

クレーターの直径と高さの測定

インターネット望遠鏡プロジェクト

平成 23 年 9 月 14 日

1 課題

この観測の課題は以下の通りです：

1. 月面のクレーターを観測し、その名前と位置を特定
2. クレーターの直径を測定
3. 観測したクレーターを囲む障壁の高さを測定
4. 影の長さから障壁の高さを測定

2 観測の意義

2.1 月面クレーターについて

月面を眺めると様々な模様が観測されます。特に、満月のときに見た月の表面には、薄暗い模様が観測されますが、日本では昔からこれを「ウサギが餅をついている姿」に見立ててきました。一方、中国ではこの模様は、不老不死の薬を盗んで月に逃げたジウウ娥が変身した「ガマガエルの姿」であるとされてきました。また、ヨーロッパでは「女性の顔」とか「カニの姿」になぞらえています。

ウサギが餅をついているように見える薄暗い部分は「海」とよばれ、それに比べて明るい部分は「陸」とよばれています。望遠鏡でこの「陸」の部分を見ると、凹凸のある様々な地形が観測されますが、この地形の一つにクレーターがあります。

クレーターは、中央に窪みがありその周辺を山脈上の壁が取り囲んだ円形や楕円形の地形をしています。その起源は、隕石や彗星・小惑星等の小天体の衝突によって作られ、造岩現象などのない月面では衝突の跡がそのまま残ったものと考えられています。

2.2 代表的なクレーター

月面には大小様々なクレーターがありますが、これらのクレーターのそれぞれには、多くの場合天文学に寄与した人の名前がつけられています。代表的なクレーターを表1にまとめました。

この表の最後の行に記載された月面緯度の記号 N,S はそれぞれ北緯, 南緯を表し、月面経度の記号 E,W はそれぞれ東経, 西経を表します。

名前	直径 (km)	壁の高さ (m)	月面緯度/月面経度
ケプラー (Kepler)	31	2570	8.1N/38.0W
コペルニクス (Copernicus)	93	3760	9.7N/20.1W
サントベック (Santbech)	64	4500	20.9S/44.0E
シッカルト (Schickard)	206	1328	44.3S/55.3W
ティコ (Tycho)	102	4850	43.4S/44.0E
ハーシェル (Hershel)	40	3770	5.7S/2.1W

表 1: 代表的なクレーター

2.3 観測の意義

ガリレオは 1609 年、人類として初めて天体望遠鏡で月の表面を観測し、その表面が凹凸を伴う様々な構造を持っていることを発見しました。月面の地形を調べることは、月に関する理解を深める上で重要な意義を持っています。今回の観測では、月面のクレーターに注目して、その直径と周辺を形作る壁の高さを測定します。月面上の様々なクレーターの壁の直径と高さを測定し、月面全体について画像付きでそれらのリストを作成することと、そのリストに基づいて月面の立体的な月面地形図を作成することができます。

3 観測のプロセス

3.1 観測装置と観測の手順

観測装置としては、慶應義塾大学インターネット望遠鏡ネットワーク

<http://arcadia.koeki-u.ac.jp/itp/pukiwiki/>

を利用します。この装置を利用した月面の観測手順は以下の通りです：

1. 慶應義塾大学インターネット望遠鏡のホームページにアクセス
2. ホームページから望遠鏡操作画面を立ち上げ
3. 望遠鏡操作画面の世界地図上で、ネットワークで用意された 3 台の望遠鏡（府中望遠鏡、慶應義塾ニューヨーク学院望遠鏡、ミラノ・メラテ望遠鏡）から、アクセスしたい望遠鏡を選び、それが夜の時間帯にあること、望遠鏡が設置されている場所の天候が天体観測可能状態であることを確認
4. アクセスしたい望遠鏡が天体観測可能な状況にあれば、世界地図上で該当の望遠鏡マークをクリックして望遠鏡にログインし、望遠鏡操作画面を立ち上げ
5. 望遠鏡操作画面上の静止画フレームをサブ望遠鏡の画像に設定し、月を中央に導入し、左ダブルクリックして拡大画面立ち上げ、月の直径の分離角を測定。分離角の測定には、月面の中心を通る直線の両端をクリックして、右の欄に 2 点間の角度を表示

クレーター	観測地	観測日時	月直径分離角	直径分離角	影の長さ分離角
1					
2					
分離角の単位は度					

表 2: クレーターの直径と影の分離角

6. 直径の分離角測定後、月面の観測したい部分を画面中央の四角の枠内（主望遠鏡の視野）に移動。画面上の天体の移動は、移動したい部分を四角の枠にドラックすることで可能。このとき、主望遠鏡の視野にとらえる月面部分の位置を記録
7. 静止画フレームを主望遠鏡に切り替え、主望遠鏡がとらえた月面部分を PC 上に保存（右クリック）。主望遠鏡視野内にあるクレーターを選び、その直径の分離角を測定。さらに影の高さ測定のために、影の上端（端）と根元（下端）間の分離角を測定。分離角の測定法は上記と同様。
8. 主望遠鏡視野内に他のクレーターがある場合は、そのクレーターに関しても同様の観測を実施

3.2 観測データの記録

観測データを記録するために表 2 を用意します：
表の各行の意味は次の通りです。

1. 第 1 行
主望遠鏡の視野内に幾つかのクレーターがある場合、それらのクレーターに番号を付けて区別します。
2. 第 2 行
観測に用いた望遠鏡の設置場所を記録します。
3. 第 3 行
観測を行った日時を世界時間（UT）で記録します。
4. 第 4 行
サブ望遠鏡で見た月の直径の分離角を測定し、第 4 行に記録します。
5. 第 5 行
主望遠鏡視野内のクレーターについて、その直径の分離角を測定し、第 5 行に記録します。クレーターが円形でない場合は、一番長い部分の分離角を測定します。

6. 第 6 行

クレーターの周辺影の高さを測るために、その長さの分離角（影の根元と先端間の）を測定し、第 6 行に記録します。壁は連なっているため、その影も細長い形をしていますが、影の横幅が一番大きいところ（壁が一番高いところ）の分離角を記録することにします。

7. 他のクレーター

画像上に他のクレーターがある場合は、これらのクレーターについても同様の観測を続け、その結果を記録します。

4 観測データの解析

4.1 解析の手順

1. クレーターの名前とそのクレーターの月面経度・月面緯度

サブ望遠鏡の画面を参照して、主望遠鏡の視野部分の月面における位置を調べ、月面図を参考にして主望遠鏡の視野内のクレーターの名前と、その月面経度および月面緯度を特定します。

2. クレーターの影の長さ

クレーターの影の長さを求める。月の半径を $R (=1738\text{km})$ 、その分離角を θ 、クレーターの影の長さを D 、その分離角を φ としたとき、 D は

$$D = 2R \times \frac{\varphi}{\theta} \quad (1)$$

で与えられる。

3. 太陽の月面余経度と月面緯度

観測日時における太陽の月面余経度 c と月面緯度 b を資料（天文年鑑）を参考にして求めます。資料の値はその日の 0 時（世界時間 UT）の値ですから、 c と b の観測時間までのずれは該当日の 1 時間当たりの進みを比例配分で求め、経過時間の分を資料の値に加えることで求められます。

4. 観測日時におけるクレーターの位置での太陽高度 h

観測日時におけるクレーターの位置における太陽高度 h は

$$\sin h = \sin b \sin \zeta + \cos b \cos \zeta \sin(c + \theta) \quad (2)$$

で与えられます。ここで、 (c, b) は太陽の（月面余経度, 月面緯度）を、 (η, ζ) はクレーターの（月面経度, 月面緯度）を表します。式 (2) に現れる三角関数の角度はラジアン単位で表す必要があることに注意してください。ラジアン単位と度単位の角度の関係は

$$\text{角度 (ラジアン)} = 3.14 \times \frac{\text{角度 (度)}}{180} \quad (3)$$

です。

5. クレーターの壁の高さ d

クレーターの壁の高さ d は

$$d = D \tan h \quad (4)$$

で求められます。 $\tan h$ は、式 (2) の $\sin h$ を用いて

$$\tan h = \frac{\sin h}{\sqrt{1 - \sin^2 h}} \quad (5)$$

で求められます。

4.2 解析結果のまとめ

解析結果を次の表にまとめます。

クレーターの影の高さ					
クレーター	D (km)	(η, ζ) (度)	(c,b)(度)	$\sin h$	d (km)

5 考察

5.1 クレーターの高さについて

5.2 月面の地形について

5.3 総合的な考察