

# 低速衝突に関する小規模クレーター形成過程に関する研究

## Small crater formation process of low-velocity impact

# 岡野 康一[1]

# Koichi Okano[1]

[1] 東北大・工・航空

[1] IFS, Tohoku Univ

### 1. 背景

太陽系内の固体天体表面には、多くの場合クレーターが認められる。これらは高速度で飛来し衝突した小天体の衝突孔である。太陽系内では天文学的時間単位で衝突が絶えず起きて、太陽系の進化を考える上で、これらの衝突現象の解明は重要である。クレーター形成時に噴出される破片のサイズや速度分布は、惑星が互いに集積し一つの天体を形成する上で、非常に有用な情報となるが、これは未解決に近い。実験でこれを測定するには、衝突現象を可視化し、画像を解析する必要がある。また近年、数値シミュレーションの衝突解析などが発達しているが、岩石などの脆性材料への衝突で、噴出される破片粒子のサイズと速度分布の関係は十分解析されていない。とりわけ低速度での衝突は、固体天体中を伝播する衝撃波により比較的大きな破片群を形成し、不規則形状の小惑星を形成する原因と考えられている。本研究では、小惑星サンプル採取計画用に開発された小型飛行体発射装置、プロジェクターを用い、容易に数gの飛行体を速度300 m/s前後で標的に衝突させ、実験的に小規模クレーターを形成した。衝突時に生じた標的表面での衝撃波と膨張波による干渉によって引き起こされるクレーター形成及び破片噴出過程を可視化し噴出速度を求め、今後の数値シミュレーション解析のデータベースとした。

### 2. プロジェクター

図1にプロジェクターの概略を示す。発射管と火薬室をあわせ全長152.7mmの小型ガス銃である。火薬室で火薬を燃焼させサボと飛行体の結合部分をせん断で分離し、サボと飛行体を加速する。サボは、発射管の先端から5mmの位置に取りつけた直径10mmの段差部にめり込んで停止し、飛行体と分離される。この方式でサボを管の先端で静止させ火薬燃焼気体の外部への漏洩を防ぎ、同時に、出口速度300 m/sを実現する。

### 3. 小規模クレーター生成過程の可視化

標的には105 mm x 215 mm、厚さ60 mmの密度2.0 g/ccの煉瓦を用い、プロジェクター先端から485 mmの距離に置いた。飛行体と煉瓦の衝突を二重露光ホログラフィー干渉計法で可視化した。図2に飛行体の衝突速度257 m/s、衝突後74 msのホログラフィー干渉写真を示す。衝突点から破片の飛散が認められる。レンガ内に伝播した圧縮波が、自由境界面で膨張波となり、破片を飛散させている。衝突点中心付近で、微粒子の破片群がより早い段階で、噴出しておりその後周囲からの噴出が始まっていると思われる。この衝突で、直径35 mm深さ8.1 mmの衝突孔が形成され、破片総重量は23 gを得た。飛散物は標的から最遠880 mmまで飛散した。同じ条件の煉瓦の衝突実験で、破片の生成量を衝突エネルギーに対する関係を図3に示す。飛行体5 g、速度300 m/sで、小惑星表面が煉瓦程度のもろい物質ならば直径50 mmほどの衝突孔ができて、約5 gの破片を生成する。次にイメージコンバーターカメラによる連続写真にて可視化した結果を図4に示す。破片噴出角が、衝突角度とほぼ同角度に噴出しているのがわかる。初期衝突時には、非常に微細な破片が噴出している。これは、飛翔体が標的に衝突した際、両者の内部に衝撃波が伝播し、物質内部は高度に圧縮を受け、圧縮部から自由境界面に向かって強い圧力勾配が生じる。これにより物質はジェット状に放出される。しかしこのような小規模クレーターにおいては、クレーター径が小さく、また飛翔体が反射し衝突点に滞在しないため、標的に垂直に、衝突角度とほぼ同角度に噴出していると思われる。この連続写真から求められた微細粒子群は約80 m/sから約40 m/s程度の速度を示し、数cmから数mmから数10mmの比較的大きい破片が1 m/sから10 m/sの噴出速度である。

### 4. まとめ

クレーター形成初期における標的からの微小破片の噴出の様子を詳細に可視化した。クレーター形成初期では、微小破片は非常に浅い衝突角でも、標的に対しほぼ垂直に噴出した。

### 参考文献

[1] 松井孝典, 永原裕子, 藤原顕, 渡邊誠一郎, 井田茂, 阿部豊, 中村正人, 小松吾郎, 山本哲生, 比較惑星科学, (1997)

[2] Okano, K., Nonaka, S., and Takayama, K., Study on Design of Projector for Nereus Sample Return Project," Proceedings of Symposium on Shock Waves, pp.53-56, (1999)

[3] 安部正真, 藤原顕, 長谷川正直, 小野瀬直美, 森口和正, 高木靖彦, 三輪治代美, 無重力環境下でのサン

- ブルー実験, 日本惑星学会秋期講演会, (1998)  
 [4] 日本火薬工業会資料編集部, 一般火薬学, (1996)  
 [5] 林 卓夫, 田中 吉之助, 衝撃工学, (1988)

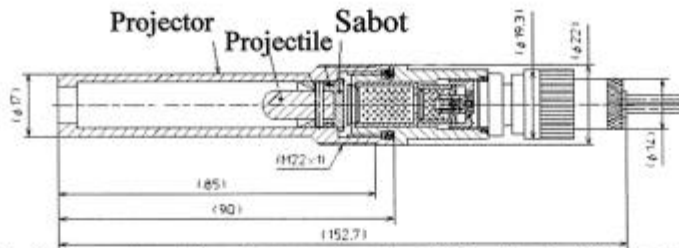


Figure 1. Schematic of projector developed in Shock Wave Research Center, Institute of Fluid Science, Tohoku University.

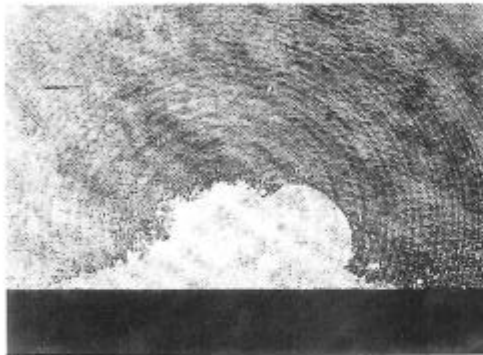


Figure 2. Holographic interferogram of impact test on a 60 mm thick brick, impact velocity = 257 m/s, at 74μs after impact.

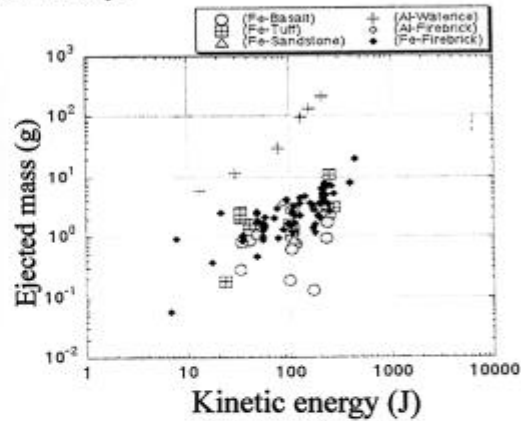
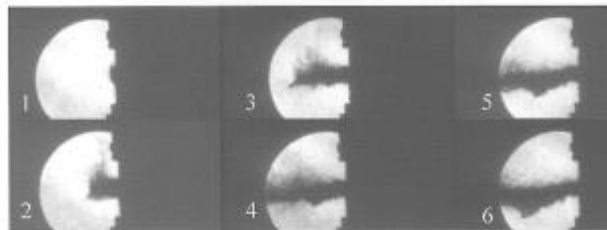


Figure 3. Ejected mass from crater.



(a) Brick target, impact velocity = 322 m/s, interframe = 300 μS.



(b) Brick target, impact velocity = 348 m/s, interframe = 500 μS.

Figure 4. Visualization of the impact tests by image converter camera