

雪と雪の衝突により形成されるクレーター

Crater formation on snow by snow impact

荒川 政彦[1]

Masahiko Arakawa[1]

[1] 北大・低温研

[1] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

<http://risu.lowtem.hokudai.ac.jp/~arak/>

はじめに：

アメリカの惑星探査機スターダストにより Wild-2 彗星核の表面地形が撮像された。その表面は他の固体惑星・衛星と同様にクレーターで覆われていたが、観測されたクレーターの形状はこれまで確認されているものとは異なっていた。特に目を引くのは直径に比べてその深さが異常に深くなっているクレーターである。このクレーターはその縁が崖のように切り立って見え、深くえぐられたような形状を持つ。最近増えつつある小惑星の表面地形の画像にも同様な特徴を持つクレーターがあることから、その成因と小天体の高空隙率の関連が指摘されている。本研究では、彗星のような高空隙率氷天体にできるクレーターの特徴を調べるために衝突実験を行なった。実験では彗星 彗星衝突を再現するため、雪の弾丸を用いて実験を行なった。

実験方法：

ターゲットとなる雪試料は氷粉末（ $\sim 500 \mu\text{m}$ ）を用いて準備した。氷粉末を直径 10cm、深さ 5cm の円筒容器に軽くタッピングしながら詰め込み空隙率 45% の試料を用意した。弾丸は直径 15mm、質量 1.6g で、圧密により空隙率 35% になるまで圧縮した。雪の弾丸は低温室（ -10°C ）に設置した横置き He ガス銃により 3m/s \sim 65m/s にまで加速し衝突実験を行なった（He ガス：0.3 \sim 3 気圧）。雪弾丸は加速用 He ガスにより、周囲の削剥が観察されるので、衝突速度が速い場合には弾丸質量の欠損を考慮する必要がある。なお、雪ターゲット、弾丸のそれぞれの空隙率に対応する静的圧縮強度は文献値によれば 1MPa、2MPa となっている。衝突の様子は高速度デジタルカメラで撮影し（2000fps）弾丸速度、放出物の速度を計測した。実験後のターゲットは質量を計測し、弾丸衝突による質量の増減およびクレーター体積を計測した。

結果：

（クレーター形状）衝突速度が 13m/s までは、雪弾丸はほとんど破壊することなく回収される。弾丸はターゲット表面に衝突した時、跳ね返ることはなく跳ね返り係数は 0 に近いと思われる。この場合、弾丸はターゲットに付着したとみなすことができるので両者の合計から衝突後の質量の増減を計算する。速度 13m/s までは、クレーター体積が小さいので、弾丸付着の効果でターゲットの質量は正味で増加となる。一方、速度が大きくなると弾丸の付着は起きてもそれ以上にクレーター体積が大きくなるので、正味での質量は減少する。速度が大きき場合に形成されるクレーターは、その形状は円というより多角形になり、深さも同サイズの氷クレーターと比べて深くなる。

（クレーター体積）クレーター体積（ V_0 ）と弾丸の運動エネルギー（ E_k ）の関係を調べると、 $V_0 \propto E_k^{0.65}$ であることがわかった。クレーター形成効率については、氷 氷衝突の場合と比べると $E_k = 5 \text{ J}$ のところで 2 桁以上大きくなっていることがわかる。たとえ弾丸が雪であっても雪ターゲットには大きなクレーター孔ができることが確認された。氷 氷衝突の場合にはクレーター体積と運動エネルギーの関係は $V_0 \propto E_k^{1.7}$ であり、雪 雪の場合と比べて、べき指数が倍以上大きい。このべき指数の違いはクレーター形成メカニズムの違いを表しているものと思われる。終段階有効エネルギーを用いたクレーターのスケール則によれば強度支配域の場合、クレーター体積は運動エネルギーの 1.2 乗に比例し、重力支配域の場合、0.75 乗に比例する。雪は砂と異なり容易に焼結するため強度を持つ物質である。その証拠にクレーター形状は重力に左右されず多角形の形状を維持したり、側面は急なスロープを持ったりする。ゆえにクレーター体積は強度により支配されると思われるが、結果は重力支配域のべき指数に近い。残念ながら今のところこの理由はわからないが、空隙率の高い弱い焼結体において、これまでのスケール則には考慮されていないクレーター形成メカニズムが強く働いている可能性がある。