

太陽観察 365 日

伊賀正夫

2012 年 12 月 8 日

太陽面写真をもとに太陽の自転軸の向きと地球軌道の離心率を調べました。

太陽面動画 木村さんが 2012 年 1 月から 10 月までの太陽面動画を「西ふれあいまつり」のために作られました [1]。画面水平方向が天球上の東西方向に平行で左側が東、画面上下方向が天球上の南北方向に平行で上側が北です。この動画を見ますと黒点は東から西へと太陽の自転に伴い移動しています。詳しくは、極わずかですが 1 月から 5 月にかけて太陽の南極は地球の方向を向いています。6 月上旬以降 12 月初めまでは、反対に太陽の北極は地球の方向を向いています。6 月上旬と 12 月上旬はほぼ直線上を西に移動しています。自転軸は 1 月はほぼ南北方向ですが徐々に西に傾きはじめ 4 月上旬に最も西に傾き、その後再び南北方向に戻ります。7 月上旬を過ぎますと東側に傾くようになり、10 月上旬に最も東に傾きます。地球から見ると太陽の自転軸はこのように 1 年を周期とした変化をしています。また、動画からはわかりませんが太陽の大きさが季節と共に変化しています。1 月上旬に太陽半径は画像上で 341 ピクセル、7 月上旬は 328 ピクセルくらいです。

2012 年の太陽 Website 上にある CalSky[2] などによると 2012 年の太陽に関する諸数値は次のとおりです (時刻は日本時)。

1. 2012 年 03 月 20 日 14 時 14 分、春分 (太陽黄経 000° 、赤緯 $00^{\circ}00'$)
2. 2012 年 06 月 21 日 08 時 09 分、夏至 (太陽黄経 090° 、赤緯 $+23^{\circ}26'$)
3. 2012 年 09 月 22 日 23 時 49 分、秋分 (太陽黄経 180° 、赤緯 $00^{\circ}00'$)
4. 2012 年 12 月 21 日 20 時 12 分、冬至 (太陽黄経 270° 、赤緯 $-23^{\circ}26'$)
5. 2012 年 04 月 07 日 21 時ころ自転軸の方位角は $333.73 (-26.27)^{\circ}$ になり、最も西に傾く。(太陽黄経 $018^{\circ}04'$)
6. 2012 年 10 月 09 日 21 時ころ自転軸の方位角は 26.27° になり、最も東に傾く。(太陽黄経 $197^{\circ}06'$)
7. 2012 年 06 月 06 日 15 時ころ日面中央緯度が 0° になり、以後プラスに転じる。(太陽黄経 $075^{\circ}56'$)
8. 2012 年 12 月 08 日 001 時ころ日面中央緯度が 0° になり、以後マイナスに転じる。(太陽黄経 $255^{\circ}55'$)

9. 前年 12 月上旬と翌年 6 月上旬の間日 (2012 年 03 月 06 日 21 時ころ) に日面中央緯度が極小値 -7.25° となる。(太陽黄経 $345^\circ 49'$)
10. 06 月上旬と 12 月上旬の間日 (2012 年 09 月 08 日 21 時ころ) に日面中央緯度が極大値 $+7.25^\circ$ となる。(太陽黄経 $164^\circ 47'$)
11. 2012 年 01 月 05 日 09 時 32 分地球が近日点を通過 (0.983284AU)
12. 2012 年 07 月 05 日 12 時 32 分地球が遠日点を通過 (1.016675AU)

ここで太陽黄経は地球の中心から見た太陽の黄経です。また日心黄経は太陽から見た地球 (惑星) の黄経です。

地球の自転軸の向き 上記 1. ~ 4. より、夏至の日に北半球で南中時の太陽高度が最も高く、冬至の日に最も低くなります。これらにより地球の自転軸は日心黄経 $270^\circ (= 090 + 180)$ の方向に傾いていることがわかります。

また、5. と 6. から、太陽の自転軸は 06 月 06 日の地球と 12 月 08 日の地球を結ぶ線分と直交する方向にあります。太陽の北極点は 9 月上旬に最も地球側に傾き、地球から見て太陽の北極地方がよく見えます。反対に、3 月上旬に太陽に南極点が最も地球の方向に向きます。これらのことから、太陽自転軸の日心黄経は $075^\circ 56' + 90^\circ + 180^\circ = 345^\circ 56'$ の方向に傾いていることがわかります。

太陽の自転軸の向き 7. と 8. から、太陽の赤道面と黄道面が 7.25° の角度をなすこと、太陽の自転軸は黄道の極から 7.25° 離れたところ (黄緯 $+82.75^\circ$) にあるがわかります。このことはすでにシャイナーが解明していただいた [3]。

これで太陽の自転軸の向きは黄経 $345^\circ 56'$ 、黄緯 $+82^\circ 45'$ であることがわかります。

黄道座標系から赤道座標系に換算 黄道座標系 (黄経 LAM 、黄緯 BET) から赤道座標系 (赤経 RA 、赤緯 DEC) に変換します [4]。

$$\sin DEC = \cos OBL \sin BET + \sin OBL \cos BET \sin LAM \quad (1)$$

$$\sin RA \cos DEC = -\sin OBL \sin BET + \cos OBL \cos BET \sin LAM \quad (2)$$

$$\cos RA \cos DEC = \cos BET \cos LAM \quad (3)$$

黄道傾斜角 $OBL = 23^\circ 26'$ (2012.5) とします。式 (2) を式 (3) で割ると、

$$\tan RA = \frac{-\sin OBL \sin BET + \cos OBL \cos BET \sin LAM}{\cos BET \cos LAM} \quad (4)$$

式 (1) に $OBL = 23^\circ 26'$ 、 $LAM = 345^\circ 49'$ 、 $BET = 82^\circ 45'$ を代入すると、

$$\sin DEC = \cos 23^\circ 26' \sin 82^\circ 45' + \sin 23^\circ 26' \cos 82^\circ 45' \sin 345^\circ 49' = 0.8979 \quad (5)$$

$DEC = 63.88^\circ$ となり、太陽自転軸の向きは赤緯 $DEC = +63.88^\circ = 63^\circ 52.8'$ となります。

式 (4) に $OBL = 23^\circ 26'$ 、 $LAM = 345^\circ 49'$ 、 $BET = 82^\circ 45'$ を代入すると、

$$\tan RA = \frac{-\sin 23^\circ 26' \sin 82^\circ 45' + \cos 23^\circ 26' \cos 82^\circ 45' \sin 345^\circ 49'}{\cos 82^\circ 45' \cos 345^\circ 49'} = -3.4562 \quad (6)$$

$RA = -73.86^\circ$ となります。ここで、

$$\text{if } LAM \geq 0 \text{ and } LAM \leq 90 \text{ then } RA = RA$$

$$\text{if } LAM \geq 90 \text{ and } LAM \leq 270 \text{ then } RA = RA + 180$$

$$\text{if } LAM \geq 270 \text{ and } LAM \leq 360 \text{ then } RA = RA + 360$$

の条件に当てはめると、

$$RA = RA + 360 = -73.86 + 360 = 286.14^\circ = 19\text{h}04.56\text{m} \quad (7)$$

と太陽自転軸の方向が求められます。詳しい値は

赤経 $19\text{h}03.8\text{m}$ 、赤緯 $+63^\circ 58'$ [5] や 赤経 286.13° 、赤緯 $+63.78^\circ$ [6] などです。

地球軌道の離心率 太陽面経緯度写真は友柚さんのソフト SunImageProcess で作成しました [7]。このソフトでは太陽像の半径が表示されます。前出の値のとおり最大値は1月上旬の $D = 341$ ピクセル、最小値は7月上旬の $d = 328$ ピクセルです。この太陽像の半径をもとに地球軌道の離心率 e を求めます。近日点距離を q 、遠日点距離を Q 、太陽-地球間の平均距離を a とすると、

$$q = a(1 - e) \quad Q = a(1 + e) \quad \frac{Q}{q} = \frac{a(1 + e)}{a(1 - e)} \quad (8)$$

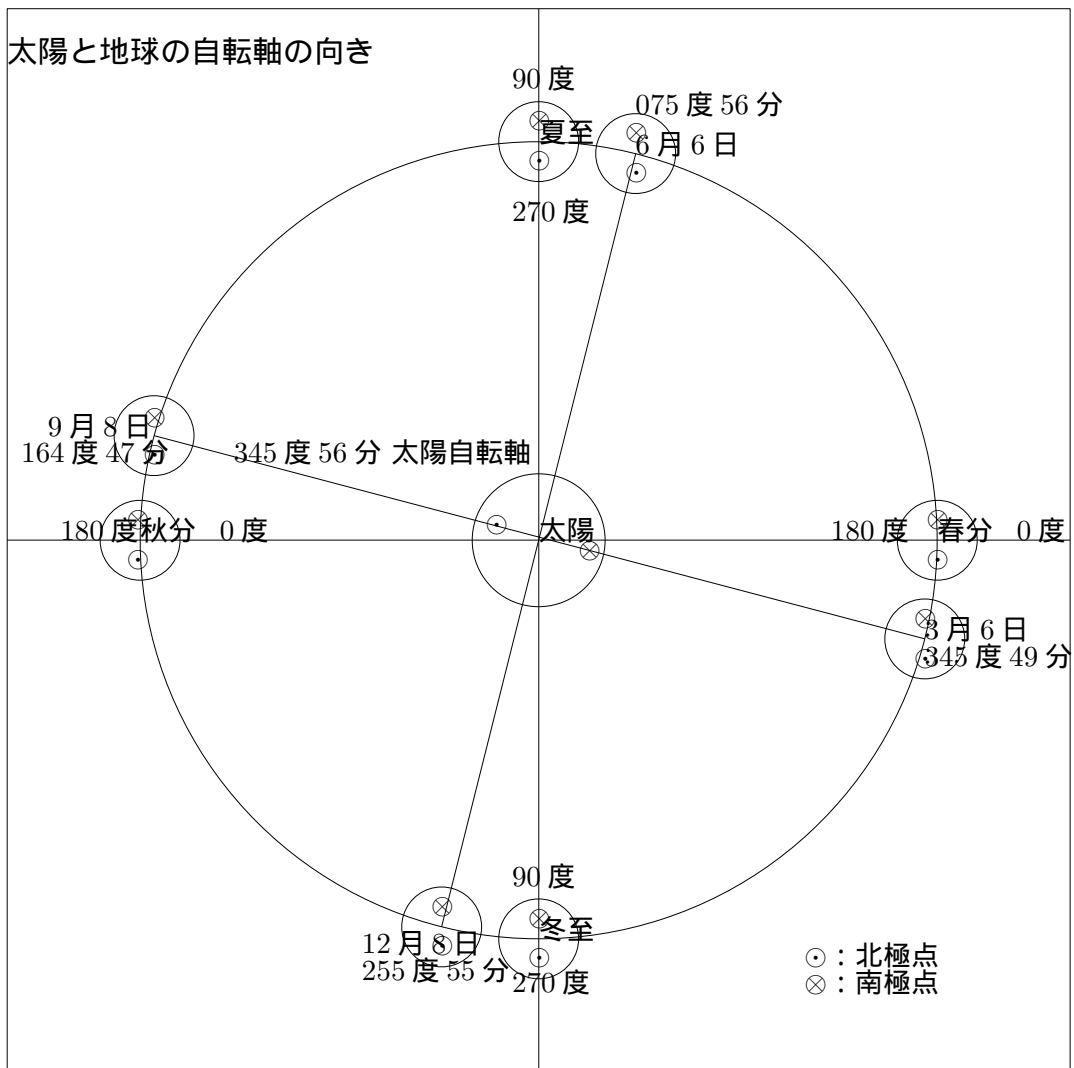
太陽像の半径は太陽-地球間の距離に反比例しますので、

$$\frac{d}{D} = \frac{Q}{q} = \frac{a(1 + e)}{a(1 - e)} \quad e = \frac{D - d}{D + d} = \frac{341 - 328}{341 + 328} = 0.0194 \quad (9)$$

と 0.01670 より 16% ほど大きい値になりました。近日点距離 q と遠日点距離 Q は、

$$q = 1(1 - 0.0194) = 0.981 \quad Q = 1(1 + 0.0194) = 1.0194$$

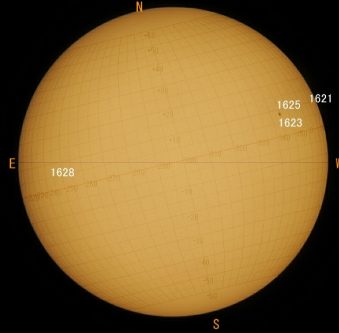
となります。単位は天文単位 ($A = 1.49597870 \times 10^{11}\text{m}$) です [8]。



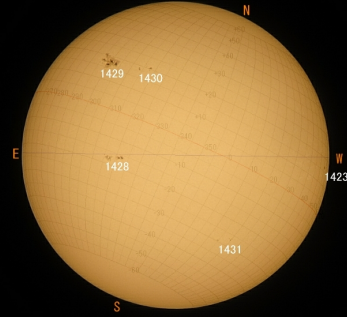
参考文献

- [1] 東亜天文学会名古屋支部 http://zetta.jpn.ph/oa_nagoya/
- [2] CalSky <http://www.calsky.com/>
- [3] 斉藤国治「古天文学」(恒星社厚生閣,1989) pp.85-86
- [4] <http://www.astro.umontreal.ca/~paulchar/grps/site/images/scheiner.2.html>
- [5] 「天文観測年表 2005 年版」(地人書館,2004) p.195
- [6] (Axial tilt/Wikipedia、NASA,J2000)http://en.wikipedia.org/wiki/Axial_tilt
- [7] ようこそ友由工房へ <http://www7a.biglobe.ne.jp/~tomoyu/>
- [8] 「天文年鑑 2012」(誠文堂新光社,2011) p.190

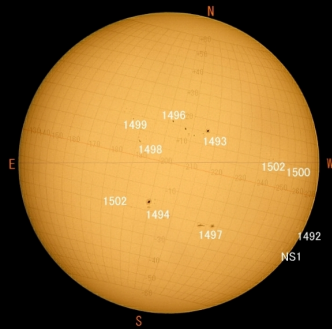
2012/12/07 09:21
 MJD = 56268.01
 P = 13.53
 Bo = 0.08
 Lo = 296.17



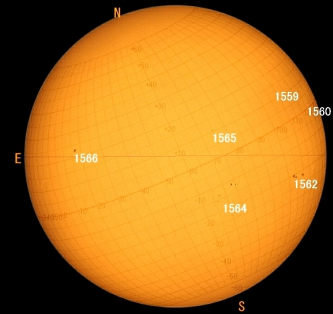
2012/03/06 09:32
 MJD = 55992.02
 P = -22.79
 Bo = -7.25
 Lo = 341.51



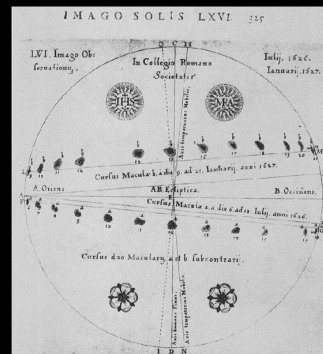
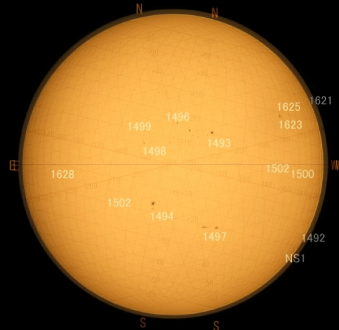
2012/06/06 02:08
 MJD = 56084.21
 P = -13.28
 Bo = 0.00
 Lo = 203.89



2012/09/07 07:22
 MJD = 56176.93
 P = 22.54
 Bo = 7.25
 Lo = 57.53



2012/12/07 09:21
 MJD = 56268.01
 P = 13.53
 Bo = 0.08
 Lo = 296.17



2012年の太陽とSheinerの説明