

曲率のある面への衝突：弾丸密度の影響

鈴木 絢子, 長谷川 直, 平井 隆之 (ISAS/JAXA), 岡本 千里 (神戸大)

1, 背景

小惑星など小さな天体上でのクレーター形成は、大きな天体上でのそれと様々な点で異なる。例えば、標的の空隙率や衝突面の形状が不規則なこと、重力や衝突速度が小さいことなどである (e.g., Nakamura, 2002).

不規則な形状の面にできたクレーターは、これまで探査された小天体 (ex. Phobos, Ida) 上で見られている。実験室でも Fujiwara et al., 1993, 2014 によって再現され、曲率が大きくなると体積・直径は大きくなり、深さは浅くなることが示されている。しかし、弾丸と標的の密度比や、衝突速度依存性は調べられていない。惑星形成過程においては、クレーターが形成されるような小規模衝突におけるエジェクタ総量と衝突エネルギーの関係が重要であることが明らかになった (Kobayashi and Tanaka, 2010)が、曲率のある面にできる衝突クレーターのスケールリング則が確率されていない。本研究では、まず曲率のある面にできたクレーターから定量的なパラメータを得る手段を確立し、弾丸密度と体積や深さの関係について考察を行った。

2, 実験概要

実験は宇宙科学研究所にあるスペースプラズマ実験施設の二段式軽ガス銃を用いて行った。標的は直径 11 cm の石膏の球で、バルク密度は 1.05 g/cm^3 , 引っ張り強度は 2.03 MPa である。弾丸は直径 3.2 mm の球で、ナイロン、アルミニウム、チタン、銅の4種類を用いた。それぞれ約 3.3 km/s で標的に衝突させ、できたクレーターを観察した。

3, 結果と考察

できたクレーターを高精度 3 次元形状測定システム (COMS MAP-3D) を用いてスキャンし、3 次元データを取得した。クレーターがない部分を用いて球面を近似的に求めて衝突前表面とし、それとの差分としてクレーターのプロファイル (深さ) や体積を得た。得られた 3 次元データの一例を図 1 に示した。

図 2 は、深さ直径比と弾丸と標的の密度比の関係を示したグラフである。平面にできたクレーター (Yasui et al., 2012) と比較して、曲面にできたクレーターの方が深さ直径比は小さくなった。この傾向は Fujiwara et al., 1993 とも整合的である。また図 3 は平面と曲率のある面にできたクレーターにおける体積を比較した

グラフである。平面にできたクレーターよりも、曲率のある面にできたクレーターの方が、クレーター効率で5〜8倍程度大きいことがわかった。図4はエジェクタ体積とエネルギー密度の関係である。エネルギー密度が小さいとき、エジェクタの体積は Kobayashi and Tanaka, 2010 で仮定されたモデルより明らかに小さい。ただし、今回の実験は強度支配域の範囲内であるので、重力支配域にも実験結果を適用できるかどうかは検討が必要である。今後は、密度比や衝突速度、曲率を変えた実験を行い、曲面にできるクレーターのスケーリング則を構築する。

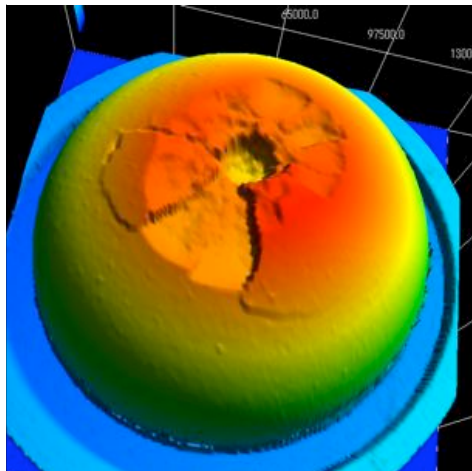


図1：得られた3次元データの例

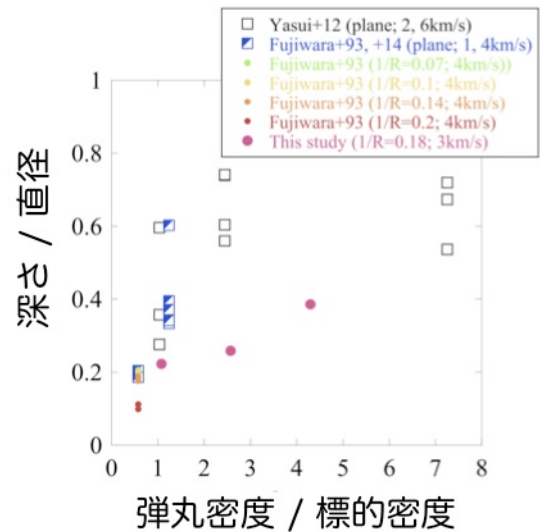


図2：深さ直径比の比較

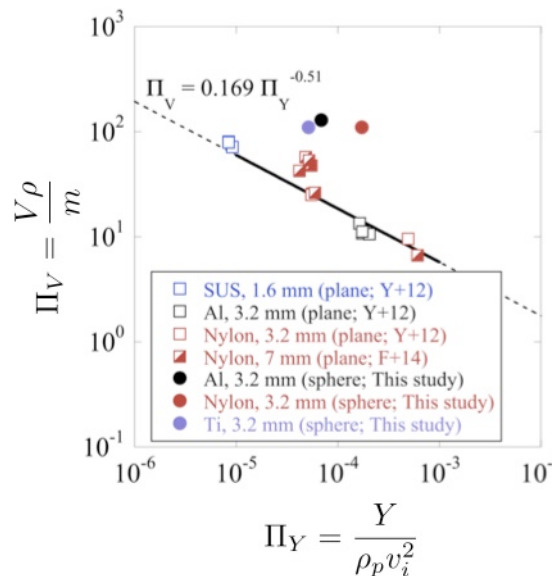


図3：平面と曲率のある面にできたクレーターの体積の比較

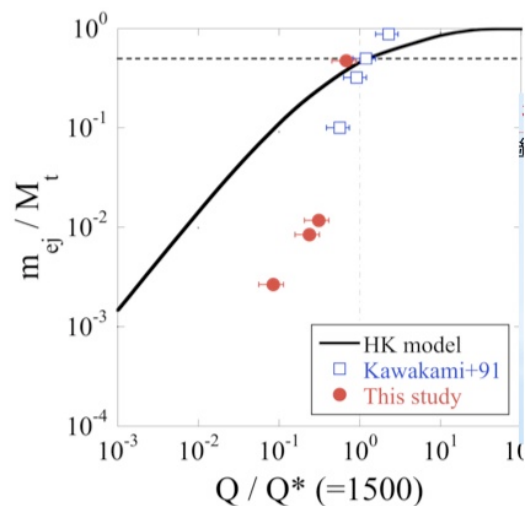


図4：エジェクタの体積とエネルギー密度の関係