

石膏球の斜め衝突破壊実験

保井みなみ, 荒川政彦, 松榮一真, 高野翔太

神戸大学大学院理学研究科

背景: 小惑星の特徴の1つとして、密度幅が広く、特に低密度な小惑星が多い点が挙げられる。この多孔質小惑星の衝突破壊・再集積過程に関して、まだ多くのパラメータ依存性が現在も不明瞭のままである。本研究ではその中でも、斜め衝突に着目する。Fujiwara and Tsukamoto (1980)は無孔質の玄武岩を用いた斜め衝突破壊実験を行い、衝突角度 (90° が正面衝突) が小さくなるにつれて衝突破壊強度が大きくなることを明らかにした。本研究では、多孔質小惑星を模擬した石膏を用いて斜め衝突破壊実験を行い、衝突破壊条件の衝突角度依存性を明らかにする。

実験方法: 実験は神戸大学の横型二段式軽ガス銃を用いた。弾丸は直径 4.7mm のポリカーボネイト球、標的は直径 5 または 7cm、空隙率 60%の石膏球を用いた。衝突速度は約 3.8km/s と約 6.8km/s とし、衝突角度 θ は 10° から 90° まで系統的に変化させた。衝突の様子は高速度カメラで撮影した。

結果: 図 1 に衝突角度と元の標的質量で規格化した最大破片質量 m_l/M_t の関係を示す。衝突角度が大きい場合、最大破片質量は小さく衝突角度の減少と共にわずかに大きくなった。一方、衝突角度が小さくなると、最大破片質量は急に増加した。さらに、エネルギー密度 Q が同じ場合、最大破片質量は衝突速度、標的サイズに依らずほぼ同じになることから、最大破片質量がエネルギー密度で制約されることがわかった。また、衝突速度の $\sin \theta$ 成分のみを考慮した有効エネルギー密度 Q_c ($Q_c = Q \sin^2 \theta$) と規格化最大破片質量の関係が、衝突速度、標的サイズや衝突角度に依らず、 $m_l/M_t = 58.5 Q_c^{-0.68}$ ($m_l/M_t < 0.95$) という関係を持つことがわかった。そこで、この有効エネルギー密度 Q_c の定義と上記の得られた経験式を用いて、衝突角度と規格化最大破片質量の関係を示したのが、図 1 の各実線である。計算結果は実験結果をよく再現しており、最大破片質量の衝突角度依存性をあらゆるエネルギー密度で表すことができた。

衝突角度が 60° 以下の場合、衝突点の反対点から飛翔する衝突破片、または規格化最大破片質量がほぼ 1 (衝突角度 25° 以下) の標的における衝突後の回転速度を調べた。その結果、回転速度は $10 \sim 200 \text{ rad/s}$ ($2 \sim 30$ 回転/s) となり、衝突角度の増加とともに回転速度も増加した。さらに、破壊モード (クレーター形成から衝突破壊) が変化しても、回転速度が連続的に増加することがわかった。このことは、標的の回転が標的内にクラックが発生する前から起こっていたことを示唆している。この推測を明らかにするには、他の破片の回転速度を調べる必要がある。

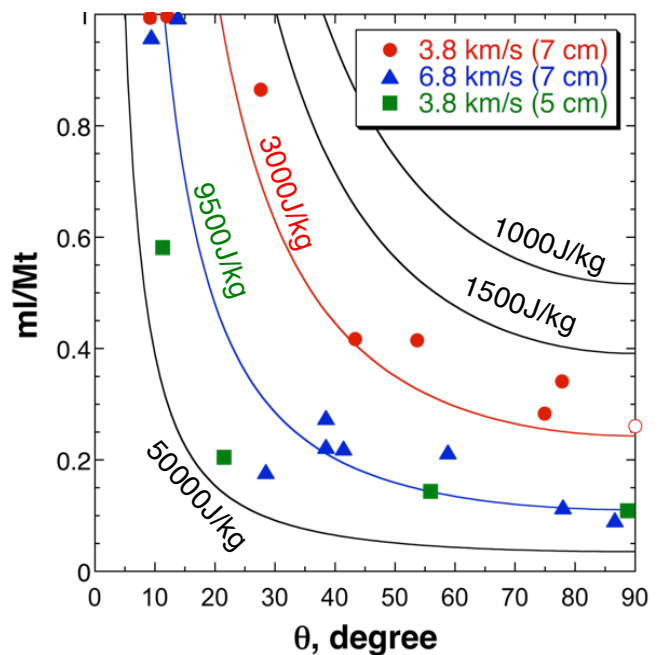


図 1 衝突角度と規格化最大破片質量の関係。
凡例の括弧内の数字は標的サイズを意味する。