の 2 日間、約 19 時間に渡って低エネルギーイオンの観測を行った。MIA の視野は殆どが MOSIF に遮られているものの、MIA は Mio 衛星の上方から飛来する地球磁気圏のイオンを計測することに成功した。得られたデータを用いて MIA の軌道上観測性能の評価を行ったが、殆どのデータは期待通りのものであった。唯一、速度モーメントがダミーの情報テーブルを用いて計算されてしまったことが想定外であったが、これは必要なコマンドをいくつか実行し忘れていたことに起因することが明らかとなっている。

MIA は 2020 年 10 月に予定されている金星フライバイの際にも再び観測を行う予定があるが、フライバイの機会は観測装置の性能評価を行うための良い機会であることに加えて、観測装置の運用を忘れないためにも重要な機会である。今回の地球フライバイの際に学んだことを反映して、金星フライバイの際の運用はより円滑に行えることが期待できる。その後 2021 年 8 月に予定されている 2 回目の金星フライバイと 2022 年 6 月、2023 年 6 月、2024 年 9 月、2024 年 12 月に予定されている水星フライバイの際にも MIA は観測を行う予定であるが本格的な観測を開始するのは、2025 年 12 月に Mio 衛星が水星に到着してからの予定である。