

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 廣谷智成

修士（工学）廣谷智成提出の論文は、「高真空中への噴流と堆積ダストとの干渉による宇宙機汚染に関する基礎研究」と題し、本文7章および付録1項から成っている。

MUSES-C 計画における小惑星ドッキング時に見られるように、惑星探査において惑星表面に着地する際には、ダストに覆われた表面近傍において表面に向けて逆噴射ジェットを動作させる必要がある。その際、ダストは噴流により舞上げられ、探査機を汚染することが懸念される。このような汚染は、探査機のセンサーを機能不全にし、ミッションそのものを危険にさらすことになるため、汚染の程度を把握することが重要となるが、このような研究はほとんど行われていない。

このような観点から、筆者は実験により、噴流とダストに覆われた表面との干渉により生じる現象を把握するとともに、それらをもとに汚染の程度を把握する工学的解析モデルを提案している。本論文は、将来行われる惑星探査における探査機の設計に際して有用な知見をもたらすものである。

第1章は序論で、要素的な現象も含めてこれまでの研究を概観し、本論文の目的と意義を明確にしている。

第2章では、この現象のシミュレーション実験とその結果が述べられる。探査機底部を模擬した円盤には、中央に噴流を出すオリフィスが設けられ、円盤の下にはダストに覆われた表面を模擬して粒径のそろった砂を入れた箱が置かれる。その砂面に噴流が吹き付けられると、砂粒は舞い上がり、粘着性をもつ円盤下面に付着する。実験は真空チャンバー内で行われ、表面付近の流れは希薄流れである。実験では、舞い上がる砂粒の動的挙動、付着する砂粒の様相を詳しく観察している。付着した砂粒の様相として、まず、オリフィスの周りの一定範囲内にはほとんど付着しないことを見い出した。さらに、このことは、砂粒が砂表面から飛び出す際オリフィス直下の一定範囲内（限界半径）からは飛び出さず、その周辺領域からのみ飛び出すこと、即ち、限界半径の外側からのみ飛び出すことに関連していることを、舞い上がる砂粒の動的挙動の観察より、見いだしている。さらに、飛び出す砂粒の速度に関する知見を得ている。また、砂粒の付着量の分布としては、オリフィスから遠ざかるとともに付着量が減少することを見い出している。

第3章では、付着量を予測するための簡略化した解析モデルについて、その特質が述べられる。このモデルは次のような3つの要素からなる。即ち、（1）噴流のモデル化、（2）砂表面からの砂粒の飛び出し方に関するモデル化、（3）飛び出した後の砂粒の動的振る舞いのモデル化、である。実験で得られた知見との比較により、（1）と（2）

について、改良する余地のあることを指摘している。即ち、(1)に関しては、希薄な流れの効果を考慮し、より高精度のモデルを用いる必要があること、また、(2)に関しては、特に、限界半径の存在を考慮する必要があることを見い出している。

第4章では、希薄な流れのモデル化として直接シミュレーションモンテカルロ法を用いた流れ場の解析を行い、解析結果の妥当性を実験と比較しつつ検討している。実験では、砂表面を模擬した平板表面での圧力分布、そして、電子線による蛍光を測定することにより密度の空間分布を得ており、計算結果との比較の結果、両者の一致は良好であると結論している。

第5章では、第3章で述べた単純なモデルを改良したモデルを提案している。主な改良点は、流れのモデルとして第4章で述べた直接シミュレーションモンテカルロ法を用いた流れ場を用いること、また、砂表面からの砂粒の飛び出し方に関しては、限界半径を考慮していることである。限界半径についてのモデル化にあたり、限界半径の存在が流れから砂表面が受ける力に関連づけられること(具体的には、シェア力が垂直応力に対して適当な比になる地点に関連づけられること)を見い出している。

第6章では、改良されたモデルによる予測と第2章の実験結果を比較検討し、実験結果を十分再現できるとしている。

第7章は結論であり、本研究で得られた知見をまとめている。

付録は1項から成り、数値解析に用いた直接シミュレーションモンテカルロ法を詳述している。

以上要するに、本論文は、噴流とダストに覆われた表面との干渉効果でのダストの舞い上がり効果を実験的に明らかにし、さらに、それらに対する解析モデルを構築することにより、惑星探査機の汚染の度合いを把握することを可能としており、将来の惑星探査機の設計に際して有用な知見をもたらすと考えられ、航空宇宙工学上貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。