

論文審査の結果の要旨

氏名 石井 徹之

本論文は 5 章から構成される。

第 1 章は、イントロダクションであり、火星の表層環境の変動、とくに、火星の自転軸傾斜角の変動に伴う表層氷の安定性に関する研究、地球の周氷河地形に類似した火星の中緯度地域に観察される地形に関する研究、などがレビューされている。火星の表層環境は、隕石重爆撃期の終わりまでの温暖湿潤な気候と、それ以降の寒冷希薄な気候の 2 つの状態に大別できる。これまで火星史初期の温暖湿潤な環境下における衝突クレータの修正過程に関する研究は行われてきたが、火星史後期における寒冷希薄な環境下における衝突クレータの修正過程の系統的な研究はまだ行われていない。そこで、本研究では、火星史後期以降に形成されたアルバ・パテラ地域・(18. ~61. N、 81. ~136. W) における直径 5 km 以上の 222 個の衝突クレータの形状や形態的特徴を系統的に調査し、火星史後期における主要な衝突クレータの修正過程を明らかにする、ということが述べられている。

第 2 章では、アルバ・パテラ地域における衝突クレータの形状パラメータ（壁面傾斜角・深さ・リムの高さ）の計測結果が述べられている。中緯度地域 (33. ~52. N) において、極向きの衝突クレータ内壁の最大傾斜角は、赤道向きの内壁の最大傾斜角よりも小さい傾向が示された。衝突クレータのキャビティの深さは、緯度が大きくなるにつれて浅くなり、とくに 45. N 付近で急激に浅くなる傾向が明らかになった。さらに、衝突クレータの直径が大きいほどキャビティは緩やかに浅くなり、高緯度地域 (>52. N) では直径 15 km 以下の小さい衝突クレータはキャビティが非常に浅いのに対し、直径 15 km 以上の大きい衝突クレータのキャビティはある程度の深さを保持していることが示された。また、衝突クレータのリムの高さには顕著な緯度依存はみられず、極側と赤道側の差もほとんどないことが示された。これらは本研究によってはじめて明らかにされた事実であり、非常に高く評価されるものである。

第 3 章では、衝突クレータの形態学的・地形学的調査の結果が述べられている。低緯度地域の衝突クレータはダスト堆積物で覆われており、壁面においてはこのダスト堆積物が雪崩を起こしたような地形が観察される。中緯度地域の衝突クレータでは、とくに 45. N 以下において、極向きの壁面から氷とダストから成ると考えられる氷堆積物が粘性緩和した様子が観察された。粘性緩和の特徴は、衝突クレータの直径が小さいほど顕著に観察される。これらの特徴は、高度プロファイルにおいても確認される。衝突クレータのキャビティが浅くなっているもののほとんどは、極向きの壁面から赤道向きの壁面の麓まで、粘性緩和によって広がる氷堆積物で埋められており、その表面はわずかに極向きに傾いていることが明らかにされた。このような大規模、かつ系統的研究はこれまでなく、表層環境の変動に重要な束縛条件を与える。

第4章では、第2章と第3章の結果を踏まえて、アルバ・パテラ地域における衝突クレータの修正プロセスの緯度依存に関して議論している。地形の効果を考慮したエネルギーバランス気候モデルに基づいて、火星の自転軸傾斜角の変化に対応した表層氷の安定性を推定すると、緯度約30° Nより高緯度側の衝突クレータの極向き壁面、緯度約45° Nより高緯度側の衝突クレータの底面には、自転軸傾斜角に関わらず氷が安定に存在できることが示された。低緯度地域の衝突クレータの深いキャビティの様子から、ダストがただ堆積しただけでは再び大気中へ巻き上げられることが示唆される。これらの結果から、ダスト成分は氷によって固定され、キャビティを埋めている氷堆積物の厚さは、氷の凝結量と氷が地表付近に安定しダストを地表に固定する期間に対応している、とする解釈を提案している。このような解釈は本研究によって初めて提唱されたものであり、高く評価できる。

第5章では、本論文全体の結論がまとめられている。

このように、本研究では、火星史後期に形成された衝突クレータの深さが、緯度や直径に依存するという新しい結果を示し、さらに、衝突クレータを埋める堆積物の量が、自転軸傾斜角の変動史を通じて堆積物中に氷が安定に存在して堆積物を固定した期間に対応する、という新しい解釈を示したことは非常に評価できる。

なお、本論文は全体として田近英一博士との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、データの選定と収集、数値モデルの構築と実行、結果の解釈を行ったものであって、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。