

月面の観測的研究Ⅲ

初等教育教員養成課程理科選修
金光研究室 250424 西元敦紀

1. はじめに

月は太陽系の中で最も地球に近い天体であり、人類が到達したことのある唯一の地球外天体でもある。地球から見える天体の中では太陽の次に明るく、白色に光って見えるが自ら発光しているのではなく太陽光を反射している。また、月は私たちの最も身近にある天体であるといえるだろう。その理由は、晴れてさえいれば地球から容易に観測することができ、小・中学校での学習の対象となっているからである。

本研究においては、月の最大の特徴であるといえるクレーターについて調べた。クレーターには様々な大きさのものがある。今回、そのクレーターにできている影の長さからクレーターの深さを求めることでクレーターの直径と深さの関係性を分析することができるのではないかと考えた。また、より簡単な計算方法を用いることによって学校現場でも役に立つと考える。

2. クレーター

2.1 クレーターとは

クレーターとは、天体衝突などによって作られる地形のことである。主な形態としては、円形の盆地とそれを取り囲む円環状の山脈であるリムからなるものである。主に彗星・小惑星などの衝突でできるが、核爆発や大量の火薬などの爆発でも同様の地形ができる。クレーターの形や大きさは衝突エネルギーと衝突される天体の性質だけで決まり、大きさなど天体自体の性質はほとんど関係しない。エネルギーさえ同じであれば、重い天体がゆっくり衝突しても軽い天体が高速で衝突しても、組成が岩石でも氷でも、衝突ではなく核爆発でもほぼ同じクレーターができる。

2.2 月のクレーター

月のクレーターの大部分は38億年前よりも前に作られたものである。38億年前は太陽系に多数の微惑星が残っていたために大きな衝突が何度も繰り返されていた。地球の表面には大気や水があり、侵食やプレートテクトニクスによる海洋底の更新があるためその痕跡が残っていないが、月では大気や水がほとんど存在しないためクレーターがそのまま保存されている。よって、月面には月形成直後から多くの衝突クレーターが残っており、表側だけでも直径1km以上のクレーターは30万個以上と見積もられている。大きいものから月の石に残されていた顕微鏡サイズのクレーターまでさまざまである。国際天文学連合で登録している直径10km以上の名前が付けられているクレーターが1395個、100km以上のものでも199個ある。また、盆地や海と名付けられている部分は天体衝突によって形成されたと考えられており、月の裏側の南極エイトケン盆地は直径2500kmに及ぶ。

2.3 月のクレーターを選んだ理由

クレーターは地球や水星にも存在するが、本研究での対象を月のクレーターにした要因は以下の三点である。

- ・ 観測可能なクレーターの数が他の天体に比べて圧倒的に多い。
- ・ 地球からの距離が38万kmと他の天体より地球に近く観測しやすい。
- ・ 月は毎日観測することができ、小・中学校で学習の対象となっている。

3. 観測

3.1 観測天体・日時

観測天体は月である。

日時	月齢
2016年10月6日 19時	5.1
2016年10月14日 19時	13.1
2016年11月4日 19時	4.4
2016年11月7日 19時	7.4
2016年11月11日 19時	11.4

3.2 使用機材・データ編集ソフト

使用機材

機材	メーカー	備考
口径 40cm 反射望遠鏡	三鷹光器	なし
デジタル一眼レフカメラ	Nikon	1020 万画素

データ編集ソフト

ソフトウェア	メーカー	備考
Image Composite Editor	マイクロソフト	画像を合成する。
天体画像処理ソフトウェア (Makali)	国立天文台	座標を表示し、画像上の 長さを導き出す。

3.3 観測方法

3.3.1 観測手順

- ① 観測を行う日にちを決める。今回は様々な月齢の月を観測するために、観測日を 2016 年 10 月 6 日、10 月 14 日、11 月 4 日、11 月 7 日、11 月 11 日に決定した。
- ② 40cm 口径の望遠鏡を使用し、接眼レンズにデジタル一眼レフカメラを取り付ける。デジタル一眼レフカメラの露出を 1/30 秒、1/60 秒に設定して撮影した。
- ③ 撮影したい部分にピントを合わせ、小分けにして月全体を撮影していく。
- ④ 撮影画像を JPG ファイルと raw 形式の NEF ファイルの形式で保存した。今回はクレーターにできている影を観測するだけであるため、JPG ファイルの撮影画像を使用した。

3.3.2 撮影画像

以下に示す画像は 2016 年 11 月 11 日に撮影したものの一部である。



3.3.3 データ処理の方法

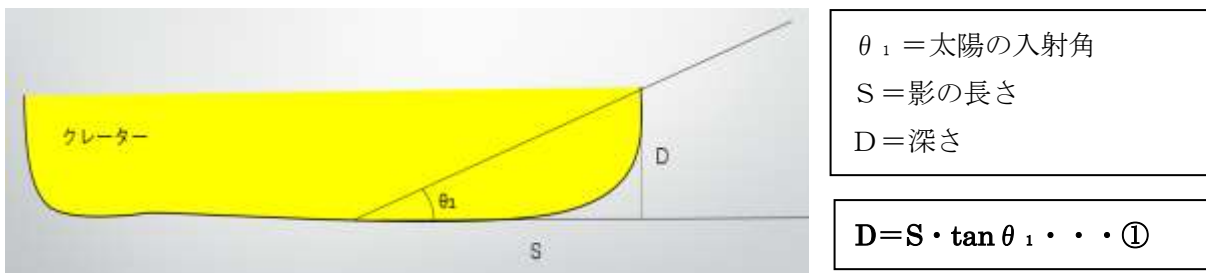
マイクロソフトのソフトウェア「Image Composite Editor」を使い、撮影した画像を一つに合成する。3.3.2で示したような小分けの画像のままだと、月の全体像を捉えにくく、後に示す計算に影響が出るためである。

4. 計算

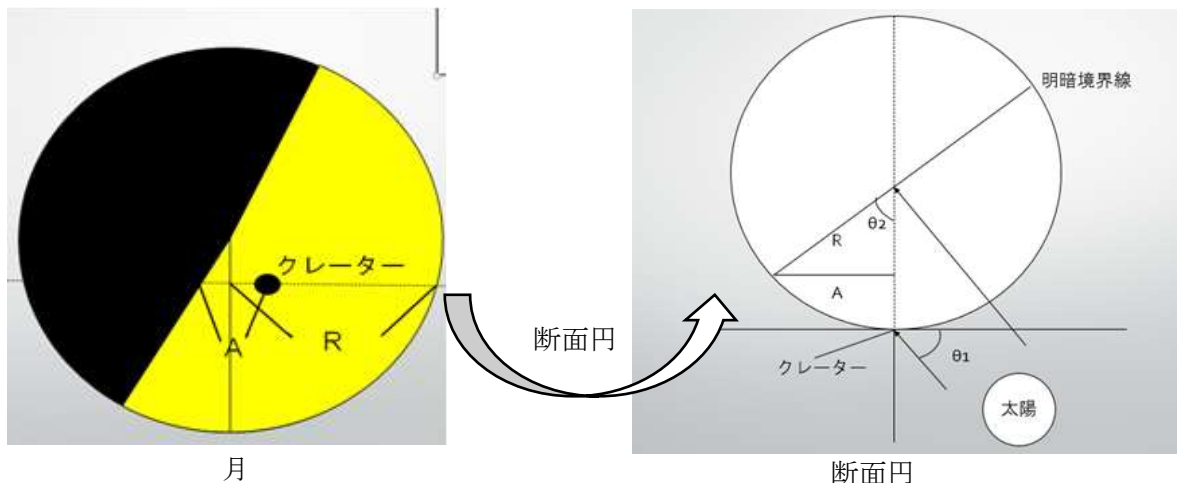
本研究では、観測した月の内、2016年11月7日に観測した月齢7.4の月を対象とした。クレーターの深さを求めるためには適度な影がクレーターにできている必要があるため、他の月よりもクレーターに適度な影がみられた月齢7.4の月を選んだ。また、その影ができているクレーターがより多く見られたためである。本研究では20個のクレーターの深さを計算により求め、直径と深さの関係性を分析した。

4.1 クレーターの深さを求める

①クレーターを簡単な図で考える。



②クレーターに応じた断面円から、太陽の入射角を求める。



$A = \text{クレーターから明暗境界線までの距離}$
 $R = \text{断面円の半径}$

図より、 θ_1 と θ_2 が等しいことがわかる。
 三角関数を用いて、 $\sin \theta_1 = A/R \dots \textcircled{2}$
 $\tan \theta_1 = \sin \theta_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_1} \dots \textcircled{3}$

③A, R, Sのクレーターの直径を「Makalii」を用いて求める。

「Makalii」の位置測定機能を用いることで求めることができる。

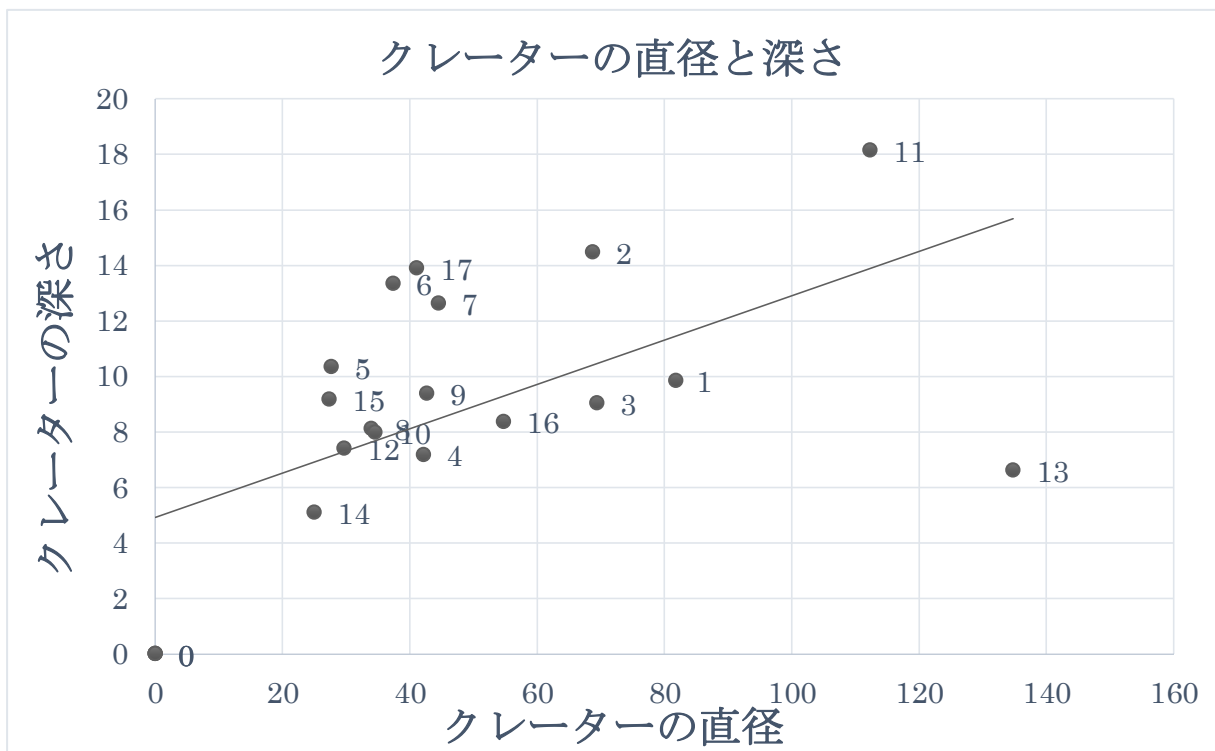
画像上の月の直径は7868ピクセルであり、実際の月の直径は3474kmであるため、「Makalii」で求めたA, R, Sを0.44倍する。その値を②の式に代入し、 $\sin \theta_1$ を求める。求めた $\sin \theta_1$ を③の式に代入し $\tan \theta_1$ を求め、 $\tan \theta_1$ とSを①の式に代入する。

4.2 Excelによる計算

本研究では、計算の過程を表計算ソフト「Excel」を用いて行った。右に示す表が計算結果である。

	クレーター直径	R	A	S	sinθ	tanθ	D
1	81.83	1543.52	460.24	31.50	0.30	0.31	9.84
2	68.76	1565.96	429.44	50.76	0.27	0.29	14.48
3	69.44	1392.16	502.48	23.35	0.36	0.39	9.04
4	42.14	1546.16	597.52	17.14	0.39	0.42	7.18
5	27.69	1411.08	611.60	21.49	0.43	0.48	10.33
6	37.36	1528.56	849.64	19.95	0.56	0.67	13.34
7	44.53	1524.16	838.20	19.18	0.55	0.66	12.63
8	33.93	1664.08	806.52	14.65	0.48	0.55	8.12
9	42.65	1668.92	800.36	17.18	0.48	0.55	9.39
10	34.57	1698.84	675.84	18.38	0.40	0.43	7.97
11	112.29	1381.60	755.48	27.79	0.55	0.65	18.15
12	29.67	1666.28	554.40	20.96	0.33	0.35	7.39
13	134.78	1646.92	420.20	25.08	0.26	0.26	6.62
14	25.01	1692.24	407.88	20.53	0.24	0.25	5.10
15	27.34	1582.68	638.88	20.77	0.40	0.44	9.16
16	54.71	1662.76	296.56	46.14	0.18	0.18	8.36
17	41.11	1515.80	930.60	17.87	0.61	0.78	13.90
18	59.13	1423.40	315.04	43.56	0.22	0.23	9.89
19	74.36	1501.72	396.88	22.11	0.26	0.27	6.06
20	60.41	1550.56	990.44	18.09	0.64	0.83	15.02

5. 結果



上のグラフよりクレーターの直径と深さにはある程度の相関関係があることが分かった。

6. 考察

研究前は、クレーターの直径と深さにはきれいな相関関係があると予想していた。しかし、結果を見てみると、相関関係は見られたものの幅がある。その原因として考えられることは、観測したクレーターが、複雑クレーターであったことが挙げられる。複雑クレーターは単純クレーターとは構造が異なるため幅が生じたと考えられる。また、月でも風化や侵食は長い年月をかけて行われるので、その影響も考えられる。