

探査機搭載用粒子分析器開発に向けた較正システムの構築

伊藤 史宏 [1]; 平原 聖文 [1]; 下山 学 [1]; 石黒 恵介 [1]; 有見 弘毅 [1]; 小木 曾 舜 [1]
[1] 名大・STE 研

Construction of a calibration system for developing space-borne particle analyzers

Fumihito Ito[1]; Masafumi Hirahara[1]; Manabu Shimoyama[1]; Keisuke Ishiguro[1]; Kouki Arimi[1]; Shun Kogiso[1]
[1] STEL, Nagoya Univ.

To study physical phenomena in the terrestrial/planetary ionosphere and magnetosphere, we have been developing space-borne particle analyzers for planetary atmospheres with new technologies. As developing these analyzers, it is necessary to construct an appropriate calibration system for them. For the calibration, we set the analyzer in a vacuum chamber, and irradiate an ion beam towards it, and investigate its response. We have already been constructing a calibration system (beam line) which can irradiate ion beams of which energy per charge range are from 10keV/charge to 150keV/charge. It is necessary, however, for the system to irradiate suprathermal ion beams of several tens eV/charge. Particularly the system provides the other species of atomic ion beams: H^+ , He^+ , He^{2+} , O^+ , Ar^+ , and N^+ over the energy per charge range from 10eV/charge to 10keV/charge in addition to the other species of molecular ions like H_2^+ , N_2^+ , O_2^+ , and CO_2^+ .

As proceeding with the ERG(Exploration of energization and Radiation in Geospace) project, it is also required to construct a proper calibration system for electron sensors which are installed in the ERG satellite. To calibrate them we have to irradiate electron beams of around several keV/charge.

We have been constructing a new beam line which can irradiate ion beams (10eV/charge~10keV/charge) and electron beams (100eV/charge~10keV/charge). The beam line is mainly composed of seven parts: (a) ion source, (b) electron source, (c) electromagnetic ion mass spectrometer, (d) beam expander, (e) main acceleration, (f) vacuum chamber, (g) multi-axial turntable. In the ion source, introduced gases form a gas cylinder are ionized by thermal electrons emitted from filaments. The ionized particles are initially accelerated and discriminated by the electromagnetic ion mass spectrometer. When we irradiate electron beams, these beams are generated in the electron source and introduced to the beam expander linearly (in this case we have to remove the electromagnet). The beams are expanded by electrostatic 2D raster scanning, and parallelized through the deceleration and acceleration in the beam expander. The beams are accelerated or decelerated for the specific energy in the main acceleration. The analyzer is set on the turntable in the chamber. Incident angles of the beam are controlled by changing the elevation and azimuth of the turntable system. We have also been developing a system which can control beam properties centrally and remotely by using a computer. As interfaces, we used RS-232 and wireless LAN, and we made programs with LabVIEW.

So far, we have constructed the system except for the electron source. Then we set up a MCP measurement system to measure beam intensities and cross-section profiles. We made up to get ion beam properties and beam intensities reduced and beam cross-sections were spread with decreasing the beam energy. However, low energy beams have large angular dispersions because they are curved well by the geomagnetic field especially when these mass are small. To cancel the geomagnetic field, we will construct a system which is composed of triaxial square Helmholtz coils. We calculated the strength of the magnetic field generated by the system with a simulation software.

We will present the updated status of calibration system with the beam properties.

我々は地球惑星電磁気圏における物理現象の理解を深めることを目的として、惑星大気を対象とする新規技術を用いた探査機搭載用粒子分析器の開発を行っている。それらの開発の進行に伴い分析器の較正装置が必要とされている。我々が開発を行っている粒子分析器の較正は、宇宙空間を模擬したチェンバー内に分析器を置き、特性の明確なイオンビームを照射し、それに対する分析器の応答を調査することにより行われる。我々は、既に 10keV/charge ~ 150keV/charge のエネルギー範囲のイオン・電子ビームを照射する装置(ビームライン)の構築及び整備を行っている。しかし開発中の分析器は惑星大気の観測を行うことを想定したものであり、較正には 10eV 程度の超熱的イオンビームを照射する必要がある。具体的には H^+ 、 He^+ 、 He^{2+} 、 O^+ 、 N^+ 、 Ar^+ といった単原子イオンビームに加え、 H_2^+ 、 N_2^+ 、 O_2^+ 、 CO_2^+ のような分子イオンビームを生成する必要がある。

また、地球の放射線帯の研究を目的とした ERG(Exploration of energization and Radiation in Geospace) プロジェクトの進行に伴い、ERG 衛星に搭載される電子計測器の較正装置も必要とされている。そのためには数 keV 程度の低エネルギー電子ビームを照射する必要がある。

そこで我々は新たに 10eV/charge 程度以上の超熱的・低エネルギーイオン及び 100eV/charge~10keV/charge の低エネルギー電子が照射可能な超熱的イオン・低エネルギー電子ビームラインの構築を進めている。超熱的イオン・低エネルギー電子ビームラインは主に 7つの部位(イオン源、電子源、電磁石型質量分析器、ビーム径拡張器、主加速器、真空チェンバー、真空用ターンテーブル)から構成されている。ガスボンベからイオン源に導入された中性ガスは、フィラメントから放出された熱電子によってイオン化される。発生したイオンは初期加速され、電磁石型質量分析器によってイオン種が弁別され、ビーム径拡張部に導入される。電子を照射する場合は、電子源から加速された電子がビーム径拡張部に直線的に導入される(この場合は電磁石を取り外して使用する)。イオン・電子ビームは垂直方向の電場の二次元ラスタ走査によってその径が拡大され、さらに加減速を経て平行化される。平行化されたビームは所定のエネルギーまで加減速され、真空チェンバーに導入される。一方、較正する分析器は真空チェンバー内のターンテーブルの上に置かれ、ターン

テーブルの方位角、仰角を制御することで分析器へのビームの入射角度を変化させることができる。我々は、分析器の較正を効率よく行うためにビームの特性を1つのプログラム上で一元管理及び遠隔操作できる制御システムの構築を進めている。機器のインターフェースとしてRS-232、無線LANを用いて遠隔制御を行う。プログラミング言語はLabVIEWを使用した。

現段階ではビームラインの構築は電子源を除いて完了しており、2次元MCP計測系を整備して生成したビーム強度及びその断面図の観測を行った。その結果、超熱的イオンのビーム特性の取得に成功し、エネルギーが低くなるほどビームの断面は広がりビーム強度が減少する傾向が得られた。しかし、低エネルギーの電子・イオンビームは地球磁場の影響を受けやすく、特に質量が小さい粒子のビームほど地球磁場により曲げられビームの角度分散が大きくなることが問題である。これらの影響を軽減するため、我々は三軸の正方形ヘルムホルツコイルからなる磁場制御システムの構築を行う予定である。実際にビームライン周辺にヘルムホルツコイルを設置した場合の磁場強度の計算を、シミュレーションソフトを用いて行った。

本発表では、構築したビームラインの概要及び生成したイオン・電子ビームの特性、構築しつつある磁場制御システムについて報告する。