

多孔質標的への低密度脆性弾丸の衝突

○原田竣也¹, 中村昭子¹, 岡本尚也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

空隙を持つ小天体が太陽系に存在しており(Consolmagno et al., 2008), 近年ではそういった天体へ接近しての探査が盛んになってきた. それに伴い, 小天体表面層のクレーターが詳しく観察されるようになり, 空隙を持つ天体の衝突現象について実験的に調べられるようになった. これまでの空隙を持つような標的に対する衝突実験では, 弾丸に金属や岩石, セラミックのような密度が大きい物質や, 低密度ではあるが空隙は持たないナイロンのような弾丸が使われてきた. しかし, 実際の空隙を持つような低密度な天体表面に, それと同じような空隙や密度を持つ天体が衝突することも十分に考えられる. 本研究ではある程度の強度を持ちながらも低密度で空隙を含む脆性弾丸を用意し, 高空隙率標的に 5 km/s までの衝突速度で実験を行い, それによってできるクレーターの形状やその成長, また弾丸の反発や貫入といった現象を調べた. ここでは特に弾丸の破壊について着目する.

実験にあたり, 空隙を持つ標として 55 μm 中空ガラスビーズの焼結体 (fluffy, FL) や石膏を用いた. 焼結体は焼結時間を変え, また石膏は焼石膏と水の比率を調整してその空隙率や強度を変化させた. 空隙率は焼結体が 74-94%, 石膏が 30-73% である. 弾丸には二種類の多孔質アルミナ球を使用しており, 径が 8 mm の物を AL-L, 3 mm の物を AL-S とする. これら試料の音速や強度は計測しており, 後の解析でその物性値を使用する. 衝突実験には神戸大学の小型ガス銃と縦型火薬銃, 宇宙科学研究所の二段式ガス銃を用い, 衝突速度約 35 m/s から 5 km/s の間で実験を行った.

弾丸が標的に衝突した際, 弾丸は標的内に貫入したが, 低速度の場合は弾丸が標的から反発することがあった. また, 弾丸は破壊される場合とそのまま生き残る場合が観察された. 空隙が大きい標的に貫入した弾丸は, 形成されたクレーター (孔) の表面よりも深くに存在することがわかった.

衝突後の弾丸を回収し, その最大破片質量と衝突時の発生圧力との関係を調べた. ここでの発生圧力は, Rankine-Hugoniot の関係式を用いて見積もっている(e.g. Melosh 1989). これまでの研究結果では, 弾丸の引張強度の 10 倍程度の初期発生圧力で弾丸が壊れ始める(Okamoto et al., 2013; Nagaoka et al., 2014)ことがわかっている. 今回の実験結果からも同様の傾向が見られた (ただし, 今回は弾丸の引張強度ではなく球圧壊強度 (平松ら, 1965) を用いている) (図内①). 一方, 高速度での衝突実験で大きな弾丸破片が残る場合が見られた. 衝突によって弾丸がどの程度壊れるかを調べるために, 衝突後に弾丸が貫入しないようなアルミ板やナイロン板への衝突実験も行い, 破壊の程度を確認した. その結果, 前述と同様な傾向が見られる一方で, 衝突速度 (衝突時発生圧力) が大きくなるほど最大破片が大きくなる傾向も見られた (図内②). これは標的表面に衝突した弾丸が圧密され, 固まったためとみられる. この大きくなる傾向を発生圧力

が大きい向きへ伸ばすと、高速度衝突での大きな弾丸破片のデータ点に近づく（図内③）。衝突速度や標的の違いがあるため、単純に比較はできないが、高速度衝突の最大破片も圧密されてきたと考えれば、衝突後の弾丸が圧密されることによる弾丸最大破片の増大現象が示唆される。また、実際の高空隙率天体に空隙を持つような衝突体が貫入することを想定すれば、貫入途中に圧密され、衝突体がばらばらに壊れずに捕獲されるかもしれない。ただし、この現象は現在のところAL-S弾丸でしか見られていないため、この弾丸特有のものかもしれない。今後、他の弾丸を使用した場合でも、高速度で最大破片が増大することが確認されるかどうかを検証していく必要がある。

