

氷・石英砂混合標的に対する高速度クレーター形成実験

○高野翔太¹ 荒川政彦¹ 保井みなみ¹ 長谷川直²

1. 神戸大学大学院理学研究科 2.宇宙科学研究所

はじめに：

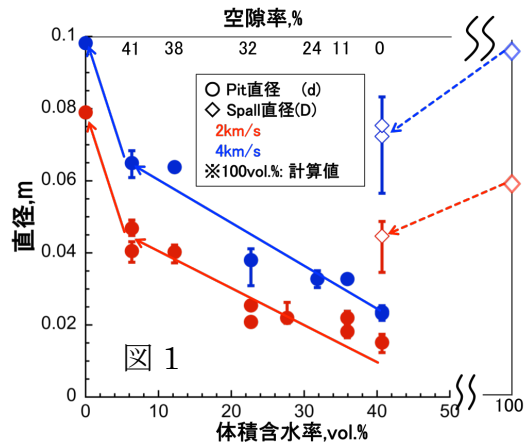
小惑星ケレスなど小惑星帯の天体の中には、地殻に氷を含む（氷地殻）天体が存在していると思われる。そして、その表層のレゴリス層は、衝突掘削・堆積及び氷の昇華により、氷の量や空隙率が連続的に変化していると思われる。この様に表層が持つ構造は、衝突クレーターの形成過程や形状にも影響すると考えられ、室内実験の結果と小惑星探査によるクレーターの調査を比較することで表層構造に関する情報が取得できる可能性がある。そこで、氷を含むレゴリス上に形成されるクレーターの特徴を明らかにすることにした。これまで氷・岩石混合標的に対するクレーター形成実験は、平岡ら[1]により行われたが、標的の含水率は70-100vol.%の範囲にあり、含水率が低い範囲での実験例はこれまでほとんどない。この実験では、レゴリス間を埋める氷がクレーター形成過程に与える影響を明らかにするため、含水率が40vol.%以下の範囲で系統的に含水量を変化させたレゴリス層に対するクレーター形成実験を行った。そして、標的強度がクレーターサイズを支配する条件におけるクレータースケール則を構築するために、クレーター形成メカニズムについても調べた。

実験方法：

衝突実験は、神戸大と宇宙研に設置された二段式水素ガス銃を用いて行った。小惑星帯の天体を構成する氷地殻を模擬するため、湿った石英砂を凍結させた試料を作成した。この凍結試料は、粒径100 μ mの石英砂と水を混ぜて直径25cmの円筒金属容器に入れ-20℃の冷凍庫で凍らせて作成した。含水率は、砂粒子間をすべて水で満たしている40vol.%(空隙率0%)から6vol.%(空隙率42%)まで変化した。弾丸には、直径2mmのアルミ球弾丸を用い、速度2km/s, 4km/sで発射した。衝突前は、真空断熱により、標的試料を約-10~15℃で維持した。衝突時のエジェクタ放出の様子は、高速ビデオカメラで撮影した。また、エジェクタ破片の速度分布を調べるための実験では、動画上の視線方向に速度成分をもつ破片を除くため、標的直前にスリットを設置して実験を行った。回収した標的上に作られたクレーター形状はノギスとレーザー変位計で形状を計測した。

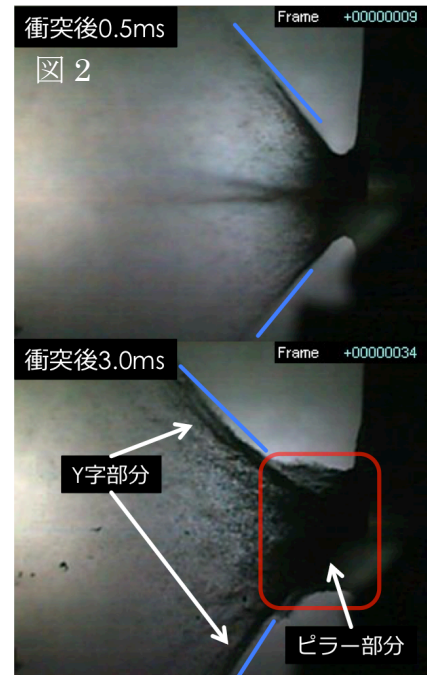
結果：

神戸大での横打ち実験と宇宙研での縦打ち実験では、重力方向の違いによるクレーター形状の違いは見られなかった。形成されたクレーターは、含水率 40vol.%(空隙率 0%)の標的では衝突点付近に Pit と呼ばれる円錐型の衝突痕領域を持ち、その周囲に Spall と呼ばれる表面が剥がれた様な領域を持っていた。



一方、含水率 36vol.%以下(空隙率 12%以上)の標的では Spall 領域は形成されなかった。Pit 直径は含水率 40vol.%から 6vol.%の間で直線的な増加傾向が見られた(図 1)。Pit 深さ H と Pit 直径 d の比(H/d)は、40vol.%から 6vol.%へと水分量が減少すると伴に小さくなった。この比は、純氷[2]に対する実験結果や含水率 70~100vol.%までの氷・岩石混合物(空隙率 0%)[1]に対する実験結果と比較すると、明らかに小さな値となり、含水率の現象と共に H/d 比も単純減少する傾向にあることがわかった。

エジェクタカーテンの形状は、先行研究[3]同様に、エジェクタカーテンの先端部分が一定の角度を保ちながら Y 字状に伸び、根元部分はピラーを形成する様子を確認できた(図 2)。取得映像を解析して、エジェクタ破片の初期位置分布について解析した。その結果、Y 字部分を形成する破片は、衝突点の周辺領域から、他の破片に比べて速い速度・低い角度(衝突方向を 90°と定義)で放出されていることが分かった。ピラー部分を形成する破片は、Y 字部分の破片の放出位置より外側の領域から、Y 字部分に比べ遅い速度・高い角度で放出されていることがわかった。このようなエジェクタ破片の初速度と放出角度の初期位置による変化が、今回観察されたエジェクタカーテンの形状の原因であることがわかった。



[1]Hiraoka et al., 2007 [2]Buechell et al., 2005 [3]Hoerth et al., 2013