

2010年1月提出

学籍番号 5108C070-7

専門分野	機械工学	氏名	原 慎孝	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	宇宙服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. 研究目的

現在、次世代宇宙開発の拠点として月が注目を浴びており、将来の居住、貯蔵、採鉱施設などの開発を目的とした有人月面探査が計画されている。しかし月面活動の際に月面上に存在する微小な粉塵であるルナダストが舞い、宇宙服に付着するという問題がある。ルナダストは帯電しているため付着しやすく、また微小なためアスベストのように繊維の奥へと潜りこむ性質があり、繊維を磨耗させてしまう。そこでわれわれはルナダストの除去を目的として、宇宙服表面に搭載し、静電力によって粒子を除去する機構を開発した。本研究では、ルナダストの成分・形状・粒度分布を再現した月模擬砂を用い除去性能を評価した。また除去機構の改良を行い、除去性能の向上を目指した。

## 2. 実験装置

NASA 提供の宇宙服表面に電極を縞状に埋設し、粒子除去機構を作成した。この装置の概略を図1に示す。除去原理は、隣り合う電極間に単相交流電界（位相を $\pi$ ずらした二相の方形波印加で生じる電界）を印加することで粒子に静電力が作用し、分離される。実際に作成した装置は、電極のピッチが0.6 mmであり、電界を形成する有効範囲は28×9.5 mmである。また電極には金属電線表面を絶縁処理した被服電極と金属電線のみで非被服電極の二種類を用いた。

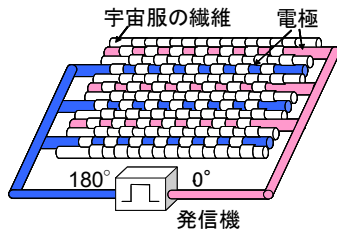


図1 粒子除去機構の概略図

## 3. 粒子除去実験

作成した粒子除去機構上に月模擬砂を設置し、パラメータに電圧と周波数を取り方形波を印加することで除去を行った。設置する月模擬砂はふるいにかけ粒径が53 μm以下としたものを使用した。設置量から粒子除去後の残留量を差し引き除去量とし、これを設置量で除することで除去効率を算出した。また方形波印加の際に、一度宇宙服上から飛翔した粒子が再度付着することを防ぐため、除去機構は垂直に配置し実験を行った。

### (1) 非被服電極を用いた除去機構

電極に非被服電極を用いた粒子除去機構による除去効率を図2に示す。印加電圧が高くなるにつれ除去効率が増加した。また周波数1 Hzおよび10 Hzにおいて除去効率は20%程度であり、周波数が高くなるほど除去量は低下した。また電極が剥き出しとなっている箇所は残留粒子が多く、繊維で覆われている箇所は少ない。これは宇宙服に電極を埋設したときに繊維間の隙間を広げ、粒子が入り込みやすくなったためだと考えられる。

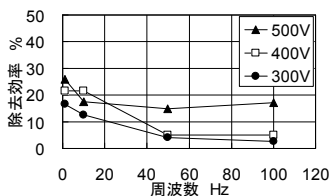


図2 除去効率(非被服電極)

### (2) 被服電極を用いた除去機構

被服電極 (古河電工, FSX-E) は外径168 μmであり、直径100 μmのポリウレタン銅線が周囲をポリエステル皮膜にて平均厚さ30 μmで覆われている。電極表面の絶縁処理により

隣り合う電極同士の短絡が起きにくく、非被服電極を用いた除去機構より高い電圧を印加可能である。この粒子除去機構による除去効率を図3に示す。電圧が高くなるにつれ除去効率も増加している。また各印加電圧において10 Hzでピークをとっており、900 Vで除去効率が最大の54%となった。非被服電極を用いた除去機構による除去効率と比べ大幅に向上したが、これは電極が絶縁処理されているため、同じ電極ピッチでも高電圧が印加可能となり、除去機構表面により強い電界を形成できたためだと考えられる。

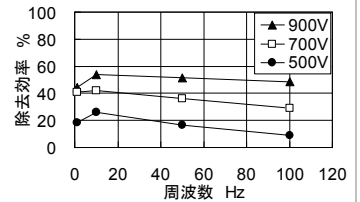


図3 除去効率 (被服電極)

### (3) 超音波振動子を用いた加振除去

上述の粒子除去実験では、凝集した微小粒子が機構上に残留してしまった。そこで超音波振動子により除去機構を共振させ、凝集した粒子を崩すことを考えた。除去機構が宇宙服であるため図4のようにアクリル板に取り付け、この板を超音波振動子で加振した。図5に示すように、二相方形波の印加(900 V)と同時に超音波で除去機構を加振することにより除去効率が向上し、10 Hzにおいて最大で90%程度を除去した。また図6に超音波の加振前後における除去機構上に残留した粒子の粒度分布を示す。超音波で加振することによって10 μm以上の粒子の大半を除去できた。

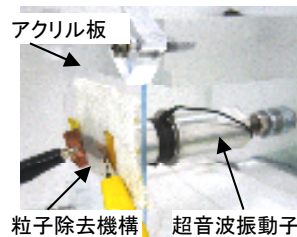


図4 超音波振動子を取り付けた除去装置の概観

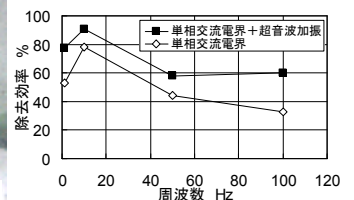
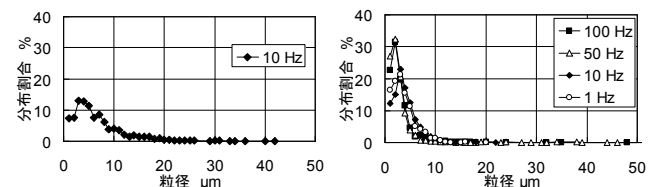


図5 除去効率 (超音波加振あり, 900 V)



(a) 超音波加振なし (b) 超音波加振あり  
図6 残留粒子の粒度分布 (900 V)

## 発表論文

- 原, 西浦, 田邊, 梅津, 多田, 川本, 静電インクジェット現象を利用したマイクロ成膜, JSME2008 (2008) pp.271-272
- 丸尾, 西浦, 原, 梅津, 多田, 川本, 静電インクジェット現象を利用したマイクロ成膜, ICJ 2008(2008) pp.85-88
- 梅津, 西浦, 原, 片平, 大森, 静電マイクロドロップインジェクションによる除去, 精密工学会秋季大会(2008)
- K. Tada, M. Nishiura, N. Hara, K. Maruo, N. Yoshida and H. Kawamoto, Electrostatic Inkjet for Micro-film Formation by Spraying Viscous Liquid, MIPE2009 (2009) pp.247-248
- K. Tada, M. Nishiura, N. Hara, K. Maruo, N. Yoshida and H. Kawamoto, Drops-on-Drops Micro-film Formation by Stable Electrostatic Jets, DF2009 (2009-9) pp.390-393