

# レゴリス層における衝突励起地震に関する実験的研究

松榮 一真<sup>1</sup>, ○荒川 政彦<sup>1</sup>, 保井 みなみ<sup>1</sup>, 高野 翔太<sup>1</sup>,  
小川 和律<sup>1</sup>, 長谷川 直<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神戸大学大学院理学研究科, <sup>2</sup>宇宙科学研究所

## はじめに

小惑星表面はレゴリス層で覆われている。そして、そのレゴリス層で覆われた天体(月や小惑星など)上に存在する小さなクレーターは、形状が緩和していることが知られている。この緩和現象は、イジェクタ堆積物による埋め戻しや、レゴリス層の流動による粒子移動によって起こると考えられる。天体重力が小さな小惑星の場合、比較的弱い振動でもレゴリス層の流動が可能であるため、振動によるクレーターの形状変化が重要である。レゴリス層の流動化を引き越す振動源としては、天体衝突が一番に挙げられる。そこで衝突励起振動によるクレーター緩和モデルが提案されている(Richardson et al.2005)。著者らは最近の研究で、模擬レゴリス層を用いて、衝突速度を小惑星帯での平均衝突速度(数 km/s)まで拡張した衝突励起振動の計測実験を行った(松榮 他 平成 26 年度シンポジウム)。今年度は、新型縦型二段式軽ガス銃におけるサポ分離技術の確立を行うと共に、クレーターサイズスケール則の構築と衝突励起振動の発生・伝播に対する弾丸密度依存性を調べた。

## 実験方法

衝突実験は、宇宙科学研究所の縦型二段式軽ガス銃を用いて行った。弾丸には、直径 4.7mm のポリカーボネート球と直径 2mm の密度の異なる弾丸を用いた。弾丸密度は、2.5~14.9g/cm<sup>3</sup> と変化させた。ポリカーボネート球を 0.2-6.9km/s、2mm 弾丸を 2,4,5km/s の速度で衝突実験を行った。標的試料には直径 500 μm (バルク密度は 1.48g/cm<sup>3</sup>) の石英砂を用いた。標的表面に一軸加速度センサー(日本アビオニクス製 SV1113:電荷感度 5.47pC/sm<sup>2</sup>, 応答周波数:0.5Hz-10kHz)を、衝突点からの位置を変化させて 2.5cm 埋めて設置した。また、加速ガスによる振動を除去するために、標的試料に風除け箱と防振材を取り付けた。加速度センサーの信号はチャージアンプを通した後、A/D 変換速度 100kHz のデータロガーで記録した。なおチャンバー内は 10Pa 以下に真空引きしている。また、衝突の様子を高速ビデオカメラで撮影し、弾丸の衝突時間を決定した。衝突実験後に、レーザー変位系を用いてクレータープロファイルを取得した。また、クレーターの直径をノギスを用いて計測した。

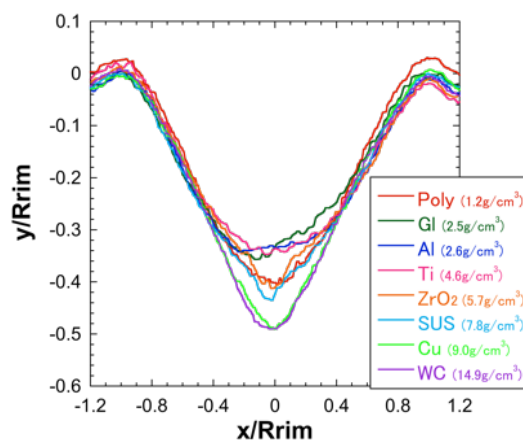


図 1.規格化したクレータープロファイル

## 実験結果

異なる弾丸物質を衝突速度~4km/s で衝突させた時のクレータープロファイルから、クレー

ターはお椀型の単純クレーターで、弾丸の密度が大きくなるにつれて、クレーター直径と深さが大きくなるのがわかった。形状を比較するために、クレーターリム半径で規格化したのが図1である。高密度弾丸で形成されるクレーターの直径に対する深さが大きくなることより、異なる弾丸が衝突した際のクレーター形状が異なることがわかった。Holsapple (1993)で提唱されている $\pi$ -scalingを用いて、クレーターサイズに関するスケール則を構築した。図2に、本研究の実験結果を示す。これより、衝突条件によらず、クレーターサイズを $\pi$ -scalingで表すことができることを確認した。本研究で得た経験式は、 $\pi_R = 0.512\pi_2^{-0.178}\pi_4^{0.34}$ である。

図3は、ポリカ球を4km/sで衝突させたときに励起された振動波形の時間変化を示している。衝突後に加速度のピークを示す単発波形で、振動しながら強度が減衰している波形が観測された。弾丸物質を変えた実験の際に観測した加速度波形の特徴は、ポリカ球での波形と大きく異なることがわかった。加速度の最大値  $g_{max}$  を計測し、振動伝播距離  $x$  によって振動強度がどのように減衰するのかを調べた。伝播距離  $x$  が同じ時、弾丸密度が大きくなるにつれて最大加速度が大きくなるのがわかり、距離のべき乗で強度が減衰することがわかった。Yasui et al. (2015)で、異なる弾丸物質における振動加速度はクレーター半径  $R$  で規格化した距離  $x/R$  で表せると報告されている。本研究結果を、図4に示す。これは、衝突速度が $\sim 4\text{km/s}$ の時のデータである。データのばらつきは大きいですが、弾丸密度の違いによる最大加速度の違いが小さくなり、規格化距離  $x/R$  でスケールできることがわかった。本研究で得られた経験式は、 $g_{max} = 124 \pm 30 \left(\frac{x}{R}\right)^{-2.80 \pm 0.15}$  となり規格化距離の2.8乗で減衰することがわかった。

【参考文献】 Richardson et al., Icarus, 179, 325, 2005; Holsapple, Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 21, 333, 1993; Yasui et al., Icarus, 260, 320, 2015.

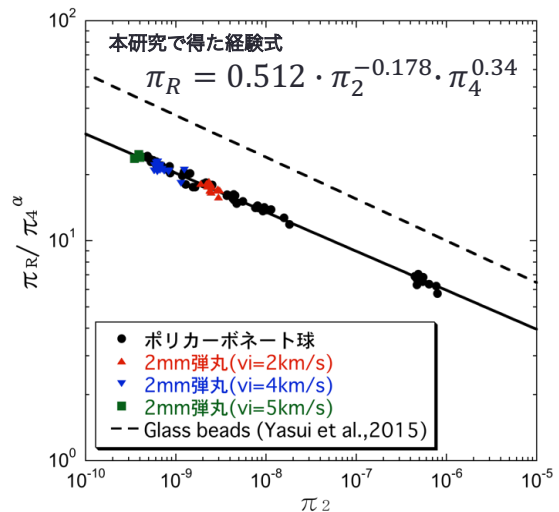


図2.クレーターサイズスケール則

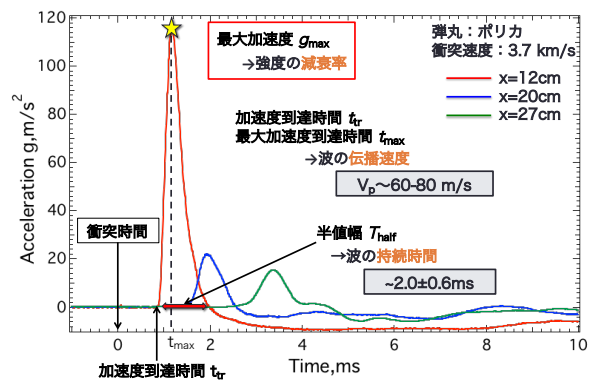


図3.観測した加速度波形

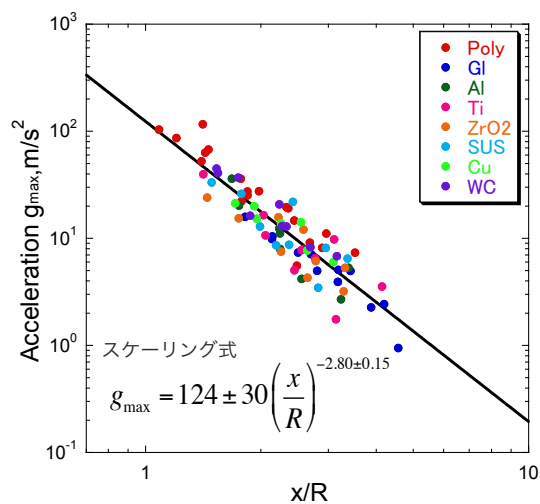


図4.振動強度の距離減衰の弾丸密度依存性