

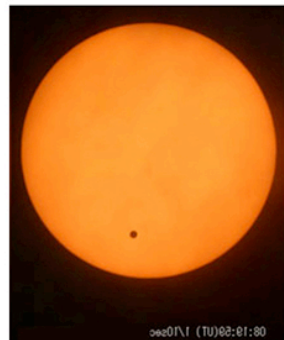
金星の太陽面通過により1天文単位を求める

東京工業大学工学部附属工業高等学校

(自由選択地学専攻) 機械科3年 足立 眞衣

2004年6月8日は、金星の太陽面通過が見られた日でした。東京では、14時11分から日没まで見られる予定でしたが、私たちは、天気あまり良くなく写真撮影はうまくいきませんでした。そこでWEBを探して「ASTROARTS」⁽¹⁾のホームページに出ていた金星の太陽面通過の投稿画像を使って1天文単位の距離を出しました。計算方法は、「LiveVenus2004」⁽²⁾を参考にしています。

使用した画像：



観測点A: ムテンツ 笠井潔氏撮影

観測点B: 米子 瀧本都夫氏撮影

写真1 撮像された画像

観測点A: 写真1左 ※画像の方向を修正(180°)

撮影者: 笠井 潔氏 撮影時刻: 8時20分 UT

撮影地: スイス ムテンツ (バーゼル近郊)

47° 31' 52"N, 7° 38' 06" E

観測点B: 写真1右

※掲載画像から8時19分59秒 UTを切り抜き、画像左右反転

撮影者: 瀧本 都夫氏 撮影時刻: 8時19分59秒 UT(1/10s)

撮影地: 鳥取県米子市

35° 30' 10.55" N, 133° 14' 27.40" E

結果と検討：

それぞれの観測点で他の時間に撮られた画像を一枚に重ね合わせたところ、一直線にはなっていないので、画像が回転していることが考えられた。

そこで画像の回転を修正した。当日は小さな黒点が出ていたが、画像からは検出できず、黒点により回転修正は行えないことがわかった。そこで次の方法を考えた。

天文シミュレータ(ステラナビゲータVer.5/アストロアーツ)で、当日の金星の移動方向の軌跡を描き(太陽位置固定・赤道座標表示・5°視野、写真4)、テンプレートを作る。正しい移動方向の直線上に乗るように、天文画像処理ソフト(すばる画像解析ソフトMakalii)で画像を回転させる。

その結果、観測点Aでは -17° または $+12^\circ$ の回転が該当し、観測点Bでは $+10^\circ$ の回転となった。修正画像を重ね合わせて再度計算を行った。その結果、観測点Aの $+12^\circ$ の画像では、結果の数値の桁数から違ってしまっているので、検討からはずした。

観測点Aの -17° 、観測点Bの $+10^\circ$ を重ね合わせたものが写真5である。

地球・金星・太陽の距離間の比は、金星の最大離角より求められ、金星-地球間が0.28天文単位(AU)、金星-太陽間が0.72AUである。

従って、 $A'B'/AB = 0.72/0.28$ である。

これより金星のずれの実際の長さは $A'B' = (0.72/0.28) \times AB$ [km] となる。

ムテンツ-米子間の距離ABは、観測点の緯度・経度より囲みの計算によって、

$AB = 8.44 \times 10^3$ [km]である。金星のずれの実際の長さは、

$$A'B' = 0.72 \times AB / 0.28 = 2.17 \times 10^4 \text{ [km]}$$

次に地球上の離れた2点(観測点A及びB)で同時刻に撮影された太陽の画像を重ね合わせ、その画像上での、金星の位置のずれ $a'b'$ と太陽の直径 d をはかる。

$D/A'B' = d/a'b'$ なので、実際の太陽直径は $D = (d \times A'B') / a'b'$ [km]

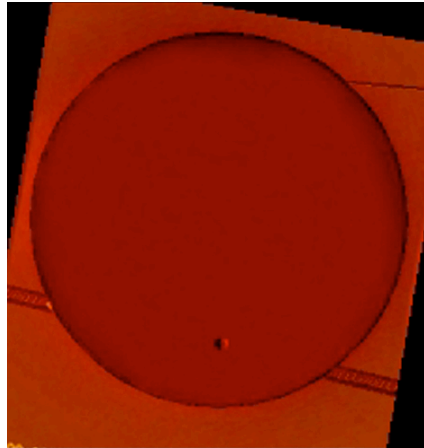


写真5

写真5の画像より、 $d=198.0$ pixel、 $a'b'=3.1$ pixelであったので、

$$D = 1.39 \times 10^6 \text{ [km]}$$

また、太陽の視直径は 0.516° であるので、 $\tan 0.516^\circ = D / (1 \text{ 天文単位})$ より $(1 \text{ 天文単位}) = D / \tan 0.516^\circ$ [km] であるから、

$$(1 \text{ 天文単位}) = 1.5 \times 10^8 \text{ [km]}$$

以上より、すでに知られている値に近い値が得られた。計算に用いた仮定条件を考慮すれば充分な値であるといえる。

※地球上の実際の2点間距離AB(ムテンツ-米子間の距離)の求め方

地球を球として仮定して、地球半径Rとして極半径と赤道半径の平均値を使用。

$$R=6367 (=6.4 \times 10^3) \text{ [km]}$$

47° Nでの極軸からの半径：

$$R'=R \cos 47^\circ = 4656 \text{ [km]}$$

(47° N, 7° E : ムテンツ) - (47° N, 133° E) の直線距離

$$X=2R' \sin(127^\circ / 2) = 8334 \text{ [km]}$$

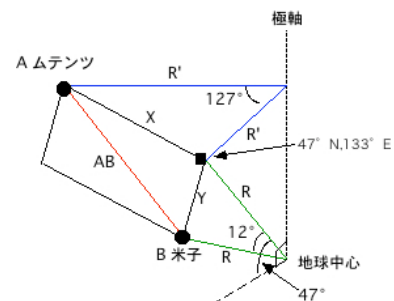
(47° N, 133° E) - (35° N, 133° E : 米子) の直線距離

$$Y=2R \sin(12^\circ / 2) = 1331 \text{ [km]}$$

以上より、(ムテンツ-米子間の距離)は

$$AB = \sqrt{X^2 + Y^2} = 8440 = 8.44 \times 10^3 \text{ [km]}$$

この方法は、仮定条件により有効数字は2桁となる。



謝辞：

使用を許して下さっただけでなく、詳しいデータをいただき、画像が撮れなかったのに1天文単位をもとめることができました。写真を撮影された笠井 潔様、瀧本 郁夫様に感謝致します。

参考：

- (1) ASTROARTS 【投稿画像集 3】 6月8日 金星の日面通過
http://www.astroarts.co.jp/news/2004/06/09transit_venus/index-j.shtml
- (2) Live! Venus2004
<http://www.live-universe.org/lv2004/>