

主成分分析を用いたイトカワ表面スペクトルの解析 Analysis of The Asteroid Itokawa Surface Spectra Using Principal Component Analysis

古賀 すみれ^{2*}, 伊佐敷 一裕¹, 杉田 精司²
Sumire Koga^{2*}, Kazuhiro Isashiki¹, Seiji Sugita²

¹ 東京大学理学系研究科, ² 東京大学新領域

¹Dept. Sci., Univ. Tokyo, ²Dept. Complexity Sci. and Engr. Univ. Tokyo

主成分分析を用いたイトカワ表面スペクトルの解析

目的

2003年に打ち上げられた小惑星探査機「はやぶさ」に搭載された可視分光カメラ AMICA は、約1ヶ月間滞在したホームポジションで70cmの高い空間分解能をもち、7バンドでイトカワの全面を撮像した。

本研究では、AMICAの画像データを用いて主成分分析(PCA)によりイトカワ表面スペクトルの解析をおこなった。PCAには、表面スペクトルの地域差や分布を定量的に評価しやすく、網羅的に解析できる利点がある。さらに、そもそも小惑星のスペクトル分類自体が反射スペクトルのPCAに基づいており、1つの小惑星上の反射スペクトルに対して同様の解析を行って比較することは意義が大きい。バンド分光ではあるが、全表面の詳細なデータが得られている小惑星表面に対して同じ分析をおこない、どのような主成分が出るかを求めることは有意義である。

このような解析方法は、現在プロジェクト化されている「はやぶさ2」の解析でも有効性が期待される。本研究は、イトカワのスペクトル特性について新しい特徴を見つけることを目指すと同時に、はやぶさ2のデータ解析に備えることを目的とする。

解析手法

ほぼ同じ探査機位置から撮像した7バンドの画像セットを用いた。画像校正をおこない、位置合わせをしてから解析をおこなった。

校正・位置合わせの手順

(1) ダークや smear 補正、ホットピクセルの除去の必要性を確かめた。ここではこれらの補正は必要なかった [2]。次に対応するバンドの flat 画像で割った。

(2) 比画像をとると、2枚の画像のわずかなずれにより、岩の影などで異常値をとる。これを少なくするように、平行移動によって位置合わせをした。このとき0.1ピクセル単位で移動した。しかし、わずかな回転などが必ず含まれるため、平行移動で完全な位置合わせをすることはできない。そこで、隣ピクセルと一定以上の差をもつピクセルは、解析の段階で排除してこの異常値による影響を防いだ。

解析の手順

ほぼ同じ位置から撮像したイトカワ半球の7バンドの画像セットを、そのうちの1つのwバンド画像で割った、6個の比画像に対してPCAをおこない、主成分の係数と寄与率を求めた。この解析を他の画像セットでもおこなった。並行して、イトカワ半球の全点のCvとRw/Rb(反射スペクトルの曲率と傾き)をプロットし、相関を確かめた。Cv、Rw/Rbはそれぞれ宇宙風化の指標のひとつとされる [1]。

結果・議論

CvとRw/Rbとは宇宙風化と一致する正の相関がみられた。これは、本研究で行ったデータ解析が正しく行われていたことを示している。ただし相関はゆるやかで、分布の広がりをもつ意味について検討する必要がある。

解析した画像セットにもよるが、第1、第2主成分(PC1, 2)のもつ寄与率はそれぞれ60-70%、20-30%であった。それぞれの主成分が何を示すのか吟味した。PC1はスペクトルの形状の特徴および、宇宙風化が大きく異なっている地点との対応関係との比較などから、宇宙風化の強さを示すと推測された。宇宙風化がイトカワの反射スペクトル変化の最も卓越した成分であるという先行研究 [1] の知見とも整合的である。一方PC2が何に対応するのかは特定できていない。組成的な不均一性、粒子の大きさ、あるいはノイズ、位置合わせの不完全性などが考えられる。このPC2の意味は今後の重要な課題である。

また、PC1, 2プロットでスペクトルは1つのクラスターとなったが、Black Boulder (イトカワの「頭」に位置する黒い岩、[3]) はメインのクラスターから外れており、イトカワ表面上に卓越する反射スペクトル変化の要因と大きく異なるプロセスないし組成を反映している可能性が高いことが示唆される。

U07-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月19日 18:15-19:30

結論・今後の課題

PCA 解析からは、宇宙風化のイトカワ表面上で卓越していることが強く示唆する結果を得た。また、PCA は、Black Boulder を特異な点として捉えることができることも確認された。これらの結果は、データの分布の主成分抽出、網羅的な分析という PCA の有効性を示すものである。

一方寄与率 20-30% をもつ PC 2 の意味については特定できていない。これが何を意味するのか究明する必要がある。

参考

- [1] Ishiguro et al. 2007, MAPS 42, 1791.
- [2] Ishiguro et al. 2010, Icarus 207, 714.
- [3] Hirata & Ishiguro 2011, 42nd LPSC (2011).

キーワード: 小惑星, 可視分光, 宇宙風化

Keywords: asteroid, visible spectroscopy, space weathering