

宇宙機搭載用衝突電離型宇宙塵検出器の基礎開発実験

平井隆之¹ 大橋英雄¹ 佐々木晶² 柴田裕実³ 野上謙一⁴
岩井岳夫⁵ 小林正規⁶ 藤井雅之^{7,8,9} 木村宏¹⁰ 中村真季¹¹ Ralf Srama¹²

¹東京海洋大学, ²国立天文台, ³京都大学, ⁴獨協医科大学, ⁵東京大学, ⁶千葉工業大学,
⁷FAM サイエンス, ⁸早稲田大学, ⁹JAXA, ¹⁰神戸大学, ¹¹東京大学, ¹²Max-Planck Institut für Kernphysik

1. はじめに

太陽系内に存在する宇宙塵（宇宙空間に存在する固体微粒子）は、太陽系内・外起源のものがあり、太陽系の進化を解明する手がかりといえる。宇宙塵のその場計測を目的とした宇宙機搭載用の検出器は、「衝突電離型」が主流であるが、従来の検出器は粒子の衝突位置によってシグナルが変化してしまうことや、軽量のまま開口径を拡大することは困難であるといった問題点があった。また検出器の構造条件である、最適形状、電極間距離・電圧は実験的根拠がないまま決定されてきた。

そこで本研究ではこれらの点に着目し、特に宇宙塵の物理パラメータを得られるタイプの検出器が満たすべき最適な構造条件の決定と、軽量大開口径(径 30cm で数 kg 以下)の検出器の開発を目的として研究を行ってきた。これまでターゲット面積を大きくしながら 4 台の検出器の開発・実験を行ってきた(Fig.1)。

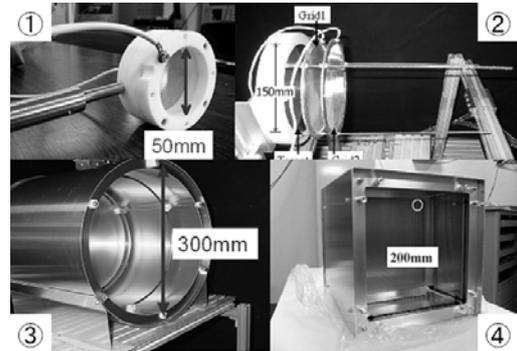


Fig.1 検出器外観(番号順に開発)

2. 実験

検出器の形状には対称性がよいと考えられる平行平板型を採用し、底部の金メッキを施した銅板（ターゲット）と側壁、2枚のグリッドから構成されている(Fig.2)。微粒子がグリッドを通り、高速(>数 km/s)で底部の金属板に衝突するとプラズマ化し、陽イオンと電子を含む陰イオンに分かれる（これを「衝突電離」と言う）。この時、正の電圧が印加された金属板と、電圧をかけていないグリッドによって電場が作り出され、陰イオンと電子はターゲットに、陽イオンはグリッドに集められる。そのときのターゲットとグリッドのシグナルを記録・解析する。

ターゲットのシグナル(Fig.3)から立ち上がり時間 t と電荷 Q が得られる。 t と電荷質量比 Q/m はダストの衝突速度 v の関数であり、以下の実験式で表される[1], [2]。

$$t = c_g v^\alpha \cdots (1), \quad Q/m = c_r v^\beta \cdots (2)$$

c_g, c_r, α, β は較正実験から決定される値である。得られた t の値を地上実験で既に得られている $v-t$ 較正曲線に当てはめ速度 v を得る。この v の値を $v-Q/m$ 較正曲線に当てはめると Q/m が得られる。 Q は衝突信号から既知であり m が求まる。

較正実験には東海村にある東大重照射研究設備(HIT)と、ドイツのハイデルベルグにある

マックスプランク核物理学研究所(MPI-K)のバンデグラフ型静電加速器を用いた。なお本報告では、HIT において 4 号機(Fig.1 右下)に銀の微粒子を照射した実験結果を示す。

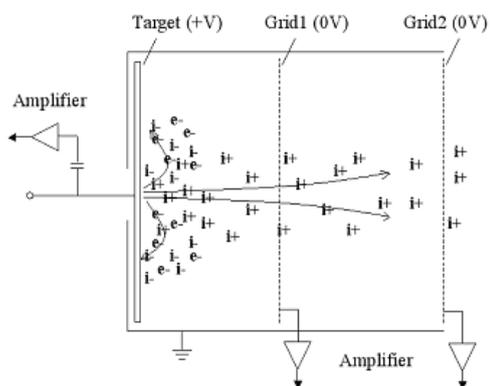


Fig.2 衝突電離型ダスト検出器の原理

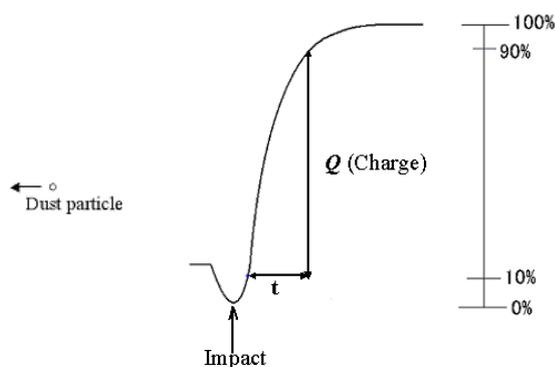


Fig.3 ターゲットシグナル

3. 結果と考察

過去の検出器と同様、4号機でも関係式(1), (2)から宇宙塵の速度・質量情報を引き出せるような、衝突シグナルが得られた(Fig.4, 5)。ターゲット印加電圧による相関関係の変化は100~1000Vの範囲で、ほぼ無いといえる。

Fig.4, 5 共に衝突速度 4km/s 付近で、傾向の分岐、ずれが見られる。衝突速度と電荷質量比の関係に関しては、先行研究において類似する実験結果が報告されており、衝突のエネルギーがターゲット物質の融解熱に分配されることでイオン化効率が変化するためと考えられている[3]。

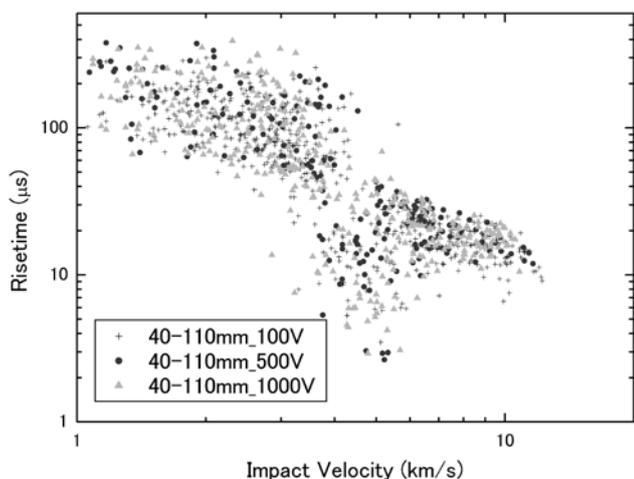


Fig.4 衝突速度対シグナルの立ち上がり時間

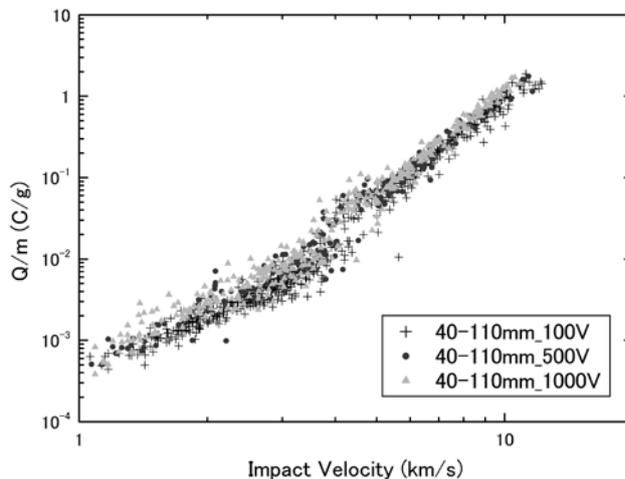


Fig.5 衝突速度対電荷質量比

[1] Friichtenicht, J. F. and Slattery, J. C., NASA TND2091, 1963.

[2] Auer, S. and Sitte, K., *Earth Planet Sci. Lett.* **4**, 178, 1968

[3] Göller, J. and Grün, E., *Planetary and Space Sci.* **37(10)**, 1197, 1989