

## 小惑星探査機はやぶさ帰還粒子取り扱いに用いた静電制御微小マニピュレーションについて

### Electrostatic micromanipulation system applied for the returned particles of the asteroid explorer Hayabusa

藤村 彰夫<sup>1</sup>, 安部 正真<sup>1</sup>, 矢田 達<sup>2\*</sup>, 中村 智樹<sup>3</sup>, 野口 高明<sup>4</sup>, 岡崎 隆司<sup>5</sup>, 岡田 達明<sup>1</sup>, 白井 慶<sup>2</sup>, 石橋 之宏<sup>2</sup>, 小川 真帆<sup>6</sup>  
Akio Fujimura<sup>1</sup>, Masanao Abe<sup>1</sup>, Toru Yada<sup>2\*</sup>, Tomoki Nakamura<sup>3</sup>, Takaaki Noguchi<sup>4</sup>, Ryuji Okazaki<sup>5</sup>, Tatsuaki Okada<sup>1</sup>, Kei Shirai<sup>2</sup>, Yukihiro Ishibashi<sup>2</sup>, Maho Ogawa<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構月惑星探査 PG, <sup>3</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>4</sup> 茨城大学理学部理学科, <sup>5</sup> 九州大学大学院理学府, <sup>6</sup> 東京大学大学院理学系研究科

<sup>1</sup>ISAS/JAXA, <sup>2</sup>JSPEC/JAXA, <sup>3</sup>Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., <sup>4</sup>College Sci., Ibaraki Univ., <sup>5</sup>Grad. Sch. Sci., Kyushu Univ., <sup>6</sup>Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo

藤村他 (2011) で述べられている通り、2010年6月13日深夜にオーストラリアウーメラ砂漠立ち入り禁止区域に小惑星探査機「はやぶさ」の帰還カプセルが着陸した。回収された帰還カプセルは、2010年6月18日未明に宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス惑星物質試料取扱設備に搬入され、以来、一連のサンプルコンテナ開封・試料回収プロセスにより、現在、サンプルキャッチャーから粒子を回収し、光学顕微鏡、電子顕微鏡による観察・分析作業、及び初期分析のための配布作業が行われている。この作業において中心的な役割を果たしているのが静電制御マイクロマニピュレーションシステムである。

この静電マイクロマニピュレーションシステムは、約1年にわたる開発の後、去る2010年1月に、惑星物質取り扱い設備の高純度窒素雰囲気にあるクリーンチェンバー第2室内に導入された。このシステムは、X, Y, Z, Z軸の微動・粗動機構と様々なタイプのテーブルを備えるサンプルステージと、X, Y, Z, Y, Z軸の微動・粗動制御を備え、正負の電圧印可可能な合成石英針を備えたプローブや除電用線源を設置可能なプローブステージ左右一対から構成される。合成石英ガラス針内のPt線と接続された電圧制御電源でチェンバー外から正負の電圧を印可した状態で、チェンバー内の粒子をチェンバー内外に設置された2種の光学顕微鏡により観察しながら、これらのステージをバイトン製グローブにより操作し、高純度窒素雰囲気下にある微粒子をピックアップ・リリースする事が可能である。

このシステムについて、想定されるはやぶさ帰還粒子の模擬物質(Niカンラン石)を用いてマニピュレーションテストを3月から5月にかけて実施して、制御技術を確認し、本番のはやぶさ帰還粒子マニピュレーションに臨んだ。

はやぶさ帰還コンテナから取り出されたサンプルキャッチャーは、Al蒸着されたジュラルミンから成る円筒で、その中が、A室、B室、回転筒の3つの空間に仕切られている。キャッチャーを回収する工程で、まずA室が開封されていたため、最初にA室内の観察・直接の粒子マニピュレーションを行った。このマニピュレーションでは光学顕微鏡で識別しやすいAl粒子が主にピックアップされ、判別しづらい鉱物粒子と思われる透明粒子のピックアップは少数に留まった。この問題を解消するために、電子顕微鏡試料室に導入可能なテフロン製へらを開発し、キャッチャーA室内面に対して掻き取り作業を行い、粒子を回収して電子顕微鏡観察・分析を行い、多数の珪酸塩鉱物的組成を示す粒子を確認し、その鉱物種の存在比率から、これらの粒子が小惑星イトカワ起源であると推定される事については既にプレスリリースで発表されたとおりである。

しかし、テフロンへら上の10 μmを下回る微小粒子のマニピュレーション技術は確立されていないため、初期分析にははやぶさ帰還粒子を供するためには、より大きな粒子をマニピュレーション出来る状態で回収する必要がある。これに対して、キャッチャーA室の蓋と同型の合成石英ガラス製板を準備し、この板を取り付けた状態でキャッチャーを上下反転し粒子を自由落下させた上で、元の向きに戻し、板を回収してその表面を光学顕微鏡で観察した。その結果、1000個以上の10 μm以上の粒子が確認された。これらについて、前述の静電マニピュレーションシステムを使い、粒子の拾い出し、電子顕微鏡観察・分析を実施した結果、およそ50個の岩石質粒子を確認し、初期分析のための配布作業を主に同マニピュレーションシステムを用いて行った。

上記の一連の静電マニピュレーターシステムを用いた粒子ハンドリング作業により、サンプルキャッチャーA室から回収された粒子に対して、これまでに多数の取り扱い機会があったが、高い成功率で粒子取り扱いを実施している。

本発表では、本システムの構成の説明と、模擬物質マニピュレーションテストの内容、はやぶさ帰還粒子マニピュレーションの内容についてレビューする。

Keywords: asteroid exploration, Hayabusa, Itokawa, curation, electrostatic control, micromanipulation