

2次破壊とターゲットの組織が衝突破片の3次元形状に及ぼす影響

Effect of secondary collision and target texture on three-dimensional shape distribution

*門川 隆進¹、土山 明¹、道上 達広²、長谷川 直³、中野 司⁴、上杉 健太郎⁵*Tokiyuki Kadokawa¹, Akira Tsuchiyama¹, Tatsuhiro Michikami², Sunao Hasegawa³, Tsukasa Nakano⁴, Kentaro Uesugi⁵

1.京都大学大学院 理学研究科、2.近畿大学 工学部、3.JAXA、4.産業総合研究所、5.JASRI/SPring-8

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2.Kinki University, 3.ISAS/JAXA, 4.AIST, 5.JASRI/SPring-8

はやぶさ計画やアポロ計画・ルナ計画によって持ち帰られた小惑星イトカワや月のレゴリス粒子の3次元形状（3軸比）の分布 [1,2] は、レゴリス粒子の生成条件を反映していると考えられ、イトカワや月がどのような衝突過程を経てきたのかを推測するために、室内高速衝突実験で生成する破片粒子との比較が重要である。これまでの室内実験において、衝突破壊における破片の3次元形状分布は、破片の長軸 a :中間軸 b :短軸 c の比が、分布に広がりはあるものの平均として $2:\sqrt{2}:1$ となるという、特徴的な分布をもつ可能性が指摘されている [3]。しかしながら、これは激しいカタストロフィック破壊によって得られたものであり、より広い条件での検証が必要である。このため、Michikami et al. [4]は、クレータリングからカタストロフィック破壊までの幅広い衝突エネルギー条件での衝突実験を行い、衝突エネルギー密度が低い場合には平均3軸比は必ずしも $2:\sqrt{2}:1$ とはならないことを見出した。しかしながら、このとき3軸比が測定された破片サイズ (>4 mm) はイトカワや月レゴリス粒子のサイズ (20-300um) と比べて大きかった。そこで、我々は同じ実験で得られたレゴリス粒子サイズに対応する破片の3軸比測定を行い、(1)破片の3軸比はサイズ依存性をもち、(2)レゴリス粒子サイズ破片の平均3軸比は衝突エネルギー密度によらずほぼ $2:\sqrt{2}:1$ となり、イトカワ粒子の3次元分布と区別できないことを示した [5]。しかしながら、この研究では衝突破片に対する2次破壊やターゲットの岩石組織の破片形状に対する影響が評価されておらず、レゴリス粒子との比較に至っていない。

本研究では、これらの影響を明らかにし、室内での高速衝突実験が宇宙空間での衝突を模擬できているか検証するために追加の衝突実験を行なった。衝突実験は、JAXA宇宙科学研究所の2段式水素ガス銃を用いた。ターゲットは玄武岩、かんらん岩、普通コンドライト隕石(L4/5)、鉛ガラス（所謂クリスタルガラス）を採用し、弾丸はナイロン球(直径7.14mm)とアルミナ球(1mm)の2種類を約1.6-7.0km/s の速度範囲で衝突させた。回収した破片のうち、①エアロゲルで捕獲した2次破壊を防いでいると思われる破片、②衝撃吸収材の表面に軽く乗っていた破片の2種類で微小なもの(約30um-600um)について、SPring-8のマイクロX線CTを用いてその3軸長を測定し、それらの3次元形状分布についてK-S(Kolmogorov-Smirnov test)検定を用いて比較をした。破片粒子の3次元形状分布の測定結果からは、以下のことが明らかになった。(1)同じ衝突条件の実験において、エアロゲルで捕獲した破片の形状分布や平均3軸比は衝撃吸収材の表面に軽く乗っていた破片と有意に区別できない。よって、門川ら [5]で測定された粒子は2次破壊の影響を受けていない、もしくは2次破壊がレゴリス粒子サイズでの破片の形状に及ぼす影響は小さい。(2)玄武岩の破片形状分布は鉱物の集合体(岩石)であるかんらん岩・コンドライト隕石の破片形状分布とは有意に区別できないが、均質な物質であるガラスとは有意に区別できた。よって、玄武岩での室内衝突実験は宇宙空間での衝突を模擬していると考えられる。これらは、門川ら [5]の測定結果がイトカワや月のレゴリス粒子に適応できるということを意味している。彼らの結果を用いてイトカワ粒子と比較すると、イトカワ粒子は衝突破壊によってできたと考えて矛盾はないが、その3次元形状からその衝突条件は推定できないことがわかった。また月粒子については単純な衝突破片に比べて平均3軸比がやや1に近く、レゴリスでのガーデニングの影響を受けていると推測できることがいえる。

[1] Tsuchiyama et al. (2011) Science, 333,1125-1128. [2] 櫻間ら(2015) 日本地球惑星科学連合大会予稿集 PPS23-P10. [3] Fujiwara et al. (1978) Nature, 272, 602-603. [4] Michikami et al. (2015) Icarus, 264, 316-330. [5] 門川ら(2015) 日本惑星科学秋季講演会予稿集 04-05.