

標的物性の高速衝突エジェクタサイズへの影響

○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サンプルリターンで、火星史全体の大気や水圏や磁化など様々な情報を得ることが期待されている[1]。また、乾燥凝灰岩標的と玄武岩標的に対する玄武岩球の衝突シミュレーションから、標的の組成と強度が放出破片のサイズなどに影響を与えると考えられている[2]。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、高速なエジェクタのサイズ—速度—放出角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、衝突速度約 7 km/s で、一次標的に対して垂直および斜め 45° で衝突させた。

図 1 のように、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面への衝突を高速カメラで撮影して高速エジェクタのサイズ—速度—放出角度の関係を調べた。放出角度 θ は、図 1 のように、一次標的面の接線方向とエジェクタの放出方向のなす角と定義する。

一次標的は、先行研究[3]の豊岡産玄武岩(2.7 g/cm³, 12 MPa)とは密度と圧裂引張強度が異なるモンゴル産玄武岩(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面積からクレーター直径を算出し、 π スケー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。

エジェクタ放出角度 θ —速度

図 2 のように、垂直衝突(90°)の場合、どの岩石も先行研究[4]の結果に沿っているように見え、岩石による大きな違い

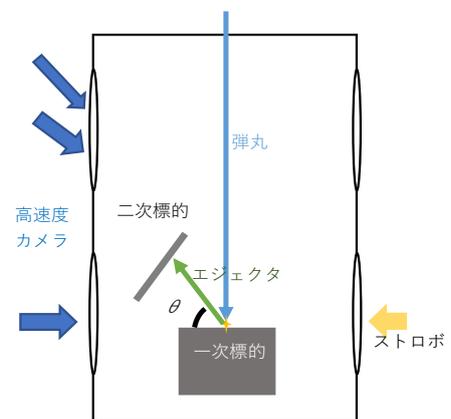


図 1 衝突実験(垂直衝突)概略図
(チャンバーを上からみた図)

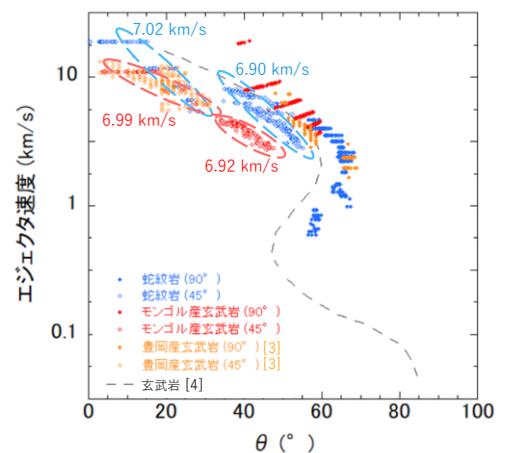


図 2 エジェクタの放出角度と放出速度

点線の丸は単一の実験から得られたデータを、速度はそれぞれの実験のアルミ球弾丸の衝突速度を示す

はみられない。斜め衝突(45°)の場合、蛇紋岩については2つの実験間でばらつきが大きいため、岩石による違いが見られると断言できない。

エジェクタサイズ-速度(垂直衝突)

本研究で実験を行った蛇紋岩とモンゴル産玄武岩を先行研究[3]の豊岡産玄武岩の結果と比較するにあたり、二次標的へのエジェクタ衝突条件についてそれぞれ補正を行った。

蛇紋岩のエジェクタは、豊岡産玄武岩のエジェクタに比べて細長いので、エジェクタ形状による影響について、モンゴル産玄武岩のエジェクタは、豊岡産玄武岩のエジェクタに比べて浅い角度で二次標的に衝突していたため、衝突角度による影響についての補正を行った。

以上の補正を加味すると、図3のように、同じ放出速度でのエジェクタサイズは、豊岡産玄武岩、蛇紋岩、モンゴル産玄武岩の順に大きくなるのが分かった。この順は、一次標的の引張強度の順と同様であり、エジェクタサイズは、標的の物性(特に引張強度)に依存する可能性があることを示している。

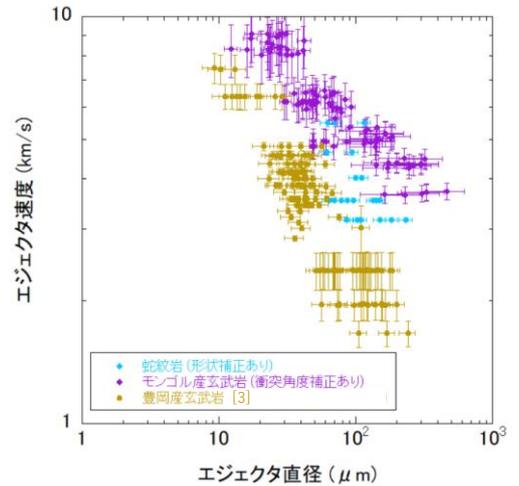


図3 エジェクタのサイズと放出速度

参考文献

- [1] Hyodo, R. et al. (2019). Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history. Scientific Reports 9, 19833.
- [2] Elliot, J. R. et al. (2022). The role of target strength on the ejection of martian meteorites. Icarus 375, 114869.
- [3] 野村 啓太, 天体の脱出速度に達する岩石衝突放出物の実験的研究, 神戸大学大学院理学研究科, 修士論文, 2022年3月
- [4] Gaault, D. E. and Heitowit, E. D. (1963). The Partition of energy for hypervelocity impact craters formed in rock. In Proceedings, Sixth Hypervelocity Impact symposium, Vol. 2, pp. 419-456. Firestone Rubber Co., Cleveland, Ohio.

謝辞

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