

低強度粗粒レゴリスを用いた衝突実験： クレータースケール則と衝突励起振動に対する粒子強度の影響

○山本 裕也¹, 荒川 政彦¹, 保井みなみ¹

¹神戸大学大学院理学研究科,

【はじめに】 衝突クレーターの形成は、太陽系の形成・進化において普遍的な現象である。そのため、微惑星の衝突と進化過程や小惑星上での衝突流動過程を明らかにするためには様々な規模で起こるクレーター形成過程を再現するためのスケール則や衝突励起振動の研究が必要となる。クレータースケール則は、その形成を支配する物理メカニズムによって2種類のもので提案されているが、そのうちレゴリス層で覆われる微惑星上に見られるクレーターは、重力でによって支配されたメカニズムにより形成されると言われる。一方、このレゴリス層を構成する粒子の破壊強度が小さい場合、クレーター形成時には衝突点付近の粒子が破壊される。従って、重力以外にも構成粒子の破壊強度がクレーター形成過程に影響を与える可能性が高い。しかしながら、レゴリス構成粒子の破壊強度を考慮した実験的研究は少なかった。そこで本研究では、粗粒低強度粒子からなる標的に対してクレーター形成実験を行い、クレータースケール則と衝突励起振動に対する構成粒子の破壊強度の影響を調べた。

【実験方法】 クレーター形成実験は神戸大学の縦型一段式軽ガス銃を用いて行った。標的には直径1~4 mmの細粒鹿沼土を用いたが、この粒子の空隙率は65.4%で、圧壊強度は約60kPaであった。弾丸には直径3 mmの密度が異なる5種類の球(鉄, ジルコニア, アルミナ, ガラス, ナイロン)を用いた。それらの弾丸を速度40~200 m/sまで加速して標的表面に対して垂直に衝突させた。衝突クレーターの形成過程はハイスピードカメラ(1000 FPS)で撮影し、その動画を用いてイジェクタとして放出される個々の粒子の軌跡を求めた。軌跡からイジェクタ速度分布(粒子の飛翔速度と初期位置の関係)とイジェクタの放出角度を求めた。また実験後の標的は回収して、その表面に作られたクレーターの直径を計測した。また、衝突励起振動は衝突点からの距離が異なる3箇所に加速度計(型番:SV1111, SV1113, 固有振動数:30 kHz)を設置することで計測した。なお加速度のデータはチャージアンプ(型番:AD-8724D)を通して、データロガー(取り込み速度:100 kHz)で記録した。

【実験結果】

クレーターサイズと弾丸の運動エネルギーの関係調べた結果、低運動エネルギーでの関係と高運動エネルギーでの関係にオフセットが生じることがわかった。このオフセットの結果、0.14 Jから0.63 Jの領域ではクレーターサイズは運動エネルギーとともに変化せず、ほぼ一定となった。また、 π スケール則を用いて規格化クレーター半径(π_R)と規格化重力(π_2)の関係を調べた所、砂やガラスビーズ標的等の先行研究と比較して π_R がかなり小さくなることがわかった。さらに詳しく調べると、 π_R と π_2 の関係は弾丸の種類や衝突速度によって上下2つに分離していることがわかった。このようなオフセットや分離が見られるのは、衝突の運動エネルギーが標的である低強度粒子の破壊に使われているからだと考えられる。一方、イジェクタ速度は粒子毎

のばらつきが大きく明確な衝突点距離と放出速度の関係は見られなかった。また、イジェクタ角度に関しても、放出位置に依らずばらつきが大きく、衝突点距離への依存性は見られなかった。さらに、加速度計のデータからは衝突励起振動の伝搬速度が 30 ± 3 m/sであり、先行研究のガラスビーズ標的の伝搬速度の約1/3倍であることがわかった。また、衝突点からの距離とその場所での最大加速度の関係はガラスビーズ標的で得られた同じ衝突条件の結果と比較すると1/10程度とかなり低くなっていることがわかった。一方、最大加速度とクレーター半径で規格化した衝突点距離の関係を調べると、標的や弾丸の異なる先行研究と一致することがわかった。

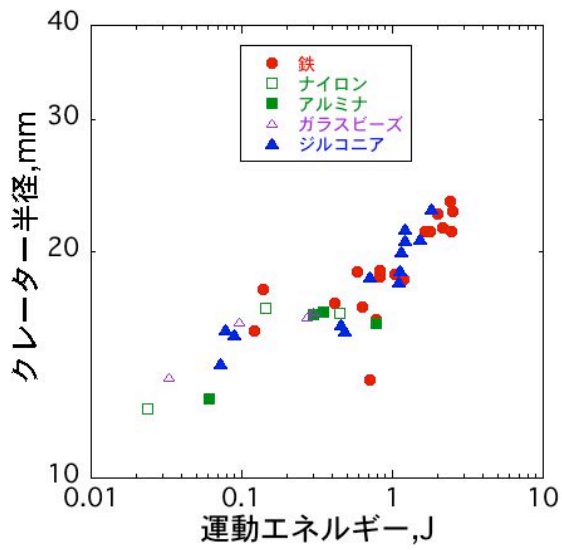


図 1: 弾丸の運動エネルギーとクレーター半径の関係

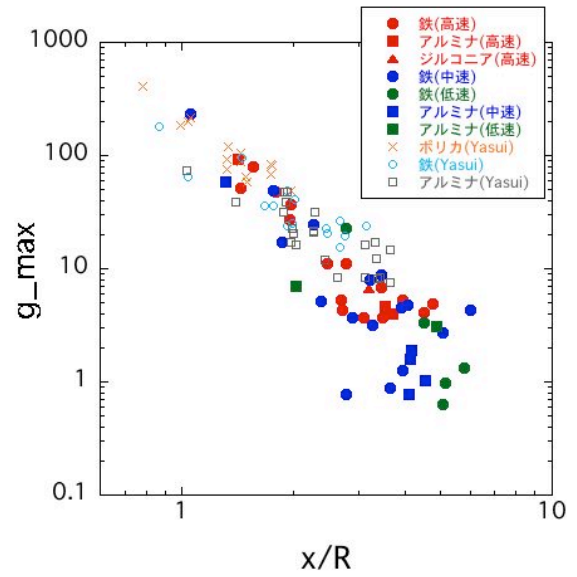


図 3: 最大加速度とクレーター半径で規格化した衝突点からの距離の関係

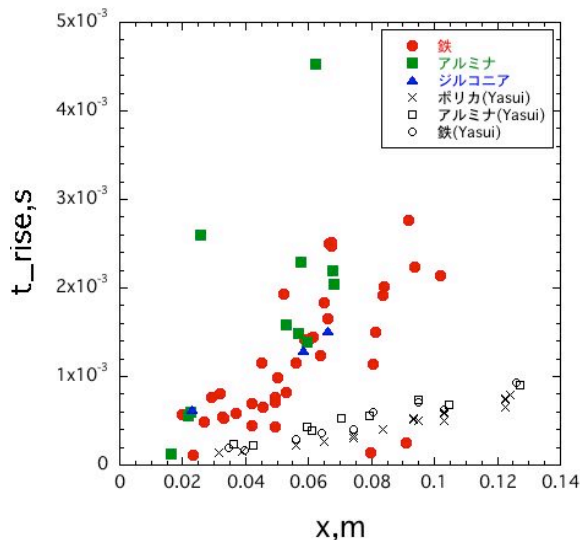


図 2: 衝突励起振動の立ち上がり時間と衝突点からの距離の関係