

特集

宇宙における衝突現象の教材化

松原康浩 (京都教育大学大学院)

1. はじめに

宇宙における衝突現象の代表的なものとしてクレーター形成があり、惑星科学の分野では実験室でクレーターを形成する実験手法などで研究がなされている。

ところで学校現場では、宇宙での衝突現象に興味を持っている生徒は多いが理科教育の中で宇宙での衝突現象を扱うことは少ない。そこで学校現場において、宇宙での衝突現象を体験的に学習できる教材開発を目指して、実験室で行えるクレーター形成実験を行った。

2. クレーターの形成実験

2.1 目的

地球(岩石)に鉄隕石が衝突してクレーターが形成される過程を再現して、クレーターの直径・深さ・衝突エネルギーの関係を探ることを目的とした実験を行った。粒径によるクレーターの違いを調べたほか、宇宙科学分野への応用として、実験結果を用いてクレーターを作った衝突天体の大きさを求めた。

2.2 方法

鉄球(8.4g、24.8g、173.3g)を一定の高さ(0.75m~18.2m)から容器に入れた砂(粒径1mm以下・粒径1cm以下の2種類)に落下させる実験を行った。形成されたクレーターの直径と深さを、ノギスを用いて測定した。衝突エネルギーが運動エネルギー(=位置エネルギー)と等しいことから、衝突エネルギーは鉄球の質量と落下高度から求めた。さらに宇宙科学分野への応用として、解析結果を外挿して実在するクレーターを作った天体の大きさを推定した。

2.3 結果

砂の粒径が1mmの場合と1cmの場合の、衝突エネルギーとクレーターの直径の関係を図1に示し、クレーターの直径と深さの関係を図2に示す。図1より、砂の粒径が1mmの場合に形成されるクレーターの直径は、衝突エネルギーの0.2945乗に、粒径が1cmの場合に形成されるクレーターの直径は、衝突エネルギーの0.2813乗に比例する事が分かった。図2より、砂の粒径が1mmの場合のクレーターの深さは、クレーターの直径の0.1582倍に、砂の粒径が1cmの場合のクレーターの深さは、クレーターの直径の0.1439倍に比例することが分かった。

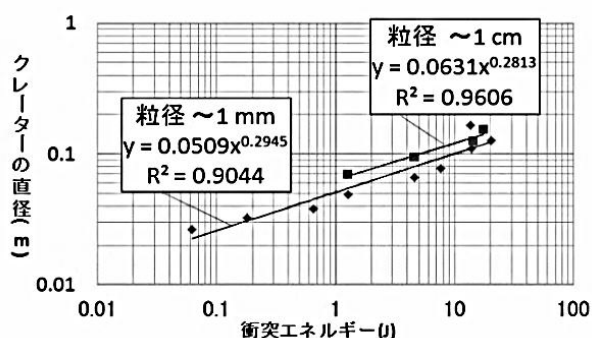


図1 衝突エネルギー・クレーターの直径の関係

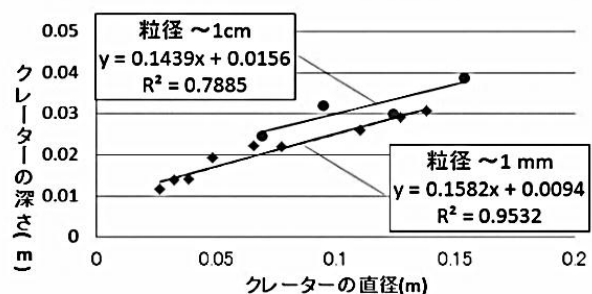


図2 クレーターの直径・クレーターの深さの関係

2.4 考察

得られた実験結果の評価

惑星科学の分野では爆薬によるクレーターの形成実験でエネルギーとクレーターの直径との関係を探る試みが行われており、火薬の爆発によるクレーターの直径は、火薬のエネルギーの $1/3$ ($0.333\dots$) 乗に比例すると言われている[1]。(3)で示した 1 mm 以下の粒径での実験結果であるクレーターの直径は衝突エネルギーの 0.2945 乗 (粒径 1 cm 以下の場合 0.2813 乗) に比例する、という値の妥当性を考えた時、おおむね文献の値と近い値を得ることが出来た。また同様に、クレーターの深さと直径の比は約 0.2 と言われる[2]。(3)で示した、 1 mm 以下の粒径での実験結果である深さと直径の比 0.1582 (粒径 1 cm 以下の場合 0.1439) という値の妥当性を考えた時、こちらもおおむね文献の値と近い値を得ることが出来た。

バリンジャー・クレーターを形成した小天体の直径を推定する。

本実験の結果を用いて、アメリカアリゾナ州に存在するバリンジャー・クレーターを作った天体の大きさを求めた。バリンジャー・クレーターの直径は 1200 m であり、衝突当時の形状を比較的良好に残しているクレーターとされている。天体衝突の例として、中学校・高等学校の教科書・資料集などでも取り上げられている。

衝突エネルギーは、落下時の運動エネルギー ($W=1/2mv^2$) と等しい。本実験では位置エネルギー ($U=mgh$) が運動エネルギーに置き換わることからこれを求めた。また、質量 m は密度と体積の積なので、 $m=\rho\times 4/3\pi r^3$ となり、運動エネルギー w は

($w=1/2\times\rho\times 4/3\pi r^3\times v^2$) と変形できる。衝突天体の形状を球と仮定し、この式を半径 r について整理すると、衝突天体の大きさが分かる。衝突した天体を鉄隕石だと仮定し、密度 ρ を鉄の密度である 7900 kg/m^3 、衝突速度 v を 5 km/s と仮定して計算した結果、バリンジャー・クレーターを作った天体の直径は、 29.49 m となった。文献による推定値は $25\sim 50\text{ m}$ と幅があるが、おおむね文献値と近い値を得ることが出来た。

3. 全体のまとめ

本研究で扱った内容は、実際の宇宙で起こる現象を「モデル」として再現していることで、実験室スケールでの実験でもある程度検証を可能としている。簡易な方法を用いた実験ではあるが、この点に今回の研究の意義があると考えられる。しかしながらこの実験は様々な誤差を含んでいることもまた事実であり、実際の宇宙現象にどこまで応用して良いものなのか、という点の検証が、今後の課題となる。

文献

- [1] 水谷仁 (1980) 『クレーターの科学』 (UP アース・サイエンス 4) 東京大学出版会. 東京大学出版会.
- [2] 宮本英昭ほか (2008) 『惑星地質学』 東京大学出版会.
- [3] 中野英之 (2008) ゴム製弾丸加速装置を用いたクレーターの形成実験. 地学教育 61 巻 3 号.