

石膏球面にできる衝突クレーターの形状 Morphologies of impact craters formed on spherical gypsum

鈴木 絢子^{1*}; 黒澤 耕介²; 長谷川 直¹; 平井 隆之¹; 岡本 千里³
SUZUKI, Ayako^{1*}; KUROSAWA, Kosuke²; HASEGAWA, Sunao¹; HIRAI, Takayuki¹; OKAMOTO, Chisato³

¹宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ²千葉工業大学惑星科学研究センター, ³神戸大学大学院理学研究科
¹ISAS/JAXA, ²PERC/Chitech, ³Graduate School of Science, Kobe University

1. 背景

小惑星などの小さな天体上での衝突クレーター形成過程は、大きな天体上でのそれと様々な点で衝突条件が異なることが知られている。例えば、標的の空隙率が高いこと（例えば、Britt et al., 2002）や重力が小さいこと、衝突速度が小さいこと（例えば、Bottke et al., 1994; Marchi et al., 2013）、クレーターの大きさに対して不規則な形状の表面であること（Sullivan et al., 2002）などだ。

最近の宇宙惑星探査において、例えばイダ、エロス、イトカワなどの小惑星上で、不規則な形状の面に形成されたクレーターが多数見つかっている。

今回は特に標的の曲率が衝突掘削に与える影響について注目している。これまでに探査された小惑星上では曲率の大きな面に形成されたクレーターが報告されている。Fujiwara et al. (1993, 2014) は様々な半径を持つ球や円柱標的への衝突実験を実施し、クレーター深さや直径が標的の曲率に依存することを確かめた。本研究では、直径の異なる球面にできたクレーターのプロファイルの違いを高精度3次元形状計測によって定量化し、標的の曲率がクレーター形成過程に影響を与えるメカニズムを提案する。

2. 実験概要

実験は宇宙科学研究所にあるスペースプラズマ実験施設の二段式軽ガス銃を用いて行った。標的は含水石膏で、一辺が約9cmの立方体と、直径がそれぞれ7.8 cm, 10.9 cm, 17.0 cm, 24.8 cmの球である。標的のバルク密度は1.05 g/cm³, 引っ張り強度は2.03 MPaである。弾丸は直径3.2 mmのナイロン球で、約3.3 km/sで標的に衝突させた。この場合の弾丸/標的サイズ比は0.13-0.41となる。標的は発泡スチロールボックスの中に設置し、ショット後に破片と共に回収した。形成されたクレーターを高精度3次元形状測定システム（COMS MAP-3D）を用いてスキャンし、地形データを取得した。クレーターのない部分の地形データを用いて近似的に求めた平面・球面を衝突前表面とし、それとの差分としてクレーターの体積を得た。

また、数値衝突計算コードiSALEを用いて（Amsden et al., 1980; Ivanov et al., 1997; Wunnemann et al., 2006）、球標的中の衝撃圧力分布が曲率とともにどのように変化していくかを調べた。

3. 結果と考察

できたクレーターは、中心のピットをスポールが囲む形状をしていた。曲率が大きくなるほどスポール領域が顕著になった。クレーターの体積や直径は、曲率が大きくなると大きくなったが、深さはほぼ一定であった。平面にできたクレーターに対し、曲率が一番大きい直径7.8cm球にできたクレーターは、体積は3.5倍になった。ただし、ピット体積は1.8倍に留まった。クレータープロファイルを極座標系で比較すると、ピット部に大きな差は見られないが、曲率が大きくなるとスポール部が広く、深くなっていた。このことから、クレーター体積増加にはスポール体積の増加が効いていることがわかった。

iSALEの計算結果を極座標系で比較すると、曲率が大きくなると、衝突による高い圧力を経験するエリアが相対的に遠くまで達することがわかった。深部に高圧部があると自由表面に向かって圧力勾配ができ、実験でスポールの面積が広がったことを説明できると考えられる。

謝辞

iSALEの開発者であるGareth Collins, Kai Wunnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausenの各氏に感謝致します。また、含水石膏の強度測定に協力して下さった宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所の後藤健准教授と戸島英貴さんに感謝申し上げます。

キーワード: 衝突クレーター, 衝突実験, 石膏, 曲面, 地形, 二段式軽ガス銃

Keywords: impact craters, impact experiments, gypsum, curved surface, morphology, two-stage light-gas gun