

数値計算による円筒形電極を用いた中エネルギー（10-100keV）粒子静電分析器の性能評価および最適化

青山 聡 [1]; 町田 忍 [2]; 小原 隆博 [3]; 平原 聖文 [4]; 齊藤 昭則 [5]; 斎藤 義文 [6]; 横田 勝一郎 [7]

[1] 京大・理・地物; [2] 京大・理・地球惑星; [3] 宇宙機構; [4] 東大・理・地惑; [5] 京都大・理・地球物理; [6] 宇宙研; [7] 宇宙機構

Evaluation and optimization of the performance of cylindrical electrostatic analyzer

So Aoyama[1]; Shinobu Machida[2]; Takahiro Obara[3]; Masafumi Hirahara[4]; Akinori Saito[5]; Yoshifumi Saito[6]; Shoichiro Yokota[7]

[1] Dept. of Geophysics, Kyoto-Univ.; [2] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.; [3] JAXA; [4] Dept. Earth & Planet. Sci, Univ. Tokyo; [5] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [6] ISAS; [7] ISAS/JAXA

Observations of plasma particles are highly important to understand the environment around the earth. For example, the ions with the energy of 10keV-200keV are thought to be the primary current carrier in the ring current region. Therefore the observation of the intensities and the spatial distribution of electrons with such energies would lead us to know the structure and property of the ring current. However, it is difficult to measure ions and electrons with medium energies (10keV-100keV) because this energy band lies between the low energy band (mainly -40keV) which can be measured by electrostatic analyzer using a channeltron or microchannel plates, and the high energy band (mainly over 100keV) by semiconductor detector.

To solve this problem, it is possible to increase the size of the analyzer or the voltage of the electrodes. But we should avoid to use large electrodes or very high voltage in terms of loading the analyzer on a spacecraft. In this study, we evaluate and develop an electrostatic analyzer for measuring medium energy particles employing a pair of cylindrical electrodes to achieve a small size and low electrodes voltage.

The structure of the analyzer is as follows: (1), We select particles whose incident angles (α) fit into a given range using a collimator. They are guided to the cylindrical electrodes. (2) The velocity vector of measured particle (V) is separated into the component parallel to the axis of symmetry of cylindrical electrodes (V_{para}), and the orthogonal component which is in the direction of rotational angle (V_{perp}). We measure only the energy per charge (E_{perp}/q) of a particle associated with V_{perp} . (3) We obtain the value of V from α and E_{perp}/q , therefore, E/q . Using this method, we can measure the particles in the medium energy range with relatively low electrode voltage.

In the previous study, we compared the experimental results with those obtained from simulations and showed the accuracy of our simulation. Moreover, we run a simulations to evaluate the performance of this analyzer and found that the value of $\tan(\alpha)$ to be set to 2 or 3 is the most suitable. In this paper, we report on our survey to find the optimum size of the analyzer by conducting simulations by fixing the value of α and varying the size of the electrodes. Finally, we also discuss on the possible improvement of the analyzer in the light of g-factor and energy resolution.

地球周辺の環境を知る上で、プラズマ粒子の計測は重要な位置を占める。例えば、リングカレントの領域では、主に10-200keV程度のエネルギーのイオンが電流を運ぶ役割を果たしていると考えられている。そのエネルギー帯のプラズマ粒子の強度の時間変化や空間分布を知ることがリングカレントの構造を知ることにつながる。しかしながら、この中エネルギー帯（10-100 keV）は、静電型エネルギー分析器で測定可能なエネルギー帯（主に40keV以下）と、半導体を用いた分析器で測定可能なエネルギー帯（主に100keV以上）の中間に位置するエネルギー帯であり、観測が困難とされてきた。

この問題に対する解決策としては、静電型エネルギー分析器の寸法を大きくするか、印加電圧を高圧化する方法が考えられる。しかし、飛翔体を用いた実験を行うことを考慮に入れると、機器の大型化や印加電圧の高圧化は好ましくない。そこで本研究では、機器の小型化と電極への印加電圧の低圧化を実現しつつ、中エネルギー帯を測定することを目指し、円筒形電極を用いた静電型エネルギー分析器を考案し、その性能を評価した。

本分析器の構成は次のようである。 コリメータを用いて、ある入射角（ α ）を持つ粒子のみを選択的に円筒形電極に入射させる。 粒子の速度（ V ）は円筒の対称軸に沿った方向の成分（ V_{\parallel} ）とそれに垂直な回転方向の成分（ V_{\perp} ）に分解できるが、そのうち V_{\perp} のみについてエネルギー/電荷（ E_{\perp}/q ）計測を実施する。 E_{\perp}/q から、粒子の全エネルギー/電荷（ E/q ）を算出する。この手法により、比較的低い（従来であれば低エネルギー粒子を計測する程度の）印加電圧で中エネルギー粒子の測定が可能になる。

前回の発表において、実験とシミュレーションの結果を比較し、シミュレーション結果が確かであることを示した。またシミュレーションを用い、複数の値の $\tan \alpha$ に関しての性能を評価した結果、 $\tan \alpha = 2 \sim 3$ 程度が最適であるとわかった。本発表では、 α の値を固定し、機器の寸法をパラメータとしてシミュレーションを行い、その結果を基に寸法の最適値を求める。また g-factor とエネルギー分解能の向上を目的として、さらなる機器の形状の改良にも言及する。