

高速度衝突エジェクタ：実験とモデルの比較

○山口祐香理、中村昭子（神戸大学大学院理学研究科）

背景と目的

火星衛星表面には、火星での衝突によって放出された火星物質が存在すると考えられており、MMX ミッションによる火星衛星フォボスからの回収サンプル中の火星エジェクタ量が数値計算により推定されている[1]。しかし、フォボスに到達しうるエジェクタ量を見積もるには、個々の粒子のサイズと速度から火星大気の影響を考える必要がある。月の二次クレーターの解析からは、 ≥ 1.5 km/s のエジェクタのサイズと速度の関係しか得られておらず[2]、火星からフォボスに到達する ≥ 4 km/s の高速度エジェクタのサイズと速度の関係はよく分かっていない。また、乾燥凝灰岩と玄武岩に対する玄武岩球の衝突数値計算から、標的の組成と強度が破片サイズなどに影響を与えることが示唆されている[3]。そこで、本研究では、火星での衝突によって放出されて衛星に到達するエジェクタ量を実験的に推定するために、高速度なエジェクタのサイズと速度の関係と標的物性への依存性を明らかにすることを目的とする。

実験手法

宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃を用いて直径 3 mm のアルミニウム球弾丸を、衝突速度 7 km/s で、一次標的に垂直衝突させた。エジェクタが通過する位置に二次標的を配置し、弾丸の一次標的への衝突とエジェクタの二次標的への衝突を高速度カメラで撮影して高速度エジェクタのサイズと速度の関係を調べた。一次標的は、先行研究[4]の玄武岩(2.7 g/cm³、12 MPa)とは密度と引張強度が異なる粗粒玄武岩(3.2 g/cm³、21 MPa)と蛇紋岩(2.7 g/cm³、18 MPa)を、二次標的はポリカーボネイト板を使用した。

解析手法

エジェクタの二次標的への飛行時間と飛行距離から速度を導出した。また、エジェクタによって二次標的に形成されたクレーターの面積からクレーターの直径を算出し、 π スケールリング則を用いてエジェクタを球としてそのサイズを推定した。

エジェクタサイズと速度の関係

同じエジェクタ速度でのエジェクタサイズは、一次標的の引張強度の順で大きく、エジェクタサイズは、標的の物性（特に強度）に依存する可能性がある。エジェクタサイズが歪み速度に依存するモデル[5,6]から予想される最大サイズは、どの岩石の場合も実験結果のサイズ範囲より小さかった。一方、エジェクタサイズがエジェクタ速度や引張強度に依存するモデル[7]の外挿から予想される最大サイズは、玄武岩と蛇紋岩の場合は実験結果のサイズ範囲とよく合ったが、粗粒玄武岩の場合は実験結果のサイズ範囲の 10 分の 1 程度だった。ただし、粗粒玄武岩のワイブルパラメータの値を小さくし、エジェクタ形状による効果を加味すると、実験結果のサイズ範囲と調和的に見えることがわかった。

参考文献

[1] Hyodo et al. (2019) *Sci. Rep.* **9**, 19833. [2] Singer et al. (2020) *J. Geophys. Res. Planets* **125**, e2019JE006313. [3] Elliott et al. (2022) *Icarus* **375**, 114869. [4] Nakamura et al., in prep. [5] Grady & Kipp (1980) *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* **17**, 147-157. [6] Melosh et al. (1992) *J. Geophys. Res. Planets* **97**, 14735-14759. [7] Melosh (1984) *Icarus* **59**, 234-260.

謝辞

本研究は、JAXA 宇宙科学研究所の超高速度衝突実験施設の共同利用実験として行いました。