

月面プラズマ環境におけるダストの帯電と浮遊現象のシミュレーション

九州工業大学大学院 工学研究科 電気工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 井上綾子

1. 研究背景と目的

1969 年半ば人類初の月面着陸が成し遂げられたアポロ計画の有人探査により、発見されたのが月砂の帯電だった。宇宙プラズマや光電子放出が主な原因となっており、月砂は帯電する。この月砂は、数 $10\mu\text{m}$ の大変細かい大きさで、形状は尖っており、月面上の太陽電池パネル、機器類、また、宇宙服等に入り込み付着して性能低下など様々な不具合が報告された。人間にとって有毒であることも報告されている。今後の月面開発で長期的な探査が見込まれていることから月面上で帯電・浮遊している月砂に関しての研究が重要になってくる。本研究では、月面上のダストの電位変化、浮遊電位、物体に対しての付着量を求めていくことが目的である。

2. 月面帯電環境のシミュレーション

汎用衛星帯電解析ツール“MUSCAT”を用いてシミュレーションを行った。まず、図 1 のように月面の環境について場合分けを行った。月面が遭遇する特徴的な宇宙環境は、太陽風中、マグネットシース中、プラズマシート中の三つである。さらに、太陽光が当たる月の昼側と当たらない月の夜側では、光電子電流の有無により帯電条件が異なるので、以下のように 6 つの条件に場合分けした。結果として、太陽風中とマグネットシース中では、わずかに昼側と夜側で表面電位に差が見られた。プラズマシート中においては、 -1800V 近く、表面電位差が存在することが分かった。

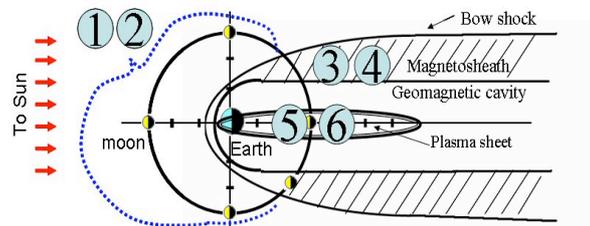


図 1 月面環境場合分け

3. ダストの帯電/浮遊電位及び付着量測定実験

レゴリスシミュラント（月の模擬砂）を利用したが、粒径分布が均一でないので 1 つ 1 つのダストに対しての重力と静電引力の相互関係を求めて行く事は困難である。そのため、その他に比較のサンプルとしてガラスダストを使用した。（これは、月砂の約 50% の成分が SiO_2 であることから採用された。）ガラスサンプルには平均径が $60\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ (厚さ $2\mu\text{m}$) のランダムな形状のもの、 $30\mu\text{m}$ 、 $70\mu\text{m}$ の真球のもの 4 種類ある。これらのサンプルを電子ビームで帯電させ、図 2 のように表面電位計で帯電電位を計測した。ビームが 12keV でガラスは -1.5kV 程度に帯電する事が分かった。次に 1,2 のサンプルに対し、電子ビームで帯電させ、そのサンプルに正バイアスした板を近づけることによりサンプルの浮遊を確認した。（図 3）帯電したダストは、バイアスの板とグラウンドの間の電界の力で引き寄せられた。このとき重力と比べ 4 桁ほど大きい電界の力が働いている事が分かった。さらに 3,4 のサンプルを用いて、ダストの浮遊/付着量を PIN フォトダイオード、光ファイバ

ーの出力の変化で検出する実験を図 4 のように行ない、出力の低下を確認出来た。

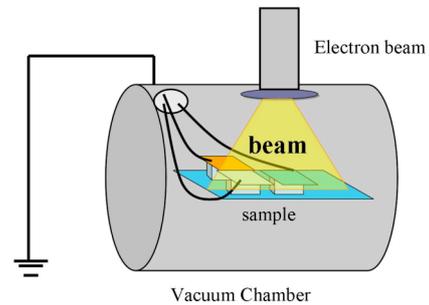


図 2 帯電電位測定実験

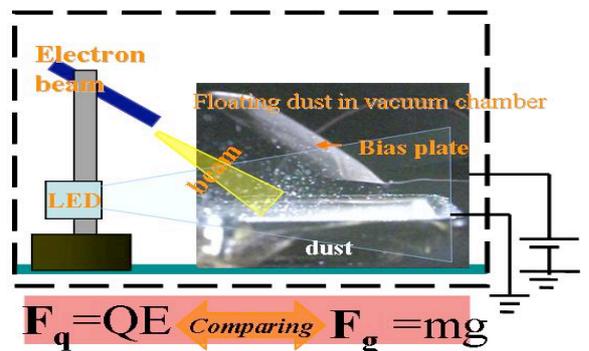


図 3 帯電ダスト浮遊実験

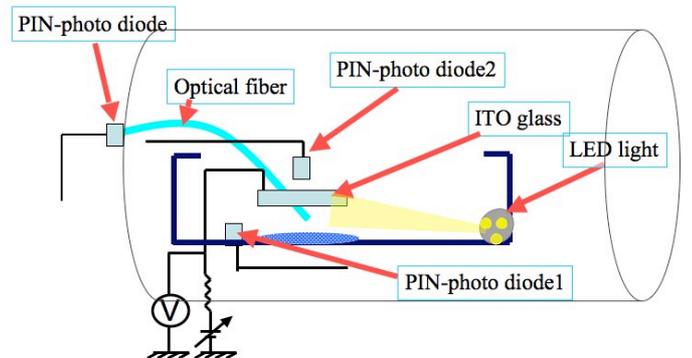


図 4 ダスト浮遊付着量測定実験

4. まとめと今後の課題

本研究でダストの帯電電位を測定する事が出来た。また、浮遊電位や付着量の測定システムを構成した。浮遊現象が見られた際の電圧の閾値をもとにダストに働く力を求めていく事が出来た。しかし、ダストの浮遊量の特定の手法やダストの付着量の定義の方法がまだ確立出来ていない。今後はカメラの解像度を上げると共にダストの量を増やす事でダイオードの出力の変化量を浮遊し始める瞬間の電位を正確に調べる必要がある。さらにレゴリスシミュラントを使って実験を行ない、どの電界の大きさを浮遊し始めるかを検証していく必要がある。