

地球・惑星磁気圏探査用高エネルギー粒子観測器の開発(2): 数値計算による TOF ユニットの最適化

Development of High Energy Particle Instrument for Planetary Magnetospheric Exploration :Optimization of TOF by numerical design

齊藤 英昭[1]; 平原 聖文[2]; 高島 健[3]; 浅村 和史[4]

Hideaki Saito[1]; Masafumi Hirahara[2]; Takeshi Takashima[3]; Kazushi Asamura[4]

[1] 立大・理・物理学; [2] 立大・理・物理; [3] 名大・理・物理; [4] 宇宙研

[1] Department of Physics.,Rikkyo Univ; [2] Dept. Phys., Rikkyo Univ.; [3] Particle and Astro. Phys. Sci, Nagoya Univ.; [4] ISAS

今日までの水星磁気圏に関して、過去のマリナー10号による観測があるが、高エネルギー粒子のエネルギー・質量・ピッチ角に関する詳細な観測結果を得ることはできていない。このためにも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/粒子観測器が必須であり、低エネルギー観測とともに重要であることは言うまでもない。今後の地球・惑星磁気圏探査計画に関して、現在我々はBepiColombo国際水星探査計画を構成する探査機の一つであるMMO(Mercury Magnetospheric Orbiter)に搭載申請する高エネルギー粒子観測器の開発を主眼に取り組んでいる。BepiColombo/MMO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ESAと宇宙研が共同して2010年初頭の打ち上げを目指して検討を進めている水星周回衛星である。特に高エネルギー粒子観測の目的としては過去のマリナー10号による高エネルギー粒子観測の再評価、放射線帯・リングカレント領域の存在の検証と空間分布の把握、磁気圏擾乱と粒子注入現象の相関と粒子加速機構の解明、粒子加速・注入領域の同定と磁気圏磁場形状の診断、太陽・銀河宇宙線の広域分布観測が挙げられる。

近年、日本で開発された主な科学探査用高エネルギー粒子観測器はGeotail衛星とのぞみ(PLANET-B)衛星に搭載された2つがあるが、両者は視野角が広く、軽量であるという現在求められている2つの条件を同時に満たしていない。多様な観測を行う今後の惑星探査計画としては個々の観測器の軽量化が必須である。そこでBepiColombo/MMOにおける高エネルギー粒子観測では、MMOがスピン型衛星であることを利用して、ピッチ角を広い範囲に渡って測定するため視野角範囲を可能な限り広くし、マリナー10号では成し得なかった高エネルギー粒子のエネルギー・質量・ピッチ角に関する詳細な観測結果を得ることを目指す。NASAが2004年に打ち上げを予定している水星探査計画のMESSENGER衛星は3軸固定型衛星であり、広いピッチ角に渡っての高エネルギー観測、特に磁気圏尾部方向に飛翔する粒子の計測は困難であると思われるので、MMOではMESSENGER衛星とは相補的な観測を行うことを予定している。

我々が行っている高エネルギー粒子の計測技術開発では、観測器は軸対称型であり、シリコン等の半導体検出器(SSD)によるエネルギー分析とTime-Of-Flight(TOF)機能による速度分析を併用する事で、数10keVから数MeVまでのエネルギー・質量両方の測定を可能にする。測定の対象とする粒子種はH、He、CNO、Na、K、Fe及び電子等である。粒子の入射方向を選別する円錐型コリメータの後にカーボンフォイルを設置する。粒子がこのフォイルを通過することにより生成されたStart Signal用電子と、入射粒子のSSD入射面衝突により生成されたStop Signal用電子の生成時間差をMicro Channel Plate(MCP)により検出することで入射粒子速度を算出する。更に、SSD中で生成された総電荷量を示すパルスハイト出力により入射粒子の全エネルギーを分析する。今回の数値設計ではTOFユニットの軽量化を目指し、できるだけGND箇所を増やすなどの改良をした。観測器内の電位分布を数値的に求め、Start及びStop Signal用電子軌道の数値追跡を行った。しかし、フォイル通過やSSD入射面衝突により生成されたStart/Stop Signal用電子は生成時の角度散乱によりMCP到達位置及び到達時間にばらつきがでる。現段階でのSSD入射面衝突により生成されたStop Signal用電子がMCPに到達するまでの時間は、MCP上での到達位置を収束させた場合、Stop Signal用電子の生成位置及び角度散乱によって最大500psecの差があり、生成角度散乱をcos分布的に考慮するとStop Signal用電子は約85%MCPに到達する。一方、Start Signal用電子は生成位置及び角度散乱によって30psec以内に収束する。同様に、生成角度散乱をCos分布的に考慮すると約62%MCPに到達する。今後はコリメータ、視野角、角度分解能等を決定し、実際に実験室系で実験を行い、G-Factor(感度)を算出する。今回の発表では上記に述べたような数値設計でTOFユニットの最適化に関する詳細な報告を行う。