

鉄隕石母天体衝突過程の実験的研究

桂 武邦¹ 中村 昭子¹ 長谷川 直² 岡本千里²
三軒 一義¹ 瀬藤 真人¹ 高部 彩奈¹

1 神戸大学 大学院理学研究科

2 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

はじめに

多くの小惑星表面はレゴリスで覆われていると考えられており、これらのレゴリスは衝突でできたものとされている^[1]。しかし、M型小惑星に代表される鉄質の天体表面の構造はまだ知られておらず、鉄を用いたこれまでのクレーター形成実験で、放出破片を観察している実験もなされていない。一方で、M型小惑星の偏光データを様々な鉄の形状と比較した過去研究があり、M型小惑星の偏光度は数10 μm の金属粉と合うという結果示されている^[2]。本研究では、鉄質の小天体にも衝突でレゴリスが生じるのかを調べるため、鉄標的への高速度衝突実験を行った。

実験

鉄標的から放出される破片の速度を見積もるために、鉄隕石円盤やガラス球を鉄標的に衝突させて、放出したエジェクタを高速度カメラで撮影した。弾丸には、直径3.2 mm、厚さ2.1 mmの鉄隕石円盤と、直径3.2 mmのガラス球を用いた。標的は、図1に示す、直径4 cm、高さ2 cmのSS400円柱と一辺7 cmのSS400立方体の二種類用意した。立方体を用いた実験では小惑星帯で起こる衝突現象を再現するために、液体窒素が入った容器に30分程度漬けこみ、150K以下(使用した熱電対の検出限界)まで冷却してから衝突を行った。

衝突実験には新型銃を用い、約5 km/sまで弾丸を加速させた。この実験では衝突の瞬間を観察するため、図2に示すようにストロボライトで衝突の瞬間を照らし、高速度カメラでエジェクタが作り出す影を撮影した図2。

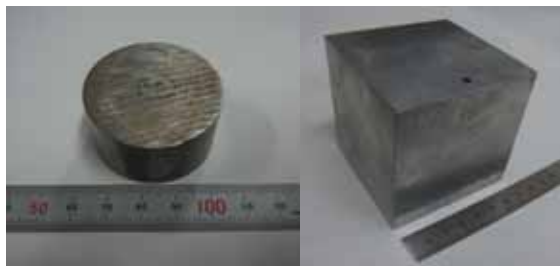


図1 鉄標的

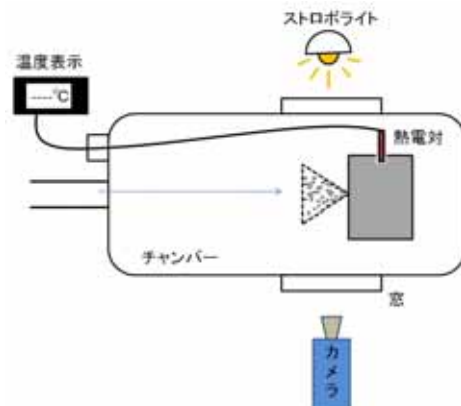


図2 実験配置図

結果・考察

図3と図4に、衝突時のエジェクタの様子を示す。

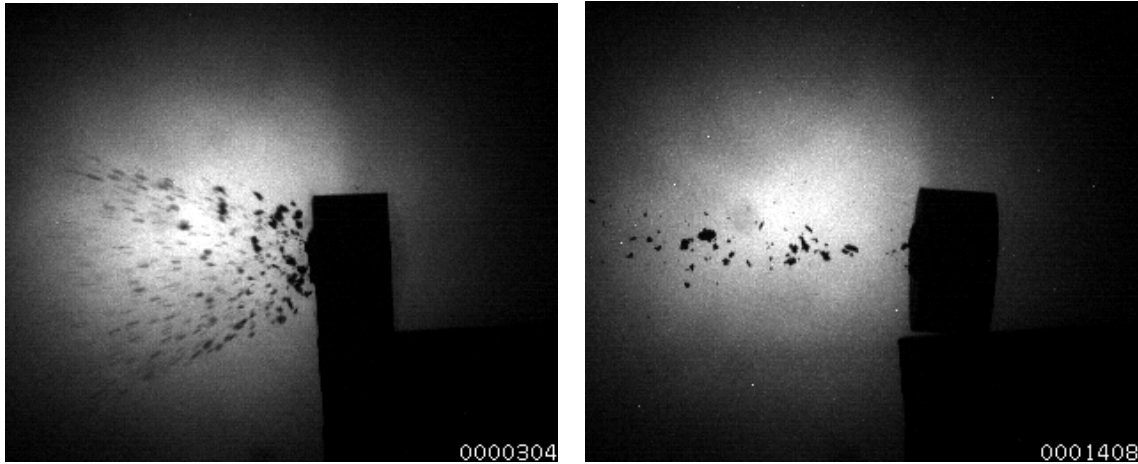


図3 鉄隕石弾丸、常温の鉄標的 (左) 衝突から40、(右) 1144 μ s後のコマ

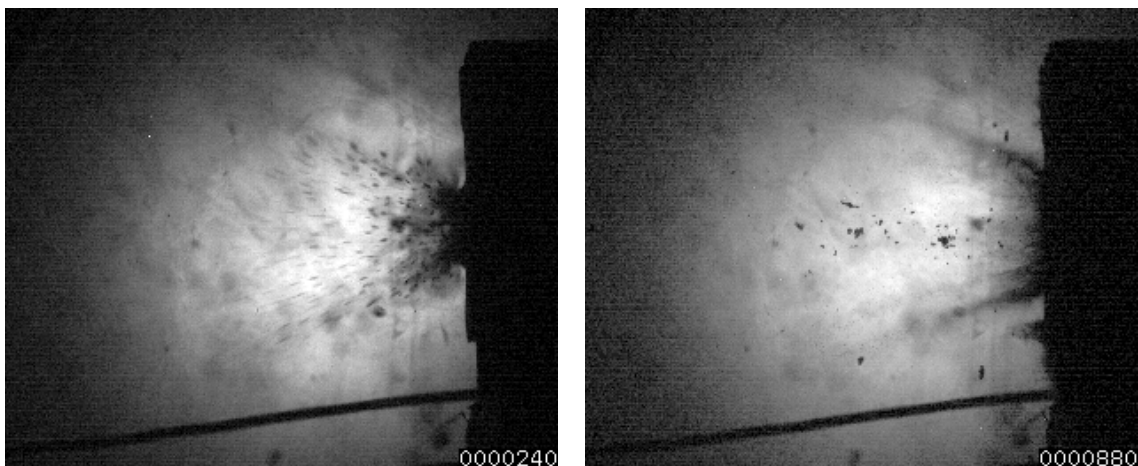


図4 鉄隕石弾丸、低温の鉄標的 (左) 衝突から37、(右) 675 μ s後のコマ

鉄隕石円盤を常温の鉄に衝突させた実験では、エジェクタを形成する破片が画像から破片サイズが認識できる程大きいものが多く、放出角度が小さくて速度が遅い破片が観察された。低温の鉄に衝突させた場合は、常温に対して非常に細かい破片が放出するという特徴が見られた。このことから、温度によって破片のサイズが異なり、低温のものはより岩石に近い分布を示すことがわかる。一方でガラス球を弾丸として用いた実験では、エジェクタ全体にガラスが溶けたと考えられる構造が見られた。また、鉄弾丸で見られた放出速度の遅い破片が確認できなかった。これはクレーター体積が鉄隕石弾丸を用いたものの1/4程度であり、絶対的な破片量が少ないからだと考えられる。

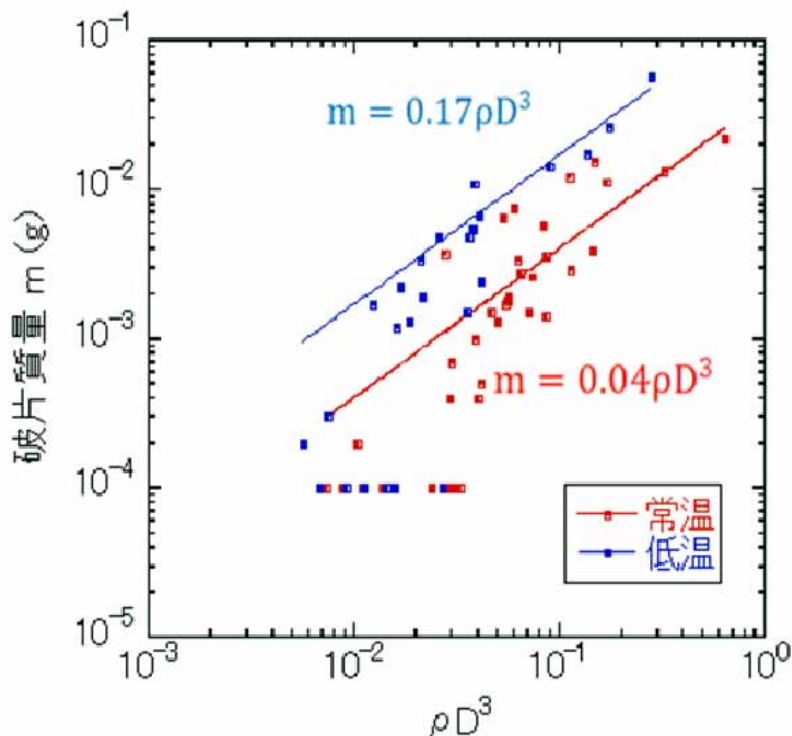


図 5 . 破片の透過円直径と質量の関係

次にエジェクタの放出速度とサイズの関係を知るため、まずは破片のサイズと質量の関係を回収した破片の等価円直径と質量の関係を調べた。図 5 に結果を示す。この図から同じ直径の円の場合、常温の方が質量は小さくなることを読み取ることができ、これは常温鉄の方が衝突により変形しやすく、薄く延びているからだと考えられる。図 5 の関係式を用いて、画像から放出速度と破片質量の関係を見積もった結果を図 6 に示す。横軸が破片の質量、縦軸がエジェクタの放出速度である。プロットの種類が放出角度をあらわしており、図で示す通り衝突方向から 0 ~ 10 °、11 ~ 20 °、21 ~ 30 °、30 ~ 40 °、41 ° ~ に分けている。図の速度が速い領域のデータでは露光によって破片が引きのばされるため、サイズの上限を意味する黒矢印がついている。

代表的な M 型小惑星の脱出速度を見積もると、Psyche : 170 m/s^[3]、Kleopatra : 100 m/s^[4]、Lutetia : 80 m/s^[5]となる。この速度を示すラインを両方のグラフに載せた(実線が Psyche、破線が Kleopatra、点線が Lutetia の脱出速度を示す)。グラフから、温度にかかわらず例に挙げた三つの M 型小惑星の脱出速度を下回る破片が存在することがわかる。このことから、M 型小惑星のような鉄質の天体にもレゴリスは生成される可能性があるといえる。またサイズを測ることができないくらいの小さなエジェクタにも、速度が数十 m/s

くらしいのものが見られた。この細かいエジェクタは常温の鉄では見られなかったものであるため、鉄レゴリスは鉄が脆性的な振る舞いをする領域の方が、多く作られることが予想できる。

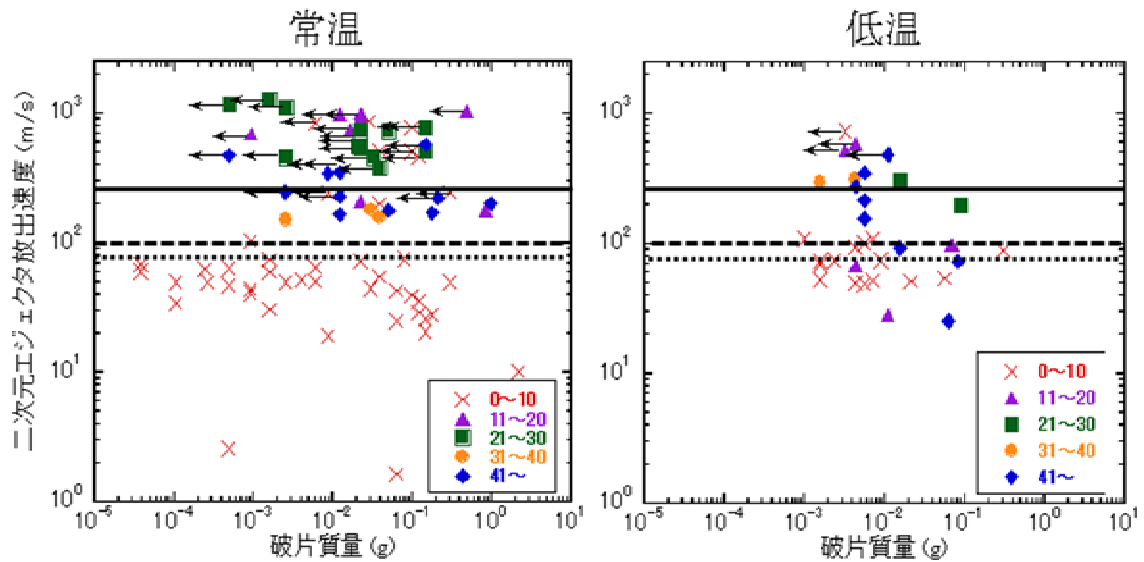


図6 破片質量とエジェクタ放出速度の関係

参考文献

- [1] Housen, K. et al. (1979) *Icarus* 39, 317-351
- [2] Dollfus, A. et al. (1979) *Icarus* 37, 124-132.
- [3] Baer, J. and Chesley, S. R. (2008) *CeMDA* 100, 27-42.
- [4] Descamps, P. et al. (2010) *Icarus* 211, 1022-1033.
- [5] Drummond, J. D. et al. (2010) *A&A* 523, A93