

室内衝突実験における玄武岩の破片形状と小天体への応用

○道上達広¹、吉田明史¹、門川隆進¹、島田玲²、土山明³、長谷川直⁴

¹近畿大学工学部、²大阪大学理学研究科、³京都大学理学研究科、⁴ISAS/JAXA

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、実験条件に依らず、特徴的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、分布に広がりはあるものの、平均で $2:\sqrt{2}:1$ になっていることである。すなわち平均で b/a が 0.7、 c/a が 0.5 程度になっている[1]。しかしながら、この破片形状は、衝突エネルギー密度 Q が 4000J/kg 以上と大きく、激しいカタストロフィック破壊によって得られたデータであった(ここで Q は 標的が単位質量あたりに受ける弾丸の運動エネルギーで、弾丸の運動エネルギー÷標的の質量 で定義される)。最近の研究では、クレーター形成 (Q が 200J/kg 以下) における c/a の平均値は 0.3 程度とカタストロフィック破壊の c/a の平均値 0.5 より小さい値をとることが確認されているが[2]、なぜこのような小さい値をとるのかよく分かっていない。また、過去の研究において、クレーター形成からカタストロフィック破壊まで、破壊によって飛び出した岩石の破片の形状を系統的に調べた実験的研究はない。そこで、本研究では、衝突エネルギー密度 Q を 200J/kg (クレーター形成) から 15000J/kg (カタストロフィック破壊) の広い範囲で衝突実験を行い、玄武岩の衝突破片形状の変化を調べることを目的とした。

実験は JAXA 宇宙科学研究所にある 2 段式軽ガス銃を使用し、弾丸に直径 7.14mm、質量 0.218g のナイロン球を用いた。標的の材料として密度 2950kg/m³ の玄武岩を用い、主に一辺が 5cm から 15cm の立方体に対して衝突実験を 20 ショット以上行った。弾丸の衝突速度は 1.6km/s から 7.0km/s の範囲である。衝突の際の真空度は 300Pa 以下で、高速度カメラで撮影することによって、放出された破片の様子を調べた。衝突破壊によって生じた破片は、大きさが 4mm 以上のものをノギスで直接測定した。実験は 3 回に分けて行い、2 回目と 3 回目については飛び出した破片がチャンバーにぶつかり 2 次破壊が起こらないようにチャンバー内をウレタンシートで覆った。また、標的の形状を立方体だけでなく、球、直方体、平板についても数ショット行った。

得られた結果は、破片形状の軸比の b/a の平均値は破壊の程度に依らず、ほぼ 0.7 で一定の値をとるのに対して、 c/a の平均値はクレーター形成 ($Q \rightarrow$ 小) に近づくほど、値が小さくなっていることが今回の実験で初めて分かった。また、破片形状は標的の形状に影響されず (ただし、平板などの極端な形は除く)、 Q に強く依存する傾向が見られた。

今回の実験結果を小惑星イトカワに応用することを考える。小惑星探査機はやぶさ

のホームポジションにおける画像データから、小惑星イトカワの大きなボルダー21個の見かけ上の3軸比を測定した。その結果、 c/a の平均値は0.46であった。小惑星イトカワの母天体を一枚岩と仮定すると、衝突破壊によって、母天体の数%の質量を持った最大破片が誕生したことが予想される。つまり、小惑星イトカワの母天体は、かなりの激しい破壊を受けた可能性がある。イトカワ微粒子の化学組成の分析結果からイトカワの母天体は20kmとも考えられているので[4]、今回のボルダーの軸比から予想される結果はそれを支持する結果となった。

参考文献 [1]Fujiwara., et al. (1978) Nature 272, 602-603. [2] 島田玲 2013年度修士論文 大阪大学大学院理学研究科宇宙科学専攻 [3] 道上達広 他 2014年日本惑星科学秋季講演会予稿集 08-08 [4] Nakamura, et al. (2011)Science 333, 1113-1116.