# 探査機搭載用ＴＯＦ型ダスト質量分析器 ～基礎実験～

Dust Anwalyzer with time-of-flight mass spectrometry on board spacecraft --- prelimenary experiments ---

**# 濱邊　好美 [1]，大橋　英雄 [2]，河村　亨 [3]，野上　謙一 [3]，佐々木　晶 [1]，柴田　裕実 [4]，長谷川　直 [5]**

# Yoshimi Hamabe [1], Hideo Ohashi [2], tohru kawamura [3], Ken-ichi Nogami [4], Sho Sasaki [5], Hiromi Shibata [6], Sunao Hasegawa [7]

**[1] 東大・理・地質，[2] 東京水産大環境，[3] 獨協医大・物理，[4] 東大原総セ，[5] 宇宙研**

[1] Geol. Inst. Univ. of Tokyo, [2] Dep. Ocean Sci., Tokyo Univ. Fish., [3] Physics,Dokkyo Univ. School of Medicine, [4] Dep. of Phys., Dokkyo Univ. School of Med., [5] Geological Inst., Univ. Tokyo, [6] RCNST, UT, [7] ISAS

**ダストの起源を考えるには、そのフラックス、衝突速度、飛来方向、質量だけでなく、化学組成を「その場」分析する必要がある。そのための小型・軽量で新しい構造を備えた衝突電離型TOF (Time-of-Flight)質量分析器の開発を行なっている。まず、パルスレーザー照射により、金属ターゲットをイオン化させ、検出器までのイオンの飛行時間を測定する基礎実験をプロトタイプを用いて行なった。その後、Van de Graaff 静電加速器で数km/secに加速されたAg粒子をターゲットに衝突させ、Ag粒子と金属ターゲットから発生したイオンの質量分析を行なっている。**

**これまで探査機に搭載されたダスト分析器は、ダストの高速衝突により発生したプラズマを電極に収集し、その速度と質量を求めるものがほとんどであった。しかし、ダストの起源を考えるには、ダストのフラックス、衝突速度、飛来方向、質量だけでなく、化学組成を「その場」分析する必要がある。そのための小型・軽量な衝突電離型TOF (Time-of-Flight)質量分析器の開発を行なっている。TOF型質量分析器とは、まずダストの高速衝突を利用してダスト自身をイオン化させ、そのイオンを電場で加速させる。その質量と電荷量に応じて異なった速度になることを利用して、一定の距離を飛行させたときに生じる時間差を測定することにより、イオンの質量を知り、ダストの化学組成を明らかにするというものである。**

**単純な直線型TOF質量分析器では、イオンが直線的に飛行する距離を長くして飛行時間Tを大きくしても、初期エネルギーの違いやイオン源から放出される時間の違いがあるため、同じ（質量／電荷）比を持ったイオンの飛行時間にばらつきが生じる（ΔT）。その結果、時間分解能（T／ΔT）はほとんど向上しない。そこで我々は、静電イオンレンズを用いて反射領域を形成し、入射イオンを減速・反射させるリフレクトロン方式を用い、さらにその反射領域を曲面電場にすることにより時間収束作用と空間収束作用とを持ち併せた高分解能・高イオン検出効率の質量分析器の開発を行なっている。装置設計のために行なったシミュレーションでは、1000以上の高い質量分解能（M／ΔM）が実現可能であることを確かめた。**

**シミュレーションに基づき、プロトタイプの質量分析器（直線型・リフレクトロン型）を製作した。まず、直線型質量分析器を用いて、金属ターゲット板にパルスレーザーを照射して、ターゲットからイオンを発生させる基礎実験を行なった。レーザー強度～109 W/cm2を直径50μm程度に絞って照射した場合、その強度は約109 W/cm2になり、数km/secでダストが衝突した場合と同量のプラズマを発生させることができる。しかし、パルスレーザーを用いてイオンを発生させる場合、レーザー強度・ターゲットのイオン化効率・ターゲット表面の電場の変化などによって、発生するイオンが持つ初期エネルギーにばらつきが生じることが判明した。実際のダスト衝突による初期エネルギーは40 eV以下だが、我々の実験では数100 eVの初期エネルギーを持ってしまうという結果を得た。初期エネルギーが大きくかつばらつきが大きいと、加速電圧に対する比率が大きくなり、質量分解能が低下してしまう。初期エネルギーのばらつきについてその原因を考察し、イオン源に改良を施したところ、初期エネルギー自体を小さく、さらにそのばらつきも抑えることができたが、直線型TOF質量分析器では、イオンを時間的・空間的に収束させることはできないため、高分解能・高イオン検出効率の装置とすることができなかった。しかし、この実験過程を通してイオンの初期エネルギーを低く抑える方法を見出したことにより、パルスレーザー照射によるイオン化をもって宇宙空間でのダストの高速衝突によるイオン化に置き換え得ることが分かった。**

**また、実際に高速粒子を直線型TOF型質量分析器に衝突させる実験を行なった。衝突粒子として、Ag粒子を用い、これを東京大学原子力総合センターのVan de Graaff静電加速器で約3 km/secに加速した。これをターゲットの斜め45°前から衝突させ、ターゲットからその際のシグナルを取った。その結果、大きく分けて２タイプのタ**

ーゲットのシグナルが見られた。１つはAg粒子が電荷を帯びているため、ターゲット表面の電場に影響を及ぼす（influence charge）ことを示すもの、もう１つは、Ag粒子のinfluence chargeは見えないが、やはりAg粒子がターゲットに衝突する以前からターゲットシグナルに変化が現れるものの２タイプである。後者は加速領域を形成するために設けたターゲット前のCuメッシュにAg粒子が接触して、その破片がターゲットに次々に衝突しているのではないかと考えている。それを明らかにするために、Ag粒子の衝突過程の違いとは無関係に、ターゲットで発生したイオンがメッシュを通過した時にスタート信号を取れるようにイオン源を改良し、さらに実験を進めている。

今後、直線型とリフレクトロン型のTOF質量分析器で一通りの基礎実験を行なった後、曲面電場を持った新しいタイプの質量分析器に移行し、質量分解能とイオンの検出効率の向上を確認する予定である。