

月極域探査ローバー搭載用飛行時間計測型質量分析器の開発

福山 代智 [1]; 齋藤 義文 [2]; 横田 勝一郎 [3]; 浅村 和史 [4]
[1] 東大・理・地球惑星; [2] 宇宙研; [3] 阪大; [4] 宇宙研

Development of a time-of-flight mass spectrometer for future lunar polar exploration

Daichi Fukuyama[1]; Yoshifumi Saito[2]; Shoichiro Yokota[3]; Kazushi Asamura[4]
[1] Earth and Planetary Science, The University of Tokyo; [2] ISAS; [3] Osaka Univ.; [4] ISAS/JAXA

Recent observations by lunar explorers have reported the possible existence of ice composed of volatile matter containing H₂O in permanent shadowed craters in lunar polar region, but details such as its abundance and composition are not known. We are developing a mass-spectrometer (Time-Of-Flight Mass Spectrometer: TOF-MS), which we aim to install in a rover landing on the moon of a future lunar polar exploration and will contribute to the elucidation of the composition of volatiles in lunar permanent shadowed craters.

In a TOF-MS, neutral particles are ionized, accelerated in an electric field, and made to fly in a free space. Mass analysis of ions is carried out using mass dependence of flight time. In this method, since the mass resolution is proportional to the flight time of the ions, it is necessary to make the flight path of the ions long to achieve high mass resolution. In order to increase the flight distance without increasing the size of the device, a reflectron-type TOF-MS, which reflects ions by an electric field, is adopted. On the other hand, increasing the number of reflections lowers the detection efficiency because trajectories of ions disperse as the flight distance of the ions increases. Therefore, our instrument is equipped with multiple reflection mode with high mass resolution and one reflection mode with reduced number of reflections and emphasis on sensitivity. These measurement modes are able to be switched for each observation target by only controlling the potential of some electrodes. Redundancy is important in this device because it is assumed to be exposed to shocks of launch and landing on the moon. In order to realize multiple measurement modes, two pulse high voltage modules were used for the acceleration region and the reflection region of this instrument. As a result, this device realized redundancy against failure of the pulse high voltage module.

Currently, a test model is being tested to confirm that it is able to achieve an expected performance.

We will mainly report the performance test results of TOF-MS test model.

近年の月探査機による観測により、月極域永久影における H₂O を含む揮発性物質からなる氷の存在を示唆する観測結果が報告されているが、その存在量や組成等の詳細は不明である。我々は将来の月極域着陸探査ローバーに搭載し、月極域の揮発性物質の組成の解明に貢献する質量分析器 (Time-Of-Flight Mass Spectrometer :TOF-MS) の開発を行っている。

TOF-MS は中性粒子をイオン化・電場加速した上で自由飛行させ、飛行時間の質量依存性からイオンの質量分析を行う。本方式において質量分解能はイオンの飛行時間に比例するため、高質量分解能を実現するためには、イオンの飛行経路を長くとる必要がある。機器を大型化させることなく飛行距離を稼ぐため、イオンを電場によって反射させるリフレクトロン方式 TOF-MS を採用した。一方で、イオンの軌道はイオンの飛行距離が長くなるにつれて分散するため、反射回数を増やすと検出効率が低下する。そこで、本機器は高質量分解能の複数回反射モードと、反射回数を抑え感度を重視した1回反射モードを搭載し、観測対象ごとにこれらの測定モードを切り替えられるようにした。これらの測定モードは電極に印加する電位の制御のみによって可能である。打ち上げ時の振動や天体への着地による衝撃を受けるローバーへの搭載を想定した本機器において、故障に対する冗長性は重要である。複数の測定モードの実現のため、本機器の加速領域と反射部にはそれぞれ独立したパルス高圧モジュールを用いた。これにより、本機器はパルス高圧モジュールの故障に対する冗長性を実現した。

現在はシミュレーションをもとに製作した試験モデルが設計通りの性能を達成しているかを確認するための実験を行っている。

本発表では主に TOF-MS 試験モデルの性能試験結果を報告する。