

論文審査の結果の要旨

氏名 安部 正真

本論文は6章から構成されている。第1章はイントロダクションである。小惑星構成物質研究について、特に地上観測の観点と隕石反射スペクトル研究の観点から紹介している。小惑星反射スペクトルデータが、小惑星分類と表面物質推定および隕石との関係を考える上で有用であることを示すと同時に、S型小惑星と普通コンドライト隕石との関係など、まだ明らかになっていない問題のあることを論じている。その問題を解決するひとつの方法として、探査機による近接観測およびサンプルリターンによる直接探査の必要性を述べている。

第2章では、そのような背景から計画された小惑星探査機「はやぶさ」に搭載された近赤外線分光器の開発について述べられている。開発された分光器の観測波長域は764 nm~2100 nmで、小惑星表面に存在すると考えられている輝石やカンラン石による吸収バンドの特徴を捉え、それらの存在比について十分議論できる。小惑星近傍に到達した探査機が、小惑星表面を0.1度で空間分解して観測できる性能を持っていることを確認した。この性能クラスで宇宙使用の分光器としては、国内ではもちろん、海外ミッションでも例のない小型軽量化を実現している点は高く評価される。

第3章では、探査機打ち上げ後小惑星イトカワ到着までに実施した分光器の性能評価と性能の経年変化のモニタ結果について述べられている。開発した分光器が、宇宙空間においても目的の性能を有していること、および、その性能が維持できていることを確認した。また、地球スイングバイ時に取得した月の裏側の反射スペクトルは、地上からは観測することが出来ないため科学的にも貴重なデータである。

第4章では、探査機の小惑星イトカワ到着後に実施した観測内容と観測条件（太陽位相角、太陽光入射角条件）の違いによる反射スペクトルへの影響についてまとめている。小惑星近傍では、小惑星からの距離50~3.5 kmの範囲で観測を実施し、小惑星のほぼ全領域の表面を90~6 mの空間分解能で観測することに成功している。これだけ高い空間分解能で小惑星表面の分光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を得ることができた点は高く評価すべきである。また、低太陽位相角における急激な明るさの増加（opposition effect）を検出することにも成功した。イトカワのようなレゴリス（細粒な表土）の少ないと考えられる天体表面にも opposition effect の存在を示したことは、今後研究を進めるべき重要な問題を提起している。

第5章では、S型小惑星イトカワの分光観測結果について詳しい議論と考察がなされている。小惑星反射スペクトルの1 μm 付近の吸収バンドの特徴に注目し、吸収係数の強度比を比較するという新たな手法を用いることにより、イトカワのカンラン石/(輝石+カンラン石)量比が70~80%であること、普通コンドライトの中ではLLコンドライトに対応することを明らかにした。さらに、空間分解した反射スペクトルデータ解析からは、小惑星イトカワ表面には、反射率および1 μm 吸収バンドの強さにおいて、10%以上の変化があることを発見した。この違いの原因は、表面鉱物種の違いではなく、小惑星表面状態の違いで説明できること、特に、宇宙風化進行度の低い領域ほど、普通コンドライトの反射スペクトルに近い特徴をもつことも明らかにした。本論文によって、今まで不明であったS型小惑星と普通コンドライトの対応関係について、小惑星近傍観測により、それらの対応関係を支持する結果を得たことは、惑星科学において重要な知見が得られたと考えられる。

第6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。

本研究は、小惑星探査機に搭載する近赤外線分光器を開発することによって、これまで地上観測からは得ることが出来なかった、近傍観測による小惑星表面の空間分解された反射スペクトルを得ることができたという点で高く評価される。さらに、小惑星表面の鉱物種の推定だけでなく、粒子サイズや宇宙風化進行度などの表面状態の違いについても議論されており、地上観測からだけでは不明であった、S型小惑星と普通コンドライトのスペクトルの違いを説明できる証拠を発見したことも、高い評価をあたえるべきであろう。

なお、本論文の第4章の一部および第5章の一部は近赤外線分光器の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装置の開発・運用、およびデータの解析・解釈を行っており、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。