

空隙を持つ標的への衝突と それに伴う低密度脆性弾丸の挙動

○原田竣也¹, 中村昭子¹, 岡本尚也¹, 青木隆修¹, 鈴木絢子², 長谷川直²

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

太陽系には平均密度が 1 g/cm^3 よりも小さい小天体が存在し, これら天体表面は空隙を含んでいると考えられる. このような天体へも探査機による観測が進んでおり, 表面地形の高解像度の画像が得られることで, 天体表面に存在する小クレーターが詳しく観測できるようになった. 小天体の表層を特徴づけるクレーターについて調べることは, 天体の表層進化を知る一つの手段である.

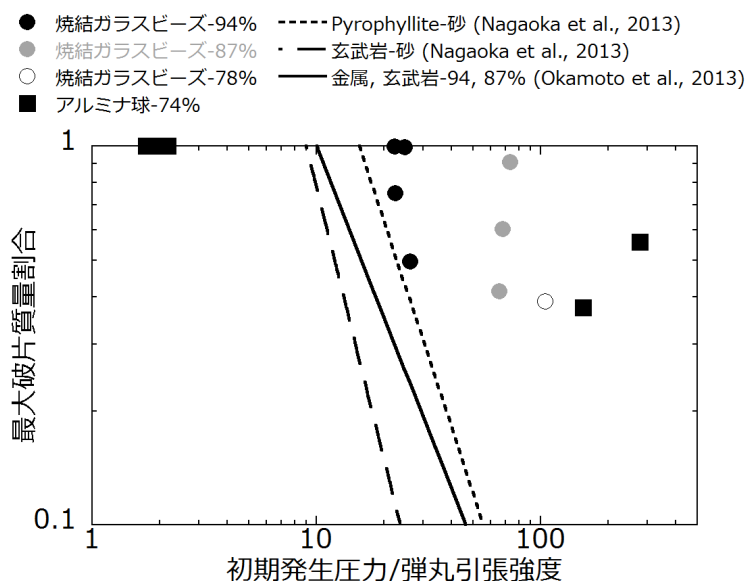
本研究では空隙を持った天体表面に弾丸が衝突することで形成されるクレーターや, 衝突で生じる現象を調べるために実験を行った. 標的には粒径 $55 \mu\text{m}$ の中空ガラスビーズ焼結体を用い, 焼結温度を変えることで焼結体の空隙率を 74-94%, 強度を 0.6-1.9 MPa で変化させた. 弾丸には直径約 3 mm のガラスビーズ(粒径 $500 \mu\text{m}$)焼結体, ($\sim 1.3 \text{ g/cm}^3$), 多孔質アルミナ球($\sim 1.8 \text{ g/cm}^3$), 中空ガラスビーズ焼結体($\sim 0.5 \text{ g/cm}^3$)を使用した. これは空隙を持つ天体表面と同様の物質が衝突することを想定している. 神戸大学の小型ガス銃と宇宙科学研究所の二段式ガス銃を用いて, $100\text{-}350 \text{ m/s}$ 及び $2\text{-}5 \text{ km/s}$ の範囲の衝突速度で実験を行った.

標的の空隙率が大きくなるほど, また弾丸の密度が大きくなるほど, 形成された孔は深くなった. 低速度域では孔の入り口直径と最大直径は弾丸と同程度だった.

衝突に伴い弾丸は破壊されて標的に貫入していた. この貫入深さは弾丸の貫入モデル(Kadono and Fujiwara, 2005; Okamoto et al., 2013)を用いることで説明できた. また,

破壊された弾丸を回収し最大破片質量を計測した. 初期発生圧力を弾丸引張強度 Y_{pt} で規格化して最大破片質量割合を見ると, 高速で空隙率 74%の標的に衝突させた多孔質アルミナ球は他の物質より壊れにくい結果となり, これは弾丸の空隙が破壊に影響すると考えられる

(右図).



一方、低速衝突の場合は弾丸の反発が見られた。Machii et al. (2013)では、反発は標的圧縮強度と初期発生圧力が同程度の場合起こるとされているが、本実験では初期発生圧力が標的圧縮強度より一桁以上大きい場合でも、一度潜り込んでから反発した。

宇宙科学研究所での実験（多孔質アルミナ球→空隙率 74%標的）ではフラッシュ X 線を用い、衝突後の 3 つの時刻での標的の様子を撮影した。その画像から成長途中の孔の体積を計測すると、この傾向は貫入孔体積の成長とキャビティの体積を計測した先行研究の結果との間になった（下図）。空隙率 74%標的に玄武岩を衝突させた実験や、多孔質アルミナ球を空隙率 40%の石膏に 5 km/s で衝突させた実験では傾向がキャビティのようになっており、本実験のキャビティと貫入孔の間になる傾向が何に起因するものであるかを調べる必要がある。

$$\text{時間スケール} \quad \pi_t = \frac{v_i t}{r_p}$$

$$\text{体積スケール} \quad \pi_v = \frac{\rho_t V(t)}{m_p}$$

v_i : 衝突速度

t : 衝突からの時刻

r_p : 弾丸半径

ρ_t : 標的密度

$V(t)$: 時刻 t での体積

m_p : 弾丸質量

