

水星磁気圏探査を目標とした高エネルギー粒子計測器の基礎開発-1 - 検出器の温度特性取得及び飛行時間法型計測器の設計 -

*井上 武也 [1], 最首 毅一 [1], 平原 聖文 [1], 柳町 朋樹 [1], 風間 洋一 [2]
向井 利典 [2]

立教大学理学部物理学科[1]宇宙科学研究所[2]

Development of high-energy particle instrument for Mercury's magnetosphere exploration (1)

*Takeya Inoue [1], Takekazu Saisyu [1], Masafumi Hirahara [1]
Tomoki Yanagimachi [1], Yoichi Kazama [2], Toshifumi Mukai [2]

Department of Physics, Rikkyo University [1]
Institute of space and astronomical science [2]

The Mercury's magnetosphere has not been observed since Mariner-10 in 1974-1975. We develop a time-of-flight (TOF) instrument for high-energy (>20keV) particle detection. The instrument is required to be compact, light, and adaptable to high temperature near Mercury. It should also be able to provide us with three-dimensional particle velocity distribution function. We investigated temperature-dependent properties of solid state detector and micro channel plate, which are used in the TOF unit. We calculated electrostatic potential distributions and traced trajectories of secondary electron in the TOF unit to get an optimal structure.

水星磁気圏はこれまでの観測により地球磁気圏とほぼ同様に双極子磁場から変形した形状をしていると推測されているが、現時点での水星磁気圏の直接観測データは1974年～1975年のMariner-10衛星によるフライバイ時のものしかなく、水星磁気圏のより詳しい理解を得るための観測データが不足している。米国ではDiscovery計画の一環としてMercury MESSENGER計画が現在進行中だが、国内でも水星探査を行う周回軌道衛星の打ち上げ計画が始動しており、2005年から2010年の間の打ち上げを目標としている。我々はその探査衛星に搭載することを目標とし、水星磁気圏の環境に適応できる小型、軽量で粒子の3次元速度分布や質量を計測可能なTOF(Time of Flight：飛行時間法)型高エネルギー粒子計測器を製作するための基礎研究を行っている。

TOF型計測器は、粒子がTOFに入射した時刻とその粒子がTOF部のSSD (Solid State Detector：半導体検出器)に衝突した時刻から入射粒子がTOF部を飛行していた時間を求め、SSDで計測される粒子のエネ

ルギーと合わせて入射粒子の速度、質量を求めるものである。TOF部入射口にはcarbon-foilを張り、粒子が通過したときにfoil及びSSDから射出された二次電子をMCP(Micro Channel Plate)で検出し、2つの検出信号の時間差より粒子のTOF内部の飛行時間を求める。我々が開発している計測器は、水星磁気圏の高温環境下において数十keV～数MeVのエネルギーを持つ荷電粒子の3次元速度分布を20keV程度のエネルギー分解能で観測することを目標とする。まず最初に水星での高温環境に対応できるかどうかを調べるため、計測器に用いるSSDとMCPの温度特性を調べた。またTOFの形状、電極の配置を決定する数値計算を行った。

まず、計測器に用いるSSD及びMCPの温度特性を調べた。SSDは浜松ホトニクス製シリコンPIN型フォトダイオードを用いた。5MeV前後に3つのエネルギーピークを持つ線源を用い有効面積の違う3種類のSSDのPHA (Pulse Height Analysis) 温度特性を得た。また、40keV以下に4つのエネルギーピークを持つ線源を用い2種のSSDのPHA温度特性を取得した。更に、SSDのリーク電流の温度特性についても調べた。

線源を用いてPHAを測定した結果、SSDに加えるバイアス電圧を高く設定すれば40前後までは5MeV前後のエネルギーピークを弁別することができることが判明した。40を超えるとピークが測定されるチャンネルが低下し、50においてはピークを弁別できない。リーク電流はSSDの温度が40を超えると急激に増加した。これらの結果より、リーク電流の増加分だけSSDにかかる実効のバイアス電圧が低下し、パルス波高の弁別に影響を与えていると考えられる。

線源を用いたPHA測定結果は、バイアス電圧を高くすると35前後までは40keV以下の4つのエネルギーピークを弁別できるが、35を超えるとピークの弁別が難しくなることを示している。

また、MCPについても室温から70まで温度変化させ、カウント数、パルス高の温度変化を調べたが、変化は殆ど見られなかった。次に、計測器のTOF部分の形状及び電極を決定するべく数値計算を行った。手法としては、まずおおよその配置を市販のシミュレーションソフトを用いて決定し、その後形状、電位分布をシミュレートするプログラムとTOF部分での二次電子の動きをトレースするプログラムを作成し、細かい配置を決定する。形状、電極配置の最適化を行い、本講演では最適な形状、電位配置を報告する。