

はやぶさ 2 ONC データによる Ryugu 表面ラフネスの推定 着陸点選定訓練データを用いた検討

諸田智克¹, 千秋博紀², 横田康弘^{3,4}, 坂谷尚哉⁵, 巽瑛理⁶, 杉田精司⁶,
本田理恵⁴, 本田親寿⁷, 山田学², 平田成⁷, 平田直之⁸,
三浦昭³, 山口智宏³, 田中智³, はやぶさ 2 光学航法カメラチーム

¹名古屋大学, ²千葉工業大学, ³宇宙航空研究開発機構, ⁴高知大学,

⁵明治大学, ⁶東京大学, ⁷会津大学, ⁸神戸大学,

はやぶさ 2 の小惑星 Ryugu 近傍観測における重要な課題は、サンプルを取得するタッチダウン地点をどのように決定するか、である。特に安全性の観点から、数十 cm スケールでの表面起伏の情報をいかに得るかが重要である。我々はその1つの手段として、様々な測光条件における明るさの変化から、Hapke パラメータ、特にラフネスパラメータを推定することを検討している。

一般に表面ラフネスの測光への効果は、太陽入射角が大きく（低い太陽高度）、位相角が大きい条件で大きくなると考えられる。一方で、はやぶさ 2 のホームポジションからの観測では Ryugu の自転を利用して全球的なマッピングを行う。そのため、Ryugu 表面のある領域の画像データは、様々な太陽入射角、射出角で得られるが、位相角はほぼ一定で 10~30 度程度である。そのような測光条件のデータセットに対して Hapke モデルをフィッティングした場合に、ラフネスパラメータが安定して算出可能か、それらのパラメータは表面の起伏状態を正しく表しているか、が問題となってくる。

そこで我々はまず、様々なラフネスの模擬表面地形 [千秋ほか, 2017, 日本惑星科学会秋季講演会] を作成し、表面の反射特性を仮定して、はやぶさ 2 の観測測光条件（位相角一定）を想定することで、模擬画像を作成した。それらのデータセットに Hapke モデルをフィッティングし、ラフネスパラメータを算出した。得られたラフネスパラメータと模擬表面地形の平均傾斜角を比較し、両者の相関性を評価した。図 1 は模擬表面地形の平均傾斜と推定したラフネスパラメータの関係を示す。この結果をみると、ラフネスパラメータは模擬地形の平均傾斜をよく表しており、位相角一定の測光条件のデータセットにおいても表面地形の起伏を十分に推定可能であることがわかった。

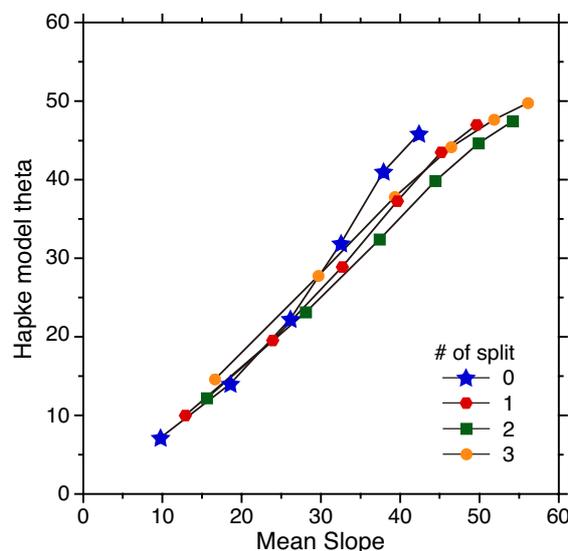


図 1 模擬表面地形の平均傾斜と模擬画像から推定したラフネスパラメータの比較。

上記の検討では、カメラ固有の様々なノイズや測光条件の誤差などを考慮していない。そこで次により現実的な問題を扱うために、現在、はやぶさ 2 プロジェクトで実施している着陸点選定訓練のデータセットを使用し、Hapke モデルによる表面ラフネスの推定を行った。Box-A (高度 20km, 分解能~2m) 観測の様々な自転位相におけるデータを用いて (図 2), ボルダの少ない領域 (領域 1) と平均的にボルダが存在している領域 (領

域2)の2つの領域に対して、それぞれの自転位相における入射角、射出角、位相角を算出し、表面の明るさとの関係からラフネスパラメータを算出した。その結果、領域1のラフネスパラメータは11deg.程度、領域2のラフネスパラメータは19deg.程度に求められた。訓練データの作成に用いたラフネスパラメータは10deg.であり、領域1の推定値とよく一致している。また、領域2には、それに加えて形状モデルにボルダ地形を加えており、その結果として相対的に高いラフネスパラメータが求められたと考えられる。このように限られた測光条件、現実的なデータセットにおいても測光関数から表面の相対的なラフネスを推定できることがわかった。今後は小惑星全球におけるラフネスのマッピングを行い、表面地形との網羅的な評価を行う必要がある。

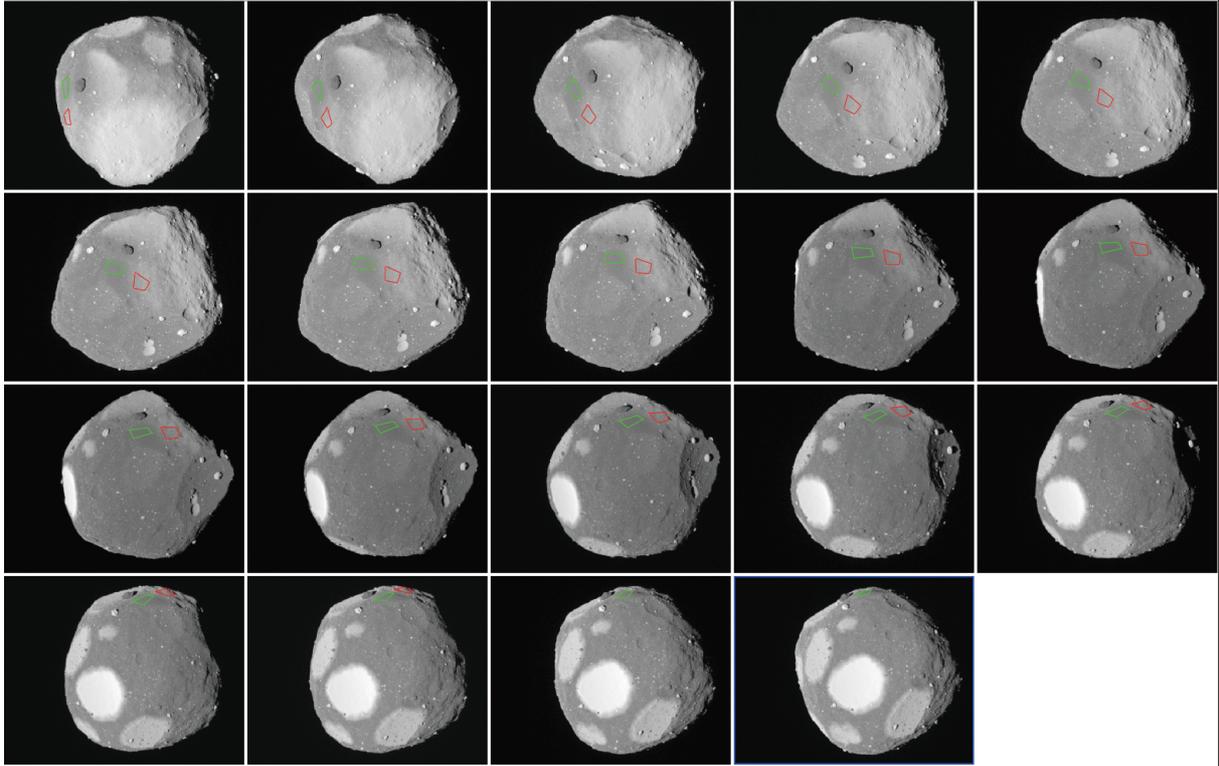


図2 着陸地点選定訓練データ。領域1(緑)と領域2(赤)