

# 衝突破壊におけるラブルパイル構造の影響に関する実験的研究

藤田幸浩<sup>1</sup>、荒川政彦<sup>2</sup>、寫生有理<sup>1</sup>、長谷川直<sup>3</sup>

1. 名古屋大学環境学研究科

2. 神戸大学

3. JAXA/ISAS

<はじめに>

天体の持つ内部構造は衝突破壊に大きな影響を及ぼす。特に、ラブルパイル天体のように非常に特異的な形状を持った天体における破壊の物理的プロセスは明らかにされていない。ラブルパイル天体は天体の成長プロセスにおいて形成されるため、その衝突破壊現象の解明は、天体の成長過程を明らかにする大きな鍵となる。本研究では、ラブルパイル天体を模擬したターゲットを用いて衝突実験を行い、衝突破壊に関するパラメータとして、衝突破片の質量や破壊の程度、また圧力の減衰について調べた。

<実験方法>

本研究では、ガラスビーズを接着して作成したラブルパイルターゲット(図1)を用いて衝突実験を行った。ビーズサイズと使用する個数を変化させて数種類のターゲットを作成し、名古屋大学と宇宙研の二段式軽ガ

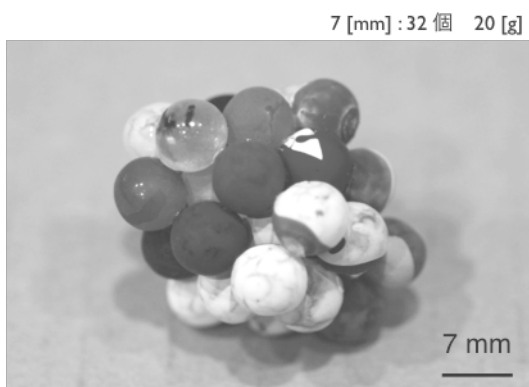


図1 ラブルパイルターゲット

ス銃を用いてナイロンの弾丸を秒速 2km から 7km で衝突させた。破壊の様子を高速ビデオカメラで撮影し、衝突破片を回収し、サイズ分布などの解析を行った。

<実験結果>

[1. 破壊様式の分類]

ラブルパイルターゲットの破壊は、ラブルパイル構造の破壊と構成要素であるビーズの破壊の2種類が考えられ、全体としての破壊はこれらの組み合わせで起こる。考えられる破壊の様式は(Ⅰ)ラブルパイル構造とすべての構成要素が破壊される場合、(Ⅱ)ラブルパイル構造と構成要素の一部が破壊される場合、(Ⅲ)ラブルパイル構造のみ破壊される場合の3通りである。これらの破壊様式が起こる条件は、ターゲットの最大破片と衝突エネルギーの関係を表したグラフ(図2)で見ることができる。

[2. 破壊の程度]

ラブルパイルターゲットの破壊の程度を示す新たなパラメータとして総小破片質量( $M_{fsum}$ )を用いる。このパラメータは、質量が元のビーズ質量の半分以下である破片質量を合計した値として定義する。このパラメータを衝突エネルギーに対してプロットしたものが図3である。このグラフを見ると、衝突エネルギーが増加するにつれて $M_{fsum}$ も増加していることが分かる。よって、

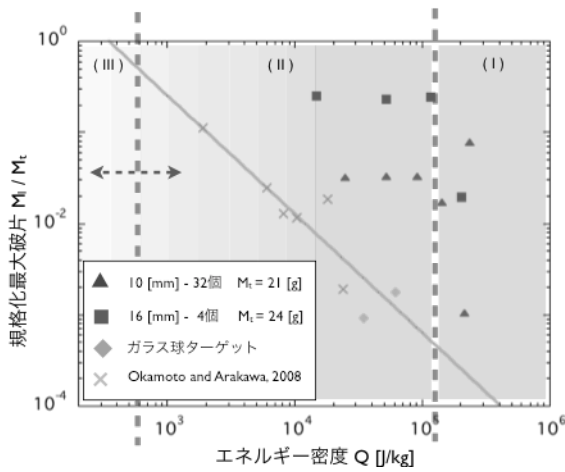


図2 最大破片と衝突エネルギーの関係

このパラメタは破壊の程度を表すのに適当であると言える。他にも、ビーズサイズが小さい程  $M_{fsum}$  が小さくなっていることが分かる。このことから、ラブルパイラターゲットの破壊にはビーズのサイズ依存性があり、サイズが小さい程破壊されにくくなるということが分かる。これはビーズ同士の境界において伝播する圧力が大きく減衰することに関係しており、ビーズサイズが小さい程、同じ距離間に存在する境界の数が多いために起こると考えられる。

[ 3. 圧力減率の見積もり ]

衝突点から伝播する圧力が、ビーズが破壊されなくなる圧力（臨界圧力： $P_{cr}$ ）まで減衰するのに必要な距離の最大値（ $d_{max}$ ）を、複数の衝突点圧力の値で調べそれらの関係からラブルパイラターゲットにおける圧力減衰をグラフにしたものが図4である。このグラフから、ラブルパイラターゲットの圧力減衰のベキは  $n=5$  と

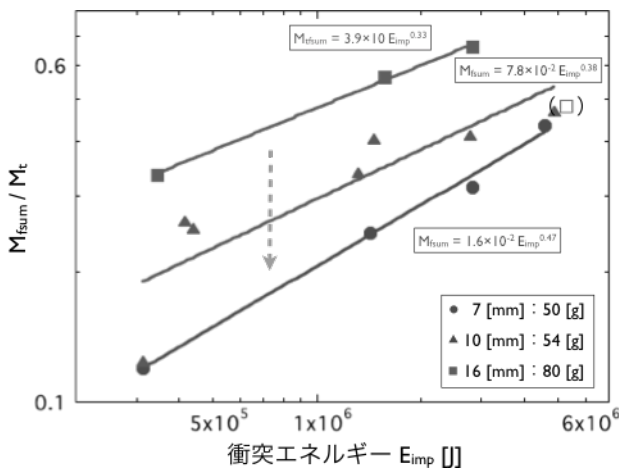


図3 総小破片質量と衝突エネルギーの関係

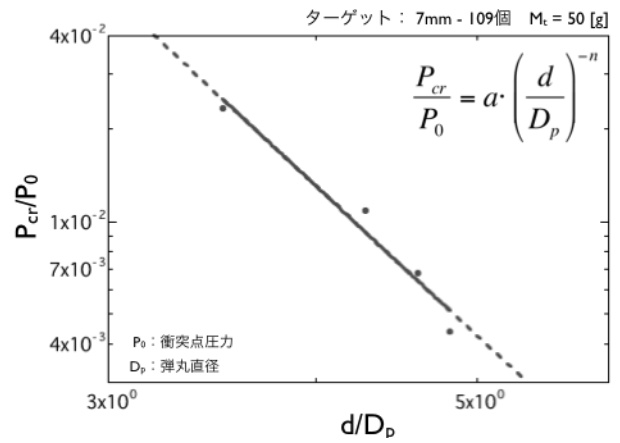


図4 ラブルパイラターゲットの圧力減衰

る。これまでの研究から、玄武岩などの均質な岩石は  $n=2\sim3$ 、空隙率の高い物質では  $n=4$  程度になることが分かっている。これらのベキと比べると、ラブルパイラターゲットの圧力減衰は非常に大きいことが分かる。

<まとめ>

今回はラブルパイラターゲットの用いた衝突破壊実験を行い、破壊の様式や衝突エネルギーによって破壊の程度がどのように変化するのかを調べ、また圧力減衰率を見積もった。実験結果から、ラブルパイラターゲットの破壊は構造と構成要素の破壊の組み合わせで3タイプに分類できることがわかった。また、破壊の程度を表す新たなパラメタとして総小破片質量（ $M_{fsum}$ ）を定義した。そのパラメタと衝突エネルギーの関係から、破壊の程度にはビーズサイズ依存性があり、ビーズサイズが小さい程破壊が起こりにくくなることがわかった。また、圧力減衰の見積もりから、ラブルパイラターゲットでは非常に大きな圧力減衰が起こることがわかった。ここから、ラブルパイル構造は衝突破壊を抑制するような働きをすることが予想される。