

粉粒体斜面に対する衝突クレータリング実験 Impact cratering experiments on granular slopes

林 康介^{1*}; 隅田 育郎¹
HAYASHI, Kosuke^{1*}; SUMITA, Ikuro¹

¹ 金沢大学大学院 自然科学研究科

¹ Graduate School of Natural Science and Technology

衝突クレータリングは惑星表層の地形を決める重要な素過程の一つであり、その物理を理解するために粉粒体をターゲットとした室内実験が多く行われてきた(例: Walsh et al., 2003, de Vet and Bruyn, 2007)。これらの実験では、形成されるクレーターの形態は実際のクレーターと同様に衝突エネルギーが大きくなるにつれて単純クレーターから複雑クレーターに変化し、クレーターの形成過程において強度よりも重力が支配的な場合にはクレーターの直径はエネルギーの約1/4乗に比例することが分かっている。近年、小惑星の探査が進み、さらに多様なクレーターが発見されるようになってきた。小惑星に見られるクレーターは重力・強度支配の遷移領域に該当するものがあり、私達はそれを理解するための基礎実験を行った(Takita and Sumita, 2013)。一方で小惑星はそのサイズに比して起伏が激しいため、斜面に衝突することにより形成されたと考えられるクレーターも発見されている(Jaumann et al., 2012)。過去のクレータリング実験は水平なターゲットへの衝突実験が主であるため、斜面に対する衝突は良く理解されていない。本発表では、斜面の傾斜角がクレーターの形成に与える影響を理解するために行った実験の結果について報告する。

本実験では、縦25cm、横18cm、深さ9cmのアクリル容器に平均粒径0.204mm、密度2.66g/cm³、安息角37.2°の砂を充填率が約0.56になるように詰めた粉粒体ターゲットを任意の傾斜角 θ 傾け、その上からステンレス球のインパクトター(直径11mm、22.2mm、密度7.70g/cm³、質量5.5g、44.1g)を自由落下させてクレーターを形成する。クレーターの形成過程は高速カメラで撮影する。衝突エネルギーEが0.055Jと0.073J、0.58Jの3種類、 θ が0°、11°、16°、22°、34°の5種類の合計15通りの実験を行った。

クレーター形成の前後に粉粒体表面の形状をレーザー変位計をステッピングモーターで動かしながら3次元的に測定する。変位計の分解能は高さ方向に約0.024mm、水平方向に約0.1mmである。ステッピングモーターは0.2mm刻みで動く。クレーター形成前の表面の形状データの値をクレーター形成後の表面の形状データの値から差し引くことでクレーター形成による粉粒体ターゲット表面の鉛直変位を求める。鉛直下向きの最大変位をCrater depth、斜面方向の長さを水平射影した最大距離をCrater length、走向方向の最大水平距離をCrater widthとする。

解析の結果、 θ が約20°以上になるとリムと呼ばれるクレーターの周りの盛り上がった部分が途切れることが分かった。高速度カメラで撮影した画像の観察から、 θ が大きくなるに伴い、衝突地点の上側の粒子の崩壊の規模が大きくなることが分かった。これが高傾斜角でリムが途切れる原因である。また、実験で作られたクレーターとベスタのクレーターの地形データ(Jaumann et al., 2012)を比較すると、最深点が斜面下側に寄り、イジェクタが斜面下側に広がる点が共通していた。Crater depthは θ が大きくなるに従って単調減少する。Crater length及びCrater widthは θ が0°から22°までは大きく変わらないが22°を超えると増加する。この結果、クレーターのDepth/Length比は θ の増加に伴って0.25から0.05まで減少する。これは θ の効果のみによって幅広いDepth/Length比のクレーターが形成できることを示している。

各長さスケールのエネルギー依存性を AE^α の形にべき指数フィットすると(Eは衝突エネルギー)、 θ が変化すると係数Aばかりでなく、 α の値が変化した。これは、斜面衝突では平面のスケールリング則をそのまま適用できないことを示している。

引用文献:

de Vet and Bruyn., 2007. Phys.Rev E 76, 041306

Jaumann et al., 2012. Science 336, 687

Takita and Sumita, 2013. Phys.Rev E 88, 022203

Walsh et al., 2003, PRL 91.104301

キーワード: 衝突クレータリング, 粉粒体
Keywords: impact cratering, granular matter