

高解像度画像を用いた小惑星リュウグウ岩塊表面の 小クレーター解析

○愛敬雄太¹、諸田智克¹、杉田精司^{1,2}、長勇一郎¹、道上達広³、本田理恵⁴、
巽瑛理⁵、坂谷尚哉⁶、亀田真吾⁷、山田学²、横田康弘⁸、松岡萌⁹、本田親寿¹⁰、
神山徹⁹、鈴木秀彦¹¹、早川雅彦⁶、吉岡和夫¹、小川和律¹²、澤田弘崇⁶

¹東京大学、²千葉工業大学、³近畿大学、⁴愛媛大学、⁵カナリア天体物理学研究所、⁶JAXA/宇宙科学研究所、
⁷立教大学、⁸東京科学大学、⁹産業技術総合研究所、¹⁰会津大学、¹¹明治大学、¹²JAXA/国際宇宙探査センター

小惑星の岩塊表面に見られる微小クレーターのサイズ頻度分布（crater size-frequency distribution: CSFD）は、岩塊が宇宙空間に露出していた時間スケールや、熱疲労や微小天体衝突といった岩塊表面の更新タイムスケールを制約する上で重要な手掛かりである。

ベヌー表面では直径 30cm 以上のクレーターを持つ岩塊が 258 個発見され[1]、CSFD から岩塊の破壊や表面更新過程の時間スケールの推定が行われている。リュウグウにおいても、タッチダウン時の高解像度画像から滑らかな岩塊上に 19 個クレーターが発見され、ベヌーよりクレーター密度が低いことが報告されている[2]。しかし、領域や岩の種類[3]によってクレーター統計が異なる可能性があるため、より広範な領域で網羅的な微小クレーター測定が必要である。

そこで本研究では、高解像度画像を用いてリュウグウ表面岩塊上の微小クレーターの網羅的な探索を実施し、CSFD を測定した。はやぶさ 2 探査機のタッチダウン時(TD1・TD2)および着陸機(MASCOT・MINERVA)投下時に、光学航法カメラ（ONC-T）で撮影した高解像度画像 20 枚（解像度 3mm/pix～5cm/pix）を使用し、画像内で十分な面積(2000pix 以上)を持つ岩塊をリストアップした。その中で、先行研究[1,2]で挙げられているクレーター形態の 1 つである円形の凹みを目視で探索しサイズ測定を行った。複数の視点から撮影されている場合は、立体視によってクレーター候補の確度を評価した。クレーター個数分布から CSFD を導出し、リュウグウ表面岩塊を対象として構築したクレーター年代学モデルと比較して岩塊表面年代を推定した。

その結果、20 枚の高解像度画像から合計 46 個のクレーター候補が発見された(図 1)。このうち、立体視によって確度が比較的高いと評価されたクレーター候補は 18 個であった。導出された CSFD(図 2)には 4 つの領域間で有意な差は見られず、アイソクロンとの比較からリュウグウの岩塊表面年代は 100kyr から 1Myr の範囲にあると推定された。

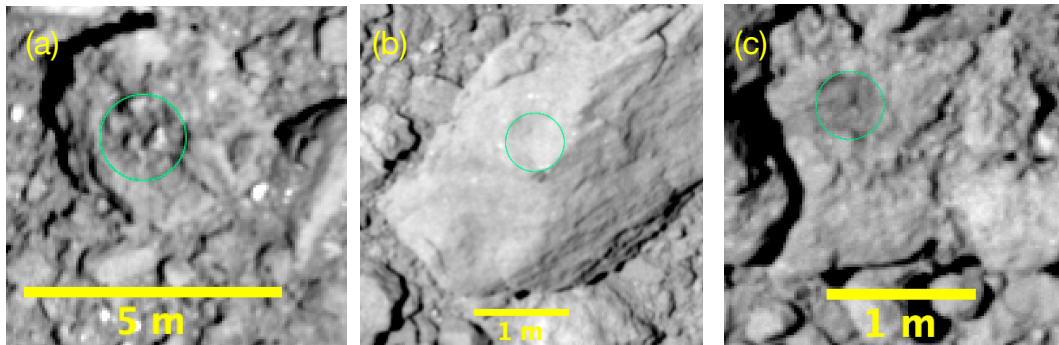


図 1 リュウグウ表面岩塊上のクレーター候補 (a:hyb2_onc_20190221_205818_tvf_l2d, b: hyb2_onc_20181003_013540_tvf_l2d, c: hyb2_onc_20181003_013540_tvf_l2d)

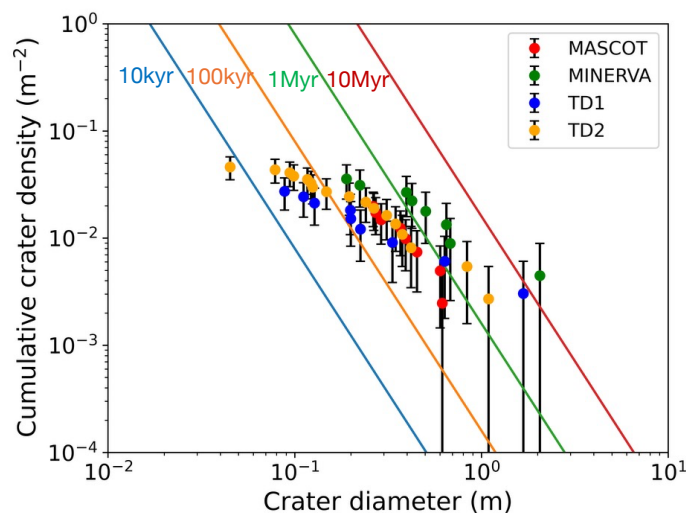


図 2 リュウグウ表面岩塊上クレーター候補の CSFD

この年代は、TD1・TD2 の 19 個のクレーター候補から報告されている岩塊年代 (10kyr~1Myr)[2] と整合的である。一方で、リュウグウ全球の表面年代(8.15Myr)[4] やサンプルの宇宙線照射年代 (5Myr)[5] よりも短い。したがって、岩塊表面年代に対する天体表面の地質プロセス(表面流動など)の影響は相対的に小さく、熱疲労や微小天体衝突といった岩塊自体の表面更新プロセスを反映していることが示唆される。

参考文献：[1] Ballouz et al., 2020, Nature. [2] Takai et al., 2021, LPSC. [3] Sugita et al., 2019, Science. [4] Cho et al., 2021, JGR. [5] Okazaki et al., 2023, Science.