

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 山田智哉

論文題目 レゴリス対流による小惑星表面更新過程の  
実験とモデルによる研究

### 論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 桂木洋光

副 査 名古屋大学大学院環境学研究科 教 授 渡邊誠一郎

副 査 名古屋大学大学院環境学研究科 教 授 熊谷博之

副 査 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 城野信一

副 査 筑波大学システム情報系 教 授 松島亘志



## 論文審査の結果の要旨

本論文は、振動により誘起される粉体対流現象が小惑星表面のレゴリス層内で起こると仮定した場合に、レゴリス対流による小惑星表面更新のタイムスケールを推定するモデルを実験結果に基づいて構築した結果について報告するものである。

小惑星をはじめとする太陽系固体天体の表面はレゴリスと呼ばれる粒子群（粉体）で覆われている場合が多く、その表面は活動的であることが近年の小惑星探査により明らかにされてきている。表面がレゴリスで覆われている天体の地形を正しく読み解くためには、粉体の物理的挙動の理解が必要となるが、粉体物理に立脚した小惑星表面地形の研究はこれまで十分に行われてこなかった。例えば、地球の重力環境下で粉体層に振動を加えると粉体層が対流運動を起こすことは古くから知られていたが、この現象が小惑星のような微小重力環境のレゴリス層の地形進化にとってどの程度重要な過程となり得るかについての定量的検討はこれまでほとんどなされていなかった。このような背景の中、本研究では粉体対流現象に着目し、その惑星科学的意義について議論がされている。具体的には、レゴリス層で覆われる小惑星表面が度重なる天体衝突により流動化され、その結果発生する対流によって天体表面が更新される過程について、室内実験に基づいたモデル構築を行い、レゴリス対流現象の重要性について議論している。

本論文は、一般的背景の概説を含めた導入部（第 1 章）、粉体対流に関する室内実験研究とそのスケージング解析（第 2 章）、レゴリス対流による表面更新時間推定モデルの構築とその応用（第 3 章）、まとめ（第 4 章）の全 4 章から構成されている。第 2 章では、小惑星のような微小重力環境での粉体対流速度の見積もりを可能とするスケージング則を実験的に見だし、振動強度と粉体対流速度の関係を明らかにし、その結果がいくつかの先行研究を包括的に一般化したものであることを確認している。第 3 章では、前章の実験結果と隕石衝突の発生頻度とそれにより励起される振動強度に関する先行研究の知見を組み合わせることにより、小惑星表面のレゴリス対流による表面更新のタイムスケールを見積もるモデルを構築している。モデルを用いて推定された表面更新のタイムスケールによると、直径数十 km 程度までの小惑星では、衝突破壊による天体寿命に比べて十分小さくなることが明らかにされている。この結果は、小惑星の表面進化を考える上で、レゴリス対流による表面更新が重要な過程となり得ることを示唆している。また、構築されたレゴリス対流モデルで用いられているパラメータには現状では不定性の高いものもあるが、それらのパラメータ依存性を簡便に評価する解析的近似式も本研究の中で求められている。これにより、今後の探査や実験等により精度の高いパラメータ値が得られた場合にも、この近似式を用いることにより容易にレゴリス対流による小惑星表面更新タイムスケールを随時見積もることが可能となった。

本研究は、粉体物理の知見を天体地形進化モデルに取り込むという斬新な視点に基づいており、高いオリジナリティが認められる。また、本研究で開発されたレゴリス対流モデルでは、小惑星表面レゴリス層の削剥や浮遊、粒子形状などの効果が入り入れられておらず、より精度の高い表面更新タイムスケールの推定のためには今後の更なる改良が必要となる部分もあるが、レゴリス対流現象についての定量的モデル開発を世界に先がけて行ったことは当該分野に新たな知見を与えるものであり、学術的意義は大きい。よって本論文の提出者である山田智哉氏は、博士（理学）の学位を授与される資格があるものと判定した。