

月食の計算をしよう

皆既月食

つい先日の11月8日、皆既月食が起きました。皆さん、ご覧になることができたでしょうか。

今回の月食は、月が地球の影に完全に隠される皆既月食でした。右図はNASA Eclipse Web Siteにある月食図です。地球の影の中を、月がどのように通過していくかが示しています。

何時に月食が起こるかは、国立天文台のホームページなどを参照すれば、知ることができます。でも、月食の進行状況を、自分で描いてみたいという方おられるのではないのでしょうか。ここでは、そのための方法をご紹介しますと思います。

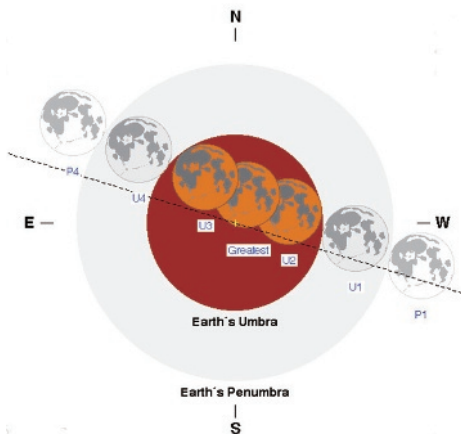


図1 NASA Eclipse Web Site の月食図
<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>

理科年表

図1の月食図を描くには、地球の影と月の位置を求める必要があります。天球上での太陽と月の座標に関しては、国立天文台が発行している理科年表で調べることができます。

理科年表には、下表のように、毎日の太陽と月の天球上での赤経・赤緯が掲載されています。

表1 月食の前後の太陽・月の座標

日時(世界時)	太陽		月	
	赤経	赤緯	赤経	赤緯
11/8 0時	14h52m21.1s	-16° 29'49"	02h31m14.9s	+14° 33'56"
11/9 0時	14h56m21.8s	-16° 47'09"	03h20m57.1s	+19° 19'56"

ただし、1日ごとの値しか分かりませんので、知りたい時刻の座標は、比例配分で求めることにします。今回の月食は、食の最大となる時刻が19時59分です。そこで、20時(世界時だと11時)の様子を調べることにします。

月と地球の影の位置の求め方

表1では、赤経は時分秒、赤緯は度分秒の単位で表されています。赤経の1時(1h)は、角度の15度に相当します。このままでは計算がめんどうなので、少数点を用いた角度の数値に変換し、比例配分して20時(世界時11時)の座標を計算すると、表2のようになります。以下、赤経・赤緯はすべて度の単位で計算しています。

なお、比例配分の計算は、例えば太陽の赤経は次のようにして求めます。

$$223.0879 + (224.0908 - 223.0879) \times \frac{11}{24} = 223.5476$$

表2 比例配分で最大食のころの太陽・月の座標を計算

日時(世界時)	太陽		月	
	赤経	赤緯	赤経	赤緯
11/8 0時	223.0879	-16.4969	37.8121	14.5656
11/9 0時	224.0908	-16.7858	50.2379	19.3322
11/8 11時	223.5476	-16.6294	43.5073	16.7503

理科年表には地球の影の座標は掲載されていません。しかしよくよく考えれば、地球の影の方向は、ちょうど太陽と反対側になります。そこで太陽の位置が分かれば、その反対の座標が、地球の影の座標になります。

図2を参照すると、地球の影の中心の座標は、赤経は太陽の赤経に180度足した(または引いた)値になり、赤緯は太陽の赤緯の正負を逆にした値にすればよいことが分かります。

よって、20時(世界時11時)の地球の影と、月の座標をまとめると、表3のようになります。

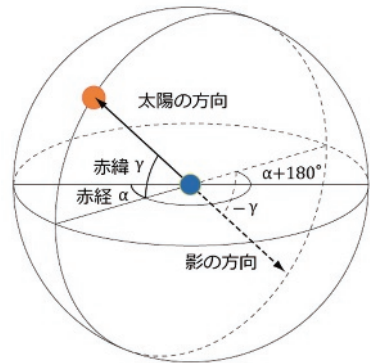


図2 地球の影の方向

表3 地球の影と月の座標

日時(日本時間)	地球の影		月	
	赤経	赤緯	赤経	赤緯
11/8 20時	43.5476	16.6294	43.5073	16.7503

表3を見ると、食の最大のあるところである日本時間の20時には、地球の影と月の座標は、かなり近い値になっています。ほぼ地球の影の方向に月が見えていることが分かります。図1のように地球の影の中を月が通過して行く様子を知るには、いろいろな時刻で地球の影と月の位置を計算し、地球の影に対する月の相対的な位置を計算すればよいことになります。

月食図の描画

ところで天球上の2点間の距離は、地球儀を見ても分かるように、経度の差が同じであっても、緯度によってその距離は異なります。そのため、地球の影と月の位置の差を知るためには、単純に赤経と赤緯の差を計算するのではなく、球面三角の式を使って計算する必要があります。この計算はかなりめんどろなもので、今回は横着をして、単純に赤経と赤緯の差を計算することにしました。

表4は、さらにいろいろな時刻において、地球の影と月の位置を計算し、月の赤経・赤緯の値から、地球の影の赤経・赤緯の値を引くことで、地球の影に対する月の位置の相対座標を計算した結果です。あとは、月と地球の影の見かけの大きさが分かれば、月食図を描くことができます。

月の見かけの大きさは、約0.5度です。また、地球の影の大きさは、2021年のうちゅう11月号で紹介したとおり、おおよそ1.4度(半径0.7度)になります。実際には太陽や月までの距離は変化するので、月や地球の影の見かけの大きさも変化しますが、今回はこの値を使用します。

こうして計算した地球の影と月の位置を図に描いてみると、図4のようになります。赤経の場合は、左側に行くほど値が大きくなるので、左が正の向きになります。

図1と比べると少しずれはありますが、地球の影の中を月が横切っていく様子が再現できました。今回の月食の始まりは18時8分、食の最大が19時59分、終わりは21時49分ですので、大きくは違っていません。

国立天文台のホームページには、太陽と月の座標、およびそれぞれの天体までの距離が、1時間ごとに掲載されています。これらの値を使えば、さらに正確な図を描くことが可能になりますので、興味のある方は挑戦してみてください。

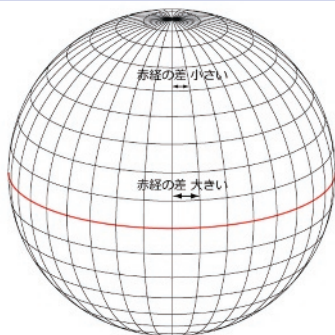


図3 球面上の2点間の距離の差

表4 月食時の地球の影と月の相対座標

日本時間	赤経の差	赤緯の差
18時	-0.9922	-0.2522
19時	-0.5163	-0.0657
20時	-0.0403	0.1209
21時	0.4356	0.3075
22時	0.9116	0.4941

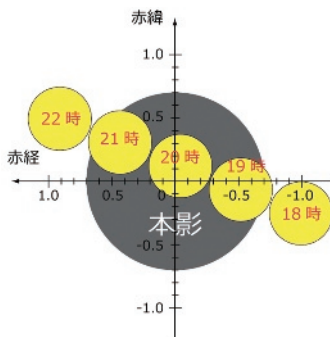


図4 地球の影に対する月の動き

江越 航(科学館学芸員)