

粉体への衝突実験で自発的に発生するラグランジアン追跡粒子

黒澤耕介¹, 岩澤聖徳², 奥住聡², 長谷川直³,

¹千葉工業大学, ²東京工業大学, ³宇宙航空研究開発機構,

はじめに: 天体衝突が起こると標的天体表層には衝撃波が伝播する, 衝撃波の強度が十分に強い場合は岩盤が破砕され流動化する. その後, 自由表面からの膨張波が干渉することにより, 標的天体上空へ向かう掘削流が発生する. 掘削総質量は衝突天体質量の 10-100 倍に及ぶ. 例えば月面では衝突盆地由来の放出物が全球を覆っている. 放出物の速度-質量分布が既知でなければ, ある場所から採集した試料がその場の産状を反映したものなのか, 近隣の衝突盆地の地下から掘削されてきたものなのかがわからなくなってしまう. また微惑星同士の相互衝突に目を向けると, 脱出速度が小さいため衝突掘削は天体の質量欠損を引き起こす. 近年の太陽系進化モデル計算によって, 衝突掘削による質量欠損は微惑星から原始惑星への成長時間を十分に引き伸ばすほどに重要な効果であることが示されている.

先行研究: 過去に様々な方法で衝突掘削による放出物の速度分布を調べる衝突実験が実施されてきた. 代表的なものに(1)標的に粗粒粒子を用い, 放出粒子の一粒一粒を可視化する方法, (2)回収箱・検証板を利用する方法,

(3)画像解析で工夫する方法などがある. ところがそれぞれに問題がある. 例えば(1)の方法では弾丸サイズに対して構成粒子サイズが無視できないために流体近似が使えない, (2)の方法では放出角度を仮定しなければ放出速度が定まらない, (3)の方法では十分な強度を持つ連続光レーザーなどの高価な可視化光学系と高度なプログラミング技術が必要である.

自発光点の発生: 我々は別の目的で光源を用いない粉体への衝突実験を実施していた. その際に衝突後に自発光を放つ光点が生じることを発見した. この光点は衝突速度が ~ 2 km/s 程度の比較的低速の衝突でも発生していた. 高速ビデオカメラの映像では光点が周辺の掘削流の運動をほとんど妨げることなく, 流れにそって運動していることが確かめられた. つまりこの光点は衝突実験において, 自発的に発生するラグランジアン追跡粒子であるとみなすことができるであろう.

発光スペクトル: 可視光分光器を用いて ~ 6 km/s の衝突で発生した光点の発光スペクトルを取得したところ, 1800 K の灰色放射であること

がわかった。光点を生み出す非均質加熱のメカニズムは現状では不明であるが、自発的に発生する光源としても利用可能である。

光点の運動: 試しに光点を2つ抽出し、画像解析を実施して速度ベクトルの大きさと角度を求めた。2粒子は~60 m/s で等速直線運動をしており、その向きは地表面から測って45度であった。この実験では50 μm のガラスビーズを用いており、弾丸サイズ(直径5 mm)の1/100と十分に小さい。今回の手法ではこの条件で粗粒粒子を用いる実験と同様の弾道軌道解析を行うことができる。今回抽出した粒子の放出速度は衝突速度の~1%と比較的低速の粒子であるが、高速ビデオカメラの撮像速度や露光時間の調整によって興味ある速度領域の粒子を抽出することも可能であろう。今後は系統的な弾道軌道解析を実施し、過去の実験で得られた放出物速度分布との比較を実施し、本手法の妥当性と検証していく予定である。

※図や参考文献についてはスライドのPDFファイルをご参照下さい。