## 隕石を模擬した試料の衝突破壊強度の確率分布と 小惑星のサイズ依存性への応用

〇長友 文哉<sup>1</sup>, 荒川 政彦<sup>1</sup>, 岡本 千里<sup>2</sup>
<sup>1</sup> 神戸大学大学院理学研究科,<sup>2</sup> 法政大学理工学部

## はじめに

衝突破壊強度は、衝突現象における最も重要なパラメータのうちの一つである。衝突破壊強度に関する研究は、岩石天体、氷天体、鉄質天体といった様々なタイプの小惑星を模擬したセンチメートルスケールの標的を用いて実験室内で行われている。またそれらの研究は、衝突破壊強度が物質や空隙率などの内部構造に強く依存していることを明らかにした。しかしながら、小惑星間における実際の衝突は、実験室内での衝突に比べて数桁大きい規模で発生する。従って、衝突破壊強度のサイズ依存性は小惑星の衝突を考慮するために重要である。またこの衝突破壊強度のサイズ依存性に関しては、過去の研究にてスケール則が提唱されている(Housen and Holsapple, 1999)。

また、材料強度に関する Weibull 分布(Weibull, 1939; 1951)という理論が存在し、材料強度はこの確率分布に従うことが知られている。この材料強度の確率分布は、理論的に材料強度のサイズ依存性と関連している。これらを Weibull 統計学的破壊理論と呼ぶ。このサイズ依存性は静的変形条件にて確認されているが、小惑星衝突のための高速衝突に対応する動的変形条件では確認出来ていない。よって本研究では、小惑星を模擬した 2 種類の試料を用いた衝突実験を行い、Weibull 統計学的破壊理論を用いる事により、衝突破壊強度のサイズ依存性を推測する方法を確立する事を目的とする。その為に、前述の理論を用いたサイズ依存性を過去の研究(Housen and Holsapple, 1999)にて提唱されたスケール則を用いたサイズ依存性を比較する。

## 実験方法

本研究は、神戸大学に設置された縦型一段式軽ガス銃を用いて行った。コンドライト隕石を模擬する為、石膏-ガラスビーズの混合試料と石膏-ベントナイトの混合試料の2種類を作製した。どちらも直径3cmの球形試料とし、ある一定のエネルギー密度(試料単位質量あたりに加わる衝突エネルギー)にて複数回実験を実施した。弾丸は、直径1cmのナイロン球を使用し、衝突速度65m/s-208m/sで実験を行った。実験後、破片の回収を行い、衝突後の最大破片質量やサイズ分布などを調べた。また、一軸変形試験機による静的実験にて2種類の試料の引張強度をそれぞれ測定した。

## 実験結果

静的実験にて得られた引張強度から、引張強度の確率分布を求めた。この確率分布を特徴付けるために、Weibull パラメータ( $\phi$ )を得た。石膏ガラスビーズ標的では  $\phi$  = 7.0、石膏ベントナイト標的では  $\phi$  = 8.1 となり、これらは玄武岩や花崗岩の値とよく似ている。

また衝突実験の結果得られたエネルギー密度と規格化最大破片質量の関係を表したグラフ(Fig.1)からは、最大破片質量に大きなばらつきが見られることを示している。例を挙げる

と、石膏ガラスビーズ標的では約1桁に 亘るばらつきが見られた。この結果か ら、最大破片質量の確率分布を調べ、最 大破片質量とエネルギー密度の関係か ら衝突破壊強度  $Q_s^*$  を求めた。本研究で 得られた石膏ガラスビーズ標的と石膏 ベントナイト標的の衝突破壊強度は、そ れぞれ 38.1J/kg、158.7J/kg であった。こ の結果を用いた衝突破壊強度の確率分 布より得られた Weibull パラメータ(φ) は、石膏ガラスビーズ標的では  $\phi = 2.1$ となり、石膏ベントナイト標的では = 2.6 となった。従って Weibull 理論を使用 して推測した衝突破壊強度のサイズ依 存性(Fig.2)は、 $Q_s^* = Q_0 D^{-n}$  の式にて表 せる。D は標的サイズで n は石膏ガラス ビーズ標的では 1.44、石膏ベントナイト 標的では 1.18 となる。また、Fig.2 の斜 線部分は[Housen and Holsapple, 1999] のスケール則にて求めたサイズ依存性 である。上記の2つの方法で求めたサイ ズ依存性を比較すると、大きな違いが発 生している事がわかる。従って、Weibull 理論から求めたサイズ依存性は更なる 検討を必要とすることがわかった。

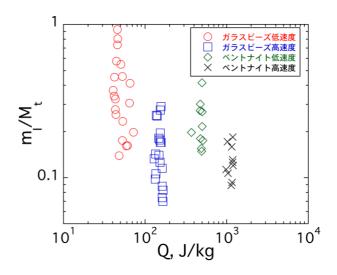


Fig.1 エネルギー密度と規格化最大破片質量の関係

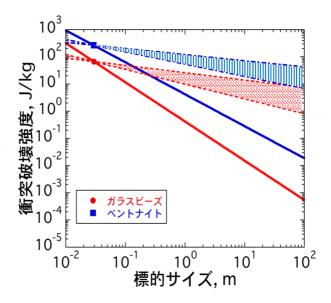


Fig.2 衝突破壊強度のサイズ依存性