

衝突破片の形状分布と天体表面の粒子の形状

福島高専 道上達広

はじめに

室内実験において、衝突破壊における破片の形状の分布は、特徴的でかつ普遍的な分布になっていることが知られている。それは破片の長軸 a : 中間軸 b : 短軸 c の比が平均で $2:\sqrt{2}:1$ になっていることである (図 1)。この分布は、衝突速度、標的の形状など実験条件に依らず成り立っている (Fujiwara et al., 1977 : Capaccioni et al., 1984)。また最近の研究で、この法則は大きさ 200m 以下の高速度回転の小惑星の形状、小惑星エロスの岩塊 (一部) の形状でも成り立っており、小惑星イトカワの岩塊でも成り立っていることが示唆されている (Michikami et al., 2010)。一方、小惑星探査機はやぶさが持ち帰った小惑星イトカワのサンプル粒子も $10\text{-}100\mu\text{m}$ という非常に小さなサイズにも関わらず、この法則が成り立っていることが観測されている (Tsuchiyama et al., 2011)。

過去の研究の問題点として、玄武岩や花崗岩など強度が強い標的に対する衝突実験が主で、強度の弱い脆性体の破片の形状分布を調べる実験的研究は行われていない。そこで本研究では、強度の弱い脆性体に対する衝突実験を行い、それが普遍的な形状分布になっているのかを調べた。

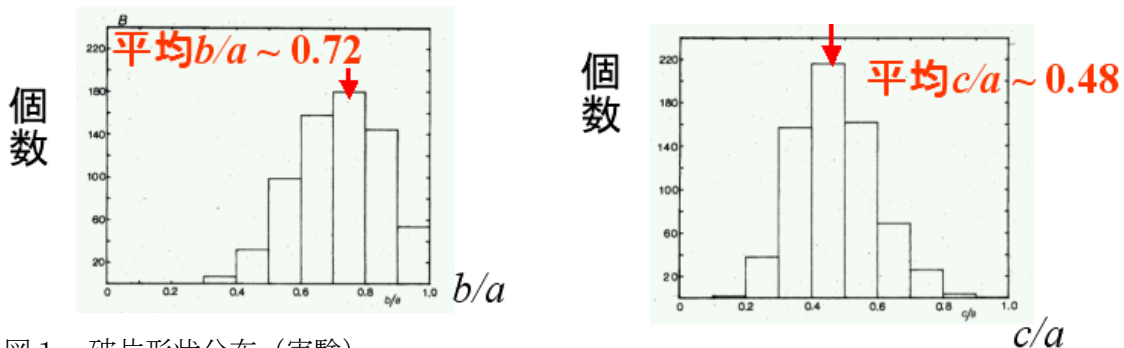


図 1 破片形状分布 (実験) (Capaccioni et al., 1984 Fig.2 B より引用)

衝突実験の概要

今回行った実験の概要について述べる。実験装置は JAXA 宇宙研究所にある 2 段式軽ガス銃を使用し、弾丸に直径 7mm のナイロン球を用いた。質量は 0.213g である。標的の材料として平均粒径 0.2mm の豊浦砂をセメントで固めたものを使用し、かさ密度は約 1550kg/m^3 、圧縮強度は $3.2 \pm 0.9\text{MPa}$ である。

(1) まず初めに、衝突速度一定 (2.8km/s) の条件で、標的の大きさを変えて実験を行った。標的の大きさは、直径約 5.5cm, 7.5cm, 9.0cm の 3 種類の球を用いた。(2) 次に、標的の大きさを一定 (直径 9.0cm の球) にして、衝突速度を変えて実験を行った。衝突速度は $2.5\text{-}6.8\text{km/s}$ の範囲で行った。衝突の際の

真空度は 0.40Torr 以下で、2 台の高速度カメラ (3000 コマ/秒と 2000 コマ/秒) を互いに垂直な方向から撮影することによって、放出された破片の 3 次元速度を測定することが可能である。

衝突実験結果

今回得られた脆性体における破片形状分布は以下の結果となった。

表 1 実験 (1) 標的の大きさの違いによる破片形状 (衝突速度 2.8km/s で一定、旧型銃)

ショット	球の直径	b/a (平均)	c/a (平均)	カウント数
s1263	9.0cm	0.70	0.49	70
s1265	7.5cm	0.71	0.51	52
s1264	5.5cm	0.77	0.58	11

表 2 実験 (2) 衝突速度の違いによる破片形状 (標的の球の直径 9.0cm で一定、新型銃)

ショット	衝突速度	b/a (平均)	c/a (平均)	カウント数
s811	2.48km/s	0.69	0.47	55
s813	2.50km/s	0.68	0.49	43
s810	5.01km/s	0.70	0.48	54
s812	6.76km/s	0.68	0.46	70

今回の結果から、強度の弱い脆性体における破片形状分布も、平均でおよそ $2:\sqrt{2}:1$ になっており、普遍的な形状分布になっていることが分かった。また実験 (1) から、その破片形状分布は標的の大きさに依らないことが分かった。今回の実験 (1) では、衝突速度一定、弾丸の大きさ一定にしていることから、標的の大きさが小さいほど (s1264)、飛び出す破片の速度は大きい。このことから、破片形状分布は破片速度に依らないことも分かった。実験 (2) からは、破片形状分布は弾丸の衝突速度に依らないことが分かった。

今後は、室内衝突実験において、同じ標的を用いてより小さな $100\mu\text{m}$ サイズから数 cm サイズの破片の形状を調べることを予定している。また、同時に破片形状を説明できる理論的モデルの構築を目指す。

参考文献

Capaccioni, F., et al., 1984. Nature 308, 832-834.

Fujiwara, A., et al., 1978. Nature 272, 602-603.

Michikami, T, et al., 2010. Icarus 207, 277-284.

Tsuchiyama, A, et al., 2011. Science 333, 1125-1128