

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組地球科學科

040505

國立善化高級中學

指導老師姓名

唐必成

王秀文

作者姓名

李翎郁

鄭如紋

歐育智

楊祥熙

中華民國第四十四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：黑暗的活動指標

關鍵詞：太陽黑子、黑子相對數、太陽活動

編號：

目 錄

目錄.....	I
摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、研究目的.....	3
參、研究設備及器材.....	3
肆、研究過程.....	3
一、太陽黑子每日觀察.....	4
二、太陽表面其他大氣活動觀察.....	4
三、數位影像紀錄.....	4
四、太陽盤面網格標定與黑子座標定位.....	4
五、資料分析與統計.....	6
伍、研究結果.....	7
一、每日太陽黑子觀察紀錄與描述.....	7
二、由太陽黑子追蹤太陽自轉運動.....	10
三、太陽黑子相對數計算與太陽的活動.....	14
陸、討論.....	18
柒、結論.....	20
捌、參考資料.....	21
附錄.....	a

摘要

本研究從最基本的天文觀測著手，記錄每日太陽黑子變化，藉由同一黑子群在太陽表面移動嘗試計算出太陽自轉運動週期，並探討太陽表面差動自轉的情形，亦即自轉週期隨緯度的增加是否有逐漸增加的趨勢。

結果顯示太陽各緯度的自轉週期並非為一定值，其速度隨緯度的增而增加，從 4 度 22 度會合周期由 27.1 天增加至 27.8 天，證實較差自轉的現象。此外，紀錄結果顯示太陽輻射通量的變化隨太陽表面黑子群數而改變，黑子相對數增加時，當日的太陽輻射通量值與日珥、閃焰活動亦會增強，呈現高度正相關。因此，我們推論太陽黑子數量的多寡能反映太陽大氣活動情形，可以作為太陽活動的標誌。

壹、研究動機

太陽，太陽系裡最重要的一員，在太陽的光球層之中，離子化氣體與磁場不斷進行大規模的交互作用，在磁場作用特別集中的區域，太陽表面溫度特別低黑子由此產生。自 1843 年德國天文學家 Heinrich Schwabe 經由長時間觀察發現太陽黑子數量變化的 11 年週期。直至目前，我們瞭解太陽內部氫融合成氦的過程不僅產生太陽表面的各種現象，最重要的是這個過程讓太陽發光、發熱。

我們在看天文年鑑時，發現目前關於太陽黑子的紀錄多為手繪紀錄，現今電腦科技發達，若能以數位影像做紀錄相信不僅會有詳盡的紀錄結果，並更能助於資料分析。另一方面，目前台灣的天文網站的太陽黑子觀測資料多由台北市立天文台提供，台北天氣多陰天，故紀錄常有缺遺，相較而言，南部天氣多晴朗，應該更適合用來做更詳盡與正確的觀測紀錄與研究，加上本校天文台有基本的設備，很適合進行太陽黑子及日珥的長期觀測紀錄與研究。

貳、研究目的

- 一、由太陽黑子數目、大小、形狀變化及日珥和閃焰的噴發規模等等，研究太陽表面的活動。
- 二、觀測與比較不同緯度太陽黑子的變化，紀錄及計算太陽不同緯度的自轉速率及活動情形。
- 三、討論太陽黑子與日珥、閃焰和太陽輻射量之關連性。
- 四、從研究的過程中學習科學探究的精神與方法。

參、研究設備及器材

一、天文望遠鏡，規格如下：

(一) 主鏡：FCT150， $D=150\text{ mm}$ ， $f=1050\text{ mm}$ ， $F=7$ ，前置濾鏡，導星鏡 FS78。

(二) 赤道儀：EM500，Temma 控制系統。

(三) 相機：Nikon Coolpix 995 + 28 mm 目鏡。

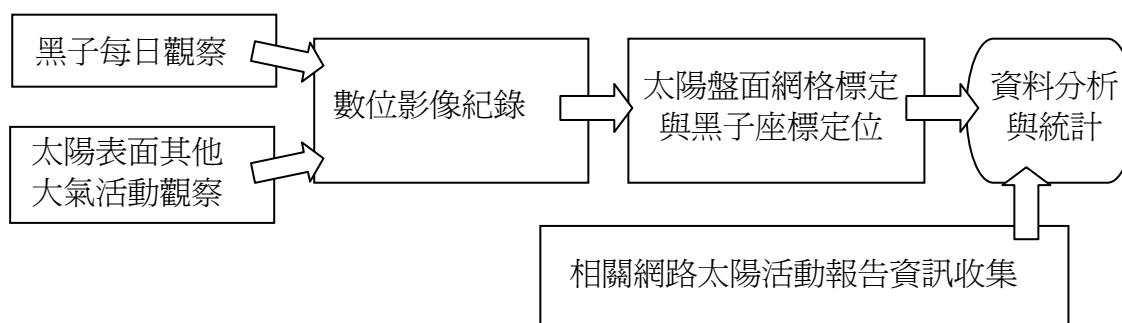
(四) 數位底片：ISO 100，黑白、手動調整曝光。

二、使用軟體：

太陽黑子觀測影像處理系統 Sunspot Image Analysis Software (包舜華，2002)，ACDsee 4.0，套裝統計軟體 Minitab (v. 13, Minitab Inc)，SigmaPlot 2001。

肆、研究過程

本研究的觀測日期從 92 年 7 月 1 日至 92 年 12 月 15 日，以天文望遠鏡進行太陽黑子觀察及影像數位紀錄。利用較具完整性的數據 10 月 3 日到 11 月 4 日共 31 天，進行分析、整理、統計與研究。整個研究流程如圖一所示，詳細方法分述下：



圖一、本研究實驗流程

一、太陽黑子每日觀察

(一) 本研究以每天至少觀測記錄一次為原則，紀錄的方式採用數位相機攝影記錄，由於數位相機可直接經轉接環套將數位相機裝到望遠鏡上，不但測光方便亦可以利用自動對焦功能與 CCD 觀景器進行直接觀察，提供客觀的紀錄資料。

(二) 除每日的太陽黑子影像紀錄外，定期上網搜尋太陽最新活動報告，以作為補助直接由影像紀錄所不能提供的資訊，如：磁場活動、太陽輻射量。

二、太陽表面其他大氣活動觀察

我們將日珥鏡裝置在導星鏡上進行觀察，主鏡則是負責黑子的觀察。我們在觀察黑子的同時一併觀察日珥與閃焰活動，並記錄之。

三、數位影像紀錄

選用 Nikon Coolpix 995 數位相機進行影像紀錄。由於太陽的亮度比背景明亮，因此測光方式我們選用點測光。除紀錄太陽黑子影像外另同時紀錄太陽表面其它大氣活動，紀錄方式闡述如下：

(一) 太陽黑子拍攝

採用 ISO 100 度黑白影像記錄，曝光減 0.3 級，，2048×1568 像素。拍攝的焦距選擇以讓太陽盤面完全入鏡為原則，每天拍攝一張；若是發現有較大規模的太陽黑子出現，針對重點黑子群進行特寫拍攝。

(二) 其他大氣活動拍攝

主要是針對日珥或閃焰進行紀錄以彩色影像紀錄，曝光為標準曝光，焦距設定則針對欲觀察的日珥做特寫拍攝。

四、太陽盤面網格標定與黑子座標定位

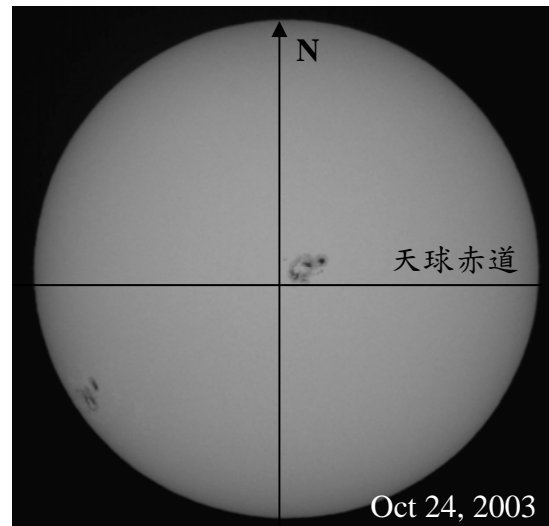
使用太陽黑子觀測影像處理系統（包舜華 2002）對太陽黑子做精密定位。影像分析包含幾個方面：

(一) 座標軸的校正

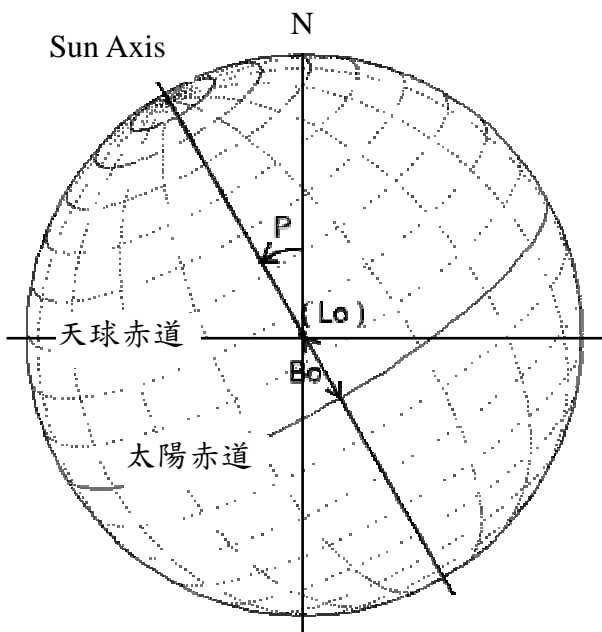
太陽影像的橫軸須與天球赤道一致，往後才能進行日面座標的校正(圖二)。

(二) 日心座標的計算

由於太陽表面並無明顯的地形、地物可供日面座標的標示，因此要劃分日面的經緯度座標十分不易。本研究希望能夠獲得更為精細的資料，所以利用天文計算的方法去取得即時日心座標 B_0 、 L_0 與 P 如圖三所示。



圖二、太陽影像日面座標軸校正。



圖三、太陽日面座標與球面網格座標，網格座標緯度單位 10° ，經度單位 20° 。(修改自：包舜華 2002)。各項參數描述如下：

P ：太陽自轉軸與天球北極點夾角

B_0 ：盤面中心日面緯度。

L_0 ：盤面中心日面經度。

(三) 黑子圖像的處理，並進行分群與分類

採自動灰階分析，利用電腦程式自動分析太陽表面由中心點至四周的色彩灰階值。每日黑子的群的分類採麥克因托分類法並配合太陽與日圈觀測衛星 (SOHO) 所公佈的每日黑子國際編號進行分類與命名。

(四) 利用平均座標計算黑子群的日面座標

黑子座標標定採用黑子群的色階值對於面積的權重後的平均位置。

五、資料分析與統計

所有獲得的資料利用套裝統計軟體 Minitab 進行以下的分析：

(一) 黑子相對經度隨時間變化

黑子群會隨著時間而移動，這移動通常會表現在經度上。由黑子的相對經度與時間進行線性迴歸分析，以求得自轉角速度與會合自轉週期。

(二) 太陽會合自轉週期計算

求得各黑子群相對經度與時間的迴歸式後，即可再計算得太陽的會合自轉角速度 (a) 與會合自轉週期 (s)：

$$y = ax + b \dots \dots \dots F_1$$

$$s = 360 / a \dots \dots \dots F_2$$

(a 為迴歸線之斜率，將 360 度除以 a 即可求得太陽會合自轉週期 s)

(三) 黑子相對數計算

依據沃夫黑子相對數公式 (Wolf, 1848)： $R = k(10g + f)$ ，其中 R 為黑子相對數、g 為黑子群數、f 為黑子個數，k 為比例常數數 (由觀測者與觀測器材的差異性來決定)。為求簡化我們先將自己的 k 值設為 1，計算每日黑子相對數，而後再與全球通用黑子相對數 (由美國海洋與大氣總署 NOAA / 太空環境中心 SEC 算定公佈) 比較並與太陽輻射通量進行迴歸分析，以判斷太陽輻射通量是否與黑子活動有相關性，並求得我們自己觀測站的 k 值參數。

伍、研究結果

一、每日太陽黑子觀察紀錄與描述

本研究資料從 92 年 10 月 3 日到 92 年 11 月 4 日共 31 天，扣除天氣因素實紀錄 27 日，得黑子資料 18 筆。每一筆黑子的觀察時間、紀錄次數與在太陽盤面上隨時間的重要演變詳述於表一：

表一、太陽黑子編號、分類、演變與太陽表面其它活動觀察描述

編號	觀測時間(世界時)	分類	每日黑子演變描述
0471	2003/10/03 03:44	Eai	緩慢發展具有發展為三角長條狀半影趨勢
	2003/10/04 06:32	Eac	緩慢發展可能伴隨 M 級閃焰
	2003/10/07 05:37	Eac	一些較小的黑子消失，半影面積變大
	2003/10/08 05:11	Eac	緩慢消失，半影面積變得更大
	2003/10/10 03:37	*	接近盤面邊緣變形嚴重，即將旋轉出觀測視野
0472	2003/10/03 03:44	Cao	快速演變，有可能在兩天以內消失
	2003/10/04 06:32	Cso	安靜且緩慢消失
0473	2003/10/03 03:44	Hsx	0471 的前導黑子，可能為雙極黑子中的負極，正極則位於 0471 的區域中
	2003/10/04 06:32	Cso	安靜、穩定
	2003/10/10 03:37	*	安靜、穩定，即將旋轉出觀測視野
0477	2003/10/08 05:11	Cso	緩慢穩定發展
	2003/10/10 03:37	Cso	幾乎沒改變，安靜
	2003/10/12 05:52	Cso	緩慢消失，安靜
	2003/10/13 07:12	Hax	有可能在兩天以內消失
	2003/10/16 04:40	*	接近盤面邊緣變形嚴重，即將旋轉出觀測視野
0480	2003/10/16 04:40	Dro	緩慢消失，安靜
0482	2003/10/18 02:31	Cao	安靜
	2003/10/20 02:57	Hax	緩慢消失，安靜
	2003/10/21 02:39	Cro	緩慢消失，安靜
0483	2003/10/21 02:39	Dac	於今天出現，隨即快速消失
0484	2003/10/19 03:03	Dkc	於 18 日剛旋轉出盤面，爾後發展相當快速，在黑子周圍有強烈日珥噴發
	2003/10/20 02:57	Ekc	持續快速發展，而且面積已達到太陽週期 cycle23 中前五名的黑子群。強烈閃焰活動隨時有可能發生而且等級可能到達 X 級以上
	2003/10/21 02:39	Ekc	快速發展尤其是左半部變化特別明顯。有 X 級以上日閃活動
	2003/10/23 04:52	Ekc	黑子群的左上方與右下角開始緩慢消失，依然有閃焰活動

編號	觀測時間(世界時)	分類	每日黑子演變描述
	2003/10/25 03:12	Ekc	黑子群的上方開始消失，中心變得更為密集，有 C 級到 M 級的閃焰活動
	2003/10/26 03:03	Ekc	失去了一些半影但整體的結構仍非常複雜，有 C 級到 X 級的閃焰活動
	2003/10/27 00:23	Dkc	失去大部分半影面積但整體的結構仍非常複雜
	2003/10/28 00:16	Dkc	消失快速失去大部分半影面積
	2003/10/29 04:41		接近盤面邊緣變形嚴重，即將旋轉出觀測視野
0485	2003/10/22 03:32	Bxo	位於前方的黑子逐漸消失，後方的黑子則逐漸發展
	2003/10/23 04:52	Hrx	緩慢消失，很有可能在今天完全不見
0486	2003/10/25 03:12	Fkc	於 24 日剛旋轉出盤面，中心和下方的半影面積快速增加。
	2003/10/26 03:03	Fkc	中心的半影持續發展，X 級閃焰活動發生於結構最複雜的地方
	2003/10/27 00:23	Fkc	半影發展得非常大，有閃焰活動
	2003/10/29 04:41	Fkc	黑子群中心和右下方逐漸緩慢消失，閃焰活動非常劇烈
	2003/10/30 00:20	Fkc	黑子群左方逐漸緩慢消失，整體黑子群外型幾乎沒有改變，日閃活動非常劇烈
	2003/10/31 00:05	Fkc	中心黑子本影消失，半影面積相對變大，閃焰活動非常劇烈
	2003/11/01 06:59	Fkc	逐漸緩慢消失，閃焰活動激烈
	2003/11/03 08:05	Fkc	即將旋轉出觀測視野，緩慢消失，有閃焰活動
	2003/11/04 02:06		正旋轉出觀測視野，但活動仍然劇烈，日珥出現於黑子區域上方。推測在未來的幾日仍會繼續活動
0487	2003/10/26 03:03	Dao	剛旋轉出盤面
	2003/10/27 00:23	Dao	安靜，且大部分沒改變
	2003/10/29 04:41	Dao	持續發展
	2003/10/31 00:05	Dao	持續發展，半影面積加大
	2003/11/01 06:59	Cao	安靜且緩慢消失
	2003/11/04 02:06	*	快速消失，幾乎在太陽盤面上已經看不到了
0488	2003/10/27 00:23	Dko	突然出現於太陽盤面上，發展得非常快速，可能會成為太陽週期 cycle23 發展速度最快的一群黑子。其變化速度與面積超過 0484 的可能性極高。
	2003/10/28 00:16	Dkc	快速發展，已經成為太陽盤面上僅次於 0468 的大黑子群，前導黑子的本影特別大，可能伴隨閃焰活動
	2003/10/29 04:41	Fkc	持續發展但發展速度已經沒有前兩天快，尾端黑子變化較大且本影面積變得很大
	2003/10/30 00:20	Fkc	持續發展，於黑子群上方的本影開始分散消失
	2003/10/31 00:05	Fkc	本影開始分散，前導黑子依然維持不變
	2003/11/01 06:59	Fkc	尾端黑子開始逐間消失，面積快速縮小
	2003/11/03 08:05		正旋轉出觀測視野
0489	2003/10/28 00:16	Cro	小黑子群，有的幾乎沒有半影

編號	觀測時間(世界時)	分類	每日黑子演變描述
	2003/10/29 04:41	Dso	緩慢發展
	2003/10/30 00:20	Dso	開始逐漸消失
	2003/10/31 00:05	Dso	緩慢消失
0490	2003/10/28 00:16	Hrx	安靜、穩定
	2003/10/29 04:41	Hrx	緩慢消失，有可能在一天之內完全消失
	2003/10/30 00:20	*	幾乎在太陽盤面上已經看不到了
0491	2003/10/28 00:16	Dao	發展緩慢、穩定
	2003/10/30 00:20	Dao	開始逐漸消失、安靜
	2003/10/31 00:05	Dao	緩慢消失、安靜
0492	2003/10/28 00:16	Dso	發展緩慢、穩定
	2003/10/29 04:41	Dso	持續發展
	2003/10/30 00:20	Dso	開始逐漸消失、安靜
	2003/10/31 00:05	Dso	緩慢消失、安靜
0493	2003/10/29 04:41	Dso	剛出現於 0488 的後方，很小
	2003/10/30 00:20	Dso	開始逐漸消失、安靜
0495	2003/10/30 00:20	Dso	發展緩慢、穩定
	2003/10/31 00:05	Dso	尾端黑子分裂成兩個本影
	2003/11/01 06:59	Dso	開始逐漸消失、安靜
	2003/11/04 02:06	Dho	緩慢消失，尾端黑子應會先在今天之內消失

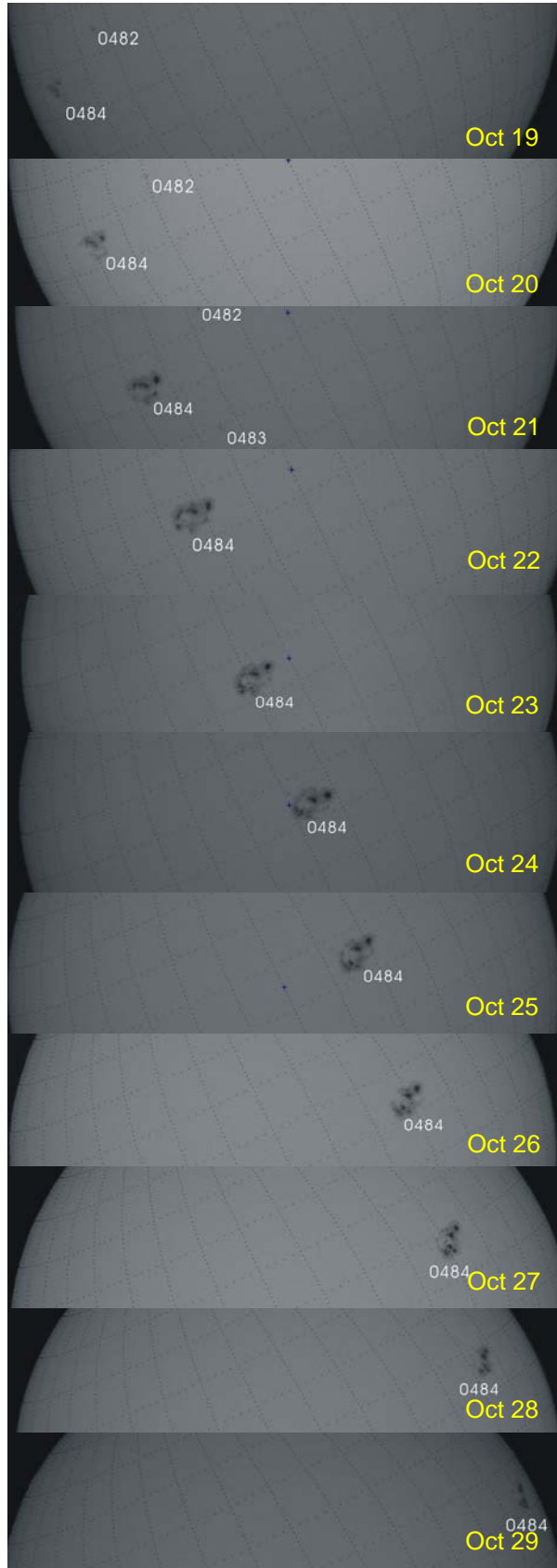
Note：黑子分類採麥克因托分類法。打*符號為黑子接近盤面邊緣變形嚴重或礙於觀測設備與影像品質無法分類。

二、由太陽黑子追蹤太陽自轉運動

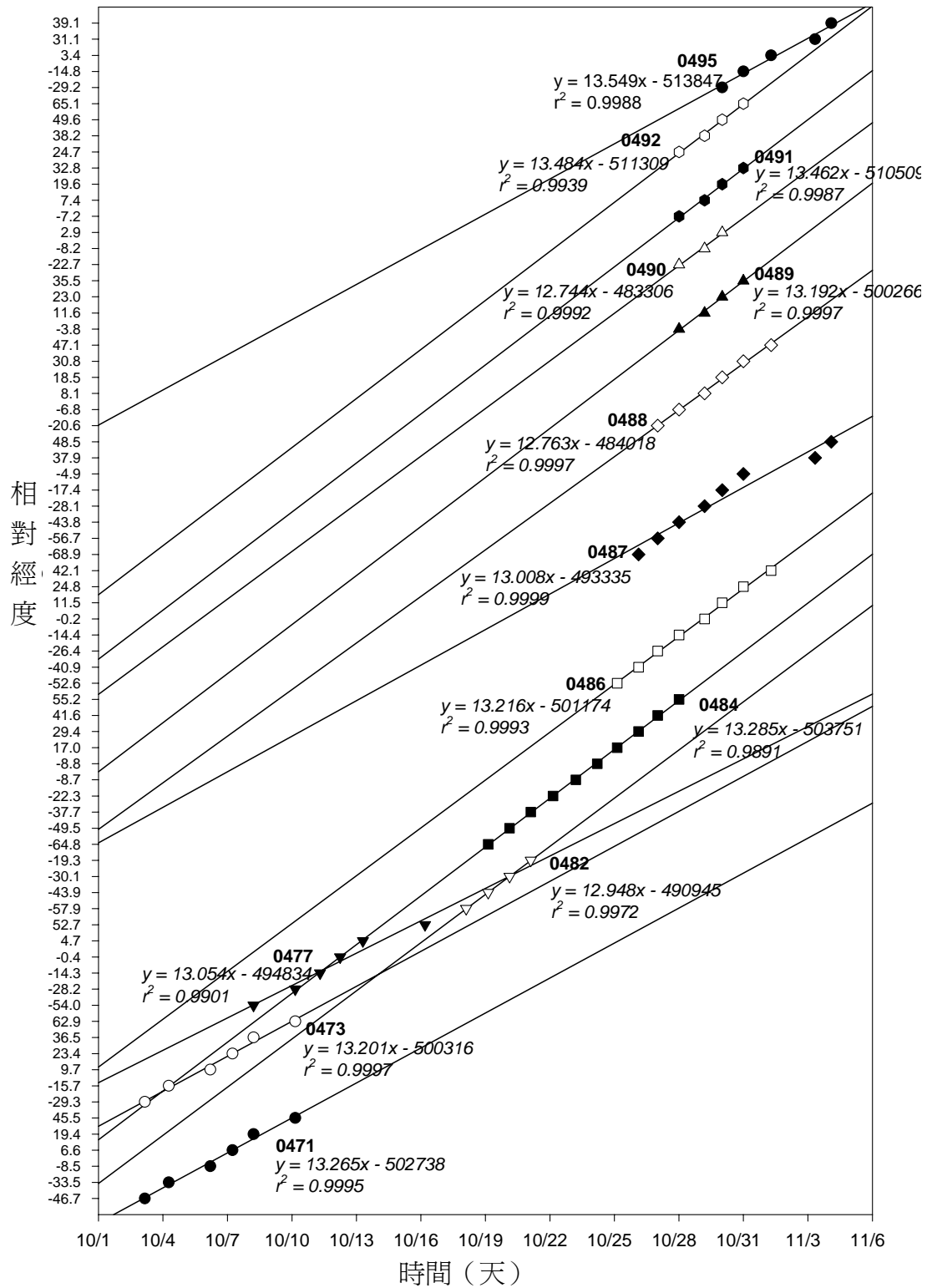
黑子的壽命從數天到數月不等，研究中最短的黑子僅只出現 1~2 天，而最長者持續出現達十天以上直至轉出觀測視野。以黑子編號 0484 為例（圖二），它從 10 月 19 日出現於太陽盤面西側隨太陽自轉不斷往東運動而後於 10 月 28 日轉入東側盤面離開可觀測視野。如此一來藉由同一黑子群在太陽表面長時間移動即可計算太陽自轉運動情形。

黑子編號、每日觀測時間、黑子經緯度及當下太陽盤面中心經緯度 (L_0 、 B_0)、自轉軸偏角數值 (P) 如附錄一所示。扣除編號 0472、0480、0483、0485、0493 這五組壽命短暫的黑子，剩下的 13 筆資料繪製黑子群相對經度隨時間變化圖（圖三）。圖三中顯示同一群黑子的運動，與時間呈現完美的線性關係，相關係數高達 0.99。線性方程式中的斜率就是每筆太陽黑子自轉角速率 ($^\circ$ /天)。由此迴歸方程式再推得太陽會合自轉週期 (天) (表二)。整而觀之從南北緯緯度 4° 到 22° 黑子平均自轉角速度為 $13.17 \pm 0.07^\circ$ /天，太陽自轉會合週期平均為 27.4 ± 0.2 天。

由於太陽為一氣體球，不同緯度轉動的速率不一，此現象由英國天文學家 Richard Carrington 於 1859 年提出（赤道最快約 25 天；緯度愈高轉得越慢）。本研究中將黑子所在緯度關係和太陽會合自轉週期做圖，扣除週期中最大與最小值，結果顯示隨著緯度的增加太陽會合自轉週期也會呈現變大的趨勢（圖四）。



圖二、0484 黑子群在太陽盤面移動顯示太陽的自轉運動。黑子影像未做 P 軸修正。

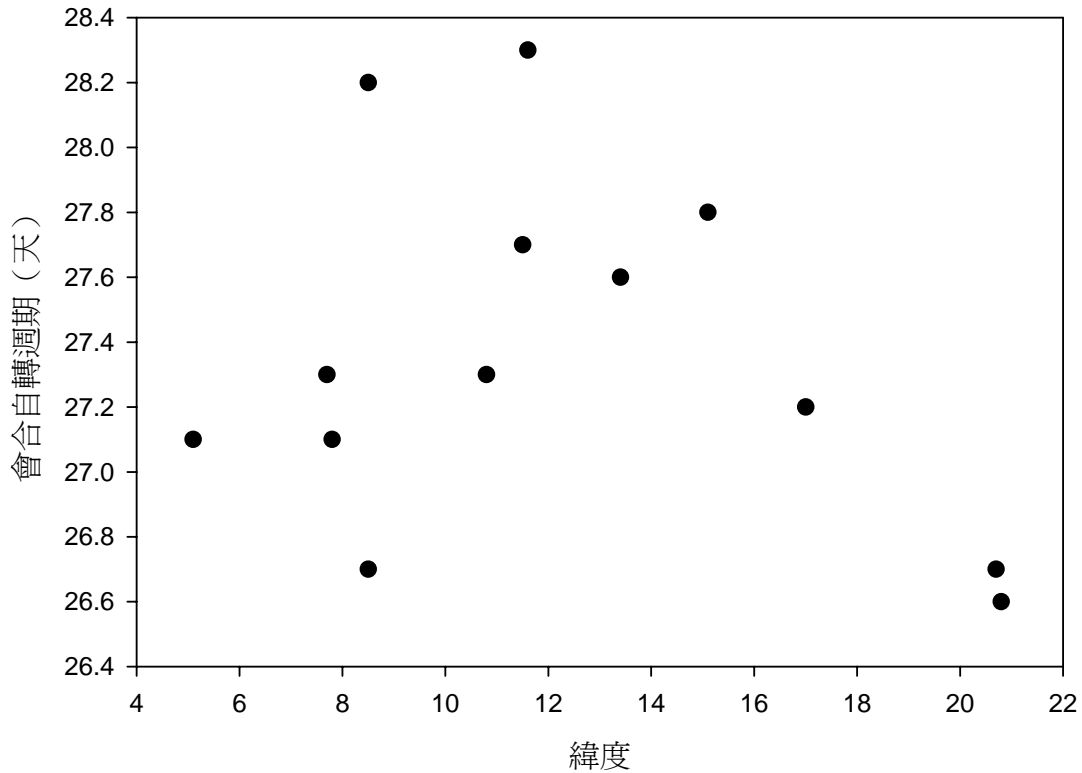


圖三、各群黑子相對經度隨時間變化圖。

表二、黑子與相對經度隨時間變化相關分析之結果。

黑子編號	平均緯度	觀察時間	計錄次數	線性回歸式	r^2	皮爾森相關數	會合自轉週期 (天)
0471	-7.8	10/03~10/10	6	$y=13.265x-502738$	0.9995	$p<0.001$, **	27.1
0473	-7.7	10/03~10/10	6	$y=13.201x-500316$	0.9997	$p<0.001$, **	27.3
0477	-13.4	10/08~10/16	6	$y=13.054x-494834$	0.9901	$p<0.001$, **	27.6
0482	15.1	10/18~10/21	4	$y=12.948x-490945$	0.9972	$p=0.001$, **	27.8
0484	5.1	10/19~10/28	10	$y=13.285x-503751$	0.9891	$p<0.001$, **	27.1
0486	-17.0	10/25~11/01	8	$y=13.216x-501174$	0.9903	$p<0.001$, **	27.2
0487	11.5	10/26~11/04	9	$y=13.008x-493335$	0.9999	$p<0.001$, **	27.7
0488	8.5	10/27~11/01	6	$y=12.763x-484018$	0.9997	$p<0.001$, **	28.2
0489	-10.8	10/28~10/31	4	$y=13.192x-500266$	0.9997	$p<0.001$, **	27.3
0490	-11.6	10/28~10/30	3	$y=12.744x-483306$	0.9992	$p=0.018$, *	28.3
0491	-20.7	10/28~10/31	4	$y=13.462x-510509$	0.9987	$p=0.001$, **	26.7
0492	8.5	10/28~10/31	4	$y=13.484x-511309$	0.9939	$p=0.003$, **	26.7
0495	-20.8	10/30~11/04	5	$y=13.549x-513847$	0.9988	$p<0.001$, **	26.6

Note : *表示相關顯著；**表示相關極顯著。



圖四、太陽會合自轉週期隨緯度變化圖。其中緯度取絕對值

三、太陽黑子相對數計算與太陽的活動

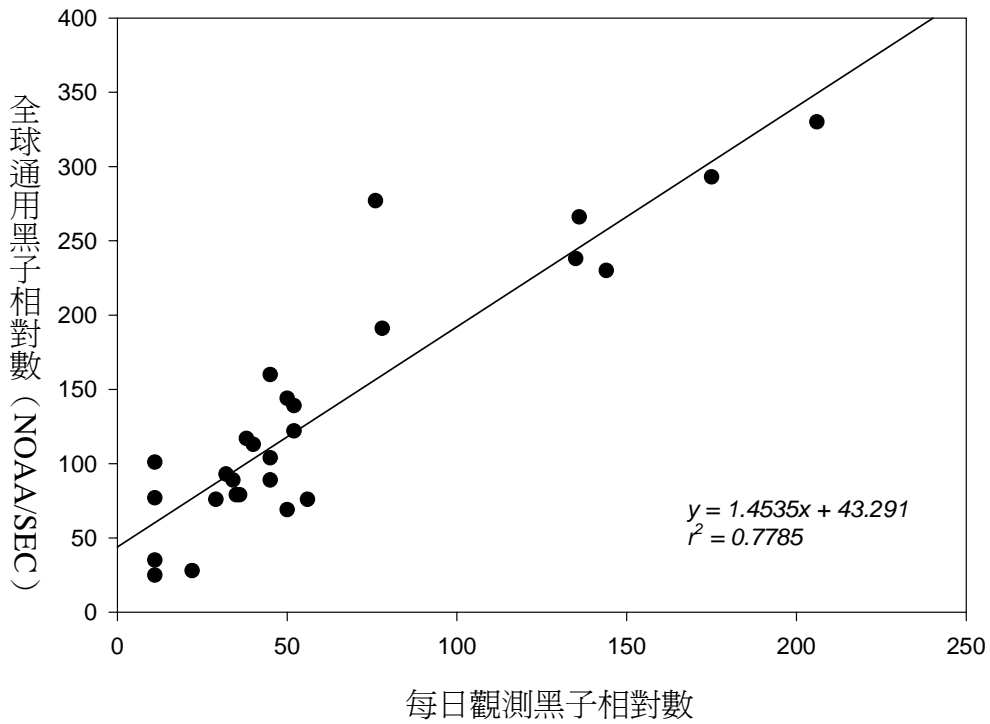
爲了明確表示太陽黑子的活動，根據經驗使用沃夫黑子相對數 (Wolf Number, R) 計算一個月的黑子相對數變化 (表三)，再依此數值與美國太空環境中心 (Space Environment Center, NOAA) 對外所公佈之全球通用黑子相對數比較 (表三，圖五) 結果顯示，雖然計算所得黑子相對數偏低，但相關性 $r = 0.88$ ， $p < 0.01$ 顯示相關極顯著。

再者，利用太陽與日圈觀測衛星 (Solar and Heliospheric Observatory) 所公佈的每日 2.8 GHz 太陽輻射通量值和黑子相對數比較 (表三)，經驗法則告訴我們太陽輻射通量的變化隨太陽表面黑子群數而改變，繪製每日黑子相對數與太陽輻射通量值之變化圖 (圖六) 會發現當相對數增加時，當日的太陽輻射通量值亦會增加，統計分析顯示相關性 $r = 0.90$ ， $p < 0.01$ 相關極顯著 (圖七)。

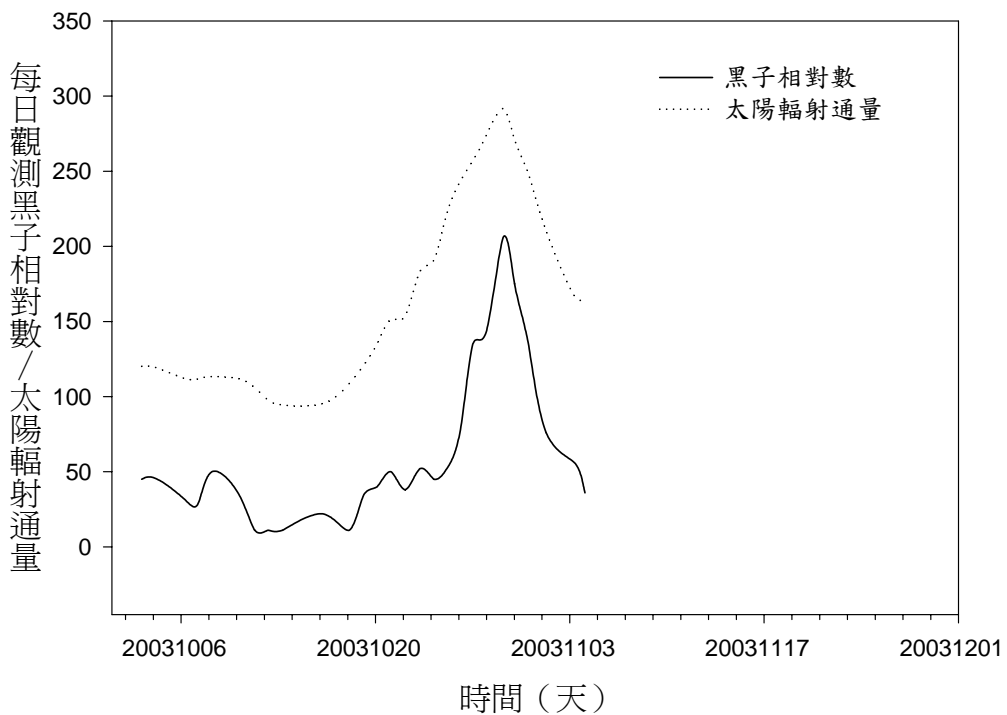
表三、太陽黑子相對數與太陽輻射通量表。

日期	黑子相對數	全球通用黑子相對數	太陽輻射通量
2003/10/03 03:44	45	104	120.1
2003/10/04 06:32	45	89	119.0
2003/10/06 04:51	32	93	112.1
2003/10/07 05:37	29	76	111.9
2003/10/08 05:11	50	69	113.3
2003/10/10 03:37	35	79	111.8
2003/10/11 07:22	11	77	105.8
2003/10/12 05:52	11	35	97.8
2003/10/13 07:12	11	25	94.4
2003/10/16 04:40	22	28	95.2
2003/10/18 02:31	11	101	108.6
2003/10/19 03:03	34	89	120.4
2003/10/20 02:57	40	113	135.1
2003/10/21 02:39	50	144	151.5
2003/10/22 03:32	38	117	153.5
2003/10/23 04:52	52	122	183.2
2003/10/24 04:54	45	160	190.6
2003/10/25 03:12	52	139	221.5
2003/10/26 03:03	78	191	243.4
2003/10/27 00:23	135	238	257.2
2003/10/28 00:16	144	230	274.4
2003/10/29 04:41	206	330	291.7
2003/10/30 00:20	175	293	271.4
2003/10/31 00:05	136	266	248.9
2003/11/01 06:59	76	277	210.4
2003/11/03 08:05	56	76	166.9
2003/11/04 02:06	36	79	168.4

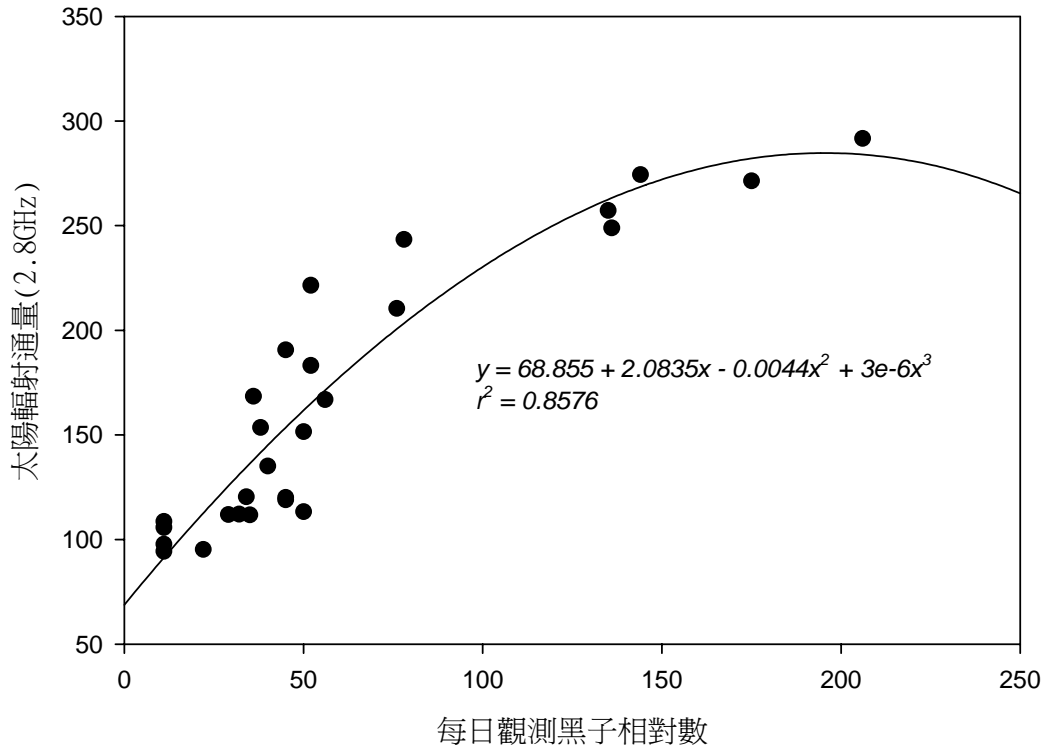
Note：全球通用黑子相對數採 NOAA/SEC 公佈之數據。



圖五、與全球通用黑子相對數 (NOAA/SEC) 比較圖。(p < 0.01, 相關極顯著)



圖六、每日觀測黑子相對數與太陽輻射通量之變化圖 (未做 k 值修正)。



圖七、每日黑子相對數與太陽輻射通量之相關圖。(p < 0.01, 相關極顯著)

陸、討論

一、每日太陽黑子觀察紀錄與描述

在連續一個月的觀察中，每一群黑子隨時間的演變都不一樣，有的穩定緩慢發展（編號：0473、0477），有的則發展快速（編號：0488）。研究的期間我們正好觀測到最近一次最強烈的太陽風暴，這是由於編號 0484(10/09-10/28)和編號 0486(10/25-11/01)這兩大黑子群的出現使得寧靜期的太陽很不寧靜。在 0484 和 0486 這兩大群黑子出現期間，發生自 1975 年以來觀測史上第 3 名的閃焰活動，釋放出大量高能量的質子與電子，地球上形成磁暴與活動激烈的極光。當日黑子相對數值（206）快速增大，顯示黑子數量的多寡與太陽大氣活動情形有關（日珥、閃焰）。

二、由太陽黑子追蹤太陽自轉運動

研究結果顯示太陽會合自轉週期隨緯度的增加有增加的趨勢，由於太陽是氣體球，各緯度的自轉速率不同，這是太陽較差自轉（Differentiation Rotation，Richard Carrington，1859）的現象，不過我們對這個現象無法進一步探討，其原因如下：

- （一）自轉運動的計算都是在黑子不會自行漂移的假設下所得的結果。黑子的產生與太陽磁場息息相關，暗示當磁力線隨較差自轉而偏移時黑子有可能隨著磁場同步發生漂移的現象，影響計算結果。
- （二）我們所觀測黑子的所在緯度僅在南北緯 22 度以內，範圍有限變化不明顯。
- （三）扣除偏離趨勢的五群黑子（0486、0488、0490、0492、0495），中 0486 和 0488 都是構造很複雜變化快速的大黑子群，在量測黑子經緯度時容易因結構上的複雜造成中心的誤判，導致週期有所偏差；0490、0492 和 0495 推測可能是在分類黑子上的判斷太過主觀，而遺漏掉重要的細節因而算錯黑子中心。

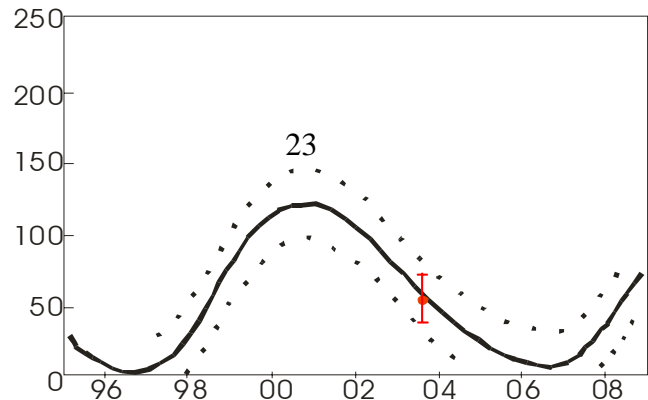
(四) 根據日震學研究 (Helioseismology, Global Oscillation Network Group) 太陽內部中心核維持一定的角速度在自轉, 類似剛體運動, 但太陽表面差動自轉的現象在近赤道地區自旋速度反而下降, 顯示太陽的運動非預期中的規則。

三、太陽黑子相對數計算與太陽的活動

從計算每日黑子相對數我們發現, 此數值每日的變動很大, 將一個月的值拿來取平均後, 那些很大的值就會被「平均」, 如果再將時間的尺度拉得更長來看我們現在位於太陽 11 年週期的第 23 個週期中 (cycle23) (圖八), 將本研究所得黑子相對數放入此週期中, 不難發現它僅僅只是一個點的資料而已, 即使每日的變動很大也都被「抹平」。

在者, 利用觀測期間黑子相對數值的平均 (61.3 ± 10) 與全球通用黑子相對數 (NOAA/SEC) 平均 (134.8 ± 16.3) 換算, 藉由沃夫 (Wolf) 公式 $R = k(10g + f)$ (k 代表因觀測使用之望遠鏡、及其他觀測條件影響的一項校正參數), 我們可以求得自己觀測站的 k 值參數為 0.45。

在此數值下, 太陽輻射通量與黑子相對數呈三次方多項式關係 (圖七), 大膽推測, 在太陽表面上看不到黑子或於太陽活動很寧靜的時期 (即當黑子相對數為零或接近零), 輻射通量最低約 68 左右。藉由此三次多項關係式即使當日天候狀況不良不利於觀測的進行, 仍可利用太陽輻射通量預測黑子相對數值。



圖八、黑子週期 23 相對數變化預測, 實線上下兩條曲線表示預測誤差的範圍, 紅點為研究觀測期間一個月的平均 (61.3 ± 10)。
(資料來 <http://science.msfc.nasa.gov>)

柒、結論

- 一、本觀測站依據沃夫黑子相對數公式，得到 k 值參數 0.45，在此數值下觀測結果顯示太陽黑子相對數、黑子大小與形狀的變化可反映太陽大氣活動的情形（日珥和閃焰的噴發規模）當黑子數目多且複雜時太陽氣活動與輻射能量亦越大，可作為太陽活動的指標。
- 二、太陽各緯度的自轉週期並非為一定值，其速度隨緯度的增而增加，從低緯度（ 5° ）到較高緯度（ 15° ）會合周期由 27.1 天增加至 27.8 天，證實較差自轉的現象。

捌、參考資料

書目資料：

台北市立天文科學教育館，天文年鑑，台北，台北市立天文科學教育館，p34-40、68-73，2003。

包舜華，2002，太陽黑子觀測影像處理系統，台北星空，2002 vol. 18， p30-33。

黃千慈，2003，太陽黑子與太陽自轉，觀星人，2003 11 月號，p14-20。

Bradley E. Schaefer，April 1997，Sunspots that Changed the world，Sky & Telescope，p34-38.

Elizabeth Nesme-Ribes, Sallie L. Baliunas, Dmitry Sokoloff，August 1996，Sunspot cycle-on the other stars-are helping astronomers study the sun's variations and the way they might affect the earth，Scientific American，p47-52.

Fairfield High School, Fairfield, PA，2001，How Sunspots Group，The RBSE Journal，2001 vol.1.2 p7.

Franklin Central High School, Indianapolis, IN，2001，The Life of a Sunspot，The RBSE Journal，2001 vol.1.2 p3-4.

Girard College High School, Philadelphia, PA，2001，Evolution of Solar Active Regions，The RBSE Journal，2001 vol.1.2 p8-9.

Owen Gingerich and Richard Tresch-Fienberg，Laboratory Exercise in Astronomy，Harvard，Smithsonian Center for Astrophysics，1982.

Roger A. Freedman, William J., III Kaufmann，Universe (5th)，New York，W. H. Freedman and Company，1999.

Sallie Baliunas and Willie Soon，December 1996，The SUN-CLIMATE connection，Sky & Telescope，p38-41.

網頁資料：

NASA-Marshall Solar Physics

<http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/default.htm>

National Oceanic and Atmospheric Administration

<http://www.noaa.gov>

The Solar and Heliospheric Observatory

<http://sohowww.nascom.nasa.gov>

附 錄

附錄一、太陽黑子編號觀測時間、座標與太陽盤面中心經緯度、自轉軸偏角表

黑子 編號	觀測時間 (世界時)	經度 (L)	緯度 (B)	相對經度 (L-L ₀)	平均緯度	太陽盤面中心		自轉軸偏角 (P)
						經度 (L ₀)	緯度 (B ₀)	
0471	2003/10/03 03:44	221.0	-9.7	-46.7	-7.8	267.7	6.6	26.1
	2003/10/04 06:32	221.0	-7.6	-33.5		254.5	6.6	26.1
	2003/10/06 04:51	219.6	-6.9	-8.5		228.1	6.5	26.2
	2003/10/07 05:37	221.6	-7.6	6.6		215.0	26.4	26.3
	2003/10/08 05:11	221.1	-7.9	19.4		201.7	6.4	26.3
	2003/10/10 03:37	220.9	-7.3	45.5		175.4	6.2	26.3
0472	2003/10/03 03:44	290.9	-21.2	23.2	-22.1	267.7	6.6	26.1
	2003/10/04 06:32	292.2	-23.0	37.7		254.5	6.6	26.1
0473	2003/10/03 03:44	238.4	-8.4	-29.3	-7.7	267.7	6.6	26.1
	2003/10/04 06:32	238.8	-6.8	-15.7		254.5	6.6	26.1
	2003/10/06 04:51	237.8	-7.9	9.7		228.1	6.5	26.2
	2003/10/07 05:37	238.4	-7.8	23.4		215.0	26.4	26.3
	2003/10/08 05:11	238.2	-8.3	36.5		201.7	6.4	26.3
	2003/10/10 03:37	238.3	-6.9	62.9		175.4	6.2	26.3
0477	2003/10/08 05:11	147.7	-12.7	-54.0	-13.4	201.7	6.4	26.3
	2003/10/10 03:37	147.2	-14.7	-28.2		175.4	6.2	26.3
	2003/10/11 07:22	147.9	-12.9	-14.3		162.2	6.2	26.3
	2003/10/12 05:52	148.6	-13.9	-0.4		149.0	6.1	26.3
	2003/10/13 07:12	140.5	-12.6	4.7		135.8	6.0	26.3
	2003/10/16 04:40	148.9	-13.3	52.7		96.2	5.8	26.2
0480	2003/10/16 04:40	123.5	20.8	27.3	20.8	96.2	5.8	26.2
0482	2003/10/18 02:31	15.2	17.2	-57.9	15.1	73.1	5.7	26.1
	2003/10/19 03:03	12.7	14.9	-43.9		56.6	5.6	26.0
	2003/10/20 02:57	16.6	14.3	-30.1		46.7	5.5	26.0
	2003/10/21 02:39	16.3	14.0	-19.3		35.6	5.4	26.0
0483	2003/10/21 02:39	9.5	-11.0	-26.1	-11.0	35.6	5.4	26.0
0484	2003/10/19 03:03	351.8	6.1	-64.8	5.1	56.6	5.6	26.0
	2003/10/20 02:57	357.2	5.3	-49.5		46.7	5.5	26.0
	2003/10/21 02:39	357.9	3.3	-37.7		35.6	5.4	26.0

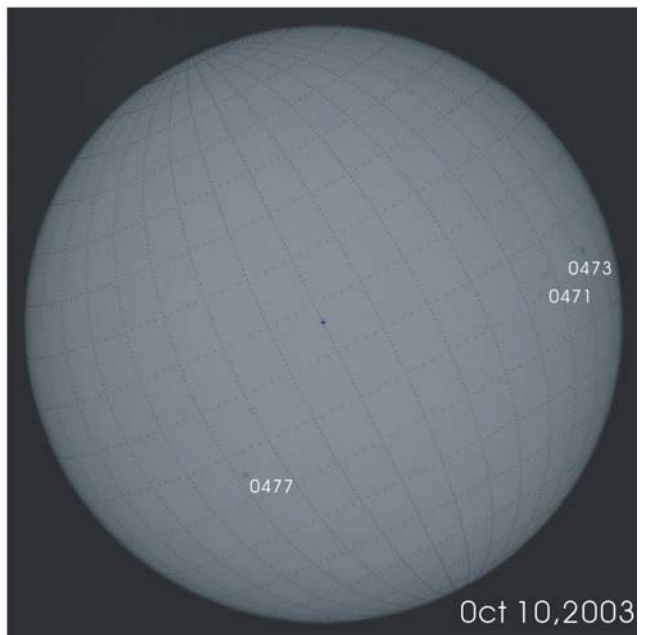
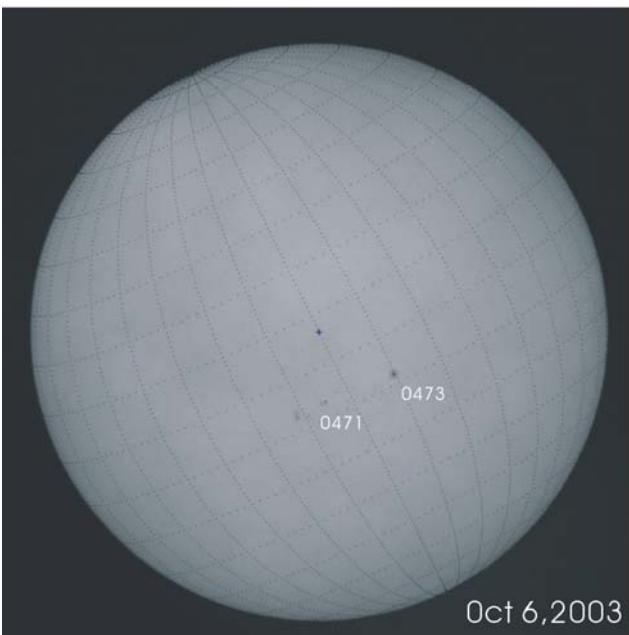
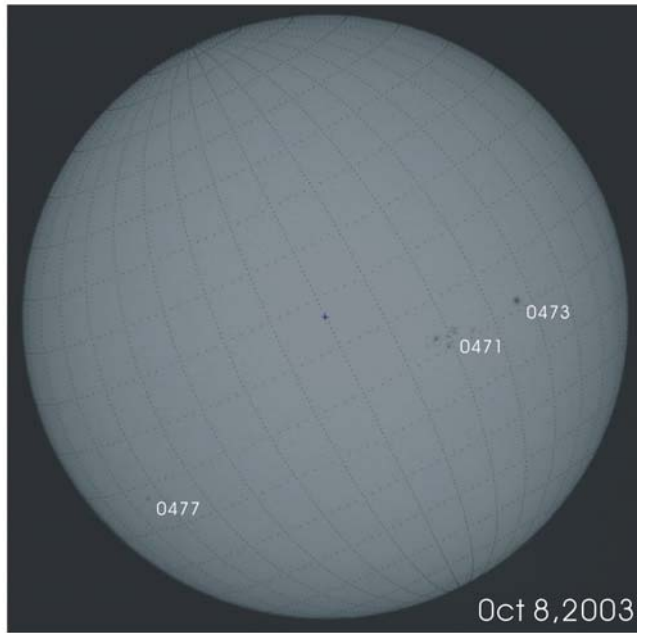
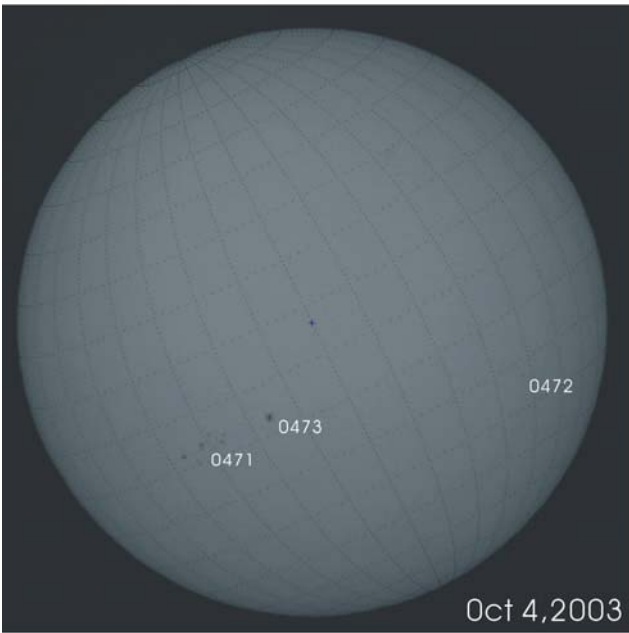
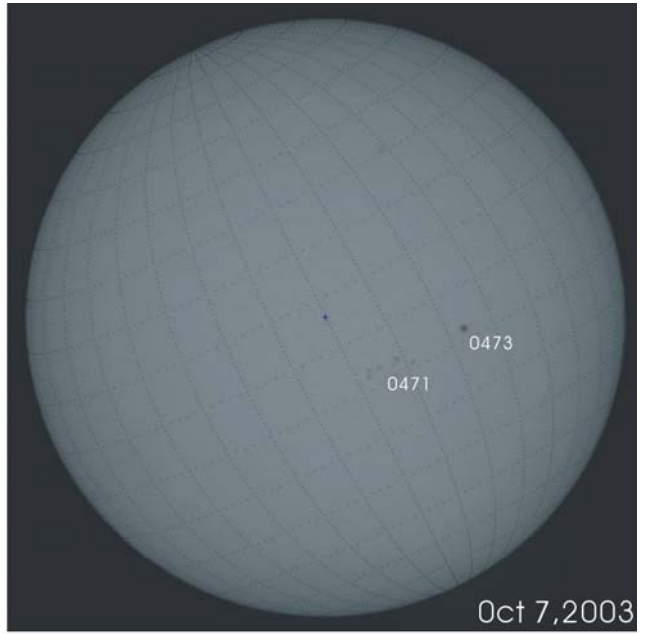
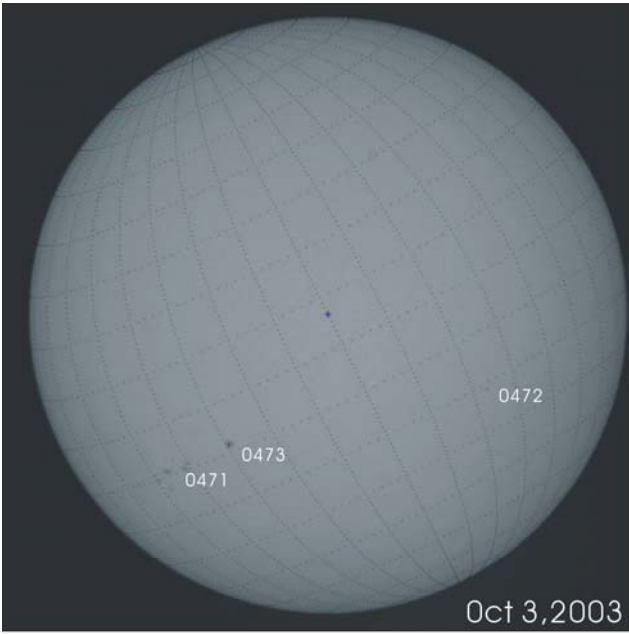
附錄一 (續)

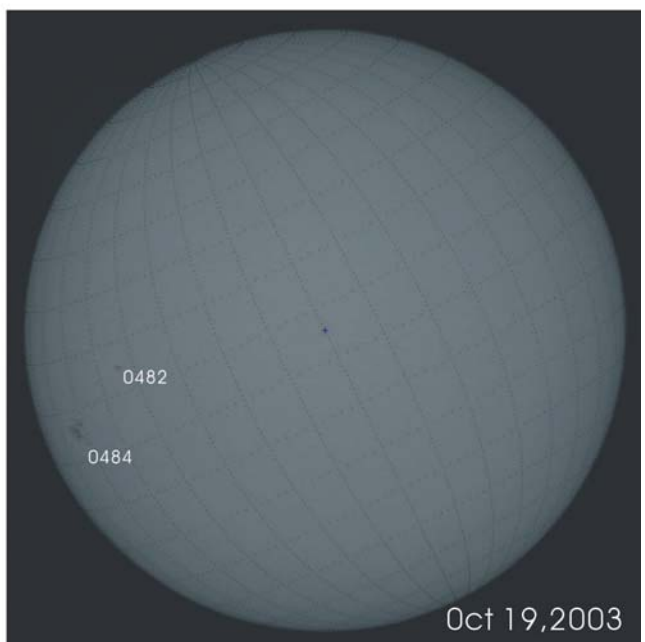
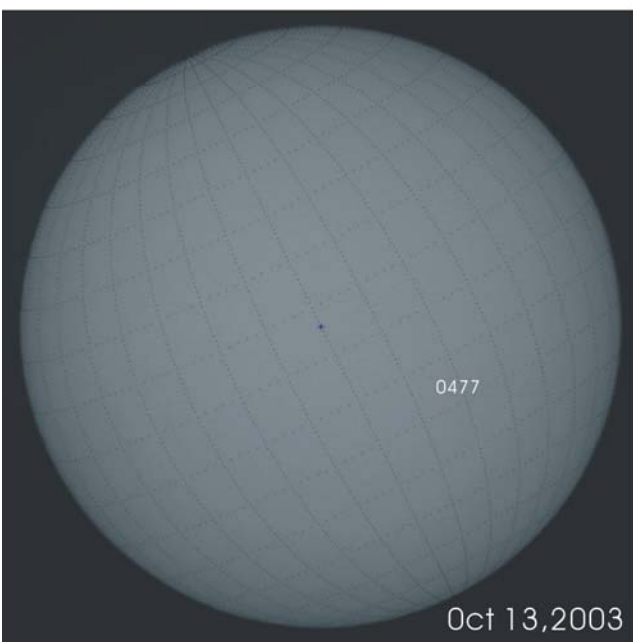
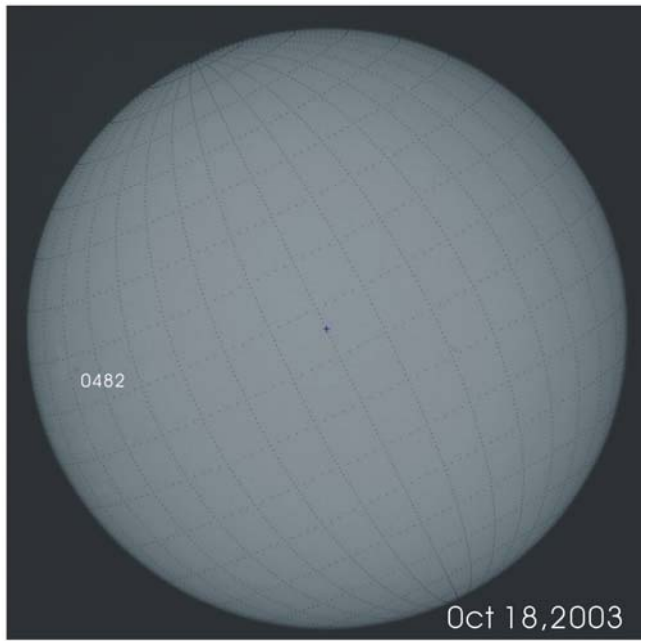
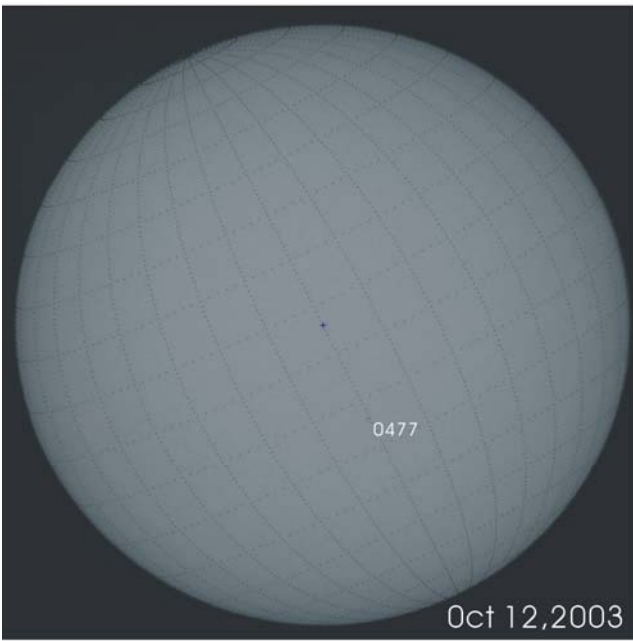
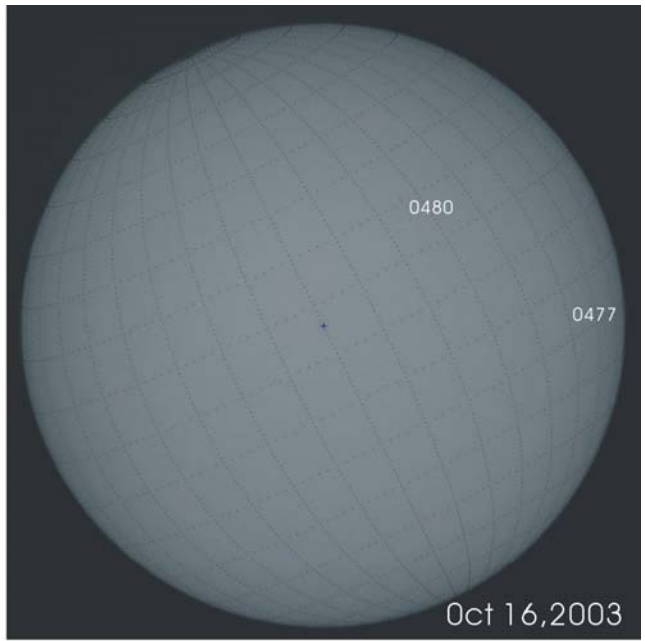
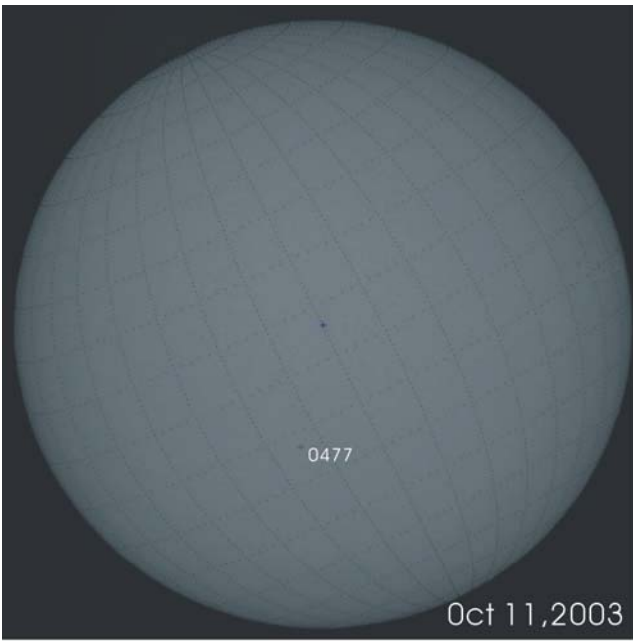
黑子 編號	觀測時間 (世界時)	經度 (L)	緯度 (B)	相對經度 (L-L ₀)	平均緯度	太陽盤面中心		自轉軸偏角 (P)
						經度 (B ₀)	緯度 (L ₀)	
0484	2003/10/22 03:32	354.8	5.8	-22.3		17.1	5.3	25.8
	2003/10/23 04:52	355.2	4.7	-8.7		3.9	5.2	25.7
	2003/10/24 04:54	355.1	3.5	-8.8		3.9	5.2	25.6
	2003/10/25 03:12	354.5	4.8	17.0		337.5	5.1	25.5
	2003/10/26 03:03	353.8	3.1	29.4		324.4	5.0	25.4
	2003/10/27 00:23	356.0	7.5	41.6		314.4	4.9	25.3
	2003/10/28 00:16	356.4	6.5	55.2		301.2	4.8	25.2
0485	2003/10/22 03:32	331.6	-5.3	-45.5	-6.7	17.1	5.3	25.8
	2003/10/23 04:52	333.1	-8.1	-30.8		3.9	5.2	25.7
0486	2003/10/25 03:12	284.9	-18.6	-52.6	-17.0	337.5	5.1	25.5
	2003/10/26 03:03	283.5	-15.4	-40.9		324.4	5.0	25.4
	2003/10/27 00:23	288.0	-19.2	-26.4		314.4	4.9	25.3
	2003/10/28 00:16	286.8	-17.5	-14.4		301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	284.5	-17.1	-0.2		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	286.4	-16.9	11.5		274.9	4.6	24.9
	2003/10/31 00:05	286.5	-16.7	24.8		261.7	4.5	24.7
	2003/11/01 06:59	287.3	-14.9	42.1		245.2	4.4	24.5
0487	2003/10/26 03:03	255.5	13.9	-68.9	11.5	324.4	5.0	25.4
	2003/10/27 00:23	257.7	7.4	-56.7		314.4	4.9	25.3
	2003/10/28 00:16	257.4	9.8	-43.8		301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	256.6	11.7	-28.1		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	257.5	11.1	-17.4		274.9	4.6	24.9
	2003/10/31 00:05	256.8	11.0	-4.9		261.7	4.5	24.7
	2003/11/01 06:59	256.7	12.0	11.5		245.2	4.4	24.5
	2003/11/03 08:05	256.7	13.8	37.9		218.8	4.2	24.2
	2003/11/04 02:06	257.4	12.7	48.5		208.9	4.1	24.0
0488	2003/10/27 00:23	293.8	6.6	-20.6	8.5	314.4	4.9	25.3
	2003/10/28 00:16	294.4	8.1	-6.8		301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	292.8	7.9	8.1		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	293.4	8.2	18.5		274.9	4.6	24.9

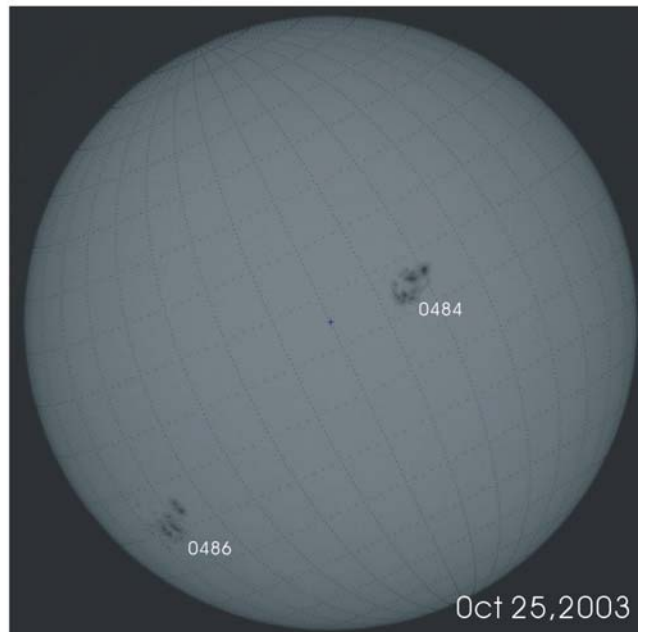
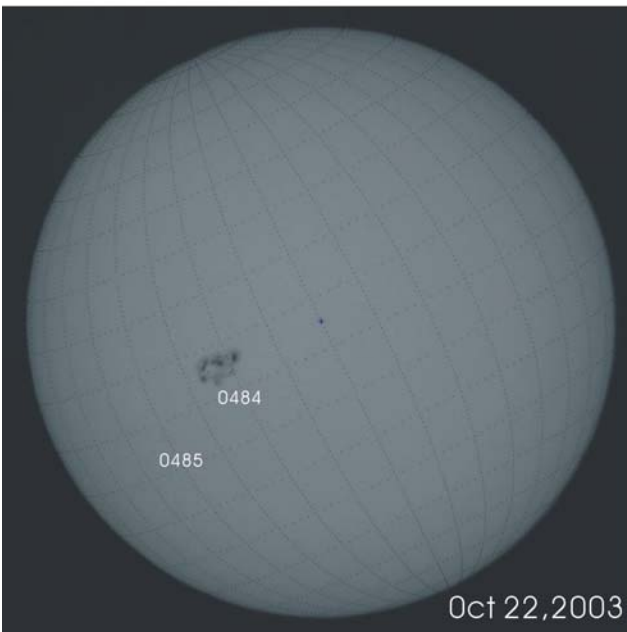
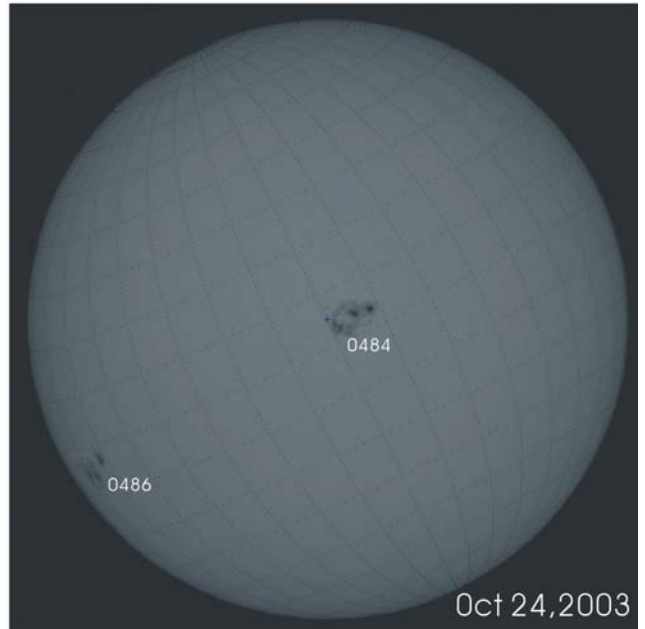
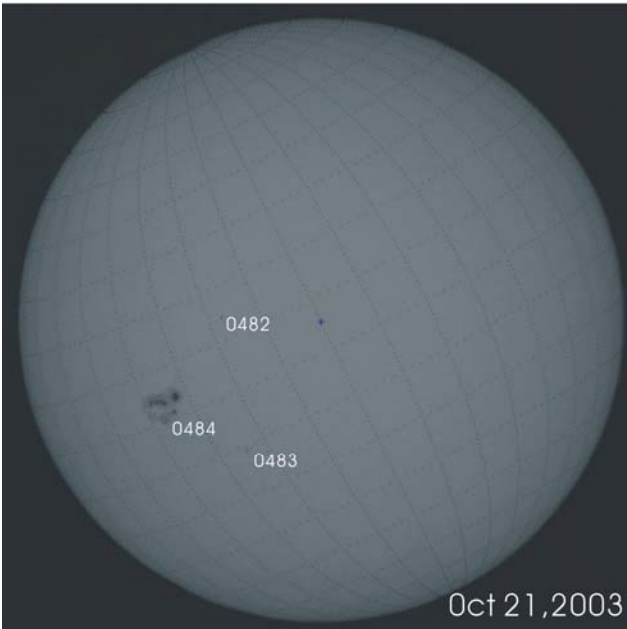
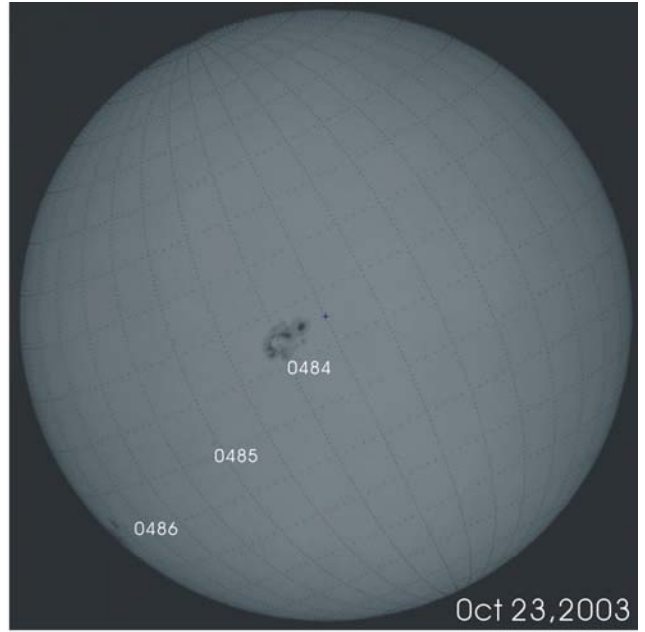
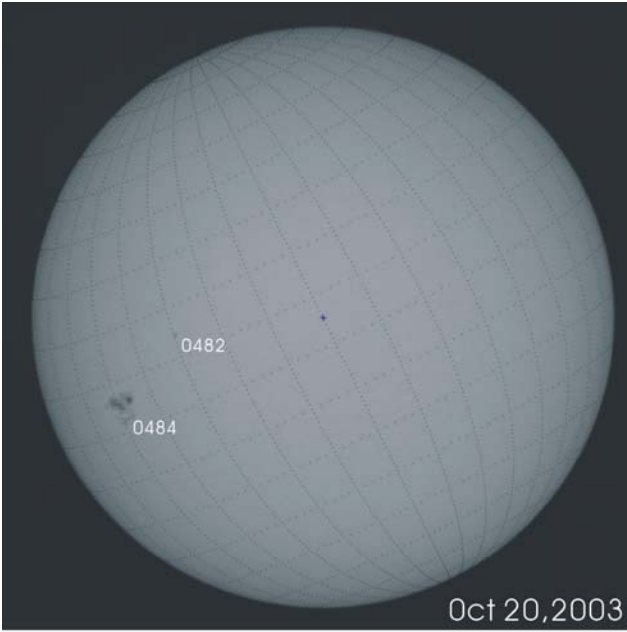
附錄一 (續)

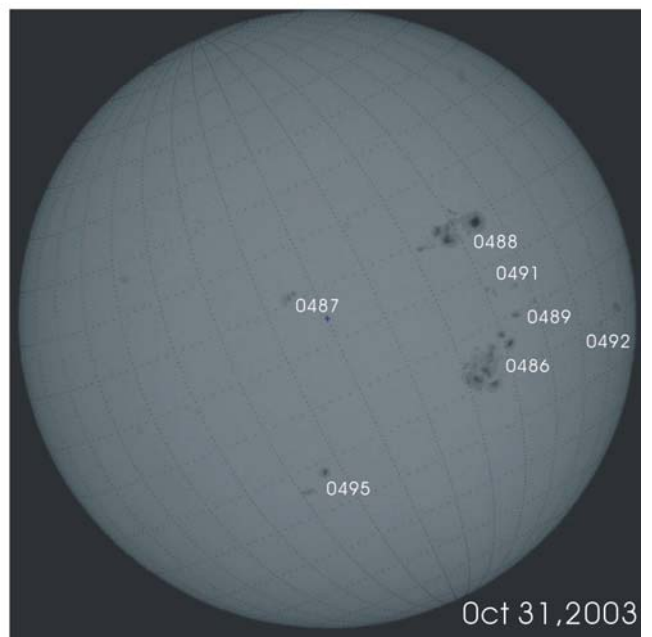
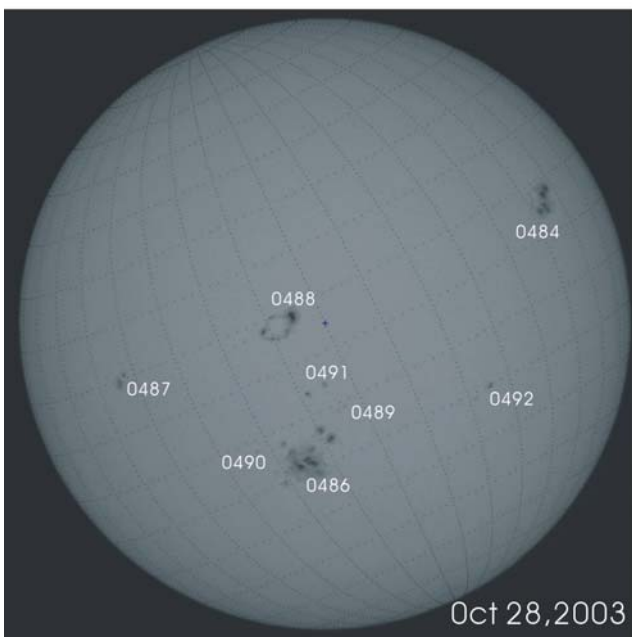
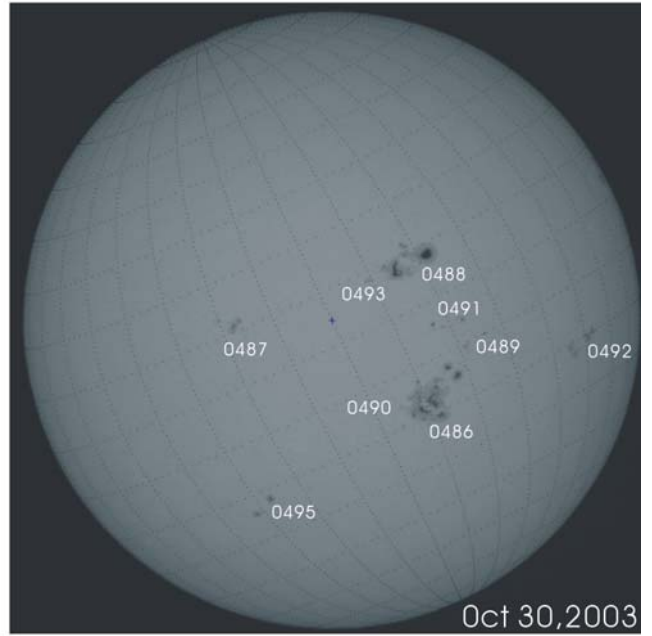
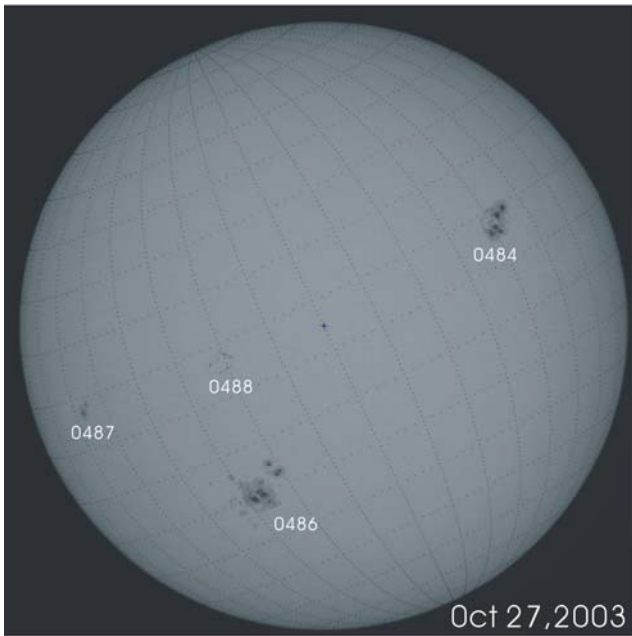
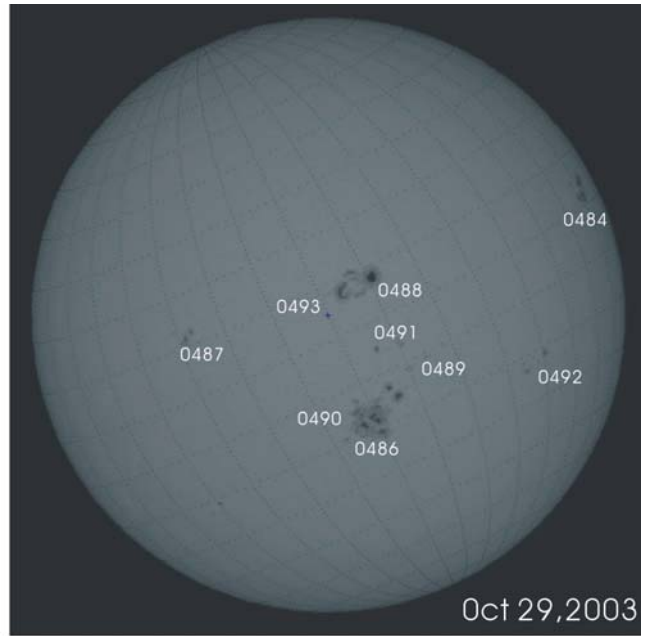
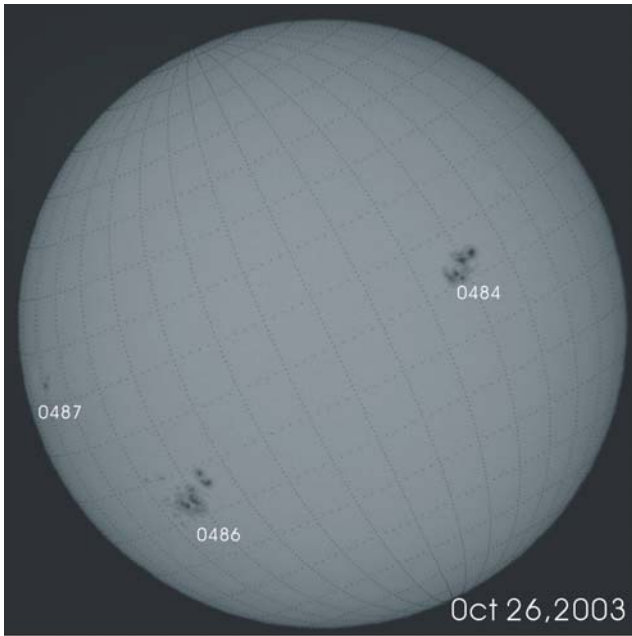
黑子 編號	觀測時間 (世界時)	經度 (L)	緯度 (B)	相對經度 (L-L ₀)	平均緯度	太陽盤面中心		自轉軸偏角 (P)
						經度 (B ₀)	緯度 (L ₀)	
0488	2003/10/31 00:05	292.5	8.8	30.8		261.7	4.5	24.7
	2003/11/01 06:59	292.3	11.4	47.1		245.2	4.4	24.5
0489	2003/10/28 00:16	297.4	-11.1	-3.8	-10.8	301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	296.3	-11.1	11.6		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	297.9	-10.5	23.0		274.9	4.6	24.9
	2003/10/31 00:05	297.2	-10.3	35.5		261.7	4.5	24.7
0490	2003/10/28 00:16	278.5	-12.1	-22.7	-11.6	301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	276.5	-11.4	-8.2		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	277.8	-11.2	2.9		274.9	4.6	24.9
0491	2003/10/28 00:16	294.0	-5.9	-7.2	-5.3	301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	292.1	-5.6	7.4		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	294.5	-5.2	19.6		274.9	4.6	24.9
	2003/10/31 00:05	294.5	-4.6	32.8		261.7	4.5	24.7
0492	2003/10/28 00:16	325.9	-20.3	24.7	-20.7	301.2	4.8	25.2
	2003/10/29 04:41	322.9	-22.0	38.2		284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	324.5	-21.0	49.6		274.9	4.6	24.9
	2003/10/31 00:05	326.8	-19.3	65.1		261.7	4.5	24.7
0493	2003/10/29 04:41	284.0	8.6	-0.7	8.5	284.7	4.7	25.0
	2003/10/30 00:20	284.1	8.4	9.2		274.9	4.6	24.9
0495	2003/10/30 00:20	245.7	-22.8	-29.2	-20.8	274.9	4.6	24.9
	2003/10/31 00:05	246.9	-22.7	-14.8		261.7	4.5	24.7
	2003/11/01 06:59	248.6	-21.4	3.4		245.2	4.4	24.5
	2003/11/03 08:05	249.9	-18.6	31.1		218.8	4.2	24.2
	2003/11/04 02:06	248.0	-18.6	39.1		208.9	4.1	24.0

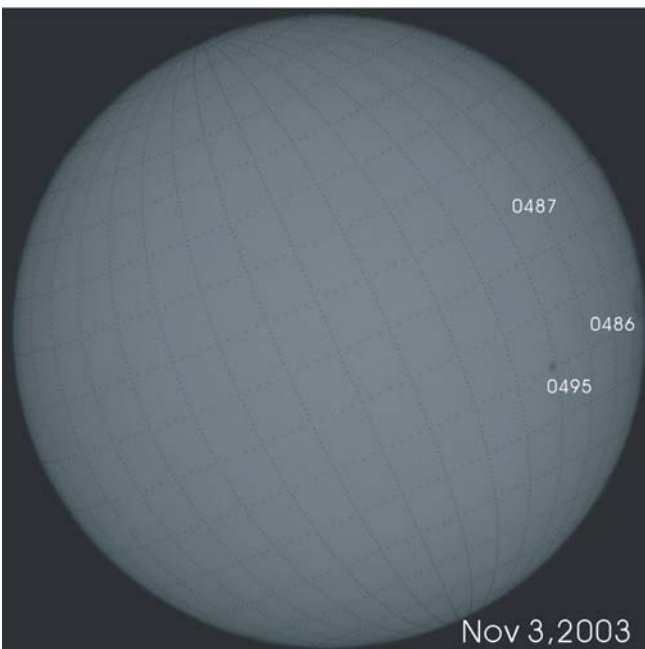
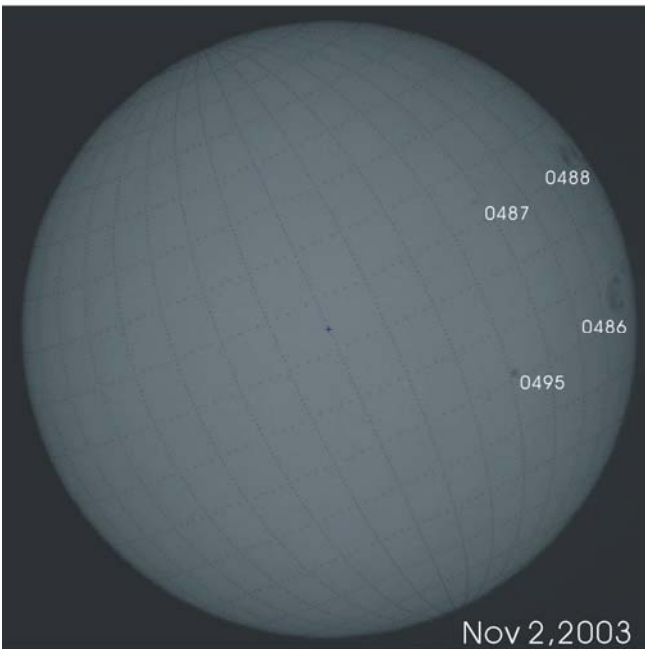
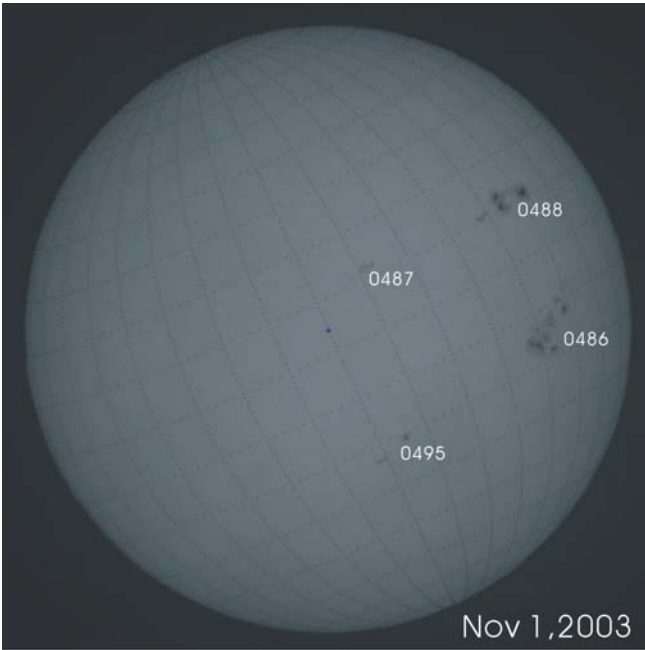
附錄二、下頁為每日太陽黑子數位影像圖檔。按日期排列並加繪日面網格（未做 P 軸修正），
圖檔的中心十字為當天的太陽盤面中心，盤面赤道和天球赤道平行，東方在右側。











評語

040505 高中組地球科學科

黑暗的活動指標

天文攝影技巧尚佳，資料分析不甚完整，對問題掌握不夠深入。