

岩石ラブルパイル天体の衝突破壊強度に関する実験的研究：構成岩塊の破壊が再集積プロセスに及ぼす影響

Experimental Studies on Impact Disruption of Rocky Rubble-Pile Bodies

藤田 幸浩¹, 荒川 政彦^{2*}, 長谷川 直³, 鳶生 有理¹

FUJITA, Yukihiko¹, ARAKAWA, Masahiko^{2*}, HASEGAWA, Sunao³, SHIMAKI, Yuri¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²神戸大学大学院理学研究科, ³宇宙航空研究開発機構

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Graduate School of Science, ³Japan Aerospace Exploration Agency

惑星の成長過程では衝突破壊と再集積が繰り返され、ラブルパイル天体が数多く形成されたと考えられる。そのため、太陽系天体の衝突集積過程を解明するためにはラブルパイル天体が衝突破壊に及ぼす影響を理解することが不可欠となる。衝突破壊・再集積後の質量が $0.5M_t$ (M_t は天体質量) になるときの衝突条件 Q は、衝突破壊強度 Q_{D*} として定義され、これまでに様々な物質について研究されている。Davis et al., (1979) では Q_{D*} を、天体を破砕するのに必要なエネルギー Q_{S*} (衝突破壊後の最大破片質量が $0.5M_t$ になるときの Q) と重力ポテンシャルのエネルギーの和で定義している。ラブルパイル天体は複数の岩塊が重力的に集まった天体であり、引張強度をほとんど持たない ($Q_{S*} \approx 0$)。そのため、 Q_{D*} は重力ポテンシャルのみで決まる。しかし、衝突によって天体を構成する岩塊が破壊される場合は、破壊した岩塊破片の運動エネルギーとして衝突エネルギーが散逸し、その結果として Q_{D*} が大きくなると予想される。そこで本研究では、ラブルパイル天体模擬試料を用いた高速度衝突破壊実験を行い、ラブルパイル天体の再集積条件から高速度衝突破壊における Q_{D*} を見積もった。

ガラスビーズを構成要素として作成したラブルパイルターゲットを用いて高速度衝突実験を行い、衝突点付近で破壊されたビーズ破片質量と非破壊ビーズの飛翔速度を調べた。ターゲットに用いたビーズ直径は 7~16mm で、ビーズの組み方と個数 (4~1200 個) を変えてサイズと形状の異なるターゲットを 3 種類 (紡錘形、円筒形、立方体) 作成した。衝突実験には神戸大と宇宙研の二段式軽ガス銃を使用し、直径 6~7mm のナイロンの弾丸を 2~6.5km/s の速度範囲で衝突させた。弾丸運動エネルギー E_{imp} は、300~3500J であった。衝突の様子は高速度ビデオカメラを用いてターゲットからの散乱光とバックライトによる影を撮影した。撮影速度は、毎秒 1 万~25 万コマとした。

ラブルパイル天体の再集積条件は、衝突破片の総運動エネルギー $E_{K.E}$ と天体の重力ポテンシャルエネルギーを用いて $E_{K.E} < 3/5 GM_t^2/R$ と書くことができる。エネルギー分配率 $f = E_{K.E}/E_{imp}$ を定義し、本実験で得られたデータを用いてその値を計算すると $f = 0.001 \sim 0.01$ となった。このことは、弾丸運動エネルギーの大部分が衝突点近傍で起こる構成ビーズの破壊とその飛散によって散逸されることを示している。得られた分配率 f を用いて、衝突天体とラブルパイル天体の構成要素サイズが一緒で、そのサイズ比が 1:5 の場合の再集積条件を計算した。それらの結果からラブルパイル天体の Q_{D*} を求め、天体サイズとの関係調べると、ラブルパイル天体は高速度衝突による衝突破壊に対して非常に強い耐性を持つことが分かった。

キーワード: ラブルパイル天体, 衝突破壊

Keywords: Rubble-pile body, Impact disruption