

衝突型クレーター形成に関する研究

八代市立第八中学校 1年 岩永 彩生

1 研究の目的

今年4月、遠い宇宙で小惑星探査機「はやぶさ2」が小惑星リュウグウに人工クレーターを作るミッションに成功し、さらに7月には、リュウグウに着陸し、クレーターの噴出物を回収するミッションにも成功したというニュースが話題になった。今後、回収した噴出物を持ち帰って分析することで、宇宙の起源につながる大きな発見があるのではと期待されている。本研究では、隕石が衝突してクレーターを形成する過程を再現し、クレーターの形成メカニズムとその構造について調べた。

2 研究の方法

- (1) 図1に示す実験装置を用いて、鉄球（直径3cm、重さ110g）を0.2～2.0mの高さから容器に入れた粒径の異なる3種類の砂（珪砂5号、6号、8号）へ落下させ、鉄球の落下高さと形成されるクレーター直径の関係を調べた。
- (2) 鉄球を1.0mの高さから容器に入れた砂地に落下させる実験を行い、クレーターが形成される過程を高速度カメラで観察した。
- (3) 数種類の色砂で層を形成した砂地に鉄球を2.0mの高さから落下させ、形成されるクレーターの表面および断面を観察した。

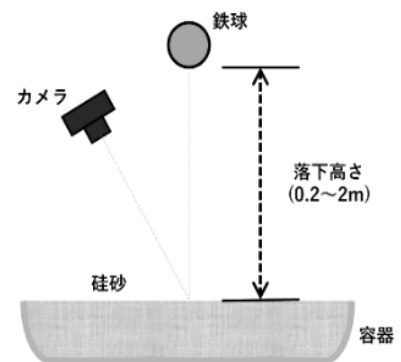


図1 実験装置

3 結果

- (1) 鉄球の落下高さと形成されるクレーター直径の関係

クレーターの直径は鉄球の落下高さの累乗に比例することが分かった。また、砂地の種類の比較では、砂の粒径が大きいほどクレーターの直径が大きくなることが分かった。

- (2) 高速度カメラによるクレーター形成過程の観察

鉄球が砂地に衝突した直後から、鉄球が砂を押し出し、上方に砂を高く舞い上げながら同心円状にクレーターが広がっていく様子が観察された。鉄球の衝突から噴出物が落ち着くまでの時間は、約200ミリ秒であることが分かった。また、粒径の小さい砂の場合、形成されたクレーターは、まるで水のように周りの砂が押し寄せてきて穴が埋められていく様子が観察された。さらに、ミルククラウン現象で見られる「こけし」が観測された。

- (3) 色砂を用いたクレーター構造の観察

形成されたクレーターの内部およびその周囲に砂地内部の異なる色の砂が観測された。したがって、衝突によって砂地内部の砂が表出していることが確認された。

4 考察

- (1) 衝突エネルギーとクレーター直径の関係

本実験は初速度ゼロの自由落下で鉄球を落としているため、位置エネルギーが衝突エネル

ギーになる。したがって、以下の式を用いて落下高さを衝突エネルギーに変換した。

衝突エネルギー[J] = 重さ [kg] × 重力加速度 9.8 [m/s²] × 落下高さ[m]

衝突エネルギーとクレーター直径の関係のグラフを図2に示す。その結果、クレーターの直径は衝突エネルギーの累乗に比例することが分かった。得られた関係式を用いて、例えば、重さ 1 kg の鉄球を東京スカイツリー（高さ 634m）から今回の砂地に落下させたときに形成されるクレーターの直径は約 59～88cm 程度と算出された。

(2) 砂の粒径とクレーターからの噴出物の広がり方

粒径の異なる 3 種類の砂におけるクレーター形成時の噴出物の角度を表 1 に示す。なお、噴出物の角度は衝突から 60 ミリ秒後の高速度カメラの画像から分度器で計測した。砂の粒径が大きいほど、放出角度は小さく、より広範囲に噴出物が飛散することが分かった。逆に、砂の粒径が小さいほど、噴出物の角度は大きく、噴出物はあまり広がらないことが分かった。

(3) 珪砂 8 号で観察されたクレーター形状

粒径が小さい珪砂 8 号のクレーター形成過程において、衝突直後にできた穴へ、周りの砂がまるで水のよう押し寄せて、穴を埋めていく様子が観察された。さらに、衝突後 120 ミリ秒以降、ミルククラウン現象の「こけし」のような挙動も観測され、形成されたクレーター（図 3 (a)）はその中央がやや盛り上がった形状を示した。これと似た形状は、月表面のクレーター（図 3 (b)）にも存在することから、この月のクレーター周辺の地質は粒径の小さい砂か、または氷（水の存在）を含む流動性の高い地質ではないかと考えられる。

5 まとめ

本研究では、隕石の代わりに鉄球を用いて、衝突型クレーター形成の過程を再現し、そのメカニズムと構造について調べた。その結果、クレーターの直径は衝突エネルギーの累乗に比例することが分かった。また、クレーター形成は約 200 ミリ秒の時間での現象であり、地質の違いにより、クレーターの大きさや形状、噴出物の広がり方に違いがあることが分かった。さらに、実際の月のクレーターと形状特徴がよく似た結果も得られ、クレーター形状から月の地質についても推察できる興味深い結果が得られた。

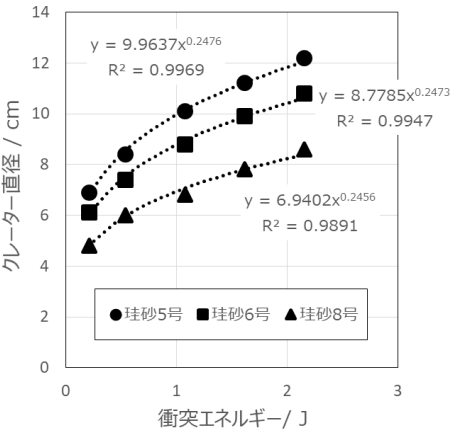


図 2 衝突エネルギーとクレーターの直径の関係

表 1 噴出物の広がり方の比較

種類	画像	角度
珪砂 5 号		47°
珪砂 6 号		59°
珪砂 8 号		71°

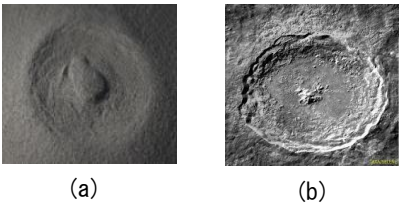


図 3 珪砂 8 号のクレーター (a) と月のクレーター (b) の比較