

# 太陽黑子數知多少？

## 高中組地球科學科第三名

高雄市立中山高級中學

作 者：鄧閔鴻、廖家賢、黃斯瑜、謝家賢

指導教師：陳月妹

### 一、研究動機

原以為太陽黑子的位置和數量在太陽南北半球會成對稱分布，但發現並非如此，故萌研究太陽南北半球黑子數量變化和其對稱性之念。

### 二、研究目的

探討太陽黑子數量於南北半球之分佈

- (一)N-S的黑子極大期、極小期之出現先後、周期、歷時是否有某種規律。
- (二)N-S半球黑子相對數的差值與周期的關係。
- (三)黑子的出現是否有偏S或偏N的現象。
- (四)探求黑子數多寡的理論。

### 三、研究設備和器材

- (一)圓山天文台1960～1974年太陽黑子觀測圖影印版。
- (二)直徑10cm日面經緯度圖。
- (三)電腦軟體Lotus1-2-3，慧星一號。

### 四、研究過程和方法

#### (一)數據的獲得

- 1.由台北市立天文台1960～1975年間太陽黑子觀測圖影印版計算每日的N-S半球g、f數。( g：群數，f：個數 )
- 2.1947～1959、1976～1983年的資料抄自台北市立天文台原始紀錄中N-S半球g、f月平均數。
- 3.1975年天文台資料只有10、11、12月的，1～9月觀測圖影印版模糊無法計算，天文年鑑中只有N-S半球相對數和，故1975年1～9月N-S半球值缺。
- 4.1984～1992的N-S半球g、f平均數，抄自太陽黑子觀測報告中月報部份。

#### (二)資料的整理與繪圖

## 1. 數據的處理

- (1) 將1960~1974年每日N-S半球黑子群數(g)、個數(f)數據輸入電腦，以相對數 $R = K(10g + f)$ 公式(註1)求出相對數，再求月平均相對數R。
- (2) 將1947年7月~1959年12月、1976年1月~1992年12月的月平均N-S半球g、f數據輸入電腦，算出月平均相對數。

## 2. 相對數代入圓滑曲線公式：(註2)

$$\bar{R}_0 = [R_{-6} + R_{+6} + 2(\sum_{-5}^{+5} R_n)] / 24$$

$R_{-6}$ ：某月前第六個月的相對數。

$R_{+6}$ ：某月後第六個月的相對數。

$\sum_{-5}^{+5}$ ：某月前第五個月的相對數至後第五個月的相對數和(包含本身)之2倍。

電腦算出圓滑數值。繪出N-S半球相對數及其圓滑曲線圖(Fig. 1)。

## 3. 繪N-S半球圓滑曲線圖(Fig. 2)

## 4. 將N-S半球相對數算出和、差及圓滑值。

差為北半球月平均相對數-南半球月平均相對值。

## 5. 繪N-S半球相對數和、差與圓滑曲線圖(Fig. 3)(Fig. 4)

## 6. 由Lotus求出N-S半球相對數標準差，及繪其圖(Fig. 5)

$$\text{標準差 } STD = \left\{ \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] / n \right\}^{1/2} \quad (\text{註3})$$

n：個數  $\bar{x}$ ：該年平均  $x_i$ ：某月平均

## 7. Lotus求出N-S半球相對數和、差之標準差及其圖(Fig. 6)

## 五、研究結果、分析與討論

研究(一)：

### 1. 分析圖、表如下：

Fig. 1 N-S半球黑子相對數及圓滑曲線圖

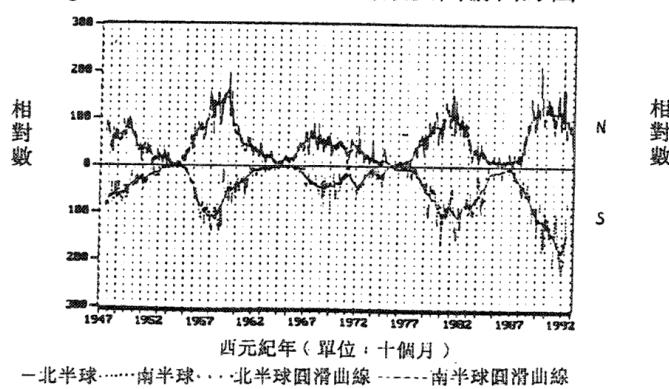


Fig. 2 N-S半球相對數的圓滑曲線圖

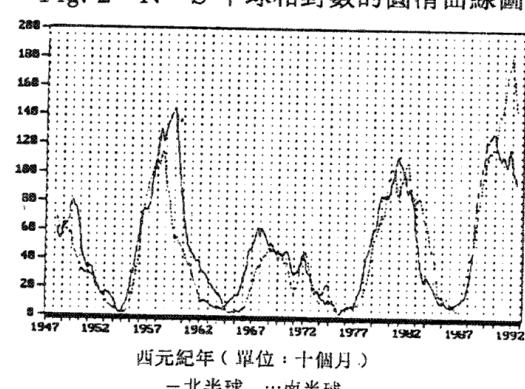


Fig. 3 N-S半球相對數和，差及其圓滑曲線圖  
 $Nr + Sr$ ,  $Nr - Sr$

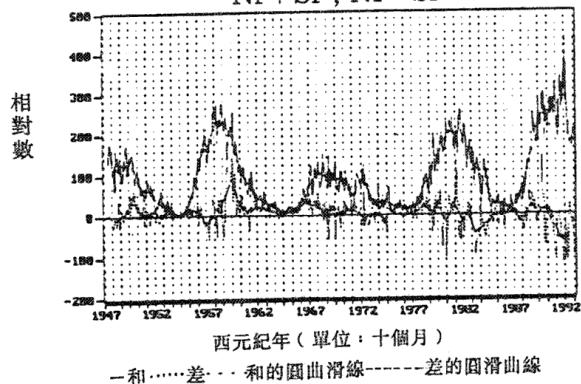


Fig. 4 N-S半球黑子相對數和，差圓滑曲線圖  
 $(Nr + Sr)s$ ,  $(Nr - Sr)s$

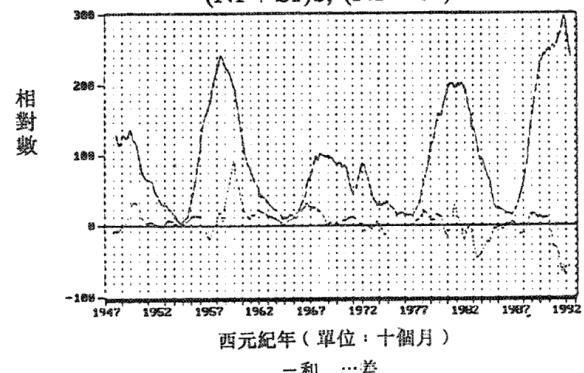


Fig. 5 N-S半球相對數的標準差曲線圖

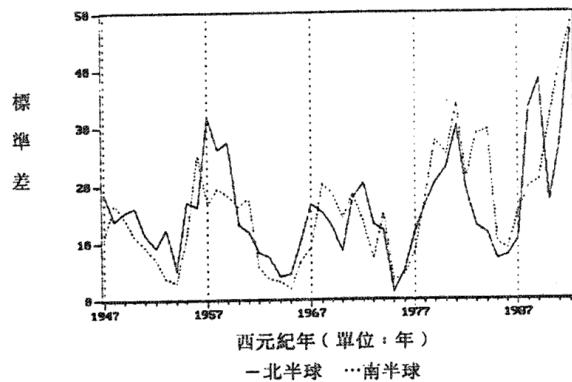


Fig. 6 N-S半球黑子相對數和，差的標準差圖

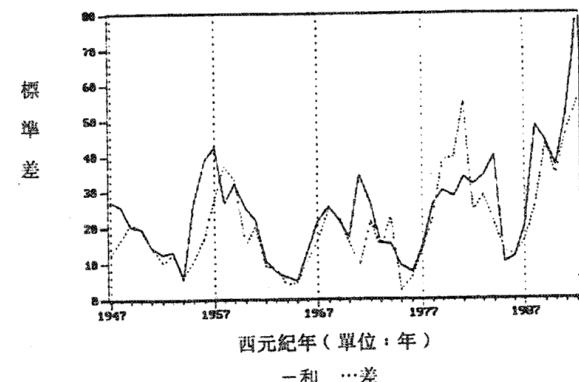


表1：太陽黑子在南北半球黑子極大、極小期發生時間，極值和經歷時間（由相對數求得）

數 據 項 目	N		S		N		S	
	年	月	年	月	年	月	年	月
極大值	發生時	1959. 8	1958.10		1967.12	1968.12		
	值大小	196.5	138.0		92.0	101.3		
極小值	發生時	1954. 4	1954. 4		1964.4	1965.12		
	值大小	0.0	0.0		2.7	0.0		
歷時	1個月	3個月		1個月	1個月			

數 據 項 目	N		S		N		S	
	年	月	年	月	年	月	年	月
極大值	發生時	1981. 4		1980. 5		1992. 2		1991.12
	值大小	171.0		164.2		230.5		235.7
極小值	發生時	1976. 2		1974.12		1986. 2		1986. 9
	值大小	0.0		0.0		0.0		0.0
歷時	2個月		2個月		2個月		1個月	

表2：

太陽黑子在N-S半球黑子極大、極小值發生時間、時間間隔與時間比較。

位置 數據		N			
項目	年 月	年 月	年 月	年 月	
極大值日期	1959. 8	1967.12	1981. 4	1992. 2	
時間間隔	8年4個月	13年4個月	10年10個月		
位置 數據		S			
項目	年 月	年 月	年 月	年 月	
極大值日期	1958.10	1968.12	1980. 5	1991.12	
時間間隔	10年2個月	11年5個月	11年7個月		
時間比較	N比S晚9個月	N比S早12個月	N比S晚11個月	N比S晚2個月	

位置 數據		N			
項目	年 月	年 月	年 月	年 月	
極小值日期	1954. 4	1964. 4	1976. 2	1986. 2	
時間間隔	10年0個月	11年10個月	10年0個月		
位置 數據		S			
項目	年 月	年 月	年 月	年 月	
極小值日期	1954. 4	1965.12	1974.12	1986. 9	
時間間隔	11年8個月	9年0個月	11年9個月		
時間比較	差 0 月	N比S早20個月	N比S晚14個月	N比S早7個月	

## 2.結果：

- (1)由Fig.1~Fig.4能約略看出太陽黑子由極小期→極大期的發展速度較由極大期→極小期快。
- (2)由表1知在分析的46年中極大值出現的位置為N → S → N → S，但差值不大，若由Fig. 2來看則為不規律。
- (3)由表2知北半球的極大期周期約平均10.8年；南半球則平均11.0年。
- (4)極大值發生的時間：由表2 Fig. 2極大值之相位差，均看不出規律性。
- (5)極小值N半球與S半球發生的月份差值，有大有小。

## 3.討論：

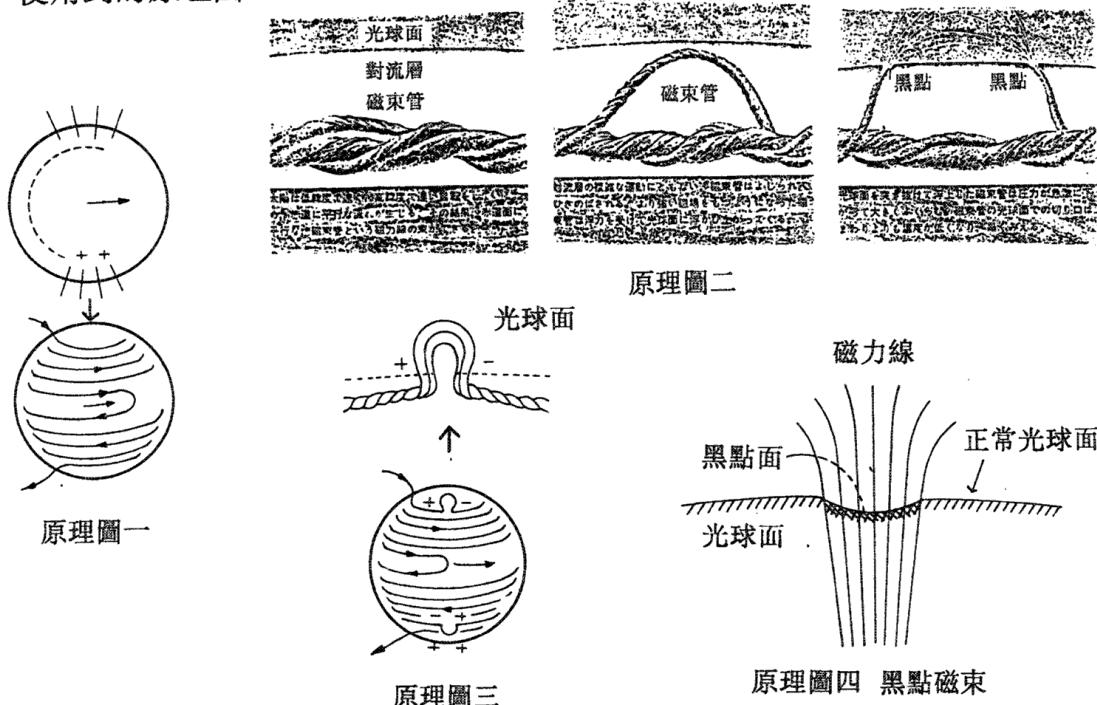
- (1)由Fig.1、Fig.2相對數及圓滑曲線圖來求太陽黑子周期，比較極大、極小期發生時間、極值、經歷時間，得放大曲線圖計算很麻煩，所以由數據比較；以相對數比較會比圓滑值準確。因圓滑曲線公式： $\bar{R}_0 = [R_{-6} + R_{+6} + 2(\sum_{-5}^{+5} R_n)] / 24$  依據相對數：
  - ①若某一月的相對數大，但前後六個月值偏低，那此月的圓滑值會被拉低。
  - ②若某一月的相對數小，但前後六個月值偏高，那此月的圓滑值會被拉高。
- (2)因本研究只有2個太陽磁場周期，研究資料若包括3個太陽磁場周期（66年）~5個太陽磁場周期（110年），或許在此項研究能找出規律性。
- (3)有時極大期的出現，北半球比南半球晚，因黑子的成因：
  - ①黑子的形成與太陽磁場有關：光球的表面不是均勻的自轉，在赤道附近

自轉快，以約27天轉一周；但高緯區則轉得慢，轉一周約需32天；磁力線會被電漿的運動拖曳，故在173天亦即在約半年相差一周，易變成一圈一圈地纏上（原理圖一）（註4），但磁力線數目眾多，在中緯度地區變成相當密，若在某局部對流被搖動，則磁力線有如細繩扭結成磁束管，在此氣體壓力+磁場壓力=上部氣體壓力，所以上部氣體壓力會將此磁束管壓得更密，磁束管被壓密後，同極所產生的排斥力就形成磁浮力而浮上光球面，形成黑子（如原理圖二）（註5），在浮起的磁力線兩端形成黑子雙極磁場（如原理圖三）（註6）。

②在黑子部，粒子運動被磁力線束限制，見（原理圖四）（註7）因亂流與深部的對流亦不再發生，從深部上升的熱也減少，結果，黑子部的溫度比周圍低。因溫度低而使其看起來黑暗，形成黑子。（註8）（註9）

因此：雖南、北半球磁力線纏繞圈數相同，磁通量對稱，但扭結情況的嚴重性或許南、北半球稍有差異，故黑子數的極大值發生時間有早晚。

#### 4. 使用到的原理圖：



#### 研究(二)

說明：Fig. 1~4中曲線斜率最大處，即Fig. 5~6中標準差最高點，代表數值變動程度最大。

結果1.：從（Fig. 1~2）N-S半球相對數圖中看出、南北相對數的變化近於同時，由Fig. 4亦檢定出，N-S半球的變化程度幾乎同時起舞。

討論：因為磁力線貫穿太陽，且赤道部分自轉快，而南北兩極自轉慢，所以南北的磁力線纏繞數同（原理圖一），而使黑子變化南北同時。

結果2.：N-S半球黑子相對數的值差與周期的關聯Fig.3、Fig.4中：1954～1956，1964～1967，1975～1977、1986～1987年間黑子相對數的和差曲線幾乎相接。

分析： $\because$ 極小期時黑子數極少或為0。

結果3.：N-S半球相對數和在AD1991～1992出現極大值，遠大於其餘年份的最大值（見Fig. 3、Fig. 4）

分析：由表2知AD 1992，2月時N半球為極大期，在前一年（1991）12月南半球為極大期，因為兩極大期只相差二個月，所以相對數的和特別突出；  
 $\therefore$ 在Fig. 6，和在AD 1992標準差曲線衝到最高點。

結果4.：雖然差值比和小，但變動程度亦同時起舞，可由Fig. 3、Fig. 4、Fig. 6看出。

結果5.：Fig. 5、Fig. 6〔N-S相對數標準差曲線，與和差標準差曲線（變動程度曲線）〕，與Fig. 1～4之黑子周期相符。

原因：黑子周而復始，數量由少→多→少。

### 研究(三)

#### 1. 結果：

Fig. 3～4看南北半球黑子相對數差，能看出北半球黑子相對數大多多於南北球；由表3，1947年7月～1992年12月黑子相對數北半球每月平均值51.0，標準差42.0，南半球每月平均值47.1，標準差45.2，為判定由圖看出來的N多於S是否真的顯著，故以統計法檢定；（註10）

$$t = (51.0 - 47.1) / (42.0 / \sqrt{537}) = 2.152$$

( 2.152 值介於 1.96 ~ 2.58 )

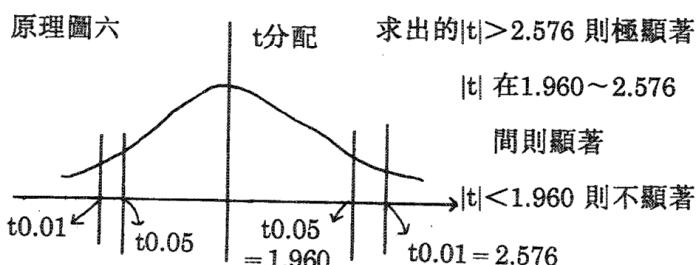
$$t = (47.1 - 51.0) / (45.2 / \sqrt{537}) = -1.999$$

( 雖為負值，但視為正值 1.999 介於 1.96 ~ 2.58 )

說明：依統計檢定法，t 分配表（註11），若有537個數據，則自由度為 $\infty$ ，機率5%時對應 $t_{0.05} = 1.960$ ，機率1%對應 $t_{0.01} = 2.576$ ，因求出的兩個 t 值均介於1.960～2.576間，故北半球黑子相對數顯著比南半球多。

表3

相對數	N.	S.
總和：	27368.5	25308.0
平均：	51.0	47.1
標準差：	42.0	45.2



## 2. 討論：

- (1)由Fig. 3及統計法檢定得1947~1992年中北半球黑子數顯著比南半球多，推論因太陽自轉軸傾斜，造成太陽圓盤面中心點緯度偏南，致觀測時所見恰是太陽北半球面積大時（表4），導致所見北半球黑子數大於南半球黑子數，但檢查1981年1月~1984年12月N、S半球月平均相對數之數據，發現48個月中符合此推論者占23個月，不合者佔24個月（表5），故北半球黑子數比南半球黑子數多，應不是觀測時正為太陽圓盤面北半球面積佔較大時。
- (2)黑子數雖N多於S，因黑子數非太陽活動明確的參數，1個大黑子的磁通量可能等於兩個或多個小黑子的磁通量，而磁通量的大小才能真正代表太陽的活動，故不能絕對逆推：N半球活動旺於S半球。

表4 P與 $B_0$ 速見表

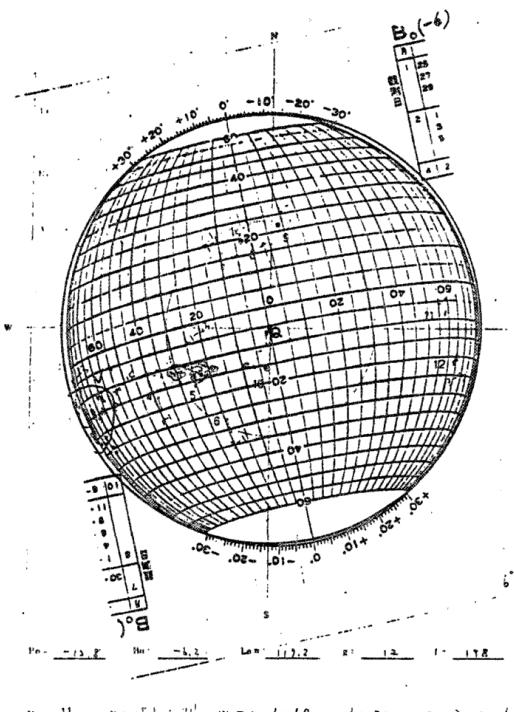
依 $B_0$ 值對照太陽面經緯度圖（原理圖七），可看出當時太陽圓盤面面積較大之半球為N或S半球。

月	日	$B_0$	P	月	日	$B_0$	P	月	日	$B_0$	P
1S	1, 2	-3°	+2°	S	17	-21°	N	11, 12	+15		
	2~4	+1			18~20	-20		13	+15		
5~7		0		S	21~23	-19		14~16	+16		
	8	-1			24	-18		17~19	+17		
S	9, 10	-4°	-2	6S	25, 26	-18		20~23	+18		
	11, 12	-3			27~29	-17		24~26	+19		
13, 14		-4		6S	30~1	-16		27~30	+20		
	15	-4			2	-15		31~2	+21		
S	16, 17	-5		S	3, 4	-15		3~7	+22		
	18, 19	-6			5, 6	-14		8~11	+23		
S	20, 21	-7		S	7~9	0°		12~17	+24		
	22, 23	-8			10	-13		18~24	+25		
S	24	-9		S	11	-12		25~5	+26		
	25, 26	-9			N	12, 13	+1°	10N	6~19	+6°	+26
2S	27, 28	-10		S	14~16	-11		N	20~26	+26	
	29, 30	-11			17~18	-10		N	27~30	+5°	+25
2S	31~2	-6°	-12	S	19, 20	-8		11N	3~7	+4°	+25
	3, 4	-13			21~23	-7		8, 9	+24		
S	5~7	-14			24, 25	-6		10, 11	+23		
	8	-15			26, 27	-5		N	12~15	+3°	+22
S	9	-15		S	28, 29	-4		N	16, 17	+21	
	10~12	-16			7N	30~1	+3°	N	18~22	+20	
S	13~15	-17			2~4	-3		N	23~25	+19	
	16~18	-18			5, 6	-2		7, 8	0	26, 27	+18
S	19~21	-19				-1		12N	28~30	+1°	+17
	22~25	-20			9, 10	+1		1~3	+16		
S	26~1	-21			N	11, 12	+4°	4, 5	+15		
	2~5	-22			13~15	+2		6~8	+14		
S	6~9	-23			16	+3		9, 10	0°	+13	
	10~15	-24				+4		11	+12		
S	16~22	-25			N	20~22	+5°	17	+12		
	23~1	-26			23~24	+6		S	13, 14	-1°	+11
4S	2~16	-6°	-26		25, 26	+7		S	15, 17	+10	
S	17~22	-26			27, 28	+8		S	18, 19	+9	
	23~27	-5°	-25			+9					
5S	28, 29	-25			29	+9		20, 21	+8		
	30~5	-4°	-24		30, 31	+10		22, 23	+7		
S	6, 7	-23			1~3	+11		S	24, 25	+6	
	8~13	-22			4, 5	+12		26, 27	+5		
S	14~16	-3°	-21		6~8	+13		S	28, 29	+4	
					9, 10	+14		S	30, 31	+3	

P是太陽自轉軸的北點方位角，在一年中有±26.5度的變化。 $B_0$ 是太陽圓盤面中心點的緯度，在一年中有±7.2度的變化。

表5

	N相對值	S相對值		
1981 Jan平均值	84.1	83.5	1984 Jan平均值	24.8 49.9 ○
Feb平均值	99.0	63.1 ×	Feb平均值	48.9 82.1 ○
Mar平均值	98.4	78.0 ×	Mar平均值	28.5 98.4 ○
Apr平均值	171.0	40.5 ×	Apr平均值	21.0 64.4 ○
May平均值	134.2	51.8 ×	May平均值	34.3 73.6 ○
Jun平均值	65.7	77.7 ×	Jun平均值	19.9 45.4 ×
Jul平均值	66.3	121.0 ×	Jul平均值	20.9 36.7 ×
Aug平均值	82.8	140.2 ×	Aug平均值	14.9 20.4 ×
Sep平均值	142.6	122.8 ○	Sep平均值	6.2 12.4 ×
Oct平均值	90.8	154.1 ×	Oct平均值	10.0 3.9 ○
Nov平均值	95.1	114.7 ×	Nov平均值	8.3 17.0 ×
Dec平均值	91.5	87.7 ×	Dec平均值	13.0 16.1 ○
1982 Jan平均值	66.6	103.3 ○	若觀測時的太陽半球面積較大，則該半球黑子數較多，符合者打○，不符合者打×	
Feb平均值	88.8	130.5 ○	結果：	
Mar平均值	110.9	102.3 ×	○ : 23個	
Apr平均值	87.2	81.2 ×	× : 24個	
May平均值	44.6	65.7 ○		
Jun平均值	86.7	62.3 ○		
Jul平均值	93.9	68.0 ○		
Aug平均值	86.1	66.0 ○		
Sep平均值	89.2	89.7 ×		
Oct平均值	66.5	55.9 ○		
Nov平均值	47.7	75.7 ×		
Dec平均值	63.3	99.8 ○		
1983 Jan平均值	45.6	95.0 ○		
Feb平均值	17.7	55.0 ○		
Mar平均值	10.3	106.3 ○		
Apr平均值	20.7	89.6 ○		
May平均值	31.4	103.6 ○		
Jun平均值	41.7	91.9 ×		
Jul平均值	33.8	71.6 ×		
Aug平均值	20.2	76.2 ×		
Sep平均值	14.1	49.4 ×		
Oct平均值	47.5	35.4 ○		
Nov平均值	9.6	9.6		
Dec平均值	21.5	45.9 ○		



原理圖七

80年太陽黑子觀測圖中，黑子的南北不對稱：

- (1)於太陽黑子觀測圖中畫出垂直線，找出中心點Q。
- (2)查P、 $B_0$ 速見表（表4），找出二月三日的 $B_0 = -6$ 、 $P = -13$ 。
- (3)用 $B_0 = -6$ 的太陽面經緯度圖之中心點對準Q點、自轉軸北點對準-13，由日面經緯度圖的日面赤道能將太陽黑子觀測圖分出南北半球。
- (4)將N-S半球分出後，即可發現N半球、S半球的黑子數量不等；所在位置亦不於同一經度。

#### 研究四

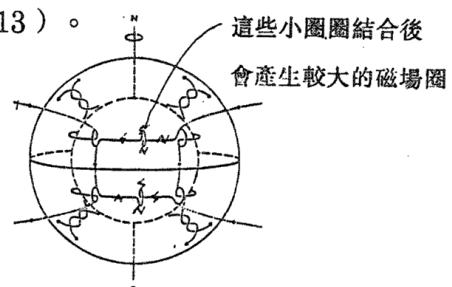
討論：為何黑子數大約周期性的有極大期出現：

由黑子成因的理論：太陽數量很多的磁力線，因太陽差異自轉一圈圈纏繞至很密時，單位截面積磁力線數很多時，磁力線可能因對流擾動而糾結許多處，所以黑子數就有許多；換個角度說：對流與自轉產生的 $B_t$ ，比 $B_p$ 強，故 $B_t$ 經由磁浮力浮到太陽表面的黑子就多。當許多磁力線浮起形成黑子後，磁場重新排列（原理圖五）（註12）再一次磁力線因差異自轉開始纏繞在太陽緯度約40度附近開始形成黑子，數量就少。見Fig. 7, E. W. Maunder所繪蝴蝶圖（註13）。

說明：太陽磁場有二個不同分量：

$B_p$ ：由南北偶極產生，只有徑向、緯向的分量。

$B_t$ ：只有經度方向的分量。



原理圖五

太陽磁場因上升下沉對流及科氏力的作用使 $B_t$ 產生與原來方向相反的南北偶極（Poloidal Field）。

## 六、結論

- (一)太陽圓盤面上N-S半球黑子極大值、極小值出現先後與歷時未發現規律性，極大值發生周期約11年。
- (二)N-S半球黑子相對數差值與和之周期同，變化趨勢亦大致相同。
- (三)由46年537個N-S半球相對數的數據顯示黑子出現略有偏N半球之現象，但不能逆推一定N半球活動較旺盛。
- (四)磁力線纏繞得越多圈，糾結得越嚴重，將使黑子數越多。

## 七、參考文獻：

- 註1：台北市立天文台，AD1994天文年鑑，台北市立天文台發行，P.124。
- 註2：台北市立天文台，民國81年太陽黑子觀測報告，台北市立天文台發行，P.5。
- 註3：白賜清，民國75年，品質管制之統計方法，第4版，中華民國品質管制學會發行，P.31。
- 註4：曾煥華譯，1987年7月，電漿的世界，初版，銀禾文化事業有限公司，P.110。
- 註5：日江井榮二郎，太陽（日文），NEWTON BOOK，P.129。
- 註6：同註4。
- 註7、註8：同註4，但為P.98。
- 註9、註12：周定一，1988年，星星也有黑子嗎？天文會刊第一卷第三期，P.12~13。
- 註10、註11：同註3，但為P.151~152，P.358。
- 註13：同註5，但為P.142。

## 八、誌謝

此次研究，非常感謝清大周定一教授，台北市立天文台陶蕃麟老師耐心指導、協助、鼓勵與提供資料。

## 評 語

能運用電腦統計分析方法找出47年來太陽黑子在南北緯之相對差值與周期，值得鼓勵。