

熱進化した小さな氷衛星を模擬した圧密標的上のクレーター

—形成実験

¹江口裕樹 ¹荒川政彦 ¹保井みなみ ¹笹井遥

¹神戸大学理学研究科

背景・目的

近年の惑星探査により氷衛星にも数多くのクレーターの存在が明らかになっている。Hyperion や Pandora などの土星の小さな氷衛星にもクレーターが確認されており、このような直径数十キロの小さな氷衛星上のクレーターは重力の影響が強度に比べて無視できるため強度支配域のクレーターと呼ばれる。強度支配域のクレーターについては過去の研究からスケール則が導かれ、無孔質の玄武岩標的から、空隙率 80%以上のガラスビーズ標的に至るまで様々な物質を用いてクレーター形成実験が行われてきた[1]。また、氷衛星の内部は多くの空隙を保持しているものと考えられており、そのバルク空隙率を調べるためには構成物である氷、ケイ酸塩鉱物、有機物の質量比が重要である。この比によって、氷衛星の空隙率は 0%程度の低空隙率から 50%以上の高空隙率まで広範囲に及ぶと予想される。しかし、氷物質上の強度支配域のクレーターについては空隙率 0%から 50%以上の広範囲にわたる経験式は明らかになっていない。

さらに、衝突の結果で起こる衝突クレーターや天体間での運動量輸送は、表面進化や天体の軌道進化など、天体の進化過程を考える重要な手掛かりになる。衝突時における天体間の運動量輸送については、AIDA 計画により行われる小惑星への人工衝突実験と小惑星の軌道偏向が注目されており、その軌道偏向を予測するために天体同士の衝突による運動量輸送の研究が進んでいる。その際に用いられるのが、衝突前後の母天体の運動量と衝突体の運動量の比 (β) であり、室内実験においても衝突条件と運動量輸送効率 β^{-1} の関係を調べる必要がある。

したがって、本研究では低空隙率から高空隙率の雪標的におけるスケール則を確立するために、小さな氷衛星を模擬した空隙率 30%以下の雪標的を用いてクレーター形成実験を行い、クレーター形状やサイズに対する空隙率依存性を調べた。さらに、運動量輸送効率 β^{-1} に対する強度依存性を調べた。

実験方法

標的には、粒径が $710\mu\text{m}$ 以下の雪を圧縮して作成した高さ 7cm 、直径 7cm の円柱試料を用いた。空隙率は 10、20、30%とした。作成した試料は 2~6 日間、 -20°C の冷凍庫で応力緩和させた。衝突実験は、神戸大学の横型二段式軽ガス銃を用いて行った。この装置は低温室内にあるチャンバーと連結しており、実験を行う際はチャンバー内の温度を -15°C 、真空度を $51\sim 170\text{Pa}$ にした。衝突速度は $1\sim 5\text{km/s}$ とした。弾丸は直径 1mm と 2mm のアルミ球を用いた。

結果

今回の実験で雪標的に形成されたクレーターは中央にピットを持ち、その周辺にスポール領域を持つピット型クレーターであった。衝突速度が同じ時、スポール直径の大きさは空隙率が低い方が大きくなった。

図 1 はスポール直径を運動エネルギーのべき乗則で表したものである。結晶氷[2]と空隙率 30%の雪標的は fitting のべきがほぼ同じであるという結果が得られた。一方で、空隙率 20%のべき(傾き)は結晶氷や空隙率 30%と比べると小さく、べきの値は約 $1/4$ 倍でとなった。また、結晶氷と空隙率 30%の雪標的を比べるとスポール直径は空隙率 30%の方が小さく、多孔質の標的の方が多孔質でない標的に比べてクレーター形成効率が悪いという岩石物質についての先行研究の結果[1]と一致した。

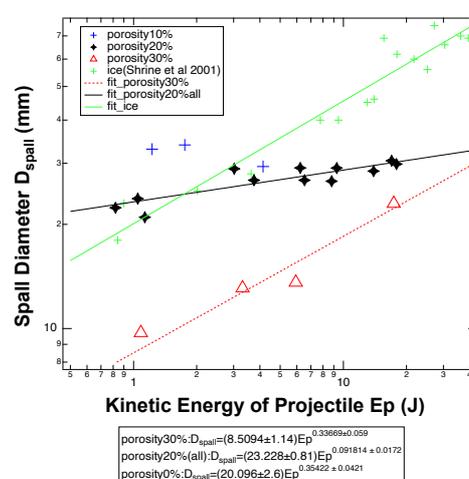


図 1 スポール直径と弾丸の運動エネルギーの関係

参考文献

- [1] Akiko M. Nakamura Planetary and Space Science 149 (2017) 5–13
- [2] N. R. G. Shrine, M. J. Burchell, and I. D. S. Grey Icarus 155, 475–485 (2002)