

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/10/2014

専攻名 (専門分野) Department	機械科学専攻	氏名 Name	池田 雅人	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	5112C007-7		
研究題目 Title	静電力を利用した月レゴリスの分級機構				

1. 研究目的

月は地球に最も近い天体であり、将来は月資源の利用や宇宙探査の基地として大いに期待され、注目を浴びている。長期間の月面探査を行う上で、不可欠な技術の一つに、ISRU (In-Situ Resource Utilization) と呼ばれる月面開発計画が検討されている。この技術は月に存在する鉱物や資源を利用しようとするものである。特に粒径数 μm の粒子にはプラチナを主とする白金族が多く含まれていることが報告されている。しかし、レゴリスは粒径により化学組成が異なり、利用するためには粒径ごとに選別する必要がある。現在、地球上での主な分級方法は流体を用いた分級方法である。しかし、そのような媒体を月面上で入手することは困難な上、地球から輸送するにもコストがかかるという問題がある。そのため月面環境下でも使用可能な分級機構を考案し、それを数値計算で再現し、月面での性能評価を行った。

2. 進行波電界型分級機構原理

図1に進行波電界型分級機構の原理を示す。位相を順に $\pi/2$ ずつずらした4相の交流信号を縞状に並んだ電極に入力することにより、電極表面上に不平等電界を発生する。これにより電極付近の粒子は主な外力として、クーロン力や分極力を受ける。それら静電力の影響により粒子は飛翔する。そして、粒径が小さい粒子程、相対的に静電力の影響を強く受けて高く飛翔する。そこで飛翔した粒子を電極上部に設けた回収ボックスに回収する。

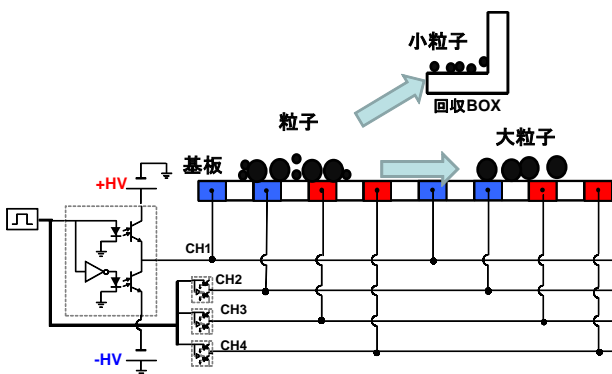


図1 進行波電界型分級機構原理

3. 数値計算手法

数値計算は電界計算と挙動計算から成り、電界計算は2次元の差分法を、挙動計算は剛体球モデルによる個別要素法を用いた。個々の粒子に加わる力を算出し、式(1)の運動方程式を4次元ルンゲクッタ法によって解いている。また、低真空中での挙動計算には、カニングガム補正係数を追加して計算を行った。

$$m_i a_i = \mathbf{F}_q + \mathbf{F}_{dipole} + \mathbf{F}_{adhesion} + \frac{\mathbf{F}_{air}}{C_C} + \mathbf{F}_g$$

$$I_i \dot{\theta}_i = 0 \quad (1)$$

ここで \mathbf{F}_q : クーロン力, \mathbf{F}_{dipole} : 分極力, $\mathbf{F}_{adhesion}$: 付着力, \mathbf{F}_{air} : 空気抵抗力, \mathbf{F}_g : 重力, C_C : カニングガム補正係数である。

4. 分級性能

図2に10 Paにおける粒子の飛翔高さを示す。低真空下では、空気抵抗が低減することにより粒子が電界の影響を強く受ける。そのため、粒径が小さい程高く飛翔する。また図3に実験と数値計算による粒子挙動解析の比較を示す。回収高さごとで比較を行った。この結果より、数値計算は実験の再現性があることが確認できた。

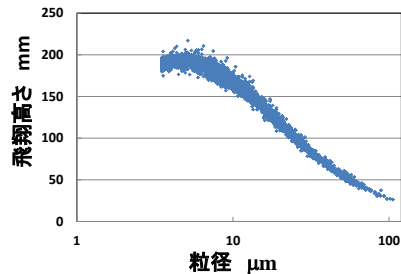
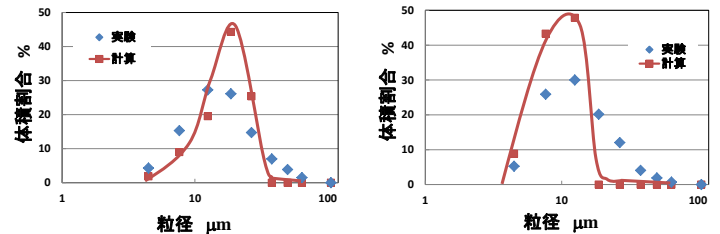


図2 10 Paでの粒子の飛翔高さ



(a) 回収高さ 100 mm (b) 回収高さ 150 mm
図3 実験とシミュレーションの比較 (1.5 kV_{p-p}, 10Hz)

5. 月面での性能予測

上記の数値計算を用いて、月面上における本機構の性能評価を行った。図4に電界強度が1.5 kVのときの、粒子の飛翔高さの結果を示す。この結果より、月面上でも粒径が小さい程高く飛翔することが確認できる。また、図5に電界強度をパラメータにした時の10 μm 以下の収率評価結果を示す。収率は式(2)を用いて算出した。この結果より、電界強度が150 Vのとき収率が最も高いことが確認できる。

$$\text{収率}\% = \frac{\text{回収した}0\mu\text{mの粒子量}}{\text{投入した}0\mu\text{mの粒子量}} \times 100 \quad (2)$$

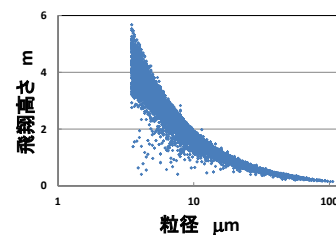


図4 粒子の飛翔高さ

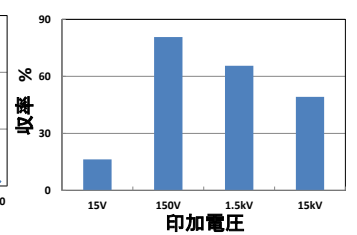


図5 印加電圧ごとの収率