

二次クレーターのサイズ頻度分布の解析

第4回探査データ解析実習

鈴木絢子

1 背景

二次クレーターとは、ある衝突クレーターが形成されたときに放出されるエジェクタが「二次的に」作るクレーターのことである。二次クレーターの存在は、クレーター年代学を始めとして様々な問題で注目されている。例えば月では、直径が4kmより小さいところで累積個数分布の傾きが大きくなることが知られているが、それが二次クレーターのためなのか、元々クレーターを形成する小天体のサイズ分布そのものなのかについては議論がある。

そこで、クレーター年代学において問題になる、直径が300m - 4kmの範囲で二次クレーターのサイズ分布がどうなっているか、また、その累積個数分布のベキの値が、一次クレーターからの距離によって変化するか、を調べる。

2 研究手法

2.1 調査対象地域

今回は、Jacksonクレーターを調査対象とした。Jacksonクレーターは、月の裏側(22.4°N, 196.9°E)にある直径71kmのクレーターで、年代はおよそ0.1Gaである。レイが非常に発達しているクレーターとして有名である。

Jacksonクレーターの東側で、クレーターからの距離を変えて4つの領域を調査対象地域とした。各領域は、長方形で、面積は全て同じで2582km²である。それぞれの地域の場所などを図1と表1に示した。

2.2 二次クレーターの同定

二次クレーター同定の一例を図2に示す。二次クレーターは、以下の特徴を持つとされている。

1. クレーターの形が楕円で、一次クレーター方向に伸びている。
2. リムは、一次クレーター側で高く、反対側は低い。

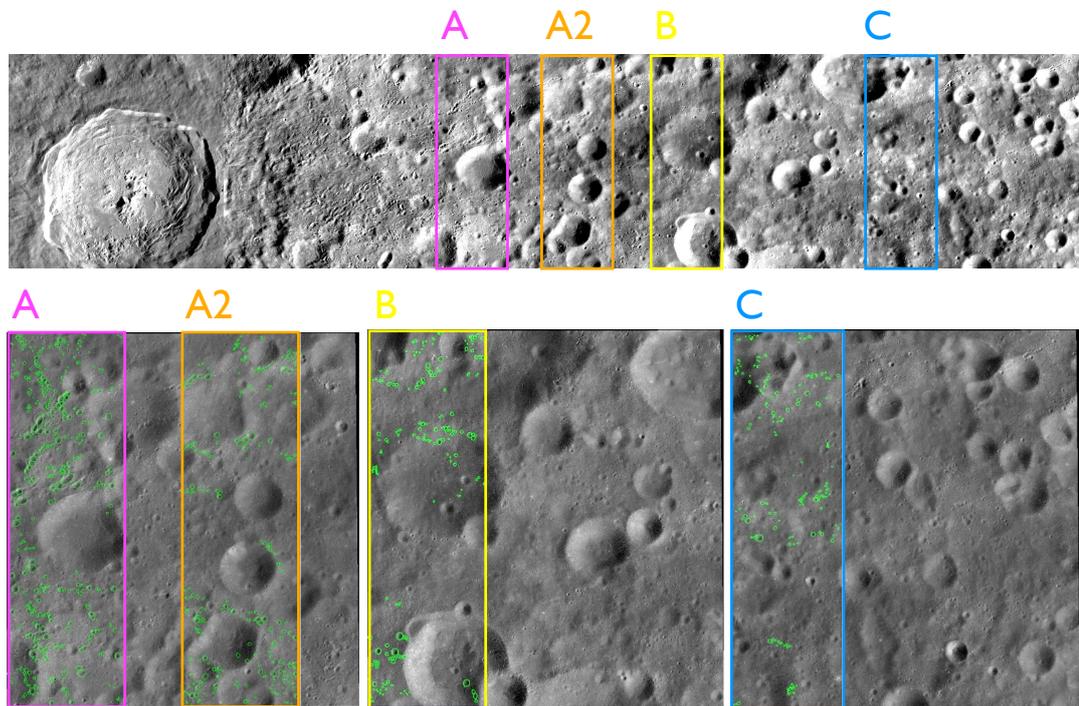


Figure 1: 調査対象の Jackson クレーターと調査地域

3. V字型のエジェクタ
4. 浅い
5. クラスターを成す
6. 比較的新鮮

この特徴を念頭に、対象地域で二次クレーターを同定した。

3 結果と考察

各エリアで同定した二次クレーターについて表2にまとめた。

Jackson クレーターに近いほど、エリア内のクレーターの個数が多く、二次クレーターの最大の直径も大きくなっていった(各エリアの面積は同じ)。

Table 1: キャプション

Region	経度 *	一次クレーターからの距離 *
A	201.0°E	118 km
A2	202.5°E	157 km
B	204.0°E	202 km
C	207.0°E	286 km

* エリアの左端での値

「5. クラスタを成す」については、クラスタというよりも、いくつものクレーターが連なったチェーンが多く見られた。またそのチェーンの角度は、必ずしもクレーター中心を向いておらず、クレーター中心方向に対してむしろ垂直に近いものもあった(例えば図2)。

調査エリアの中でも、二次クレーターがたくさんある範囲とあまり無い範囲があった。少し引いてみると、二次クレーターがたくさんある範囲は、あまり無い範囲に比べて白っぽく見える。Jackson クレーターは明るいレイを持つクレーターとして有名であり、レイは二次クレーターやそれが作るエジェクタの集合と考えられている [Melosh, 1989]。今回の観察結果は、このことと矛盾しない。

Table 2: キャプション

Region	二次クレーターの数	最大の二次クレーター直径	ベストフィット
A	391 個	2.8 km	$(6.17 \pm 0.28) \times 10^{-2} D^{-5.39 \pm 0.12}$ ($D > 1.40$ km)
A2	294 個	2.1 km	$(1.74 \pm 0.12) \times 10^{-2} D^{-5.33 \pm 0.25}$ ($D > 1.14$ km)
B	234 個	1.7 km	$(4.27 \pm 0.10) \times 10^{-3} D^{-4.08 \pm 0.10}$ ($D > 0.70$ km)
C	204 個	1.6 km	$(1.86 \pm 0.13) \times 10^{-3} D^{-4.77 \pm 0.27}$ ($D > 0.70$ km)

各エリアの計測結果において、累積個数分布における傾きを調べた。クレーターの直径が小さい方は見落としや他のクレーターとの重なりの可能性があると考え、あるしきい値以上の大きさのクレーターでのみ最小自乗法でフィットした。結果は表2と図3に示した。誤差が大きいものの、全ての領域で直径のベキの値は、4.0以上となった。このベキの値は、Hirata and Nakamura [2006] で調査された Tycho クレーターのものより急である。中心のクレーターからの距離との関係は、第0近似的には、Jackson クレーターからの距離が離れるほど傾きは小さいという傾向があるかもしれない。しかし、直径の大きなクレーターになるほど数が少なくなってクレーター密度における不確実性が増し、ベキの値にも影響する。二次クレーターの累積個数分布における直径のベキの値が、Jackson クレーターからの距離によって変わるかどうかを議論するには、更なる解析が必要と考えられる。

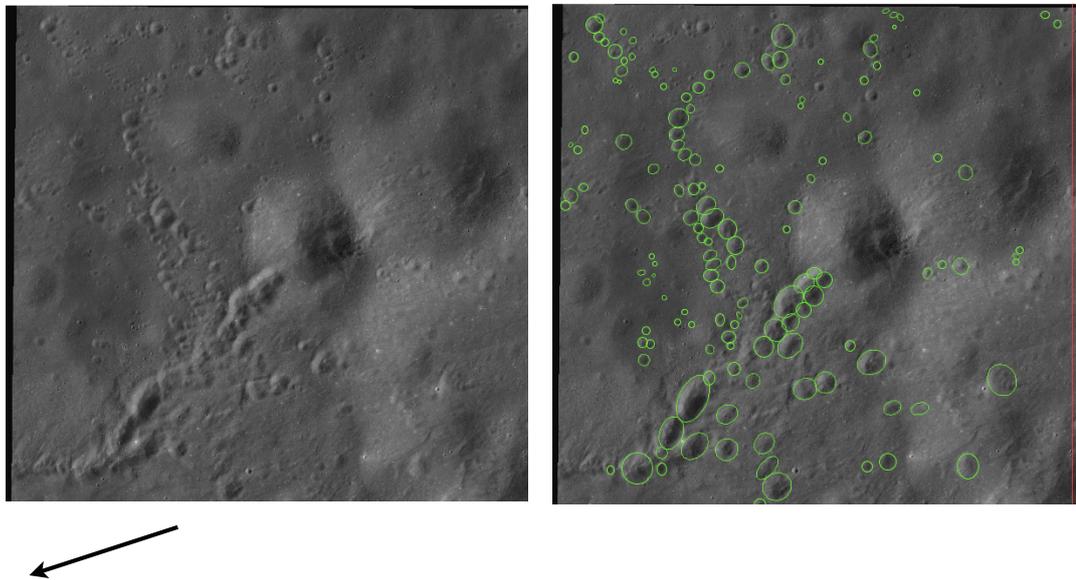


Figure 2: 二次クレーター同定の例．一次クレーターである Jackson クレーターは矢印の方向で，距離は約 130 km 離れている．1つの画像の幅が約 26 km．

図5に，各クレーターを作ったエジェクタ片の，直径と放出速度の関係を示した．Copernicus クレーターにおける解析結果 [Vickery, 1987] も一緒に示している．今回の解析において同定した二次クレーターを作ったエジェクタ片の最大サイズは，Copernicus クレーターや Tycho クレーター [Hirata and Nakamura, 2006] におけるものよりも小さいことになる．つまり今回の解析において，大きいクレーターのカウント数が少ない(無い)ということの意味し，これは傾きが急であるということと整合的である．大きい二次クレーターを作る衝突では，衝突エネルギーも大きいと考えられる．大きいクレーターの方が，二次クレーターの特徴があまり強くないクレーターができ，一次クレーターとの区別が難しいのかもしれない．

References

Hirata, N., and A. Nakamura (2006), Secondary craters of tycho: Size-frequency distributions and estimated fragment size-velocity relationships, *Journal of Geophysical Research-*

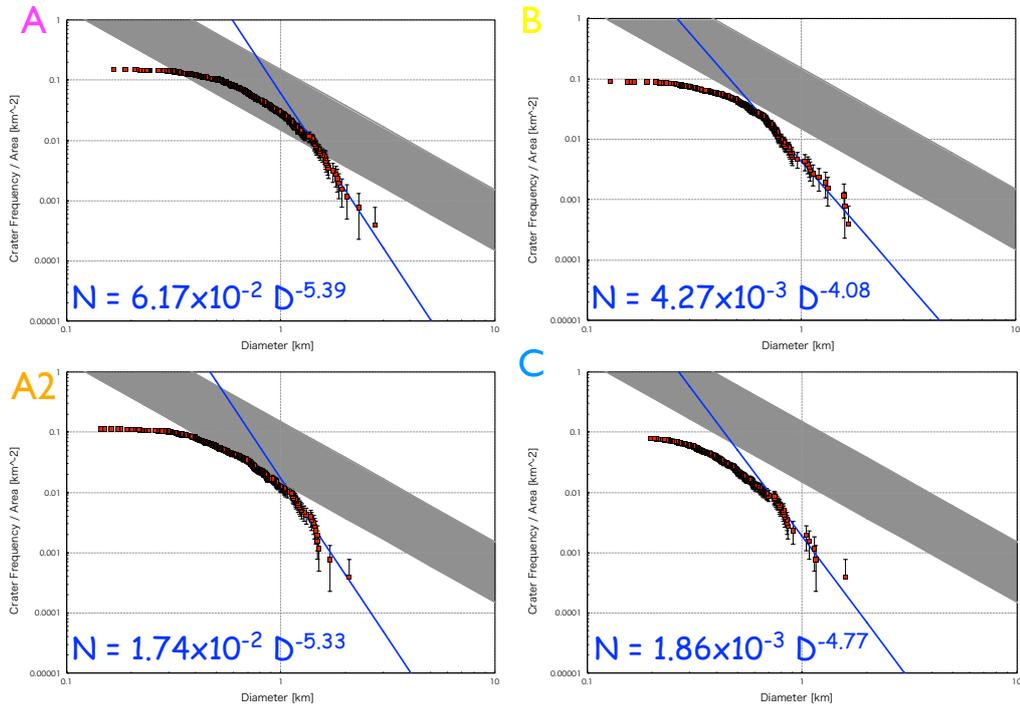


Figure 3: 各エリアでの二次クレーターの累積個数分布．グレーに塗ってあるエリアは，クレーターの飽和状態を表している [Melosh, 1989] ．

Planets, 111(E3).

Melosh, H. J. (1989), *Impact Cratering: A Geologic Process*, 245 pp., Oxford Univ. Press.

Vickery, A. (1987), Variation in ejecta size with ejection velocity, *Geophysical Research Letters*, 14(7), 726–729.

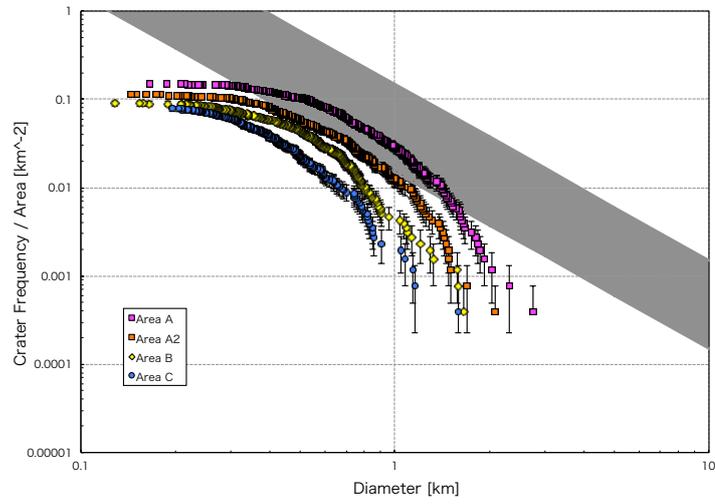


Figure 4: 各エリアでの二次クレーターの累積個数分布．4エリアを重ねたもの．

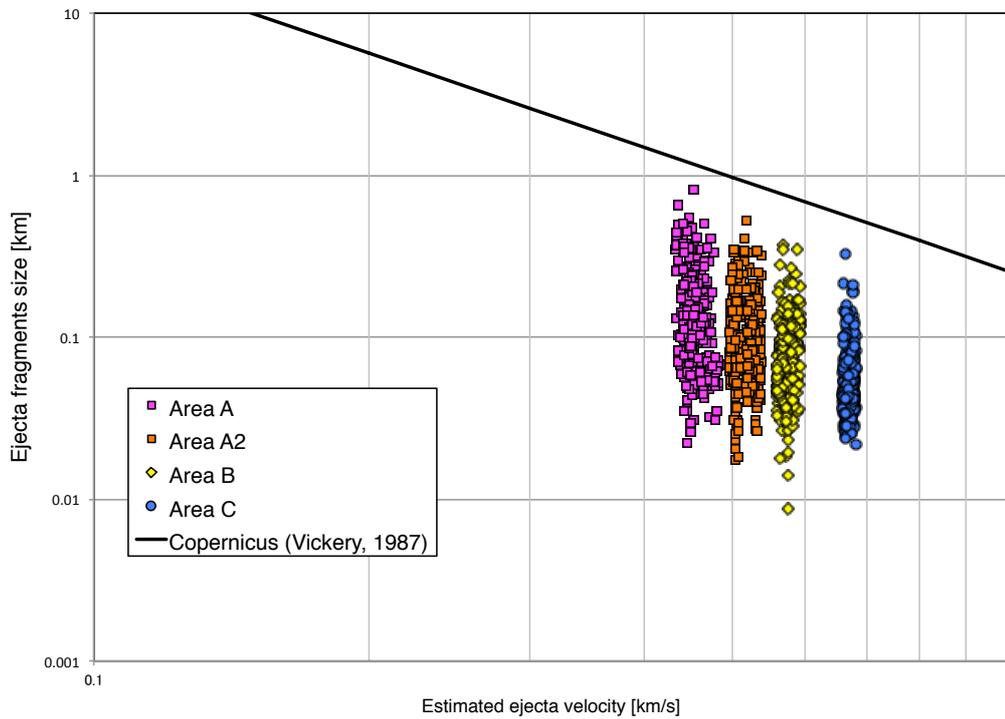


Figure 5: 各二次クレーターを作ったと思われるエジェクタ片の直径と速度の関係．