

弾丸形状がクレータ形態に与える影響：はやぶさ 2 SCI 副クレータへの応用

寫生有理 (ISAS/JAXA)

利用カテゴリ 計算サーバ

はやぶさ 2 搭載の小型衝突装置 (SCI) は 2019 年 4 月 5 日に動作し、小惑星リュウグウ表面に直径 10 m 以上の人工クレータを形成した。SCI は銅製の主衝突体に加えて、銅・鉄製の不規則形状をした前方破片を生成し、標的表面に同心円状の衝突痕を形成する。このような同心円状の地形変化は実運用においてリュウグウ表面でも観察され、前方破片によって形成された副クレータの存在が推定されている。しかし、不規則形状の破片が形成するクレータ形状が典型的なお椀型であるかは自明ではない。不規則形状の弾丸を用いた室内実験は困難であることから、本研究では iSALE 衝撃物理学コード (Amsden et al., 1980; Collins et al., 2004; Wünnemann et al., 2006) を使用して、円柱弾丸のアスペクト比がクレータ形状に及ぼす影響を調べた。本研究の成果は JpGU-AGU Joint Meeting 2020 にてポスター発表予定である。

弾丸は体積一定とした鉄円柱を用い、それぞれ幅 w を 5 から 40 mm、高さ h を 14 から 5 mm とすることで、アスペクト比 h/w を 0.36 (円盤) から 8.0 (棒) まで変化させた。衝突方向は円柱の軸方向とした。標的には均一な砂層を用いた。弾丸と標的の状態方程式は、それぞれ鉄と石英の Tillotson EOS を使用した。衝突速度 v は 2 km/s とし、重力加速度は 9.8 m/s^2 とした。計算は弾丸貫入特徴時間 $t_s = h/v = 1000$ まで実施した。計算後、過渡クレータの深さ d 、リム直径 D 、およびピット深さ d_p を測定した。

弾丸アスペクト比 h/w と過渡クレータのリム直径・深さ比 d/D およびピット深さ比 d_p/D の関係を図 1 に示す。弾丸アスペクト比の増加とともに過渡クレータの直径・深さ比とピット深さ比は増加し、経験式 $d/D = 0.49 \times (h/w) + 0.04$ および $d_p/D = 0.018 \times (h/w) + 0.015$ が得られた。このことは、衝突速度ベクトル方向の弾丸長さが弾丸貫入深さを決定することを示している。地上試験で得られた SCI 前方破片による貫通痕の典型的なアスペクト比は 0.5 であることから、典型的な副クレータの過渡クレータの直径・深さ比は 0.5–0.6 であり、球弾丸の場合と比較して 20% ほど変動することがわかった。

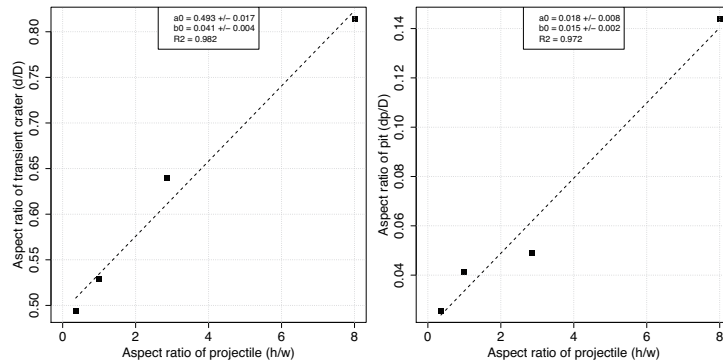


図 1: 弾丸アスペクト比 (h/w) と過渡クレータのリム直径・深さ比 (d/D) (左) およびピット深さ比 (d_p/D) の関係 (右).