

ラブルパイル天体の衝突破壊実験

Experimental study on the impact disruption of rubble pile bodies

藤田 幸浩^{1*}, 荒川 政彦¹, 土肥 弘嗣¹

Yukihiro Fujita^{1*}, Masahiko Arakawa¹, Koji Dohi¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科

¹Nagoya University

はじめに

惑星の形成過程には天体同士の衝突が大きく関係している。微小なダストは互いに付着を繰り返しながら成長し、微惑星と呼ばれる直径10km程度の天体となる。そして、この微惑星が衝突によって破壊と再集積を繰り返すことでさらに大きな天体へと成長する。衝突破壊・再集積プロセスでは、複数の大きな岩塊が寄り集まった様な構造を持つ天体（ラブルパイル天体）が形成される。ラブルパイル天体は天体を構成する岩塊同士が結合力を持たないため、衝突破壊において均質物質とは異なった破壊をされると考えられる。これまで天体の衝突破壊に関する様々な研究が行われてきたが、ラブルパイル天体に関するものは少ない。天体の衝突破壊・再集積による成長プロセスを議論する上でラブルパイル構造が衝突破壊に及ぼす影響を明らかにすることは不可欠である。そこで、本研究ではラブルパイル構造を持つターゲットを作成し、それらに対して衝突破壊実験を行った。衝突破壊の特徴を表すものとして、破片サイズ分布や破片速度、また衝突破壊強度の点からラブルパイル天体の衝突破壊を探る。さらに、得られた結果からラブルパイル天体の再集積条件についても議論する。

実験方法

サイズの等しい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に対して、高速度衝突実験を行った。破壊の様子を高速度ビデオカメラで撮影し、映像を解析することで衝突破壊の様子や破片の速度を解析した。また、破壊後に回収した破片を分類し、それらのサイズ分布を得た。ターゲットに用いたビーズのサイズは7, 10, 16mmで、それぞれ構成要素の個数を変えて4または5種類のターゲットを作成した。ターゲットの質量 (Mt) は1.8?78gである。衝突実験には二段式軽ガス銃を使用し、ナイロンの弾丸 (6.4mm, 154mg) を2km/sの一定速度でターゲットに衝突させた。弾丸の衝突エネルギー (Eimp) は 3×10^5 Jである。撮影は10000コマ毎秒で行い、シャッタースピードは1 μ s、撮影光源系として散乱光とバックライトを用いた。

実験結果と議論

均質物質の衝突破壊では、与えた衝突エネルギーに対する最大破片質量の関係から衝突破壊強度を定義するが、互いに結合力を持たない構成要素同士の集まりであるラブルパイルターゲットの場合は最大破片を用いた衝突破壊強度の議論は適切でない。そこで、ラブルパイル天体の衝突破壊強度として新たに残存要素質量 (Mre) を定義し、これに対する平均エネルギー密度 (Qm) の関係からラブルパイルターゲットの衝突破壊強度について議論する。実験結果から、均質物質が粉々に破壊されるほどの衝突が起こる場合でもラブルパイル天体では多くの構成要素が破壊されずに残ることが明らかになった。また、衝突破壊で代表的な破片速度として用いられ

る反対点速度に関しても均質な物質に比べて5分の1程度に小さくなることがわかった。これらの現象を引き起こすラブルパイル天体の破壊メカニズムを考察し、このメカニズムの妥当性を実験結果から検証する。また、得られた結果を用いてラブルパイル天体における衝突破壊後の再集積条件について議論する。

キーワード:ラブルパイル天体,衝突破壊,小惑星,微惑星,再集積過程,破片サイズ分布

Keywords: rubble pile bodies, impact disruption, minor body, planetesimals, re-accumulation, size distribution of impact fragments