

玄武岩斜め衝突エジェクタのアルミ板と砂への衝突による線状構造

○山本 大晟, 山口 祐香理, 松原 光佑, 中村 昭子 (神戸大学大学院理学研究科)

1. 背景

天体表面への高速度衝突によってエジェクタが形成される。エジェクタの一部は天体表面に再衝突してクレーター周囲に見られるレイなどの衝突地形を形成する(e.g., [1])。また、衝突が起こった天体を脱出し、例えば火星からフォボスなど、他天体に到達するものも存在する(e.g., [2])。しかし、エジェクタの天体表面への再衝突および他天体表面への衝突によって形成される衝突地形の実験的研究は多くない。したがって本研究では、岩石天体から放出されるエジェクタによる他天体表面(レゴリスや岩盤)への衝突を実験で再現する試みを行う。また、それに伴い形成される地形についての調査を行う。

2. 実験手法

宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃で加速させたアルミニウム弾丸(直径約 3.2 mm)による岩石天体表面を模した玄武岩(1 辺 10 cm 程度の直方体)への衝突を行い、さらにその衝突によって形成されたエジェクタによるレゴリスを模した砂とアルミ板への衝突実験を行った。玄武岩への衝突において、アルミニウム弾丸の衝突速度は約 7 km/s、衝突角度を弾丸の軌道と玄武岩の衝突面のなす角度として、30°、45°、50° に変えて行った。玄武岩は圧縮強度の大きい城崎産のものと圧縮強度の小さい夜久野産のものを使用した。一部の実験では、表面が砂表面と同じ高さになるようにアルミ板を設置して行った。

3. 結果と考察

エジェクタの衝突により、砂表面に深さ 3 mm 程度、幅 10-30 mm 程度の溝状の地形が形成された。また、アルミ板へのエジェクタの衝突によって多数のクレーターが形成され、その中でも相対的に大きいものが線状に並んでいる様子を確認できた。

ハイスピードカメラによって撮影された画像から、エジェクタの放出速度の減少と放出角度(エジェクタの軌道と玄武岩の衝突面のなす角度)の増加に伴い砂やアルミ板への衝突位置が変化していくことによって形成されたことが分かった。また、アルミ板上に形成されたクレーターの大きさとエジェクタの放出速度から強度支配域での π スケーリング[3]によってエジェクタ直径を推定したところ、放出速度が大きいエジェクタは直径が小さいことが分かった。このことから、1 次標的への衝突点近傍から放出されるエジェクタは放出角度と直径が小さく、クレーターの成長に伴い、エジェクタの放出位置が 1 次標的への衝突点から離れるほど、放出角度と直径が大きくなることが分かる。

アルミ板表面にできたクレーター分布の散らばり度合いを定量化するために、Z スコア [4]を使用する。Z スコアは、各クレーターと最も近くにあるクレーターの距離から求めた

最近傍距離(d)の、調べる領域の個数密度から予想される最も平均的な距離(d_{exp})からの逸脱を、以下の式(1)のように定義する。

$$Z \equiv \frac{d - d_{\text{exp}}}{\sigma}, \quad d_{\text{exp}} = \frac{1}{2\sqrt{n/A}}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{(4 - \pi)A}{4\pi n^2}} \quad (1)$$

ここで、 n は調査するクレーターの数、 A は調査する面積、 σ は標準偏差である。この式から、1次標的への衝突角度が 45° の場合と 30° の場合でそれぞれ $Z = -4.0 \pm 1.1$ 、 $Z = -1.0 \pm 0.9$ となった。このことから、いずれの場合においてもクレーター分布が平均より密集していること、1次標的への衝突角度が 45° である方がよりクレーターが密集していることが明らかになった。この値は、砂上に形成された衝突構造の差異をよく表していると考えられる。

また、砂に形成された溝の水平面上においての幅をクレーター直径と見なして、重力支配域における π スケーリング則[5]からエジェクタ直径を推定したところ、同じ実験条件でアルミ板上に形成されたクレーター直径から求めたエジェクタ直径より大きくなった。これは、多数のエジェクタによるクラスターの衝突によって複数のクレーターが重なることで、砂に形成された溝の幅が広がったことが原因であると考えられる。

謝辞

本研究は JAXA 宇宙科学研究所の超高速衝突実験施設の共同利用実験として行いました。

参考文献

- [1] Kadono et al., 2015, *Icarus* 250, 215-221.
- [2] Ramsley and Head, 2013, *Planet. Space Sci.*, 87, 115-129.
- [3] Ogawa et al., 2021, *Icarus* 362, 1-14.
- [4] Hirata, 2017, *Icarus* 288, 69-77.
- [5] Housen and Holsapple, 2011, *Icarus* 211, 856-875.