

自動分類法を用いた月全球の地質図作成

晴山 慎 (聖マリアンナ医科大学)

本研究では、月および水星の地殻進化を考察するために、月および水星でのリモートセンシング観測で得られた分光スペクトルに対して教師なし自動分類法である K-means および ISODATA を用いて分類を行い、それぞれの天体について全球スペクトル分類マップを作成した。教師なし自動分類法は専門的知見によらない分類基準に基づき大量のデータを機械的に分類することが可能なため、惑星全球に広がるさまざまな特徴をもつスペクトルを地質学的知見や研究者の主観なしに分類した統一的な基準による天体全球スペクトル分類マップを作成できることを意味する。このことは、地理的に遠く離れた地域間のスペクトル類似性を簡単に見出すことができるため、研究者が注目できていなかった新たな知見を見出すことを可能とする。

月の地質図の先行研究は、それぞれの研究者の興味がある領域の局所的な地質図であり、その多くはアポロ時代のデータを用いた表面テクスチャに注目した地質図であった。月全球地質図も存在するが、その地質図はそれぞれの研究者が作成した局所的な地質図をつなぎ合わせたもののため、全球に渡って分類区分が統一されていない。近年、鉍物組成に注目した分類図も作成されているが、やはり科学的に興味のある局所的な分類図である。

そこで、我々は鉍物組成に注目した月全球地質図を作成するために、月周回探査機かぐや に搭載された Spectral Profiler (SP)によって取得された吸収スペクトルに K-means および ISODATA を適用して、月全球スペクトル分類地図を作成した。その結果、月の分光スペクトルは大きく 7 グループ総計 66 クラスに分割され、分割されたグループ・クラスはそれぞれ高地や海、南極エイトケン盆地およびそれらの境界など特徴ある地域と対応した (図 1)。この全球スペクトル分類地図からクリプトマール(crypto mare)や貫入岩などといった表面に見えていないマグマ噴出物の総量について考察したところ、既知のクリプトマリアの噴出量に匹敵し、見えている海の体積の約 10%に相当する未発見の隠れたマグマ噴出物が存在する可能性が明らかになった。

本内容の詳細は、Hareyama et al. *Icarus*, 2018 (<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.11.016>) にて論文発表されているので、こちらを参照していただきたい。また、本研究は JSPS 科研費 基盤研究 B(26287107) によって助成された。

水星の分光スペクトルは、月の分光スペクトルと比較して吸収は浅く、また地域差が小さいことが知られてきた。このような観測結果と月研究との比較から、水星の表面は斜長岩質であり、太陽に近いため宇宙風化がかなり進んでいると考えられてきた。しかしながら、米国の水星探査機 MESSENGER による水星表面の大量の硫黄の存在やグラファイト地殻の形成に関連する炭素の存在といった発見は、これまでの水星の地殻形成史の修正を迫っている。そこで、我々は MESSENGER-MDIS で得られた分光スペクトルデータに ISODATA を適用して水星全

球のスペクトル分類マップを作成し、水星地殻の形成史について考察した。

アイソデータによる自動分類をいくつかの分類・結合パラメータについて行ったところ、水星の分光スペクトルは大きく2分割され、一つは比較的クレーター密度が高く標高の高い高地領域に対応し（グループ1）、もう一つは Caloris 盆地や northern smooth plains といった比較的クレーター密度が低く平らで標高の低い地域（グループ2）に対応した。さらに詳細に分割したところ、グループ1内の分割クラス(4クラス)は高地内に広く一様に分布する様子を示し、グループ2内の分割クラス(9クラス)は平地内に細分化されモザイク状に分布した(図2)。水星の各クラスのスペクトルの平均形状は、スペクトルの明るさと傾きとの間に正の相関があり、またスペクトルの傾きはクレーター密度に対して負の相関があることが示された。この傾向は、露出した年代の古い表面ほど暗くかつ傾きが緩やかになることを意味している。また苦鉄質物質の存在量に対応する 900nm や 1000nm の吸収深さは傾きが急なほど深くなる傾向を示したが、MESSENGER-XRS の元素マップとの整合性は一切見られなかった。

以上の結果を月の分光スペクトル分割の様子と比較すると、水星地殻について次のことが示唆される。

- ✓ 月と同様のクラスの地域的分布から、グループ1に対応する水星の高地は平地の形成より早い時期に全球規模で広範囲に形成され、グループ2に対応する水星の平地はグループ1形成後に様々な時期や鉱物・化学組成のマグマが噴出したと考えられる。
- ✓ 現在の水星表面は、分光スペクトルから元素や鉱物情報が得られないほど宇宙風化が進んでいる可能性がある。ただし、スペクトルの傾きの時間変化は月とは逆の変化を示していることは明らかであり、水星表面の宇宙風化の機序は月とは異なる。

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 C(17K05641) によって助成されたものであり、研究成果報告書として <https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-17K05641/> にもうすこし詳細な方法や結果が記載されているので、合わせて参照していただきたい。

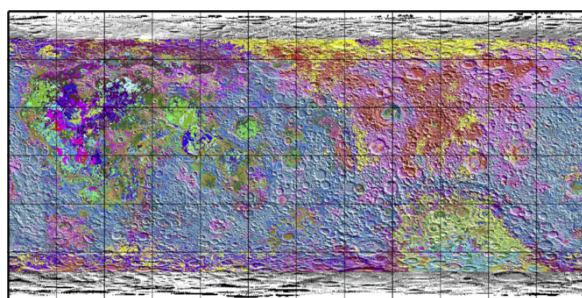


図1 月の分光スペクトル分類マップ

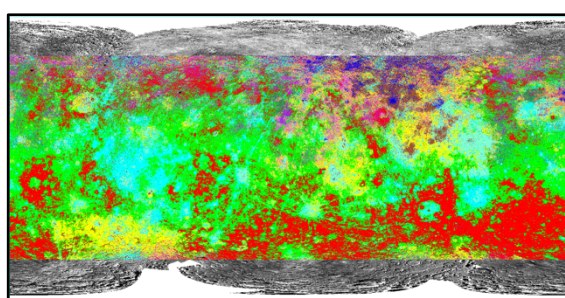


図2 水星の分光スペクトル分類マップ