

論文審査の結果の要旨

氏名 田中 孝明

本論文は8章と2つの Appendix からなる。第1章はイントロダクションである。月の周辺の磁場・プラズマの環境が太陽系の惑星のそれらとは異なる点をまとめ、地上の望遠鏡を用いた月の大気の観測の事例を参照しながら、月の大気の成因に関する研究の歴史・背景と観測手法についての問題点を指摘している。そして、月の大気の成因を理解するには、人工衛星による新たな探査が必要であると唱えている。

第2章では、このような研究の背景から計画された月探査衛星「かぐや」について述べられている。これに搭載されたプラズマ エネルギー・質量分析器は、申請者自らが開発に携わっている。この分析器は数電子ボルト～数千電子ボルトのプラズマに感度を持ち、月周辺に存在すると考えられているプラズマ（アルカリ金属イオン）の対電荷質量（以降、質量と称す）を十分に識別できる能力をもつことを室内校正試験から導き出している。特に、この分析器の特徴である電子放出板（イオンが分析器内を飛翔する時間から質量を決定するが、そのスタート信号を発生させる部位）の設計・製造について特筆すべき点が多く、世界的に見ても唯一無二の開発結果であると評価できる。分析装置全体としても、この性能のクラスの宇宙使用のプラズマ エネルギー・質量分光器として、国内ではもちろん、海外ミッションでも類のない小型軽量高性能化を実現している点は高く評価される。

第3章では、探査機が月周回軌道へ投入された直後に得られた観測データを紹介している。分析器は正常に動作していることを確認し、月周辺のプラズマのエネルギー分布、質量毎のフラックスを導出している。申請者が中心となり開発した Time-of-Flight 法による質量分析機能を利用し、 He^+ 、 C^+ 、 O^+ 、 Na^+ 、 Si^+ (Al^+)、 K^+ (Ca^+)、 Ar^+ の元素が識別できている。これは、分析器が当初の性能を十分に発揮していることを確認すると同時に、地上からは取得することの出来ない科学的にも貴重なデータであると言える。

第4章では、月の周辺に存在するアルカリ金属元素の大気・イオンのフラックスについて、化学的・力学的モデルを使い見積もりを行っている。そして、プラズマ エネルギー・質量分析器から得られたデータと比較することで、これらのモデルの妥当性を検証している。その結果、ナトリウムイオンについてはフラックスと空間分布が光スパッタモデルからおおよそ説明が付き、カリウムイオンについては見積もりを大きく上回るフラックスが存在することが明らかとなった。このことは、ナトリウムとカリウム大気の成因課程が異なっている可能性を示すものであり、当該分野では非常に価値ある結果である。

次に、観測中の環境（太陽風の条件）の違いによる大気・プラズマのフラックスの影響についてまとめている。観測は約1年行われ、様々な太陽風の条件下でのデータを取得し

ている。質量分解能が高い分析器を用いた長期的な観測が実施されたことはこれまでになく、世界で初めてのデータセットを得ることができた点は高く評価すべきである。カリウムイオンのフラックスが、流星の到来時にも増大しないという事実は、小天体における大気の成因メカニズムの研究を進める上で重要な問題提起であろう。

第5章には、月と探査機が地球の磁気圏プラズマシートの中にある期間に行った観測について述べられている。磁気圏プラズマが月表面をスパッタし、大気を形成する可能性について考察を行い、前章で述べた太陽光による大気発生メカニズムよりも桁違いに効果が低いことを明らかにした。

第6章は、月の大気の構造、密度に関する朝夕の非対称について述べている。

第7章は、これまでの議論を総括して、月の大気の成因について光スパッタが最も主要なメカニズムであると結論している。

第8章は、本論文のまとめであり、得られた結果が簡潔にまとめられている。Appendixとして付された2つの章には、観測データから信頼に値しうる物理量を導出した手順が記されており、申請者が科学観測器の開発能力に長けていることを証明している。

本研究は、月探査衛星に搭載するプラズマ エネルギー・質量分析器を開発し、観測データを解析することによって、望遠鏡を用いた地上からの観測からは得ることが出来なかった、月の大気・プラズマの組成とそのフラックスの変動を知ることができたという点で高く評価できる。月の大気の特徴を描画したにとどまらず、データの解析と考察から、月の大気の成因について決定的な結論を出しており、該当する研究分野において長い間議論され続けてきた問題に終止符を打ったことに、高い評価をあたえるべきであろう。

尚、本研究の一部はプラズマ エネルギー・質量分析器の開発チームおよびデータ解析チームとの共同研究による結果も含んでいるが、論文提出者が主体的に研究を進めており、その寄与は十分と判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。