

修士論文概要書

2011年1月提出

専攻名 (専門分野)	機械科学	氏名	安部 能成	指導 教員	川本 広行 印
研究指導名	精密工学	学籍番号	CD 5109C004-7		
研究 題目	磁気力を利用した宇宙服クリーナーの開発				

1. 研究目的

米国を中心に計画されている有人月面探査において、ルナダストと呼ばれる粒径 100 μm 以下の微粒子が宇宙服に付着し、宇宙服の気密性や人体に悪影響を及ぼすことが予想されている。従来の研究では、ルナダストが磁性体であることに着目し、特殊な磁極配置のマグネットロールによりルナダストを除去する機構を開発した。しかし、除去効率が低いという課題が残った。そこで本研究では、除去機構全体の磁界計算とルナダスト粒子の挙動シミュレーションにより除去効率の向上を図った。

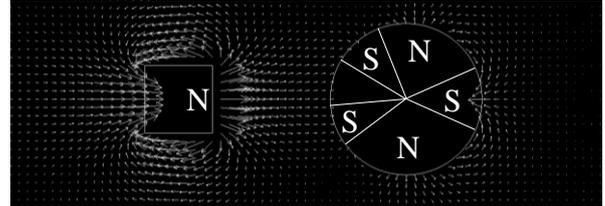


図2 磁場分布

2. ルナダスト除去機構

図1にルナダスト除去機構を示す。ルナダスト除去機構は、特殊な磁極配置の磁石と磁石の周りを回転するスリーブが一体となったマグネットロール、バックアップ磁石、回収容器、筐体の3点から構成される。宇宙服上のルナダストはマグネットロールの磁石の磁気力によりスリーブ上に捕捉され、スリーブの回転によってS極が隣接した領域まで搬送され、磁気反発によってスリーブから分離した後、バックアップ磁石の磁気力によって回収容器に回収される。

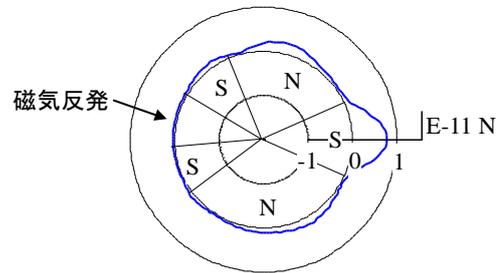


図3 磁気力分布計算結果

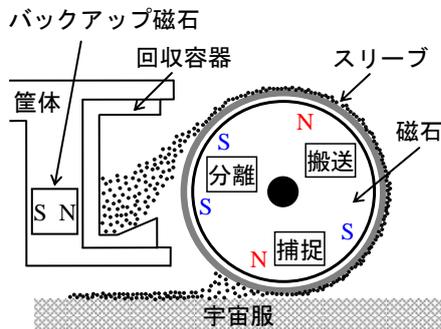


図1 ルナダスト除去機構

3. 数値計算

数値計算は除去機構の断面のみを考え、二次元場として計算を行った。マグネットロールについては、以下の方法で磁場計算を行った。線密度 m^j の二次元磁気双極子モーメント j が相対位置 r^{ji} に形成する磁束密度 B^i は以下のように表せる。

$$B^i = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{2(m^j \cdot r^{ji})}{|r^{ji}|^4} - \frac{m^j}{|r^{ji}|^2} \right) \quad (1)$$

μ_0 は真空の透磁率である。スリーブ上での磁場分布が既知であるため、磁石表面上に複数の二次元磁気双極子モーメントの存在を仮定し、式(1)から $2n$ 元連立一次方程式を導いて二次元磁気双極子モーメントを算出し、その後、任意の点での磁場を求めた。バックアップ磁石については、以下の方法で磁場計算を行った。バックアップ磁石は断面における縦横比が 1:1 であること、着断面の寸法と比較して長さの寸法が非常に大きいこと、および着磁方向が厚み方向であることから、電磁石と近似して磁界計算を行った。マグネットロールの磁場とバックアップ磁石の磁場を重畳し、ルナダスト除去機構の磁場とした。さらに、磁場からルナダスト除去機構における磁気力分布を算出した。

本研究では、従来の研究では固定していたバックアップ磁石の位置を変化させて、ルナダストの挙動計算を行った。挙動計算に用いた式は以下のとおりである。

$$m \frac{dx}{dt} = F_m + F_v + F_i + F_l + F_g + F_a, \quad I \frac{d\theta}{dt} = M_m \quad (2)$$

$$\dot{x}^* = \dot{x} + J/m, \quad \dot{\theta}^* = \dot{\theta} + m \times J/I \quad (3)$$

計算結果を図6に示す。図6より、バックアップ磁石の位置を 120deg から 150deg とした場合に最もルナダストが回収されやすいという結果となった。

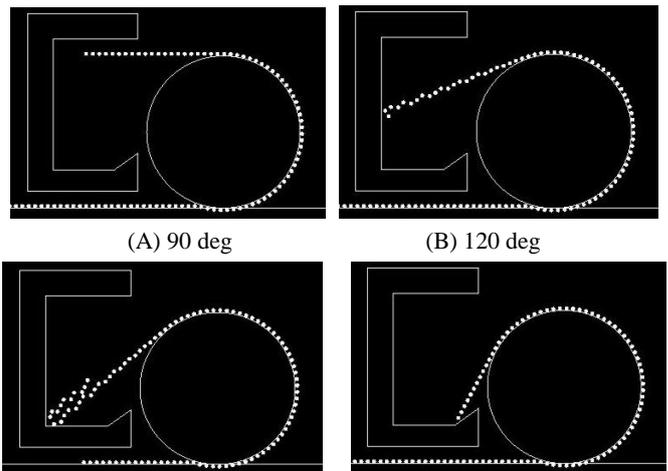


図6 ルナダスト挙動計算結果

発表論文

- 安部, 井ノ上, 川本, 宇宙服に付着したルナダストの磁気力を利用した除去機構, MAGDA17 (2008) pp.65-68.
- 島本, 中川, 松井, 安部, 川本, 磁気力を利用した宇宙服クリーナーの開発, SEAD22, (2010) pp.502-507.
- H. Kawamoto, H. Inoue and Y. Abe, Electromagnetic Cleaner of Lunar Dust Adhered to Spacesuit, LEAG-ICEUM-SRRL (2008) pp.71.