

圧電 PVDF フィルムセンサを用いた宇宙の微粒子計測

平井隆之 (JAXA 研究開発部門), 矢野創 (JAXA 宇宙科学研究所)

宇宙空間には、主に小惑星と彗星を起源とする惑星間ダスト (宇宙塵) や、人工物を起源とするスペースデブリなど、様々な起源をもつ微粒子が存在する。ダストは太陽系の物質循環や天体活動の指標として惑星科学・天文学において重要な観測対象といえる。スペースデブリは微粒子であっても人工衛星の電力ハーネスを損傷させ電氣的な故障を引き起こしうるため問題となっている。このような宇宙の微粒子の計測は 1950 年代から行われ、超高速衝突で発生する電離プラズマや振動を計測するなど様々な手法が用いられてきた。本講演では圧電 PVDF フィルムとソーラー電力セイル宇宙機の特徴を組み合わせた軽量大面積ダストセンサ ALADDIN の宇宙実証とそれに基づいた次期ミッションについて紹介する。

ソーラー電力セイル技術実証機 IKAROS は、2010 年 5 月に打ち上げられ、2016 年現在も地球と金星軌道の間を航行している。Arrayed Large-Area Dust Detectors in INterplanetary space (ALADDIN) は、圧電高分子 PVDF フィルムを用いた薄膜センサであり、IKAROS の厚さ $7\ \mu\text{m}$ のセイル膜面に貼り付けられた軽量大面積のダスト検出器である。検出面積は $0.54\ \text{m}^2$ で、センサと信号処理回路を合わせた重量は 330 g と、従来のダスト検出器に比べ 10 分の 1 の質量で 5 倍大きな検出面積を有す。ALADDIN によるダストサイエンスの一つに、地球公転軌道に沿って分布するダスト濃集域のその場観測がある。母天体から放出されたダストは、太陽輻射の制動効果により角運動量を失い、螺旋軌道を描きながら太陽に落ち込む。その過程で、惑星との平均運動共鳴に入り、惑星公転軌道上にリング上のダスト濃集域を形成する。惑星の背後に特に空間数密度が高くなる領域があり、IKAROS は地球と金星近傍におけるダスト濃集域を通過した。論文投稿前のため具体的成果については割愛するが、ALADDIN は地球、金星の両方における平均運動共鳴に起因するダスト濃集を検出した可能性が高い。

JAXA 宇宙科学研究所では、太陽系形成過程解明の鍵を握る木星トロヤ群小惑星を探索するソーラー電力セイル (SPS) を、2020 年代前半の打ち上げを目標に開発を進めている。SPS では ALADDIN の 8 倍のセンサ面積をもつ

ALADDIN2 の搭載を予定している.10 年以上にわたる長期ミッションとなるため、特にセンサ部とフレキシブルハーネスを繋ぐコネクタ部は、より堅牢性を高める処置を施す予定である。また、信号処理部については、検出ダストの質量推定精度を向上させ、ダイナミックレンジを拡大するための信号積分回路の追加実装や、より高速の信号処理が可能な FPGA の採用を検討している。ALADDIN2 では、IKAROS-ALADDIN と同様、惑星間のダスト分布を計測するだけでなく、トロヤ群小惑星到着時に周囲のダスト環境を計測するため、100 m/s 未満の低速で衝突してくるダストを検出できるよう、低速衝突検出回路を開発し、惑星間での超高速衝突検出回路とのハイブリッド利用を検討している。