

# 傾斜粉体層への斜め衝突クレータリング

名古屋大学大学院環境学研究科 滝澤真太

## 1. 研究背景

天体衝突によるクレータ形成は固体天体表面の進化史を考える上で最も重要な素過程の1つである。また、固体天体表面の多くはレゴリスと呼ばれる砂礫の堆積層に覆われていることが知られている。そのため、これまでにクレータ形成の物理機構解明を目指した様々な粉体衝突実験が行われてきた。その多くが、水平な粉体表面に固体球を鉛直衝突させる実験である。しかしながら、実際の天体衝突は地表面に対して斜めに入射することがほとんどであり、天体の地表面には多くの起伏に富んだ地形も存在する。これらの要因に着目し、これまでいくつかの先行研究では水平な粉体表面に対する斜め衝突実験や傾斜粉体表面への鉛直衝突実験がそれぞれ独立に行われてきた[1, 2]。しかし、斜め衝突の衝突角 $\varphi$ と粉体表面の傾斜角 $\theta$ の両方を系統的に変化させた実験はこれまで行われていない。さらに、 $\varphi$ と $\theta$ の効果を含んだクレータ形状のスケールリング則も明らかにされていない。

そこで本研究では、衝突角 $\varphi$ と傾斜角 $\theta$ を系統的に変化させる粉体衝突実験を行うことによって、 $\varphi$ と $\theta$ の効果を含んだクレータ特徴量(直径、深さ、体積)のスケールリング則を明らかにする。

## 2. 実験手順

粉体層の入った容器を傾斜させることで、傾斜角 $\theta$ の粉体表面を作成する。次に、弾丸を粉体表面の中心に衝突させる(図 1(a))。その際、高速度カメラで衝突の様子をとらえ、弾丸の衝突角 $\varphi$ 、速度 $v_i$ を測定する。また、最終的に形成されるクレータの三次元プロファイルレーザー変位計によって取得する(図 1(b))。

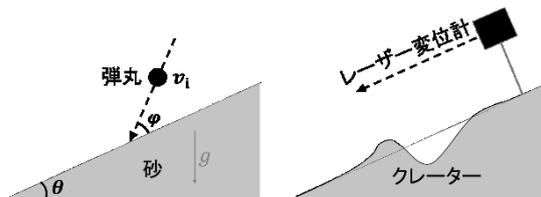


図 1 (a) 粉体表面への固体球衝突。(b) レーザー変位計によるクレータ形状の測定。

## 3. 結果と議論

得られたクレータ形状のデータからクレータ孔の体積 $V_c$ を測定した。また、天体スケールにも適用可能となる $V_c$ の無次元スケールリング則を得るために、 $\Pi$ グループの方法により以下の無次元量を用いることにした。

$$\pi_V = \frac{\rho_t V_c}{m_i}, \quad \pi_2 = \frac{g D_i}{v_i^2} \quad (1)$$

ここで、 $\rho_t$ は粉体かさ密度、 $m_i$ は弾丸質量、 $D_i$ は弾丸直径、 $g$ は重力加速度の大きさである。この $\pi_V$ は、水平粉体表面への弾丸の垂直衝突実験( $\varphi = 90^\circ$ ,  $\theta = 0^\circ$ )では $\pi_2$ を用いてスケールされることが知られている[3]。しかしながら、本研究では $\varphi$ と $\theta$ の影響により $\pi_V$ が $\pi_2$ のみではスケールされないことが明らかになった(図 2 インセット)。そこで本研究では $\varphi$ と $\theta$ の影響を適切に考慮することにより、以下のようなスケールリング則を得た(図 2):

$$\pi_V = 0.14(\cos \theta)^{4.5} \left[ \frac{\pi_2}{\sin \varphi} \right]^{-0.52} \quad (2)$$

本研究では(2)式を含めたいくつかのクレータ特徴量(直径、深さなど)についてのスケールリング則を得ることに成功した。また、それらの天体衝突クレータ形状の理解への適用についても議論を行った。

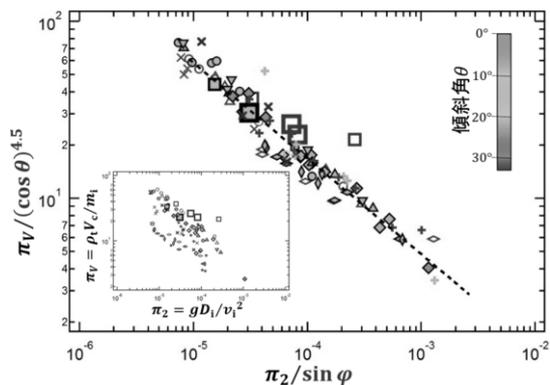


図 2 クレータ体積の( $\varphi$ と $\theta$ の影響も考慮した)無次元スケールリング。インセットは $\varphi$ と $\theta$ の影響を考慮しない場合のスケールリング。データシンボルの違いはそれぞれ $\varphi$ 、 $\theta$ 、 $m_i$ が異なるデータを示す。

- [1] D. E. Gault & J. A. Wedekind, Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 9th (1978) 3843-3875.
- [2] K. Hayashi & I. Sumita, Icarus **291** (2017) 160-175.
- [3] R.M. Schmidt & K.R. Housen, Int. J. Impact Engng **5** (1987) 543-560.