

層構造地殻に形成される衝突クレーターに関する実験的研究

Cratering experiments on layered crusts

土肥 弘嗣¹, 荒川 政彦^{1*}, 長谷川直², 岡本 千里²

Koji Dohi¹, Masahiko Arakawa^{1*}, Sunao Hasegawa², Chisato Okamoto²

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²宇宙航空研究開発機構

¹Nagoya University, ²Japan Aerospace Exploration Agency

はじめに

衝突クレーターは固体天体表層の情報を得る上で重要なツールである。例えば、クレーターの形状や大きさからその天体の内部物質や表層構造についての情報を得ることができる。しかしながら、これらの情報を得るためにはクレーターの形成メカニズムを明らかにする必要がある。そのため、多くの室内実験や数値計算が行われてきたがそのほとんどは、内部構造を持たない均質なターゲットに形成される単純クレーターに関するものであった。一方で、惑星探査により天体表面の層構造の影響を受けたと思われる形状を持った複雑クレーターが観測されている。複雑クレーターの形成メカニズムに関する先行研究は少ないが、この研究は天体の表面層や下部層を構成する物質の推定を行うためには必須である。そこで本研究では天体表面の層構造がクレーター形成に及ぼす影響を明らかにする事を目的とし、天体最表面の堆積岩とその下部の基盤岩を模擬するような2層構造試料(モルタル-玄武岩)に対する衝突実験を行った。中間発表では、2層構造試料に形成される衝突クレーターの形態(おわん型、平底型、同心円型)を紹介し、平底型、おわん型クレーターの形成メカニズムについて議論した。今回の発表では、同心円型クレーターの形成メカニズム、特に、クレーターの深さを決めるメカニズムについて発表する。さらに結果を天体に応用する方法を紹介する。

実験手法

玄武岩表面にモルタルを塗布した2層構造試料に対する衝突実験を行い、形成された衝突クレーターのサイズを調べた。衝突エネルギーを変化させるため、弾丸の加速には名大、ISASに設置された2種類の2段式軽ガス銃を用いた。衝突エネルギーの大きさとその時の弾丸質量、衝突速度は50J(4km/s, 7mg), 400J(2km/s, 180mg), 2400J(4km/s, 300mg)である。また、衝突エネルギーの大きさに応じて5cm立方体、10cm立方体、約20×20cmの衝突面を持つブロックと、異なる大きさの玄武岩試料を用いた。3つの衝突エネルギーでそれぞれモルタル層厚を1-30mmまで変化させて実験を行った。そして、クレーターサイズの衝突エネルギー依存性及びモルタル層厚依存性を調べた。また、層構造を持たない均質な玄武岩、モルタルブロックに対しても50-2500J(モルタルは7000Jまで)の衝突エネルギーで実験を行い、クレーターサイズと衝突エネルギーの関係を求めた。

実験結果と議論

層構造を持たない玄武岩及びモルタルブロックに実験を行った結果、クレーター直径はエネルギーの0.36乗、深さはエネルギーの0.35乗(モルタルは0.28乗)に比例する事が分かった。この結果はGault[1973]の玄武岩に対する衝突実験の結果と一致する。2層構造試料に形成される同心円

型クレーターの深さは、モルタル層厚(T)と玄武岩に形成されるピットの深さ(db)の和で示される。dbはTが厚いほど浅くなり、その変化は弾丸が試料に衝突する際の運動モデルを仮定する事により $db/db_0 = (1-T/dm)^{1.62}$ となる事が分かった(db_0 =層構造のない玄武岩上に形成されるクレーターの深さ, dm =層構造のないモルタル上に形成されるクレーターの深さ)。下図は規格化したピットの深さと規格化した表面層厚の関係を示している。運動エネルギーや表面層の種類によらず、データが上記の式に乗る事が分かる。運動モデルについては発表内で詳しく説明する。この結果を用いて、アポロ15号及びかぐや(SELENE)によって月面上に観測されている同心円型クレーターの画像から、月の最表面とその下部層を構成する物質の推定、表面層の厚さの見積もりを行う。

参考文献: Gault (1973). The Moon, Volume6, Issue 1-2, pp. 32-44.

キーワード: 衝突クレーター, レゴリス, 堆積岩, 基盤岩, 平底クレーター, 同心円クレーター

Keywords: impact crater, regolith, sedimentary rock, basement rock, flat floor crater, concentric crater