

2010年1月提出

学籍番号 5108C083-2

専門分野	機械工学	氏名	三輪 貴俊	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	機器に付着したルナダストの単相交流電界による除去システム				

1. まえがき

近年、次世代宇宙開発として月が注目されている。将来的に月面基地や月面天文台などが計画される中、月土壌に含まれる粒径の細かいルナダストと呼ばれる粒子が、月面活動に大きな影響を及ぼすことがわかっている。ルナダストは各種機器類の隙間に入り込むことで機器の性能を低下または故障させる他、人体への健康問題を引き起こすことが問題視されており、我々はこのルナダストを月面環境上で除去する機構の開発を行っている。昨年度の研究では、静電コンベア技術をこの機構に適用した。これは縞状に電極が配置された基板へ位相を等角度ずらした3相以上の方形波交流電圧を印加し、形成される不均等電界によって粒子を基板表面から浮上させて一方向へ搬送させる技術であり、光学レンズを模したガラス基板上で95%の除去効率を達成している。しかしルナダスト粒子を一方向へ移動させる必要性は低いと考え、本年度はより簡易な構造として、図1に示す電極間に単相の方形波を印加した機構(単相除去機構)を採用し、ルナダストの除去性能を検証した。実験により除去性能の評価及び粒子挙動の観察を行い、シミュレーションとの比較から月面環境下での挙動を予測した。

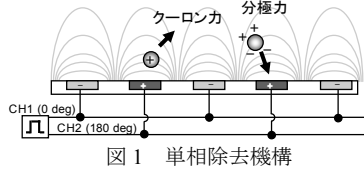


図1 単相除去機構

2. 実験構成

単相除去機構の基板を図2に示す。試料である月模擬砂を均一に載せた基板を40 degの傾斜に設置し、隣り合う電極に方形波交流電圧を印加して試料を分離させた。分離して傾斜下方へ移動した試料重量を測定し、本機構の性能を測った。本実験は湿度の影響を低減させる目的で、乾燥雰囲気中(露点-20℃)で行っている。

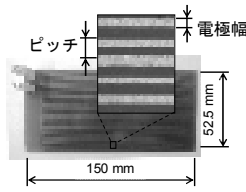


図2 基板形状

3. ルナダストの除去性能

基本的な性能として図3と図4に印加電圧特性と試料の粒径別残留割合の一例を示す。初期設置量0.02 gでは80%程度のクリーニング効率が達成されており、直径10 μm以上の粒子は大半が除去されていることがわかる。また図5に示す粒子の初期設置量特性より、残留量が設置量に関わらず一定であることがわかる。この関係は設置時に粒子が凝集しない条件で実現されることから、実際の運用においては、適当な頻度で電圧印加を行うことで、ルナダストの付着を一定量に抑えることができることがわかる。

また基板形状が除去性能に与える影響を調べるため、基板表面の電界分布を計算した(図6)。4種類の形状の基板について、その性能を電極端近傍の電界(ピーク電界)でまとめたものが図7である。これより基板形状による除去性能の影響は小さいことがわかった。

本機構の適用箇所として想定されるのは、月面上で使用される機器・機体の表面である。基板表面の傾斜角度が性能へ与える影響を静電コンベア(4相)と比較すると、図8に示すよう

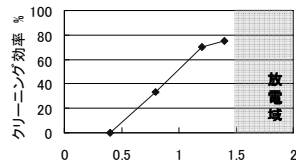


図3 印加電圧特性

に10 deg以上の範囲において差は見られず、構造のシンプルな本機構の優位性がわかる。また真空中(10 Pa)では、図10に示すように、大気圧中比べて高い性能を示している。

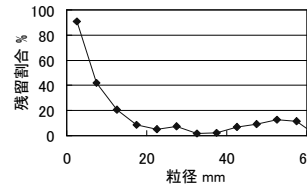


図4 粒径別残留割合

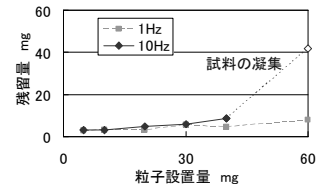


図5 設置重量特性

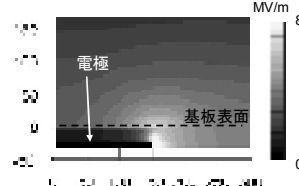


図6 基板表面の電界分布

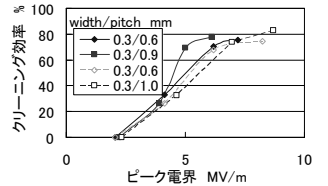


図7 基板形状特性

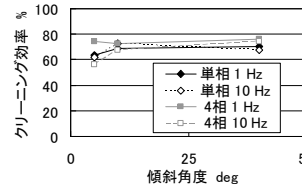


図8 傾斜角度特性

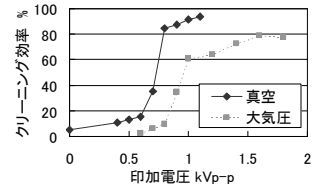


図9 基板表面の電界分布

4. 粒子挙動観察と月面環境の再現

不平等電界中の粒子挙動を数値計算より求め、実験による高速度カメラ映像と比較した。数値計算は、電界計算と粒子挙動追跡計算より構成される。電界計算では有限要素法によりラプラス方程式を解いた。粒子挙動追跡計算では剛体球モデルによる個別要素法を用いた。実験と数値計算の粒子挙動は良く一致した(図11)。この計算を用いて重力1/6 G、空気抵抗ゼロの月面環境を再現した結果が図12である。粒子は高速で基板上から飛翔しており、また大気中で観察される浮遊粒子の滞留は見られず、実験と同様、月面環境ではより高いクリーニング効率が予測される。

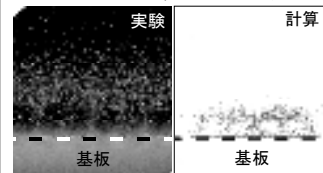


図10 粒子挙動の比較

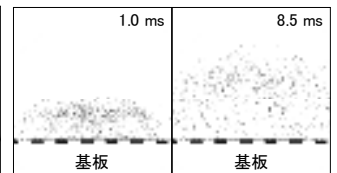


図12 月面環境の再現

発表論文

- T. Miwa, M. Teshima, T. Sugiyama, Y. Ochiai and H. Kawamoto, Dynamics of Toner Particles in Magnetic Single-Component Development System, PPIIC'08 (2008) pp.128-131.
- 川本, 手島, 杉山, 三輪, 電子写真の磁性一成分現像システムにおけるトナー粒子の動特性, 機論 C, Vol. 75, No. 752 (2009) pp.677-685.
- 手島, 杉山, 落合, 三輪, 川本, 電子写真の磁性一成分現像システムにおけるトナー粒子の挙動解析, ICJ2007 Fall Meeting (2007) pp.9-12.
- T. Miwa, T. Sugiyama, W. Furuichi and H. Kawamoto, Analysis of Non-Magnetic Single Component Development System in Electro-photography, MIPE 2009 (2009) pp.401-402.
- H. Kawamoto and T. Miwa, "Mitigation of Lunar Dust Adhered to Mechanical Parts of Equipments Used for Lunar Exploration," LEAG2009 (2009) pp.28.