

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/06/2016

| | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|
| 専攻名 (専門分野) Department | 機械科学 | 氏名 Name | 繁田 彬 | 指導 教員 Advisor | 川本 広行 印 Seal |
| 研究指導名 Research guidance | 精密工学研究 | 学籍番号 Student ID number | 5114C047-0 CD | | |
| 研究題目 Title | 磁気力と振動を利用した月・火星上のレゴリスのサンプリング | | | | |

1. 研究背景

地球外の天体で生命の痕跡を発見することや、生命の誕生・維持に必要な環境条件を解明することは、人類にとって長年の夢である。特に、月や火星は生命活動に必要となる水資源の存在が確認されていることから、多くの研究者の調査対象となってきた。この目標の達成には、天体から地球に持ち帰った試料を分析することが重要であり、そのためには、現地の試料を回収する機構が必要となる。

天体土壌の採取システムに関する計画や研究は、ドリルやスcoop等の掘削方式を扱うことが多い。しかし、掘削を実行するためには、機械の正確な制御が必要となる。その上、多くの駆動部が存在するため、故障のリスクが高い。そのため、これらの問題を含まないような、制御の仕組みや構造が単純で、信頼性が高い土壌採取システムの開発意義は大きい。

そこで、磁気力と振動を組み合わせた土壌試料の回収方法を検討した。作成した装置に関し、パラメータや実験環境を変化させて実験を行い、その有用性を検討した。また、装置を再現するシミュレーションモデルを用いて、実際環境での性能予測を行った。

2. 試料回収の原理

本機構は、磁気力による捕捉と、振動による搬送によって構成される。

2.1 磁気力による捕捉

図 1 を用いて、空心コイルを用いた磁気力による捕捉原理について説明する。コイルを、砂面に対し斜め方向から接近させる。この状態でコイルに電流を流すと、コイル周囲に磁界が発生し、砂面に存在する磁性体粒子はコイル中心部へと引き付けられ飛翔する。そのため、粒子が中心付近を通過する瞬間に電流を止めることで、磁気力の作用は無くなり、粒子は慣性を保って飛翔を続け、パイプ奥側へと到達する。

2.2 振動による搬送

図 2 のように、斜め方向に振動するパイプの先端にコイルを装着する。磁気力によって捕捉された粒子は、パイプから周期的に撃力を受け、パイプ壁面と摩擦を生じながら、パイプ上部へと押し出されていく。この操作が連続的に行われることで、粒子は回収容器へと搬送される。

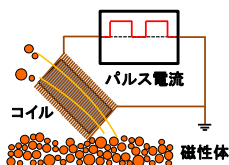


図 1 磁気捕捉

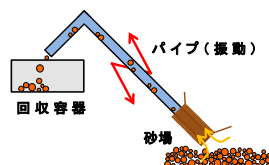


図 2 振動搬送

3. 研究方法

3.1 実験装置 (磁気捕捉)

磁気捕捉の性能を調査するため、図 3 に示す装置を作成した。磁気力によってコイル(1000 回巻き)を通過した磁性体試料は、一定間隔に並んだ回収ボックスへと落下する。そのため、飛翔距離に応じた試料の回収量を測定することが可能である。

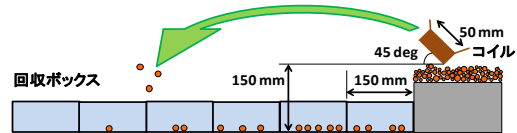


図 3 実験装置

3.2 数値解析

実験装置の理論的な性能を調査するため、式 (1) で表される運動方程式について、個別要素法を用いて数値解析を行った。考慮した力はそれぞれ、 F_{mag} : 磁気力、 $F_{adhesion}$: 付着力、 F_{air} : 空気抵抗力、 F_g : 重力である。また、この解析に用いたシミュレーションモデルを、実験装置と比較した様子が図 4 である。どちらの場合も、磁性体粒子が集団を成してパイプ内部へと取り込まれる様子が確認できる。

$$m_i \mathbf{a}_i = \mathbf{F}_{mag} + \mathbf{F}_{adhesion} + \mathbf{F}_{air} + \mathbf{F}_g \quad (1)$$

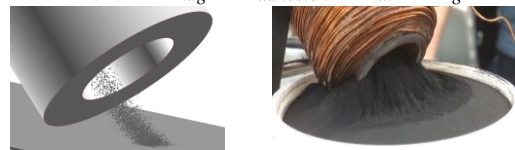


図 4 数値解析モデルと実験装置

4. 研究成果

パラメータがパルス電流の大きさである場合の実験結果を、図 5 に示す。電流の増加に応じ、試料の飛翔距離が増加しており、回収性能の向上が確認できた。

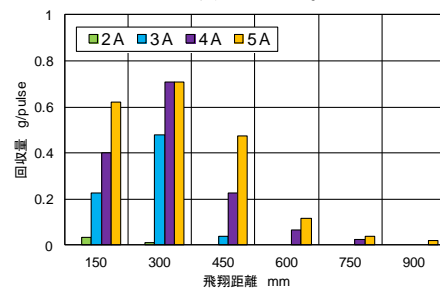


図 5 磁性体試料の回収量

(パルス<出力時間 40 ms, 待機時間 500 ms>×10 回)

5. 発表論文

- 繁田, 石井, 川本, 交流電界と振動を利用した月・火星土壌の採取システム, DD2014 (2014) p.91.
- H. Kawamoto, A. Shigeta and M. Adachi, Sampling of Regolith on Moon and Mars Utilizing Electrostatic Force and Mechanical Vibration, Earth and Space 2014 (2014) p.247-255.
- 繁田, 小太刀, 福山, 安達, 川本, 磁気力と振動を用いた月・火星土壌のサンプリングシステム, SEAD27 (2015) p.211-216.
- 小畑, 芳賀, 小太刀, 繁田, 安達, 川本, 星野, 若林, 磁気力を用いた月・火星試料の採取機構, SEC'15 (2015) A01.
- H. Kawamoto, M. Adachi and A. Shigeta, Sampling of Regolith on the Moon and Mars Utilizing Electrostatic Force, Magnetic Force and Mechanical Vibration, LCPM-11 (2015) p.57.
- H. Kawamoto, A. Shigeta and M. Adachi, Utilizing Electrostatic Force and Mechanical Vibration to Obtain Regolith Sample from the Moon and Mars, J. Aerospace Eng, 29 (2016) 04015031-1-6.
- M. Adachi, M. Kato, S. Fukuyama, A. Shigeta and H. Kawamoto, Sampling of Regolith from Asteroids Utilizing Magnetic Force, AIAA SciTech2015 (2016).