

# 論文審査の結果の要旨

氏名 道上達広

本論文は7章よりなる小惑星表層を構成するレゴリス層の進化に関する実験的、理論的研究についての成果を述べたものである。第1章は序論であり、本研究の動機、背景と目的が述べられている。ここでは小惑星のレゴリス研究がいかにか小惑星の衝突進化ならびに太陽系全体の進化の理解に大きな意味を持つかを指摘している。また最近行われた小惑星探査の結果はこれまでの小惑星レゴリス層の厚さに関する研究と矛盾したものであることを指摘し、将来の我が国の小惑星探査 MUSES-C におけるサンプル回収技術との関連も議論している。

第2章は小惑星のレゴリス形成にあずかった4つの重要な物理的プロセスについてこれまでの理論的研究、実験的、観測的研究を批判的にレビューしたものである。小惑星のレゴリス層は、小惑星に衝突した隕石様天体がつくるクレーターからの放出物が堆積することによって形成され、その小惑星の寿命（より大きな隕石様天体の衝突によってその小惑星が破壊されるまでの時間）までレゴリス層の成長が続く。そのため、隕石様天体の衝突頻度、それによって作られるクレーターの大きさ（クレーターからの放出される物質質量）、クレーターから放出される物質のうち小惑星に重力的に捕らえられるものの割合、小惑星の寿命によってレゴリス層の進化は決定される。第4章に述べられる申請者独自のレゴリス進化モデルの基礎がここで述べられている。

第3章は小惑星のレゴリス進化を考える上で、これまでもっとも不確定であった、クレーターから低速度で放出される物質の速度分布についての申請者の実験的研究をまとめたものである。この実験で申請者は様々な物質強度をもつ標的物質を作成し、それに対してクレーター形成実験を行った。その結果、標的の物質強度が小さくなるにつれて、クレーターから放出される平均的な破片の速度が減少することが発見された。さらにこの実験結果を惑星スケールの現象に適用するために、次元解析的手法を用いて経験的な破片速度分布に関するスケーリング則を導いている。

第4章は小惑星レゴリス層の時間的変遷、空間的分布を推定するための数値モデルを提出したものである。これは小惑星表面を2次元平面に置き換えて、その表面にランダムに隕石様小天体の衝突を起こさせて、クレーターを作り、その放出物の蓄積、逸散を追いかけるというものである。クレーターから放出される物質の速度分布に関して、ターゲットの物質強度が支配的な領域については本論文第3章で得たスケーリング則を、重力が支配的な領域では Housen et al. (1983) のスケーリング則を用い

ている。

第5章は数値シミュレーションの結果について議論したものである。数値シミュレーションの結果から、レゴリス層の厚さは十分時間を与えるとある種の定常状態になることが発見された。これはレゴリス層がある程度厚くなると、クレーター形成はレゴリス層の中だけで行われ、レゴリス層の一部が宇宙空間に失われ、レゴリス層の浸食が起こるためである。すなわちクレーター形成による放出物の堆積と浸食作用が拮抗するために、レゴリス層の厚さが定常状態に達する。ただし小惑星レゴリスの厚さが定常になるまでの時間は小惑星の寿命に比べてかなり長いことも明らかにされた。例えば直径50 kmの小惑星のレゴリス層が定常状態になるまでの時間は約1000億年であるが、このような小惑星が破壊されないで存在しえる時間（寿命）は20億年程度である。さらに数値シミュレーションの結果から、直径20 kmよりも小さな小惑星では、レゴリス層の厚さを決めるもっとも重要なパラメーターは小惑星の物質強度であることを明らかにした。従って、将来の探査機によって小惑星のレゴリス層の厚さが分かるようになると、それから小惑星の物質強度が推定できるようになり、それは引いては小惑星全体の物質の集合状態についての知見を与えることになることを指摘している。

第6章では数値シミュレーションの結果を理解するための単純なレゴリス進化に関する解析的表現を求めている。この解析的表現は数値シミュレーションの結果の平均的姿を比較的良く現している。これにより、小惑星レゴリスの進化を決めている重要な要素の理解が著しく進んだといえる。さらにこれらの結果を用いて、最近の米国の探査機による小惑星 Eros、Gaspia の画像を解析し、これの小惑星の伸張破壊強度はおよそ10 Mpaであることを求めている。

第7章は本論文の全体のまとめであり、本研究が太陽系内の小天体の衝突進化を考える上で重要な成果となっていることを強調している。

以上、本研究は小惑星のレゴリス進化過程において本質的に重要なプロセスであるクレーターから放出される破片の速度分布についての実験的研究とレゴリス進化の数科学の発展に寄与する成果を収めた。よって博士取得を目的とする研究として十分であると審査員全員一致で認めた。なお、本論文のいくつかの章は複数の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行ったもので論文提出者の寄与は十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。