

中空弾丸の衝突における放出物のパターン

門野敏彦 前田琉成 渡邊竜也 宮路仁衣奈 村山綾弥香 吉田二美 (産業医科大学)
樋口有理可 (京都産業大学), 鈴木絢子 (東洋大学)
長谷川直 鳶生有理 (宇宙科学研究所), 末次竜 (大島商船高等専門学校)

近年, Deep Impact, LCROSS, Hayabusa2, DART など, 惑星探査で衝突実験が行われるようになった。そこで使われたインパクターは, これまでの室内実験で用いられてきたプロジェクトイルとは異なり, たとえば Deep Impact は制御できる小型衛星(A'Hearn et al. 2005), LCROSS はロケットの使用済み燃料タンク(Colaprete et al. 2010), Hayabusa2 は殻が銅で中身が空洞の「中空」弾丸 (Saiki et al. 2017), DART は人工衛星(Cheng et al. 2018)である。インパクターが中身の詰まった「中実」ではない構造を持っていても, 形成されるクレーターサイズはインパクター密度として「バルク密度」を設定すれば重力域でも強度域でも従来のスケーリング則で記述可能であった (Schultz and Gault 1985; Kadono et al. 2022)。

中実のプロジェクトイルを粉粒体標的に高速度で衝突させるとクレーター形成の際に標的表面から約 45 度で放出される「エジェクタカーテン」が観測される(たとえば Kadono et al. 2020)。ところが LCROSS の衝突を模擬するために中空アルミニウムプロジェクトイル(殻がアルミニウム製)を使った約 2.5km/s での衝突実験では, エジェクタカーテンに加えてターゲット表面に垂直に飛び出す高角度の「高角プルーム」の発生が確認された(Schultz et al. 2010; Hermalyn et al. 2012)。しかし高角プルーム発生のメカニズムは解明されていない。

もし, 高角プルームの発生メカニズムが解明されエジェクタの量や方向をプロジェクトイルの形状で制御することができれば, 将来の惑星探査への応用が期待できる。たとえば, DART (たとえば Cheng et al. 2018)のように地球に落下する危険がある小惑星にインパクターを衝突させて軌道を変える計画でも, エジェクタの速度と質量の制御が効率のよい軌道変更につながるだろう。また, はやぶさ 2 では探査機本体が小惑星表面まで降下しサンプル採取用ホーンを接地させなければならなかった(たとえば Kikuchi et al. 2022)。降下せず上空で採取できるようにエジェクタの放出方向を制御できればこのような危険な運用は避けることができるだろう。

本研究では, 高角プルーム発生機構の解明を行うためにガラスビーズ標的に対して中空のプロジェクトイルを用いた衝突実験を行い, 高速カメラで高角プルームの有無を衝突速度の関数として調べた。回収したプロジェクトイルの状態を基に高角プルームの発生過程を議論する。

References

- A'Hearn et al. (2005) *Science* **310** 258.
- Cheng et al. (2018) *Planet. Space Sci.* **157** 104.
- Colaprete et al. (2010) *Science* **330** 463.
- Hermalyn et al. (2012) *Icarus* **218** 654.
- Kadono et al. (2020) *Icarus* **339** 113590.
- Kadono et al. (2022) *Earth Planet. Sci.* **74**, 132.
- Kikuchi et al. (2022) *Planet Space Sci* **219** 105519.
- Saiki et al. (2017) *Space Sci. Rev.* **208** 165.
- Schultz and Gault (1985) *JGR* **90** 3701
- Schultz et al. (2010) *Science* **330** 468.