

人工飛翔体搭載用 熱的・超熱的イオン分析器の開発

須藤 雄志 [1]; 浅村 和史 [2]; 齋藤 義文 [3]
[1] 東大・理・地惑; [2] 宇宙研; [3] 宇宙研

Development of a Thermal and Supra-thermal ion Analyzer for Space-borne Experiments

Yushi Suto[1]; Kazushi Asamura[2]; Yoshifumi Saito[3]
[1] Earth and Planetary Science, Univ of Tokyo; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS

In the terrestrial magnetosphere, plasma particles with a wide energy range from $<1\text{eV}$ to MeV exist simultaneously. These particles are generated and/or transported via interactions with plasma waves. For example, in-situ particle observations have revealed that the inner magnetosphere contains significant fraction of low-energy plasma particles originated from the ionosphere. Their typical energy is a few tens of eV in contrast to much lower energies in the ionosphere. However, acceleration and transport processes of these particles are still unknown. This is mainly due to lack of observations of thermal and supra-thermal ions. It is known that satellite potential reaches about 5-30 V in the inner magnetosphere. Because of this, a measurement of plasma particles with energies less than a few tens of eV is easily affected by spacecraft potential. One of the solutions to suppress this effect is to mount the instrument on top of an extendable boom. The effects of the spacecraft potential are suppressed by controlling the chassis potential of the instrument. In this study, we are developing a thermal and supra-thermal ion mass spectrometer which is light enough to be mountable on top of the boom.

Our instrument consists of a top-hat type electrostatic energy analyzer which have a full-field of planar view and a time-of-flight type mass analyzer. We miniaturized these structures based on numerical simulations in which trajectories of incoming charged particles are traced inside the sensor structure. Diameter of the analyzer becomes less than 10 cm in the current design. The sensitivity and resolution of the instrument is enough to observe the ionospheric ions. In addition, we applied a photon trap inside the analyzer to reduce UV photons reaching the detector area.

We are developing this instrument as a payload of SS-520-3 sounding rocket. In the presentation, we will show the instrument design and its development status.

地球磁気圏には数 eV 程度の熱的・超熱的と呼ばれる低エネルギー粒子から数 MeV を超える高エネルギー粒子まで、幅広いエネルギー帯のプラズマ粒子が同時に存在している。これらの粒子は電磁場を介して相互作用し、加速や輸送を経て生成・消滅することで多様なプラズマ環境を形成している。例えば、内部磁気圏には電離圏起源のプラズマが存在することが知られており、磁力線に沿って電離圏プラズマが磁気圏へと流出する現象「polar wind」が衛星観測によっても確認されている。このとき、電離圏では 1eV ほどであった粒子が高高度では数十 eV ほどにまで加速されている。しかし、その加速機構は未だ解明されていない。この理由の一つとして、数十 eV 以下の熱的・超熱的イオンの直接観測を行う場合、衛星の帯電電位が粒子軌道に影響を与えてしまい、観測自体が容易でないという問題が挙げられる。

内部磁気圏において人工衛星は約 5~10V ほどに帯電することが知られている。このとき衛星は熱的・超熱的イオン (0.1-10 eV) の加速電位と同等以上の電位を持っているため、それらを衛星周辺で観測することは非常に難しい。したがってこれらの影響を抑制するために、観測器を衛星から伸展したブーム上に設置し、観測器の筐体電位を制御する方法が考えられる。この場合、観測器は小型軽量である必要がある。そのため我々は、小型化を重視した熱的・超熱的イオン分析器の開発を行っている。

一般的なイオン分析器はエネルギー分析部と質量分析部の 2 つの部分から構成される。本機器のエネルギー分析部には、360 度の平面状視野を持ち各粒子のエネルギー・飛来方向が同定可能なトップハット型静電分析器の構造を採用した。本機器はスピン衛星に搭載することで分析器周辺の全視野を網羅することが可能である。したがって、本機器によって得られたデータを解析することでイオン粒子の 3 次元速度分布を取得することができる。一方、質量分析部には Kaguya などに搭載実績を持つ飛行時間分析型質量分析器を採用した。我々は、入射イオンの軌道シミュレーションをもとにこれらの構造を小型化することで、アナライザ部の大きさが $100\ \phi \times 60\ \text{mm}$ 程の熱的・超熱的イオン分析器を設計した。粒子シミュレーション結果から、本機器は電離圏イオン観測に十分な感度や分解能を持つことが分かっている。また、本機器で使用する検出器は紫外線に対する感度も持つため、イオンの入射口や静電分析部には紫外線への対策加工も施されている。

本機器は技術実証試験を兼ねて極域観測ロケット SS-520 3 号機への搭載が予定されており、その打ち上げに向けた開発が進められている。現在は上記の基本設計をもとに内部機構の詳細設計が完了し、実機の開発を行っている。今後は性能試験およびキャリブレーションを実施する予定である。

本発表では、熱的・超熱的イオン分析器の詳細な設計および現在の開発状況について述べる。