

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 沢 辺 頼 子

月は、地球の自然衛星であり、人類が唯一到達した地球外天体である。月には大気がほとんどなく、また激しい地質運動が無いいため、太陽系初期の歴史を今もなおその表面に保持しており、この表面情報を読み解くことで、月、地球、さらには太陽系の形成過程を理解できる可能性があると考えられている。月に残された重要な手がかりとして、クレータがあるが、これは、40 億年以上続く隕石衝突の歴史をもの語り、月の地質活動にも大きく関わっている。クレータの情報からは、その表層年代、隕石フラックス、また溶岩流の厚さなど、月形成史を把握する上で欠かせない情報が得られる可能性がある。

近年、世界各国で多くの月探査計画が進行中であり、今後の惑星科学では、このような探査により取得される大量かつ多種多様なデータから、如何に必要な情報を引き出せるかが重要になってくる。そこで、本研究では、クレータを鍵として月面の地質解析をコンピュータ上で自動的に行うシステムである月面 GIS の構築を行っている。

月面 GIS を構築する上で、まずは月画像からクレータを抽出する必要がある。クレータの抽出は、単純な作業でありながら膨大な時間を要する上、作業者によって結果が異なるという問題がある。そのため、様々なクレータの自動抽出手法が提案されたが、クレータ及び月画像に特有の問題点により、未だ実用化されていないのが現状である。

そこで、まず本研究では、それらの問題を解決する新しいクレータ自動抽出アルゴリズム (MARC 法: Multiple Approaches based Robust Crater extraction) の開発を行った。この MARC 法は、クレータの大きさによる形状変化等の特性を考慮し、複数のアプローチを最適化した統合化手法である。具体的には、1) 低太陽高度の場合のクレータの影と日向パターンの抽出、2) エッジ画像の円形連結画素の抽出、3) 細線化、連結化した円形エッジ線の抽出、4) 途切れたエッジ線からファジィハフ変換による抽出、という 4 つのアプローチでクレータの自動抽出を行う方法を提案している。この方法は、カメラ、太陽高度、空間分解能、場所等によらないロバストな手法である点が大きな利点である。実際の MARC 法の評価には、多様なカメラにより、海や高地、低・高太陽高度下で撮影された様々な月画像を用いて、MARC 法の抽出結果と手動抽出結果とを比較しており、結果として高い一致率を得ている。

次いで本研究ではスペクトル情報と空間情報を利用し、月の海の溶岩流を対象とした新たな地質区分法も開発している。この手法は画素単位でクラス分けした後、空間的なつながりとクラス同士のスペクトル的な近さを利用してクラスの統合を行うもので、滑らかな地質ユニットの境界線がユニット毎のパラメータ値と共に明確に得られる独創

的な方法である。

続いて、開発した MARC 法、自動地質区分法や、その他海の溶岩流厚さ推定等様々な解析手法を組み込んだ月面 GIS の試作を行っている。月面 GIS とは、月情報の自動解析機能を併せ持ったデータベースシステムである。本論文では、本システムを用いて、海の地質区分、表面年代、溶岩流の厚さ、溶岩流の容積などを推定することができることを実証している。たとえば、区分した地質ユニットについてクレータ年代学に基づき年代を算出したところ、37–30 億年の間に順次溶岩が噴出して Mare Crisium が形成されたこと、成分量と年代の関係から年代が古いほど TiO_2 、 FeO 量の成分量は様々な値を持ち、34–35 億年より若くなると、 TiO_2 、 FeO 量の多い溶岩のみが噴出するという傾向が見られたこと、さらには海全体を埋めている溶岩流の体積はおよそ 122400k m^3 、また 31–33 億年の間に噴出した若い溶岩はおよそ 13600k m^3 と推定されること、などの成果を残している。以上から、作成した月面 GIS により、詳細な地質解析が行え、新たな知見を見出せる可能性を実証した。

これら一連の研究を通じ、本論文はクレータの分析によって惑星の起源を知ろうとするクレータ地質学に関連する技術的かつ学術的発展に多大な貢献をしたと考えられる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。