

論文審査の結果の要旨

氏名 濱邊好美

本論文は、宇宙空間でのその場分析用ダスト質量分析器の開発を目的とし、新しいイオン光学系の開発、及びプロトモデルを用いたキャリブレーション実験についてまとめ、その分析器の性能について論じたものである。

第1章では、これまでの惑星探査によるダスト分析についてまとめられている。従来の分析器では、ダストの物理量と化学組成の同時測定が不可能で、さらに化学組成分析するためには、質量分解能を維持するために開口径を小さくせざるを得なかった。しかし、本論文では、従来と異なるイオン光学系を用いることにより、これまでの分析器より優れた性能のダスト分析器が実現可能であることを確認している。

第2章では、飛行時間型質量分析器のシステムについて説明された後に、本研究で新しく開発されたイオン光学系について説明されている。従来の反射型質量分析器（平行電場型リフレクトロン）と新しく開発された曲面電場型リフレクトロンとの性能の違いを、イオン光学シュミレーションソフト SIMION を用いて検証している。質量分解能低下の原因となる初期エネルギーを考慮した上で、曲面電場型リフレクトロンが平行電場型より10倍高い質量分解能を示し、さらにイオンの空間的収束が可能であり、開口径の拡大が可能であることを示している。

第3章では、第2章で検証されたイオン光学系に基づいて設計・製作されたプロトモデルを用いたキャリブレーション実験について述べられている。宇宙空間におけるダストの高速衝突現象を模擬するために、パルスレーザー照射実験が行なわれた。最も基本的な直線型、従来の平行電場型リフレクトロン、新しい曲面電場型リフレクトロンの3タイプの分析器それぞれについてレーザー照射を行ない、得られたスペクトルの比較、分析器の性能の比較が行なわれた。

その結果、曲面電場型リフレクトロンにおける質量分解能の向上が確認されている。

第4章では、静電加速器を用いた高速微粒子衝突によるキャリブレーション実験について、その手法と測定結果が示されている。直線型、平行電場型リフレクトロン、曲面電場型リフレクトロン、それぞれのモデルで得られたスペクトルを比較し、質量分解能の向上とイオンの空間収束率の向上が確認されている。また、検出されるイオンが微粒子の衝突速度に依存することも確認されている。

第5章では、曲面電場型リフレクトロンのターゲット領域を拡大したモデルを用いたキャリブレーション実験について述べられている。パルスレーザー照射と高速微粒子衝突の双方に関して、ターゲット上3点で得られたスペクトルの解析が行なわれている。ターゲット面積が小さい場合のスペクトルと比べると、質量分解能は幾分低下するが、目標値に達することが確認されている。

第6章では、微粒子衝突実験により得られたターゲット信号を解析することにより、衝突するダスト粒子の物理量を推定するための経験式が求められている。また、衝突物質による違いが明らかにされている。さらに、ターゲットの拡大による影響はほとんどないことも示されている。

第7章では、それ以前のスペクトル解析に基づいて、分析器の性能についてまとめられている。また、CASSINI や STARDUST に搭載されている分析器（ドイツ・マックスプランク核物理学研究所製作）の衝突実験の結果と比較を行ない、本研究で得られたスペクトルが本質的であり、さらにイオン検出量の向上が確認されている。

第8章では、それ以前の章の結論がまとめられている。

以上のように、本論文では、従来のダスト分析器の短所を補い、さらに分析性能を向上させることのできるイオン光学系の開発を行なったこと自体が新しく、評価に値する。さらに、レーザー照射と微粒子衝突により、曲面電場の効

果が実験的に検証されていることに意義がある。また、物理量と化学組成の同時測定が可能であることを示した点も評価できる点である。

なお、本論文は大橋英雄、柴田裕実との共同研究であるが、論文提出者がほぼ全てにわたり開発、実験、及び検証を行なったもので、論提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。