

小惑星表面を模擬した砂・石膏標的へのクレーター形成実験

杉村 瞭¹, 石黒 琢也¹, 荒川 政彦¹, 保井 みなみ¹

1. 神戸大学理学研究科

背景

2019年に探査機はやぶさ2により小惑星 Ryugu に対する宇宙空間での微小重力下での衝突実験が行われる予定である。この結果を理解するために、推定される小惑星 Ryugu 表面で形成されるクレータースケール則を室内実験により構築する必要がある。そこで本研究では、小惑星 Ryugu などの岩石質小惑星を模擬した弱強度標的でのクレーター形成実験を行うことにした。

実験手法

標的には粒径 $100\mu\text{m}$ の石英砂と石膏粉末を用いており、石英砂と石膏の質量比を変えることで標的強度をコントロールした。本研究で使用した試料には石膏内のできる空隙(マイクロ空隙)と石英砂間のできる空隙(マクロ空隙)の2種類の空隙があり、試料のマイクロ空隙は0.5~15%、マクロ空隙は33~48%の間で変化している。図1はマクロ空隙率を33~48%の間で変化させた標的の強度はブラジリアンテストによって計測した結果である。ここから標的引張強度は0.66~0.003MPaの間で変化していることが分かる。これらの標的を用いて衝突実験を神戸大学の二段式軽ガス銃にて行った。弾丸は直径2mmのアルミ球で、衝突速度は2km/s、4km/s、6km/sである。またエジェクタ放出速度を調べるために、標的の前に幅1cmの隙間のスリットを置いて、視線方向のエジェクタが放出しないようにしたエジェクタ放出速度計測実験も行った。(図2)

図1: 強度測定の結果

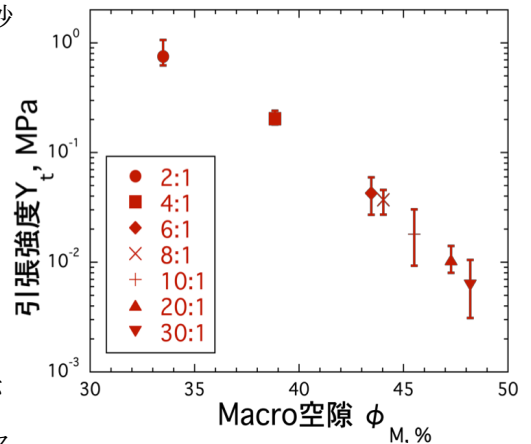
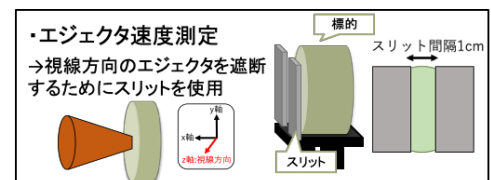


図2: エジェクタ放出速度測定実験のモデル



結果

衝突実験の結果から、形成されたクレーターは強度が減少するとキャロット型から皿型へと変化することが分かった。また高速度カメラで撮像したエジェクタカーテンの形状は衝突直後には円錐型で、その後ピラーを形成し、Y字型のエジェクタカーテンへと変化した。しかし、強度が大きいとピラーが形成されない場合もあった。また、図3はスポール領域半径での π スケール則を適用した結果であり、これから $\pi_R = 0.76\pi_Y^{-0.18}$ という式が得られた。この図より本研究で得られた π_R の値は、同じ π_Y での凍結砂の π_R よりも小さく、石膏の π_R よりも大きいことが分かる。これは弾丸の運動エネルギーが石膏に含まれるマイクロ空隙を潰すことに使われ、クレータリングに使われるエネルギーが小さくなったためであると考えられ、クレーター形成には標的強度だけでなく、標的内部の石膏に含まれるマイクロ空隙が影響することが分かった。

また、図4,図5は、スリットをつけたエジェクタ放出速度計測実験の結果である。ここからクレーターの縁から出る破片ほど放出速度は早く衝突点近傍から出る破片ほど放出速度は遅いことが分かった。さらに放出角度に関しては、遅い破片ほど標的表面から大きな角度で放出することが分かった(図4)。

図 3: クレーター半径 R に関する π スケール則

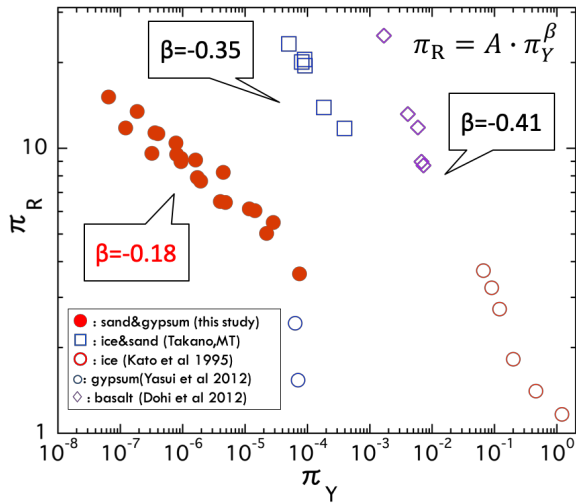


図 4: エジェクタ放出速度と位置の関係

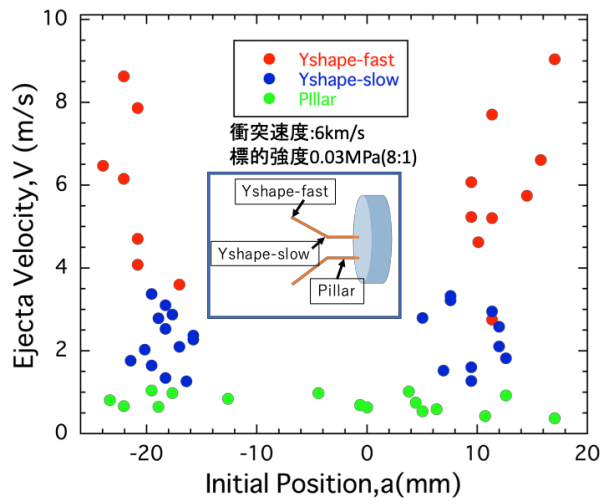


図 5: エジェクタ放出角度と放出速度の関係

