

微小重力環境下におけるクレーター形成実験

Impact Cratering Experiments in micro-gravity environments

高木 靖彦[1]; 長谷川 直[2]; 寺元 啓介[3]; 矢野 創[4]; 安部 正真[2]; 山本 聡[5]; 杉田 精司[6]

Yasuhiko Takagi[1]; Sunao Hasegawa[2]; Keisuke Teramoto[3]; Hajime Yano[4]; Masanao Abe[2]; Satoru Yamamoto[5]; Seiji Sugita[6]

[1] 東邦学園大学; [2] 宇宙研; [3] 東大・理・地球惑星; [4] JAXA/ISAS 固体惑星科学研究系; [5] 東大・新領域; [6] 東大・新領域・複雑理工

[1] Toho Gakuen University; [2] ISAS/JAXA; [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [4] Dept. of Planetary Sci., JAXA/ISAS; [5] Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo; [6] Dept. of Complexity Sci. & Eng., Univ. of Tokyo

太陽系の起源と進化の過程における衝突現象の重要性は今さら言うまでもない。そのため、衝突現象に関する多くの理論的・実験的研究が行われてきた。特に、室内実験に関しては、我が国の研究グループ（複数）が大きな貢献をしてきた。それらの実験結果により、衝突破壊およびクレーター形成に関する多くの素過程を明らかになったと同時に、それらの結果を実際の天体現象に応用するためのスケール則も確立されてきた。

しかし、技術的困難さのために、重力の効果を調べる室内実験は、比較的限られていた。特に、地球の表面重力よりも小さな重力環境下での実験は、ほとんど行われてこなかった。唯一といってよい実験は、30年近くも前に行われた Gault and Wedekind (1977) のものである。

このような小重力環境下で、かつ表面が砂層の場合に、クレーター形成過程に重力が及ぼす影響を明らかにすることは、小惑星を始めとする始原天体の表面進化、ひいては太陽系の起源と進化を理解する上で非常に重要である。また、衝突を用いたサンプル採集機構を用いるような将来の小惑星探査の立案にも重要である。

そこで我々は、微小重力かつ真空の環境下での衝突実験を行い、衝突クレーター形成に関する天体表面重力の効果を明らかにすることを目指した。

微小重力実験は、(株)日本無重量総合研究所 (MGLAB) の落下実験施設を用いておこなった。落下カプセルの中に据え付けた真空容器の中に小型火薬銃を設置して、弾丸の加速を行った。衝突速度は、100~350 m/sec であった。弾丸にはナイロン球を用い、その直径は2~7 mm、質量は5~220 mg であった。標的には、物性が明確であり再現性が良いという観点から、粒径のそろったガラスビーズ ((株)不二製作所) を用いた。今回用いたのは、粒径が約0.08mm (FGB #200) と約0.2 mm (FGB #80) の2種類であった。そのガラスビーズを直径18 cm、深さ15 cmの標的容器に入れて実験を行った。小型火薬銃と標的容器は、真空容器の中に2個ずつ設置して、1回の落下で2回の実験ができるようにした。

形成されたクレーターは、カプセル停止時の10 Gにも達する急減速により破壊されてしまうので、落下中にビデオ撮影を行い、その画像からクレーターの直径の計測を行った。

これら微小重力環境下での実験結果と比較するための1 G環境下での実験は、真空容器を宇宙航空研究開発機構相模原キャンパスの実験室内に設置した状態で行った。その他の実験条件は、微小重力環境下での実験と同じにした。

今回の結果(図)は、微小重力環境下で作られたクレーター直径と1 G下で作られたクレーター直径が、ばらつきの範囲内で一致していることを示している。これは、事前の予測、および Gault and Wedekind (1977) のクレーター直径は表面重力の0.165乗に反比例するという結果と異なっている。

この差異の原因に関しては、今後詳細に検討していく必要があるが、現在のところ、以下のような理由が考えられる、

(1) 形成されたクレーターの絶対的直径が小さすぎる。従来得られているクレーター形成に関するスケール則は、クレーターが小さい時は物質強度スケールに、大きくなるに従って重力スケールになることを示している。Gault and Wedekind (1977) により作られたクレーターの直径が15~30 cmであったのに対して、今回のものは10 cm以下であった。

(2) 弾丸に使用された物質の違いにより、形成されたクレーターの深さが違った。Gault and Wedekind (1977) は弾丸にアルミニウムを使用したのに対して、今回はナイロンを使用した。この密度の違いにより、今回形成されたクレーターが浅かった可能性がある。重力スケールになるということは、ある深さから標的物質を持ち上げるのに必要な重力エネルギーによりクレーターの大きさが決まっているということを意味している。したがって、クレーターが浅いほど重力スケールになりにくいはずである。

一方、実験結果は、同じエネルギーで粒径0.2 mmのガラスビーズで作られたクレーターの方が、粒径0.08 mmのガラスビーズで作られたクレーターよりも大きいことを示している。これは、粒径0.2 mmのガラスビーズの方が、単位体積あたりの粒子間の接点数が少ないことによるものと考えられる。この結果も、10 cm程度のクレーターにおいては、重力よりも粒子間摩擦などが支配的なパラメータであることを示唆しているといえるかもしれない。

本研究は、(財)日本宇宙フォーラムによる「第6回宇宙環境利用に関する公募地上研究(平成14~15年度)」により実施されています。

