

低エネルギーイオン質量分析器の質量分解精度における評価

白井 康裕 [1]; 浅村 和史 [2]; 斎藤 義文 [3]; 町田 忍 [1]
[1] 京大・理・地球惑星; [2] 宇宙研; [3] 宇宙研

Evaluation of mass resolution accuracy in a low energy ion mass spectrometer

Yasuhiro Shirai[1]; Kazushi Asamura[2]; Yoshifumi Saito[3]; Shinobu Machida[1]
[1] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS

It is known that Earth's magnetosphere is the region where the energetic particles with wide range of energies from a few eV to about 10 MeV coexist. Therefore it is very important to study how the particles are supplied from the solar wind and the ionosphere, and accelerate up to 10 MeV. Ion mass spectrometers enable us to distinguish species of ions as well as analyze their energies. With those instruments, it was discovered that the magnetosphere consists of multiple species of ions and they are playing a significant role in determining and regulating the dynamics of the inner magnetosphere. However, it is hardly to say that the nature and physics of the inner magnetosphere has been fully understood. In this context, the improvement of the mass spectrometer is quite significant.

In this study, we made an assessment of the performance of the mass discrimination of the mass spectrometer. Usually, the mass of ions is determined by measuring the flight time of ions with the use of Time of Flight (TOF) technique. Namely, the velocity of a given particle can be obtained from its flight time. Then, we can obtain the value of mass per charge (M/q) combining the value of derived velocity and the information on the energy per charge (E/q) value measured by the electrostatic analyzer. The technique to measure E/q is relatively established compare to that of the mass discrimination. Therefore, we studied an accuracy of the mass determination with the use of TOF technique.

Since He^{++} is supplied from the solar wind, it is important to study He^{++} to understand the entry of plasmas from the solar wind to the magnetosphere. On the other hand, one of the most difficult species to be separated in the inner magnetosphere are H^+ and He^{++} whose normalized values of M/q are 1 and 2, respectively because the number density ratio of He^{++} and H^+ is less than a few percent. Therefore, we evaluated an area overlapped by both distribution functions for the detected signals, which can be obtained as a function of time in the TOF system. The normalized values of this overlapped area by total area of each distribution correspond to the probabilities of failure

内部磁気圏は 10eV ~ 10MeV という 6 桁におよぶ広いエネルギーの領域にわたって、様々なプラズマ粒子が共存している領域であり、この領域を調べることは太陽風、電離圏起源の粒子 (1 ~ 10eV) がどのようにして高エネルギー粒子 (~ 1MeV) まで加速されるのかを知る上で非常に重要である。イオン質量分析器によって、イオン種を分けてエネルギー分析することが可能になり、地球磁気圏には様々な種類の粒子が存在することが確認され、特にイオンは内部磁気圏メカニズムの重要な役割を担っていることがわかった。しかし、これまでの観測によって内部磁気圏でのプラズマ粒子の総合的な研究が十分になされたとは言えない。

そこで本研究では将来の磁気圏衛星に搭載することを目的とした低エネルギーイオン分析器の質量分析部に注目して検討を行った。通常、質量分析部は ToF (Time of Flight) 法を用いることによって、観測対象のイオンの飛行時間を測定して、その速度を測り、静電分析部で得られた E/q の測定結果を合わせることによって M/q を求める仕組みになっている。低エネルギーイオンを検出するノウハウはすでに確立しており、様々なタイプの分析器が開発されてきたが、イオンの質量分解能の精度に関する検討はあまりされていないように思える。そこで今回、筆者らは質量分解能の精度について考察を行った。一般に、分別が難しいとされるのは H^+ と He^{2+} (それぞれ $M/q=1,2$) の二種類のイオンである。 He^{++} は太陽風起源の粒子で、太陽風中での数密度の数パーセントと考えられ、磁気圏への流入を知る際、よい目安となりうるので重要である。

本研究では、これらの粒子が、ある密度比と時間幅を持って検出される場合を仮定した。その上で、これらの粒子が検出される際、検出パルスが重なる領域では検出された粒子がどちらに属する粒子であるか区別することはできないので、この重複領域を求めることによってそれぞれのイオンの質量分解能がどの程度であるか見積もった。このような試算は H^+ と He^{2+} の二種類のイオンに限らず、内部磁気圏に存在する主要なイオン (H^+ , He^{2+} , He^+ , O^{2+} , O^+) を正確に分析する上で重要であると考えられる。また、可能であれば、将来の磁気圏探査衛星に搭載される予定の低エネルギーイオン質量分析器の質量分析部の開発の途中経過も報告する。