

玄武岩標的を用いたクレーター形成実験

高木 靖彦 (愛知東邦大学)、長谷川 直 (ISAS/JAXA)

衝突クレーター形成のスケール則が強度項と重力項により成り立っていることは良く知られている。この内、重力項に関しては、石英砂やガラスビーズを標的に用いた多くの実験により検証が行われている。一方、強度項の検証のための実験は意外に少なく、岩石標的を用いた系統的实验はほとんど行われてこなかった。クラックの無い均質な岩石資料を一定量入手することが難しいことが、その理由の一つと考えられる。

今回、クラックが無いクレーター形成実験に適切な大きさのウクライナ産の玄武岩を入手することができたので、系統的なクレーター形成実験を行い、強度スケール則の検証を目指した。実験に用いた標的は 200 × 200 × 90 mm の大きさの直方体で、今回使用した 8 個の資料は、同一の柱状摂理より切り出したものである。切り出した方向は、柱の軸に垂直な方向に長辺が向いており、衝突の方向は、短辺の向き、すなわち柱状摂理の向きに平行な方向である。質量は 10.55 ~ 10.73 kg で、密度は 2913 ± 10 kg/m³ であった。

実験は、JAXA 相模原キャンパスにある二段式軽ガス (水素) 銃を用いて行った。弾丸には、直径 3.2mm のアルミニウム球 (47 mg) およびステンレス鋼球 (135 mg) を用い、衝突速度は 3200~5300 m/sec、衝突角度は 90° であった。

形成されたクレーターの一例を図 1 に示す。玄武岩が固まった時の影響と思われる、柱状摂理の軸中心から放射方向へ延びる破断面が多くのクレーターで顕著に見られた。形状が中心軸対象でないため、クレーター直径を一義的に測定することが困難であった。そこで、図 1 に示したように衝突点から 8 方向での径を測定し、その平均の 2 倍を直径とした。測定された直径と衝突エネルギーの関係を図 2 に示す。大きな丸が今回の結果であり、小さな四角は 20 年以上前に Caltech で斑レイ岩を標的にして行われた実験の結果 [1], [2] である。

今回の結果について、最小二乗近似すると

$$D \propto E^{0.622 \pm 0.066} \quad (1)$$

という関係が得られる。ここで、 D が直径、 E が衝突エネルギーである。

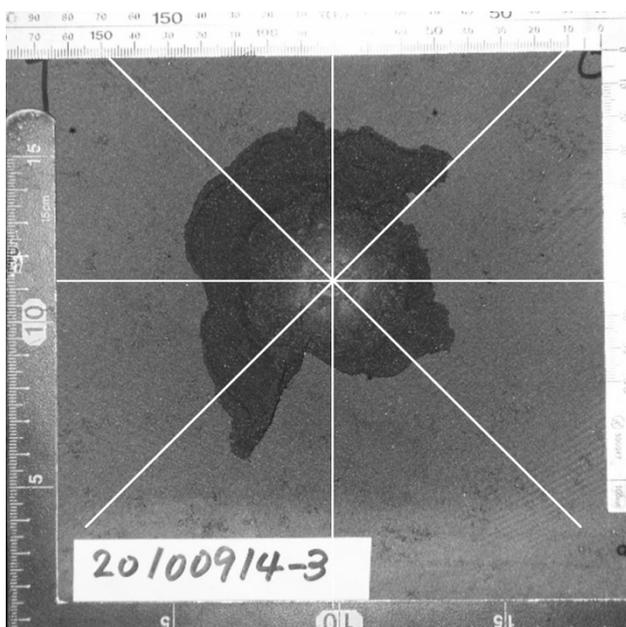


図 1. 形成されたクレーターの一例

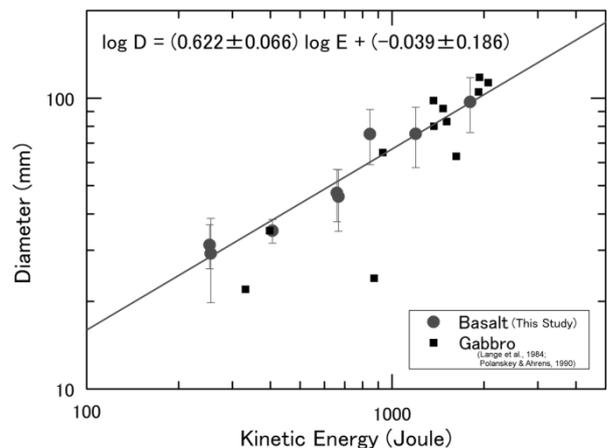


図 2. クレーター直径と衝突エネルギーの関係

クレーターの深さと容積に関しては、非接触型三次元形状計測器を用いて測定した。ただし、大きなクレータ 3 つは、測定可能範囲を超えてしまっていたため、今回は測定できなかった。測定された断面の一例を図 3 に示す。

回収された破片からは、スポール破壊が支配的であるように見られたが、断面形状からは、スポールと中央ピットの境界は明瞭には認められない。

三次元形状計測器により計測された深さ、 d および容積、 V と衝突エネルギー、 E との関係は

$$d \propto E^{0.531 \pm 0.099} \quad (2)$$

$$V \propto E^{1.16 \pm 0.19} \quad (3)$$

と求められた。また、容積と衝突エネルギーの関係を図 4 に示す。

式 (3) は、従来のスケーリング則で言われていたように、衝突エネルギーとクレーター容積 (直径の 3 乗) が比例する強度スケーリングの関係を示している。しかし、式 (1) と式 (2) は、直径がエネルギーの 0.6 乗、深さがエネルギーの 0.5 乗に比例していることを示しており、容積は 1.7 乗に比例するはずである。式 (3) の結果とは不調和である。

この原因としては、

- (1) アルミニウム球とステンレス球の両方の結果を含めて解析していること。弾丸／標的の密度比の効果を考慮しなければならないはずである。

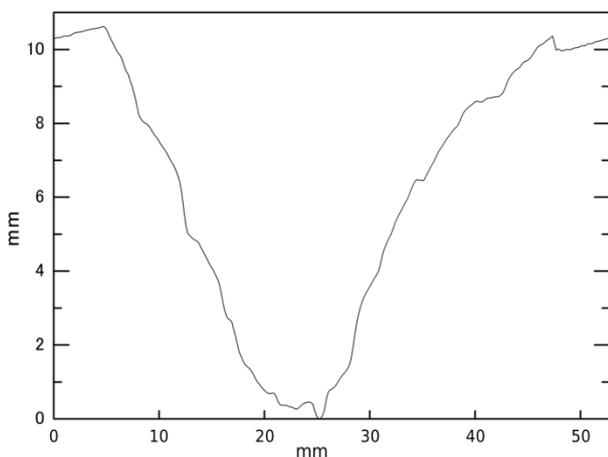


図 3. 三次元形状計測器で計測されたクレータープロフィールの一例。高さが約 3.45 倍強調されている。

- (2) サイズの大きなクレータのデータが 3 次元測定器で測定できなかったことにより、直径は全 8 ショットのデータを用いているのに対して、容積に関しては、サイズの大きい 3 ショットのデータが含まれていないこと

などが考えられる。

これらの点の影響を明らかにするために、弾丸の材質 (密度)、衝突エネルギー範囲を広げた実験を継続して行っていく予定である。

引用文献

- [1] Lange, M. A., T. J. Ahrens, and M. B. Boslough (1984), Impact cratering and spall failure of gabbro, *Icarus* **58**, 383-395
- [2] Polanskey, C. A. and T. J. Ahrens (1990), Impact spallation experiments: Fracture patterns and spall velocities, *Icarus* **87**, 140-155

謝辞

実験は、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所スペースプラズマ共同利用設備を利用して行いました。玄武岩資料は愛知県岡崎市のファニチャーストーン株式会社 (<http://www.f-stone.com/>) より購入しました。

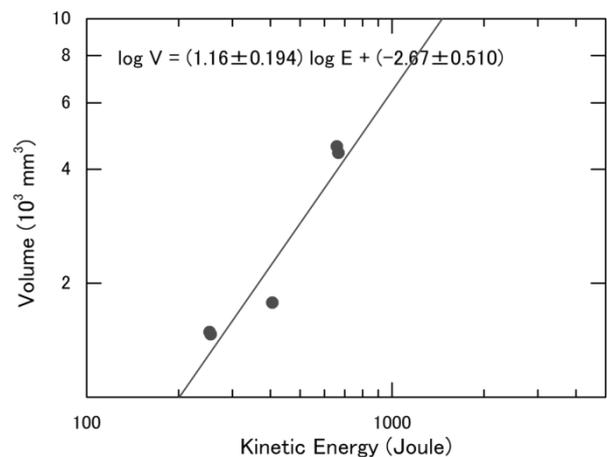


図 4. 形成されたクレーター容積と衝突エネルギーの関係