

部分日食から月から地球までの距離を求める

村上優孝、畑田優馬、神山翔梧、小林勇輝、丸山健也(高専2年)
柄澤里映、嶋田百合奈、西澤彩花(高専1年)【長野高専天文部】

1. はじめに

2009年7月22日、日本で46年ぶりの皆既日食が起こり、全国各地で部分日食が観測された。長野高専天文部でも、部分日食を観測し、「食分の変化」や「月の移動角」などを食の開始から終了まで求めることができた。全国各地で観測された画像を見ると、同一時刻の画像でも撮影地によって月の位置がずいぶん異なって見える。これは、太陽を基準とした月の視差によるものだ。そこで、部分日食のアーカイブ・データを使って、長野と各地の視差から、月の距離を求めてみた。同時に、長野から見た月の単位時間あたりの移動角を検討し、月の見かけの動きは、地球が自転している効果を考慮する必要があることが判った。

2. 観測

長野高専天文部では、2009年7月22日、8時56分から12時26分まで補正データを含めて撮影した。望遠鏡は高橋FC102(D=102mm, f=800mm) 直焦、カメラはCanon EOS Xを使用した。図1は長野で10時00分と10時40分に撮影された画像を合成したものである。

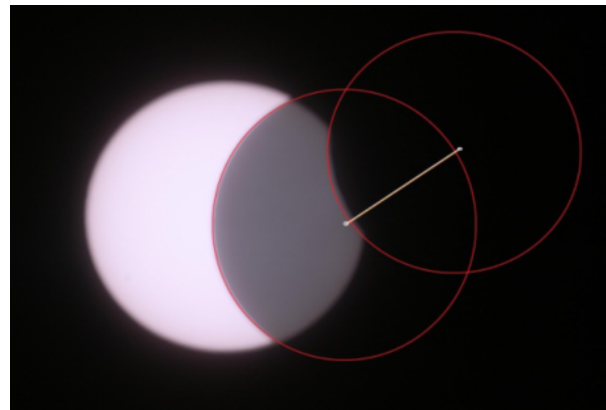


図1：異なる時刻の日食画像の合成

3. 月の視差から月と地球の距離を求める

図2のように、2点間の観測から月の視差が求まる。いま2点間の距離をLとすると、月までの距離Dは、 $D=(L/2) \div (\tan \theta/2)$ より求まる。ここでは長野高専と京都大学飛騨天文台で11時15分に撮影された画像解析の様子を図3に示す。

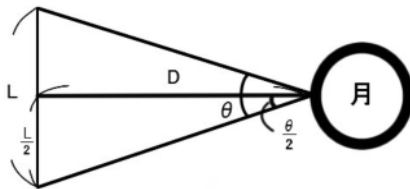


図2：三角測量

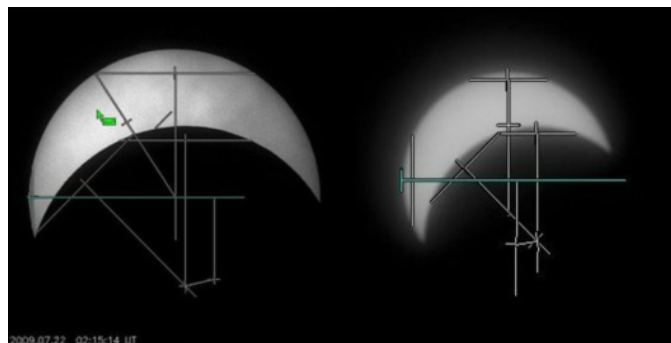


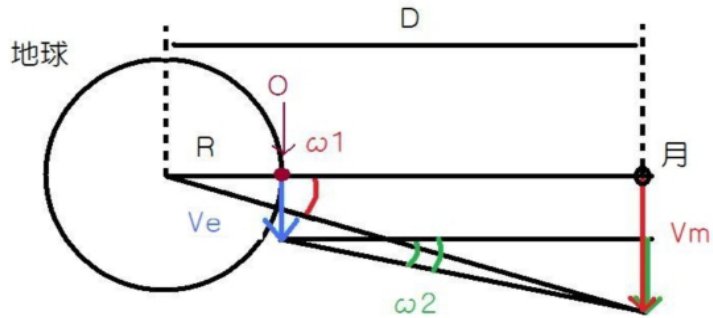
図3：視差解析の様子(左:飛騨,右:長野)

画像解析ソフト「マカリ」で測定。2点間の視差 $[\text{°}] = 0.0143\text{°}$
 長野高専と飛騨天文台の距離 $L = 95.598[\text{km}]$
 計算式により、地球表面から月までの距離 $D = 3.83 \times 10^5[\text{km}]$ となった。

4. 月の移動角から地球の自転を確認する

日食では、月が太陽に対して速度 V_m で移動しているが、観測者も速度 V_e で自転しているため、観測者 O から見た月の移動角速度 ω_2 は、地球中心から測った移動角速度 ω_1 より小さくなっている。この効果について検討してみよう。

右図は、月の速度 V_m と観測者の速度 V_e 、地球中心から観測者までの距離 R 、地球中心と月までの距離 D 、および ω_1 、 ω_2 の関係を図示したものである。この図より、 $V_m - V_e = \omega_2 \times (D - R)$ が成立する。



ここで、 $V_m = \omega_1 D$ を代入すれば、月までの距離 D が、 $D = (V_e - \omega_2 R) \div (\omega_1 - \omega_2)$ と求められる。

「マカリ」を使用して月の移動角を求めた。太陽の視直径を 0.5256° として、観測者 O での見かけの角速度 ω_2 を求め、 $\omega_2 = 1.67 \times 10^{-6} [\text{rad/s}]$ となった。
 月の公転周期 $T = 29.53$ 日として、 $\omega_1 = 2.46 \times 10^{-6} [\text{rad/s}]$ である。
 観測者 O の自転速度は緯度や太陽の位置や月の軌道角で補正が必要である。ここでは、 $V_e = 3.0 \times 10^2 [\text{m/s}]$ とした。
 地球中心から観測者までの距離 R をひとまず地球半径 $6.38 \times 10^6 [\text{m}]$ とした。
 これらの値より、地球から月までの距離 $D = 3.8 \times 10^5 [\text{km}]$ となった。

5. 議論とまとめ

2点間から見た視差の値から月までの距離を求めた。複数地点の観測でも、ほぼ同様な値になった。しかし、文献値とはまだ数%の誤差があり、この原因は月の中心の測定精度によると考えられる。今後、新たな観測点を増やすと共に、測定する回数を増やして精度を上げたい。

長野における月の移動角速度 ω_2 の測定より、地球の自転を無視した場合の月の移動角速度 ω_1 より3割ほど小さくなっていることが判った。すなわち、地球の自転が見えている。しかし、月までの距離を測定しようとする、 ω_2 と ω_1 の差が分母にあるので、 ω_2 の値が極わずかに違うだけで月までの距離が大きく変わってしまう。そのため、この方法で月までの距離を精度よく求めることは難しい。ほかの観測点でも、月の移動角速度を求めて、この方法での月までの距離測定の精度を上げたい。

参考文献

高校生天体観測ネットワーク編「Astro-HS 2009 観測ガイド」 p.15-p.18 (2009)