

デジタルカメラの部分日食写真から求める月までの距離の誤差要因と精度

ハートピア安八ジュニア天文倶楽部
伊藤 大朗 (中1) 【岐阜市立岐阜清流中学校】

要 旨

地球から遠い月までの距離の求め方に興味を持ち、部分日食の画像データによって視差を求め、地球から月までの距離を計算で求めた。2点観測によって得た観測値と天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」(以下ステラナビ)の値との差の要因を考えた。結果、撮影時刻に約14秒のずれがあったという結論に至った。

1. 目的

- 日食写真を使って、地球から月までの距離を計算で求める。
- 求めた値とステラナビの値との差の要因を考察する。

2. 部分日食の2点観測

2016年3月9日の部分日食を日本とタイの2点で撮影する。当初ハートピア安八天文台での観測を予定していたが、曇りのため観測ができず、牧野 亜紀氏撮影の画像(撮影地母島)をお借りした。タイでのデータは、タイ国立天文台(NARIT)の日食撮影キャンペーンでのHakam Chedo氏撮影の画像(撮影地タイパタニ県)を使用した。

3. 結果

日本とタイの同時刻の日食写真を、黒点と太陽中心を合わせて重ね、欠け際から月の輪郭、中心を作図し視差(中心距離)を求めた。(図1)

月から見たタイと日本の基線距離 t' (図2)を4,372kmとし、月からタイ日本の中間点までの距離(図2,3)を求めた。

a. 視差の算出 $\text{視差}(\text{°}) = \frac{\text{カメラの画角の半分}(\text{°})}{\text{写真の横半分のピクセル数}} \times \text{写真上の月の中心の視差}(\text{px}) = \frac{1.61}{2144\text{px}} \times 864.59 = 0.65^\circ$

b. 月までの距離 図3により次の2つの方法で距離を算出した。

月までの距離(円弧の比) $= \frac{(180 \times \text{基線})}{(\text{視差} \times 3.14159)} = 385,380\text{km}$

月までの距離(三角関数) $= \frac{\text{基線の半分}}{\sin(\text{視差の半分})} = 385,382\text{km}$

c. 地心距離 図2より地心距離を求めた。 389,140km

d. シミュレーション値

ステラナビで求めた2016年3月9日01:17(UCT)の地球月間の距離

測心距離(母島) = 355,800km、地心距離 = 360,900km

*有効数字を視差は2桁、距離は整数とした。

4. 考察

観測結果(3-c,3-d)では、約28,200km(7.8%)の差が生じた。そこで、次の5点に注目し差の原因の追究を行った。

- CMOS画角とJPGデータ解像度の照合：撮影カメラPENTAX K-rの仕様と撮影JPGデータを照合し問題なし。
 - 写真画角計算：計算で求めた画角と太陽の実像の大きさを比べ、問題なし。
 - 焦点画像からレンズ合成焦点距離の逆算：観測では、 $f=300\text{mm}$ 望遠レンズ+1.4倍テレプラス=420mm合成焦点距離
・レンズの合成焦点距離を太陽の実像の大きさから $\text{焦点距離} = \frac{\text{焦点像}(\text{mm})}{2 \tan(\text{視半径}^\circ)}$ を使って逆算した結果、 $\frac{3.95}{2 \tan(0.26)} = 421.7$
 - 観測2地点での太陽合成方法：黒点中心と太陽像中心のマッチング～視差測定で作図の精度
・図2に示した視差を求める作図を写真から20回行ったが視差は同じだった。
・日食時の太陽の視直径や月の視直径を観測写真から測定し、視差(x')を次のように求めた結果問題なし。
太陽 視直径($'$) : $x = \text{写真の太陽の直径}(\text{px}) : \text{写真上の2点観測の月の中心間の距離}(\text{px})$
 $32.2 : x = 717 : 858$ 、 $x = 38.53' \approx 0.64^\circ$
月 視直径($'$) : $x = \text{写真の月の直径}(\text{px}) : \text{写真上の2点観測の月の中心間の距離}(\text{px})$
 $33.4 : x = 743 : 858$ 、 $x = 38.56' \approx 0.64^\circ$
 - 日本、タイの観測2点間の基線距離：Earth Viewにより数度の再測定を行った結果問題なし。
- これらから、画角計算、作図方法(精度)、基線距離、視差逆算などの数値は、特筆すべき誤りがないという結論に達した。残る原因として考えられるのは、撮影の同時性である。

5. 結論

正確な撮影時刻の確証は得られず、約14秒のずれが月の地心距離の差、約28,200kmの原因と結論付けた。正確な距離算出には1秒以内での同時刻性が求められ、この時の距離の誤差範囲は $\pm 2,000\text{km}$ (約0.6%)と考えられる。

6. 参考文献および謝辞

Earth Viewサイト：<http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/Earth> NARITサイト：<http://narit.or.th>

使用ソフト：ステラナビゲータ((株)アストロアーツ)、画像処理ソフトpaint net

指導助言：ハートピア安八天文台 船越 浩海 天文台長

日食データ提供：画像を提供していただいた牧野 亜紀氏、Hakam Chedo氏にはこの場を借りてお礼申し上げます。

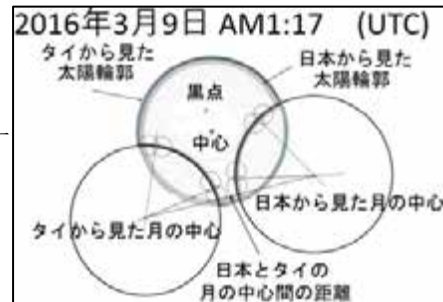


図1 重ねた写真から求める月の視差

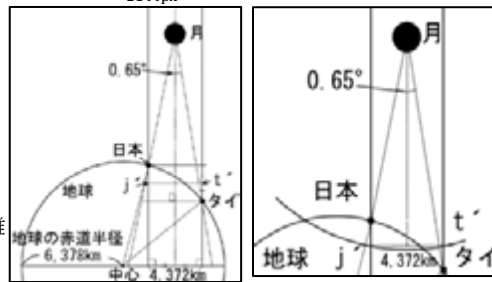


図2 月の距離と基線 図3 距離の算出図