

はやぶさ2に向けた画像テクスチャー・測光関数解析によるピクセル分解能以下の粒径分布の推定の開発

Estimation method for sub-pixel particle abundance based on texture/photometry analysis for Hayabusa2

*田辺 直也¹、巽 瑛理¹、逸見 良道¹、上吉原 弘明¹、沖津 由尚¹、小川 和律²、諸田 智克³、千秋 博紀⁴、宮本 英昭¹、杉田 精司¹

*Naoya Tanabe¹, Eri Tatsumi¹, Ryodo Hemmi¹, Hiroaki Kamiyoshihara¹, Yoshihisa Okitsu¹, Kazunori Ogawa², Tomokatsu Morota³, Hiroki Senshu⁴, Hideaki Miyamoto¹, Seiji Sugita¹

1. 東京大学、2. 神戸大学、3. 名古屋大学、4. 千葉工業大学

1. The University of Tokyo, 2. Kobe University, 3. Nagoya University, 4. Chiba Institute of Technology

はじめに: はやぶさ2はC型小惑星からの世界初のサンプルリターンを目指して、リュウグウに向けて航行中である。小惑星は太陽系初期の情報を保持していると考えられている。特にC型小惑星は、含水鉱物や有機物を多く含んでいる可能性がある。このような物質の詳細分析からは、生命誕生に重要な水や有機物の起源や太陽系形成過程に関する情報が得られると期待されている。

こうした小惑星物質の詳細分析のためにも、はやぶさ2探査で予定されている小惑星からのサンプル回収は極めて重要である。その際、サンプル回収地点の決定が非常に重要となる。サンプル回収地点の決定で最も優先されるのは、探査機の安全性確保である。タッチダウン時の安全性確保に必要な地表面の条件は幾つもあるが、空間スケールの最も小さい表面形状の条件として、直径数十cm以上の大きさのボールダの個数密度が低いことが挙げられる。小さいボールダは大きなボールダよりタッチダウン運用に与える影響は小さいが、どのサイズまでが重要な影響を与えるかは自明ではない。直径数十cmほどの小さなボールダでも、タッチダウンに悪影響を及ぼさず可能性を完全に排除することはできない。しかし、全球的な観測ができる20km高度からの画像の解像度は2m/pixであり、高度5kmまで降下しても解像度は~0.5m/pix程度である。数十cmのボールダを視認で判別することはできない。そのため、そのような小さなボールダの分布は視認可能な直径3m(数pix)以上のボールダの分布からベキ乗則を仮定して、外挿により求めるしかない。しかし、ボールダのサイズ分布則には、折れ曲がりなどがある可能性もあるため、このような外挿を各着陸候補地点に対して行くと、直径0.3m(~0.6pix)以上のboulderの数密度を正しく比較できていない可能性が残る。そこで、我々は本研究では、対象領域のテクスチャーを定量的に評価することで、ピクセル分解能以下の小さなボールダの平均粒径を推定する手法の開発を進めている。

実験手法: 探査で得られると期待されている画像セットを実験室で再現した。試料は、三宅島で採取した玄武岩質の試料を粒径ごとに分級したものを使用した。試料の粒径は0.01-10pixとなるように調整した。まず、この分級した試料をそれぞれ、単一粒径のまま撮影を行なった。次に、複数粒径での実験も行なった。テクスチャーに影響を与えないような非常に小さな粒子(~0.03pix)を敷き詰めたサンプルの上に、直径約0.9pixの粒子を、数密度を変えて並べてそれぞれ撮影した。どちらの実験においても、カメラと光源との間の角度(位相角)をはやぶさ2探査での撮影条件と同じ20度に固定して撮影した。得られた画像データから、テクスチャーに対応すると考えられる輝度値の標準偏差 σ を求めた。この解析を、0.01-10pixの単一粒径の粒子に対して行い、 σ と粒径の対応関係を調べた。さらに、複数粒径での実験の画像データから、 σ とsubpixelスケールの粒子の数密度の関係を調べた。

結果: 実験全体として、平均粒径の大きな試料ほど、 σ が大きくなるという対応関係が見られた。単一粒径での実験については、同一のカメラ、同一の試料セットでの実験において、ともに視認では粒径を確認できない数pix程度の粒子とsubpixelスケールの粒子の違いが、 σ の違いとして区別できることが確認できた。ま

た、複数粒径での実験においても、0.9pix程度の粒子の表面被覆率が大きくなるにつれて、 σ が大きくなることが確認できた。このことから、subpixelスケールの粒子が混合していた場合にも、より大きい粒子の多少が σ の値から判断できることが分かった。

まとめと展望: 以上の結果は、これまで視認では確かめられなかったsubpixelスケールの粒子の存在量の相対値が、輝度値の標準偏差 σ を調べることで、推定できる可能を示唆するものである。今後、さらに多くの粒径の粒子を混合したサンプルで実験を行い、はやぶさ2の探査で重要となる0.6 pix以上の粒子の数密度と σ を定量的に結びつける予定である。

キーワード：はやぶさ2、ボールド、測光

Keywords: Hayabusa2, boulder, photometry