

第三回惑星探査データ解析実習 成果レポート

班員：梶川 岳彦、押上 祥子、道上 達広、並木 則行

始めに

我々は、Apollo 17号着陸地点近くのMIデータを用いて、この領域の組成・年代コントラストに基づく岩相区分を行い、各岩相の年代と組成との対応関係を考察した。組成的な特徴として、主に表面のTiO₂、FeO、マフィック鉱物量に注目した。また、年代的な特徴としては、クレータサイズ分布と風化度に注目した。これらの結果を総合して岩相境界を決定し、火成活動の変遷に関する議論を試みた。

方法

まず、ENVIの解析ツールに含まれている主成分分析（PCA）に基づく地質ユニットの境界抽出を試みた。次に、Luceyら（2000）の方法を用いて、表面のTiO₂、FeO量（wt%）を推定した。この方法は、アメリカの月探査衛星Clementineの分光観測データを用いたTiO₂、FeO量の推定方法として広く知られている。それぞれに対応する経験式は以下の通りである。

$$TiO_2(wt\%) = 3.708 \times \left\{ \arctan \left[\left(\frac{R415}{R750} - 0.42 \right) / (R750 - 0.00) \right] \right\}^{5.979} \quad (1)$$

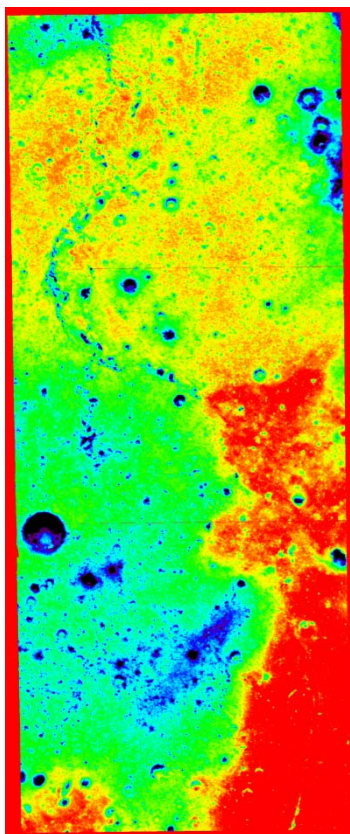
$$FeO(wt\%) = 17.427 \times \left\{ -\arctan \left[\left(\frac{R950}{R750} - 1.19 \right) / (R750 - 0.08) \right] \right\} - 7.565 \quad (2)$$

地質ユニットの境界を可視化する手法の一つに、観測バンド間の比演算解析がある。750 nm/415 nm, 750 nm/950 nm, 415 nm/750 nm をそれぞれ RGB に割り当ててカラー画像（比演算画像）を作成する。緑（750 nm/950 nm）の強弱はマフィック（苦鉄質）鉱物量を示し、緑が濃いほどマフィック鉱物量が多いことを表している。また、赤（750 nm/415 nm）と青（415 nm/750 nm）の強弱が風化度を示し、赤いほど風化が進んでいる、すなわち年代が古いことを表している。地質ユニットの年代を示すその他の指標として、クレータサイズ分布を調べた。DS9 というソフトウェアを用いることで、自動的にクレータカウントを行うことができる。

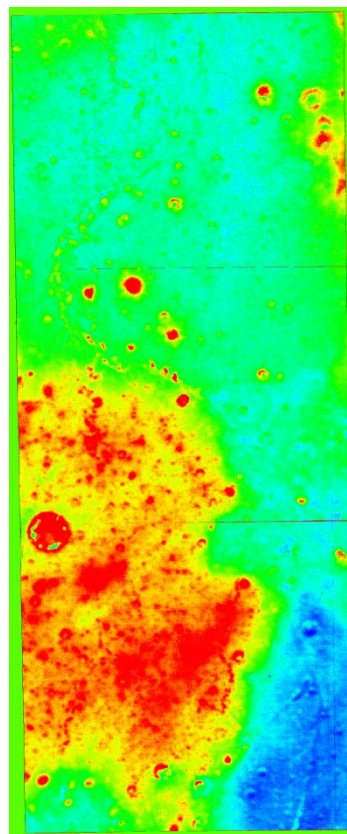
結果

1. 主成分分析

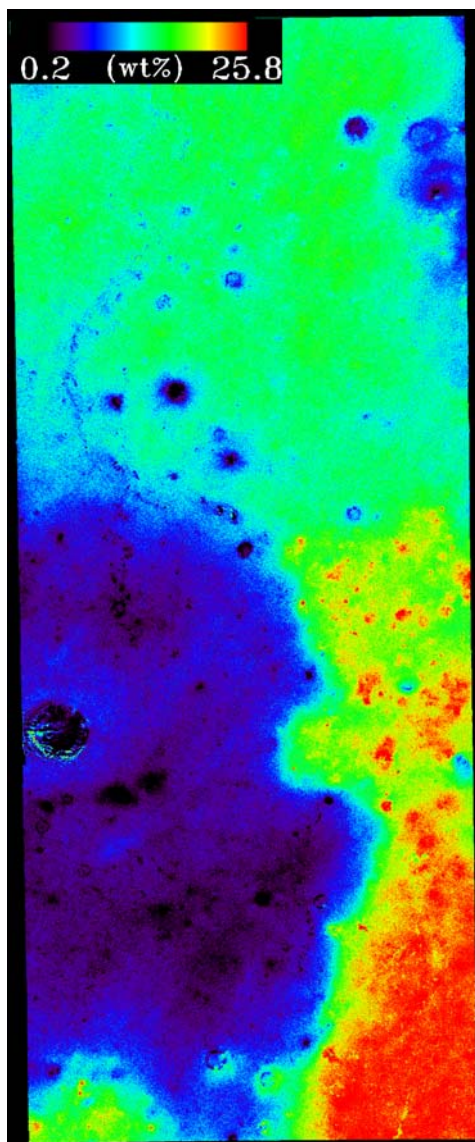
第一成分



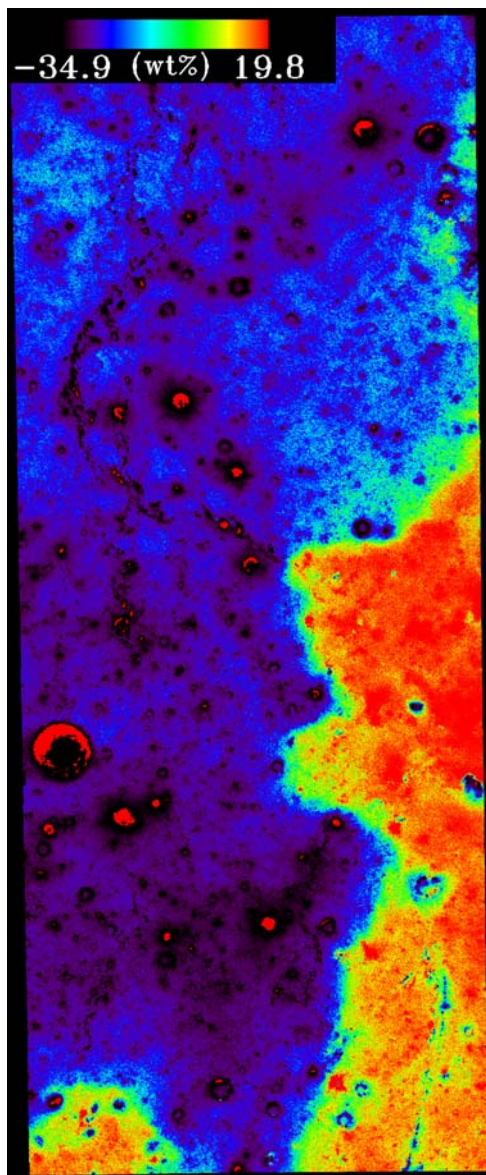
第二成分



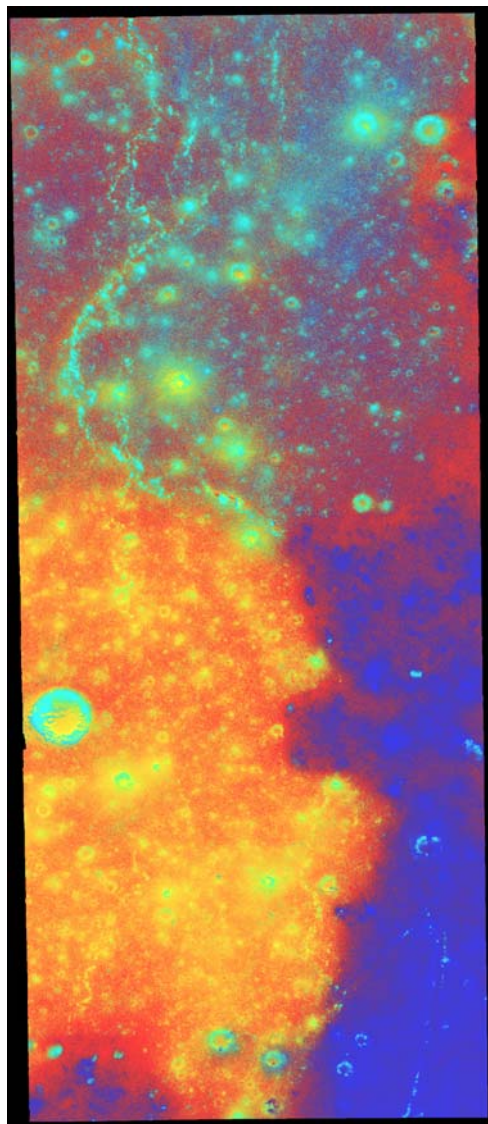
2. TiO₂量



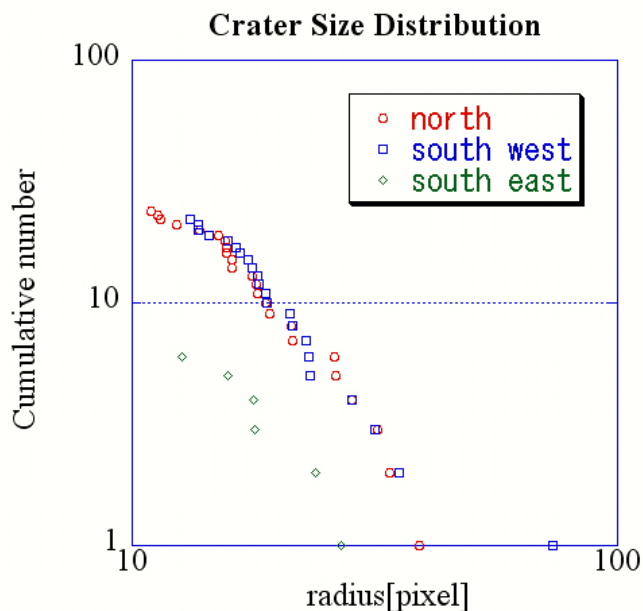
3. FeO量



4. 比演算



5. クレータサイズ分布

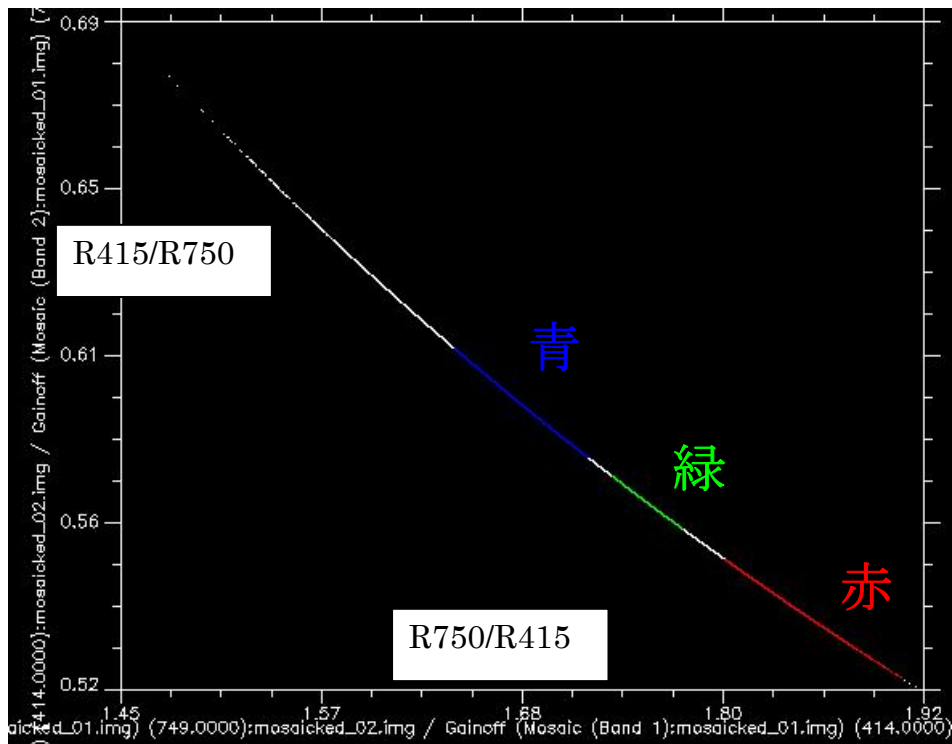


考察

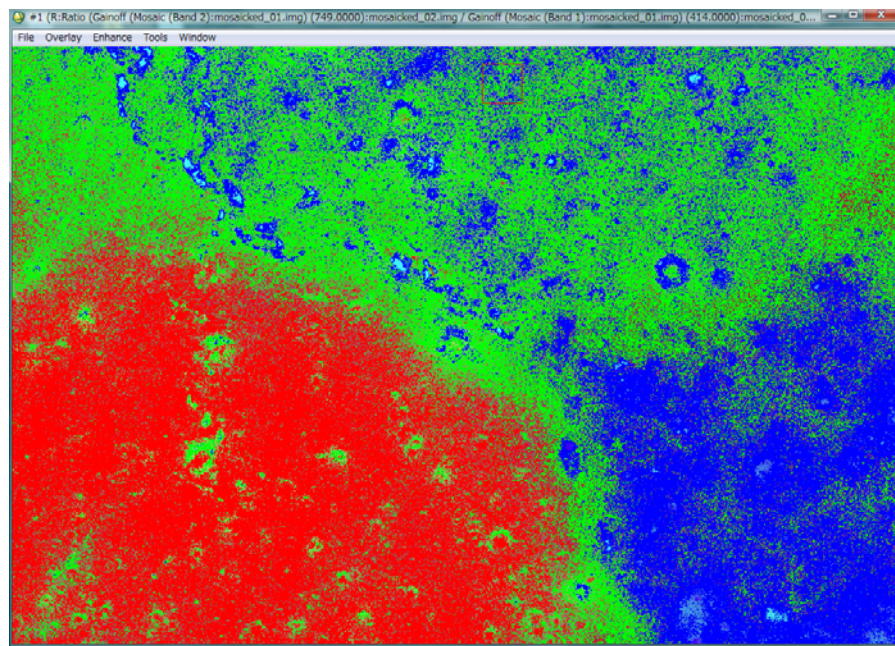
まず、主成分分析によって南東（第一成分）、南西（第二成分）の地質ユニットが浮かび上がった。第一成分の強弱を表す図とよく対応しているのがFeO量の分布図、第二成分の図とよく一致しているのがTiO₂量の分布図である。FeO量マップでは南西と北の地質ユニットの差が明確でないが、比演算画像とTiO₂量マップからは、この領域が少なくとも3つの地質ユニットに区分されることがわかる。尚、TiO₂量マップ、FeO量マップ共に絶対値が明らかに現実的ではない値となった。これは、Luceyら（2000）が導出したClementineの分光観測データに対する係数（式1、2）をそのまま用いているためと考えられる。したがって、今回は絶対値には注目しない。

比演算画像で、南西の地質ユニットが黄色（赤+緑）、北の地質ユニットが水色（青+緑）、南東の地質ユニットが青色であることから、南西の地質ユニットが3つの中で最も古いことがわかる。地質ユニット間の年代差をより明確に示すために、比演算画像中の中央部、3つの地質ユニットの境界域について、縦軸にB（415 nm/750 nm）、横軸にR（その逆数）のピクセル値の散布図を作成し、領域区分を行った。その結果、最もBの比が大きい区分（新しい）が南東、最もBの比が小さい区分（古い）が南西、その中間の区分が北の地質ユニット

と一致した。また、南西・北と、南東との間でマフィック鉱物量の差が大きく、南西・北の地質ユニットに比較的多くマフィック鉱物が含まれていることが推測される。



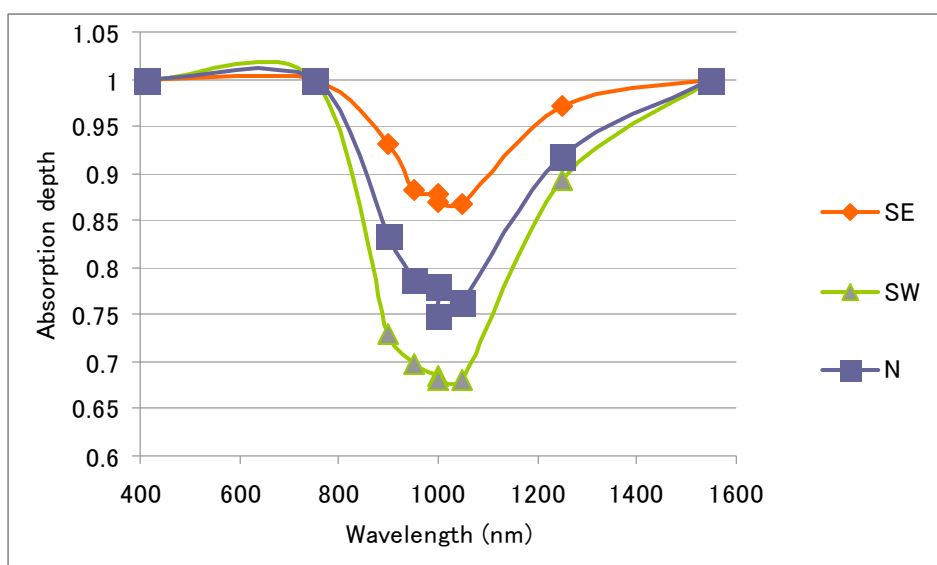
(a) 比演算画像中の中央部 (b に示す領域) のピクセル値の散布図



(b) (a)中の各分布域 (青、緑、赤) に対応する領域分けの結果

クレータサイズ分布からも、南東の地質ユニットが相対的に新しいことが示された。しかしながら、北と南西の地質ユニットの明瞭な年代差は認められなかった。

Luceyら（2000）の方法に基づくTiO₂、FeO量や、比演算によるマフィック鉱物量推定とは別に、組成的なコントラストを引き出す手段として、反射スペクトルの吸収形状に注目した。反射スペクトルの吸収形状（深さ）は、鉱物の混合割合や粒径、風化度、位相角など様々な条件によって変化する。今回は、風化度の影響を排除するために、比較的新しいと思われるクレータ内壁の反射スペクトルを抽出し、ENVIで自動的にcontinuumを引いた。尚、幾何条件を揃えるために、クレータの北側の内壁を選んだ。3つの地質ユニット内に位置する各代表点の結果を比較すると、1000 nmの吸収の深さが異なることが分かった。この解釈の一つとして、3つの地質ユニットで、olivineとpyroxeneの量比が異なる可能性が挙げられる。



結論

解析領域は、少なくとも3つの地質ユニットに分けられ、年代は、南西、北、南東の順に新しい。それぞれの地質ユニットの組成的な特徴は、南西がTiO₂、Fe共に少なく、北はTiO₂が南西より多く南東より少ない、そして南東ではTiO₂、Fe共に多いことである。南西と北の地質ユニットの組成的な差は比較的小さい。これらを総合すると、この領域の火成活動は、時代が進むにつれてTiO₂、FeO共に増加したと言える。