

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 1/12/2018

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	諸岡 裕文	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	5116C107-1		
研究題目 Title	月レゴリスの静電分級機構の開発				

1. 緒言

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新たな資源調達の候補地や宇宙探査の前進基地としての利用が期待されている。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。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) 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、大量に存在している。また、月レゴリスには、鉄、マグネシウムなどの鉱物や酸素、核融合の材料となるヘリウム3など、多くの資源が含まれているため、ISRU への様々な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が必要となる。特に、粒径数 μm 中の月レゴリスには、白金族を多く含むことが報告されている。現在地球上で利用されている分級機構は気体や液体を使用するため、月面での使用には問題がある。そこで、月面上でも使用可能な静電力に注目し、分級機構の開発を行った。

2. 原理

本研究では、粒子の運動を制御するために静電気を用いる。図1のように縞状に配置された電極に、2相の交流電圧を印加することで、粒子を基板から飛翔させる不平等電界を生成することができる。粒子の質量は粒径の3乗に比例するが、粒子の帯電量は表面積に依存するため、粒径の2乗に比例する。そのため、小さい粒子ほど静電力が支配的に働き、大きな粒子には重力などの慣性力が支配的に働く。本研究で考案する静電分級機構は、静電力と重力の差を利用することで大きな粒子と小さな粒子を選別する。

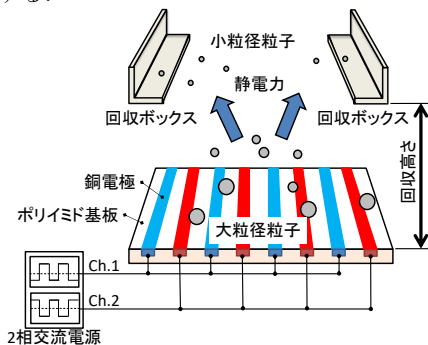


図1 静電分級の原理

3. 計算

本研究では、月面上での性能を予測するために数値解析を行った。電界は2次元の差分法を用いて求め、粒子の挙動は剛体球モデルの個別要素法を用いて計算した。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、帯電量、付着力、誘電率は実際に測定されたものを使用した。運動方程式は4次のルンゲクッタ法で解いた。

4. 実験装置

実験装置を図1に示す。この分級機構では、2相の交流電界で粒子を飛翔させ、上方に飛翔した粒子を回収ボックスで回収する。粒子は、月レゴリスの組成と粒度、機械的性質を模して造られた模擬砂を使用した。

5. 実験・計算結果

分級性能の計算結果と実験結果を図2と図3に示す。図2より、回収ボックスの高さをパラメータとした場合回収できる粒子の大きさは計算と実験で一致しているものの、収率は実験と計算で差があることが分かる。これは、計算では実際と異なり、粒子が回収ボックスに弾かれること、基板との接触により帯電量が絶えず変化していることを考慮していないためであると考えられる。実験においては、回収ボックスの高さを60mmとしたときに平均粒径が12 μm 、収率が約10%となった。

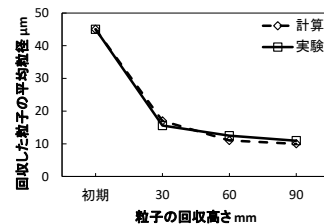


図2 粒子の回収高さ平均粒径

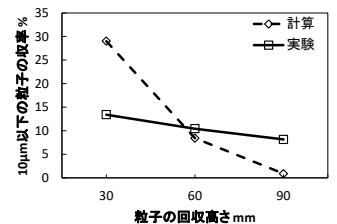


図3 粒子の回収高さ収率

6. 月面での性能予測

月面での本機構の性能を計算から予測した。粒子を回収する高さをパラメータとした場合の計算結果を図4に示す。図4より、400mmの高さに回収ボックスを設置すれば10 μm 程度の粒子を回収できることが分かった。

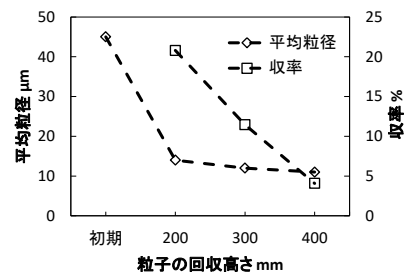


図4 月面での性能予測結果

発表論文

- 諸岡, 葉賀, 鈴木, 安達, 川本, 月レゴリスの静電分級, SEAD28 (2016) pp.506-511.
- M. Adachi, H. Moroka, H. Kawamoto, S. Wakabayashi and T. Hoshino, Particle-Size Sorting System of Lunar Regolith Using Electrostatic Traveling Wave, 2016 Electrostatics Joint Conf. (2016).
- 安達, 野崎, 諸岡, 川本, 進行波電界を利用した月レゴリスの分級機構, 第40回静電気学会全国大会 (2016) pp.23-24.
- 野崎, 諸岡, 安達, 川本, 進行波電界を利用した月レゴリスの静電分級機構の開発, MoViC2017 (2017).
- M. Adachi, H. Moroka, H. Kawamoto, S. Wakabayashi and T. Hoshino, Particle-Size Sorting System of Lunar Regolith Using Electrostatic Travelling Wave, J. Electrostatics, 89 (2017) pp.69-76.