

## 論文審査の結果の要旨

論文題目： Formation process of Double Layered Ejecta of Martian impact craters based on experiments and areomorphological analysis

(火星衝突クレーターにみられる

Double Layered Ejecta の形成過程)

氏 名： 鈴木 絢子

本論文は6章からなり、火星で見られる Double Layered Ejecta (DLE) のエジェクタ形成シナリオを提案している。第1章では、衝突過程のこれまでの理解を踏まえると、火星クレーターのエジェクタが他の惑星のそれと本質的に異なっており、火星の気水圏の進化を理解する上で重要な意味を持っていることを解説している。第2、第3章では Ejecta Mobility (EM) と呼ばれるパラメータおよびエジェクタの体積について探査衛星が取得したデータを用いて測定を行っている。第4章では渦輪と粒子層の相互作用に着目した室内実験を行っている。第5章では、渦輪の強さを表す「循環」をパラメータとして導入し、火星クレーターのエジェクタの体積と実験室内で測定した結果を比較し、DLE が大気の渦輪でできた可能性を示している。そして、結果に基づいて DLE の形成シナリオを提案している。最後に第6章で本論文の結論がまとめられている。

本論文の主目的は、DLE の形成過程について、観測結果を満足する形成シナリオを提唱することである。

大気渦輪の形成は、エジェクタの堆積に続いて一般的に起こると考えられている現象である。この大気の渦輪がエジェクタ地形に与える影響はこれまでも Schultz や Barnouin-Jha らによって検討されていたが、地形形成に最も直接的に寄与する渦輪と粒子層の相互作用の研究はなされていなかった。本研究では室内流体実験により、渦輪と粒子層の相互作用を詳細に観察し、渦輪の強さを意味する循環と渦輪が運搬する粒子体積の関係を求めている。

この結果は、DLE 形成モデルの妥当性を検証するために本論文中で使われている。DLE は火星クレーターで最も多く見られるエジェクタタイプの一つで、近年特に注目を集めている。1回の衝突で2回の異なる堆積過程が起きたという DLE の最大の特徴は、既存のエジェクタ堆積モデルでは説明できない。そのため本論文では、大気のある天体に衝突が起こった際に一般的に発生すると考えられている渦輪が DLE 形成に寄与

しているとの仮説を立てた。この仮説を検証するために、エジェクタの体積を比較することを新しく提案している。さらに、火星探査衛星の取得データを用いて測定したエジェクタの体積と、前述の渦輪の循環と運搬された粒子体積の関係と比較し、DLE 形成に大気の渦輪が大きく寄与していると結論づけている。

本研究では、上の2点を実現するため、以下2点の手法を考案している。1) エジェクタの新しい体積測定法。現在の地形高度から衝突前の地形高度の差をエジェクタ面積で積分すると体積になるが、衝突前の地形高度は原理的に測定不可能な量であり、周囲の地形高度から内挿して通常は求める。従来の研究では、衝突前の地形高度の推定誤差をきちんと見積もっていないために、求めた体積の信頼性が不十分であった。そこで本研究では、推定誤差は主に地形粗度と被推定領域サイズに依存すると考え、地形粗度図上で領域を区切ることと、地形高度が既知の領域で内挿法をテストすることにより、衝突前の地形高度の推定誤差を求める方法を提案している。これにより、測定した体積の値に誤差を含めることが可能になり、値の信頼性を評価が可能となった。2) 渦輪と粒子層の相互作用を詳細に観察するための方法。従来の研究では、大気中の標的に弾丸を打ち込む方法が主に使われていたが、現象が速いためや飛び出したエジェクタが視界を遮るために、渦輪と粒子層の相互作用の観察が困難であった。本研究では、水槽の中に水の渦輪を作り底に敷き詰めた粒子と相互作用させるという手法を用いた。これによって現象のタイムスケールを遅くすることができ、渦輪と粒子層の相互作用を詳細に観察できるようになった。また、地形形成に重要な粒子運搬に関する2つの無次元数（レイノルズ数とシールズ数）が、火星クレーターで実現されると考えられる値と同じ範囲にあり、粒子の運搬を考える上では、実験室でも火星条件の再現に成功している。

本研究で対象としている DLE は火星クレーターのエジェクタの中で最も特徴的なタイプであり、DLE の形成過程を明らかにすることが他のタイプのエジェクタ形成過程を理解するための第一歩である。クレーターは地表面状態を調査するための良い指標である。エジェクタの形成過程が明らかになれば、エジェクタ分布を用いて火星の過去の気候変動を制約することができるようになる。この意味において本研究は非常に重要であるといえる。

なお本論文の第2、3、5章は David Baratoux 氏と、第2〜5章は栗田敬氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となってデータ解析・実験・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断できる。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。