

層構造を持つ天体表層のクレーター形成に関する実験的研究

Laboratory experiments of impact crater formation on surface with layered structure

小島 知高 [1]; 内山 陽一郎 [2]; 岡本 千里 [3]; # 荒川 政彦 [4]

Tomotaka Kojima[1]; Yoichiro Uchiyama[2]; Chisato Okamoto[3]; # Masahiko Arakawa[4]

[1] 名大院・環境・地球環境; [2] 名大・環境・地球; [3] 名大・環境・地球環境; [4] 名大・環境

[1] none; [2] Earth & Planetary Science, Nagoya Univ.; [3] Earth and Environmental Sci., Nagoya Univ.; [4] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.

<http://epp.eps.nagoya-u.ac.jp/~arak/>

はじめに：月には様々な形態のクレーターが存在する。特に直径1km以下の単純クレーターは地表付近の層構造に対応して、おわん型、平底型、同心円型形態を持つクレーターに分類される。Oberbeck and Quaide(1967)は、月の平底型クレーターの形成条件を明らかにするため、二層構造試料を用いてクレーター形成実験を行った。その結果クレーターが形態変化する時の層構造と衝突条件を明らかにし、月表層を覆うレゴリス層の厚さを推定した。しかしながら彼らの実験結果は基盤層の物性に強く依存するため、その物性を考慮した実験が必要とされてきた。基盤層は圧密したレゴリスや破碎した岩盤だと思われており、それらに対応した試料を準備する必要がある。

2007年に打ち上げられた月探査機「かぐや」によって現在、月の構造を調査中である。この「かぐや」が持つ高解像度カメラにより、今まで知ることのできなかつた1km以下の小さなサイズまでのクレーター分布が月全球で明らかになる。また月レーダーサウンダーから浅内部構造も明らかになる。そこで本研究では1km以下のサイズを持つ月クレーターの形状解析から、月レゴリス層の厚さや基盤層の物性(強度、密度、音速等)を推定するため、二層構造試料を用いたクレーター形成実験を行った。

実験方法：(1) 高速度衝突領域：月の表層構造を模擬した試料として、ガラス箱(40cm×22cm×20cm)の中に珪砂-湿った珪砂、珪砂-粘土や珪砂-レンガの二層構造試料を用意した。この珪砂-湿った珪砂試料は、水を全質量の1%、6%、10%混ぜて固さを変化させた珪砂を基盤層とし、表層に乾いた珪砂(含水率0%)を敷いて作成した。基盤層の強度は1%、6%、粘土、10%、レンガの順で136kPa、138kPa、154kPa、184kPa、2MPaとなった。珪砂-粘土、レンガ試料は、油粘土やレンガを基盤層とし表層に乾いた珪砂(含水率0%)を敷いて作成した。なお、乾いた珪砂の厚さは2~15mmとした。弾丸には直径3mm、5mmのガラス球を用意し、一段式ガス銃を用いて衝突速度30~110m/sでクレーター形成実験を行った。また、クレーター形成過程を観測するために高速度ビデオカメラを用いた。(2) 自由落下領域：クレーター形成実験は珪砂-湿った珪砂(含水率6%)、レンガ、花崗岩の標的と直径5~25mmのガラス球弾丸を用いて行った。衝突速度は落下高度を調節することにより1~3.3m/sとした。花崗岩の強度は文献値で180MPaである。

実験結果：(1) クレーター形態：クレーター形態は衝突速度一定の場合、珪砂の厚さが薄くなるに従って、おわん型、平底型、同心円型と変化する。この形態変化はクレーター直径を珪砂の厚さ(表層)で割った値 $R = D/h$ との関係が指摘されている。Oberbeck and Quaide(1967)の実験では $R=6.5$ がおわん型-平底型クレーターの境界、 $R=11$ が平底型-同心円型クレーターの境界であることがわかっている。今回の実験では基盤層の種類(固さ)を系統的に変化させてクレーターの形態変化が起こる時の R を再検討した。

レンガ、花崗岩をのぞいた低強度物質を基盤層とした場合、基盤層が固いほどおわん型-平底型クレーターの境界値である R_{b-f} は8.6から4.5へと小さくなった。平底型-同心円型クレーターの境界値である R_{f-c} も13~7へと小さくなったが、基盤層が粘土の場合、平底型-同心円型クレーターの境界値は $R=17$ となり、平底型-同心円型クレーター境界が固さだけに依存していないことが分かった。レンガ、花崗岩のような高強度物質を基盤層にした場合、強度に依存せず、おわん型-平底型クレーターの境界値は $R_{b-f}=5$ で一定となった。

(2) クレーター直径：珪砂-湿った珪砂(含水率6%)試料におけるクレーター直径(D)と玉の運動エネルギー(E)の関係調べた。その結果、平底型クレーターでは $D=D_0(h) \times E^{0.17}$ であった。十分に厚い珪砂の試料では $D=75 \times E^{0.27}$ であった。また $D_0(h)$ は h と R_{b-f} を用いてあらわすことができ $D_0(h)=15 \times h^{0.37} \times R_{b-f}^{0.37}$ となった。

【参考文献】

Oberbeck, V. R., and W. L. Quaide, Estimated thickness of a fragmental surface layer of Oceanus Procellarum, J. Geophys. Res., 72, 4697-4704, 1967.