

雪標的への衝突でみられる クレーター周りのスポール地形

○鈴木絢子¹, 保井みなみ², 荒川政彦², 長谷川直¹

¹JAXA/ISAS, ²神戸大学

最近の惑星探査では、固体天体表層の画像が高解像度で取得され、微細な構造を調査・研究することが可能となった。固体天体上では、表層の岩石強度や粉体固着力などが存在し、小さなクレーターは天体の重力よりも表層物質の強度で制御されていると考えられる。これまでの衝突クレーター研究では、実験室で観察できるクレーターと、実際の固体天体上で観察できるクレーターのサイズが違いすぎていたが、高解像度で固体天体上の小さなクレーターまで観察できることにより、強度支配域の衝突クレーター研究への注目が高まっている（例えば、Kenkmann et al., 2011; Suzuki et al., 2012）。強度支配域の衝突クレーター研究は、岩石などの固体物質への衝突クレーター形成実験として長年に渡って行われており、半球形をしたピット領域とそれを取り巻くスポール領域からなる特徴的な衝突クレーターができることが知られている（例えば Dufresne et al., 2013 とその引用文献）。一方で天然では、現在までのところ、顕著なスポールを持つクレーターがほとんど観察されていない。これは、実験室スケールでの実験結果を惑星スケールに外挿するという、衝突クレータースケーリング則の観点からも、解決すべき問題である。

標的の物質強度は、スポールの形成を制御する主要なパラメータの 1 つと考えられるが、岩石などの標的物質を用いた一連の実験では、連続的に変化させることが大変困難である。しかし雪は、焼結時間と強度に一定の関係があることが知られている（Arakawa and Yasui, 2011）。しかも、そのとき標的の空隙率はあまり変化しないという利点がある。そこで我々は、スポール形成に標的強度が与える影響を調べるため、焼結時間を変化させた雪標的上の衝突クレーター地形を詳細に調べた。

実験は、神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻の低温実験室にて、室温-15°Cの環境下で行った。標的雪試料は、氷塊を糸鋸・ブレンダーで細かく砕いたもののうち、直径 710 μ m 以下の粒子のみを、直径 14cm、高さ 13cm の金属容器に詰めて作成した。試料容器中の雪試料の質量を測定して求めたバルク密度と空隙率は、それぞれ約 0.6g/cm³、約 35%であった。氷粒子を容器に詰めてから弾丸衝突までの時間を 15 分～20 時間の範囲で変化させて、雪標的の強度を制御した。本研究では、積雪の硬度を計測する方法の一つである木下の方法（木下, 1960）を参考に、金属円柱をある高さから試料表面に垂直に落下させ、そのときのくぼみの深さから求めた値を雪試料の強度とした。弾丸は直径 8mm、高さ 8mm、質量 0.36g の高密度ポリエチレン円柱で、スムーズな加速のため後端に直径 10mm、高さ 8mm、質量 0.014g の発砲ポリスチレン円柱を接着剤で貼付した。これを小型縦型ガス銃

で水素ガスを用いて約 80~200m/s に加速した。高密度ポリエチレン円柱と発砲ポリスチレン円柱は、接着したまま飛翔し、標的に衝突してクレーターを形成した。

雪標的上にできたクレーターは、主に半球形をしたピット領域とそれを取り巻く不定形のスポール領域から成り、典型的な強度支配域のクレーターに類似している。ピット直径と深さは、標的強度が大きくなるにつれて小さくなった。一方、スポール領域を含むクレーター全体の直径は、強度と共に最初は増加し、ピークを迎えたのちに減少して、今回の実験の最長焼結時間 20 時間の場合ではついに消失した。焼結時間が 15 分の標的では、クレーター周囲の一部に雪の土手のようなものが付随しており、重力支配域のクレーターで観察されるクレーターリムと類似していた。そこで、Holsapple, 1993 で提案された統合スケーリング則の項の比を用いて見積もったところ、今回実験を行った条件では 0.1~1.7 の範囲に収まり、強度支配域と重力支配域の境界領域の可能性があったことがわかった。一方で、クレーターの深さ直径比は 0.5~1 となり、弾丸標的密度比の高い強度支配域のクレーターにより近いこともわかった。