

凍結砂を用いた強度支配域のクレータースケール則に関する実験的研究

High velocity impact experiments for frozen sands related to crater scaling laws in strength regime

高野 翔太¹、*荒川 政彦¹、保井 みなみ¹、松榮 一真¹、長谷川 直²Shota Takano¹, *Masahiko Arakawa¹, Minami Yasui¹, Kazuma Matsue¹, Sunao Hasegawa²

1.神戸大学大学院理学研究科、2.宇宙航空研究開発機構

1.Graduate School of Science, Kobe University, 2.Japan Aerospace Exploration Agency

外惑星領域では、固体天体の多くは氷地殻で覆われており、その氷地殻は氷・岩石粒子混合物から構成されている。この氷地殻で観測される衝突クレーターのサイズから衝突天体のサイズを推測したり、クレーター形成時の衝突放出物（エジェクタ）が堆積してできるレゴリス層の厚さを定量的に見積もるには、クレーターのスケール則が必要である。特に1000km以下の氷天体では、1km以下のクレーターは、氷地殻の強度により、その形成過程が律速されている可能性が高く、これらのクレーターについて研究を進めるには、物質強度が支配する領域でのクレータースケール則が必要である。しかしながら、物質強度を連続的に変化させてこのスケール則を検証した例は非常に少なく、特に、エジェクタの速度分布に関する例は皆無と言える。そこで、本研究では、強度を連続的に変化させた試料への高速度クレーター形成実験を実施し、クレーターサイズ及びエジェクタの速度分布に対する物質強度依存性を明らかにする研究を行った。

実験では氷地殻を模擬するために水分量を調節した凍結石英砂を標的として利用している。この凍結砂試料は、粒径100 μ mの石英砂に水を2.5 wt.%から20wt.%まで加えて-20 $^{\circ}$ Cで凍結させて作成している。この試料の引っ張り強度（Y）を測定した所、含水量（C）との間に $Y(\text{MPa})=0.145C(\text{wt.}\%)$ の関係にあることがわかった。この標的に対して、直径2mmのアルミ弾丸を2, 4, 6km/sで標的面に垂直に衝突させてクレーター形成実験を行い、その結果を π スケール則を用いて整理した。その結果、すべての実験データは、規格化クレーターサイズ $\pi_r=R(\rho/m)^{1/3}$ と規格化強度 $\pi_v=Y/\rho v_i^2$ を用いて $\pi_r=1.0\pi_v^{-0.3}$ の式で整理できることがわかった。なお、 ρ は標的のバルク密度、 m は弾丸質量、 v_i は衝突速度である。また、エジェクタの速度分布を調べたところ、放出粒子の飛び出し角度は、放出位置が衝突点から遠くなるに従って増加し、クレーターリム近くでは90 $^{\circ}$ に近い急角度になることがわかった。そして、この放出角度の連続的な変化は、ピラーと呼ばれる垂直に近い角度で成長するエジェクタカーテンを形成する原因となっていることを明らかにした。

キーワード：太陽系小天体、高速度衝突、クレータースケール則

Keywords: solar system small bodies, high velocity impact , crater scaling law