



水滴と粉体の衝突の物理を解明 多彩なクレーターの形態とサイズを決める物理法則

概要

九州大学総合理工学研究院の桂木洋光助教は、水滴と粉体を衝突させるというシンプルな実験により、通常の衝突現象では見られない様々な形状のクレーターが形成されることを明らかにしました。具体的には、衝突の条件により「円柱状の穴クレーター」、「リング状のクレーター」、「たんこぶ状の隆起」のような特徴的クレーター形状が確認されました。更に、これらの様々なクレーター形状の半径と衝突速度や粉体層の密度との関係を表す物理法則を世界で初めて実験的に導き出しました。この研究成果は2010年5月28日付 *Physical Review Letters* 誌オンライン版に掲載され、ハイライト論文として *Physical Review Focus* で紹介されました。

Physical Review Letters, Volume 104, Issue 21, 218001 (2010).
<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.104.218001>

Physical Review Focus, Volume 25, Story 20.
<http://focus.aps.org/story/v25/st20> (動画有)

背景

砂場で遊んでいる子供が水滴を砂の上に落としたら砂場にどのような跡が残るでしょうか？この単純な問いに関する答えを物理学はこれまで持っていませんでした。砂に代表されるような粉体材料の挙動は単純な流体や固体とは大きく異なり複雑で、実は多くの未解決問題が残されています。特に、水と粉体の相互作用は複雑なため、従来は乾いた粉体の挙動が主に研究されてきました。このような背景の中で、水と粉体の関係の基礎物理を明らかにする一つの手段として、水滴を粉体層に落下衝突させてクレーター形成の様子を観察し、その物理機構を初めて明らかにしました。

内容

粉体層[炭化珪素研磨粉(粒径 4~50 μm)]の上に、10~480 mm の範囲の高さから直径 5 mm 程度の水滴を落下させ、衝突による水滴の変形とクレーター形成の様子を高速カメラで撮影しました(図1)。また、最終的に形成されたクレーターの形状をレーザー変位計を用いて高精度に計測しました。

その結果、微粒子系(粒径 10 μm 以下の粉体層)においては、水滴の落下高さが低い(衝突速度が小さい)ほど深い(円柱状の)クレーターを形成することが明らかになりました。これは、粉体層に深い穴を開けるには、「水滴をぶつけるよりそっと置いた方が良い」という直感に反した結果を示しています。その他にも、水滴の衝突速度と粉体層の粒径を変化させることにより、二重のリング構造を持つクレーター形状や中央に平坦な部分をもつクレーターが形成されます。更に、条件によっては「たんこぶ」のような盛り上がった凸形状さえ形成されることを明らかにしました(図2参照)。これらのクレーター形状はいずれも通常の固体弾の衝突現象には見られない特徴的なものです。

この水滴と粉体層衝突の物理機構を解明する第一歩として、クレーターの半径が水滴の変形により決定されることを定量的に明らかにして、スケーリング関係を確かめました。

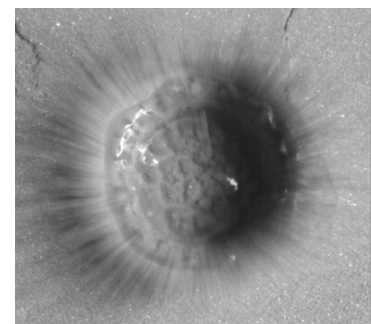


図1：水滴と粉体の衝突を高速カメラで捉えた様子。

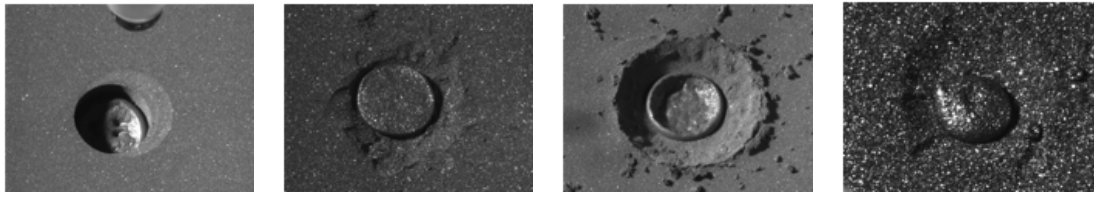


図2：水滴の衝突により形成される様々なクレーター。左より順に、円柱穴型クレーター，中央平坦型クレーター，二重リング型クレーター。

■効果

粉体と水との相互作用を理解する上で基礎的な現象の解明になり，今後の当該分野の進展に寄与する重要な結果となると考えられます。また，水滴と粉体の衝突によるクレーター形状が非常に特徴的であるので，例えば惑星や衛星の表面に類似の形状を発見することが出来れば，水滴がその天体に存在する(した)ことの傍証となる可能性があります。更に，機能性材料等の製造段階における粉体材料と微量溶液の混合過程についても関連する可能性があります。

■今後の展開

今回用いた炭化珪素研磨粉は砂粒のようにゴツゴツとした形状を持つ粒子でしたが，今後は球形であるガラスビーズ等を用いた粉体層に水滴を衝突させた場合の挙動を調べる必要があります。その他，衝突する水滴の大きさ，粘性，表面張力などを制御した実験を行うことが詳細な物理機構の解明につながります。これらの系統的な研究から，水と粉体の相互作用の詳細な物理法則を解明することが大きな目標となります。

【お問い合わせ】

総合理工学研究院助教 桂木 洋光

電話：092-583-8838

FAX：092-583-8838

Mail：katsurag@asem.kyushu-u.ac.jp