

多バンド画像を用いた小惑星イトカワ表面特性の高解像度解析

古賀すみれ¹, 杉田精司¹, 鎌田俊一², 石黒正晃³, 廣井孝弘⁴

¹東大・新領域, ²北大・理学部, ³ソウル大・物理天文, ⁴ブラウン大・地球科学

小惑星イトカワは、はやぶさに搭載された赤外分光計 NIRS(Near-Infrared Spectrometer)や可視マルチバンドカメラ AMICA(Asteroid Multi-band Imaging Camera)のデータに基づく先行研究から、イトカワ表面物質の宇宙風化度には大スケール(10m~100m 規模)での不均一性が存在すること示されているが[e.g., 1, 2]、小スケールでの物質不均一性は未解明である。はやぶさ探査においてはサンプルが採取され、その中に含まれる鉱物種や含有割合が分析されているが[e.g., 3]、小スケールの不均一性の評価は、サンプル分析結果の解釈に非常に重要である。本研究では AMICA 画像の高い空間分解能を利用して小スケール(~m)での不均一性について解析した。

手法

AMICA の 6 バンド(中心波長 381, 429, 550, 700, 860, 960 nm)の画像を用いた。[4]で得られている画像校正、輝度から絶対反射率への変換係数を用いて、イトカワ半球上の各点における可視離散スペクトルを分解能 2 m で得た。550nm での規格化反射率に直し、PCA(主成分分析)を行ってイトカワ反射スペクトルの空間不均一性に卓越する成分を抽出した。また、イトカワ上の不均一性を他小惑星と比べるため、589 個のメインベルト小惑星のマルチバンド地上分光観測 ECAS(Eight Color Asteroid Survey, [5])の 533 個の小惑星のスペクトル(AMICA の観測波長は ECAS とほぼ一致するように作られている)にイトカワ上の 1 点 1 点を順に加えて PCA を行った。

結果

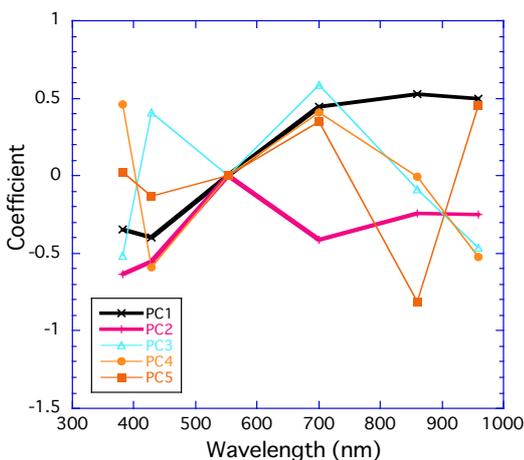


図1 イトカワのスペクトルの PC(主成分)係数

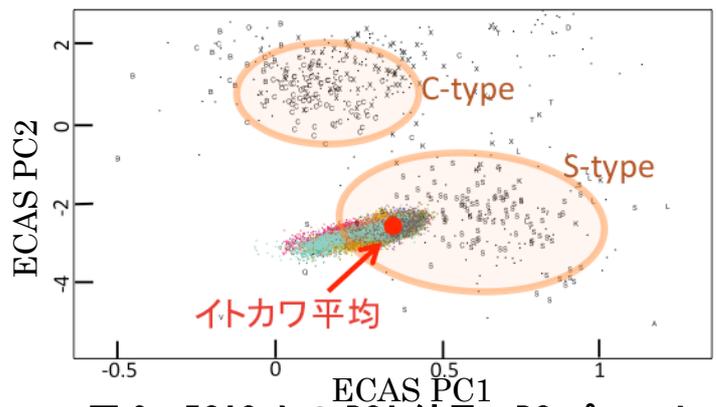


図2 ECAS との PCA 結果 : PC プロット

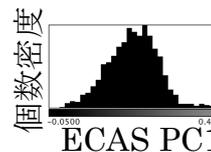


図3 ECAS PC1 に対する イトカワ点のヒストグラム

PC1, PC2 の寄与率は約 70-80%, 25%(使った 4 つの画像セットにより異なる)であった。

議論

宇宙風化は、大気のない天体表面が、宇宙線などにさらされてスペクトルが赤く・暗くなる現象として知られている。図1に示されるイトカワスペクトルの PC1 が右上がりのスペクトルとなっていることから、PC1 は宇宙風化の度合いを示していると考えられる。

またイトカワの各点を多数の小惑星に混ぜた PCA の結果 (図2)、イトカワ 1 つの天体上でのスペクトルの違いは、S 型の広がりにはほぼ匹敵するほど大きいことがわかった。また、イトカワの平均は S 型のありふれたスペクトルであるが、一部は S 型のクラスターの外まで伸びている。

さらに、ECAS の PC1 とイトカワの PC1 は相関係数 0.98 とよく一致した。よって図2における ECAS PC1 はイトカワの PC1 とほぼ一致し、すなわち宇宙風化の度合いを表すと示唆される。この ECAS PC1 に対するイトカワ点の個数分布は、左(宇宙風化が小さい)に長い尾をもつ分布となった。これは、宇宙風化の飽和する現象を表しているのかもしれない。ただし、掘削などで新鮮な物質が表面に出る過程の効率を考慮する必要がある。レーザー照射による宇宙風化模擬実験などで宇宙風化の時間に対するスペクトル変化の応答が求めれば、イトカワ表面での掘削効率を制約できる可能性がある。

組成の不均一性に対応する成分は出なかった。寄与率約 25%を占める PC2 のスコアのマッピングは、大部分が CCD カメラ読み出し時に発生するとして知られる電磁ノイズと一致した。PC1 は宇宙風化に対応すると考えられるため、組成の高い均一性が示唆される。ただし、ノイズを除去してからの解析が必要である。

参考文献

- [1] Hiroi, T. et al. 2006. *Nature* 443, 56-58.
- [2] Ishiguro, M. et al., 2007, *MAPS* 42, 1791-1800.
- [3] Tsuchiyama, A. et al. 2011. *Science* 333, 1125-1128.
- [4] Ishiguro, M. et al., 2010, *Icarus* 207, 714-731.
- [5] Tedesco, E. F. et al., 1982, *AJ* 87, 1585-1592.