

重複クレーターサイズの空隙率依存性

○ ¹横山康喜、¹中村昭子、²鈴木絢子、²長谷川直

¹神戸大学 ²宇宙科学研究所

はじめに：実際に観測されるクレーターには、単一のものだけでなく複数のクレーターが重なっている重複クレーターが見られる。しかし、クレーターの形状について単一クレーターに関しては研究が進んでいるが重複クレーターについてはその限りではない。重複クレーターの形状を実験的に調べることで実際の天体のクレーターの画像から衝突時のパラメータを制限できる可能性がある。本研究では石膏と玄武岩標的を用いることでクレーターサイズと空隙率の関係について求める。

実験方法：宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃を用いて衝突速度 5 km/s で実験を行った。標的は玄武岩(空隙率 0 %)と低空隙率・高空隙率石膏標的(空隙率 35-40 %・55-70 %)で、玄武岩には 3 mm のガラス弾丸を、石膏には 3 mm と 7 mm のナイロン弾丸を用いた。実験後の標的はレーザープロファイラと画像解析を用いてクレーターの直径・深さ・体積を計測した。

実験結果：直径・深さ・体積について π スケーリングを用いて表す(e.g., Holsapple, 1993)。

① クレーター直径

π_D と π_Y については以下の式で表される。

$$\pi_D = (\rho_t/m)^{1/3}D$$

$$\pi_Y = Y/(\rho_p v^2)$$

ここで ρ_t ：標的密度、 m ：弾丸質量、 D ：クレーター直径、 Y ：標的強度、 v ：衝突速度である。二度目に形成されたクレーター直径の増加率は低空隙率(-34.2±2.8%)、高空隙率(39±56%)、玄武岩(8.5±4.2%)となった。高空隙率では一度目の衝突の際、すぐに衝撃が減衰され圧密される。その後二度目の衝突の際には圧密された領域では減衰しづらいため大きいクレーターが形成されると考えられる。また玄武岩では一度目の衝突でクラックができるため強度が低下し、二度目の方が大きいクレーターが形成されると考えられる。

② クレーター深さ

π_d は以下の式で表される。

$$\pi_d = (\rho_t/m)^{1/3}d$$

ここで d はクレーター深さである。二度目に形成されたクレーター深さの増加率は低空隙率($3 \pm 26\%$)、高空隙率($5 \pm 13\%$)、玄武岩($29 \pm 30\%$)となり、深さについてはあまり過去の衝突の影響がないと考えられる。

③ クレーター体積

π_v は以下の式で表される。

$$\pi_v = \rho_t V/m$$

ここで V はクレーター体積である。二度目に形成されたクレーター体積の増加率は低空隙率($-28 \pm 41\%$)、高空隙率($61 \pm 84\%$)、玄武岩($35 \pm 50\%$)となり、直径の影響が反映されていると考えられる。

④ クレーター境界深さ

プロファイルを得た重複クレーターの境界部の形状について考える。二つのクレーターの中心を結ぶ線上で最も浅くなっている部分での深さを、プロファイルから得られた実際の重複クレーターの深さと、重複クレーターを形成する二つのクレーターがそれぞれ独立で存在した場合に予測されるその場所での深さを比較する。独立の場合を推定するために、二つのクレーターそれぞれを最深点で折り返した形状について考える。実際の境界部分の深さを d 、折り返したクレーターのその点での深さをそれぞれ $d(a)$ と $d(b)$ を比較する。 $d - (d(a) + d(b))$ を二つのクレーター深さの平均 d' で規格化したものと、重複クレーター形成する二つのクレーターの中心間距離 a を二つのクレーター半径の平均 R で規格化したものの関係を調べた。すると、二つのクレーターの中心間距離が離れると $(d - (d(a) + d(b))) / d'$ の値が大きくなる傾向が見られた。

まとめ：玄武岩と高空隙率石膏標的では二度目のクレーターの方が、直径と体積が大きくなる傾向にあった。これは玄武岩では内部にクラックが、石膏では圧密領域が形成されたためだと考えられる。深さに関しては重複による影響はあまり見られなかった。重複クレーターの境界部の深さについて、中心間距離への依存性が見られたが、低空隙率での実験結果は中心間距離が大きいものしかなかったので、今後中心間距離の小さい結果を含めての傾向を見る必要がある。