

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/14/2016

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	葉賀 祐一朗	指導員 Advisor	川本 広行 印 Seal
研究指導名 Research guidance	精密工学	学籍番号 Student ID number	5114C071-1 <sup>CD</sup>		
研究題目 Title	月レゴリスの静電分級				

## 1. 研究目的

月は地球から最も近い天体であることから、人類の次なる居住地や宇宙探査の前進基地としての利用に期待されている。しかし、月面開発を進める上で、必要な資材をすべて地球から輸送した場合、コストなどの面から現実的ではないという問題がある。そこで、可能な限り現地の資源を有効利用する ISRU (In-Situ Resource Utilization) 計画が検討されている。月面は、隕石の衝突によって粉碎された月レゴリスと呼ばれる細かい岩石の粒により覆われており、月レゴリスには、鉄、マグネシウムなどの鉱物や酸素など、多くの資源が含まれていることが確認されているため、ISRU への利用が期待されている。ただし、月レゴリスには粒径により組成や化学成分が異なることが報告されているため、豊富な資源を利用するには、用途に合わせ粒径を選別する分級という操作が必要となる。地球上で用いられる分級には主に気体や液体が利用されているが、月面上でこれらの媒体を利用、入手することは困難である。そこで本研究では、月面環境でも利用可能な分級方法として静電力を利用した分級機構を考案し真空実験を行った。

## 2. 飛翔高さを利用した静電分級の原理

飛翔高さを利用した静電分級の原理を図1に示す。位相を $\pi/2$ ずつずらした4相の交流電圧を電極に印加することで電極表面には不平等電界が発生する。これにより、搬送基板表面に設置された粒子は、静電力により一方向へ搬送される。真空環境では空気抵抗の減少に伴い、小粒子ほど他の外力と比較して相対的に電界による影響を強く受け高く飛翔する。そこで、高く飛翔した小粒子を電極上部で回収し分級する。

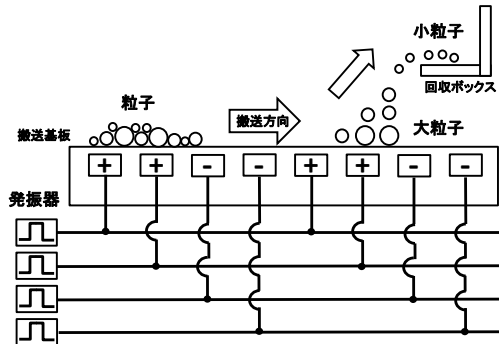


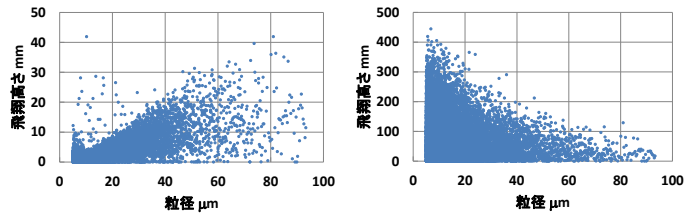
図 1 飛翔高さを利用した静電分級の原理

## 3. 数値解析

月面上での分級性能を予測するために、シミュレーションによる数値解析を行った。数値解析は、2次元の差分法を用いた電界計算と剛体球モデルによる個別要素法を用いた挙動計算から構成されている。粒子に作用する外力として、クーロン力、誘電泳動力、付着力、空気抵抗、および重力を考慮し、運動方程式は4次のルンゲクッタ法で解いた。

### 3.1 大気と真空環境における粒子の飛翔高さ

大気と真空環境における粒子の飛翔高さの予測を行った。図2に、計算結果を示す。図2より、真空環境では小粒径に従い飛翔高さが増加する傾向にあることを計算結果より確認した。



(a) 大気

(b) 真空

図 2 大気と真空環境における粒子の飛翔高さ比較

## 4. 分級性能

### 4.1 真空実験と計算結果の比較

数値解析の結果をもとに真空実験を行った。図3,4に、実験と計算結果を示す。実験・計算ともに、回収高さが高くなるに従い分級後は初期分布よりも小粒径に分級されることを確認した。この結果より、真空環境において粒子の飛翔高さを利用した分級は有効であることが期待できる。

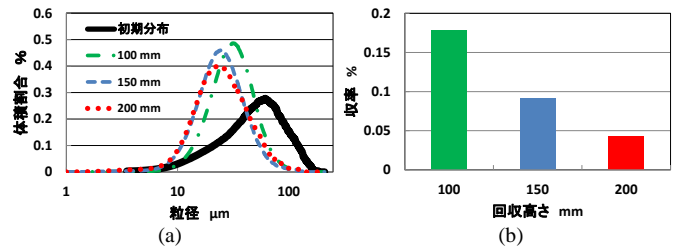


図 3 回収高さをパラメータとしたときの (a) 粒度分布と (b) 収率 (実験, 印加電圧 2 kVp-p, 周波数 10 Hz, 真空  $1.5 \times 10^{-2}$  Pa)

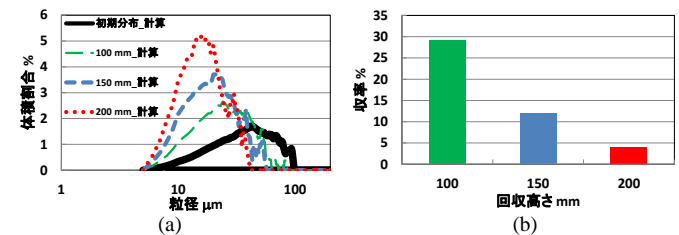


図 4 回収高さをパラメータとしたときの (a) 粒度分布と (b) 収率 (計算, 印加電圧 2 kVp-p, 周波数 10 Hz, 真空  $1.5 \times 10^{-2}$  Pa)

### 4.2 月面における分級性能

実験と計算の傾向がおおよそ一致するという結果より、月面上での本機構の分級性能の予測を行った。図5に結果を示す。図5より、月面上では重力が1/6Gとなるため、より低電圧で地上実験と同程度の分級性能を発揮することが可能である。

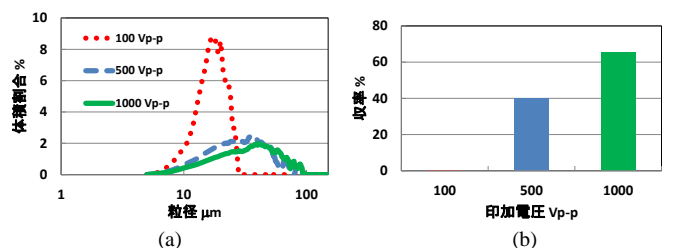


図 5 印加電圧をパラメータとしたときの (a) 粒度分布と (b) 収率 (計算, 回収高さ 100 mm, 周波数 1 Hz, 月面)

発表論文

須田, 葉賀, 安達, 川本, 静電力を利用した月レゴリス分級機構の開発, SEC'14 (2014).