

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

第三名

040504

暈頭轉向——揭開太陽自轉的面紗

國立屏東女子高級中學

作者姓名：

高二 洪嘉妤 高二 黃怡雯 高二 鄒佳諭

指導老師：

鍾文淨 陳哲成

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：地球科學

組別：高中組

作品名稱：暈頭轉向－揭開太陽自轉的面紗

關鍵詞：太陽黑子、自轉軸、恆星週期

編號：

目錄

壹、摘要	1
貳、動機	1
參、目的	1
肆、器材及設備	1
伍、研究原理及過程	1
陸、結果	6
柒、討論	14
捌、結論	16
玖、未來展望	16
拾、參考資料	16
附錄一、照片編號說明	17
附錄二、黑子編號說明	18
附錄三、方位夾角圖片	19

壹、摘要

本研究主要是利用數位相機所拍攝的照片，以電腦應用軟體 Photo Impact、Math PS 處理影像並讀取黑子座標，先找出將近十個月中太陽自轉軸與地球自轉軸夾角的變化，結果與天文年鑑的數據相當符合、最大偏角約 26 度，顯示此方法對於自轉軸方位角的測量相當精準。藉此進一步求得的太陽自轉軸傾角及太陽自轉方向和週期，發現太陽自轉方向與地球公轉方向一致；自轉軸亦非垂直黃道面，而是約在九月時其北極傾向地球的角度最大且在二月左右時背離地球的角度最大；太陽赤道附近自轉的恆星週期約 24.9 天、會合週期約 26.9 天。

貳、動機

基礎地球科學課本中介紹太陽系的成員時，均曾提到九大行星的自轉週期及自轉軸傾斜角度，對於太陽系的大家長太陽卻只是輕描淡寫的說自轉週期約 27 天，並未提及太陽自轉軸的相關資料。既然太陽也會自轉，太陽自轉軸是否也是傾斜的呢？課本只說明可利用投影法紀錄太陽黑子來估算出太陽的自轉週期，利用投影法紀錄黑子要又快又準需受專業訓練，否則人為誤差很大，所以我們改以數位相機紀錄，除了較精準估算太陽自轉週期外，還可進一步**模擬黑子移動軌跡曲線**、估計太陽自轉軸相對於地球自轉軸的傾斜角度及變化。

參、目的

- 一.藉由觀察黑子在太陽盤面上移動的軌跡及方向找出太陽自轉軸角度變化的原因。
- 二.藉由觀察黑子在太陽盤面上移動的角速度，來推算出太陽自轉週期

肆、器材及設備:

望遠鏡(直徑 8 公分、折射式)、太陽濾鏡、數位相機(Nikon4500)、電腦應用軟體 Word、Photo Impact、Excel、Nikon View、Math PS

伍、研究原理與過程

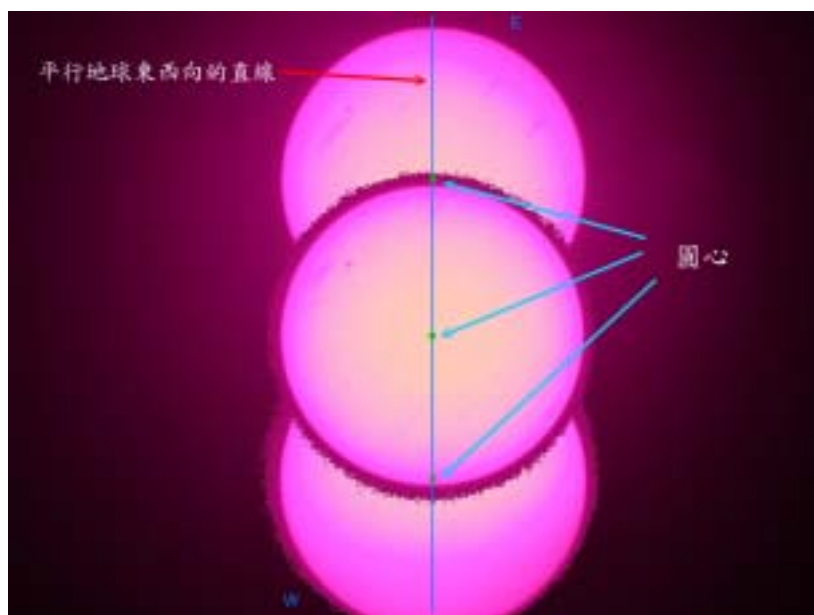
- 一.拍攝太陽影像，器材裝設如圖一



二.決定太陽自轉軸方位之步驟

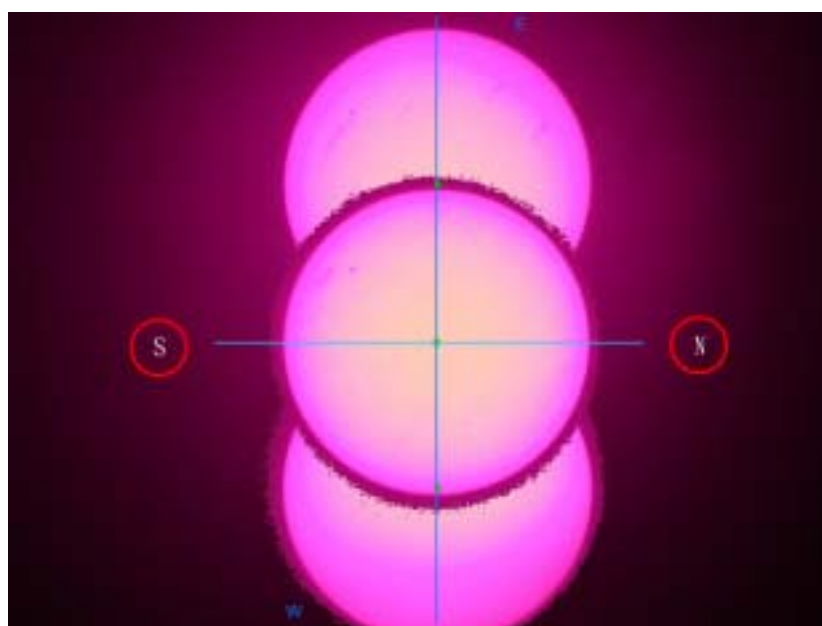
- (一) 定出照片中地球的東西方向：因為地球自轉效應，在地球上所觀測星體移動的路徑都是由東向西，所以我們將望遠鏡朝固定方向拍攝太陽而不追蹤，太陽影像會在視野中移動，其移動之方向就是東西向。如圖二、三所示：

圖二

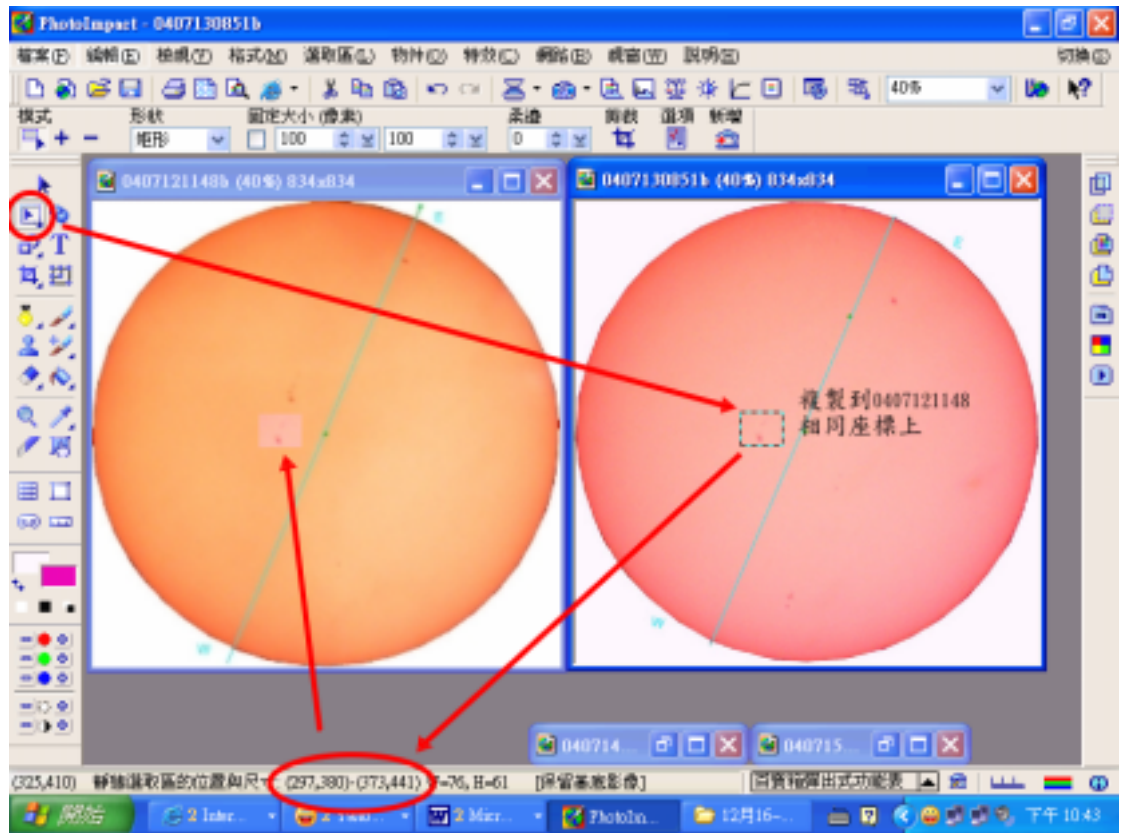


- (二) 找出照片中地球的南北向：做上圖太陽盤面東西向之垂直平分線，此線即為地球之南北向。由於拍攝太陽是朝向天上拍攝，南北方向會與地面標示的方位相反，其原理同星座盤上的方位。

圖三



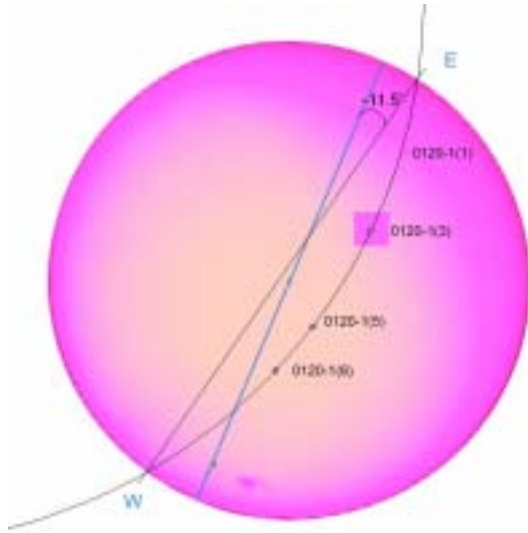
(三) 重疊不同日期之太陽影像以便紀錄黑子位置變化：利用電腦軟體「Photo Impact」將同一顆黑子不同日期出現的位置，讀取座標後置於同一張太陽盤面圖中，說明如圖四：



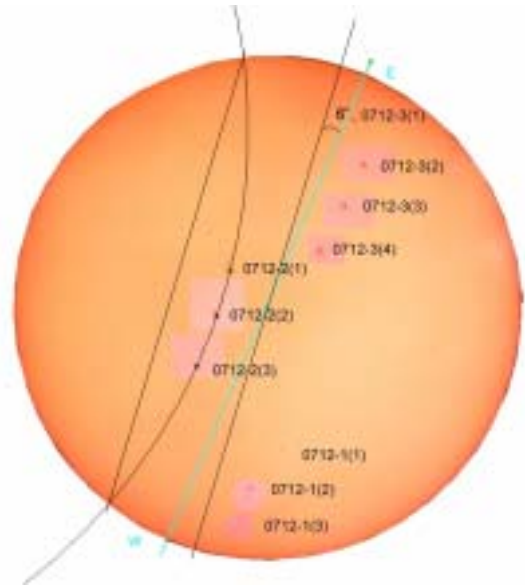
圖四

(四) 利用同一黑子在不同日期移動方向決定太陽的自轉方向：黑子移動主要是太陽自轉造成，其移動之軌跡應是平行太陽赤道且垂直太陽自轉軸。由於太陽是球體而拍攝影像為球體的平面投影，所以影像中的黑子移動軌跡大都呈曲線狀，所以要找出太陽東西向不能由黑子軌跡上的任一切線求得，我們利用 Math PS 找到符合黑子軌跡之圓弧，改以用太陽盤面邊線與軌跡圓弧相交的兩點連線表示太陽的東西向，過程如圖五。

(五) 決定太陽自轉軸與地球自轉軸方位夾角：因為自轉軸（南北向）一定垂直緯度線（東西向），因此可以影像中太陽的東西向與地球的東西向夾角代替。利用 Photo Impact 工具中旋轉角度的功能，計算兩者的角度差。如圖六



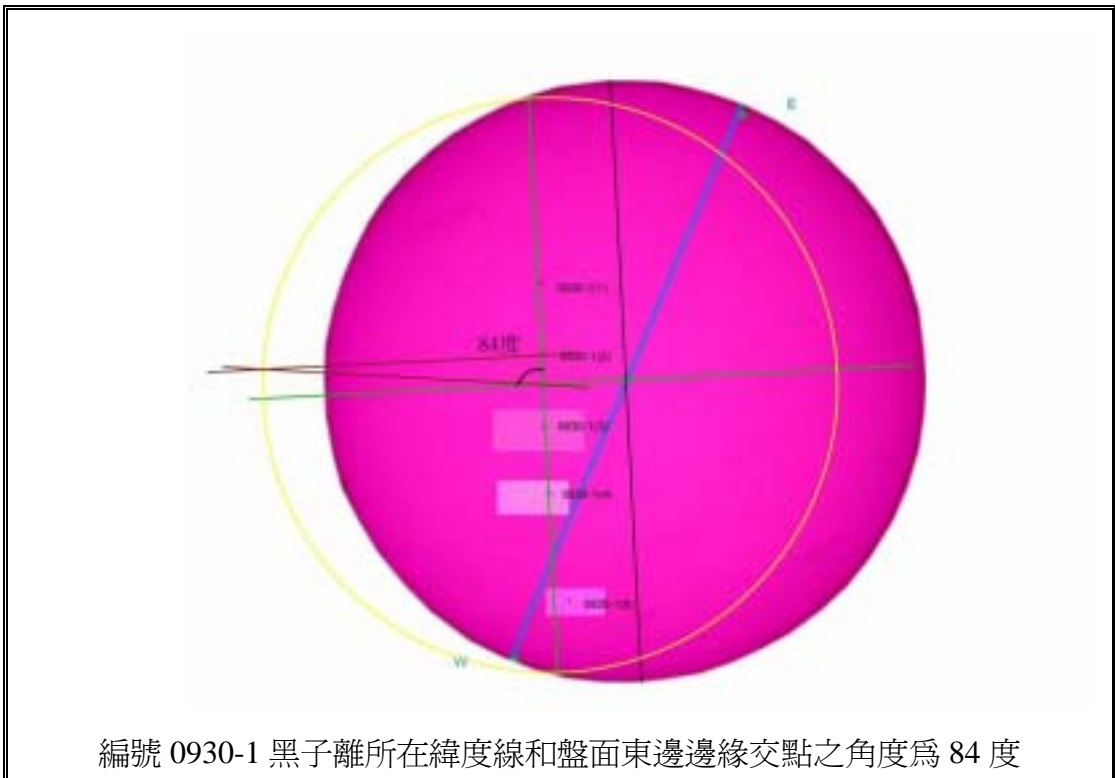
圖五

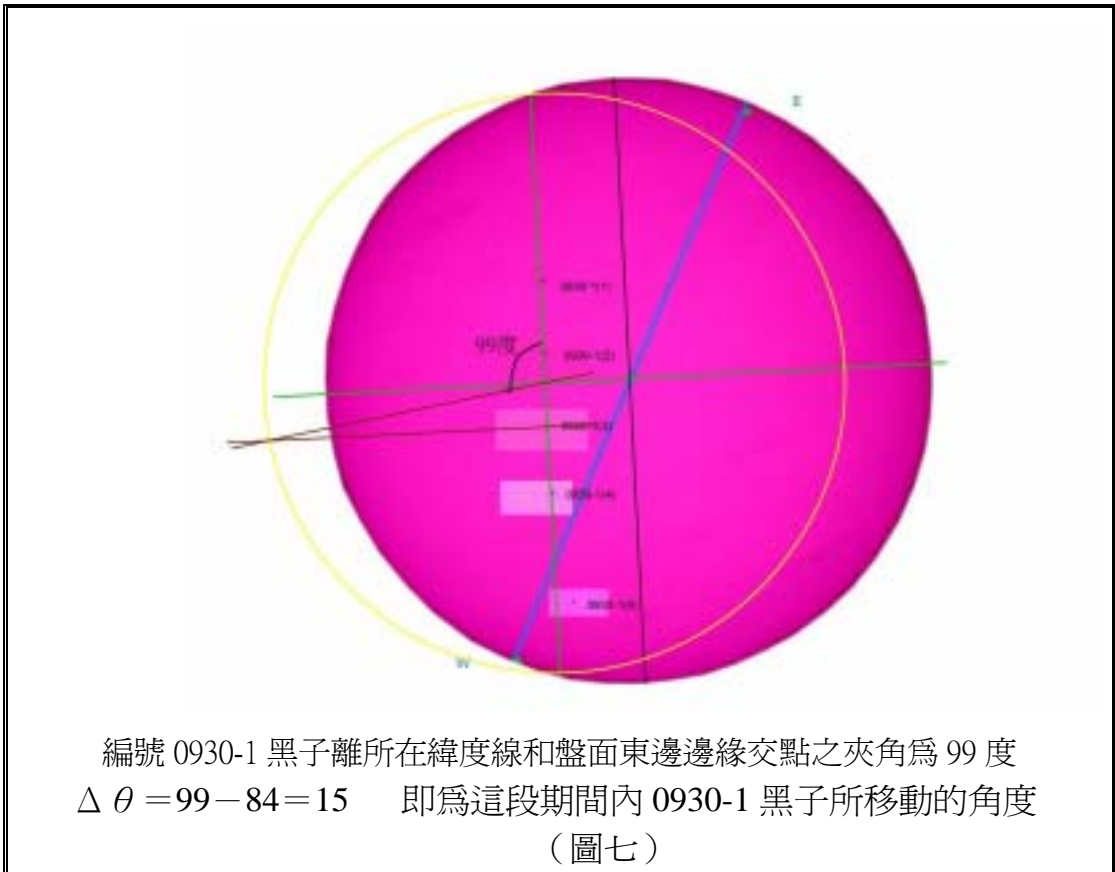


圖六

三.計算太陽自轉週期

(一) 利用 Photo Impact 量同一顆黑子在某間隔時間中移動的角度 ($\Delta \theta$)，步驟舉例如下圖 (圖七)





(二) 辨認會合週期與恆星週期的不同意義

1. 以 360 度除以攝影像中黑子某期間移動的角度，所代表的是太陽的自轉與地球公轉的**會合週期**，並非太陽自轉的真正週期，太陽自轉一周（360 度）所花的時間為太陽自轉的**恆星週期**。

2. 如何得知太陽自轉的恆星週期

如果太陽的自轉方向與地球的公轉**方向一致**，則太陽黑子因自轉移動的角度比從影像中測量的角度大，兩者角度的差異是由同時期地球繞太陽公轉造成。已知地球繞太陽公轉的恆星週期是 365.2564 天，假設太陽自轉**恆星週期**為 T_0 、從地球上觀測黑子的**會合週期**為 T_s ，則可得下列關係式：

$$360 / T_0 - 360 / T_s = 360 / 365.2564$$

得知 $T_0 = 365.2564 T_s / (365.2564 + T_s)$

如果太陽的自轉方向與地球的公轉**方向相反**，三者關係式為

$$360 / T_0 + 360 / 365.2564 = 360 / T_s$$

得知 $T_0 = 365.2564 T_s / (365.2564 - T_s)$

陸、結果

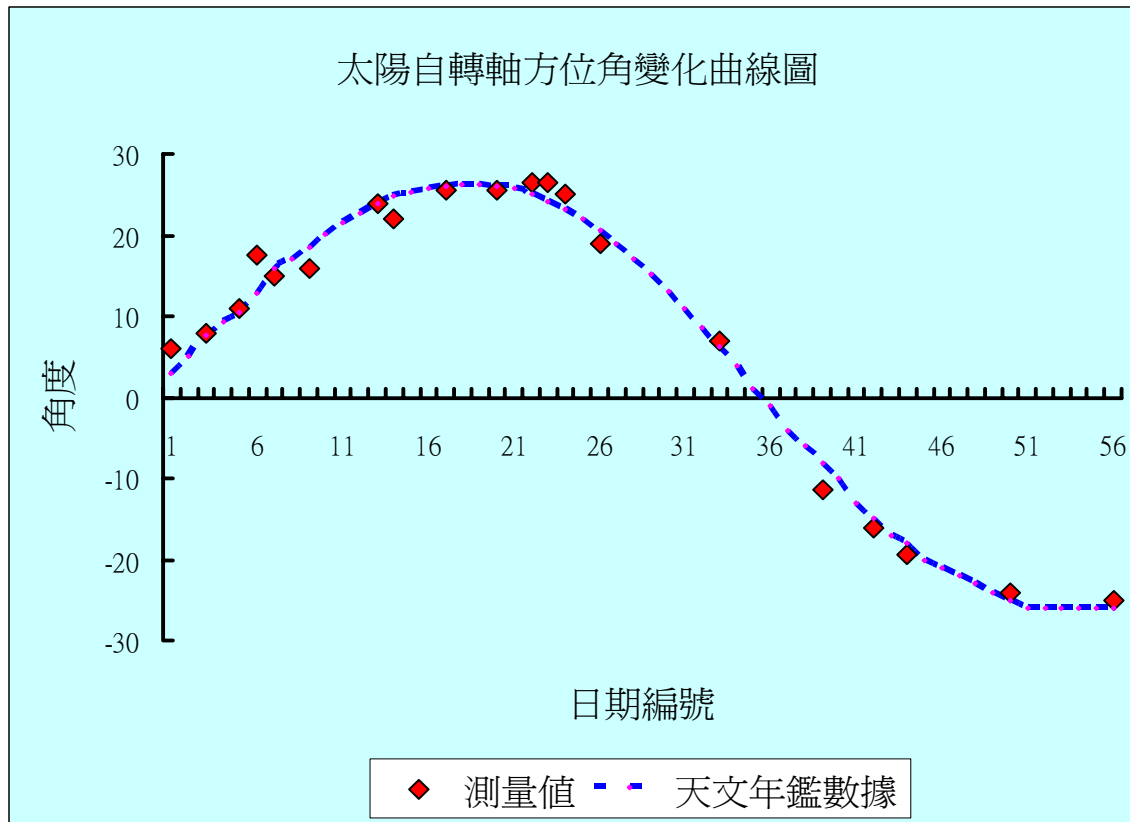
一.太陽自轉軸方位變化(表一)

編號	日期	本研究測量之數據	天文年鑑數據
1	7/11~7/15	6	2.9
2	7/16~7/20		5
3	7/23~7/25	8	7.7
4	7/26~7/30		9.3
5	7/30~8/1	11	10.5
6	8/5~8/7	16	12.9
7	8/12~8/15	15	15.9
8	8/16~8/20		17.1
9	8/21~8/23	16	18.4
10	8/26~8/30		20.1
11	9/1~9/5		21.6
12	9/6~9/10		22.8
13	9/12~9/14	24	23.8
14	9/16~9/25	22	24.9
15	9/20~9/25		25.3
16	9/26~9/30		25.8
17	9/30~10/5	25.5	26.1
18	10/6~10/10		26.3
19	10/11~10/15		26.3
20	10/16~10/21	25.5	26
21	10/21~10/25		25.7
22	10/28~10/30	26.5	25
23	11/1~11/5	26.5	24.1
24	11/4~11/9	25	23.1
25	11/11~11/15		21.9
26	11/17~11/19	19	20.5
27	11/21~11/25		18.9
28	11/25~11/28		17.1

29	12/1~12/5		15.2
30	12/9~12/10		13.1
31	12/11~12/15		11
32	12/16~12/20		8.7
33	12/20~12/27	7	6.3
34	12/25~12/31		3.9
35	1/1~1/5		1
36	1/6~1/10		-1
37	1/11~1/15		-4
38	1/16~1/20		-6
39	1/20~1/25	-11.5	-8
40	1/26~1/31		-10
42	2/1~2/5		-13
43	2/6~2/10	-16	-15
44	2/11~2/14		-17
45	2/15~2/17	-19.5	-18
46	2/21~2/25		-20
47	2/26~2/28		-21
48	3/1~3/5		-22
49	3/6~3/10		-23
50	3/11~3/13		-24
51	3/14~3/17	-24	-25
52	3/21~3/25		-26
53	3/26~3/31		-26
54	4/1~4/5		-26
55	4/6~4/10		-26
56	4/11~4/15		-26
57	4/16~4/20	-25	-26

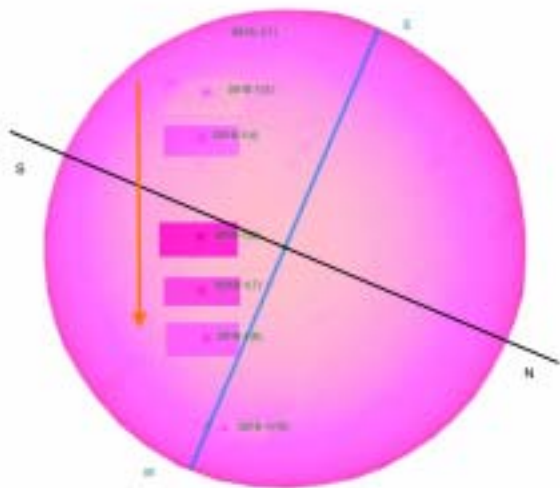
註：「+」表向東偏；「-」表向西偏；

表中角度代表太陽自轉軸北極與地球自轉軸北方之角度差

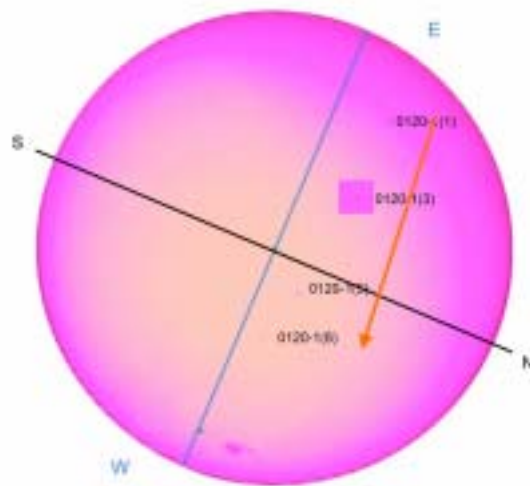


(圖八) 太陽自轉軸與地球北方夾角隨日期變化關係圖

二.黑子位置隨時間之變化軌跡，如圖九、十所示，箭頭代表黑子移動的方向，看出黑子由東向西移動，從北極看為逆時鐘方向，與地球繞太陽公轉的方向一致。



圖九



圖十

三.太陽自轉週期結果如表二：

T：觀察時刻(中原標準時) ΔT ：間隔時間

θ ：太陽盤面上黑子與東方之逆時鐘方向夾角

$\Delta \theta$ ：間隔時間中黑子移動的角度

T_s ：會合週期、 $T_s=360 \times \Delta T / \Delta \theta$

T_0 ：恆星週期、 $T_0=T_s \times 365.2564 / (T_s+365.2564)$

黑子編號	日期(年月日)	T	ΔT (天)	θ	$\Delta \theta$	T_s	T_0
0712-1	2004/7/12	11:48		328.5			
0712-2	2004/7/12	11:48		84			
	2004/7/13	08:51	0.8771	95.5	11.5	27.5	25.5
0712-3	2004/7/12	11:48		325.5			
	2004/7/13	08:51	0.8771	314	11.5	27.5	25.5
	2004/7/14	09:33	1.0292	300.5	13.5	27.4	25.5
	2004/7/15	10:13	1.0278	284	16.5	22.4	21.1
0714-1	2004/7/14	09:33		105			
	2004/7/15	10:13	1.0278	120	15	24.7	23.1
0723-1	2004/7/23	08:29		270			
	2004/7/24	08:21	0.9944	257	13	27.5	25.6
	2004/7/25	11:25	1.1278	242.5	14.5	28.0	26.0
0723-2	2004/7/23	08:29		272			
	2004/7/24	08:21	0.9944	261	11	32.5	29.9
	2004/7/25	11:25	1.1278	246	15	27.1	25.2
0730-1	2004/7/30	10:27		261.5			
	2004/7/31	09:30	0.9604	249	12.5	27.7	25.7
	2004/8/1	10:24	1.0389	234.5	14.5	25.8	24.1
0730-2	2004/7/30	10:27		270			
	2004/7/31	09:30	0.9604	257.5	12.5	27.7	25.7
	2004/8/1	10:24	1.0389	244	13.5	27.7	25.8
0805-1	2004/8/5	10:16		94			
	2004/8/6	10:11	0.9965	110	16	22.4	21.1
	2004/8/7	09:19	0.9639	124	14	24.8	23.2
0805-1	2004/8/5	10:16		88			
	2004/8/6	10:11	0.9965	105	17	21.1	20.0
	2004/8/7	09:19	0.9639	118.5	13.5	25.7	24.0
0809-1	2004/8/9	10:23		48			
	2004/8/10	07:50	0.8938	63	15	21.5	20.3
	2004/8/12	10:14	2.1000	95	32	23.6	22.2
	2004/8/14	07:52	1.9431	129	34	20.6	19.5

0809-2	2004/8/9	10:23		45			
	2004/8/10	07:50	0.8938	59	14	23.0	21.6
	2004/8/12	10:14	2.1000	91	32	23.6	22.2
	2004/8/14	07:52	1.9431	121	30	23.3	21.9
0809-3	2004/8/9	10:23		41.5			
	2004/8/10	07:50	0.8938	54	12.5	25.7	24.0
	2004/8/12	10:14	2.1000	83.5	29.5	25.6	23.9
	2004/8/14	07:52	1.9431	113.5	30	23.3	21.9
	2004/8/15	11:44	1.1611	128.5	15	27.9	25.9
0814-1	2004/8/14	07:52		115.5			
	2004/8/15	11:44	1.1611	130.5	15	27.9	25.9
0815-1	2004/8/15	11:44		132.5			
0815-2	2004/8/15	11:44		136.5			
0821-1	2004/8/21	09:04		328.5			
	2004/8/22	10:10	1.0458	314	14.5	26.0	24.2
	2004/8/23	07:55	0.9063	303.5	10.5	31.1	28.6
0821-2	2004/8/21	09:04		250			
	2004/8/22	10:10	1.0458	237	13	29.0	26.8
	2004/8/23	07:55	0.9063	225	12	27.2	25.3
0906-1	2004/9/6	08:02		69			
	2004/9/7	08:08	1.0042	83.5	14.5	24.9	23.3
0912-1	2004/9/12	09:39		43			
	2004/9/13	08:02	0.9743	55	12	29.2	27.1
	2004/9/14	07:52	0.9931	69.5	14.5	24.7	23.1
0913-1	2004/9/13	08:02		49			
	2004/9/14	07:52	0.9931	63	14	25.5	23.9
0916-1	2004/9/16	07:57		17.5			
	2004/9/18	09:14	2.0535	45	27.5	26.9	25.0
	2004/9/19	09:07	0.9951	59.5	14.5	24.7	23.1
	2004/9/21	08:03	1.9208	87.5	28	24.7	23.1
	2004/9/22	07:58	0.9965	102	14.5	24.7	23.2
	2004/9/23	07:58	1.0000	115.5	13.5	26.7	24.9
	2004/9/25	09:05	2.0535	144.5	29	25.5	23.8
0930-1	2004/9/30	07:54		68.5			
	2004/10/1	07:55	1.0007	84	15.5	23.2	21.9
	2004/10/2	09:11	1.0528	99	15	25.3	23.6
	2004/10/3	09:07	0.9972	113	14	25.6	24.0
	2004/10/5	07:57	1.9514	138	25	28.1	26.1

1016-1	2004/10/16	09:01		52.5			
	2004/10/17	09:06	1.0035	65.5	13	27.8	25.8
	2004/10/18	08:07	0.9590	79.5	14	24.7	23.1
	2004/10/19	07:58	0.9938	93.5	14	25.6	23.9
	2004/10/20	08:05	1.0049	107	13.5	26.8	25.0
	2004/10/21	07:55	0.9931	121.5	14.5	24.7	23.1
1023-1	2004/10/23	09:09		92.5			
	2004/10/24	08:20	0.9660	106	13.5	25.8	24.1
1023-2	2004/10/23	09:09		305			
	2004/10/24	08:20	0.9660	293.5	11.5	30.2	27.9
1023-3	2004/10/23	09:09		308.5			
	2004/10/24	08:20	0.9660	297.5	11	31.6	29.1
1023-4	2004/10/23	09:09		314.5			
	2004/10/24	08:20	0.9660	303.5	11	31.6	29.1
1028-1	2004/10/28	08:05		241			
	2004/10/29	08:03	0.9986	227	14	25.7	24.0
	2004/10/30	08:23	1.0139	215.5	11.5	31.7	29.2
1028-2	2004/10/28	08:05		264.5			
	2004/10/29	08:03	0.9986	251.5	13	27.7	25.7
	2004/10/30	08:23	1.0139	239	12.5	29.2	27.0
1028-3	2004/10/28	08:05		79			
	2004/10/29	08:03	0.9986	92.5	13.5	26.6	24.8
	2004/10/30	08:23	1.0403	105.5	13	28.8	26.7
1028-4	2004/10/28	08:05		281.5			
	2004/10/29	08:03	0.9986	267	14.5	24.8	23.2
	2004/10/30	08:23	1.0403	252.5	14.5	25.8	24.1
1029-1	2004/10/29	08:03		31			
	2004/10/30	08:23	0.9986	44.5	13.5	26.6	24.8
	2004/10/31	09:26	1.0403	60	15.5	24.2	22.7
	2004/11/1	07:54	0.9361	75	15	22.5	21.2
	2004/11/2	07:59	1.0035	91	16	22.6	21.3
	2004/11/4	08:04	2.0035	117	26	27.7	25.8
	2004/11/6	09:26	2.0569	146.5	29.5	25.1	23.5
1029-2	2004/10/29	08:03		20			
	2004/10/30	08:23	0.9986	32.5	12.5	28.8	26.7
	2004/10/31	09:26	1.0403	47.5	15	25.0	23.4
	2004/11/1	07:54	0.9361	61.5	14	24.1	22.6
	2004/11/6	09:26	5.0646	131.5	70	26.0	24.3

1104-1	2004/11/4	08:04		298			
	2004/11/6	09:26	2.0569	268	30	24.7	23.1
	2004/11/8	07:59	1.9396	241	27	25.9	24.2
	2004/11/9	08:04	1.0035	226.5	14.5	24.9	23.3
	2004/11/10	07:59	0.9965	212	14.5	24.7	23.2
1104-2	2004/11/4	08:04		302			
	2004/11/6	09:26	2.0569	274.5	27.5	26.9	25.1
	2004/11/8	07:59	1.9396	247	27.5	25.4	23.7
	2004/11/10	07:59	2.0000	222.5	24.5	29.4	27.2
1117-1	2004/11/17	07:55		85			
	2004/11/18	07:58	1.0021	99	14	25.8	24.1
	2004/11/19	07:52	0.9958	112.5	13.5	26.6	24.8
1220-1	2004/12/20	07:53		46			
	2004/12/21	08:16	1.0160	60	14	26.1	24.4
	2004/12/22	08:09	1.0111	75	15	24.3	22.8
	2004/12/25	09:06	3.0396	117	42	26.1	24.3
	2004/12/26	09:09	1.0021	130	13	27.8	25.8
	2004/12/27	07:52	0.9465	145	15	22.7	21.4
0120-1	2005/1/20	11:07		316.5			
	2005/1/22	09:54	1.9493	290.5	26	27.0	25.1
	2005/1/24	09:49	1.9965	264.5	26	27.6	25.7
0122-1	2005/1/22	09:54		229.5			
	2005/1/24	09:49	1.9965	203	26.5	27.1	25.2
0207-1	2005/2/7	09 : 30		43.5			
	2005/2/8	09 : 11	0.9868	58	14.5	24.5	23.0
	2005/2/10	09 : 15	2.0028	84	26	27.7	25.8
	2005/2/11	09 : 17	1.0014	95.5	11.5	31.3	28.9
	2005/2/12	09 : 52	1.0243	108.5	13	28.4	26.3
0211-1	2005/2/15	07 : 58		103.5			
	2005/2/16	07 : 52	0.9958	116.5	13	27.6	25.6
	2005/2/17	07 : 52	1.0000	130	13.5	26.7	24.9
0211-2	2005/2/13	10 : 40		61			
	2005/2/14	08 : 29	0.9090	72.5	11.5	28.5	26.4
	2005/2/15	07 : 58	0.9785	86	13.5	26.1	24.4
0211-3	2005/2/14	08 : 29		56.5			
	2005/2/15	07 : 58	0.9785	70	13.5	26.1	24.4
	2005/2/16	07 : 52	0.9958	84	14	25.6	23.9
	2005/2/17	07 : 52	1.0000	96.5	12.5	28.8	26.7

四.個別黑子得到之太陽自轉週期平均值一覽表(表三)

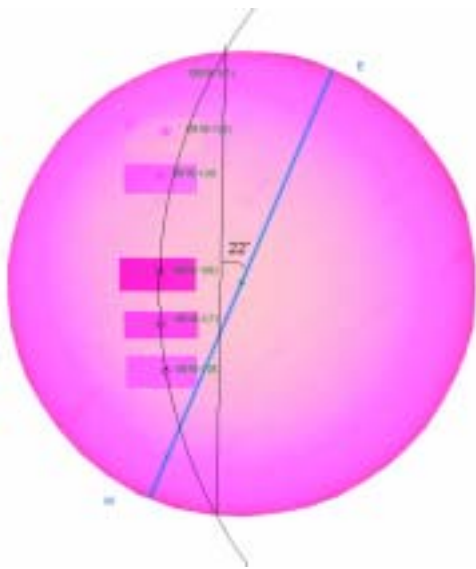
黑子編號	會合週期	恆星週期
*0712-2	27.5±0	25.5±0
0712-3	25.8±3.4	24.2±3.1
*0714-1	27.4±0	23.1±0
0723-1	27.8±0.3	25.8±0.2
0723-2	29.8±2.7	27.6±2.4
0730-1	26.8±1.0	24.9±0.8
0730-2	27.7±0	25.8±0
0805-1	23.5±2.4	22.1±2.1
0809-1	21.9±1.7	20.8±1.4
0809-2	23.3±0.3	21.9±0.3
0809-3	25.6±2.3	23.9±2
*0814-1	27.9±0	25.9±0
0821-1	28.6±2.6	25.5±2.2
0821-2	28.1±0.9	26.1±0.8
*0906-1	24.9±0	23.3±0
0912-1	27.0±2.3	25.1±2
*0913-1	25.5±0	23.9±0
0916-1	25.5±1.4	23.9±1.1
0930-1	25.6±2.5	23.9±2
1016-1	25.9±1.9	24.1±1.7
*1023-1	25.8±0	24.1±0
*1023-2	30.2±0	27.9±0
*1023-3	31.6±0	29.1±0
*1023-4	31.6±0	29.1±0
1028-1	28.7±3	26.6±2.6
1028-2	28.5±0.8	26.4±0.7
1028-3	27.7±1.1	25.8±1.0
1028-4	25.3±0.5	23.7±0.5
1029-1	24.8±2.9	23.2±2.6
1029-2	26.0±2.8	24.3±2.4
1104-1	25.1±0.8	23.5±0.7
1104-2	27.2±2.2	25.3±1.9
1117-1	26.2±0.4	24.5±0.4

1220-1	25.9±1.9	23.7±1.7
0120-1	27.3±0.3	25.4±0.3
*0122-1	27.1±0	25.2±0
0207-1	28.0±3.3	26.0±2.9
0211-1	27.2±0.5	25.7±0.4
0211-2	27.3±1.2	25.4±1
0211-3	26.8±2	25.0±1.8
總平均	26.9	24.9

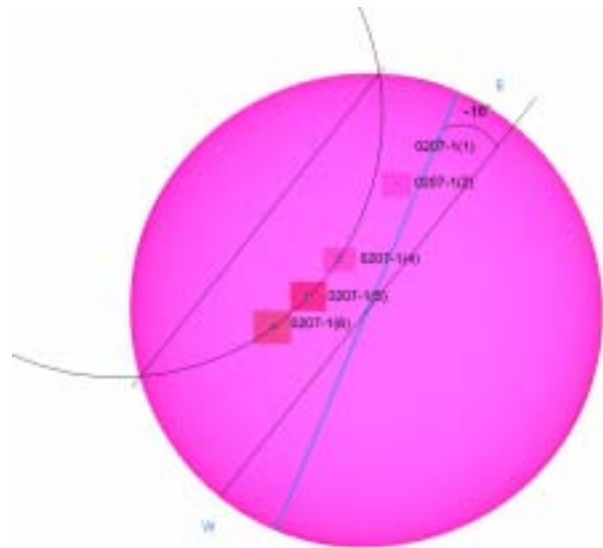
註：加「*」之黑子數據僅有一個故無平均值和誤差值
「±」後之數字表誤差值，以同一黑子數據和其平均值之**最大差值**表示

柒、討論

- 一. 根據圖八結果顯示，從地球觀測太陽自轉軸方位角在偏東或偏西 ± 26 度之間擺盪，角度差異最大時出現在十月，推估 0 度出現在七月初及一月初，十月剛好藉於兩個最小值月份的中間，而兩個發生最小值的月份恰好差半年，也就是說這段期間地球剛好繞太陽公轉半圈，角度的大小變化與地球繞太陽公轉時的位置有關。因此，我們認為造成太陽自轉軸與地球自轉軸的夾角變化的原因是地球繞太陽公轉時，從不同的位置觀察太陽，當地球的位置公轉到太陽自轉軸與地球自轉軸位於同一平面時夾角為 0 度，經過三個月後夾角會增加到 26 度。
- 二. 已知地球自轉軸與黃道面的法線夾 23.5 度，而測量到太陽自轉軸和地球自轉軸間最大的夾角是 26 度，顯示太陽自轉軸與黃道面的法線間存在至少 2.5 度的夾角，也就是說太陽的自轉軸也是傾斜的。
- 三. 觀察同一顆黑子行經太陽盤面之軌跡，有時有比較明顯的彎曲，表示此時太陽自轉軸有朝向觀測者或遠離觀測者之傾斜。我們可定義太陽自轉軸之位態：若相對於地球觀測者北極比南極更靠近地球稱做前傾，反之則稱後傾。圖十一結果顯示九月期間都是太陽北極比較傾向地球，而二月期間黑子軌跡顯示太陽自轉軸是後傾的（圖十二）。我們也嘗試用同樣方法找出其他月份太陽自轉軸之位態，但是結果並不明顯，我們推測原因可能是太陽自轉軸傾角不大，而我們的研究方法只能在接近傾角最大的期間才能判斷其位態，根據天文年鑑數據太陽最大傾角是 7.2 度，這說明本方法適用於判斷傾角大於或等於 7.2 度時之星體位態。



(圖十一) 九月黑子軌跡



(圖十二) 二月黑子軌跡

四.黑子的產生是此處溫度比光球層平均溫度低而光度較暗所致，所在位置相當於太陽磁力線進出光球層表面之地方，假設太陽黑子本身沒有經向及緯向的移動，則太陽盤面上黑子隨時間的位移就是太陽自轉所造成，而且移動的軌跡應與太陽的緯度線平行。本研究所得結果（表三）顯示太陽自轉的恆星週期平均是 24.9 天、會合週期是 26.9 天，恆星週期比教科書提及的 27 天略小，會合週期則很接近教科書的數據。我們推測有下列幾種可能：

- （一）本研究觀測期間的太陽黑子軌跡很接近太陽赤道，從文獻中得知太陽有較差自轉的現象，**緯度較低部分的自轉速度較快**，所以我們得到較小的週期。如果我們能取得較高緯度的黑子資料，比較高低緯度黑子週期的差異，就可驗證這種可能差異。
- （二）**黑子本身也會移動**，如果黑子移動的方向與太陽自轉的方向一致，我們就會得到較大的自轉速率。我們從部份影像中確實發現到有些大型黑子會裂成兩個或多個較小黑子、某兩個黑子之間的距離有改變，顯示黑子的確會自移，如果能知道黑子自移的方向和速率，扣除這個影響後就可以得到更精準的自轉週期數據，這是我們**還要努力的地方**。
- （三）教科書中並未說明 27 天這個數字是如何得到的，也許 27 天是指赤道附近黑子的會合週期；或根據出現在中緯度黑子位置變化所得到的恆星週期；也可能是將各種不同緯度的恆星週期平均之後的參考值。無論是上述哪一種方式所得數據皆會比本研究的平均值高。

五.在測量黑子移動角度時，我們將應用軟體的最小角度單位設定為 0.5 度，這表示我們所讀取的數據會有 0.5 度範圍的估計值，兩個數據之間加減運算後會有約 1 度的誤差範圍。因此兩個黑子所在的角度差異越大時（即同一顆黑子移動間隔時間越久），計算得到的週期誤差範圍相對就會比較小。本研究黑子移動角度平均值為 17.5 度，所以存在 5.7%的誤差。

捌、結論

- 一.從太陽盤面上的黑子位置隨時間由東向西移動的現象，得知太陽自轉的方向和地球相同、即從北極上空看為逆時鐘方向運轉。
- 二.從地球上觀察，太陽自轉軸與地球自轉軸夾角並非固定不變，而是會向東或西偏 0~26 度，在一月初及七月初時夾角為 0 度，四月及十月夾角最大約 26 度，造成的原因是太陽自轉軸與黃道面法線存在至少 2.5 度的差異，兩星體間自轉軸夾角變化是由於地球繞太陽公轉時在不同位置觀測到的相對夾角不同。
- 三.2004 年 7 月到 2005 年 4 月期間太陽自轉軸位態的變化為 9 及 2 月份時北極面向地球傾斜角度最大，其中太陽自轉軸在 9 月的位態為前傾、在 2 月的位態為後傾。
- 四.2004 年 7 月到 2005 年 3 月期間黑子出現位置接近太陽盤面赤道，赤道附近太陽自轉恆星週期約 24.9 天，會合週期約 26.9 天。

玖、未來展望

經過九個多月來的觀測意外發現有些黑子會裂成兩個甚至數個較小的黑子，而且分裂的黑子彼此間距離也會隨時間而有所改變，這種現象雖會增加我們研究太陽自轉速率的誤差，卻也引起我們的好奇：此種分裂現象是否有規則性？是否意味著太陽內部磁力線分布正進行某種變化？如果能找出變化規律，不但能得到更精確的太陽自轉週期，對於太陽黑子的演化歷程也能有更進一步的認識。

拾、參考資料

- 一.劉步林，數學在天文學中之運用，凡異出版社，p30，83 年
- 二.王執明，高中基礎地球科學，龍騰文化事業公司，p160~p167，92 年
- 三.王執明，高中地球科學下冊，龍騰文化事業公司，p34~p64，92 年
- 四.天文年鑑，台北市立天文科學教育館

附錄一照片編號說明：

1.以國曆的“年-月-日-時-分”的順序來編號(用台灣時間及 24 小時制)

例如：2004 年 7 月 23 號 10 點 58 分照的照片編號為 0407231058

2.拍攝時三張為一套，其中最先照的那一張是 a，第二張是 b，第三張是 c。a、b 或 c 則接在編號後面以便分辨。

例如：一套

2004 年 7 月 23 號 10 點 58 分 → 0407231058a

2004 年 7 月 23 號 10 點 59 分 → 0407231059b

2004 年 7 月 23 號 11 點 00 分 → 0407231100c

3.重疊時，我們將最清楚的那一張圖片放在最上層。

若 a 最清楚，則 a、b、c 三張重疊並畫出東西方向的那一張圖編號為“年-月-日-時-分(a)bc”；若 b 最清楚，則編號為“年-月-日-時-分 a(b)c”；同樣的，若 c 最清楚，則編號為“年-月-日-時-分 ab(c)”。

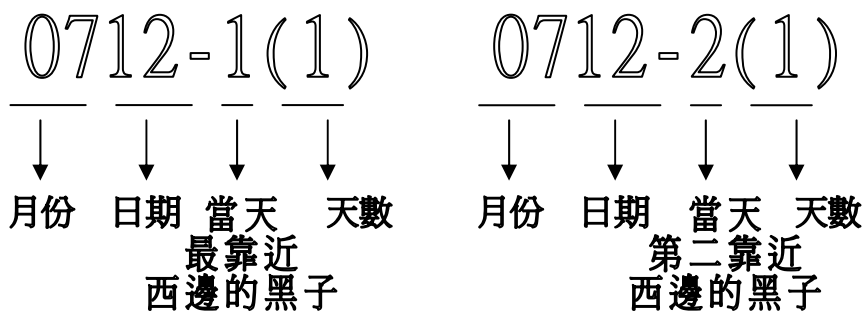
(例如：7 月 23 日以 a 最清楚，我們把 a 疊在最上層。所以 7 月 23 日 a、b、c 三張重疊並畫出地球東西方向後的那一張圖稱為 0407231058(a)bc；若 b 最清楚則 7/23)

4. 因以 7 月 12 的圖 0407121148a(b)c 所圈選、割下的太陽(b)為其他的圖之基準，故稱之為“0407121148(b)basis”。英文字“basis”有基礎之意。

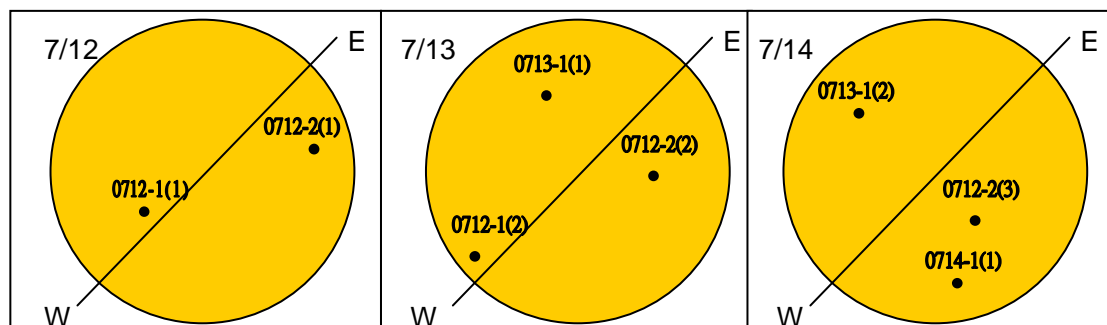
5.因圖經過旋轉及調整大小的步驟，故以英文字“rotate”(旋轉)及“size”(尺寸)縮寫 rs 作為辨識此類圖片的標示。

附錄二 黑子編號說明

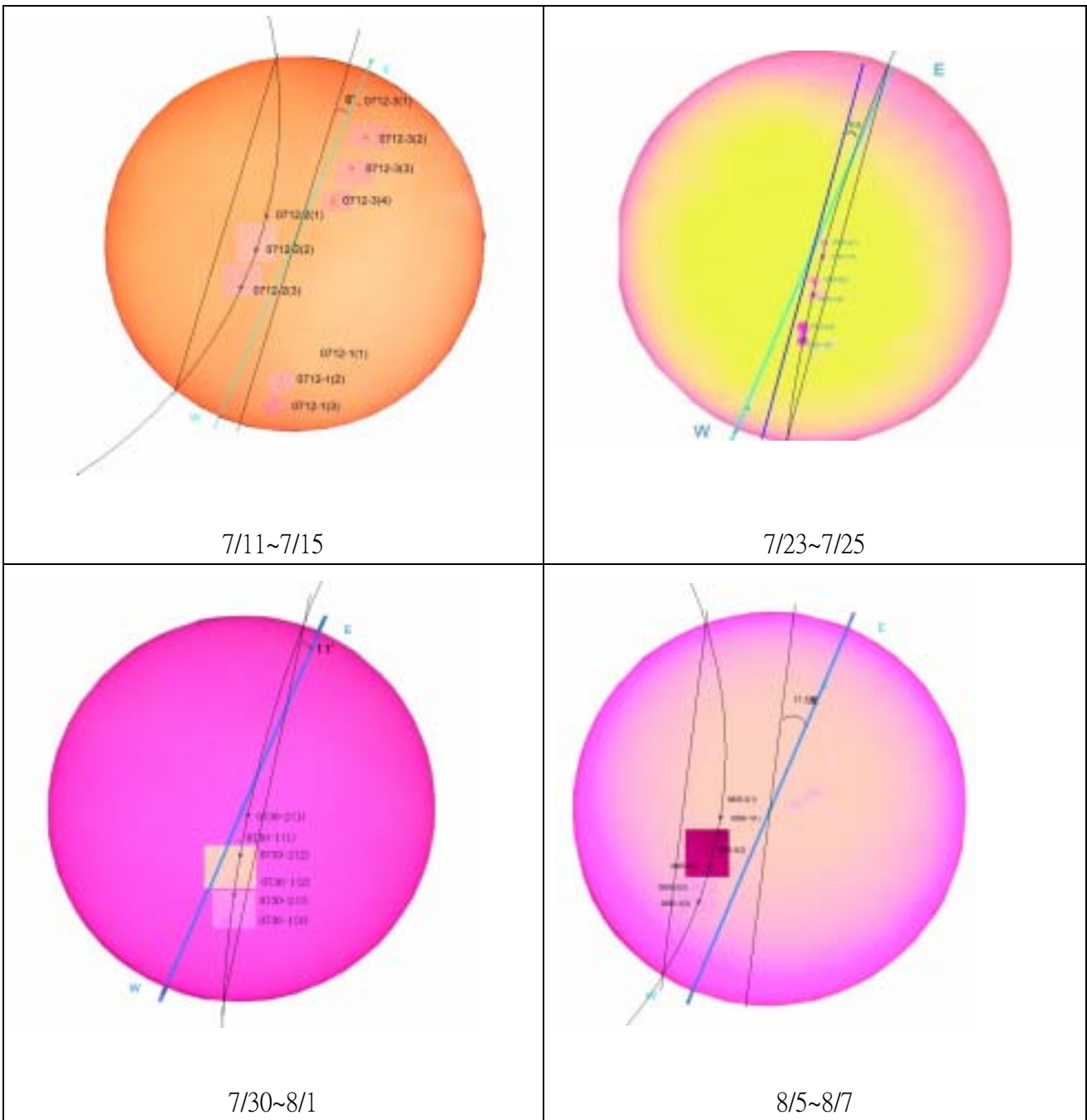
一顆黑子只有一個編號，且一天以盤面西邊的黑子先編號：舉例說明如下

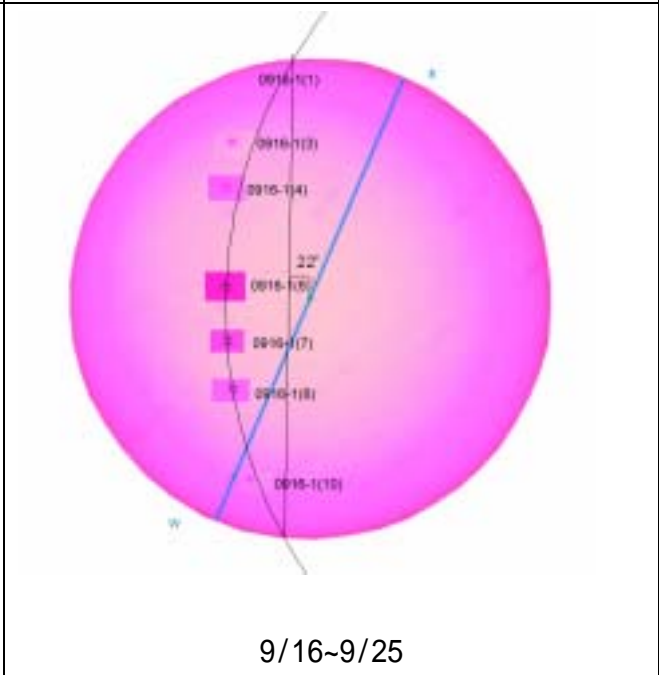
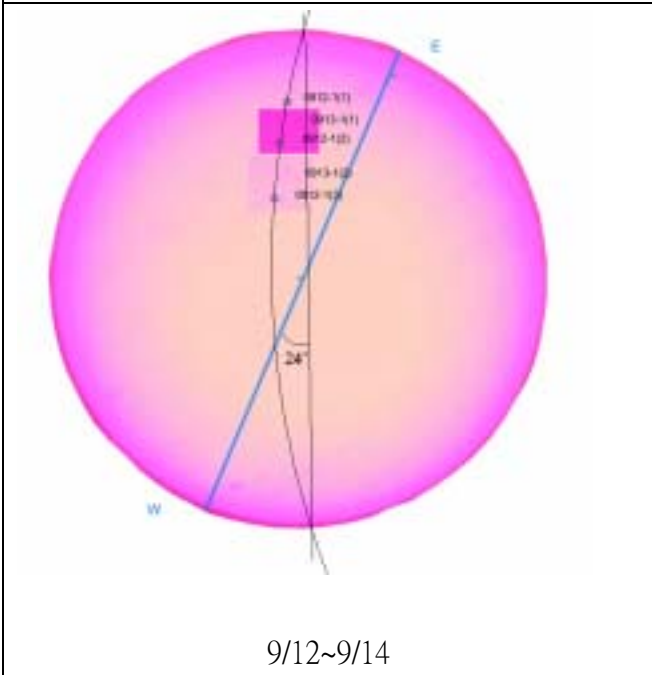
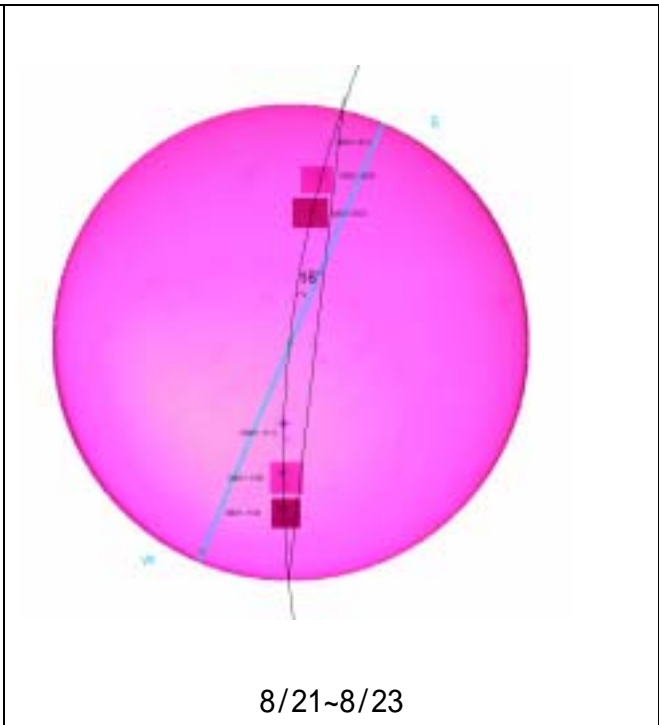
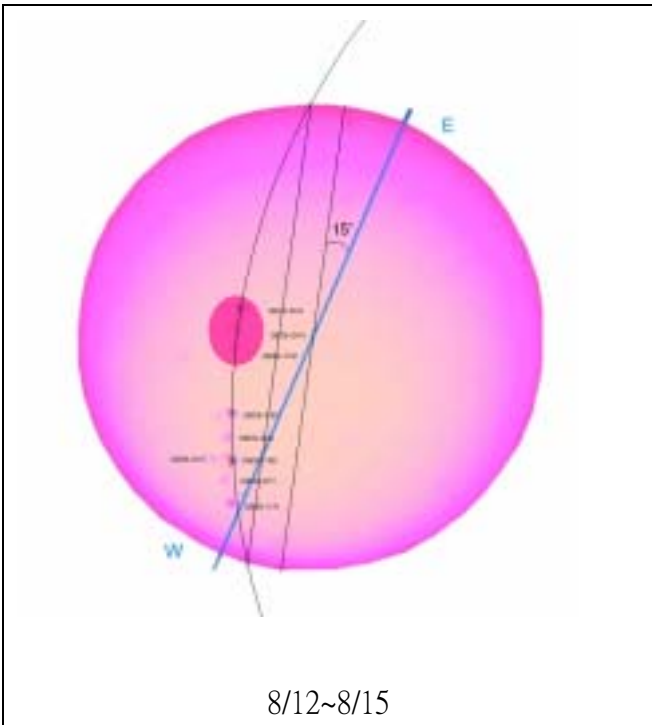


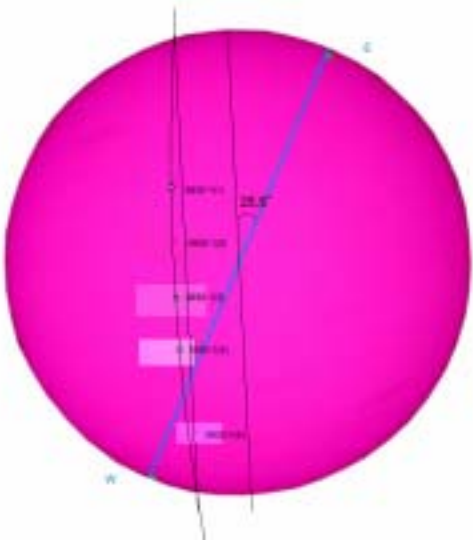
下圖僅供參考：



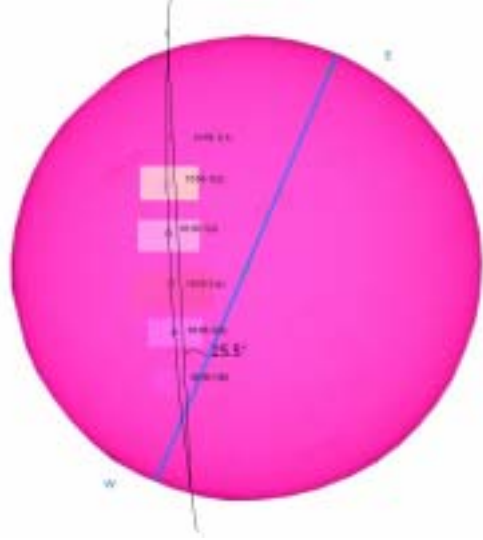
附錄三 太陽自轉軸與地球自轉軸方位夾角圖片



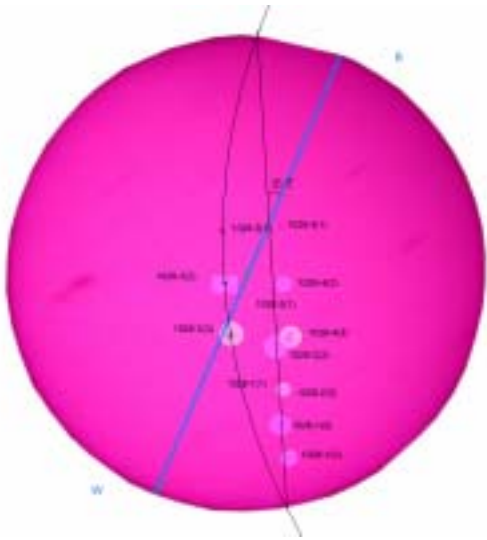




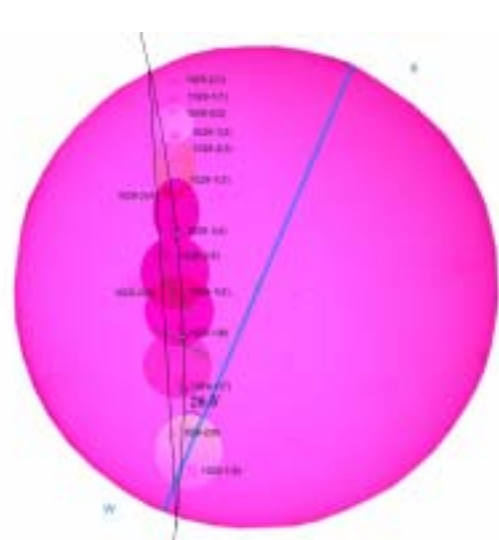
9/30~10/5



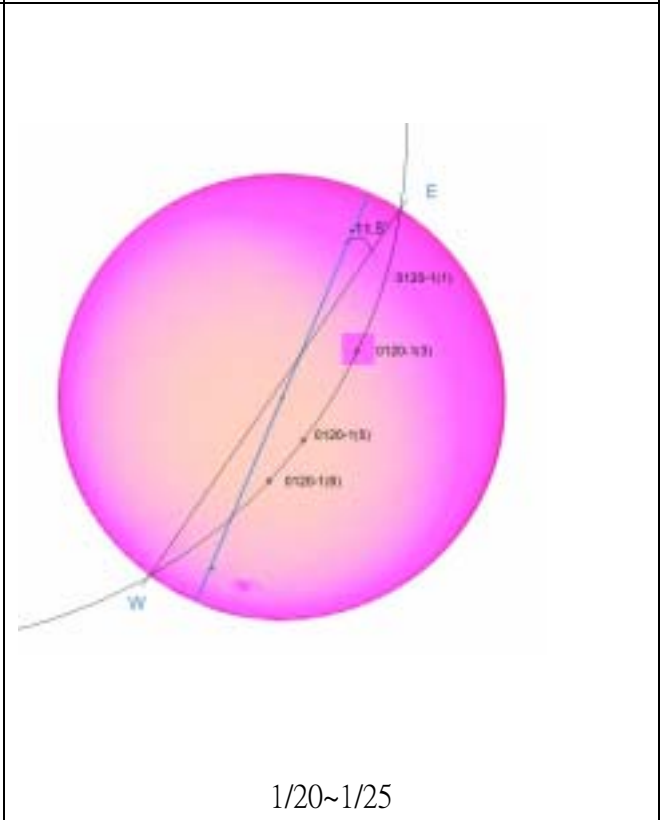
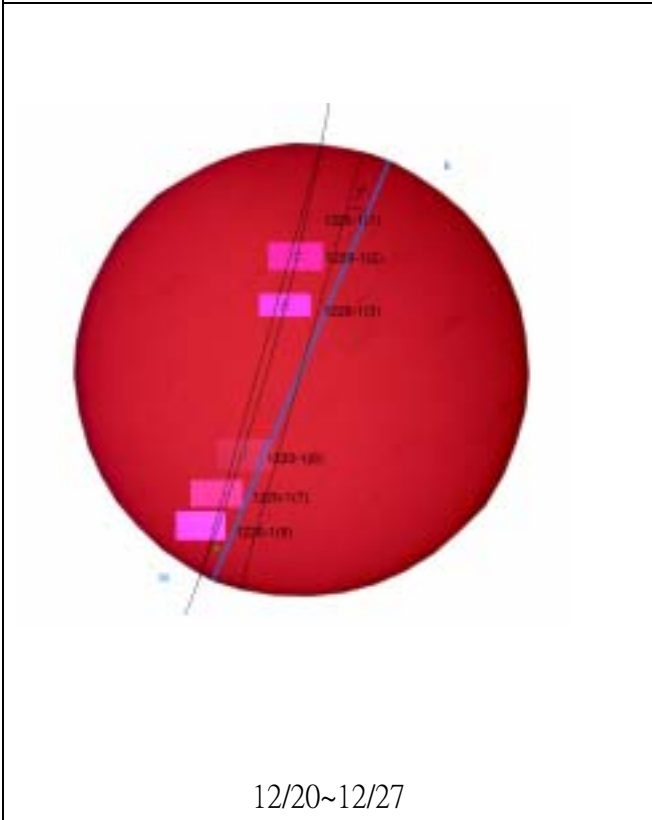
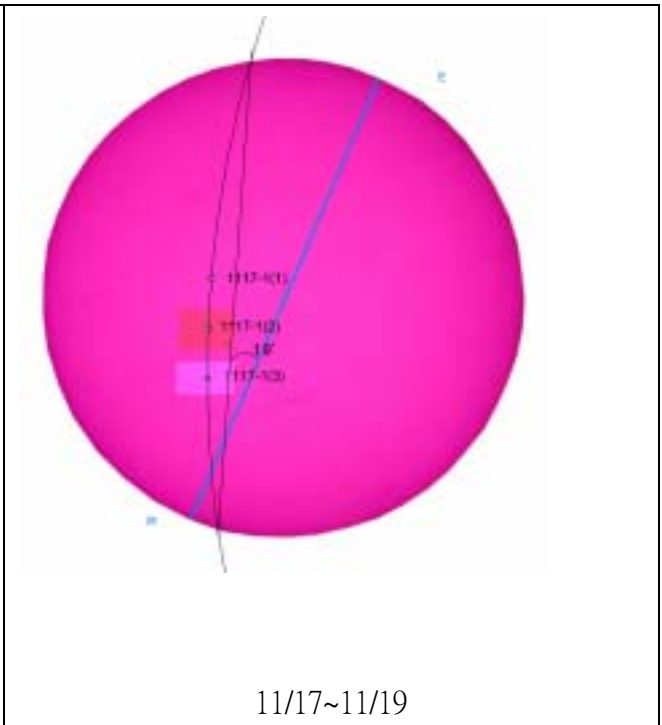
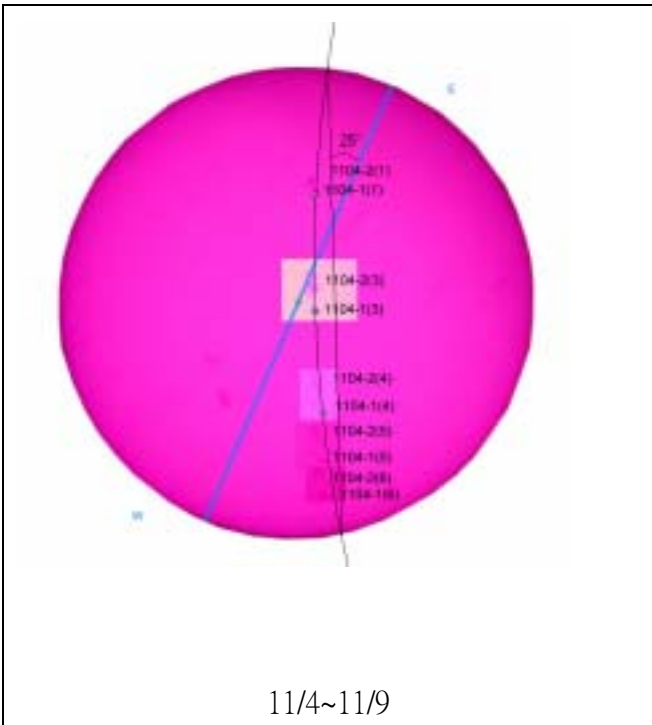
10/16~10/21

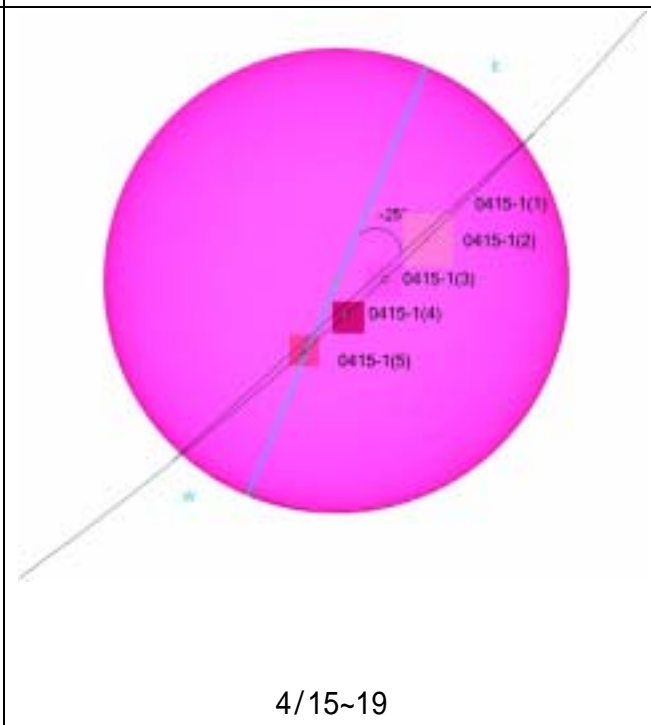
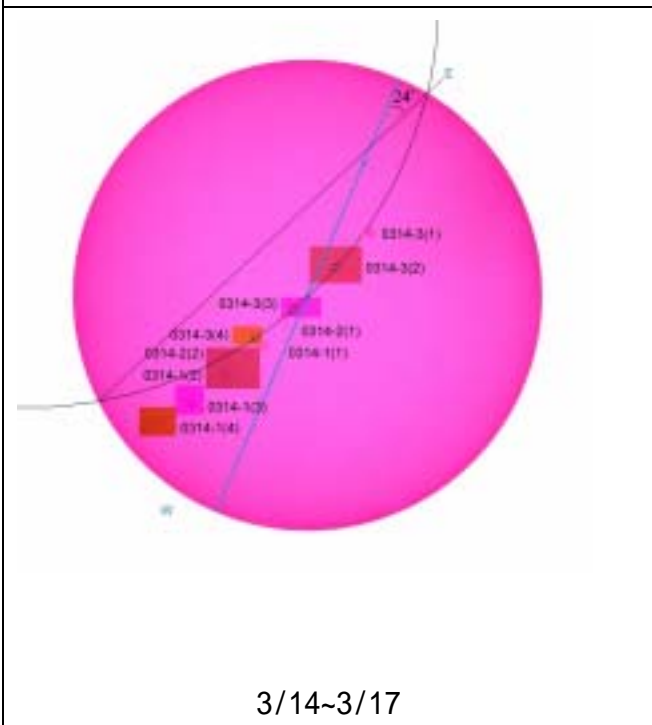
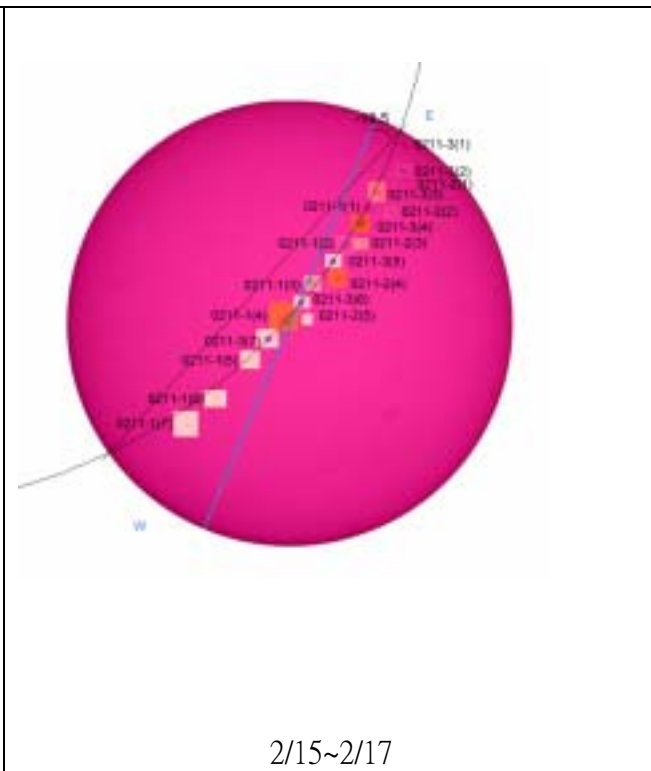
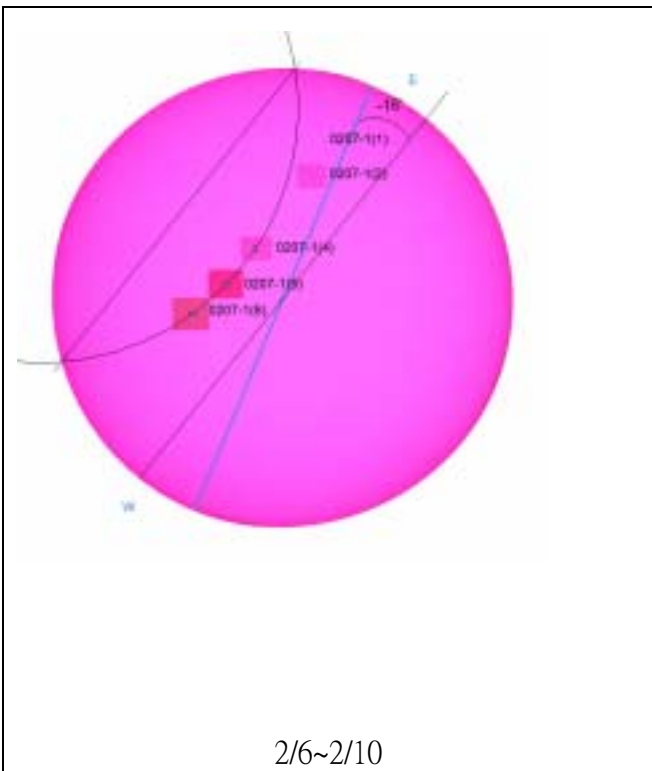


10/28~10/30



11/1~11/5





中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 地球科學科

第三名

040504

暈頭轉向——揭開太陽自轉的面紗

國立屏東女子高級中學

評語：

1. 可以由長達一年的觀測資料去驗證太陽自轉軸的交角變化及相位之改變，實屬難得。
2. 對誤差之估算，尤其是相機鏡頭所造成之誤差，少著力。