

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

地球科學科

科別：地球科學科

組別：國中組

作品名稱：向不可能的任務挑戰—探討太陽黑子的漂移

關鍵詞：太陽黑子、漂移、太陽北點方位角(P)

編號：030503

學校名稱：

高雄市立國昌高級中學

作者姓名：

張棋涵、魏敬昂、李玠運

指導老師：

陳月妹、何莉芳



摘要

爲了想瞭解黑子的漂移狀況，本研究自去年校內科展開始，耗時八個多月，從進行黑子的觀察、學習套量黑子、查文獻，到最後改以黑子定位程式量測太陽影像上的黑子、分析處理數據、計算推理.....，在地方科展中，我們發現黑子有漂移的現象，且有以下規律：緯度方向的漂移會呈現一段一段的現象，而且黑子會先往南漂，再往北漂，接著還進一步去分析每一段與緯度的關係。

但是黑子緯度隨時間變化時，先向南漂再向北漂的現象似乎不太尋常？在地方科展結束後，經向多位教授、老師請教後，才發現可能是我們誤判太陽北點方位角！爲了解決疑惑與探求研究結果的真實性，在有限的時間之內，我們再次展開更深入的探索行動！

經修正北點方位角，並以兩種黑子定位程式重量與檢驗後，探討出在緯度方面，緯度隨時間變化有一段一段的現象，每段週期約 1 天。我們又由各群黑子緯度標準差得知黑子緯度漂移量並不大，至於確定的漂移狀況還有待進一步的統計分析；經度方面，構造簡單的黑子比較看不出漂移，複雜的黑子漂移現象則較明顯，並由經度趨勢線公式驗證越靠近赤道，太陽自轉速度越快。我們希望未來能進一步探討造成各種現象的原因，及檢定分析各項統計數據。

壹、研究動機

『什麼？要研究太陽黑子！這很難耶！』沒錯！我們就要向太陽黑子挑戰！在一次社區高中舉辦的天文觀測活動中，我們見識到”太陽黑子”，經參與實驗後得知太陽黑子的位置會隨時間有所改變，這讓我們感到很有趣，決定對太陽黑子展開研究。

自然課本上只簡略的介紹太陽，我們又去查了許多書籍，發現已有許多人對黑子的分佈、數量週期關係、太陽自轉做過研究，然而有關黑子漂移的研究卻很少。究竟黑子的漂移情形是如何呢？會不會有什麼現象呢？

最初我們用傳統觀測描點、套量法研究，過程中受到不少挫折，後來與老師討論之後，才知道如果研究要做得好，電腦能力就要提升，於是我們花了很長的一段時間來摸索黑子程式，學習程式操作與數據分析技巧。當我們越做越多、越學越多，發現黑子越來越有趣，其實並沒有想像中困難，只要肯花功夫，一定可以完成這件”不可能的任務”！

貳、研究目的

黑子的漂移情形如何？有什麼現象呢？

一、以太陽觀測手繪圖學習套量的方式、認識黑子、確立探討的研究問題

二、進行影像與數據資料收集

(一) 使用傳統方式（望遠鏡、投影描繪、相機）收集黑子影像

(二) 利用電腦輔助定位及分析黑子

1. 處理影像資料「全球日不落太陽影像圖」

2. 整理、做圖：利用太陽黑子定位程式(圖 12)^[12]來求各黑子的經緯度位置將黑子位置數據以 MS/EXCEL 程式加以整理、做圖。

3. 每群黑子的分析討論：探討起始座標差，及在緯度、經度情況。
4. 綜合比較：綜合比較、分析各群黑子相對經度、緯度隨時間的變化。
5. 多次檢驗：以其他方法多次檢驗黑子漂移的各種現象。

三、討論、探討出黑子的漂移。

參、研究設備與軟體使用

一、影像資料來源

- (一) 附近高中教師轉贈的(周定一教授主持之全球日不落、每半小時一幅的 2000 年 7 月份)太陽影像檔(圖 2)，但我們只量整點的影像。
- (二) 大熊湖天文台(BBSO, 全名: Big Bear Solar Observatory)網站上的太陽影像圖^[11]。
<ftp://ftp.bbso.njit.edu>
- (三) 夏威夷天文台的太陽 Active Region Maps 影像(簡稱 ARMaps)(圖 1)，影像取自
<http://kukui.ifa.hawaii.edu/ARMaps/Archive/2000>
- (四) 台北市立天文科學教育館繪製的 1991 年手繪太陽觀測圖(圖 3)。
- (五) 自己拍的 2003 年 1 月 24-26 日太陽影像。
- (六) 直徑 10 cm 太陽面經緯度圖(附件一)。



圖 1 ARMaps

二、電腦程式

- (一) 包舜華先生設計的太陽黑子定位程式
- (二) 廖家賢先生的太陽黑子平面座標轉換球面座標 EXCEL 程式。
- (三) Adobe Photoshop 6.0 影像處理軟體

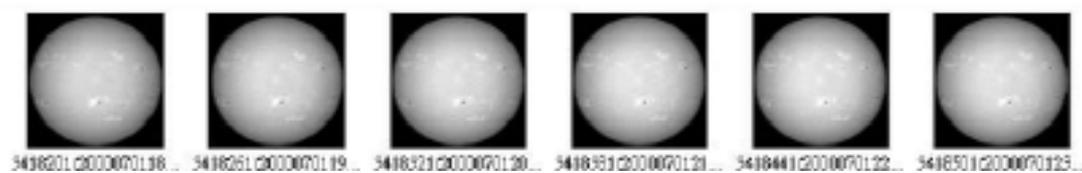


圖 2.全球日不落太陽影像(周定一教授提供)

- (四) MicroSoft Office 的 Excel 2000 試算表軟體

三、其他器材

描圖紙、桌上型電腦、筆記型電腦、天文望遠鏡、Canon 相機、Nikon 數位相機

肆、研究方法與架構

一、預備實驗 認識黑子、確立探討的研究問題

- (一) **學習**：利用太陽觀測手繪圖（圖 3、圖 4）、太陽面經緯度圖，學習套量的方式
- (二) **收集足夠參考資料**：查資料瞭解黑子所在經度(L)、緯度位置(B)、太陽中央子午線的經度(L₀)、太陽「影像圖中心」在「太陽面實際中心」之上或之下的緯度多少處(B₀)，以及太陽的北點方位角(P)（即太陽自轉軸傾向角度）。

二、影像處理與量測黑子

- (一) **傳統方式套量黑子位置**：
 - 1. **觀察描繪**：以望遠鏡觀察太陽與黑子→自己描一小時一張的太陽投影圖
 - 2. **拍照**：以相機拍太陽(最初用傳統相機→改用數位相機)
(後來我們發現此方法缺點多多，詳細結果見第五部分)
- (二) **利用電腦程式量測黑子（最佳方法）**
 - 1. **處理影像資料**：將「全球日不落太陽影像圖」做處理。
 - 2. **量測黑子**：利用太陽黑子定位程式^[12]來求各黑子的經緯度位置。

三、數據分析處理與探討

- (一) **整理、做圖**：將黑子位置數據以 MS/EXCEL 程式加以整理、做圖。
- (二) **分析討論**：探討單一黑子經緯度漂移和各段之間的關係。
- (三) **綜合比較**：分析各群黑子相對經度、緯度隨時間的變化，進行綜合比較。
- (四) **多次檢驗、檢討與改進**：以其他方法多次檢驗黑子漂移的各種現象後，發現了錯誤並更正、改進。
- (五) **探討、討論**：探討,討論出黑子漂移和其他現象，並希望找出造成這些現象的原因。

伍、過程、理論探討與結果分析

一、預備實驗 認識黑子、確立探討的研究問題

(一) **學習**：以太陽觀測手繪圖學習套量黑子的方式：

1.目的：學習套量黑子位置方法、數據處理

2.過程：

(1) 學習量黑子位置的方法：我們先依照台北市立天文館網站上套量黑子位置的方式，用他們的太陽觀測手繪圖學習怎麼量黑子位置。

(2) 取得描圖紙、及太陽面經緯度圖後，先學習判斷 1991 年太陽黑子觀測圖(圖 3) 上不同天的同一群黑子→描下逐日的同一群黑子(圖 4) →尋找適合的太陽面經緯度圖(附件一、二)套在所描的黑子圖(圖 4)上→量出它的經緯度位置。

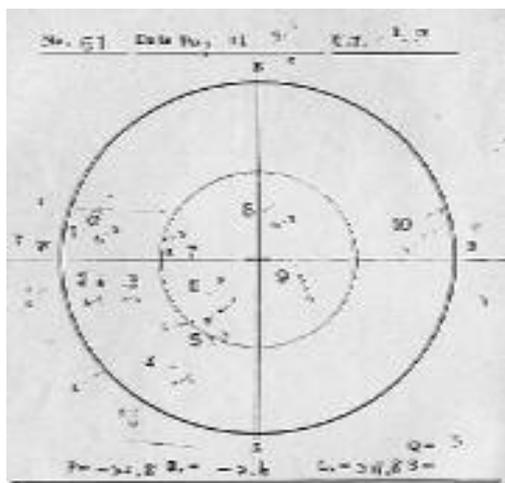


圖 3 台北天文館手繪太陽投影圖

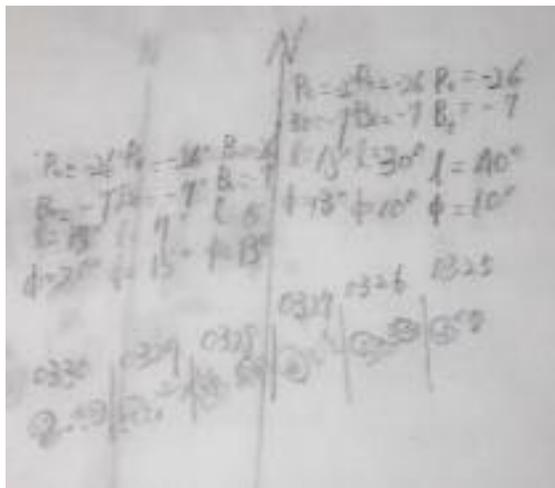


圖 4 我們將 1991/3/25-3/30 同一群黑子描在同一張紙上後的結果

(二) **收集足夠參考資料**：查天文年鑑瞭解了 L、B、L₀、B₀和 P 等數據的意義^[1]：

L：黑子的經度位置，有相對經度和絕對經度之分。

相對經度是直接從太陽面經緯度圖讀出的經度值，以太陽自轉方向來定，若自轉由左到右則右為正，右邊是太陽的西邊。絕對經度值 = (相對經度值) + (中央子午線的經度值)。

B：黑子的緯度位置。

L₀：太陽中央子午線的經度，以公元 1854 年 1 月 1 日格林威治正午時所見太陽面之中央子午線為基準。

B₀：太陽「影像圖中心」在「太陽面實際中心」之上或之下的緯度多少處。在一年中有±7.2 度的變化。

P：是太陽自轉軸北點方位角，在一年中有 ± 26.5 度的變化。

發現

1. 從 1991 年 3、5、6 月份四群黑子的位置量測我們發現到（以圖 4 為例）：
 - (1) 同一群黑子的 P 值可能連續幾天都不變（如 5/10~5/13），可能增多或減少一點。我們三人（三群黑子）的 P 值變化：由-26 到-12 度。
 - (2) 同一群黑子的 B_0 值很少有變化。我們三人（三群黑子）從 3 月到 6 月的 B_0 值變化：由-7 ~ 0 度， B_0 值漸漸大起來。查天文年鑑^[1]知道，它的值到了 7° 之後，又會慢慢減小（附件三）。
 - (3) **同一群黑子的緯度位置**（第一次用“ ϕ ”表示緯度，後來統一用 B 表示緯度），**沒有每一天都相同，有一點小變化**。**同一群黑子的經度位置**（第一次用“l”表示經度，後來統一用 L 表示經度）**逐日變化量**看得出，每天的經度位置變化在 $10^\circ \sim 14^\circ$ 不等，**不是定值**。（這個發現決定我們這次科展的主研究方向喔！）
 - (4) 當黑子位置通過中線時，位置的數據會先變少，再慢慢變多，參考太陽面經緯度圖的說明，位置在中線右邊的經度位置數值是正的，左邊的是負值。
 - (5) 由以上第 3 點的發現黑子位置會改變，再來要了解黑子漂移情形？變化如何？
2. 爲了想對太陽北點方位角（P）、太陽視中心的實緯度值（ B_0 ）多一點認識，我們又再度查天文年鑑^[1]：
 - (1) P：
 - a. P 值全年的變化在-26 到+26 度之間。以 1991 年來說：P 值在 1 月 5~7 日是 0 度，之後越變越小，3 月 23 日~4 月 22 日是-26 度，接著越來越大，7 月 7~8 日是 0 度，後來越來越大，9 月 25 日~10 月 26 日是+26 度。
 - b. P 值從-26 ~ +26 度分別是春分和秋分後的一個月，而 0 度在夏至後和冬至後約兩週，都是相差 6 個月。
 - c. P 值的變化原因：地球自轉軸和公轉軸之間夾角 23.5 度，所以我們所看到的太陽北點位置和實際的太陽北點位置之間會有變化。
 - (2) B_0 的變化：
 - a. 經查天文年鑑，知道 B_0 全年的變化在-7 到+7 度之間。以 1991 年來說： B_0 值在 6 月 3~10 日是 0 度，之後越變越大，9 月 13 日~10 月 5 日是+7 度，接著越來越小，12 月 4~11 日是 0 度，再越來越小，3 月 9 日~4 月 1 日是-7 度。
 - b. B_0 值從-7 ~ +7 度是春分和秋分之前一個半月、之後一週，而 0 度分別在夏至和冬至之前約兩週，都是相差 6 個月。
 - c. B_0 值的變化原因：太陽自轉軸和地球公轉軸之間夾角約 7 度，有時從較上面看太陽，有時從較下面看太陽，所以我們所看到的太陽視中心位置和實際的太陽中心之間會有變化。
3. 以太陽面經緯度圖套量手繪觀測圖的黑子會出現以下問題：

- (1) 眼睛會花掉，在描時，上下紙張會錯開，導致位置偏差，這很難避免，我們開始打算用其他的方法來避免不必要的誤差。
- (2) 若黑子越複雜或大小不同，越難判斷中心，會導致定位不準。
- (3) 一個盤面直徑 10 cm 的太陽面經緯度圖上，經度、緯度各有 180° 每格 5°，要把黑子的經緯度位置數據讀出來，**誤差可能高達 2.5 度！**其準確度是相當令人質疑的！這樣不是辦法，**必須找到代替的其他方法。**

4. 我們的想法：

我們量出的結果是太陽位置有變動，但看不出規律；再查別人研究太陽黑子自行的作品^[8]（如附件四），也不容易看出它的位置變動規律；另一件針對複雜黑子的前導尾隨對主黑子研究的作品^[4]，跟我們的研究目標不同。**我們想：是不是因為台北天文館提供的太陽黑子觀測手繪圖一天只有一張，可是太陽變化劇烈（附件四），一小時內可能就變化很多，以致於如果一天只量一張就無法發現它的變化，而探討不出結果。因為我們沒有一小時一張的太陽影像，所以我們打算自己描太陽，以取得每小時的太陽影像圖。**

二、影像處理與量測黑子

（一）傳統方式套量黑子位置：

✚ 以望遠鏡觀察太陽與黑子、做簡單實驗了解黑子成因(附件五)^[12]、欲套量黑子位置、以投影法描繪太陽並拍照：

1. 目的：以望遠鏡觀察太陽與黑子後，讓我們對黑子有基本的認識。
2. 過程：
 - a. 以望遠鏡**觀察黑子**：我們向附近的高中借來單筒望遠鏡，學習使用望遠鏡描繪、拍攝太陽黑子，並觀察。
 - b. **望遠鏡的組裝、描黑子與裝相機過程**：
立腳架 → 裝上赤道儀 → 調整腳架長度並觀察水平氣泡儀，保持水平（圖 5）
→ 裝上重錘桿及重錘 → 裝上望遠鏡鏡筒 → 調整重錘，以保持望遠鏡與重錘的平衡 → 調整望遠鏡兩端的平衡 → 透過鏡筒的投影來尋找太陽（圖 6）
→ 調整尋星鏡，使其光軸與主鏡筒平行 → 裝上太陽投影板或相機 → 調整望遠鏡兩端的平衡 → 裝上目鏡或加「鎳鉻全口徑物鏡前減光鏡」。
3. 發現的問題：有時候會不小心踢到三腳架，但這問題可以克服，另外，有時會受到天氣的影響而無法觀測。



圖 5 赤道儀上的水平儀



圖 6 用投影法對太陽



圖 7 描太陽黑子

✚ 自己描太陽影像：

1. 目的：把太陽影像投影到夾了一張紙的投影板上後，在紙上描繪黑子的位置並標示方位，以取得一小時一張的太陽影像。
2. 過程：
 - (1) **定出圓心**：我們不可能在投影板上以圓規畫出太陽，所以我們先利用投影的太陽影像在影像四周畫三個點，並利用尺把三個點連成兩條線，以「垂直平分線」的原理在兩條直線的中間分別畫兩條垂直線，兩條垂直線延長後的交點便是一個太陽圓盤面的中心。
 - (2) **畫出和投影板上的太陽一樣大小的圓**：以尺量出「圓心」與「三個點中的其中一點」的距離是 4.7 公分（也就是量太陽圓盤的半徑），便得知太陽投影影像的大小了，最後，我們用圓規在好幾張裁過的紙上分別畫出好幾個半徑 4.7 公分的圓，並在圓上畫個十字架，我們就是利用這些畫好圓的紙來描繪黑子的。
 - (3) **描繪黑子**：由於我們無法讓赤道儀精準追蹤，所以一人在投影板上描繪時（圖 7），需要有另一人以手動的方式追蹤。
3. 出現的問題：
 - (1) 雖然原理簡單易懂，但最初在描繪紙上畫圓時，可能因為圓規太鬆，使幾張紙上的圓大小不太一樣，不只這樣，過程中還有許多易出差錯的地方，如描繪時不小心移動到紙、手應該懸空才不會動到記錄紙，可是無法做到手懸空描繪…等等困難。
 - (2) 描繪時赤道儀無法精準的追蹤太陽，導致太陽一直移動，很難描繪，不像拍照出來的瞬間太陽影像一樣，一動也不動。
 - (3) 若投影板有任何搖晃或追蹤不準，都很容易使描繪的位置有偏差，到時候以太陽面經緯度圖套量出的經緯度數據便會因此而不準，而且非常容易發生這種狀況。
 - (4) 由於投影在紙上的黑子太小，所以描繪時無法將黑子的形狀及大小描繪得很精確，這些都會導致數據太不準確。
 - (5) 黑子的形狀、位置或大小等，都很容易受到工具（如：鉛筆是否有削尖）

的影響。

4. 我們的想法：

投影法描雖然能得到一小時一張的太陽影像，但卻出現了更多問題，經過討論後，**我們決定把相機裝在望遠鏡上拍照以取得太陽影像**，這方法既可得到一小時一張的太陽影像，又能減少誤差。

把相機裝在望遠鏡上拍照：

1.目的：拍到一小時一張的太陽影像。

2.過程：

把相機裝到望遠鏡上拍照：原本用一般單眼相機拍攝，但後來發現因為單眼相機拍攝過程太複雜，且重量太重，使鏡筒兩端無法達到平衡，另外，焦距老是調不準，就連太陽也無法追蹤，所以後來試著用數位相機拍攝，結果發現以數位相機拍既方便又省時，之前的問題全都解決了。

3.發現的問題：

- (1) 照片的亮度會因為相機的曝光、時間等因素而有所不同；接近傍晚時，照片中太陽的亮度會和中午時的差很多，這對於黑子位置的判斷會有影響，很有可能會造成誤差（圖 8）。
- (2) 太陽在每張照片中的位置不同（圖 8），需要用影像處理軟體 PhotoShop 來裁切，會花我們很多時間。
- (3) 因為晚上北方太亮，對不到北極，拍照時追蹤不準，常需移動望遠鏡腳架，使照片中的南北方向無法固定，要用 PhotoShop 來旋轉方向的話，也需推理出旋轉角度，這處理過程對我們來說，是很大的難度。還有，在電腦中要怎麼用量角器量呢？要轉幾度才能把太陽轉對南北向呢？
- (4) 拍照過程中，有時太陽超出視窗範圍，必須調 T-W，結果拍出來的太陽有大、有小（圖 8、表一），比我們看到相機視窗裡的太陽膨脹縮小變動還大，如果在 PhotoShop 中把太陽大小調成和太陽面經緯度圖一樣大再印出來套量，必須一張張照片換算比例來調大小，會花很長時間；而印出來，也要用很多紙。

表一 已挑選過後的照片影像資料（在此僅列第 3~第 11 張照片的資料為例）：

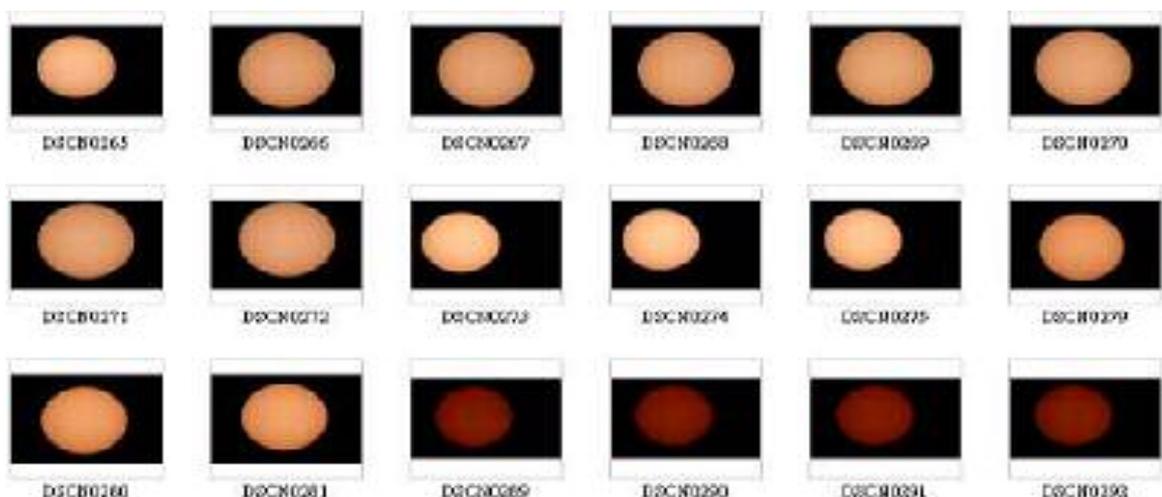


圖 8 我們自己拍的太陽，還沒改檔名、裁切的原始影像（只舉以上幾個圖為例）

(5) 既然希望發現和確定黑子的漂移，勢必需要很多數據，也就是必須照很多

張數	多張	拍攝時間	Max _x (pixel)	Max _y (pixel)
3	照片	2003/1/24 15 時 00 分	36.55	36.44
4	。	2003/1/24 16 時 00 分	36.48	36.41
5	不論	2003/1/25 10 時 31 分	35.35	35.21
6	晚上	2003/1/25 11 時 02 分	32.42	32.49
7	或	2003/1/25 12 時 03 分	34.54	34.50
8	白天	2003/1/25 13 時 00 分	35.28	35.31
9	，	2003/1/25 14 時 01 分	29.19	29.14
11	太陽	2003/1/25 15 時 02 分	41.10	40.71

黑子依然會有變化，但我們晚上時拍不到照片，頂多一天才拍到十個小時的照片而已！也就是我們的數據會斷斷續續的，這是一個必須解決的問題。

(6) 而我們的照片只有拍幾天的原因是因為遇到陰天，也就是會受天氣的影響，如此一來，數據斷斷續續的情形會更加嚴重。

4. **我們的想法**：沒想到用相機拍太陽依然有那麼多問題，而且問題還多得驚人！真是出乎我們的意料之外！我們總不可能利用這些斷斷續續的太陽影像來分析，經過討論後，基於多種因素的考量，做了一個重大的決定——**我們可以考慮去尋找一小時一張且時間不會斷斷續續的太陽影像，並且尋找黑子定位的程式，以減少誤差，再以電腦來分析數據！**



圖 9.1 我們花費許多時間學習程式操作



圖 9.2 圖 9.3 圖 9.4 週休二日、寒暑假，別人打電動、看電視，我們處理數據、作圖、分析、討論、打報



(二) 利用電腦程式量測黑子

一開始，我們先找出去年全國科展第一名的作品^[9]提到的黑子定位方法和程式，原以為該程式須以人為的方式定出黑子中心，會有人為的誤差。也以為把中心座標「在代入 EXCEL 表格過程中，如果平面座標轉換太陽球面座標的公式不懂的話，萬一某

些欄位執行錯誤，我們會檢查不出來」。

後來經過附近高中老師介紹使用包舜華先生的黑子定位程式^[12]，並轉贈給我們清華大學天文研究所所長周定一教授主導的「全球日不落」觀測計畫之太陽觀測影像—2000年7月份的太陽影像檔，如此一來，終於可以大大的減少誤差了！

✚ 了解太陽影像檔檔名所代表的時間→更改檔名→翻轉影像方向並更改檔案類型：

1. **了解檔名所代表的拍攝時間：**推算各影像的拍攝時刻，例如：檔名 3417121 的太陽影像是 7 月 1 日 0 時（光碟上有說明），而 3417181 則是 7 月 1 日 1 時，我們就是這樣子以此類推的。

(1) **更改檔名：**為了防止我們把時間的算法搞錯或算錯，於是我們決定把每張太陽影像的檔名後面加上時間，以防止錯誤的發生，方法如圖 10：

例如：

原檔名 3417121 即 2001 年 7 月 1 日 0 時 0 分，在原檔名後加寫 (07010000)，檔名變成 3417121(07010000)

原檔名 3417271 即 2001 年 7 月 1 日 2 時 30 分，在原檔名後加寫 (07010230)，變成 3417271(07010230)（如圖 11）

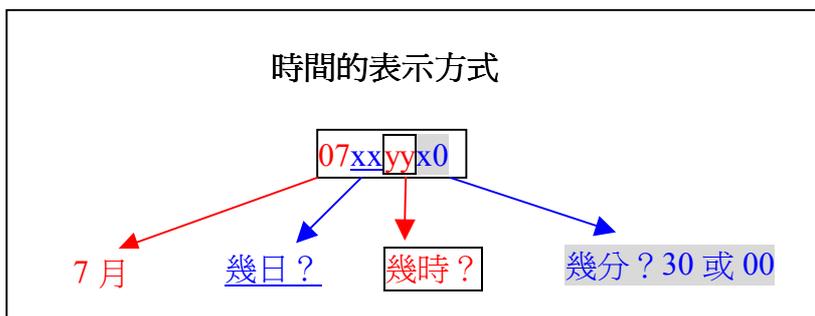


圖 10 原檔名後面所加時間的意義



圖 11 檔名更改例

(2) **翻轉影像方向：**我們參考全國科展的作品^[9]，發現他們的黑子有編號，是對照夏威夷天文台 ARMaps^[13]上黑子的號碼來編。而我們又發現周教授的太陽影像和 ARMaps 的影像上下左右剛好方向相反，為了要對照 ARMaps 上的黑子編號，需將全球日不落太陽影像圖先 180 度翻轉完後，再水平翻轉成和 ARMaps 的方向一樣。

(3) **更改檔案類型：**由於包老師的黑子定位程式只能量「.bmp」圖檔的黑子，所以我們必須利用 Photoshop 影像軟體把所有轉好方向的太陽影像圖檔轉成「.bmp」圖檔類型。

2.發現的問題：檔名的時間一個一個的算太麻煩了，所以我們後來想出利用 Excel 來算比較快（表二）。

表二 用 EXCEL 將原檔名換算為 7 月幾日幾時舉例

檔名換算時間表(1)								
原檔名	代表時間(天)	時	原檔名	代表時間(天)	時	原檔名	代表時間(天)	時
3418681	1.08	2	3425521	5.83	20	3428161	7.67	16
3418741	1.13	3	3425581	5.88	21	3428221	7.71	17
3418801	1.17	4	3425641	5.92	22	3428281	7.75	18

量黑子位置：由於我們決定一小時量一幅影像，從 7 月 1 日到 15 日，數據就已經超過 30 組，另外，為了減少誤差，所以三人都從 7 月 1 日量到 15 日，到時候再把三組的數據平均。

1. 目的：用包老師的太陽影像處理系統程式來量黑子位置，以得數據（如圖 12）。

2. 過程：

- (1) **量黑子數據**：設定時間並定出太陽中心位置：將 sunspots_image 的黑子定位程式打開 / 開啓處理過的圖檔（如 3417121(07010000)） / 把時間設定好 / 定出中心位置--以“圖中心”的位置來定太陽中心位置時，若太陽中心位置不對，再更改中心位置微調，或者換成以“最亮點”的方式取中心。

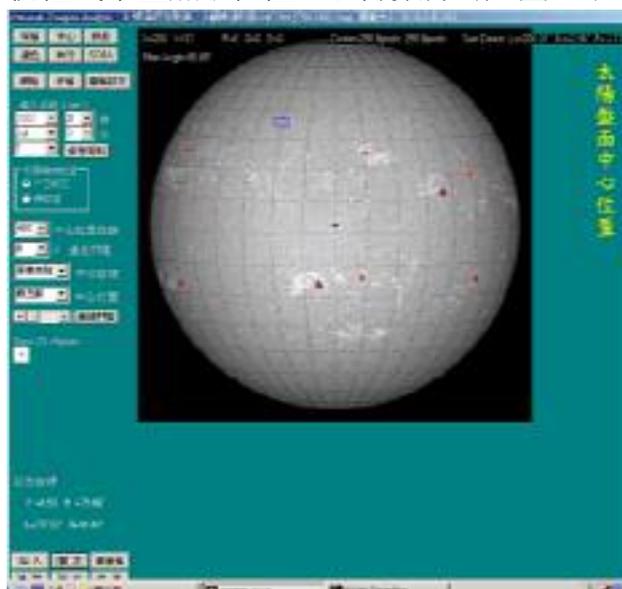


圖 12 以 sunspots_image 黑子定位程式量黑子位置

※判斷中心位置是否正確的方法：先把游標移到圖的最右下角→看看圖右上方顯示的 X 和 Y 的位置（圖右上方顯示游標的 X、Y 位置）→把游標移到定出的中心上→再看看 X 和 Y 的位置是不是圖右下角的一半，若是的話，代表中心位置正確。

- (2) **開始分析**：選一個黑子 / 【/裁剪/濾色/執行/SDEA/網格/存檔（檔名為 070xyyz0.jpg）/左下方的加入】 / 另選一個黑子重複【】內動作，太陽邊緣的黑子變形嚴重不要測量。
- (3) **得到原始數據**：每做完一顆黑子就必須按「加入」鈕（如右圖最左下角），才不會讓數據不見了，最後，在程式的右下角按「顯示」鈕，接下來要將這些數據（如表三）打入 Excel。

表三 sunspots_image 黑子定位程式顯示的各黑子位置與影像處理資料

Sunspot Data													
1	L=41.11°	B=10.80°	P=0.89	θ=103.83°	X=44	Y=306	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
2	L=50.3°	B=16.27°	P=0.83	θ=112.2°	X=69	Y=332	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
3	L=63.90°	B=17.96°	P=0.69	θ=120.17°	X=109	Y=341	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
4	L=118.82°	B=16.12°	P=0.42	θ=219°	X=320	Y=336	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
5	L=133.24°	B=13.97°	P=0.57	θ=236.7°	X=375	Y=325	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
6													
7	L=63.44°	B=13.25°	P=0.65	θ=73.08°	X=104	Y=210	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
8	L=63.16°	B=23.51°	P=0.68	θ=58.45°	X=112	Y=166	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
9													
10	L=159.88°	B=12.56°	P=0.64	θ=77.03°	X=455	Y=210	area=0%	corrected area=0%	k1=214.46	k2=38.79	k3=226.07	k4=97.71	Gate=0
11													
12													
13													
14													
15													

1. 發現及問題：每一顆黑子的數據都差得不多，因為一到兩小時內不可能差超過「2°」，另外，有了這個程式後，讓錯誤和問題幾乎沒有，有的話，也能很快的解決，我們很高興做了正確的選擇，但還是會有錯誤，不過比之前的還容易解決，如下：
 - (1) 有時無法分辨要量黑子的什麼位置，因為許多黑子群擠在一塊，難以分辨到底哪一顆才是有編號的、哪幾顆是同一群，但仔細的核對 ARMaps 後，這問題還是可解決。
 - (2) 在使用 sunspots_image 的黑子定位程式時，有時會忘記更改對話窗的日期，導致測量錯誤。
 - (3) 這問題還是可解決。在使用 sunspots_image 的黑子定位程式時，有時會忘記更改對話窗的日期，導致測量錯誤。使用 sunspots_image 的黑子定位程式時，有時會忘記更改對話窗的日期，導致測量錯誤。

三、數據分析處理與探討

(一) 整理、做圖

整理

1. 目的：將數據加以整理後，做圖並分析。
2. 過程：
 - (1) 三人分別把算出來的數據打入 Excel。(如表四)(我們爲了減少誤差，所以三人都測量同樣的太陽黑子)

表四 07010000 黑子 經緯度位置數據表

國際編號	月	日	時	L(°)	B(°)	Lo (<°)	Bo (<°)	P (<°)	相對經度(°)
9067	7	1	0	150.94	24.04	210.97	2.85	-2.79	-60.03
9062	7	1	0	204.9	-16.03	210.97	2.85	-2.79	-6.07
9061	7	1	0	218.5	-13.34	210.97	2.85	-2.79	7.53

- (2) 再將三人的數據合併→依黑子編號排序→平均緯度、相對經度。(如表五)

表五 所有數據合併→排序後數據平均(以9069號黑子爲例)

國際編號	月	日	時	L(°)	B(°)	B平均(°)	Lo(°)	Bo(°)	P(°)	相對經度(°)	相對經度平均(°)
9069	7	9	3	35.96	-17.87		18.53	3.77	1.12	17.43	
9069	7	9	3	31.21	-17.29		18.53	3.77	1.12	12.68	
9069	7	9	3	30.94	-17.03	-17.40	18.53	3.77	1.12	12.41	14.17

- (3) 整理平均結果：把每一群黑子分開，並再度分配給三人去做圖。

3. 發現了問題：

(1) 數據有誤：

- a、問題：數據在一小時內不可能變化太多，但我們發現有的數據差距太大，表示數據有誤，原因可能是輸入錯誤或分析錯誤。
- b、解決方法：想辦法找到出錯的地方，並修正，若找不出錯誤或無法修正，就只能再重量一次了。

※我們如何得知數據是否正確：由於我們每一個小時就分析一張太陽影像上的黑子，也就是每組數據之間相差一個小時，黑子在一個小時內的移動不可能太快，所以若發現有一顆黑子的數據和上下差太多時，就可得知該數據錯誤。

(2) 方法有誤：

- a、 問題：雖然我們爲了講求快速和精確，以 Excel 的公式計算，但有時還是會因公式和複製時的錯誤，或是其他因素而有問題。
- b、 解決方法：做完幾個步驟就仔細檢查一次。
- c、 例子：我們發現有的相對經度數據竟然有超過 90°的，因爲一個圓是 360 度，但我們所看到的只有 180 度， L_0 又把 180°分成兩半，所以相對經度在 $\pm 90^\circ$ 之間，太陽面左右半邊相對經度最多只有 90°。而 9073 號黑子 7 月 10 日 12 時的相對經度竟然是 334.25°。經過重量 7 月 10 日 12 時的 9073 號黑子， $L=324.58^\circ$ （絕對經度）沒錯， $L_0=0.33^\circ$ （初始經度）也沒錯，調出網格圖和 ARMaps 來對照 9073 號黑子在太陽面經緯度線套上去後的相對經度位置，顯然這個地方用 $L-L_0$ 得不到正確經度數據，究竟要怎樣算才對呢？討論了將盡一個下午，終於找到解決分法：



- d、 當黑子在太陽的左半邊，且當時的 L_0 接近 0° ， L 接近 360° 時，便用下列式子算出相對經度：

$$L - (360^\circ + L_0)$$

原因（請看圖 13）：

$$360^\circ + (\text{相對經度} + L_0) = L$$

$$\Rightarrow L - 360^\circ = \text{相對經度} + L_0$$

$$\Rightarrow L - L_0 - 360^\circ = \text{相對經度}$$

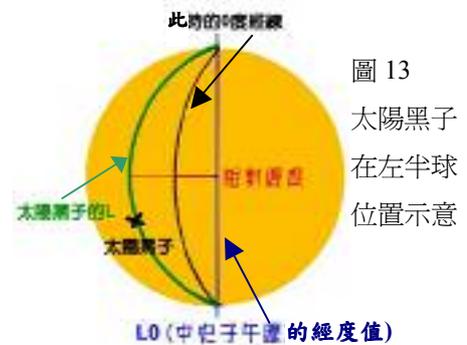


圖 13
太陽黑子在左半球位置示意

- e、 假如 $L_0=5^\circ$ ， $L=350^\circ$ ，用原來的算法求相對經度是 $L-L_0$ ，那相對經度會是 345° ，改用新方法 $350^\circ - (360^\circ + 5^\circ) = -15^\circ$ ，符合這顆黑子在太陽上的位置（請看圖 13）。
- f、 當黑子在太陽的右半邊，且當時的 L_0 接近 0° ， L 接近 360° 時，便用下列式子算出相對經度： $360^\circ + L_0 - L$

🔧 做圖：

1. 目的：把整理過後的數據做成圖，以觀察黑子的漂移。
2. 過程：爲了降低誤差，當初三人都量同樣的黑子，所以有三組相同的數據，因此我們先把三人的數據平均後，再做圖。

(1) 緯度：

- a. 做圖：做緯度隨時間變化圖→做「實際緯度-平均緯度」隨時間的變化圖。
- b. 方法改變：發現「實際緯度-平均緯度」隨時間的變化圖起伏完全和緯度隨時間變化圖相同，所以做「實際緯度-平均緯度」隨時間的變化圖這個步驟刪除。
- c. 選擇線性回歸趨勢線和公式、 R^2 ：觀察數據點情形和係數，以選擇最佳的趨勢線。
- d. 做總圖：將每一群黑子緯度作在一張圖中，以便比較每群黑子的漂移。

(2) 經度：

- a. 做圖：做相對經度隨時間變化圖→算出“依線性回歸的經度位置”。如： $(= 0.5231 * D3 + 47)$ →算出「相對經度-依線性回歸的經度位置」→做隨時間圖。
- b. 方法改變：我們發現「相對經度-依線性回歸的經度位置」隨時間變化圖和經度隨時間變化圖起伏完全相同，所以將前者步驟刪除。
- c. 顯示線性回歸趨勢線、公式及 R^2 ：觀察數據點分布情形、係數及 R^2 ，以選擇最適合的趨勢線。
- d. 做總圖：將每一群黑子經度作在一張圖中，以便比較每群黑子的漂移。

3. 結果：總圖 16~18，放在 pp.21~24 頁，結果分析則如下。

✚ 如果相對經度一群黑子做一個圖，很不方便比較，曾看到全國科展作品把好幾組數據畫在同一個圖，我們也想嘗試，試了 2 天，終於成功的將各群黑子相對經度隨時間分佈圖同時呈現於一張圖上（圖 16~18，圖很大，放在 pp.21~24 頁。做圖方法在 p.20 說明）。

(二) 分析討論

✚ 經度

1. 目的：探討黑子在經度方向的漂移和現象。
2. 過程：
 - (1) 觀察數據點變化：觀察經度隨時間變化圖中，數據點的變化。
 - (2) 總整理：把分析結果總整理。
3. 結果：
 - (1) 有時往左漂，有時往右漂：趨勢線上的一點是黑子再那個時間應該要到達的位置，也就是太陽自轉使黑子到達的位置，而黑子一旦離開這個位置，那表示黑子有漂移，而我們發現數據點有的在趨勢線左邊，有的在趨勢線右邊，那表示黑子有時往左漂，有時往右漂。
 - (2) 複雜黑子漂移較明顯：我們也發現構造較複雜的黑子漂移較明顯，構造簡單的黑子則較不明顯。

✚ 緯度

1. 目的：探討黑子在緯度方向的漂移和現象。
2. 過程：
 - (1) Excel 處理：

- a. **分段**：由於我們發現數據都會有一段一段的現象(如圖 14 中藍色圈起部分，共有 9 段)，所以把數據分成好幾段來看它的移動狀況。

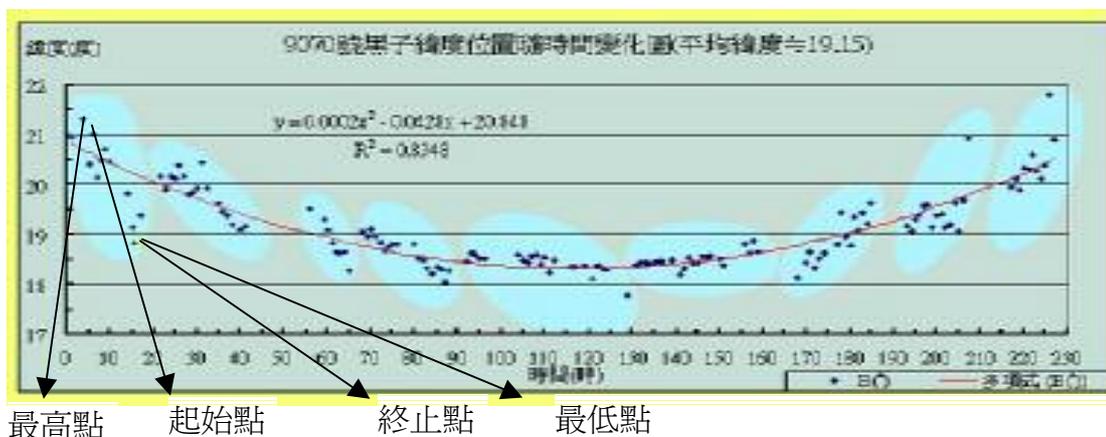


圖 14 將數據點分成一段段

- b. 找出每段的**起始點**、**終止點**、**最高點**和**最低點**：將每段的起始點、終止點、最高點和最低點座標數據輸入 Excel，以方便分析。

(2) **比較與分析可信數據**：

- 比較**後段起始和前段終止**：將各個點數據(分成時間,緯度兩部分)，並拿第二段的起始點減第一段終止點、第三段的起始點減第二段終止點(如表六)，算出差距。**標明數據是否可信**：如後段起始與前段終止時間差得少，也就是數據缺得少，數據是可信的，以藍色呈現。
- 比較**同一段的最高最低點**：以每段的最高點減最低點，算出每段最高最低點的差，表示黑子在同一段內位置改變的最大量。
- 比較**不同段的起始點**：為要了解每段起始狀況。

3.討論與發現：以下是我們探討黑子在緯度方向的漂移(指呈現部分分析過程，詳細過程在實驗日誌，於科展評審時呈現)

表六 9070 號黑子緯度隨時間變化分段數據表

9070 號黑子

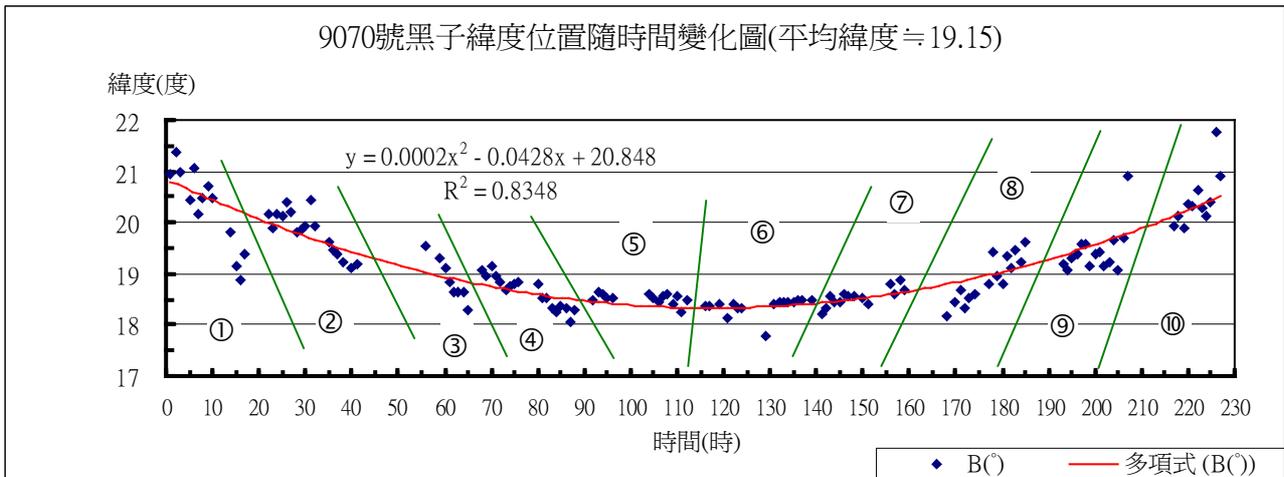


圖 15 9070 號黑子緯度隨時間變化圖

黑子資料時間：2000/07/03/08-12/18

分段	各段起始座標差		後段起始-前段終止座標差	
	時間 (h)	緯度 (°)	時間 (h)	緯度 (°)
往南漂部分				
第一段-第二段	21	0.78	5	0.79
第二段-第三段	34	0.66	15	0.35
第三段-第四段	12	0.47	3	0.75
第四段-第五段	24	0.57	4	0.2
往北漂部分				
第五段-第六段	24	0.1	4	0.12
第六段-第七段	25	0.17	2	0.29
第七段-第八段	27	0.05	9	0.50
第八段-第九段	25	1.04	8	0.43
第九段-第十段	24	0.74	11	0.25

分段	最高最低點座標差	
	時間(h)	緯度(°)
往南漂部分		
第一段	14	2.49
第二段	9	1.32
第三段	9	1.22
第四段	17	1.09
第五段	18	0.38
往北漂部分		
第六段	-10	0.7
第七段	-17	0.66
第八段	-17	1.47
第九段	-12	0.61
第十段	-8	0.99

數據表中藍色數字表示較可靠的數據。圖 15 中分段數據較完整的，比較出來的時間差和緯度差就較可靠。

9070 號黑子分析討論

(1) **這群黑子最規律**：9070 號黑子的緯度隨時間變化圖是所有黑子中最對稱，也是最規律的，原因可能是 9070 的數據比較完整，且數據量大（141 個數據）。

(2) **各段起始座標差**：

- a、 時間：第 2~3 段之間的黑子資料因太陽影像模糊，使我們無法分析，以致於不連續，而各段開始往南、往北漂的時間差在 21-25h 之間。

b、 緯度：規律比時間還明顯，從可信的數據來看，**不管往南漂或往北漂的部分，緯度越高，差距越大，緯度越低，差距越小。**

(3) 後段起始-前段終止的座標差：

- a、 時間：差越小，表示數據越連續，可作為判斷前後段起始座標差值是否可信賴的依據。
- b、 緯度：從可信賴的數據來看**不管往南漂或往北漂的部分，緯度越高，差距越大，緯度越低，差距越小**，也就是往南漂的部分漂移量由多變少、往北漂的部分由少變多。

(4) 各段最高-最低座標差：

- a、 時間：差在 **10-18** 小時之間。
- b、 緯度：往南漂的漂移量有**緯度越高，差距越大，緯度越低，差距越小的現象。**

(5) 漂移狀況：黑子剛出現時，緯度很高，接下來一直往南漂，但到了 0 度經線附近，又開始往北漂，就是有這樣的漂移，使緯度隨時間變化圖的兩邊如此對稱。

圖 15 看起來對稱，從數據表七也看得出來，再整理如下：

表七 9070 號黑子緯度對時間變化規律（只看表六中可靠的數據）

結 果 比 較	項 目	各段起始座標差		後段起始-前段終止的座標差		每段最高最低點座標差	
		時間(h)	緯度(°)	時間(h)	緯度(°)	時間(h)	緯度(°)
往南漂部分	21~25	緯度越 高，差距越 大，緯度越 低，差距越 小	5、3、4	緯度越高，差 距越大，緯度 越低，差距越 小	10~18	0.38~2.49	
往北漂部分			4、2、8			0.61~1.47	
是否規律	是，因數據很完整且數據量大，所以緯度隨時間變化圖是所有黑子中最對稱，也是最規律的						
發現黑子漂 移大趨勢	黑子剛出現時，緯度很高，接下來黑子一直往南漂，但是到了 0 度經線附近，又開始往北漂						
整群最大漂 移量	3.56 度						

我們把每一群黑子都做〔像以上的 9070 號黑子一樣〕的緯度隨時間變化深入分析（其他群的分析在實驗日誌，於科展評審時呈現）。

我們在 EXCEL 中作圖後，可以根據點的分佈選趨勢線，也發現“選項”功能內，可以叫出趨勢線公式，還有個顯示 R-squared 的功能，請教後，得知 R-squared 叫做“相關係數的平方”，還得知以下的新觀念。

相關係數的意義^[10]：相關係數越大代表那一條趨勢線**越能表示黑子的出現位置**，例如：相

關係數若是 0.9999 的話，那麼那一組數據點幾乎全落在趨勢線上。

依照相關係數的高低，可做以下的分類：

- $R=+1$ 為完全正相關； $R=-1$ 為完全負相關
- $0.6 \leq |R| < 1$ 為高度相關
- $0.3 \leq |R| < 0.6$ 為中度相關
- $0 < |R| < 0.3$ 為低度相關

接下來做表八來觀察、比較，和在 EXCEL 中變換係數大小，來探討回歸式裡各項係數大小對線的彎曲度影響。(詳細過程請見附件六)

(三) 綜合比較：

✚ 緯度隨時間變化趨勢線公式的討論與發現 (表八)：

表八 各群黑子緯度隨時間變化尋找關係所得數據表(依報告排序)								
編號	平均緯度(°)	量測時間 (起始，終了) (日/時)	量測時間 長度 (時)	量測 數據 (個)	緯度隨時間變化			
					回歸式	R ²	R	相關性
9070	19.15	3/8，12/18	227	141	$y=0.0002x^2-0.0428x+20.848$	0.8348	0.9	高
9066	12.64	1/0，7/7	152	106	$y=0.0003x^2-0.0627x+14.908$	0.6828	0.8	高
9069	-14.29	2/0，13/8	273	142	$y=0.0001x^2-0.0579x-9.5551$	0.8533	0.9	高
9079	-27.22	10/13，15/19	127	79	$y=0.0001x^2-0.0048x-27.658$	0.6962	0.8	高
9067	-18.63	1/0，10/23	240	170	$y=0.0001x^2-0.0405x-16.61$	0.8657	0.9	高
9065	23.30	1/0，9/22	215	115	$y=0.0002x^2-0.047x+25.041$	0.8045	0.9	高
9068	-17.24	2/0，11/8	225	156	$y=0.0001x^2-0.0405x-16.61$	0.8657	0.9	高
9062	-16.32	1/2，6/20	139	94	$y=0.0001x^2-0.0159x-15.883$	0.2569	0.5	中
9061	-13.82	1/0，5/0	97	70	$y=0.0002x^2-0.0232x-13.468$	0.2572	0.5	中
9073	-17.77	6/11，13/13	171	121	$y=0.0122x-18.808$	0.8134	0.9	高
9055	17.96	1/0，2/17	41	36				
9056	-14.60	1/0，2/19	44	36				
9057	12.60	1/0，4/9	82	56				
9081	1.29	12/8，15/19	84	56	$y=0.0002x^2-0.0133x+1.3443$	0.3581	0.6	高
9082	-10.44	12/15，14/19	53	36	$y=0.0007x^2-0.0184x-10.655$	0.4912	0.7	高
9085	12.96	13/21，15/19	47	22				
				683				

1. 為要瞭解本次研究的 2000 年 7 月 1 日 0 時 ~ 7 月 15 日 19 時之間，黑子緯度隨時間變化的特殊現象(一段段逐漸往南再往北漂、每段時間間隔約 21-25 小時)，想知道和日期有沒有關連？也要探討黑子在經度方向的漂移狀況和規律，就做各群緯度隨時間變化總圖、相對經度隨時間變化總圖來比較。(圖 16~18，因為圖很大，另外放在第 21 頁~第 24 頁)

圖 17 作法 (圖 16 作法一樣) 說明：

- (1) 將數據排序：先把相對經度和時間、黑子編號的數據貼到新的 Excel 後排序，順序為黑子編號→時間
 - (2) 做圖：把各群相對經度與時間的數據合在同一個表(XY 散佈圖)，各群統一由 7 月 1 日 0 時當時間起點：1 時。
 - (3) 加上趨勢線公式：做出的每一群黑子數據點加上線性回歸線和公式，並加上 R² 的顯示，還要把每條線性回歸線用上不同的顏色。
 - (4) 標明黑子編號：線性回歸和公式如： $y=0.999x-58.544$ ，在 y 的右下角加上黑子群國際編號，再將國際編號反白點選字型把它用在下方，編號的顏色和線的顏色相同，例： $y905=0.999x-58.544$ 。
2. 分析並討論：將圖 17-18（圖 17 的 x 座標是時間，y 座標是相對經度；圖 18 的 x 座標是相對經度，y 座標是時間）分析討論後，把結果做整理如表九。

圖16 黑子緯度隨時間變化圖

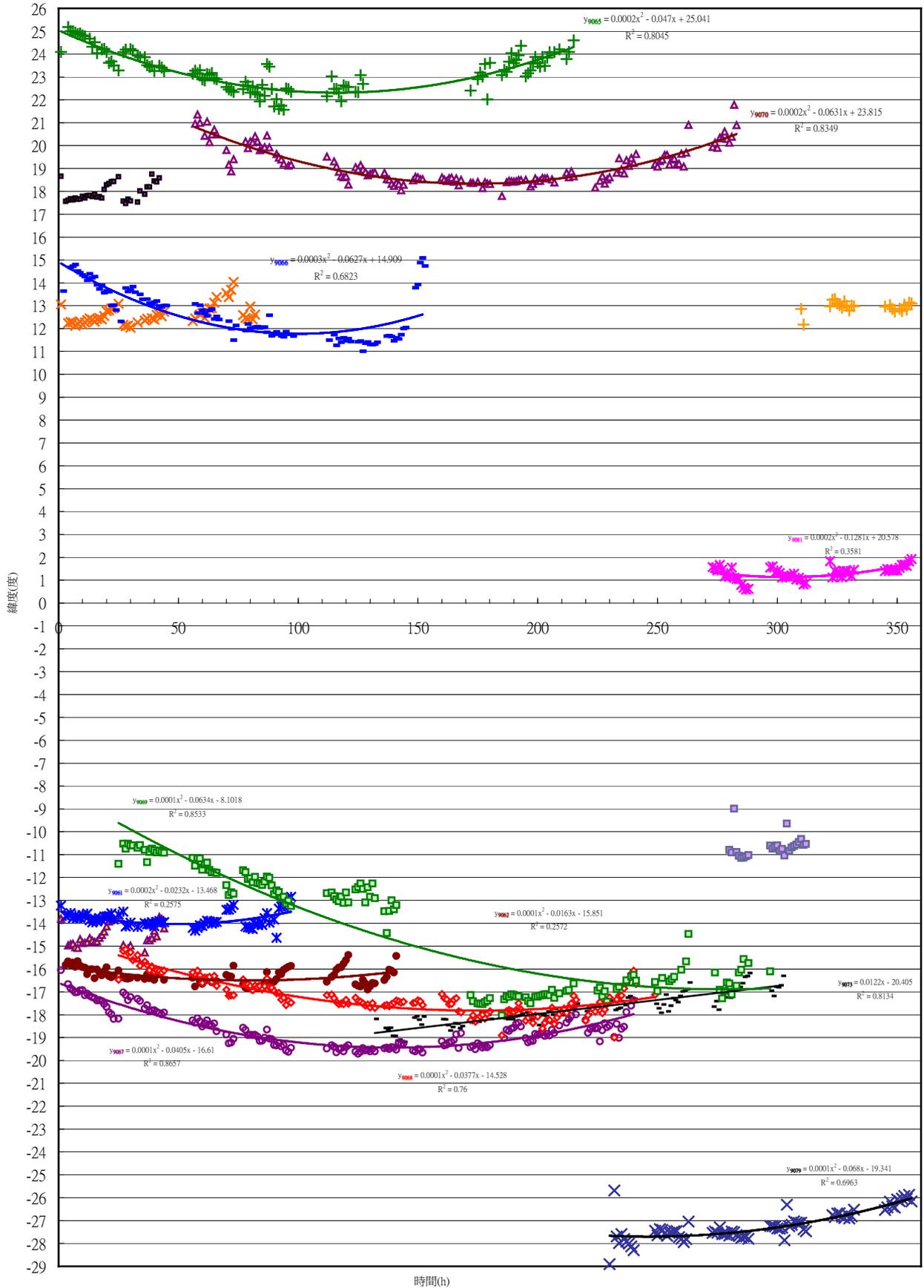


圖17 各群黑子相對經度隨時間變化圖

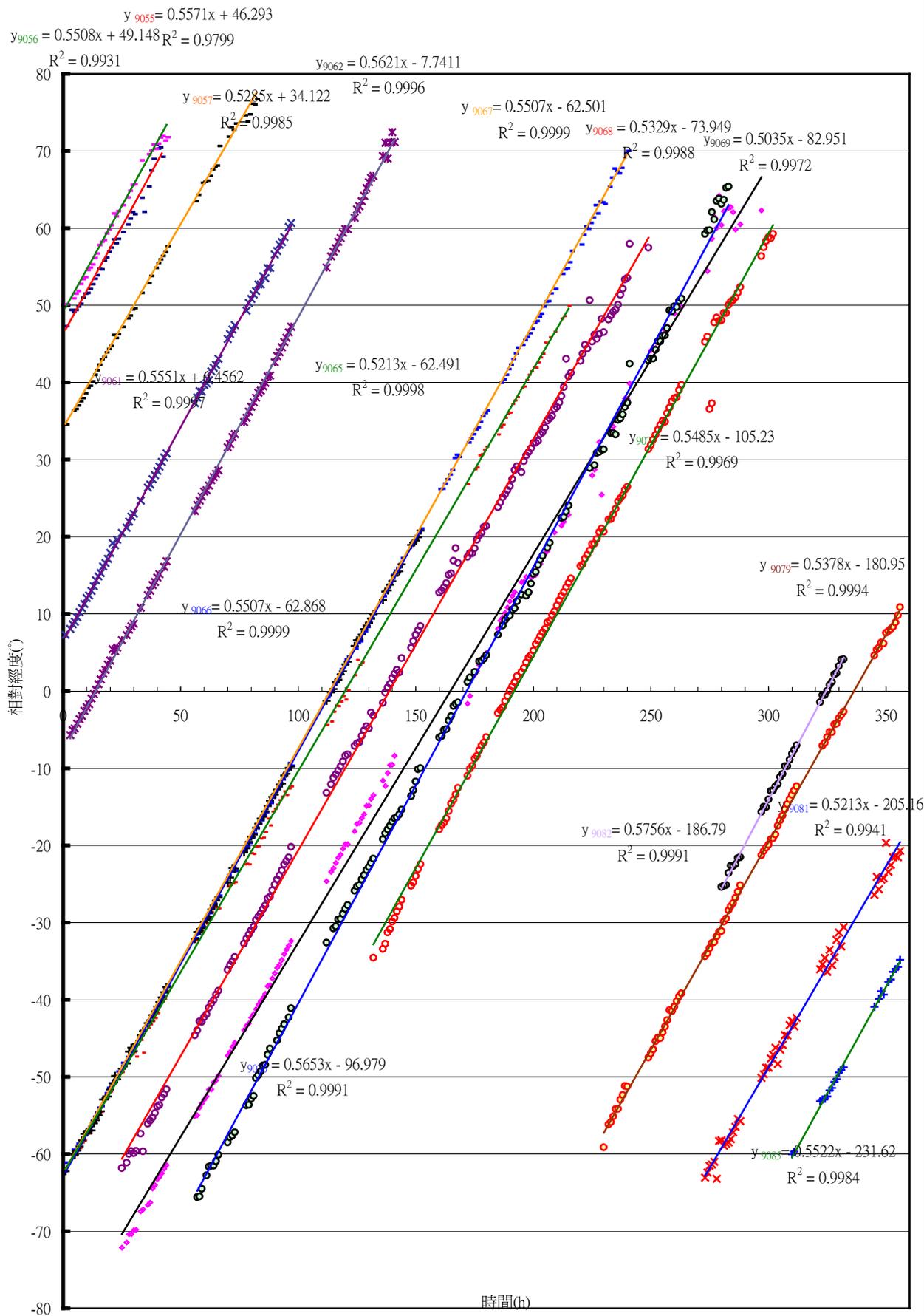
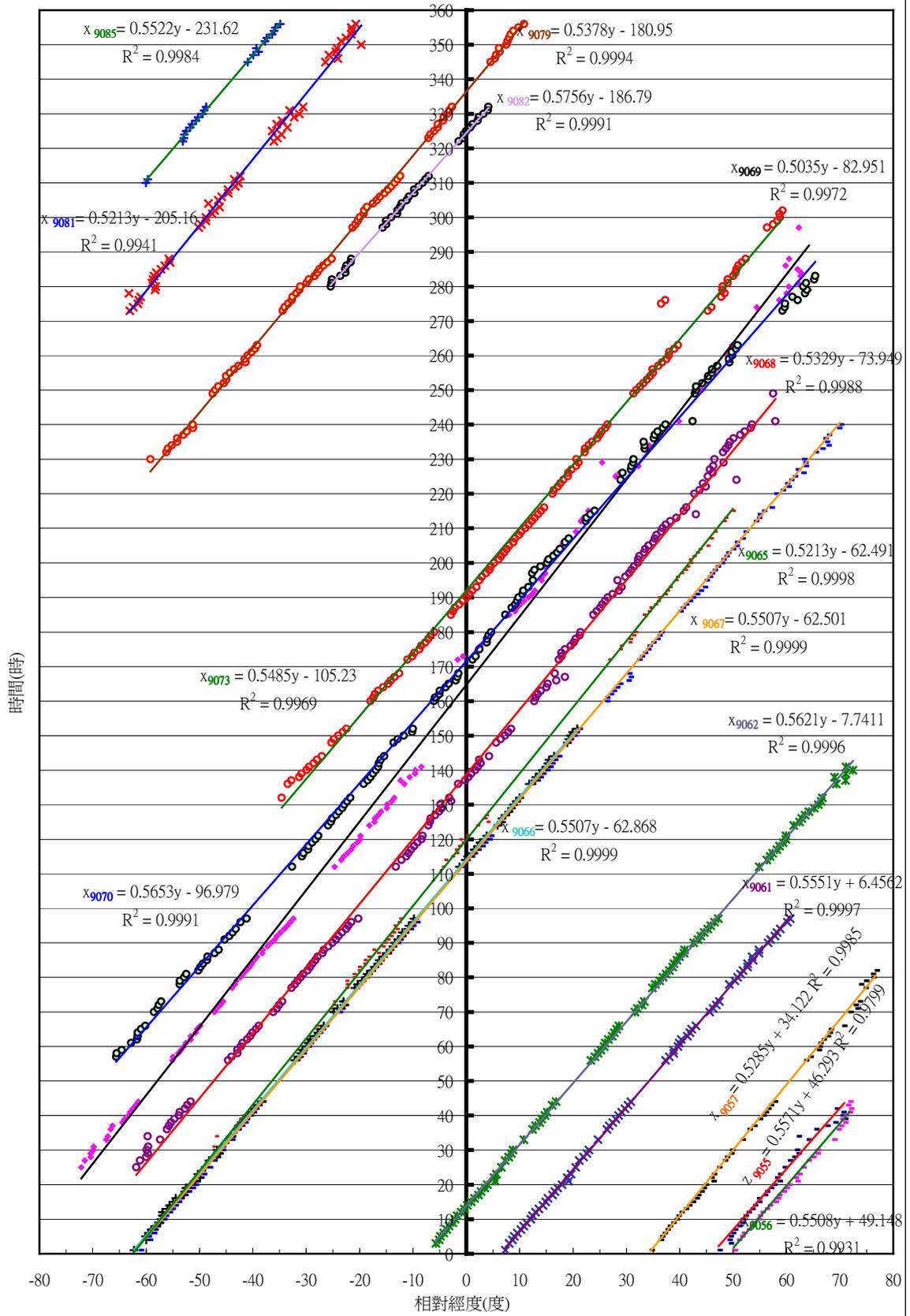


圖18 各群黑子相對經度隨時間變化圖(回歸公式群號顏色與趨勢線顏色相同)



✚ 經度隨時間變化的討論與發現

1.圖 17、圖 18 做線性回歸的作用：之所以用線性回歸，是因為黑子經度隨時間變化的每一群黑子的數據點排列像一條直線。回歸出來的直線是黑子的預測位置，和實際的位置做比較，看看是否有差距，若差距**很大**，那表示在經度上有漂移，若差距**很小**，那表示**幾乎沒有漂移**。

2.有些數據有中斷的原因：

- (1) 黑子在那一段時間突然消失或沒出現。
- (2) 太陽影像太模糊以致於無法分析。
- (3) 那一段時間沒有太陽影像。

3.有些黑子情況特殊，發現是數據有誤，造成數據有誤的可能原因：

- (1) 許多群黑子距離特別近，難以判斷哪一顆才是我們要量的，很容易量錯黑子。
- (2) 輸入 Excel 時發生錯誤。
- (3) 處理數據或做圖時發生錯誤（發現有誤的數據都有重做一~四次，直到數據正確，所以做圖所用數據的準確性很高）。

※這些問題大多是可以預防的。

4.從圖 18 可以看出黑子的相對經度都在 80° 與 -80° 之間，因為 $-80^\circ\sim-90^\circ$ 、 $80^\circ\sim90^\circ$ 的黑子變形嚴重，沒辦法量。

我們把圖 17 的線性回歸趨勢公式整理成表九，再做觀察比較。

編號	平均緯度(°)	量測時間(啓始，終了)(日/時)	量測時間長度(時)	量測數據(個)	線性回歸式	R ²	轉速(°/h)	轉速(°/d)	會合自轉週期(天)
9065	23.30	1/0，9/22	215	115	$y=0.52x - 62.49$	0.9998	0.52	12.51	28.77
9070	19.15	3/8，12/18	227	141	$y=0.56x - 96.98$	0.9991	0.57	13.57	26.53
9055	17.96	1/0，2/17	41	36	$y=0.56x + 46.29$	0.9802	0.58	13.85	25.99
9085	12.96	13/21，15/19	47	22	$y=0.55x - 231.62$	0.9984	0.55	13.25	27.16
9066	12.64	1/0，7/7	152	106	$y=0.55x - 62.87$	0.9999	0.55	13.22	27.24

9057	12.60	1/0, 4/9	82	56	$y=0.53x + 34.12$	0.9985	0.53	12.68	28.38
9081	1.29	12/8, 15/19	84	56	$y=0.52x - 205.16$	0.9941	0.52	12.51	28.77
9082	-10.44	12/15, 14/19	53	36	$y=0.58x - 186.79$	0.9991	0.58	13.81	26.06
編號	平均緯度(°)	量測時間(啓始, 終了)(日/時)	量測時間長度(時)	量測數據(個)	線性回歸式	R ²	轉速(°/h)	轉速(°/d)	會合自轉週期(天)
9061	-13.82	1/0, 5/0	97	70	$y=0.56x + 6.46$	0.9997	0.56	13.32	27.02
9069	-14.29	2/0, 13/8	273	142	$y=0.50x - 82.95$	0.9972	0.50	12.08	29.79
9056	-14.60	1/0, 2/19	44	36	$y=0.55x + 49.15$	0.9931	0.55	13.22	27.23
9062	-16.32	1/2, 6/20	139	94	$y=0.56x - 7.74$	0.9996	0.56	13.49	26.69
9068	-17.24	2/0, 11/8	225	156	$y=0.53x - 73.95$	0.9988	0.53	12.79	28.15
9073	-17.77	6/11, 13/13	171	121	$y=0.55x - 104.68$	0.9969	0.55	13.16	27.35
9067	-18.63	1/0, 10/23	240	170	$y=0.55x - 62.50$	0.9999	0.55	13.22	27.24
9079	-27.22	10/13, 15/19	127	79	$y=0.54x - 180.95$	0.9994	0.54	12.91	27.89
總和				1436					

表九說明

※ 線性回歸所得公式 $y=ax+b$ ，(上表中係數 a 單位 [°/時])， b 是時間起點 0 時在 6 月 30 日 23 時的經度值，單位(°)。

※ a 是每小時轉速，乘以 24 小時就是一天的轉速 (°/d)；會合自轉週期= $365^\circ / \text{一天的轉速}$ ，也就是轉一圈要多少天的意思。

5. 相關係數高的黑子：有些黑子與趨勢線的相關係數特別高，幾乎達到 1，這表示那一群黑子在經度方向幾乎沒有漂移。

相關係數比較低的黑子：我們分析的黑子相關係數大部分都很高，但有一些稍微低一點點的黑子，這表示它有一點點漂移，他們的點不在線上。

6. 我們發現 R^2 越高的，黑子構造越簡單 (像圖 19-24 的 9067、9061、9079、9065、9062、9082 號黑子) 數據點幾乎全部在趨勢線上。數據點離開趨勢線越多或越遠的，

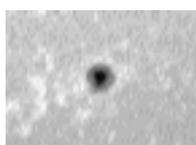


圖 19
9067 號黑子

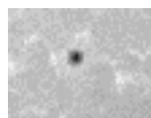


圖 20
9061 號黑子

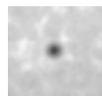


圖 21
9079 號
黑子



圖 22
9065 號
黑子

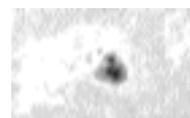


圖 23
9062 號黑子



圖 24
9082 號黑子

都是形狀複雜的黑子（像圖 25-29 的 9068、9069、9081、9073 號黑子）。9069 號黑子在 7 月 7 日 15 時出現時只有一顆黑子，20 時出現前導黑子，之後黑子變大，且前導、尾隨距離越來越開，8 日 16 時在前導、尾隨中間出現小黑子，9 日 16 時前導、尾隨旁產生幾顆小黑子。9068 號黑子 7 月 4 日 23 時前導、尾隨散成幾顆小黑子，5 日 15 時後更散、更小，7 日 23 時尾隨又集結成清楚的兩顆。9081 號黑子的前導（圖 27 中兩個 9081 號黑子圖的右邊是前導黑子）和尾隨黑子之間小黑子有時長出，有時消失，到後來在 7 月 15 日 19 時前導黑子就不見了。9073 號黑子（圖 28）的前導、尾隨黑子本身又分出前導、尾隨黑子，一樣都有合併、散開的現象。但也有形狀複雜的黑子數據點離得並不遠的（像圖 29 的 9070 號黑子）。

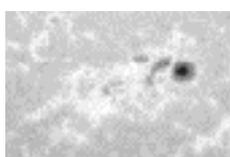


圖 25 9068 號黑子

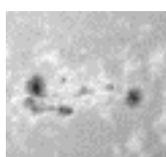


圖 26
9069 號黑子

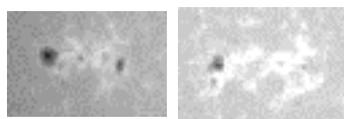


圖 27 9081 號黑子，左圖拍攝時刻 7 月 13 日 21 時，右圖 7 月 15 日 19 時。

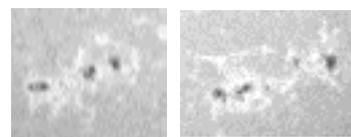
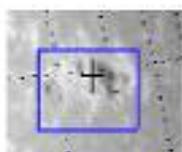


圖 28 9073 號黑子，左圖拍攝時刻 7 月 7 日 22 時的，右圖 7 月 10 日 21 時。



907007080400



9070071111

圖 29 黑子圖下數字代表黑子編號（4 位數字）、影像拍攝時刻：9070 號黑子 07 月 08 日 04 時、07 月 11 日 11 時。圖上十字符號是以 sunsport_images 程式測量 9070 號黑子的位置，虛線是太陽經緯線網格。

7. 不管黑子數據量少或多，漂移的情況都是經度方向的漂移少，緯度方向的漂移多。
8. 赤道的轉不一定速最快(如表九)：以往所聽到的都是越近赤道，太陽轉越快，但我們的數據統計結果不一樣！原因可能是因為緯度漂移有較奇怪的狀況（如：9069、9066 等），使平均緯度不能作為判斷速度的依據，如 9069 的緯度差距特別大，若這是因為大氣擾動的話，那麼平均緯度就不能作為判斷速度的依據，但這種說法只能解釋出其中幾個問題，至於真正的原因還有待查證。

- (1) 轉速最快：9055，緯度 17.96°，緯度不是最低的。
- (2) 轉速最慢：9069，緯度 14.29°，緯度不是最高的。

9. 所得式子 $y=ax+b$ ；a 和 b 數字大小、和正負數的意義：

- (1) a 在正數的情況下：隨時間增加，經度值也跟著增加；a 值越大，線越陡，像 9070 號的黑子 a 是 0.5653，9069 的 a 是 0.5035，9070 的線就比 9069 的陡，從表九，能得知 9070 號黑子所在緯度處轉一圈 26.53 天，9069 號黑子所在緯度處轉一圈 29.79 天。
- (2) b 值代表這個黑子如果在 6 月 30 日 23 時就出現，預測它應該在的經度位置；因為當 $x=0$ 時， $y=b$ ，而我們定 7 月 1 日 0 時是 1 時。



(四) 多次檢驗、檢討與改進

由於每群黑子的緯度隨時間變化情況都如此奇特（①一段段②往南漂再往北漂），為要看是不是黑子走到太陽的某個經度就會往南？走到某個經度就往北？我們特地把經度隨時間變化圖轉個 90 度（圖 18），使成相對經度在橫座標，時間變成縱座標，好跟緯度隨時間變化圖對照著看，**結果**：沒關係。這時我們不禁更疑惑了，開始猜，會不會是①測量軟體有問題？②會不會是因影像來自地球上不同地點銜接而成，影像方位需做旋轉校正才能使用？至於一段段的現象則猜是①大氣擾動造成的影像晃動現象¹⁴嗎？如果是的話，經度位置也應該會有此現象，可是簡單黑子相對經度隨時間變化的線性回歸式怎能達到 $R^2=0.999x$ 的高度相關性？而且簡單黑子的緯度位置也有一段段的現象。黑子在緯度位置的一段段現象讓我們想起會不會就是日震¹⁴¹⁵？如果是日震，那麼太陽的日震和地球的就不一樣了，地震不會一直不停的、那麼規律的，每隔大約 24 小時就要震一次。那又是不是「拍全球日不落影像的相機被動到？」，可是，因為用這套影像軟體，每一次測量前都要定太陽中心，而且輸入拍攝時刻，這樣怎麼可能相機的裝置角度會讓黑子緯度位置這麼有規律的一段段往南移再往北移？

我們百思不解，於是展開再次的探索行動。

✚ 請教與瞭解

請教過傅教授、周教授，確定緯度隨時間變化的先向南漂再向北漂，確實像我們所懷疑的一樣屬於不正常現象。請教程式設計師包老師，問程式中有無考量太陽中心角度有 ± 7 度變化的問題？再次請教周教授，影像是否需做什麼校正？得知原來影像光碟上所標記的方位是地理方位，不是太陽軸向方位。哇！恍然大悟！我們採取以下步驟改進。

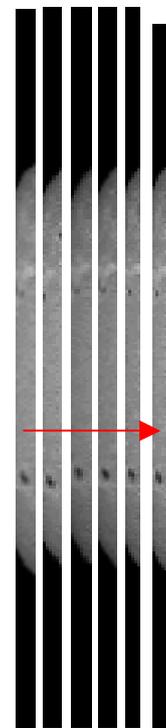


圖 30
由於 7 月份的 P 值接近 0，所以黑子的行跡看不出傾斜。

瞭解測量時，太陽軸向必須正確

我們發現到，之前用黑子定位程式量黑子時，都是以 $P=0$ 的方式計算（太陽在 7 月 1~15 日的 P 值都很接近 0（附件七），且我們是以間隔僅 1 小時的影像放映，使我們看到影像中的黑子移動路徑幾乎是水平（圖 30），**所以我們才誤以為 P 已經校正成 0 了，但這是錯誤的，應該要以 $P \neq 0$ 的方式計算**，因此必須改用 $P \neq 0$ 來量，不再犯同樣的錯誤。

※ 為了檢驗用不同測量方法，黑子緯度位置隨時間是否仍會先往南漂，再往北漂？是否仍有一段一段的現象？

✚ 換另一種方法，以 Photoshop、Excel(第二種方法)抽樣檢驗：套量，看情況會怎樣。

1. 重新測量

(1) 我們先以 $P \neq 0$ 來量

- a、 (只抽樣簡單黑子 9065,9067,9079；因為從第一次測量結果分析知道：複雜黑子的中心位置會受到前導、尾隨黑子的消長影響，變化比較複雜)(圖 25-29)。
- b、 以 Photoshop 裁切影像：影像中太陽四周有一些多餘的空白區塊，且每張影像的空白區塊大小略為不同，這會影響黑子位置數據的讀取，所以先把這些空白區域裁切掉。
- c、 以 Photoshop 量得黑子在影像中的位置：把黑子用魔術棒工具圈選起來後，拉出參考線貼齊圈選範圍，紀錄範圍的長、寬和參考線交點座標，就能求出黑子在影像中的位置(圖 31，表十)。

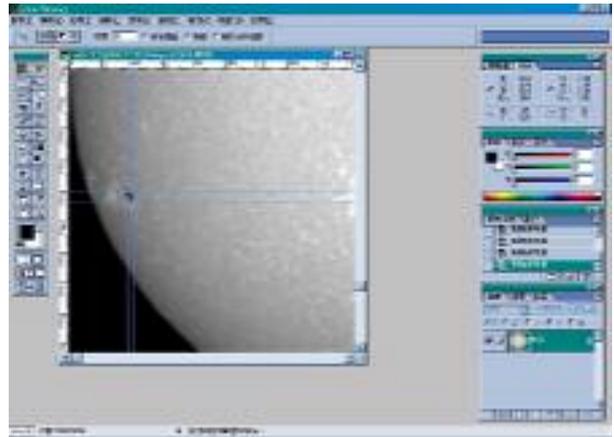


圖 31 以 Photoshop 選取黑子，以取得黑子平面座標。

表十 以 Photoshop 量得的黑子位置數據

以PhotoShop處理後得到的黑子數據											
編號	日	時	影像大小x (pixel)	影像大小y (pixel)	黑子中心位置 x (pixel)	黑子中心位置 y (pixel)	黑子左上角位置x (pixel)	黑子左上角位置y (pixel)	黑子W (pixel)	黑子H (pixel)	
3	9079	10	3	480	480	49	358	45	354	6	8
4	9079	10	4	481	481	50	360	47	356	6	8
5	9079	10	5	481	481	51	358.5	48	355	6	7

表十一 廖家賢先生已輸入平面座標轉換太陽求面座標公式的 EXCEL 程式



d、 換算出黑子的球面座標：將影像大小和黑子位置數據輸入廖家賢先生的 Excel(廖先生已根據平面座標轉換太陽球面座標的公式輸入到 Excel 中)(表十一)，換算成黑子的經緯度位置 L 和 B，並得到太陽的 P、B₀、L₀ 數據。

e、 作圖：將換算成的黑子數據，以 Excel 作各群緯度、相對經度隨時間變化總圖。(圖 32~34，在 pp.32~37)

(2) 以 P=0 來量(只抽樣簡單黑子 9067)：雖然已經確定這個方法是錯誤的，但為了和之前用包老師的黑子定位程式，設 P=0 算出的數據作比較，觀察兩種方法所量的結果圖一不一樣，步驟重複以上 a~d。(圖 35)

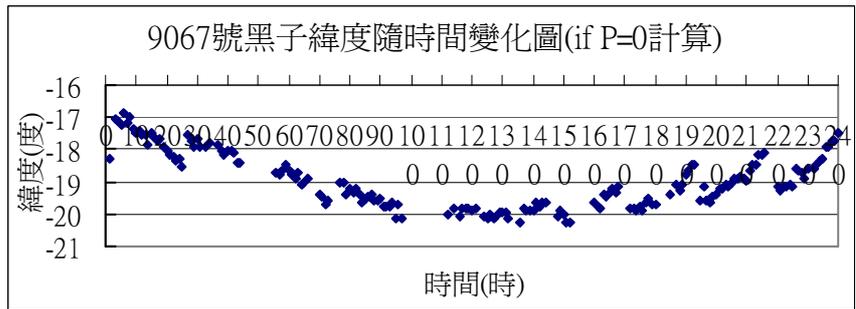


圖 35 P ≠ 0，但我們以 P=0 的錯誤方法計算時，黑子緯度漂移就呈現、像圖 15、圖 16 一樣的“先往南漂，再往北漂”的現象。

a、 用-P (只抽樣簡單黑子 9067)來計算，看看結果圖會變成怎樣？(圖 36)

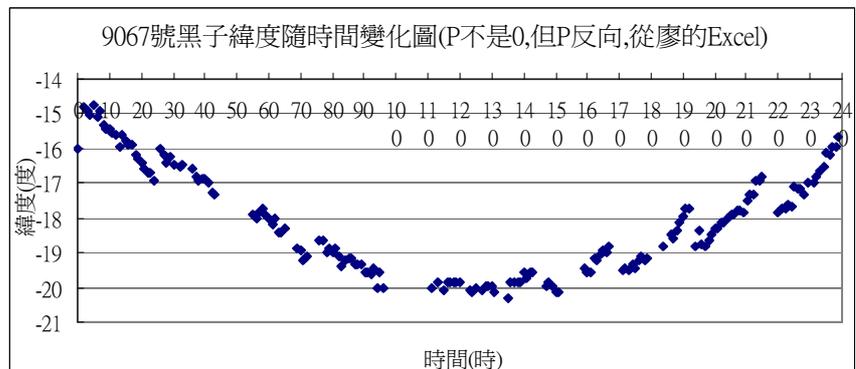


圖 36 當 P 是正數時，我們把 P 當成負數；或者 P 是負數時，我們把 P 當成正數，若是這樣子時，黑子緯度漂移也會先往南漂，再往北漂。會比圖 35 凹得還要深

2. 結果：用 P ≠ 0、P=0、-P 來量，緯度隨時間變化仍然有一段一段的現象(圖 32、35、36)；P=0、-P 緯度還是會先往南漂，再往北漂；P=0 的往南漂的深度和用包老師的程式量的結果一樣(圖

35), -P 的往南凹得更深。(圖 36)

經度方向的情況看不出差異。

爲了更確定檢查結果，我們決定

✚ 再以包先生的新版黑子程式再重量一遍(第三種方法)

1.目的：

- (1) 確定緯度方向行蹤是否仍會先往南漂，再往北漂。
- (2) 確定緯度方向行蹤是否仍有一段一段的現象。

2.過程(只抽樣簡單黑子 9065,9067,9079、複雜黑子 9070,9068)

- (1) 以程式套量：從程式中把影像圖開啓，量完黑子得到原始數據。
- (2) 將原始數據輸入 Excel。
- (3) 做圖：作各群緯度、相對經度隨時間變化總圖(圖 32~34，圖在 p.32~37)。

※以第二、三種方法抽樣簡單黑子 9065,9067,9079 的目的：是要以兩種測量方法來比對、判斷測量是否正確，因爲如果測量過程錯誤，所得數據是無用的。

※只以第三種方法測量複雜黑子的原因：第二種方法所量出的複雜黑子中心是「幾何中心」，而第三種方法則是「質量中心」。以複雜黑子來說，對我們而言，較好的做法是測量質量中心。由於簡單黑子的質量中心與幾何中心位置相差很少，所以兩種方法都可採用，而複雜黑子的質量中心和幾何中心則相差較多，所以量複雜黑子最好只採用第三種方法。

3.結果(圖 32~34，圖在 pp.32~37)

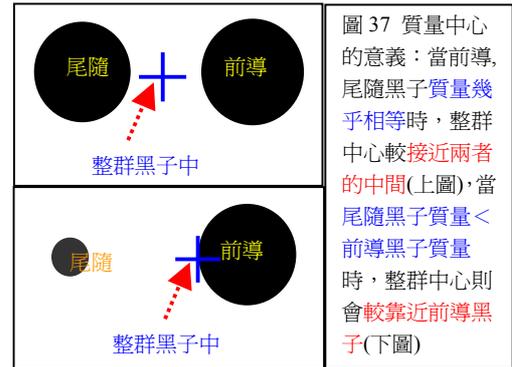


圖 37 質量中心的意義：當前導、尾隨黑子質量幾乎相等時，整群中心較接近兩者的中間(上圖)，當尾隨黑子質量 < 前導黑子質量時，整群中心則會較靠近前導黑子(下圖)

圖32 2000年7月1日-19日太陽黑子緯度隨時間變化圖

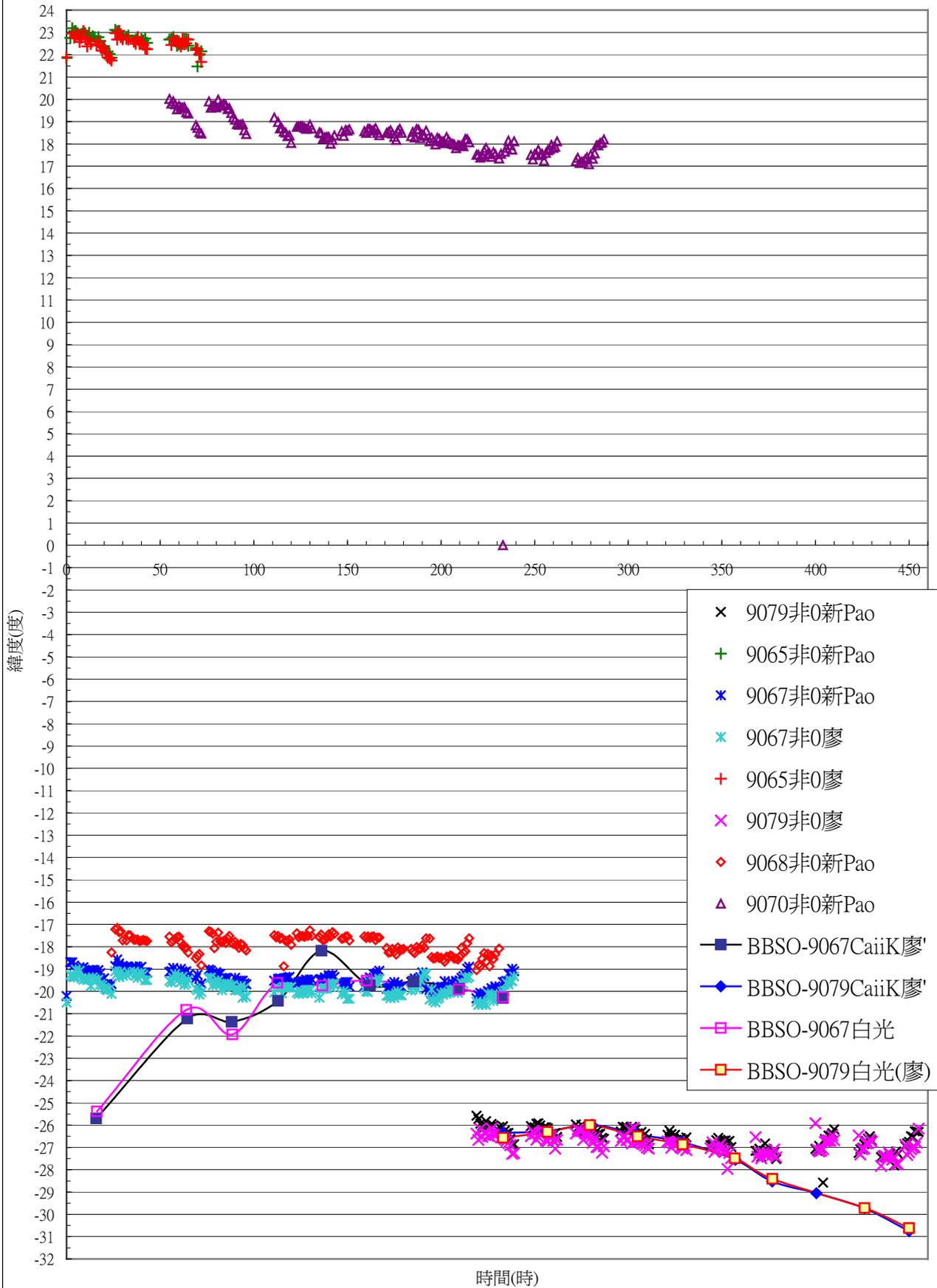


圖33 2000年7月1日-19日太陽黑子相對經度隨時間變化圖(趨勢線的顏色和公式中的群號顏色相同,例如: 9079號黑子群由Pao程式算出來的趨勢線顏色是藍色,趨勢線公式的"9079-Pao"顏色也是藍色.)

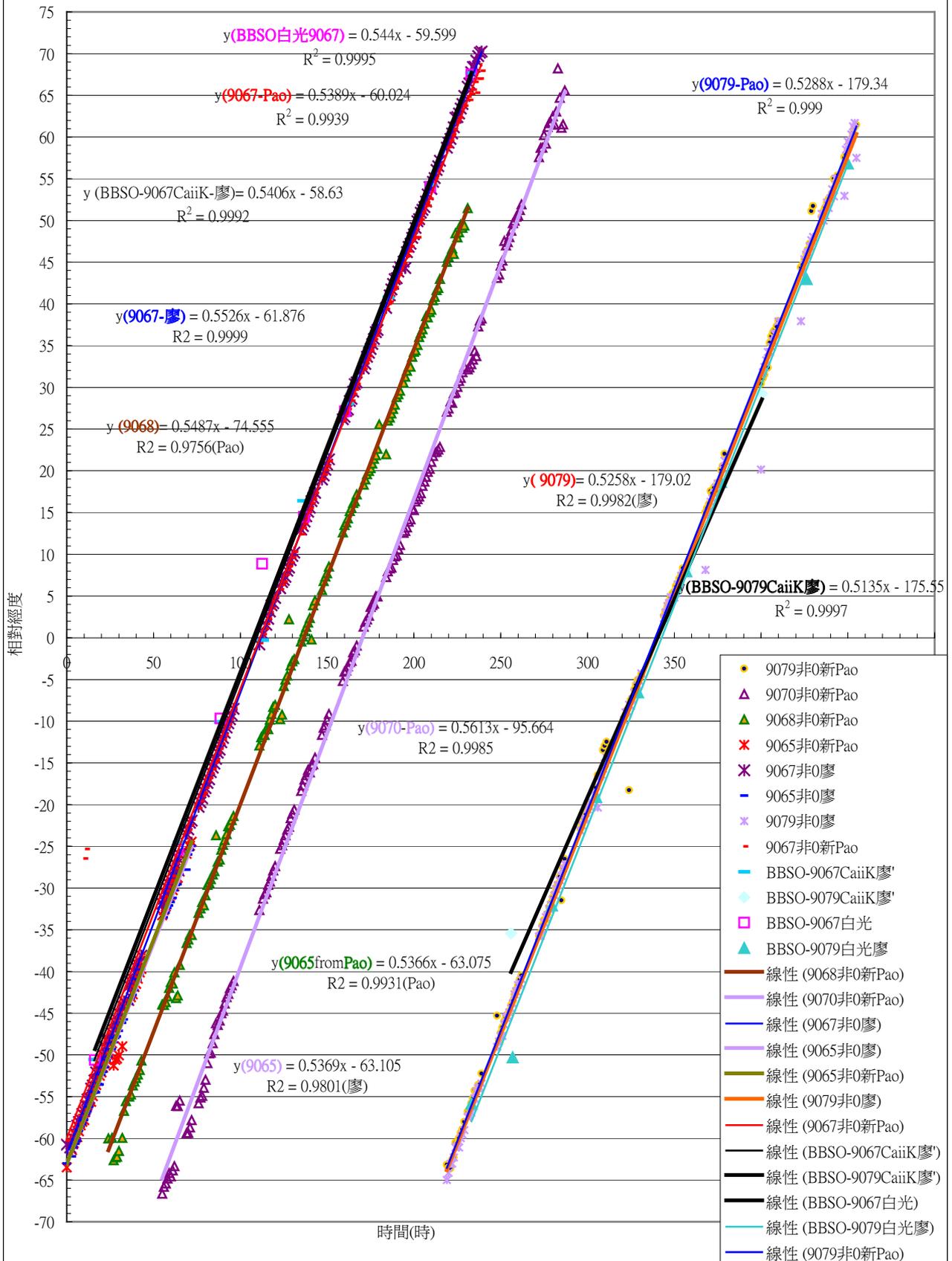
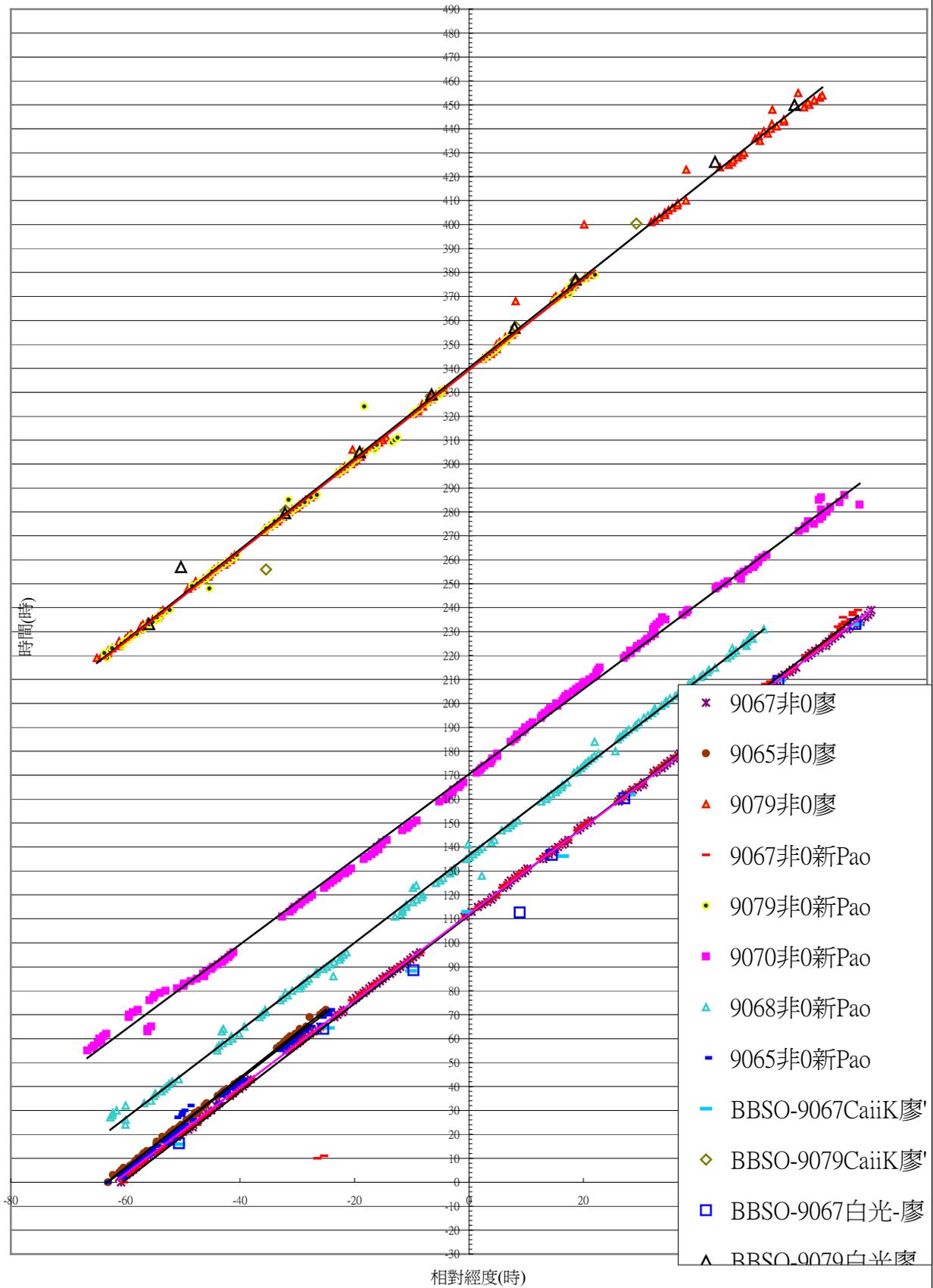


圖34 2000年7月1-19日太陽黑子相對經度隨時間變化圖(此圖橫座標為相對經度,縱座標為時間)



整合分析

- 1.整理成表十二在 p.38：根據圖 33，把各群黑子的“相對經度隨時間變化”趨勢線公式和相關係數平方值整理成表十二在 p.38)
- 2.整理成表十三、十四(表十三、十四是例子而已，其他各表放在實驗日誌)：根據圖 32，在總數據表中把每段的結束和天的結束做記號(如表十三)；把每段的緯度做平均、時間做平均、算每段內最高最低緯度差、算整群最高最低緯度差，但經請教家長後得知：「如果數據量少於 10 個時，要看變動量才能用最高減最低來代表，如果數據量多於 10 個要用標準差來當變動的才不會太粗略」，所以，我們再從 EXCEL 的函數功能中找到“STEDVP”就是在算標準差的，再算出整群緯度的標準差和段平均緯度的標準差來看緯度的變動。(表十四、十五)。再把各段的平均緯度對各段的平均時間作圖(圖 38，pp.41~42)

表十二 各群黑子相對經度隨時間變化數據整理表

編號	測量程式設計者	整群平均緯度(°)	測量時間(啓始~終了)(日/時)	測量時間長度(時)	測量數據(個)	線性回歸式	R ²	R	轉速(°/h)	轉速(°/d)	會合自轉週期(天)
9065	包舜華	22.63	1/0~4/0	73	50	y= 0.54x - 63.075	0.9931	1.00	0.54	12.88	27.95
9070	包舜華	18.38	3/7~12/23	233	168	y = 0.56x - 95.664	0.9985	1.00	0.56	13.47	26.72
9068	包舜華	-17.9	2/0~10/15	200	149	y= 0.55x - 74.555	0.9756	0.99	0.55	13.17	27.34
9067	包舜華	-19.4	1/0~10/23	240	174	y = 0.54x - 60.024	0.9939	1.00	0.54	12.93	27.83
9079	包舜華	-26.6	10/3~19/23	237	138	y =0.53x - 179.34	0.999	1.00	0.53	12.69	28.37
9065	廖家賢	22.49	1/0~4/0	73	50	y = 0.54x - 63.105	0.9801	0.99	0.54	12.89	27.94
9067	廖家賢	-19.8	1/0~10/23	240	240	y= 0.55x - 61.876	0.9999	1.00	0.55	13.26	27.14
9079	廖家賢	-26.8	10/3~19/23	237	138	y= 0.53x - 179.02	0.9982	1.00	0.53	12.62	28.53
BBSO CaiiK9067	廖家賢	-20.7	1/16~10/17	217	8	y= 0.54x - 58.63	0.9992	1.00	0.54	12.97	27.75
BBSO 白光 9067	廖家賢	-20.9	1/16~10/17	217	8	y= 0.54x - 59.599	0.9995	1.00	0.54	13.06	27.57
BBSO CaiiK9079	廖家賢	-27.7	10/17~19/18	257	9	y= 0.5x - 175.55	0.9997	1.00	0.51	12.32	29.21
BBSO 白光 9079	廖家賢	-27.6	10/17~19/18	257	9	y = 0.53x - 181.29	0.9973	1.00	0.53	12.7	28.361

表十三 9067號黑子新Pao黑子定位程式所測數據（僅以此群為例，其餘在實驗日誌） 注意 1.雙線表示一天結束 2.粗框線表示一段一段的結束

日	時	時間	L(°)	B(°)	L ₀ (°)	B ₀ (°)	P(°)	ΔL(°)	每段時間平均(時)	每段平均	段時間差(時)	段內緯度最大起伏(°)
1	23	23	64.51	-19.80	112.8	3.02	-2.11	-48.29				
2	0	24	65.38	-19.67	112.8	3.02	-2.11	-47.42	12.46	-19.23	24	1.51
2	2	26	65.77	-18.87	112.8	3.02	-2.11	-47.03				
2	3	27	62.98	-18.57	109.53	3.04	-2	-46.55				
2	4	28	63.59	-18.75	109.53	3.04	-2	-45.94				
2	5	29	63.97	-18.95	109.53	3.04	-2	-45.56				
2	6	30	64.65	-18.86	109.53	3.04	-2	-44.88				
2	8	32	65.68	-18.90	109.53	3.04	-2	-43.85				
2	9	33	62.88	-18.91	106.25	3.07	-1.88	-43.37				
2	11	35	64.1	-18.94	106.25	3.07	-1.88	-42.15				
2	12	36	64.54	-18.98	106.25	3.07	-1.88	-41.71				
2	13	37	65.05	-18.88	106.25	3.07	-1.88	-41.2				
2	14	38	65.67	-19.14	106.25	3.07	-1.88	-40.58				
2	15	39	62.66	-18.97	102.88	3.1	-1.77	-40.22				
2	16	40	63.39	-18.90	102.88	3.1	-1.77	-39.49				
2	17	41	63.91	-19.15	102.88	3.1	-1.77	-38.97				
2	18	42	64.64	-19.14	102.88	3.1	-1.77	-38.24				
2	19	43	64.98	-19.16	102.88	3.1	-1.77	-37.9	34.75	-18.94	19	0.59

表十四 9067 號黑子緯度隨時間變化(P≠0)新 Pao

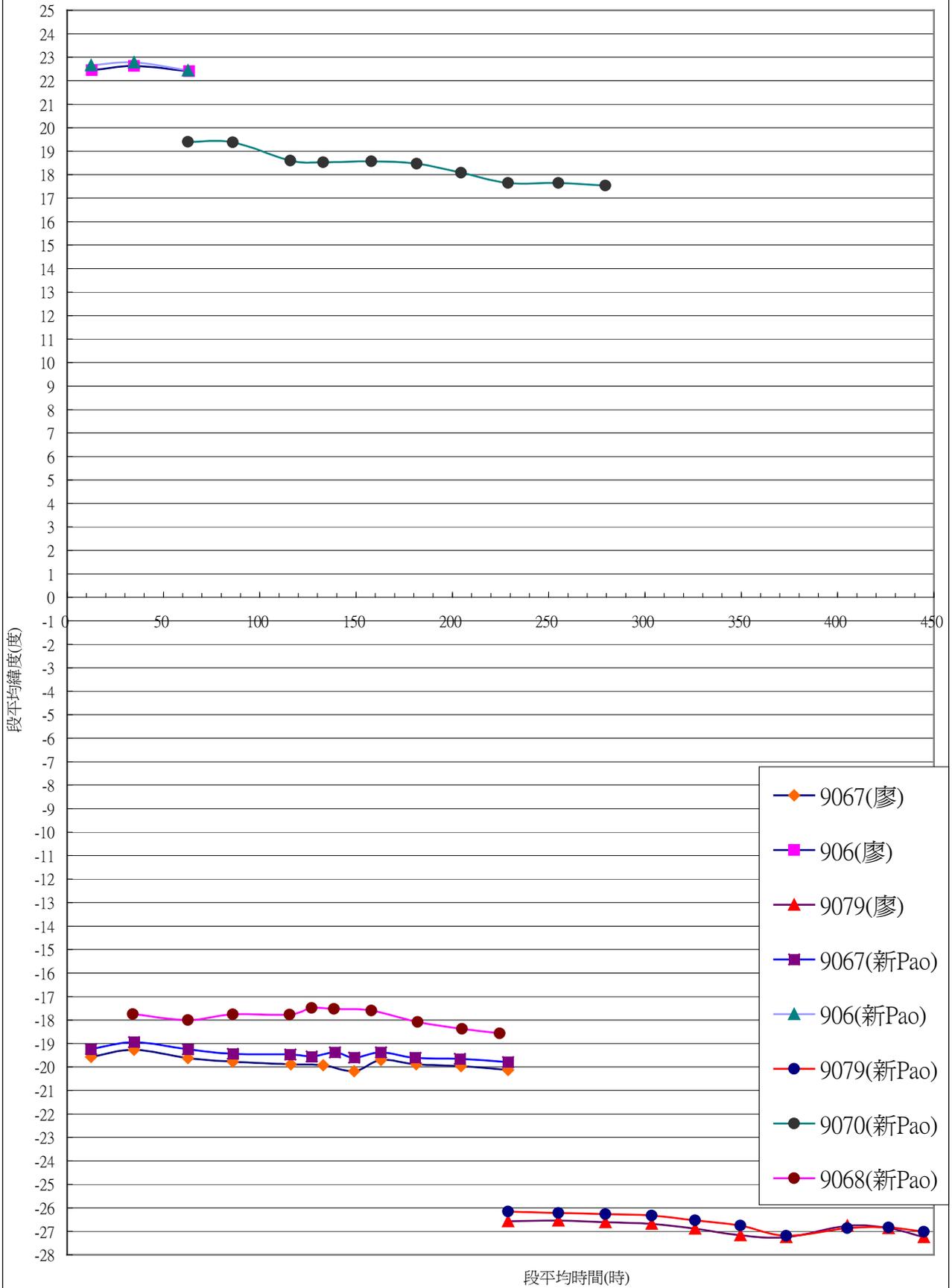
9067 號黑子是簡單黑子，由 Pao 的新程式測量的結果，要和由廖的測量出來的做比較。

每段緯度平均(°)	段時間差(時)	段內緯度最大起伏(°)	整群緯度最大起伏(°)	每段時間平均(時)	整群標準差	段平均標準差
-19.23	24.00	1.51	1.74	12.46	0.36	0.22
-18.94	19.00	0.59		34.75		
-19.25	29.00	0.86		62.80		
-19.44	24.00	0.86		86.00		
-19.48	24.00	0.09		115.89		
-19.56	11.00	0.19		127.00		
-19.38	12.00	0.24		139.00		
-19.61	9.00	0.20		149.00		
-19.38	16.00	0.70		163.00		
-19.61	24.00	0.73		180.88		
-19.65	24.00	1.21		203.96		
-19.79	24.00	1.32		228.95		

表十五 黑子緯度平均及標準差(P≠0)

步驟	項目	9067 (廖)	9065 (廖)	9079 (廖)	9067 (新 Pao)	9065 (新 Pao)	9079 (新 Pao)	9070 (新 Pao)	9068 (新 Pao)
A	由 整群 緯度數據算出 平均緯度	-19.80	22.49	-26.84	-19.44	22.63	-26.57	18.38	-17.92
B	由 各段平均 緯度數據算出 平均緯度	-19.81	22.50	-26.86	-19.44	22.62	-26.62	18.39	-17.89
C	由 整群 緯度數據算出緯度 標準差(σ)	0.37	0.33	0.40	0.36	0.35	0.47	0.71	0.42
D	由 各段平均 緯度數據算出緯度 標準差(s)	0.25	0.09	0.26	0.22	0.14	0.35	0.63	0.34
E	$A \pm \sigma$ (針對 整群 數據)	-20.16	22.17	-27.24	-19.80	22.28	-27.04	17.67	-18.34
		-19.43	22.82	-26.44	-19.09	22.98	-26.09	19.09	-17.50
F	$A \pm 3\sigma$ (針對 整群 數據)	-20.90	21.51	-28.03	-20.51	21.57	-27.99	16.25	-19.18
		-18.69	23.48	-25.65	-18.37	23.69	-25.14	20.51	-16.65
G	$B \pm s$ (針對 各段平均 數據)	-20.06	22.41	-27.12	-19.66	22.48	-26.97	17.76	-18.23
		-19.56	22.59	-26.60	-19.22	22.76	-26.27	19.02	-17.55
H	$B \pm 3s$ (針對 各段平均 數據)	-20.56	22.22	-27.65	-20.10	22.19	-27.66	16.49	-18.92
		-19.06	22.78	-26.07	-18.78	23.05	-25.58	20.29	-16.86
I	超出 E 列範圍的 個數 (超出之黑子緯度 可能 有漂移)	63	13	46	61	16	44	57	46
J	超出 F 列範圍的 個數 (超出之黑子緯度 一定 有漂移)	0	0	0	0	1	1	0	0
K	超出 G 範圍的 段數 (超出者,則該段黑子緯度 可能 有漂移)	3	1	5	2	2	5	5	4
L	超出 H 範圍的 段數 (超出者,則該段黑子緯度 一定 有漂移)	0	0	0	0	0	0	0	0

圖38 黑子每段平均緯度隨時間變化圖(P≠0)



討論：

1. 經度漂移分析 (如表十二)：

- (1) **越靠近赤道，太陽自轉速度越快**：之前我們由於把 P 誤判成 0 (如圖 17~19)，所以從以前做的表八來看，赤道附近轉速不一定最快，但這次把錯誤更正後，從相對經度隨時間變化圖中趨勢線斜率，可看出太陽的自轉速度有以下現象：——**越靠近赤道，太陽自轉速度越快** (如表十二)。
- (2) **複雜黑子中心比簡單黑子明顯，有時往左漂，有時往右漂**：換成正確方法量測後的情況，簡單黑子更看不出往左、往右漂 (如圖 34，pp.36~37)，而**複雜黑子比較看得出往左、往右漂**，但簡單與複雜黑子趨勢線的相關係數都依然很高，而且比上次的更高 (如表八是上次的、表十二是新的)。

2. 緯度漂移分析 (如圖 32，表十三)

- (1) **依然有一段段的現象**：黑子緯度漂移依然有一段段的現象。
- (2) 對照圖 32、圖 38，黑子整群有一點點往南漂的樣子，其中以複雜黑子 9070 號最明顯。



- (3) 7月1日~19日 P 值分析：中央子午線往右邊傾斜時，P 值是負數，反之，則是正數，7月1日至15日時，P 值由負數變成正數，也就是從傾向右邊轉變為傾向左邊 (如圖 X 紅色軸轉變為圖 X 藍色軸)



圖 39 若 P 值是負數時，但將 P 值誤判成 0，會使黑子緯度看起來越來越低 (圖中淺紫色的線所表示的)，造成錯誤的現象，以為黑子往南漂。



圖 40 若 P 是正值時，但將 P 值誤判成 0，會使黑子緯度看起來卻越來越高 (就像圖中淺紫色縣所表示的一樣)，造成黑子往北漂的錯誤現象。

- a. **造成原因探討**：當初我們犯了一個錯誤-----P ≠ 0 時，我們把 P 值誤判成 0。

- b. 這種誤判的情況下，若黑子緯度都不改變、且 P 值時是負數 (圖 39)，則黑子緯度變化：**看起來會認為黑子一直往南漂，但實際上黑子緯度是不變的！** (圖 39、圖 15、圖 16 中，往南漂的的部分)

- c. 若黑子緯度依然不改變、但 P 值剛好由負數轉變為正數 (7月6日11時~15時之間)，P 為 0，則黑子緯度變化：停止往南漂 (如圖 40、圖 15、圖 16 中，平平的部分)。

- d. 若黑子緯度依然不改變、P 變成正數

(如圖 40)：黑子看起來開始往北漂，但實際上黑子緯度還是不變的！(如圖 40，圖 15、圖 16 中往北漂的部分)。

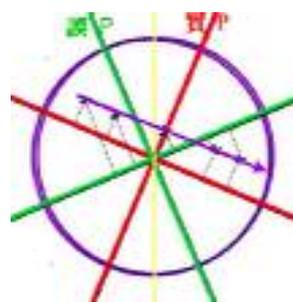


圖 41 把負值 P，當成正值 P 來量，黑子緯度會減小得很明顯，所以往南漂很多。

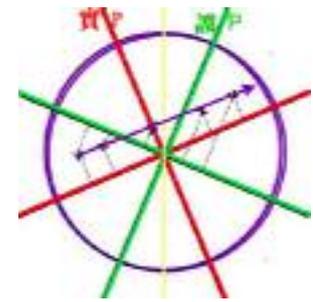


圖 42 把正值 P，當成負值 P 來量，黑子緯度會增加得很明顯，所以往北漂很多。



e. 若黑子緯度依然不改變，但負值 P，誤當成正值 P 來量就會像圖 41 一樣，正值 P，誤當成負值 P 來量就會像圖 42 一樣，緯度隨時間變化往南凹得很深、往北漂得很高（如圖 36）。

- (4) 總整理：**P 值由負數轉變為正數，我們卻把 P 誤判成 0**，也就是變化情形由圖 39 轉變為圖 40，總之，**黑子緯度實際上變化不多，但 P 值從負數變為正數時，我們卻把 P 誤判成 0，因此也誤認為黑子先往南漂，再往北漂！**

新結果出來了，從圖 32、圖 38 來看，黑子緯度隨時間變化有往南的現象，但這樣到底黑子在緯度方向有沒有漂移？仍有待用統計分析方法進一步分析。

- (5) 複雜黑子整群緯度標準差 < 0.72 ，簡單黑子整群緯度標準差 < 0.5 ；段平均緯度標準差簡單黑子的在 0.4 以下，複雜黑子的在 0.63 以下（如表十四~二十一）：

a. 我們決定算出標準差的原因：

- (a) 非常疑惑——為什麼整群最高最低緯度差（如表十四，9067 號黑子的整群緯度最大起伏是 1.59 度）不能夠代表整群大略的漂移狀況？
 (b) 還是很疑惑——為什麼段內最高最低緯度差只能代表整群黑子大略變化，不能代表它的變化程度？

例子：（純粹舉例）

如果有一群黑子緯度有 100 個數據，最大 20 度，最小 10 度，那變化範圍是 10 度，那麼如果 99 個數據都在 20 度附近，只有一個數據是 10，這樣一來，算出最大範圍根本不能代表整群數據大略的漂移變化！看來我們得查詢書籍或尋求協助了。

- b. 終於找到比較好的方法（如表十四、十五，圖 43）：我們尋求協助後，才知道原來還有一個方法——算出標準差；標準差的意義就是 99.73% 的數據都會在〔平均值 \pm 3 個標準差〕的範圍內（如圖 43），有了這個觀念，我們終於可以有個判斷黑子是不是在緯度上有漂移的依據了！

※如果黑子的緯度位置在〔平均值 \pm 3 個標準差〕的範圍外就一定是漂移了；如果黑子的緯度位置在〔平均值 \pm 1 個標準差〕的範圍外就只能說可能有漂移。

- c. 我們把整群緯度〔平均值 \pm 3 個標準差〕、〔平均值 \pm 1 個標準差〕；每段的平均緯度〔平均值 \pm 3 個標準差〕、〔平均值 \pm 1 個標準差〕求出來看每群黑子的每小時緯度值、每段平均緯度值有沒有超出範圍？看有幾個是可能有漂移的，有幾個確定是漂移的。（如表十五），

- d. 結果（如表十五）：以整群每間隔一小時的數據來看，每一群黑子在緯度方向都能判為有可能有漂移，9065、9079 號黑子各只有一個小時確定有漂移。

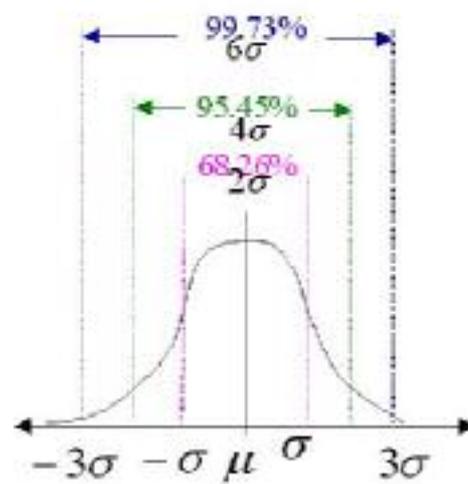


圖 43^[5] 平均值 $\mu \pm$ 標準差，佔有整體數量百分比圖

依緯度隨時間變化圖的一段段現象分段（可當成一天一個數據來看），每段內求緯度平均所得到的也是都**可能**有漂移。（這讓我們有點迷惑，明明圖 32、38 中**看起來**複雜黑子 9070 號的有往南嘛！）

3. 打算找出緯度隨時間變化呈一段段現象的原因：已經知道緯度不會大幅度先往南漂，再往北漂，但是還有一段一段的現象，**這個現象會是因為全球各地天文台經緯度不同的關係？**（我們使用的全球日不落太陽影像是來自全球各地的天文台），雖然周教授告訴我們在地球上不同地點拍太陽，不影響黑子位置，可是我們仍想探討「不同拍攝地點對黑子緯度位置有無影響？於是我們決定算出**「從北極拍太陽與從赤道拍太陽」時，黑子位置會差幾度？**

(1) 計算拍攝地點對黑子緯度的影響：

- a. 方式：(a)計算從北極拍太陽與從赤道拍太陽時，黑子位置差多少？
(b)由計算結果來推理黑子位置和**拍攝地點緯度**有無關係？

b.過程

(a) 查相關資料：查太陽和地球的半徑、從地球看太陽的角度（查天文年鑑^[2]）

- 太陽半徑：約 696000km
- 地球半徑：約 6400km
- 從地球看太陽 ≈ 32 角分（2000 年最大 16'.27，最小 15'.73，平均 16'）

(b) 計算：

- X 就是從北極拍太陽與從赤道拍太陽時，黑子緯度的差。（這只是很粗略的估算）
- $32/2/696000 = X/6400$
(圖 44)
 $X \approx 0.147$ 角分 ≈ 8.83
角秒 ≈ 0.0024 度

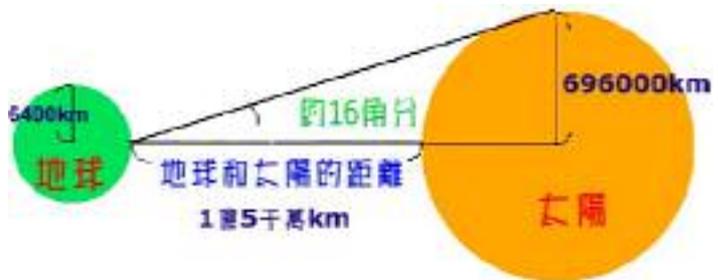


圖 44 從地球看太陽的視角示意圖

答：從北極拍太陽和從赤道拍太陽時，黑子緯度差約 0.0024 度，我們人

眼分辨不出這麼小的角度，我們猜想，大概要把太陽影像和太陽面經緯度圖都放大約 1000 倍以上才能量得出、分辨出 0.0024 度的差異吧？那麼這張圖會有 150 公尺大喔！

c.推測：將上面的計算結果加以推測

- (a) 從地球上不同地點拍的太陽，不必管地點經緯度差異，可以直接銜接成全球日不落影像。
- (b) **不是因拍攝地點的不同而有一段段的現象**：一段的終止和另一段起始最少差 0.5 度，而從南極拍與在北極拍差約 17.66 角秒(≈ 0.29 角分)，差 0.5 度還遠得很！所以**我們推測，拍攝地點的不同不是造成黑子一段段現象的主因。**
- (c) **打算**以另一種方法檢驗我們以上的計算和推理：**我們決定以其他天文台的太陽**

影像來量黑子。

(2) 以大熊湖天文台（位置：116°54.9'W，34°15.2'N）（附件八）的太陽影像來做檢驗：

a. 過程：這次全部以 $P \neq 0$ 的正確方式計算。

(a) 以 K-Line 波段太陽影像：和全球日不落太陽影像波段相同

- 以 Photoshop 圈選黑子：將影像圖上的黑子以 Photoshop 圈選起來，並紀錄黑子在影像圖中的位置。
- 輸入 Excel：將 Photoshop 量得的原始數據輸入 Excel，再利用廖先生設計的公式把黑子平面座標轉換成球面座標，以取得黑子數據。
- 作圖：把黑子數據作緯度隨時間變化圖。

(b) 以白光波段太陽影像：由於 K-Line 波段太陽影像黑子數據作出的圖很奇怪，所以我們打算用另一種波段的太陽影像來量量看，步驟和以上相同。

b. 討論與結果

緯度隨時間變化如下（如圖 46），不管白光或 K-Line

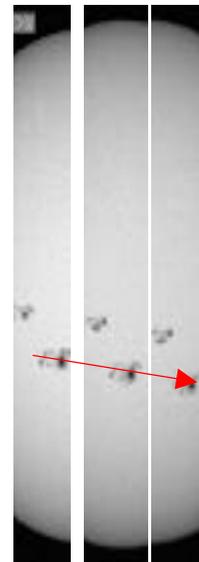


圖 45
由於 5 月份的 P 值接近 26，所以黑子的行跡傾斜得很明顯。

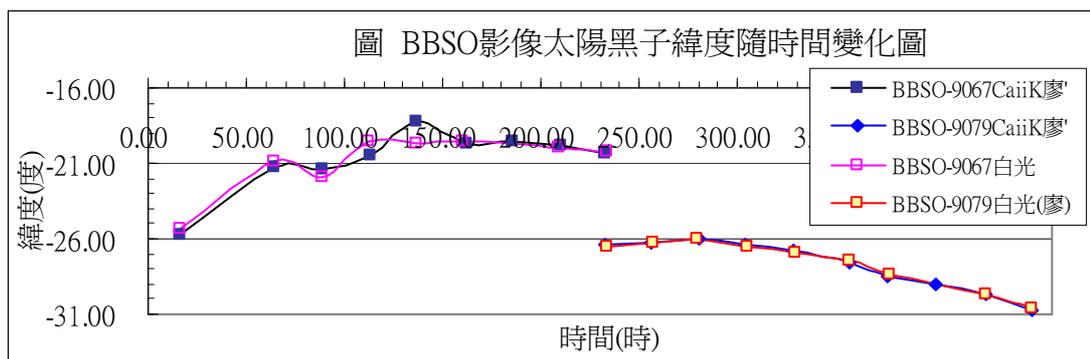


圖 46 BBSO 太陽影像中黑子緯度隨時間變化圖

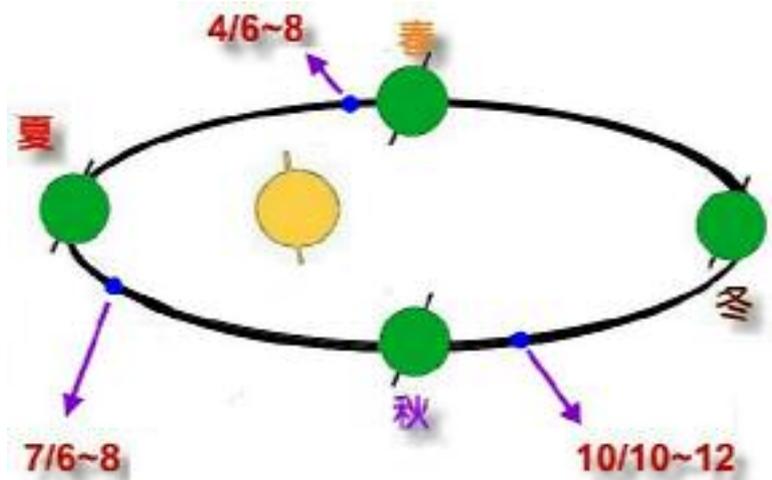
波段情況都很奇怪，跟之前所有結果完全不同，我們猜想，會不會是 BBSO 的太陽影像已經 P 值校正為 0 了？基於以前的教訓，不能再由七月份影像來判斷，所以找到五月份影像下載來連續放映（如圖 45），沒錯，BBSO 的太陽影像未經 P 值校正，那麼它的圖為何和以前的相反？能不能用圖 39~42 的觀念來探索？這個問題目前還在了解當中。

目前對我們來說，最重要的是加強學習如何自己拍到完整的、正確的太陽影像。

(3) 大體說來一段的結束也就是一天的結束（如表十三）：之前把 P 誤判成 0 的時候，我們發現到一段段的週期大約在 21~25 個小時，而這次我們以正確方法量黑子，也發現大部分一段的結束也就是一天的結束，這一段一段與一天有什麼關係呢？真是太有趣了！會不會是因地軸傾斜，在地球自轉過程中造成的小角度變化？但這又要如何解釋在後面幾段是向北的現象？（如圖 32）

4. 太陽自轉軸的角度一年之中怎麼改變？為什麼會改變？太陽視中心位置為什麼有約 ± 7 度的改變？

我們查了 1991、2000、2003 年的天文年鑑^{[1][2][3]}，畫出圖 47 之後，更加明白當初做出來的圖 16 中當黑子的時間在 7/6-7，P 值為 0 時，緯度數據點平平的原因。



※P 值的變化原因：太陽自轉軸和〔地球公轉軌道面的垂直線〕夾角 7.2 度，地球自轉軸和〔地球公轉軌道面的垂直線〕夾角 23.5 度，因此，太陽自轉軸傾向地球公轉到 7 月 6 日附近（每年稍微不同）時的位置方向，所以我們看到的太陽北點位置和實際的太陽北點位置之間會有 ± 26.3 度之間的變化。

※B₀ 值的變化原因：太陽赤道面和地球公轉軌道面之間夾角有 7.2 度，所以，有時我們從較上面看太陽，有時從較下面看太陽，因此，我們所看到的太陽視中心位置和實際的太陽中心位置之間會有 ± 7.2 度的變化。

圖 47 從地球看太陽自轉軸的方向會改變之示意圖

說明 1：太陽自轉軸和地球公轉軸（地球公轉軌道面的垂直線）夾角 7.2 度，地球自轉軸和公轉軸夾角 23.5 度，使得從地球看太陽自轉軸角度變化在 ± 26.5 度之間。

說明 2：當地球走到 7/6~8 之間時，太陽自轉軸剛好正對向地球，所以 7/6~8 之間，P 值是 0。

說明 3：當地球走到 10/10~12 之間時，看到的太陽自轉軸偏向左邊，P 值是正的，是一年中最大值（ 26.29 ）的時候。

說明 4：當地球走到 4/6~8 之間時，看到的太陽自轉軸偏向右邊，P 值是一年中最大負值（ -26.29 ）的時候。

5. 包舜華太陽影像處理系統黑子定位程式測量的誤差探討

(1) 我們改變黑子的圈選範圍和濾色門檻各 3 種，來看黑子位置測量值有什麼變化，數據表在附件九，結果如下

(2) 用新程式算出來的數據，雖說有時更改濾色門檻，結果會有不同，但大部分都出現在緯度方面，經度方面的差異則較少，但假如濾色門檻固定只變更選取範圍的話，那樣結果都會一樣。

(3) 新、舊程式濾色門檻、選取範圍對黑子數據標準差的影響

a. 舊程式：經緯度標準差情況相同

(a) 濾色門檻大小：門檻越高，標準差越小。

(b) 選取範圍大小：選取範圍越小，標準差越小。

b. 新程式：經緯度標準差情況相同

(a) 濾色門檻大小：大部分不受影響，少部分門檻越高，標準差越小。

(b) 選取範圍大小：不受影響。

c. 綜合比較：

- (a) 新程式所得的數據標準差較小，也就是數據較準。
- (b) 濾色門檻較高時，數據標準差較小，也就是數據較準。
- (c) 選取範圍較小時，數據標準差較小，也就是數據較準。

陸、心得檢討與展望

一、心得：

雖然這個研究對我們來說很不簡單，但我們都出自於興趣，所以就算經常出現令我們非常抓狂的問題，我們還是一一的克服，且付出了不少心血，當然，也得到許多收穫，不管是電腦能力、分析推理能力、思考能力、繪圖能力、理解能力、空間幾何概念、、、等等，都大有斬獲！因此，我們絕對相信這一切都是值得的！

二、檢討：

- (一) 學習並加強赤道儀追蹤技術：由於我們兩度嘗試以自己拍得的太陽影像來量黑子，但因為問題多多！為了使量測結果更精確，我們兩次都沒有採用，我們應該學習並加強追蹤技術，使我們取得更精確、更完美的太陽影像。
- (二) 一個人量 3 遍來平均：這次的研究，測量了 16 群黑子，總計超過 683 組數據，每個數據分別測量了三次，數據量龐大費時，而我們是利用周休二日和課餘時間測量，由經驗得知，每一顆黑子測量時，由一個人量 3 遍來平均，會比由 3 人分別量 1 遍過後再平均來得省時間。
- (三) 先用 ACDSec 軟體對照 ARMaps 選擇形狀簡單的黑子、生命期長的黑子來量，不要先決定量的時間是幾日到幾日，會讓我們的作品更完美。
- (四) 3 人統一：如果要量複雜黑子要先 3 個人統一圈選範圍和濾色門檻，要不然就由其中一個人專門量複雜黑子，這樣才不會在合併數據後有那麼多奇怪數據，因而需要接受令人抓狂的事實——重新檢查、篩選、重量！
- (五) 專心：測量和輸入數據時，必須專心，要不然日期、時間沒用對，就會出現差距太大的數據；數據的小數點放錯位置、或正負號輸入錯誤都會讓我們有奇怪的圖出現。
- (六) 以每小時間隔來量的數據做成“經度隨時間變化圖”或“緯度隨時間變化圖”時，時間座標刻度不能像用日期的一樣 xx/xx，電腦會誤判為幾月幾日，也不能用檔名命名方式當座標刻度，電腦會把他當作 100 進位的刻度，但我們是 24 進位。
- (七) 對照文獻並注意測量時間的數據：當初判斷 P 值是否校正時，我們只以繪圖軟體一張一張播放，用眼睛判斷黑子漂移是否有傾斜，來確定 P 值是否等於 0（若沒傾斜，則代表 P 以校正，也就是 $P=0$ ），但 7 月 1 日~15 日的 P 值正好接近 0，所以即使無校正，也很難判斷，我們就是因此而判斷錯誤，導致黑子緯度漂移有錯誤現象的！我們應該對照天文年鑑並注意測量時間的數據是否正確，以避免不必要的錯誤。

三、展望

以下問題是我們未來想繼續探討的

- (一) 黑子緯度隨時間（小時）變化圖一段一段的現象會不會是因為地球自轉，地軸傾

斜造成的結果？

- (二) 全球日不落太陽影像還有哪些用途？
- (三) 黑子的漂移量與方向會不會因黑子大小、形狀而有所不同？
- (四) 加強幾何概念和赤道儀追蹤技術。

柒、結論

- 一、用每張時間間隔一小時的全球日不落太陽影像，可以讓我們觀察太陽短時間間隔的黑子漂移。另外用太陽影像處理軟體測量黑子位置，可以把人為測量判斷黑子中心的誤差減到最低。
- 二、利用 MicroSoft/EXCEL 統計各項數據並繪出趨勢圖，可有效分析經度及緯度對時間的漂移狀況。
- 三、經度漂移分析結果
 - (一) 構造簡單的黑子看不出漂移，構造複雜黑子的中心漂移現象比較明顯。
 - (二) 複雜黑子中心經度漂移有時往左邊漂，有時往右邊漂。
 - (三) 我們以黑子經度漂移的趨勢線公式，來檢驗出越靠近赤道，太陽自轉速度越快，緯度越高，太陽自轉速度則越慢。
- 四、緯度漂移分析結果
 - (一) 之前發現黑子會明顯先往南漂，再往北漂的原因是我們誤判太陽北點方位角，影響了黑子緯度，造成錯誤的現象，經度影響則較少。
 - (二) 黑子緯度漂移有一段一段的現象，每段週期大約 1 天，經用標準差方式判斷只能說黑子“可能”有漂移，是否“一定”有漂移，還須進一步用統計方法檢定分析。
 - (三) 簡單黑子緯度每小時影像整群數據的標準差 <0.47 ，段平均緯度求得的整群標準差 <0.36 ；複雜黑子中心緯度每小時影像整群數據的標準差 <0.72 ，段平均緯度求得的整群標準差 <0.64 。由標準差值都那麼小來推理：縱使有漂移，漂移量也很小。
 - (四) 由(三)可知：不管是簡單黑子或複雜黑子，段平均緯度求得的整群標準差（ 0.36 及 0.64 ） $<$ 整群數據的標準差（ 0.47 及 0.72 ）；且不管是整群數據或段平均，簡單黑子的標準差（ 0.47 及 0.36 ） $<$ 複雜黑子中心的標準差（ 0.72 及 0.64 ）。
- 五、測量黑子位置前，應先查核影像圖是否經過自轉軸軸向校正，不管是用包舜華先生的黑子定位程式或廖家賢先生的 EXCEL 軟體，都須選用正確的北點方位角 P 值“已校正”或“未校正”，才能得出正確數據。
- 六、由於地球自轉軸和地球公轉軸夾角 23.5 度，太陽自轉軸和地球公轉軸夾角 7.2 度，所以，從地球看太陽的自轉軸傾斜角度，一年中會有 ± 26.3 度的變化，7/6~8 由於太陽自轉軸正傾向地球，所以，太陽北點方位角度數是 0 ，未經北點方位校正的 7 月份太陽影像在連續放映時，肉眼將看不出太陽影像是否經過校正。

七、本篇研究利用國人自行研發的太陽影像處理系統黑子定位程式、Photoshop 影像處理軟體搭配輸入平面座標轉太陽球面座標的 MS/EXCEL 計算軟體，量測全球日不落每小時太陽影像中黑子位置，完成了黑子經度、緯度隨時間變化的漂移探討；至於緯度隨時間變化圖中趨勢線看似有漂移，但經標準差計算結果只屬於可能有漂移的這項疑惑點將有待進一步探討分析。

捌、價值、推廣與應用

- 一、以另一種方法驗證太陽表面不是固體：由做出的圖表得知，複雜黑子有漂移現象，若太陽表面是固體的話，不可能會有黑子漂移現象，由此可推測而得知——太陽表面不是固體。
- 二、證明不管從地球各處以內眼看太陽，都不會有差異：由 p.45~p.46 的數學計算與推理得知。
- 三、推測出了各種誤判 P 值情況對黑子緯度測量值的影響：由 p.43~p.44 推理得知，在誤判 P 的情況下，對黑子緯度的影響。起初發現黑子先往南漂，再往北漂的原因也是因為誤判了 P。
- 四、老師說「解說圖可當教材！」：指導老師檢查我們的報告，發現報告中有很多我們自己繪製的說明圖，結果指導老師竟然說：「你們繪製的圖可以給我當教材，記得把圖 copy 給我喔！」，真是意想不到的結果！



玖、參考資料

- [1] 台北市立天文科學教育館，“天文年鑑 1991”，台北市立天文科學教育館，pp.32~33。
- [2] 台北市立天文科學教育館，“天文年鑑 2000”，台北市立天文科學教育館，pp.36~62，pp.219~220。
- [3] 台北市立天文科學教育館，“天文年鑑 2003”，台北市立天文科學教育館，pp.35~62。
- [4] 周正國等，“太陽黑子的自行”，教育部 91 年度中小學科學教育計劃專案，pp.20~24。
- [5] 張介能，1989 “統計與分析”，品質管制講習會講義。
- [6] 張敏悌等，“視相”，墾丁天文台，週末天文學家計畫之講義。
- [7] 張越程等，1998，“太陽黑子的告白”，高雄市第三十八屆中小科學展覽作品，地球科學科，高中組，p.10，p.17
- [8] 簡貝蓉等，“太陽黑子的自行”，教育部 89 年度中小學科學教育計劃專案，pp.41~45。
- [9] 蘇妙變等，2002，“以 Ha、K-Line、UV、Soft X-ray 波段太陽影像，試求太陽光球層之上的徑向較差自轉”，中華民國第四十二屆中小學科學展覽作品說明書，地球科學科，高中組，p.5，p.31

[10] 蘇芳貴，1983，“相關與迴歸分析”，復漢出版社，p.13

[11] <ftp://ftp.bbso.njit.edu>

[12] <http://home.kimo.com.tw/shpao5824/>

[13] <http://kukui.ifa.hawaii.edu/ARMaps/Archive/2000/>

[14] <http://www.bbso.njit.edu>

[15] <http://www.nthu.edu.tw>

拾、致謝

非常感謝熱心、耐心指導我們的校內外指導老師、大學教授、家長，和學校設備組長、校長的支持與協助，及網站上幫忙解惑的專家學者。

評語

- 1 能以傳統的方法，修正，結合電腦資料處理。觀測上，資料處理上頗見創意
- 2 挑戰不可能任務的研究精神，鍥而不捨的作學態度值得嘉勉。