

要 旨

高エネルギー粒子生成という非熱的現象は、宇宙の至る所で起きている普遍的な現象であり、その物理過程を知ることは重要なテーマである。BepiColombo計画は、2つの周回衛星を用いて水星の表層・地形および磁気圏の探査を行う大型ミッションであり、JAXAとESAが協力して2014年の打ち上げを目指している。JAXAが開発を担当する水星磁気圏探査衛星(MMO)では、水星磁気圏を解明することを目的とし、広いエネルギーレンジでプラズマ粒子の観測を行う。その一端を担う高エネルギー粒子観測器(HEP-ion)では、水星磁気圏における加速粒子の調査の他、高速の惑星間空間衝撃波が存在する内部太陽圏の加速粒子の調査を行う。すなわちHEP-ionでは、粒子加速の物理過程を知る上で重要な高エネルギー粒子の“その場観測”を目的とし、片面シリコンストリップ検出器(SSSD)を用いたエネルギー分析とTOF(Time-Of-Flight)式の質量分析を併用して、粒子のエネルギーおよびピッチ角の計測を行う。しかし、水星周回軌道はSSSDのような半導体検出器にとって非常に過酷な熱環境であり、SSSDへの熱入力 90°C に達することが予想されている。温度上昇に伴い、半導体検出器の内部ではリーク電流が増加するため、その検出特性は熱環境によって大きく変化すると考えられる。また、BepiColombo/MMO計画では、SSSDが持つ複数の電極からの信号を読み出すために特殊用途向け集積回路(ASIC)を新規に開発しているが、ASICにも半導体が使用されているため信号特性も熱環境によって変化すると考えられる。したがって本研究では、水星近傍および内部太陽圏の高エネルギー粒子の観測データを正しく取得するため、SSSDとASICからなるエネルギー分析部の $-30 \sim 90^{\circ}\text{C}$ の熱環境における温度特性を評価し、高温下においても正しく動作するように最適化を行った。さらに、より高精度な観測に向けて、SSSDの構造上発生し得るスプリットイベントや不感層中のエネルギー損失による計測誤差の評価も行った。その結果として、 90°C に達する厳しい熱環境においても、粒子のエネルギーを誤差1%未満で同定することが可能となった。

Abstract

Non-thermal phenomenon like high-energy particle generation is a universal phenomenon to occur here and there of space and it is an important theme to understand the physical process. The BepiColombo project is a large-scale mission to investigate surface layer, geographical feature and magnetosphere of Mercury by using two orbiters, and JAXA aims at the launch in 2014 in cooperation with ESA. Mercury Magnetosphere Orbiter (MMO) developed by JAXA observes plasma particles with wide energy range in order to understand Mercury's magnetosphere. In high-energy particle detector (HEP-ion) that bears part of the mission observes the acceleration particle in Mercury's magnetosphere and in the inner-heliosphere where high-speed interplanetary space shock wave exists. That is, HEP-ion aims at "in-situ observation" of high-energy particle to understand particle acceleration process and investigates particle's pitch angle and energy, using the energy analysis by Single-sided Silicon Strip Detector (SSSD) and the mass analysis by TOF (Time-Of-Flight) unit. However, thermal environment around Mercury is very severe for semiconductor detector like SSSD and thermal input to SSSD is expected to reach 90 °C. It is considered that the detection property changes greatly depending on thermal environment because leakage current in semiconductor detector increases with increasing temperature. Moreover, Application Specific Integrated Circuit (ASIC) is newly developed to read out signals from electrodes of SSSD in BepiColombo/MMO mission, it is also considered that the signal characteristic changes depending on the thermal environment because semiconductor is also used for ASIC. Therefore, in order to acquire the observational data of high-energy particles at Mercury and in the inner-heliosphere, the temperature property under the thermal environment of -30 ~ 90 °C was evaluated and optimized of the energy analysis part that consisted of SSSD and ASIC to operate correctly under the high temperature in this study. In addition, the measuring error caused by the split event that can be occurred because of SSSD's structure or the energy loss in dead layer of SSSD was also evaluated for a more high accuracy observation. As the result, it became possible to identify the energy of the particle with the less than 1% error under severe thermal environment that reached 90 °C.