

★ 安達 真聡 助教

Masato ADACHI (Assistant Professor)

研究課題：静電気力・磁気力を利用した月・火星レゴリス粒子ハンドリング技術の開発
(Electrostatic and Magnetic Handling Technologies of Lunar and Martian Regolith Particles)

専門分野：精密工学、粉体工学、宇宙探査
(Precision Engineering, Powder Engineering, Space Exploration)

受入先部局：工学研究科（Graduate School of Engineering）

前職の機関名：German Aerospace Center（DLR、ドイツ航空宇宙センター）



長期の月・火星探査を実現するためには、現地資源である土壌（レゴリス）粒子を活用してロケットの推進剤燃料や機器修理部品の生成などを行う In Situ Resource Utilization (ISRU) が不可欠であり、そのための中心技術が宇宙環境用の粉体ハンドリング技術です。このレゴリス粒子は粒径が小さく、凝集性があり、さらに鋭利な形状を持っていることから、その搬送・取り扱いには難しく、過去の有人・無人探査ミッション時においても多くの困難を伴いました。これまでは、機械式・流体式の粉体ハンドリング技術が導入されてきましたが、小さなレゴリス粒子が機械的駆動部の隙間に入り込んで故障の原因となったり、宇宙環境下では液体や気体の製造・管理・使用が困難であったりと、長期探査を鑑みるとこれらのシステムには解決すべき幾つかの課題が残っていました。そこで私は新しい視点から、静電気力や磁気力を利用した新しいレゴリスハンドリング技術の開発に取り組んできました。これらは機械的駆動部や空気・液体などが不要であり、またシンプルかつ小型・軽量な設計が可能であるなど、宇宙環境上での使用を考えると多くの利点があります。私の目標は、長期の月・火星探査ミッションを成功に導くツールを提供するだけでなく、その先にある深宇宙探査や宇宙環境への人間の移住などの人類の夢を実現することにあります。

電磁粒体力学とその応用

電磁場における粒子のダイナミクス、いわば「電磁粒体力学」に関する学理の構築と、その宇宙用粉体ハンドリング技術への応用を軸に、開発・実験・数値解析・模擬環境試験を有機的に組み合わせた総合的な手法により研究を行っています。具体的には、月・火星・小惑星の土壌（レゴリス粒子）が関連する課題を解決

Handling of lunar and Martian regolith particles existing on the Moon and Mars is one challenge to realize In Situ Resource Utilization (ISRU) which is a concept to realize long-term space explorations by harnessing the regolith as natural resource at exploration sites to make propellant fuels and life support consumables for astronauts and prepare repair tools and parts for robotic equipment in situ. The regolith particles are small, cohesive, and abrasive, hampering their handling in manned and unmanned ISRU processes. Mechanical and pneumatic handling techniques have been deployed in exploration missions so far, and such means have encountered some challenges, since small regolith particles easily get into a gap of mechanical drives, causing the malfunction, and production and use of liquid and gas are involved in difficulty in space environments. Therefore, my research centers on a development of new regolith handling technology using electrostatic and magnetic forces. Such systems have indispensable advantages for the space application, such as simple, small, and light designs and no necessity of using mechanical drives and pneumatic materials. The accomplishment of my research will end up with providing tools to actualize deep-space explorations and migration of humans into space environments beyond space missions on the Moon and Mars.

する技術を開発し、さらに数値解析や低重力・真空環境試験を実施して、宇宙環境下の静電場・磁場における粉体動特性の基礎理論確立に取り組んでいます。

低重力・真空環境下における粉体ダイナミクス

月・火星・小惑星ミッション時に必須となる技術として、レゴリス粒子の防塵・分級・採取・搬送システ

ム等を開発しました。月・火星の模擬砂を用いた実験を行い、まずそれらのシステムの地上環境下での有効性を確認し、さらに実験結果と比較しながら静電場・磁場における粉体力学についての理論計算を実施しました（図1）。図1から分かるように、地上環境下では、小粒径粒子には空気抵抗力、大粒径粒子には重力が支配的に働くため、静電気力や磁気力を用いた粉体ハンドリング技術の産業応用は、その中間粒径の粒子への適用に限定されてきました。次に私は、JAXA 等と協力して、これらのシステムを用いて真空・低重力環境下において実験を行いました。そして、静電気式・磁気式粉体ハンドリング技術の有効適用範囲が拡大して、その性能が向上することを確認し、また地上では発現することのない、静電気相互作用力による大粒径粒子のクラスター現象が発生することを確認しました。さらに開発した数値シミュレーションがこれらの実験結果をよく再現できることを確認し、それを用いて重力加速度や真空などの影響を考慮した粉体力学モデルを構築しました。今後の研究では、これまで以上に JAXA・DLR（ドイツ航空宇宙センター）などと協力しながら、静電気式・磁気式粉体ハンドリング技術を実際の宇宙探査ミッションで使用可能なものにするために、より詳細な物理現象の解明とシステムの高度化を目指していきたいと考えています。

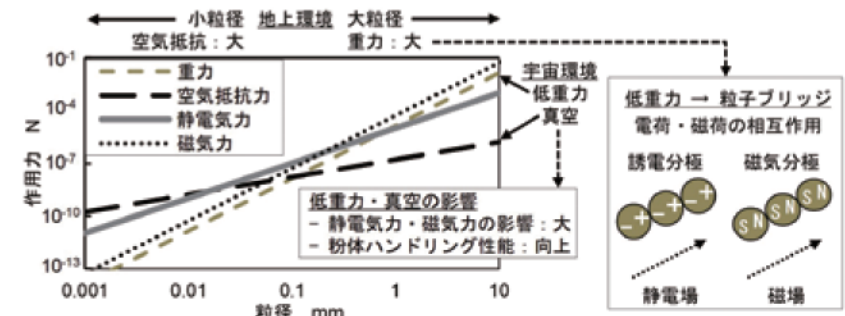


図1 地上環境下において粒径に応じて変化する外力の理論計算結果と、宇宙特有の環境条件がその粉体力学・動特性に及ぼす影響を表した概略図

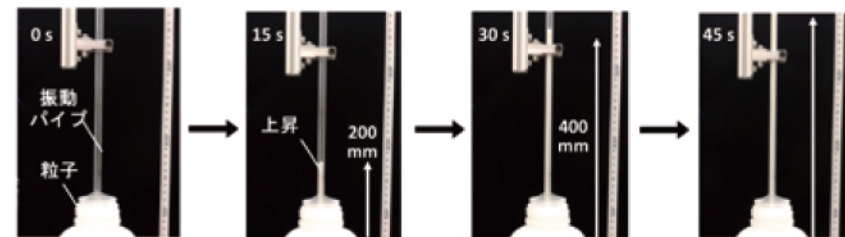


図2 垂直振動粉体ポンプシステムにおける粒子の上昇挙動