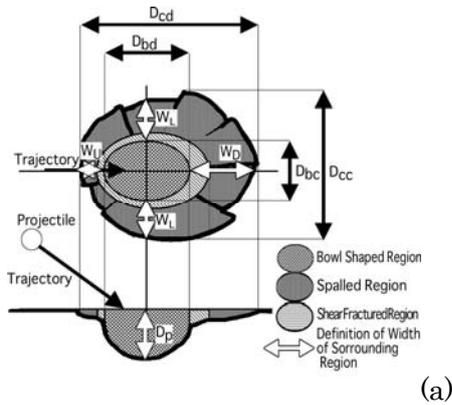


衝突形成クレーターの半径計測に関する提案

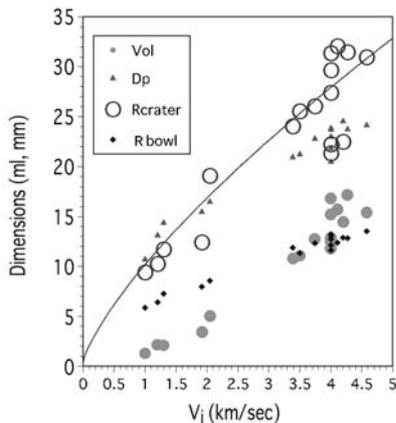
小野瀬 直美(ARD/JAXA), 長谷川 直 (ISAS/JAXA), 奥平 恭子 (会津大)

1. はじめに

岩石、氷、石膏、ガラスなどに形成されたクレーターの外周の形状は、ターゲット表面からの spall が放出されるかどうかの確率的要素に依存するため、非常に不規則な形状をしている。このことは、クレーターの「直径」を計測するうえで恣意的な要素が入り込む余地をうむ。また、「クレーター直径」というパラメータは、クレーターサイズの衝突速度依存性を求める上で、ばらつきが大きいという特徴を持つ (図.1)。そこで、本稿では、全周分の画像解析をすることにより、クレーター半径を求める方法を提案する。



(a)



(b)

図. 1 (a) クレーターサイズの定義: 斜め衝突用のものを流用
(b) クレーターサイズと衝突速度: 石膏ターゲットに直径 7mm のナイロン球が衝突した場合。比較のため、クレーター体積(Vol)、深さ(Dp)、ピット部分の半径(Rbowl)も示す。

2. クレーター半径計測法

2-1. クレーター中心にある pit の中心を求める。石膏に形成されたクレーターの場合には、pit は比較的明

瞭な半球状であるため、ターゲットを見ながらその中心を決定することは容易である。一方、岩石や氷に形成されたクレーターの場合には pit の外周が明瞭ではないため、衝突点の位置は最もダメージが激しい領域の中心と考える。

2-2. 薄紙を載せてやわらかい鉛筆でクレーターの縁やターゲット表面に見られるクラックを擦り出す。実際に破片が飛び出した領域(inner spall)の縁とともに、そのひと周り外側に見られることのある、「spall crack」がターゲット表面に見られるが、破片は飛びだせなかったもの(outer spall)も計測した。outer spall に関しては、表面の段差が小さいものもあるため、染料を用いた探傷法を併用するのもよいかもしれない。
2-3. inner spall、outerspall のトレースと分割をする。擦り出しで明らかになった輪郭を、画像処理ソフト上で黒でトレースし、pit 中心を中心とする白い放射線を重ねることにより、ラインを点に分割し (図. 2)、NIH-image にて、中心並びに各点の位置座標を計測することにより、2 種類のクレーター半径を 2.5 度ごとに計測した。



図. 2 垂直衝突により形成されたクレーターの inner spall、outer spall の輪郭をトレースし、2.5 度ごとに分割したもの。

3. 計測結果

いくつかのクレーターに関して、inner spall 半径と outer spall 半径をプロットしたものが(図.3)である。縦軸は各方向での半径を、横軸は実験番号並びに

inner, outer spall の別である。データ点数が多いため、見やすいように、各グループごとに横方向に 5 列に分けた。横棒は各群の平均値である。

inner spall よりも outer spall が大きい値であるのは当然であるが、実験により、両者の重なりがほとんどないものと大きく重なるものがある。ばらつきの範囲も実験ごとに大きく異なり、同じ垂直衝突でも円形に近いものから、変形の度合いが大きいものまで存在することが見て取れる。

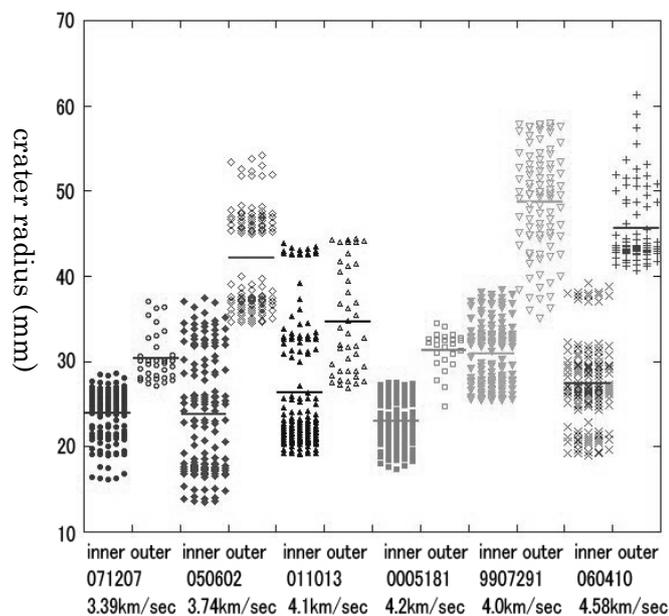


図. 3 垂直衝突により形成されたクレーター6 ショット分の inner spall、outer spall の半径を一周分計測した。データ数が多いため、ひとつのデータ群を縦 5 列に広げて表している。古い実験では速度計測精度が良くないため、横軸は名目尺度であると考えてほしい。

石膏に対する、衝突速度 1km/sec から 4km/sec 台までのナイロン 7mm 球の垂直衝突のデータを 17 個すべてを、従来の結果と比較したものが図.4 である。本計測方で求めた値を○、従来の計測方で求めたものを●で表した。inner spall 半径の散らばりそのものも、実験により大きく異なるため、その最大、最小値をエラーバーで表した。従来の 2 方向の直径を計測してそれを平均化する手法により得られたデータは、クレーター直径をやや大きく見積もる傾向がある。データ点のばらつき方は R^2 で見るとわずかに改善がみられた。本発表で取り扱ったものは垂直衝突のみであるが、今後はこれを、円柱に形成されたクレーターや斜め衝突により形成されたクレーターに応用したいと考えている。ただし、衝突角度の急なかすめるような衝突により形成されたクレーターに関しては、クレーター

「中心」に関する議論が必要になると考えられる。

outer spall 半径は、衝突によりターゲット表面に亀裂が生じている範囲を表しているため、なんらかの意味を持っていると考えられる。局所的に観察すると、inner spall 半径が小さい部分には、半径の大きな outer spall が見られることがある。実際に破片が放出されるためには、その破片の周囲すべてには断面が形成されなくてはならない。クレーター半径が部分によ

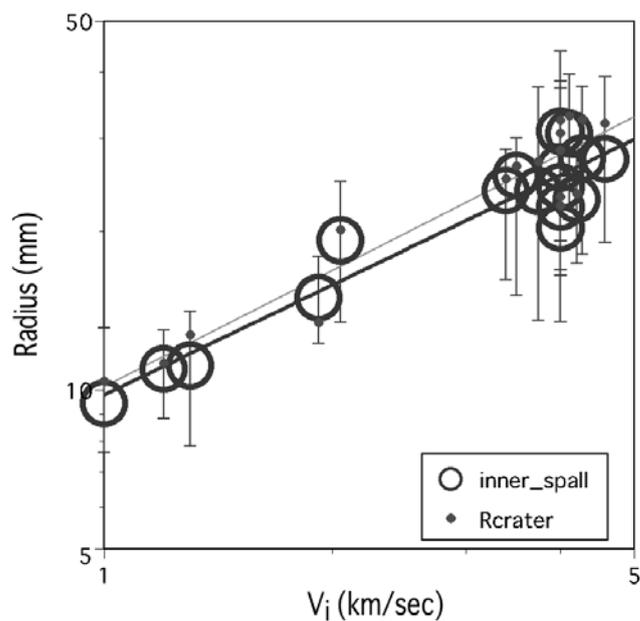


図. 4 衝突速度 1~5km/sec の垂直衝突により形成されたクレーター半径を、従来の方法で求めたものと比較した。

り値が異なるのは、その確率的な影響を受けているものと考えられる。ただ、今回提案した方法で収集できるデータは spall クラックがターゲット表面に出現したものに限られるため、その全貌を現すことはできない。outer spall 半径をどのようにして利用するかは今後の課題である。

謝辞

この実験は、JAXA 宇宙科学研究所の共同利用設備、新型 2 段式軽ガス銃を用いて行いました。

スペースプラズマ委員会の皆様、銃のオペレーターの皆様に深く御礼申し上げます。