

模擬低重力下での高速度衝突クレーター形成実験

木内真人¹, 岡本尚也¹, 長足友哉², 長谷川直¹, 中村昭子²

¹宇宙航空研究開発機構, ²神戸大学大学院理学研究科

背景と目的 小天体の表面重力は微小であり, クレーター形成に重力が与える影響を理解することは重要である. クレーターサイズに対する重力の影響について調べた研究はとして, 低重力下および高重力下で様々な速度域で衝突実験が行われている[1-5]. また, 微小重力環境ではレゴリス層の強度の影響が重力の影響を卓越する条件が存在する可能性があるが, 重力支配域から強度支配域に遷移する条件は, 異なる重力下での実験データが限られていることもあり明確にはわかっていない. 本研究は, 高速度域でのクレーター直径の重力依存性および低重力下で粉体層強度がクレーター直径に与える影響について調べることを目的とする.

実験 JAXA 施設内の縦型式二段銃の真空チャンバー内に構築した落下装置を用い, 粉体標的に対する高速度衝突実験を行った. 実現できる重力加速度は 0.04~0.07 G であり, 標的には硅砂 (粒径:~425 μm), 微小ガラスビーズ (粒径:~44 μm), 微小アルミナ (粒径:~40 μm) の 3 種類を用いた. 速度 1.2 km s^{-1} で直径 1 mm のガラス球弾丸および直径 4.76 mm のポリカーボネイト球弾丸を衝突させた. 高速度カメラによりクレーター形成過程を観察した.

結果と議論 硅砂標的では, 1 G 下よりも低重力下で形成されるクレーターの方が大きくなっており, クレーター直径は重力加速度の -0.18 乗に比例した. これは先行研究で得られた重力依存性と調和的である[1-4]. 一方, 微小ガラスビーズ標的と微小アルミナ標的では, 1 G 下と低重力下でクレーター直径に大きな違いが見られなかった. 粒子間力の測定値[6]と理論式[7]から粒子層の引張り強度 Y を見積もり, 強度支配域で形成されるクレーター直径 D をスケールリング則[8]から推定した結果, 粒径の小さい標的で形成されたクレーターは標的強度の影響を受けていると考えられる. 本実験結果より, 衝突速度 1.2 km s^{-1} のとき, $Y / \rho g D \geq 0.8$ で標的強度がクレーターサイズに影響を与えることがわかった (ρ は標的密度, g は重力加速度). 得られた制約条件をもとに, レゴリス強度が影響を与える小惑星上のクレーター直径を見積もったところ, イトカワやリュウグウサイズの天体では, 粒子直径が 1 mm の場合は直径 30~45 m 程度のクレーターまで強度が影響する可能性があることがわかった.

参考文献 [1] Gault, D. E. and J. A. Wedekind (1977). In *Impact and Explosion Cratering*, Pergamon Press, New York, 1231-1244. [2] Schmidt, R. M. and K. R. Housen (1987). *Int. J. Impact Eng.* 5, 543-560. [3] Cintala, M. J., Horz, F., & See, T. H. (1989). 19th LPSC. [4] Kiuchi, M., Nakamura, A. M., Wada, K. (2019). *Journal of Geophysical Research: Planets*, 124, 5, 1379-1392. [5] 高木靖彦 (2012). *日本マイクロ重力応用学会誌* 29, 163-168. [6] Nagaashi, Y., Aoki, T. and Nakamura, A. M. (2021). *Icarus*, 360, 114357. [7] Rumpf, H. (1970). *Chemie. Ing. Techn.*, 42, 538-540. [8] Holsapple, K. A. (1993). *Annu. Rev. EPS*, 21, 333-373.