

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/17/2013

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	對馬 一平	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	CD 5111C069-4		
研究題目 Title	月面探査機器の防塵用静電シールド機構の開発				

1. 研究目的

長期滞在を目的とした月面探査計画が進められているが、月面は月レゴリスと呼ばれる砂塵で覆われており、月面探査機器への悪影響が懸念されている。この問題に対してフロン樹脂を用いた高性能なシールドが開発されたが、樹脂の磨耗といった寿命面での課題が残る。そこで機械的シールドの保護を目的とし、静電力を利用した防塵機構の開発を行った。しかし本機構を傾けると、侵入を防ぐことのできる砂塵が約 70 wt% から約 45 wt% に低下した。そこで、本研究では図 1 に示すように補助電極を追加し、より広範囲に電界を形成することで性能の向上を図った。片側の主電極と補助電極には同位相、隙間を挟んで反対側の主電極と補助電極には逆位相の交流電圧を印加し、補助電極には主電極の 2 倍の電圧を印加した。この機構を用いて防塵試験とシミュレーションを行い、本機構の性能を評価した。

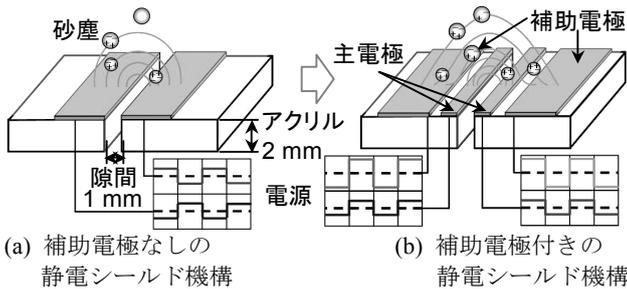


図 1 静電シールド機構の原理と概略図

2. 研究手法

本機構の性能を評価するために防塵試験と月面環境下での防塵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 防塵シールド

静電シールド機構は図 1 (a) のように隙間に対して平行に設置した二極の主電極と電源装置により構成した。この静電シールド機構をアクリル板に設置したものを防塵シールドと呼ぶ。これまで用いてきたものをシールドα、性能向上を図った補助電極付きものをシールドβ、と呼び、図 2 に各シールドの電界を示す。

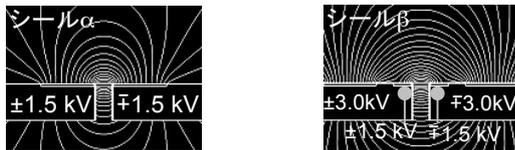


図 2 各防塵シールドにおける電界

2.2 試験装置、試料および試験方法

前章で述べた防塵シールドと砂塵を落下させる砂塵落下装置から試験装置を構成した。砂塵落下装置は、防塵シールドの直上に位置するふるいに月模擬砂を設置し、加振機を用いてふるいのみを振動させることで砂塵を落下させる。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。防塵シールドの評価基準として隙間への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。

2.3 シミュレーション方法

剛体球モデルの個別要素法 (DEM) によりシミュレーションを行った。粒子に作用する外力としてクーロン力、分極力、鏡

像力、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。評価基準は防塵試験同様である。

3. 研究成果

シールドαとシールドβのシールド傾斜角度特性を図 3 に、砂塵落下量特性を図 4 に示す。補助電極を追加することで性能が大きく向上した。性能向上の主な要因として粒子に対する電界作用距離が長くなったことが考えられる。粒子挙動の一例を図 5 に、シールドβにおける印加電圧特性を図 6 に、印加周波数特性を図 7 に、砂塵落下量特性を図 8 に、砂塵の侵入速度特性を図 9 に示す。シミュレーション結果が定性的かつ定量的におおよそ実験結果と一致したため、このシミュレーションを用いて月面における本機構の性能を予測した。シールドβの月面での性能を予測した結果を図 9 に、砂塵の侵入速度特性を図 10 に示す。月レゴリスは帯電していると考えられるため、帯電粒子を対象とした結果も併記した。月面では地上よりも高い性能が予測された。

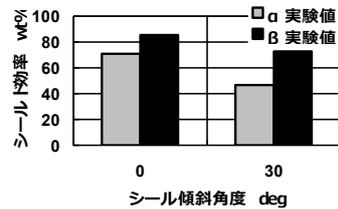


図 3 シールド傾斜角度特性

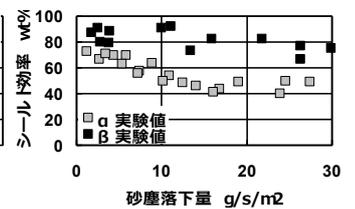


図 4 砂塵落下量特性

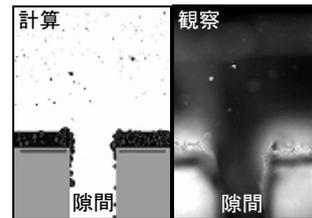


図 5 粒子挙動の一例

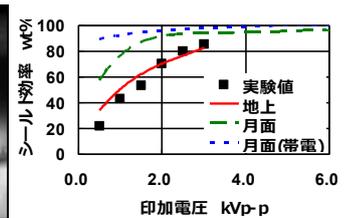


図 6 印加電圧特性

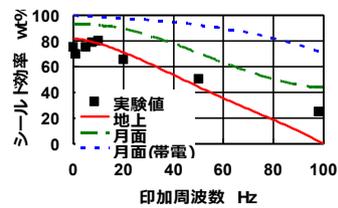


図 7 印加周波数特性

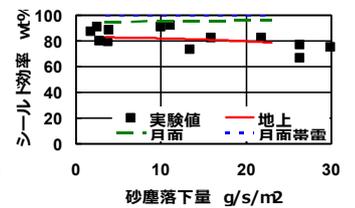


図 8 砂塵落下量特性 (計算)

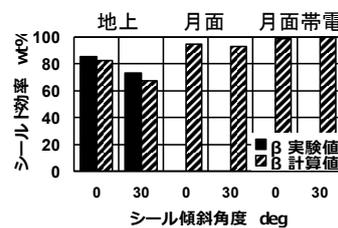


図 9 月面での性能の予測

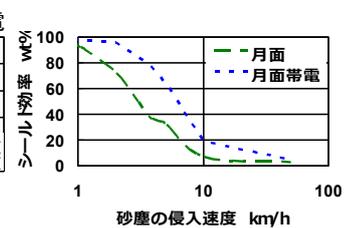


図 10 砂塵の侵入速度特性

発表論文

1. 對馬, 宮本, 川本, “月面探査機器の隙間に侵入するルナダストの静電シールド機構”, Dynamics and Design Conference 2012, (2012), U00148.