

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01 / 15 / 2015

専攻名 (専門分野) Department	機械科学専攻	氏名 Name	田島紀章	指導 教員 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	5113C051-5		
研究題目 Title	ルナレゴリスの帯電量を考慮した静電シールド機構の性能評価				

1. 研究背景

月を拠点に他の惑星への到達を目指す計画が進められている。しかし、月面にはルナレゴリスと呼ばれる微小な砂塵が存在し、この砂塵が月探査機器の内部に侵入し、故障の原因となることが報告されている。この問題に対して、機械的防塵シールドが開発されたが、寿命面で課題が残る。そこで機械的防塵シールドの補助を目的とし、静電力を利用した防塵シールドを開発し、性能評価を行った。シールド対象の砂塵に作用する静電力は、砂塵の有する帯電量に大きく依存する。そこで、本研究では砂塵の帯電量を増減させ、実験を用いることで砂塵の有する帯電量と本機構の性能の関係を調査した。また実際に砂塵の帯電量を測定し、月面での性能予測用のシミュレーションに反映することで本機構の信頼性を実証した。

2. 静電防塵機構の概要と研究方法

2.1 防塵機構の原理と構造

図 1 に静電防塵機構の概略図を示す。本機構は、探査機器の隙間の両端に配置した電極に電圧を印加することで形成する電界により隙間に侵入する砂塵の挙動を制御し、防塵する仕組みである。特長として、非接触性シールドであること、電圧を印加するだけで稼働可能であるため制御が容易であること、メンテナンスが不要であることなどが挙げられ、人の手による改修が困難な月面探査に適していると考えられる。

2.2 試験装置と方法

実験装置は、静電防塵基板、砂塵落下装置で構成される。砂塵落下装置から静電防塵基板に定量的に砂塵を落下させる。その際に電圧を印加しない場合と印加した場合の隙間へ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、性能を評価した。また、砂塵の帯電量測定は Free-Fall 法で行った。Free-Fall 法は静電力を利用した測定方法であり、砂塵粒子個々の有する帯電量の測定が可能である。砂塵の帯電にはコロナ放電、除電には UV を利用した。砂塵としては、ルナレゴリスの成分や粒度分布を再現した月模擬砂 FJS-1(オリジナル砂塵, 粒径 106 μm 以下)を用いた。

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、誘電泳動力、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。月面シミュレーションは、重力を地上の 1/6、空気抵抗は作用しないという条件のもとを行った。

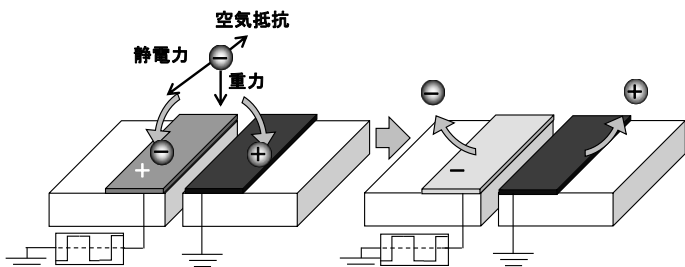


図 1 静電防塵機構の概略図とシールド原理

3. 研究成果

図 2 に帯電量測定の結果、図 3 に各砂塵を用いた性能評価試験の結果を示す。帯電・除電操作を行うことで砂塵の帯電量の増減が可能であることが確認できる。また防塵試験において、シールド効率は、帯電させた砂塵での結果 > オリジナル砂塵での結果 > 除電させた砂塵での結果となり、砂塵の有する帯電量が本機構の性能に与える影響は大きいといえる。また、図 4 は実験値とシミュレーション値、さらに月面での性能予測結果を示したグラフである。実験値と地上シミュレーション値はおおよそ一致し、本シミュレーションは妥当性を有していることが確認できる。さらに、月面での性能は地上より高い性能を発揮することが予測できた。ルナレゴリスは 0.1 $\mu\text{C/g}$ ~ 数 $\mu\text{C/g}$ 程の比帯電量を有しており、本研究で使用した砂塵より高い比帯電量を有する。したがって、実際に本機構を月面で稼働する場合、本研究で予測した性能よりさらに高い性能を発揮することが期待できる。

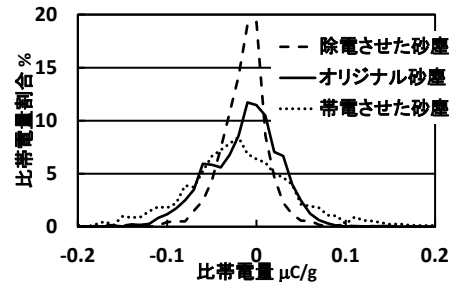


図 1 帯電量測定の結果

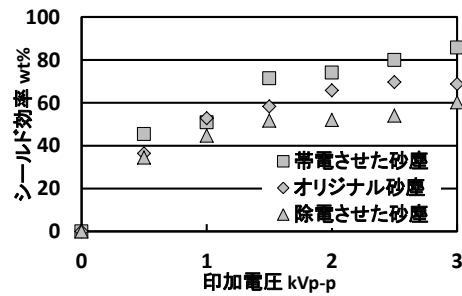


図 2 性能調査の結果

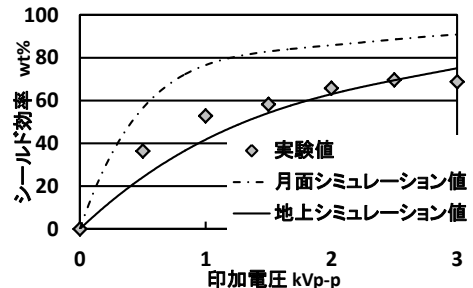


図 3 シミュレーション精度の確認と月面での性能予測の結果

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).
- 田島, 稲荷, 沢井, 西山, 安達, 川本, “帯電したルナレゴリスに対する静電防塵機構の性能評価”, 機械学会 第 23 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス [SEC'14] (2014).