

レゴリス層を模擬した粉粒体を伝播する衝突励起振動に関する実験的研究

Experimental study on propagation process of impact-induced seismic wave in quartz sand simulating asteroid regolith layer

*松榮 一真¹、荒川 政彦¹、保井 みなみ¹、高野 翔太¹、長谷川 直²

*Kazuma Matsue¹, Masahiko Arakawa¹, Minami Yasui¹, Shota Takano¹, Sunao Hasegawa²

1.神戸大学大学院理学研究科、2.宇宙科学研究所

1.Graduate School of Science, Kobe University, 2.Institutes of Space and Astronautical Science, JAXA

はじめに

小惑星の表面は、これまでの探査によってボルダールを含む粉粒体で構成されたレゴリス層で覆われていることが明らかとなってきた。レゴリス層で覆われた小惑星の表層地形は、天体衝突によって発生する振動(衝突励起振動)による地形変化を考慮すべきだと言われている。しかし、衝突励起振動に着目した実験的研究は少なく、その実験条件も限られている。我々はこれまでポリカーボネート弾丸を用いて石英砂標的に高速度衝突実験を行い、衝突励起振動の震源・減衰過程について調べてきた(松榮 他, 連合大会2015)。また、2015年度からは宇宙科学研究所の縦型二段式軽ガス銃においてサボ分離により、様々な種類の弾丸が発射できるようになった。そこで、密度の異なる直径2mmの弾丸を用いて高速度クレーター形成実験を行いクレーター形成過程の観測とともに衝突励起振動を計測した。これまでの実験結果を基に、衝突励起振動による地形変化過程に重要となる“振動強度とその距離減衰率”及び“衝突体の運動エネルギーが振動エネルギーに変換される割合”について調べた。さらに、衝突速度や弾丸密度を広く変化させた衝突実験を行い、石英砂標的に対するクレーターサイズのスケール則の構築を行った。

実験方法

衝突実験は、神戸大学の縦型一段式軽ガス銃と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を用いており、その弾丸を0.2-6.9km/sの速度で衝突させた。また、直径2mmの密度の異なる7種類の球(ガラス、アルミ、チタン、ジルコニア、SUS、銅、タングステンカーバイト)も弾丸として利用し、2、4、5km/sの速度で衝突させた。標的試料には平均粒径500 μ mの石英砂を用いた。標的表面には、加速度計(電荷感度5.47pC/sm², 応答周波数:0.5Hz-10kHz)を、衝突点からの位置を変化させて設置し、衝突励起振動の加速度を計測した。実験後にはレーザー変位計でクレータープロファイルを取得して衝突クレーターの形状を調べた。

実験結果

クレーター形状は、ポリカーボネート弾丸では、衝突速度を変えても形状は変化しなかった。一方、弾丸密度を変えた場合、弾丸密度が大きくなるとより深いクレーター(直径に対しての深さがより深い形状)が形成された。このことから、クレーターの直径深さ比(d/D)は常に一定ではなく、衝突体の密度によって変化することが明らかとなった。一方、クレーターサイズは π スケールリング則で表すことができ、本研究で得られたクレーターサイズに対する実験式は、であった。石英砂標的で観測した加速度波形は、衝突点からの距離によって変化することがわかった。すなわち、衝突点近傍では、加速度波形は単発波形であるが、一定距離以上遠くなると減衰振動波形に変化することがわかった。また、加速度波形の最大値は、衝突速度や弾丸密度にかかわらず形成されたクレーター半径で規格化された距離でスケールリングすることが可能であることがわかった。本研究で得られた加速度減衰の実験式は、である。

さらに、観測した加速度波形を基に弾丸の運動エネルギーが石英砂層の振動エネルギーに分配された割合を見積もった。衝突励起振動の振動エネルギーは、sin波でモデル化した波形の一周期分が通過した領域の運動エネルギーとした。また、振動エネルギーは衝突点からの距離により変化することが分かったため、クレーターリムでの値を比較した。その結果、石英砂標的でのエネルギー変換効率は 8.1×10^{-5} となった。Yasui et al., 2015で算出されたガラスビーズ標的で得られた値(5.7×10^{-4})より一桁小さな値となった。

本研究の結果を用いて、天体衝突により地表面が変化する領域を定量的に見積もった。1)イジェクタ堆積による変化、2)衝突励起振動による変化、の二つに分けて地形が変化する領域を推定したイジェクタ堆積により生

する地表面の変化領域は、。クレータープロフィールとイジェクタ速度に関するスケーリング則から求めた。その結果、クレーター半径の数倍程度に及ぶことがわかった。一方、衝突励起振動による変化は、クレーター半径の2~10倍の領域となり、重力が小さい天体ではより広範囲の領域の地形が変化する可能性があることがわかった。

キーワード：クレーター、レゴリス層、衝突励起振動

Keywords: crater, regolith layer, seismic shaking