

平成2008年3月27日

平成19年度「衛星帯電に関わるプラズマ環境計測ワーキンググループ」 活動報告書

京都大学・大学院理学研究科

町田 忍

1. 構成メンバ

氏 名	所属
町田 忍	京都大学・大学院 理学研究科
小原 隆博	情報通信研究機構・ 電磁波計測部門
平原 聖文	東京大学・大学院 理学系研究科
齋藤 義文	JAXA・宇宙科学 研究本部
齊藤 昭則	京都大学・大学院 理学研究科

2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第1回：平成19年8月30日
(於 立教大学)

(2) 第2回：平成19年9月 3日
(於 JAXA 宇宙科学研究本部)

3. 活動目的

宇宙機や衛星の表面に周辺のプラズマ粒子が衝突して帯電を引き起こすことが知られているが、その状態が過度に進行すると放電が起こり、搭載機器の電気部品が破壊され機能が停止してしまう事故が起こる。また、最悪の場合、宇宙機・衛星本体の機能が停止してしまうといった深刻な事態を招いてしまう。中でも、30keV程度のエネルギーを有する電子は宇宙機・衛星の異常帯電に大きく関わっていると

考えられている。しかしながら、国内で打ち上げられた過去の実用衛星では、該当するエネルギー帯の電子観測は十分に実施されてこなかった。他方において、我が国の科学衛星観測では、このエネルギー帯を上限とする電子の精密計測が盛んに行われ、多くの技術が蓄積されてきている。従って、われわれは、その技術を応用して、宇宙機・衛星が帯電する物理的なメカニズムの解明と帯電を引き起こすプラズマ、とりわけ30keV程度のエネルギーを持った電子の特性を調べ、放電事故防止に向けた研究を推進すべきであるとして活動を開始した。平成17-18年度の期間、地上公募研究・宇宙利用先駆研究・宇宙利用技術のカテゴリーにおいて「宇宙機周辺の高温プラズマ電子環境モニターの開発」という課題の研究を行ったが、その発展として「衛星帯電に関わるプラズマ環境計測ワーキンググループ」を組織した。本ワーキンググループでは、継続してセンサーの動作・性能試験を実施し、さらに、センサーの改良も行つて、宇宙環境利用に役立たせることを目的として、10keV-100keVのエネルギー範囲(本報告では中エネルギー帯と呼ぶ)の電子を計測する機器を完成させISSなどの宇宙機の搭載機器と

することを目標とする。これまで、数 eV から 30keV 程度のエネルギー範囲の電子は、多くの場合、球状ペア電極もしくはトロイダル電極によるエネルギーフィルターを使用して行われてきた、しかし、それらを用いて、さらに高いエネルギーの電子を計測しようとするとう電極の寸法が大きくなってしまいう欠点があった。そこで、この問題を解決すべく、円筒状のペア電極に対して斜めに電子を入射させ、円筒の回転軸と直交する回転角方向の速度成分についてのみエネルギー分析を行う方式を考案した。この方式を用いると、回転軸に沿う方向のエネルギーは、コリメータで入射方向が限定されているので一意に定まり、これまでの範囲の電極印加電圧を用いて、より高いエネルギーの粒子分析が行える。従って、寸法を通常の範囲に収めながら、10keV から 100keV までの中エネルギー帯の電子計測器を製作することが可能となる。

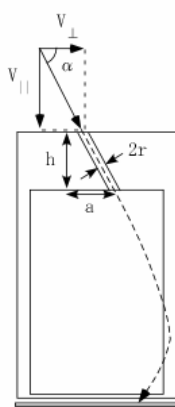


図 1 センサーの原理図

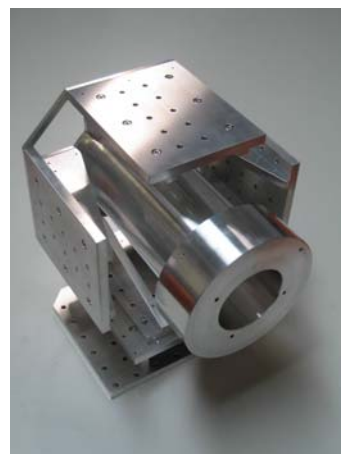


図 2 本ワーキンググループによって試作したセンサー

昨年度にセンサーの試作品を完成させた（ただし、これは現在保有している MCP を使用することを前提に製作したもののため、寸法はかなり大きい）が、本研究では、そのセンサーに、電子ビームの代用としてイオンビームを照射して所期の性能が達成されているかを確認する実験を行った。さらに、その結果を踏まえて、実用に供することのできる高性能センサーの製作に関する検討を進めた。

4. 活動内容

まず、はじめに、電子計測器センサーの試作品の動作試験を JAXA 宇宙科学研究本部のプラズマ粒子校正実験装置を用いて、センサーを組上げた状態で動作試験を実施した。その過程では、実験結果をセンサー設計時に行った理論計算の結果と比較しながら、照射粒子ビームのエネルギー、センサー内の各種電極の電位、また、センサー

入射面ビーム角などを様々に変化させて性能を確認した。

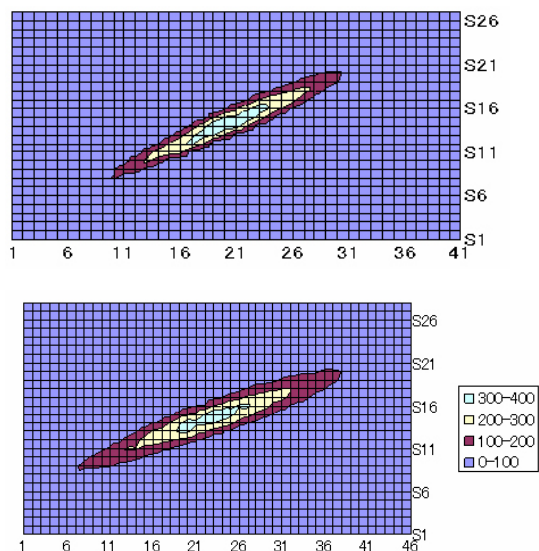


図3 試作したセンサーのエネルギー（縦軸）・角度（横軸）特性
（上）ビーム照射実験の結果
（下）理論計算による予測

本研究によって、数 eV から 100keV のエネルギー範囲で電子のエネルギー分布を必要な角度、時間分解能で求めることができる新方式のセンサーを開発する目処が立った。今後は、ISS 船外実験・混載型多目的プラットフォームや将来打ち上げられる気象、通信、環境観測衛星に搭載して、宇宙機周辺環境を常時モニターし、高温電子が原因で起こる帯電・放電事故から宇宙機を保護する計器として完成させることを目指す。

5. 成果

今年度行ったセンサー動作試験の結果に関する報告は、本年5月に幕張メ

ッセを会場として開催される日本地球惑星科学連合大会で行われる予定である。

また、以下のものは、本ワーキンググループの活動と関連した (1)センサー設計に関する研究を取り纏めたものと (2)、(3)衛星周辺の帯電現象に関する研究報告である。

(1) Shimoda, T., S. Machida, N. Terada, Numerical calculation on a top-hat plasma particle analyzer using a boundary-fitted coordinate system, *IEEE Transactions on Plasma Science*, **35** (4), pt. 3, 1178-1183 (2007).

(2) Shimoda, T., S. Machida, T. Mukai, Y. Saito, Y. Kasaba, and H. Hayakawa, Asymmetry of photoelectron distribution around GEOTAIL spacecraft and its cause, submitted to *IEEE Transactions on Plasma Science* (2007).

(3) 下田忠宏、町田忍、向井利典、齋藤義文、笠羽康正、早川基、GEOTAIL 衛星より発生した光電子の非対称分布とその原因、第4回宇宙環境シンポジウム講演予稿集 (2008).