

高空隙率標的から放出されたエジェクタ速度の研究

中村 昭子, 青木 隆修, 岡本 尚也, 長岡 宏樹 (神戸大理)
長谷川 直 (JAXA 宇宙研)

1. はじめに

これまでの研究で、衝突クレーター形成時のエジェクタの速度について、エジェクタ量やエジェクタの表面での放出位置との関係がスケーリング則として整理されている^[1]。天体表面の強度が効く強度支配域においては、エジェクタの典型的な速度は、(標的強度/標的バルク密度)^{0.5}程度であることが示されている。このスケーリング則は、衝突点を点源として扱うことにより、衝突点から遠方の物理量を記述している。

我々は、このスケーリング則がそのまま適用できない衝突点近傍からのエジェクタに着目し、その速度やエジェクタコーンの拡がり角と衝突条件の関係を調べてきた。これまで、空隙をほとんど含まない岩石や焼結体などの空隙を含む標的の実験を行ってきた^[2]が、今回は、粉体層を標的とした実験を行い、エジェクタの解析を行った。

2. 実験

実験は、宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃を用いて行った。弾丸は直径 3.2 mm 厚さ 2 mm の玄武岩円柱で、衝突速度は、約 2 km/s と 5 km/s である。標的は、空隙率約 50% のシリカサンドである。シリカサンドは直径 70 mm のアクリルの円筒容器に入れて押し固めた。円筒容器の上面には、シリカサンドを保持するために、弾丸用の円形の穴をあけた紙をはりつけた。これを横倒しにして、円筒の軸と弾道を一致させるようにした。

高速度カメラ (島津 HPV-1) を用いてコマ間隔 2-8 μ s で撮像を行い、エジェクタの最大速度 V_{max} とエジェクタコーンの拡がり角 θ を求めた。フラッシュ X 線の透過画像も得た。

3. 結果

図 1 a に、衝突速度と岩石標的および空隙を含む標的からの最大速度の関係を表す。実線は「衝突速度=エジェクタ最大速度」を示す。同じ衝突速度では、エジェクタ最大速度は、岩石、空隙率 40-50% の標的 (ガラスビーズ焼結体、シリカサンド、石膏)、空隙率 87、94% の標的 (ガラスビーズ焼結体) の順となっている。この結果を考慮して、図 1b に、横軸に衝突速度に標的・弾丸の密度比をかけたもの、縦軸にエジェクタ最大速度をとったものを示す。鉄隕石円柱を弾丸とした場合を除いて、すべてのデータがほぼひとつの曲線上に並ぶことがわかった。例えば、衝突速度とエジェクタ最大速度がわかると、弾丸・標的の密度比の情報が得られる、ということになる。

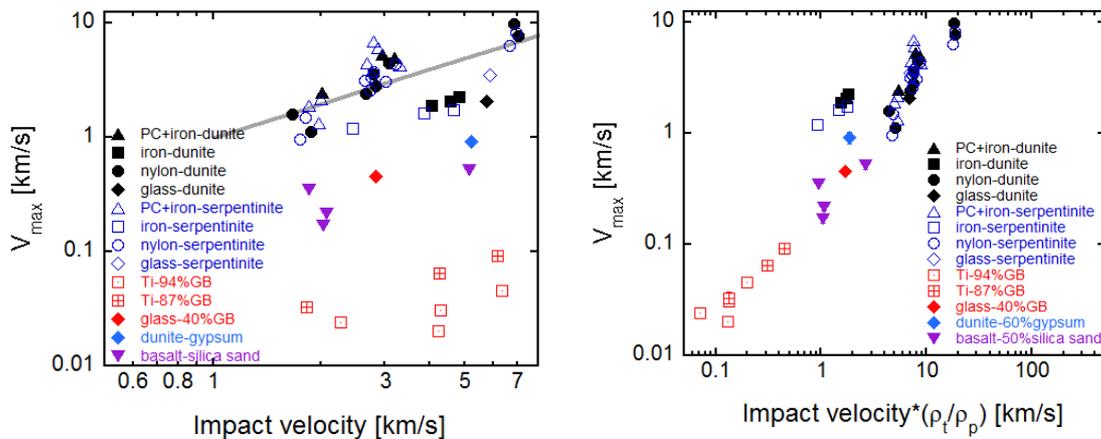


図1 (a) 左図：今年度の実験を含むこれまでの実験での、弾丸衝突速度とエジェクタ最大速度 (V_{max}) の関係。凡例は、弾丸物質-標的物質を示す。標的は、かんらん岩 (dunite)、蛇紋岩 (serpentinite)、ガラスビーズ焼結体 (GB)、石膏 (gypsum)、シリカサンド (silica sand) である。弾丸は、鉄隕石 (iron)、ポリカーボネート円柱つきの鉄隕石円柱もしくは鋼円柱 (PC+iron)、ナイロン球 (nylon)、チタン球 (Ti)、ガラス球 (glass)、カンラン岩円柱 (dunite)、玄武岩円柱 (basalt) である。(b) 右図：標的密度 (ρ_t) と弾丸密度 (ρ_p) の比と衝突速度の積を横軸に、エジェクタ最大速度を縦軸にとった図。

図2は、エジェクタコーンの拡がり角と衝突速度の関係を示す。こちらは空隙率による違いは見られなかった。シリカサンド標的の場合は、衝突速度が大きいほうが拡がり角が小さくなっているかもしれない。図1bで鉄隕石円柱を弾丸とした場合のデータが他からずれていたのと同様に、エジェクタコーンの拡がり角でも、鉄隕石を弾丸とした場合は他の場合と比べて顕著に拡がり角が小さくなることがわかった。この傾向は、弾丸と標的の密度比では説明できない。

図3は、高速カメラ画像と対応するフラッシュ X 線画像を対比させたものである。シリカサンドエジェクタは X 線を吸収するのに十分な量があることがわかる。一方、弾丸によって掘削されて柱密度が小さくなった部分 (クレーターキャビティ) も捉えられた。

4. まとめ

空隙率の異なる標的への高速弾丸衝突によるエジェクタ速度を測定した。エジェクタ最大速度は、弾丸・標的の密度比と衝突速度に依存することが示された。すなわち、エジェクタ最大速度は、(標的密度/弾丸速度) と衝突速度の積に依ることがわかった。他方、エジェクタコーンの拡がり角は、標的空隙率に顕著に依らないことがわかった。

今後、フラッシュ X 線画像から、エジェクタの柱密度を推定し、弾丸衝突点近傍からのエジェクタの放出量と速度の関係について明らかにする。

参考文献

- [1] Housen K. and Holsapple K. (2011) Icarus, 211, 856-875.
 [2] 中村昭子、岡本 尚也、清水 一貴、青木 隆修、長岡 宏樹 (2012) 平成 23 年度スペースプラズマ研究会講演集.

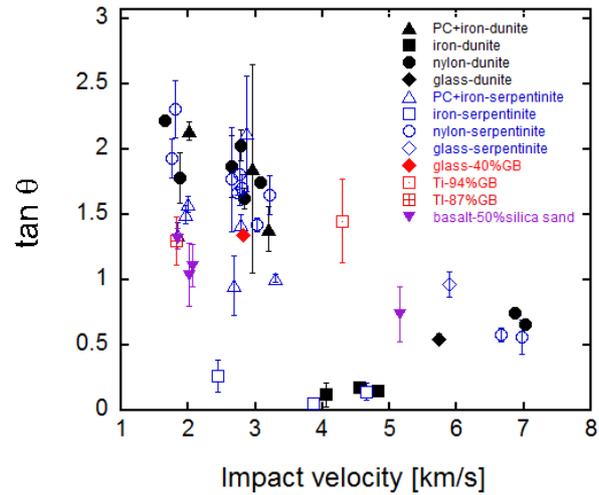


図 2 弾丸衝突速度とエジェクタコーン拡がり角 (θ) の関係。凡例は図 1 と同様。

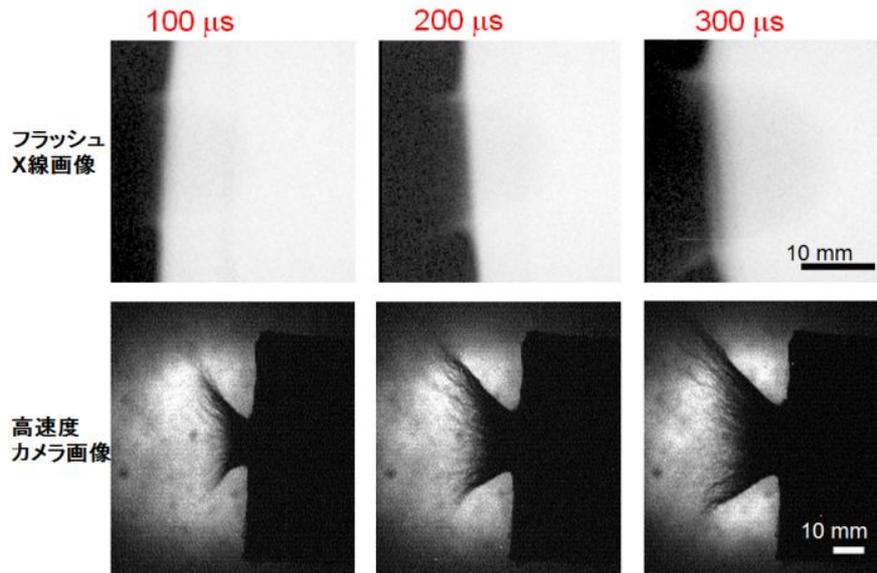


図 3 玄武岩弾丸 (直径 3.2 mm × 高さ 2 mm の円柱) を衝突速度 2.05 km/s で衝突させた実験でのフラッシュ X 線画像 (上段) と高速カメラ画像 (下段)。左から右へ、衝突の瞬間から 100、200、300 μs である。