

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/16/2013 (MM/DD/YYYY)

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	星野 隼人	指導員 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	5112C084-2		
研究題目 Title	月面探査機器隙間へのルナダストの侵入を防止する静電シールド機構				

1. 研究目的

今後の宇宙開発の拠点として月が注目を集めているが、月面上を覆うルナダストと呼ばれる微小な砂塵は月面探査機器のベアリングなどの摩擦を引き起こす。この問題に対し、ブラシ型シールドやメカシールドなどの機械的シールドが高い防塵性能を示すことが報告されている。しかし機械的シールドは寿命面で課題が残るため、その補助を目的として静電力にてルナダストの隙間への侵入を防止する静電シールド機構を開発した。

静電シールド機構は隙間の両側に配置した電極と電源装置で構成される。電極には電源装置から出力された交流電圧を印加し、隙間付近で交番的な電界を形成する。帯電したルナダストは静電力により電極に引き寄せられ、その後電界が切り替わると反発し、隙間の外側に誘導される。

本研究では片側の電極のみに電圧を印加する簡易な機構を開発した。さらに電極を立体的に配置することで広範囲に電界を形成し、防塵性の向上を図った。図1に静電シールド機構の概略図を示す。

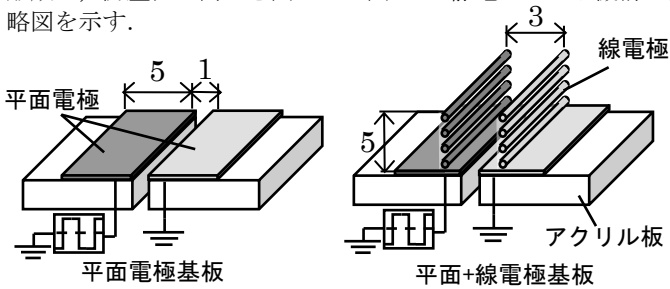


図1 静電シールド機構の概略図

2. 研究方法

本機構の性能を評価するために地上試験と月面環境下での性能の予測を目的としたシミュレーションを行った。

2.1 試験装置

試験装置は静電シールド基板、砂塵落下装置、電源から構成される。砂塵落下装置を用いて静電シールド基板上に月模擬砂を落下させ、静電シールド基板の隙間から落ちた粒子の重量を測定する。交流電圧を印加しなかった場合と印加した場合の砂塵侵入重量を比較することで侵入を防いだ砂塵の重量割合を表すシールド効率 η を算出した。試料としては月土壌の成分や粒度分布を再現した月模擬砂(粒径 106 μm 以下)を使用した。

2.2 シミュレーション方法

剛体球モデルの個別要素法を用いた粒子挙動シミュレーションを行った。粒子に働く外力としてクーロン力、分極力、付着力、重力、空気抵抗を考慮し、運動方程式はルンゲクッタ法で解いた。評価基準は地上試験と同様である。図2に平面+線電極基板のシミュレーションの様子と電気力線を示す。

3. 研究成果

図3に平面+線電極基板における高速度カメラで撮影した5ms間隔の写真を示す。図3より、 \circ で囲った粒子が線電極に引き寄せられ、その後隙間の外側に排出されていることが確認できる。また、平面電極基板と平面+線電極基板の印加電圧特性を図4に示す。図4より、線電極を追加することでシールド効率が大きく向上したことが確認できる。図5に印加周波数特性を示す。平面電極基板に対し平面+線電極基板の場合、周波数によるシールド効率の変動が小さいことが確認できる。

図6に平面+線電極基板の地上試験および地上・月面でのシミュレーション結果を示す。図6より、地上試験と地上シミュレーションの結果が概ね一致していることが確認できる。また、月面では地上より高いシールド効率を示すことが予測された。

月面機器にルナダストが勢いよく降りかかることを想定し、粒子に侵入速度を与えて月面シミュレーションを行った。その結果を図7に示す。図7より、粒子の速度が増加するほどシールド効率は低下することが予測された。しかし、電圧を6kVp-pまで昇圧することで侵入速度3m/sの際も50wt%のシールド効率を達することも予測された。

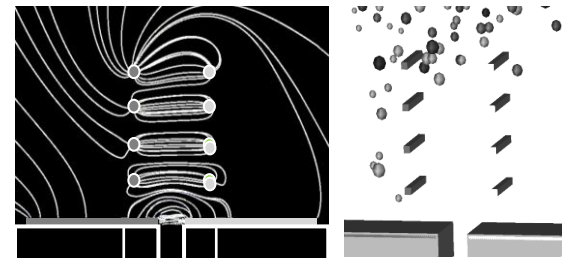


図2 電気力線とシミュレーションの様子

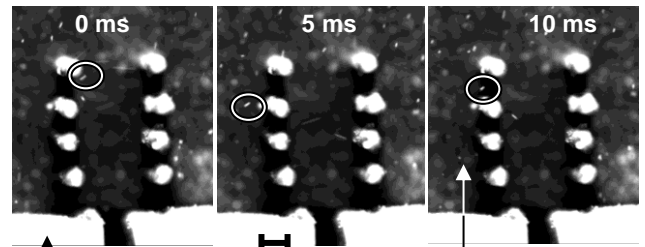


図3 高速度カメラでの5ms間隔の撮影写真

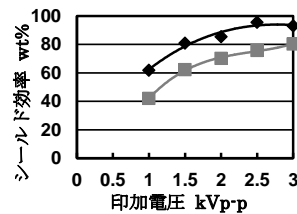


図4 印加電圧特性

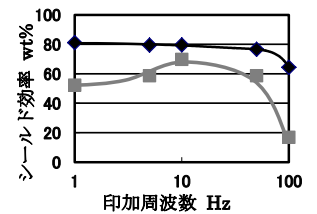


図5 印加周波数特性

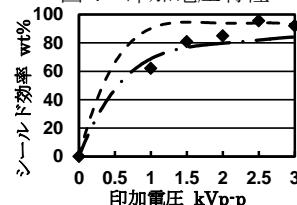


図6 月面での性能予測

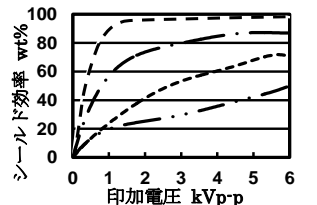


図7 砂塵侵入速度特性

発表論文

星野, 田島, 稲荷, 川本, 月面探査機器の隙間へのルナダスト侵入を防止する静電シールド機構, 機械学会 第22回スペース・エンジニアリング・コンファレンス [SEC'13] (2013).