

太陽黑子之研究

林榮安

Some Researches on Sunspots

Rong-an Lin

Abstract

A sunspot composes two distinct parts: the umbra, which is the darker part in the center, and the penumbra which is the lighter part bordered its outskirts. Under excellent condition of observation, the lighter and darker patches can be easily distinguished.

Through a number of years of observations we learn that sunspots are huge solar cyclones or whirlwinds in the solar atmosphere accompanied by pronounced magnetic storms. Each sunspot is assumed to be the result of a whirling storm of electrically charged particles around a huge magnet.

The items discussed in this report mainly composes the following headings:

1. The early conception of sunspots in ancient China.
2. The cause of sunspots.
3. Shape and size of sunspots.
4. Discussions on the method of sunspot observations.
5. Wolf's sunspot numbers.
6. The change of area of sunspots.
7. Evaluation of sunspotcycles.
8. Distribution of sunspots on sun's surface.
9. Sun's rotation shown by the movements of sunspots.
10. Life of sunspot groups.
11. Influence of sunspots effected on surface of the Earth.

Sunspots are observed by the method of projection in the Observatory at Taipei. The sunspot cycle was found generally in agreement with the eleven years period. This also agrees with the Wolf relative numbers and the areas of spots. The increase of sunspot numbers from a minimum to a maximum was much faster than the decrease of sunspots from a maximum to a minimum. From the record of our observations, we found that the minimum was occurred in 1954 and the maximum in 1957 during the late years.

一、古代發現黑子的時期及其錯誤觀念

人類發現太陽表面有黑子 (Sunspots) 存在，年代已非常久遠。各國古書對黑子的出現雖均有記載，但這些記載，大都略而不詳，只能證明當時已發現過太陽黑子而已。東西各國對於發現太陽黑子均有悠久歷史，我國發現的時期為最早。遠在公元以前，我國即已發現過太陽表面有黑點存在的事實。根據史書記載，如淮南子精神訓「日中有踰鳥」，康誥日烏賦「相彼烏矣，自呈形於日中」，春秋元命苞：「日中有三足鳥」。從這些記載中，研究其所謂鳥者，即日中黑子之被誤認。惟當時對於黑子的出現，未有詳細觀測和紀錄。不過由此可知在二千年以前，我國即已發現過太陽黑子矣！可惜當時因科學幼稚，當然談不上有正確的天文觀念。又自漢元帝永光元年（公元前45年）以至明愍帝崇禎十一年（公元1638年），黑子的發現見於史書者，計有九十二次，由此可見當時國人對於太陽黑子的注意。

西洋發現黑子的時期，則遠較我國為遲，其最早為公元807年，當時已進入第九世紀。西洋人對於黑子，最初亦缺乏正確觀念，雖無類似所謂日中有踰鳥的神話，但多誤認為行星凌日，即如大天文學家刻卜爾 (Kepler)，亦曾誤認為黑子是水星凌日。又如發現望遠鏡的加里尼 (Galiles)，亦曾誤認黑子為行星，後經研究始證明為黑子，故西洋最初發現太陽黑子者當推加氏，時為公元1610年。

二、黑子的成因及黑子磁場

太陽為一高熱而能發光的火球。其溫度極為複雜，上層與內部既不相同，即就光球表面言之，各部分的溫度亦不相同。據天體物理學的推算，太陽表面中央部分的溫度為攝氏六千三百度，邊緣為攝氏五千五百度，內部溫度極高，中心溫度可達攝氏一千萬度。因為有如此熾烈的高熱，故太陽表面常噴出高達萬哩的火綫。

黑子究係如何成因？學說不一。有的說太陽是實體，黑子乃太陽面裂開的現象。依現在學理，此說當難置信。勞蘭 (Rowland) 主張黑子乃太陽面突出的部分，像地面上的高山，其頂部高出光球面，故見之為深黑色。其下斜入光氣底部，光氣不厚，故見之為淡黑。照此說黑子由內向外其顏色必由深漸淡。但實際觀測並非如此，故此種說法於理不合。威廉侯失勒 (Willian Herschel) 謂太陽表面有蒙氣包圍，蒙氣之外有一層光氣浮於其中，光氣之下有雲層，雲層裂開，則見黑子，深黑部分即太陽實體，四邊淡黑者即為雲。費易 (Faye) 主張太陽黑子之成因，相似於地面上之颶風，日面近赤道處自轉快，緯度高處自轉較慢，因此使鄰近的光氣流動而成渦狀；像流水之迴旋，此種說法雖能解釋黑子之分佈，但根據此種說法南半球之黑子應成向右轉之旋渦轉動，北半球者應成向左轉之旋渦轉動，據實際觀測，則不盡如此。1893年，奧樸澈 (Oppolzer) 曾提議，根據氣象家研究熱力對於地球大氣豎流的影響，認為豎流循環不斷的從太陽二極上升，緩向赤道漂流，而落於黑子帶內。當其落時因受熱力，乃於含金屬氣質之光氣上作成洞形。依此說法則黑子之溫度應高於其周圍，此理與黑子之光譜相合，但二極之循環豎流及黑子之冷熱問題，未能決定，故黑子之成因，仍為未解決之問題。

黑爾 (G. E. Hale) 曾研究黑子之性質而創立一理論。據其所說，黑子係光球面上之漏斗形渦流，氣體由某部分內部旋迴而上升，到達上端則氣體膨脹而冷卻，溫度約降低至 4,000 度，黑子內部因發生化合物，故呈黑色。黑爾氏又認為黑子是一大冷卻器，至於黑子之磁場，氏謂其係因帶電粒子旋迴上升而造成。總之，關於黑子之成因，雖然學說甚多，各有各的不同說法，然現今經無數觀測及新近各種學理的證明，以 Hale 氏學說較為合理。Hale 氏認為黑子係日面的渦動氣流，即光球表面氣流上下出入造成極大速度擴展而成的漏斗形渦流或旋風。

用分光儀觀測，測出在太陽面中央附近之黑子光譜線為二重，各為圓偏光。但在邊緣附近之黑子，則光譜線為三重，各為平面偏光。由此得知黑子之磁場與太陽相垂直。據研究所得，黑子之外之磁場擴散四方，磁場強度隨黑子而不同，大黑子有達 4,000 高斯 (Gauss)。

黑子成對而出現時，謂之雙黑子。其磁性相反，而南北兩半球之磁極配置亦相反。例如北半球前頭黑子之磁性為北，後尾黑子為南，則南半球前頭黑子之

磁性為南，後尾黑子為北。又太陽黑子活動週期達最衰而復新開始之時，此關係則相逆反。

黑子固為磁場，而太陽全體亦係磁場。太陽蒙氣下部一般磁場之強度約為 50 高斯，由此向上而減小，蒙氣上層之磁場強度，則幾乎小至不能測定。

三、黑子的形狀和大小

在投影紙上，詳細觀察黑子的顏色，可以看出黑子形狀通常可分為內外兩部。內部顏色深黑，稱為本影 (Umbra)。外部顏色明淡，稱為半影 (Penumbra) 本影在半影之內，周圍半影之內有時亦有黑子成幾個本影。黑子的周圍，通常可見光球表現擾亂狀態，有時亦可看到一條條的梳紋，像有物由黑子向外或由外向內流動的狀態。

典型的黑子，當其在成長初期或近消失末期，常現出特殊形像，其光輝特強之白色輝條橫越本影，有時半影部分缺少一邊。在太陽中央附近之黑子，半影在本影的周圍，而在太陽邊緣附近之黑子，則本影偏向太陽中央，由此或可推想黑子是光球表面之凹穴。即本影是穴孔，半影是其週圍的斜面。

用望遠鏡或在投影紙上觀測黑子，可看出本影呈黑暗，但此暗部並非真正的黑暗，實際上亦發出強烈光輝，只因與光球面比較時較黑暗而已。據研究所得，本影的亮度約為光球表面光度的十分之一以上。黑子有如此強烈的光輝，如果將電燈放在黑子前面，互相比照，電燈乃成為黑暗的物體。

一般來說，黑子群可分為 A B C D E F G H J 九種型式。單獨出現之黑子屬於 A 型。無半影之黑子屬於 B 型。雙極性黑子，其中之一有半影者屬於 C 型。雙極性黑子，其中均有半影者屬於 D 型。大雙極黑子群，構造複雜，內含多數小黑子屬於 E 型。巨大之雙極性黑子群屬於 F 型。大雙極黑子群，內無小黑子者屬於 G 型。有半影之單獨大黑子屬於 H 型。有半影之單獨小黑子屬於 J 型。

黑子之出現極無規則，有時單獨出現，有時成群結隊，其外觀普通像圓形，但有時亦有極不規則者。黑子在太陽面所佔之面積很大，以本影來說，直徑最小為八十公里，最大可達八萬公里。半影更大，直徑最大時可達二十四萬公里。用投影法觀測太陽黑子時，在投影紙上顯示直徑不及一公厘之小黑子，其在日面上所佔之面積，已與地球之面積相等。

四、黑子觀測方法之討論

觀測太陽黑子，係用投影描繪法。如用十厘米赤

道儀觀測時，首先將轉儀鐘撥動，並將赤經赤緯棒放鬆，將太陽導入主鏡，然後將赤經赤緯棒旋緊，而使太陽固定於鏡野之內。在目鏡部份，須裝置一太陽投影架，架之上面放置太陽黑子觀測空白記錄紙一張。因所用之赤道儀口徑為十厘米，故投影紙上投影像之直徑亦用十厘米。太陽導入主鏡後，令其像與投影紙之圓周重合。像之方位，在觀測開始時須先決定。其法可選一黑子，令轉儀鐘停走，調整投影紙，使投影紙上之東西方向線與黑子之移動方向一致，即可決定像之方位。像之方位決定後，即可進行觀測，用鉛筆將太陽黑子之大小及其位置逐一描繪於投影紙上。為求精細觀測，有時將投影像之直徑擴大為二十至三十厘米，以決定黑子群數，黑子總數及黑子類型。觀測完畢後，由圖上研究黑子之變化，並算出太陽黑子 Wolf 相對數，黑子總面積及黑子在日面上之位置。

晴朗天氣，每日觀測一次。通常觀測時間在東經一百二十度平時八時至九時，但當天氣情況欠佳時，觀測時間則予延遲。

五、Wolf 氏黑子相對數計算方法之討論

黑子之盛衰，可由其出現數目表示之。現時觀測多用 Wolf 氏黑子相對數 r 表示。計算 r 之公式如下：

$$r = K(10g + f)$$

式中 g 為觀測時測定之黑子群數， f 為黑子總數， K 為觀測常數。觀測常數 K 係隨觀測者及其所用之遠鏡而異其值。 r 用其創作者之名，稱曰 Wolf 黑子相對數，或簡稱曰黑子數。Wolf 氏觀測太陽黑子時曾使用三吋折光遠鏡，目鏡之倍率為六四，計算時 K 之值定為一。如所用之遠鏡口徑小於三吋，則 K 值應比一大。如用大於三吋口徑之望遠鏡，則 K 值應比一小。故各人觀測結果，必須加以 K 值之修正，則觀測之值可以一致。未熟練之觀測者，對於分辨黑子群數，常無一定標準。尤其關於小黑子之存在，有時或未注意。故觀測者必須熟練且須作較長期之觀測，並將觀測結果與國際太陽黑子觀測委員會所在地之瑞士 Zurich 天文台發表之觀測記錄作一比較，然後定出 K 值，則算出之 Wolf 黑子相對數與 Zurich 天文台之結果可以一致。黑子觀測，現今世界各天文台多能測定。此種觀測現已世界聯合化，各天文台觀測結果逕寄 Zurich 天文台，由該台彙集連同譜斑及其他日面現象每三個月發表一次，以供研究。

六、黑子面積計算方法之討論

黑子之盛衰，由其所佔面積之大小亦可表示。格

林維基天文台每日用攝影方法，攝得太陽黑子照片，並由照片算出黑子總面積。自 1873 年以來，格林維基天文台得南非及印度天文台等之協助，每日不斷攝取黑子照片。據研究所得，黑子面積之變化與 Wolf 相對數之變化極為一致。

太陽為一球體，投影紙上之太陽像為一圓面。因球面差之關係，在投影紙上中央及邊緣顯示同樣大小面積之黑子，其在太陽面之實際面積，大不相同。故計算黑子面積時，在投影紙上量出黑子面積之後，如黑子之位置並非在日心中央，須量出黑子至日心之距離，然後加以球面差之修正，化為日心中央之面積，始能代表該黑子在太陽面之實際面積。

黑子面積，係用太陽半球面面積百萬分之一為單位。計算面積時，可先用平方毫米為單位。在投影紙上一平方毫米之黑子，佔太陽半球面面積百萬分之幾，可用下法推算。

投影紙之半徑 $R = 50$ 毫米

投影紙上太陽之圓面積 $A = \pi R^2 = 2500\pi$ 平方毫米 $= 7854$ 平方毫米

設投影紙上一平方毫米之面積，相當於太陽面上之面積為 X ，並視作太陽面為一平圓，其面積為 A 故得比例式如下：

$$\frac{1}{7854} = \frac{X}{A}$$

$$X = \frac{1}{7854} \cdot A = 0.0001273 \cdot A = \frac{127.3}{1000000} \cdot A$$

A 為視作太陽為平圓之面積，因

$$A = \frac{1}{4} \text{ 太陽球面面積}$$

$$\begin{aligned} \text{故 } X &= \frac{127.3}{1000000} \cdot \frac{1}{4} \text{ 太陽球面面積} \\ &= \frac{127.3}{1000000} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \text{ 太陽球面面積} \\ &= \frac{64}{1000000} \text{ 太陽半球面面積} \end{aligned}$$

即投影紙上一平方毫米之面積 $= \frac{64}{1000000} \cdot \text{太陽半球面面積}$ 。

球面差之修正，可由下法推得。

在球面上，設 P 為黑子之位置， α 為距中心角，則

$$\cos \alpha = \frac{\text{投影面積}}{\text{球面上之面積}}$$

$$\text{即 } \frac{\text{球面上之面積}}{\text{投影面積}} = \frac{1}{\cos \alpha} = \sec \alpha$$

故球面上之面積 $=$ 投影面積 $\times \sec \alpha$ 設投影半徑為 1，在投影紙上黑子至中心之距離為 r_1 ，則

57	22.8	75	17.1	93	84.9	11	5.7	29	65.0	47	151.5
58	54.8	76	11.3	94	78.0	12	3.6	30	35.7	48	136.2
59	93.8	77	12.3	95	64.0	13	1.4	31	21.2	49	134.7
60	95.7	78	3.4	96	41.8	14	9.6	32	11.1	50	83.9
61	77.2	79	6.0	97	26.2	15	47.4	33	5.7	51	69.3
62	59.1	80	32.3	98	26.7	16	57.1	34	8.7	52	31.5
63	44.0	81	54.3	99	12.1	17	103.9	35	36.1	53	13.9
64	47.0	82	59.7	1900	9.5	18	80.6	36	79.7	54	4.4
65	30.5	83	63.7	01	2.7	19	63.6	37	114.4	55	38.0
66	16.3	84	63.5	02	5.0	20	37.6	38	109.6	56	141.7
67	7.3	85	52.2	03	24.4	21	26.1	39	88.8	57	191.5
68	37.3	86	25.4	04	42.0	22	14.2	40	67.8	58	182.0
69	73.9	87	13.1	05	63.5	23	5.8	41	47.5	59	145.1
70	139.1	88	6.8	06	53.8	24	16.7	42	30.6	60	109.9
71	111.2	89	6.2	07	62.0	25	44.3	43	16.3		
72	101.7	90	7.1	08	48.5	26	63.9	44	11.0		
73	66.3	91	35.6	09	43.9	27	69.0	45	33.2		
74	44.7	92	73.0	10	18.6	28	77.8	46	92.6		

太陽黑子 Wolf 相對數極大極小值及年份

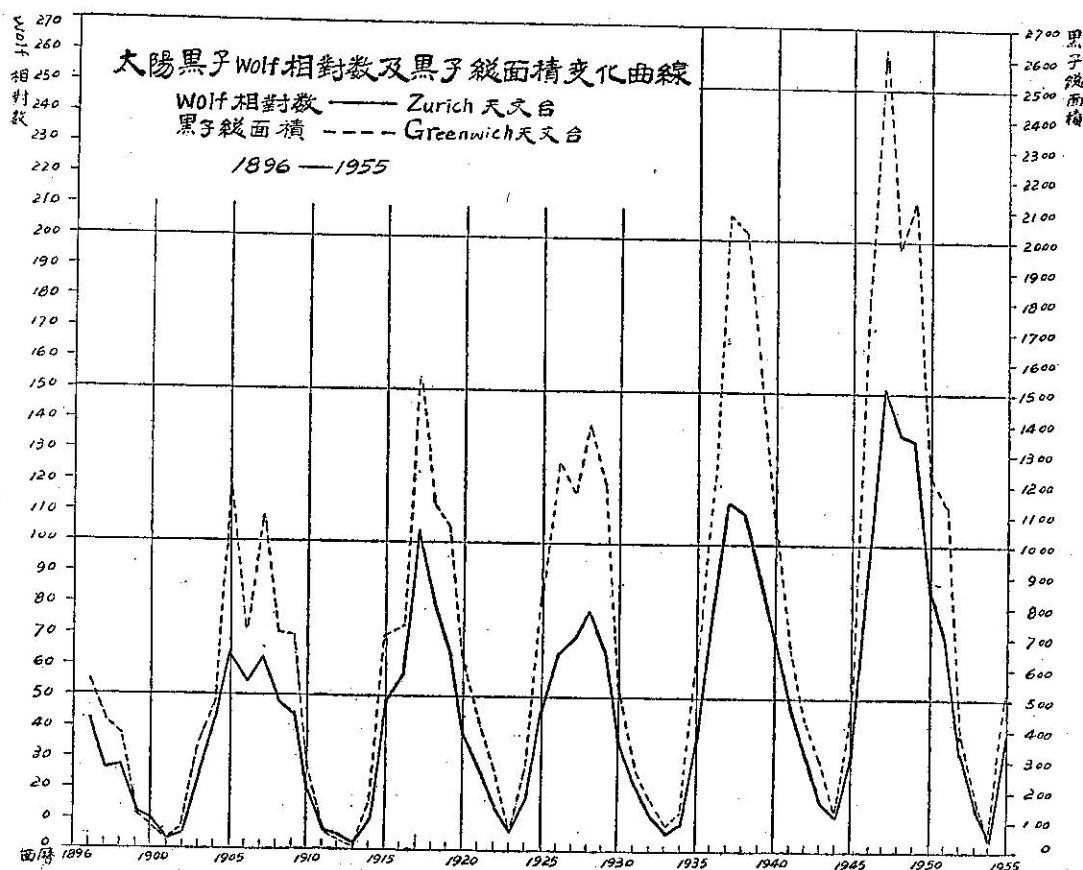
(Zurich 天文臺)

年	極大值	極小值	相 隔 年 數				年	極大值	極小值	相 隔 年 數			
			極大至極小	極小至極大	極大至極大	極小至極小				極大至極小	極小至極大	極大至極大	極小至極小
1755	—	9.6	—	—	—	—	1867	—	7.3	7	—	—	11
1761	85.9	—	—	6	—	—	1870	139.1	—	—	3	10	—
1766	—	11.4	5	—	—	11	1878	—	3.4	8	—	—	11
1769	106.1	—	—	3	8	—	1883	63.7	—	—	5	13	—
1775	—	7.0	6	—	—	9	1889	—	6.3	6	—	—	11
1778	154.4	—	—	3	9	—	1893	84.9	—	—	4	10	—
1784	—	10.2	6	—	—	9	1901	—	2.7	8	—	—	12
1787	132.0	—	—	3	9	—	1905	63.5	—	—	4	12	—
1798	—	4.1	11	—	—	14	1913	—	1.4	8	—	—	12
1804	47.5	—	—	6	17	—	1917	103.9	—	—	4	12	—
1810	—	0.0	6	—	—	12	1923	—	5.8	6	—	—	10
1816	45.8	—	—	6	12	—	1928	77.8	—	—	5	11	—
1823	—	1.8	7	—	—	13	1933	—	5.7	5	—	—	10
1830	71.0	—	—	7	14	—	1937	114.4	—	—	4	9	—
1833	—	8.5	3	—	—	10	1944	—	11.0	7	—	—	11
1837	138.3	—	—	4	7	—	1947	151.5	—	—	3	10	—
1843	—	10.7	6	—	—	10	1954	—	4.4	7	—	—	10
1848	124.3	—	—	5	11	—	1957	191.5	—	—	3	10	—
1856	—	4.3	8	—	—	13							
1860	95.7	—	—	4	12	—	平 均			6.7	4.3	10.9	11.1

太陽黑子總面積年平均値之變化 1896~1955

(格林維基天文臺)

年	黑 總 面 積	年	黑 總 面 積	年	黑 總 面 積	年	黑 總 面 積
1896	543	11	64	26	1262	41	659
97	514	12	37	27	1058	42	423
98	375	13	7	28	1390	43	295
99	111	14	152	29	1242	44	126
1900	75	15	697	30	516	45	429
01	29	16	724	31	275	46	1817
02	62	17	1537	32	163	47	2637
03	340	18	1118	33	88	48	1977
04	488	19	1052	34	118	49	2129
05	1191	20	618	35	624	50	1222
06	708	21	420	36	1141	51	1136
07	1082	22	252	37	2074	52	403
08	697	23	55	38	2019	53	145
09	692	24	276	39	1580	54	35
10	264	25	830	40	1039	55	553



太陽黑子總面積極大極小值及年份

(格林維基天文臺)

年	極大值	極小值	相 隔 年 數				年	極大值	極小值	相 隔 年 數			
			極大至極小	極小至極大	極大至極大	極小至極小				極大至極小	極小至極大	極大至極大	極小至極小
1901	—	29	—	—	—	—	1933	—	88	5	—	—	10
1905	1191	—	—	4	—	—	1937	2074	—	—	4	9	—
1913	—	7	8	—	—	12	1944	—	126	7	—	—	11
1917	1537	—	—	4	12	—	1947	2637	—	—	3	10	—
1923	—	55	6	—	—	10	1954	—	35	7	—	—	10
1928	1390	—	—	5	11	—	平 均	—	—	6.6	4.0	10.5	10.6

太陽黑子 Wolf 相對數平均值之變化1949~1963

(氣象所天文台)

年 月	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
一	121.8	82.4	30.6	31.2	25.7	0.0	30.9	57.8	131.8	208.2	189.1	132.1	36.1	28.3
二	158.9	65.8	38.9	8.8	3.1	0.0	18.2	82.2	100.2	155.0	109.1	97.2	40.9	31.4
三	138.3	94.7	45.8	21.9	3.7	5.6	8.1	120.8	119.6	184.6	157.3	73.2	42.6	35.6
四	157.2	85.3	75.5	17.8	36.8	0.0	11.1	117.9	180.3	186.5	132.9	94.8	59.1	35.4
五	105.6	99.0	53.4	16.6	11.9	0.0	25.7	122.9	133.9	181.2	138.8	98.8	33.4	30.9
六	94.1	69.5	60.1	34.8	16.6	0.0	20.6	89.4	162.2	169.2	128.6	84.2	67.0	
七	108.9	66.8	41.3	27.2	5.2	2.0	30.3	106.0	169.3	184.8	115.5	96.4	53.5	
八	107.0	69.6	39.3	39.9	21.1	6.7	42.3	134.6	134.5	184.7	146.6	115.0	45.7	
九	129.0	48.5	61.5	15.5	16.1	0.0	40.3	156.1	182.0	153.4	111.1	93.4	42.3	
十	102.5	57.2	44.9	16.7	6.5	0.0	37.9	130.8	235.9	170.4	126.1	57.6	33.9	
十一	114.2	48.9	46.9	16.0	0.0	1.8	71.6	190.4	186.7	137.8	99.2	77.9	25.6	
十二	110.3	54.8	35.1	25.7	2.6	5.0	74.7	148.2	203.3	177.2	116.7	69.8	12.6	
平 均	120.7	70.3	42.8	22.7	12.4	1.8	34.3	121.4	161.6	174.4	130.9	90.9	41.1	

太陽黑子總面積平均值之變化1949~1962

(氣象所天文台)

年 月	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
一	283.3	195.6	71.8	80.8	83.0	0	203.1	432.7	1211.8	1083.9	1447.1	623.5	237.5	228.1
二	362.8	217.4	128.7	26.5	2.1	0	78.7	563.4	672.0	714.1	540.2	475.6	198.6	220.6
三	466.6	279.0	171.1	33.2	5.3	19.9	19.6	773.2	744.9	1294.8	939.1	313.1	266.4	238.1
四	315.9	411.7	316.8	35.1	113.4	0	40.3	637.4	1166.1	1014.9	730.8	589.5	320.8	296.0
五	197.8	320.0	292.7	37.1	26.2	0	110.1	953.5	1073.4	912.0	692.8	677.0	210.2	301.9
六	246.5	212.9	325.7	96.6	37.6	0	118.0	958.4	1170.9	774.0	716.5	523.8	411.3	
七	256.4	217.3	113.7	96.1	15.9	2.4	116.8	970.3	1314.4	975.2	589.8	675.1	392.9	
八	318.8	215.5	115.1	120.9	50.4	22.2	242.8	145.1	673.7	873.0	689.2	724.6	187.7	
九	284.3	108.5	157.3	43.9	32.0	0	157.4	1366.7	1661.6	1010.1	526.2	517.7	346.1	
十	248.9	134.2	173.8	51.7	10.2	0	242.0	1177.8	124.2	856.5	561.4	446.4	171.9	
十一	303.5	108.2	131.2	45.2	0	9.1	547.4	1816.2	1059.6	626.2	470.7	499.3	151.4	
十二	220.5	193.2	98.1	62.3	1.8	40.9	502.6	1190.6	1315.4	992.8	670.1	374.0	88.8	
平 均	292.1	217.8	174.7	60.8	31.7	7.9	198.2	915.4	1015.7	927.7	714.6	536.6	248.6	

研究上列二百餘年來 Zurich 天文台之觀測成果，Wolf 相對數之變化，其極大至極大期，平均為 10.9 年，極小至極小期，平均為 11.1 年，二者平均為 11 年。由極大至極小平均為 6.7 年，極小至極大，平均為 4.3 年。又研究六十年來格林維基天文台觀測成果，黑子總面積之變化，其極大至極大平均為

10.5 年，極小至極小平均為 10.6 年，二者平均為 10.55 年。由極大至極小，平均為 6.6 年，極小至極大，平均為 4 年。由上觀之，Wolf 相對數黑子總面積之發生極大極小之年份及極端值之週期，均極為一致。由此可知，Wolf 相對數之多寡或黑子總面積之大小，均可表示黑子之盛衰。

太陽黑子 Wolf 相對數及黑子總面積變化曲線圖
(氣象所天文台)
1949 - 1961

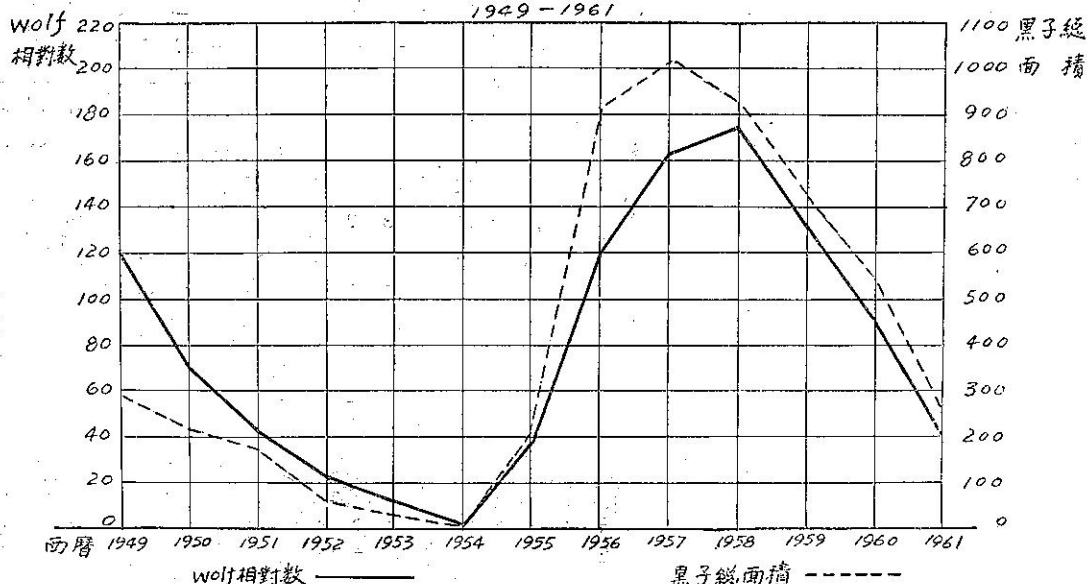


圖 3

由氣象所天文台十三年來之觀測成果研究，及所繪成之曲線圖加以研究，顯示 Wolf 相對數及黑子總面積之變化均極為一致，此點足以證明 Wolf 相對數及黑子總面積均可表示黑子盛衰週期之真實性。以 Wolf 相對數及黑子總面積而論，均表示 1954 年為黑子達極小的一年。以黑子總面積而言，1957 年為黑子達極大的一年，但 Wolf 相對數則 1958 年仍較 1957 年稍有增加，惟相差甚小，故近年太陽黑子之極大期，以面積而言應為 1957 年。此種觀測成果，與 Zurich 天文台及格林維基天文台觀測之結果作比較研究，均極為一致。

黑子數目之變化，每年不同，但由上研究大致有一平均十一年之週期。太陽黑子之盛衰約有十一年之週期，最先發現此週期者，為德國民衆天文家西娃別 (S. H. Schwabe) 氏，時為 1843 年。現經二百餘年之觀測成果加以研究，已證實此週期正確。當黑子最多期，每日皆可見其存在。當黑子最少期，可能終月或數月不見黑子。如 1954 年為黑子最少的一年，根據氣象所天文台觀測，1954 年有 7 個月不見黑子。由

上研究，太陽黑子盛衰之平均週期已確定為十一年，其曲線之上升，比較下降為速。前者為 4.3 年，後者為 6.7 年。二十世紀以來，太陽黑子最少期為 1901, 1913, 1923, 1933, 1944, 1954。最多期為 1905, 1917, 1928, 1937, 1947, 1957 年。根據氣象所天文台觀測成果推測，1964 年可能又為太陽黑子最少的一年。

八、黑子在太陽面南北半球之分佈

黑子在日面的分佈，隨黑子之盛衰而有規則的變化。根據觀測結果，黑子多分佈於太陽南北兩半球五度至四十度之帶內，在太陽的赤道上，須當黑子達最盛時，始日能有之。在面南北緯四十五度以上之地帶，則幾乎很少見黑子存在。照平均言之，太陽面南北兩半球出現之黑子數應彼此相等，但在最近五十年間，南半球出現之黑子數却多於北半球五分之一，且當黑子最少期，黑子分佈漸趨於兩極，迨達最大期，則向赤道密集。

下表為最近十三年來太陽黑子緯度最高最低值之變化，曲線圖係表示黑子緯度每年平均最高最低值之變化情形。

太陽黑子緯度最高最低值 1949~1961

(氣象所天文台)

月 份	1949				1950				1951				1952				1953				1954				1955			
	北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球	
	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)
一 月	32	3	23	6	20	2	17	2	13	5	19	14	12	4	19	2	20	2	11	8	—	—	—	—	35	18	35	19
二 月	26	3	22	2	21	2	17	7	24	3	13	6	10	10	14	9	5	5	—	—	—	—	—	—	39	17	3	3
三 月	27	2	22	4	30	4	26	2	13	4	13	8	19	8	16	3	—	—	4	4	—	—	23	7	34	34	21	9
四 月	26	2	23	2	27	5	20	3	18	2	14	4	18	3	8	2	17	2	10	2	—	—	—	—	34	16	—	—
五 月	26	2	23	2	28	2	21	4	19	8	19	4	9	6	18	2	9	3	2	2	—	—	—	—	30	21	30	29
六 月	22	3	14	3	23	2	18	11	16	9	20	3	16	7	18	5	15	8	15	13	—	—	—	—	30	21	20	20
七 月	23	6	30	4	20	5	26	10	11	3	23	3	8	4	12	3	—	—	8	8	29	3	—	—	30	17	31	20
八 月	19	8	21	2	34	7	19	2	16	8	19	4	15	3	11	2	18	9	4	3	25	25	30	20	45	19	31	20
九 月	27	5	28	2	19	2	21	4	20	3	16	4	12	3	14	4	12	6	11	11	—	—	—	—	31	16	38	17
十 月	26	3	26	5	27	2	17	3	13	3	10	2	13	13	9	2	17	17	6	2	—	—	—	—	30	15	21	12
十一 月	24	4	30	2	17	3	22	5	22	7	13	4	12	5	14	14	—	—	—	—	—	—	35	35	42	15	30	16
十二 月	33	2	13	3	19	9	21	12	12	2	19	3	9	2	10	9	—	—	2	2	31	31	—	—	33	17	30	15
極 端 值	33	2	30	2	34	2	26	2	24	2	23	2	19	2	19	2	20	2	15	2	31	3	35	7	45	15	38	3
平 均	26	4	23	3	24	4	20	5	16	5	7	5	13	6	14	5	14	7	7	6	28	20	29	20	34	19	26	16

月 份	1956				1957				1958				1959				1960				1961				1962			
	北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球		北半球		南半球	
	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)	最高 (度)	最低 (度)
一 月	38	20	17	15	42	2	23	4	40	2	41	3	35	3	25	2	35	2	24	4	28	6	18	3	20	5	10	10
二 月	27	20	38	8	34	14	25	11	31	4	34	3	32	6	34	3	25	4	21	10	23	4	14	7	14	4	10	7
三 月	37	14	26	8	40	9	38	8	35	7	28	6	25	1	32	3	25	1	12	7	22	5	15	4	14	7	20	7
四 月	36	9	37	14	36	12	28	4	42	7	25	5	30	2	20	8	24	7	17	4	15	4	27	5	10	7	10	6
五 月	37	13	28	11	26	6	29	6	40	3	44	4	25	3	34	4	30	4	21	4	20	4	14	2	20	4	16	7
六 月	27	13	29	10	35	4	38	8	45	4	23	5	32	3	23	5	28	5	17	5	20	2	18	1	—	—	—	—
七 月	34	14	25	10	33	6	37	8	44	4	23	3	36	5	17	6	26	4	15	8	22	2	14	3	—	—	—	—
八 月	49	9	28	10	34	7	33	8	43	3	23	4	37	2	21	5	27	4	20	2	22	3	24	3	—	—	—	—
九 月	45	9	29	10	40	6	42	7	37	5	32	3	35	2	20	5	28	4	19	4	19	1	13	13	—	—	—	—
十 月	48	14	48	8	43	6	42	3	42	5	29	3	30	2	20	1	27	4	19	5	18	4	18	7	—	—	—	—
十一 月	41	14	26	12	35	4	32	3	40	3	21	2	30	5	19	6	28	2	12	3	20	3	10	7	—	—	—	—
十二 月	34	6	25	10	36	1	30	2	42	4	25	3	28	6	20	1	28	3	17	4	15	13	3	3	—	—	—	—
極 端 值	49	6	48	8	43	1	42	2	45	2	44	2	37	1	34	1	35	1	24	2	28	1	27	1	—	—	—	—
平 均	38	13	30	10	36	6	33	6	40	4	29	4	31	3	24	4	28	4	18	5	20	4	16	5	—	—	—	—

由上研究，黑子在太陽面南北兩半球緯度極端值之變化，頗為對稱。當北半球黑子緯度之最高值及最低值漸增或漸減時，南半球亦然。1954年為黑子最少期，南北兩半球黑子分佈範圍狹小。1957年為黑子最多期，南北兩半球黑子分佈範圍廣大。黑子緯度極端值多在日面南北緯五度至三十五度之間，在正赤道處極少發現。當黑子達最多期，黑子分佈地區可擴展至

日面南北緯四十八度。黑子達最少期，分佈範圍只在南北緯三十度左右以下之帶內。

九、黑子在日面之移動及太陽自轉週期

黑子在日面之位置，並非固定。如作連續觀測，可看出黑子的位置每日不同，並由東向西移動。這種移動，足以證明太陽本身的自轉。經長期觀測無數黑子的移動，證實黑子移動的速度，隨黑子在日面上之

太陽黑子緯度平均最高最低變化曲線圖
(氣象所天文台)

1949—1961

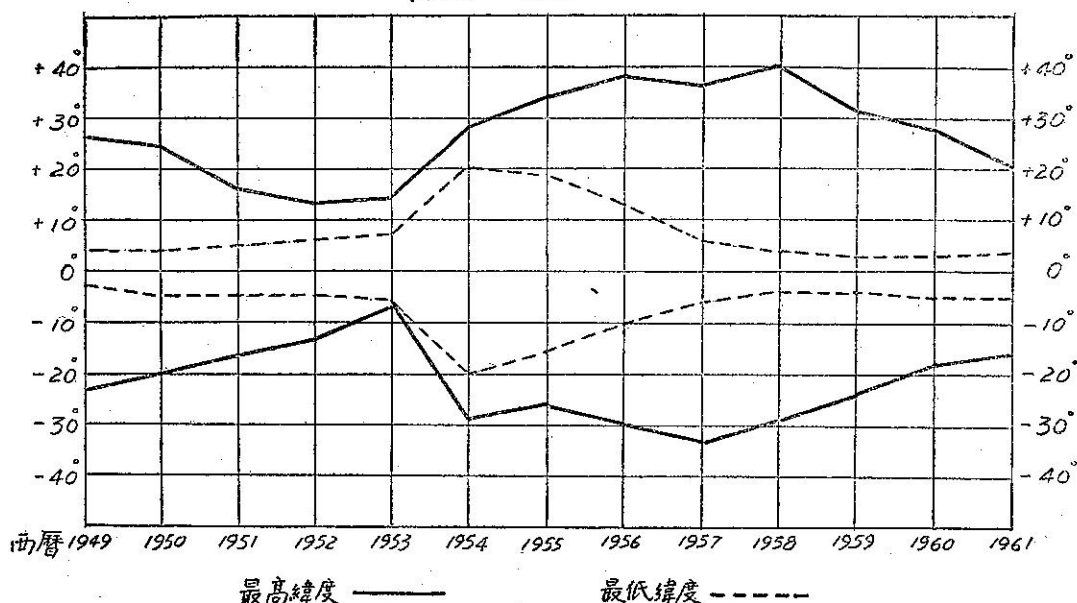


圖 4

緯度而異。亦即太陽之自轉週期，隨緯度而異。在近太陽赤道處，自轉較快，平均 24.65 日一周，伸向兩極處則較慢。如在緯度二十度，太陽之自轉週期為 25.19 日。緯度三十度為 25.85 日，三十五度為 26.63 日，四十度為 27.48 日，六十度為 30.93 日，七十五度為 33.15 日，二極附近約為 34 日。由此可見，太陽自轉速度確隨緯度而異。此乃表示太陽本身並不是一個固體，而為液體或氣體狀態。

太陽黑子之位置，以日面經緯度表示之。此種座標稱為日面座標，以太陽自轉軸及太陽赤道面為基準。某時太陽面經緯度與地球之關係，以日軸方位角 P ，日輪中心之日面經度 L_0 ，日面緯度 B_0 定之。由此三個數據，則日面之經緯圈，即可劃定，亦即日面上任一太陽黑子之經緯度，皆可量出。

日軸方位角，係太陽自轉軸在天球上之投影與經過太陽中心之地上經圈所成之角度，從正北起算，向東為正，向西為負。日輪中心之日面緯度，即以日面座標表示地球中心之緯度。以太陽赤道為基本平面，向北為正，向南為負。日輪中心之日面經度，以太陽上之首經線為起點，向西為正。此首經線以

1854 年 1 月 1 日格林維基平午時所見太陽面之中央子午圈為基準。以上各數據，均從天文曆書中可以查出。

因太陽自轉，黑子之視動，其方向皆由東向西。下圖為每年 1 月至 12 月黑子視動之大概線路圖。 P 為太陽北極，由圖可見黑子之視動方向，均與太陽赤道平行。其移動路線與日軸方位角及日心經緯度有關。

黑子在日面上均由東向西移動，此種移動，實際上係因太陽自轉而發生之視動。除此種視動以外，黑

太陽黑子視動路線圖

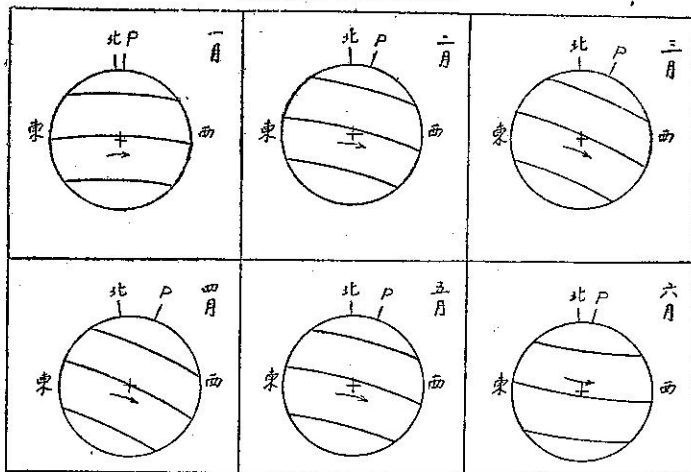


圖 5

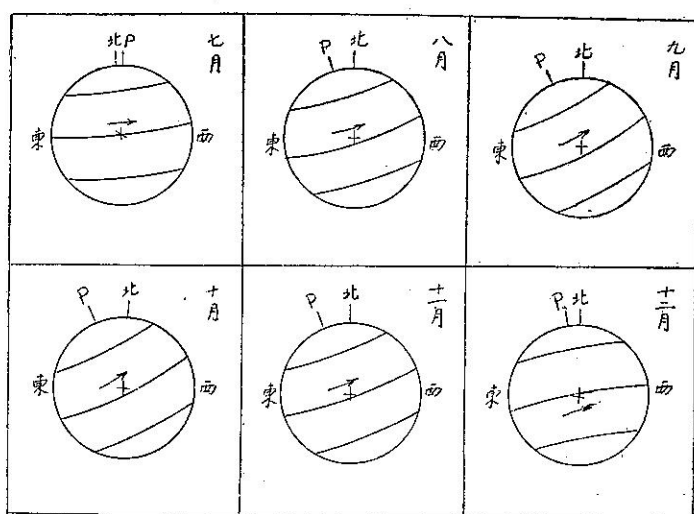


圖 6

子對於太陽面亦有自行，此種自行，即黑子之固有運動。據研究所得，黑子之固有運動，並無規則，亦無平均之運動方向。每日運動平均經度方向為 $43'$ ，緯度方向為 $24'$ 。但就某一黑子而言，其固有運動之速度及方向，每日均有變動。根據觀測，黑子因太陽自轉而暫時消失。至再度出現時，其位置之變動，普通並無如此之甚。據研究所得，同一黑子經太陽自轉後

至再度出現時，其間所發生之位置變動，平均緯度為 1.2 度，經度為 4 度。由黑子之固有運動，更足證明太陽本身並非固體而為液體或氣體狀態。

十、黑子之壽命

黑子壽命，與黑子面積之大小有關。由觀測所得，小黑子之壽命較短，大黑子之壽命較長。據格林維基天文台攝影之結果，平均 $\frac{1}{2}$ 之黑子，僅一日消失，其他 $\frac{1}{2}$ 之黑子可活至 2 日乃至 4 日，活至 5 日以上之黑子，約佔 $\frac{1}{2}$ 。僅能活動一日之黑子，多半係屬極小之小黑子。格林維基天文台在歷時 33 年所觀測之六千個黑子群中，其中有 468 個，經太陽自轉一週後仍見其存在。其中之 115 個經太陽自轉二週後仍可見其存在。

經太陽自轉三週仍可見其存在之黑子計有 25 個。自轉四週後仍見其存在的，有 12 個。自轉五週後仍能見其繼續存在之黑子僅一個。至現在為止，壽命最長之黑子為 1840 年出現之大黑子群，能繼續存在有 18 個月之久。

由氣象所天文台最近一年餘來之觀測成果，分析黑子初見及末見日期，研究黑子之壽命如下表所示。

太陽黑子由初見至末見之日數 1961 年 1 月~1962 年 5 月

(臺灣省氣象所天文台)

黑子群 號 數	初 見 年 月 日	末 見 年 月 日	黑子壽命 (日 數)	黑子群 號 數	初 見 年 月 日	末 見 年 月 日	黑子壽命 (日 數)
3448	1961 1 2	1961 1 3	2	3464	2 26	2 27	2
3449	1 3	1 8	6	3465	2 26	3 4	7
3450	1 7	1 19	13	3466	3 3	3 3	1
3451	1 9	1 9	1	3467	3 3	3 4	2
3452	1 17	1 23	7	3468	3 3	3 3	1
3453	1 19	1 21	3	3469	3 12	3 19	8
3454	1 23	1 27	5	3470	3 17	3 17	1
3455	1 26	2 5	11	3471	3 17	3 19	3
3456	1 28	1 29	2	3472	3 17	3 17	1
3457	1 28	1 28	1	3473	3 27	3 27	1
3458	1 28	2 5	9	3474	3 27	4 1	6
3459	2 4	2 5	2	3475	3 27	4 1	6
3460	2 4	2 11	8	3476	3 27	4 4	9
3461	2 4	2 13	10	3477	3 28	4 6	10
3462	2 11	2 11	1	3478	3 29	3 29	1
3463	2 26	2 28	3	3479	3 31	4 7	8

3480	3 31	4 7	8	3526	7 10	7 18	9
3481	4 1	4 1	1	3527	7 10	7 18	9
3482	4 3	4 15	13	3528	7 10	7 12	3
3483	4 4	4 4	1	3529	7 11	7 22	12
3484	4 5	4 10	6	3530	7 14	7 14	1
3485	4 7	4 7	1	3531	7 14	7 24	11
3486	4 8	4 8	1	3532	7 22	7 31	10
3487	4 12	4 17	6	3533	7 24	7 26	3
3488	4 12	4 17	6	3534	7 24	7 24	1
3489	4 15	4 15	1	3535	4 25	7 26	2
3490	4 16	4 23	8	3536	7 26	7 26	1
3491	4 17	4 23	7	3537	7 28	7 28	1
3492	4 23	4 23	1	3538	7 29	8 1	4
3493	4 29	5 5	7	3539	7 31	8 3	4
3494	4 29	5 5	7	3540	8 1	8 1	1
3495	4 29	5 5	7	3541	8 4	8 4	1
3496	5 1	5 1	1	3542	8 9	8 10	2
3497	5 1	5 1	1	3543	8 9	8 18	10
3498	5 8	5 18	11	3544	8 10	8 14	5
3499	5 14	5 19	6	3545	8 10	8 10	1
3500	5 19	5 19	1	3546	8 13	8 13	1
3501	5 19	5 19	1	3547	8 13	8 22	10
3502	5 27	5 31	5	3548	8 13	8 16	4
3503	5 27	5 27	1	3549	8 13	8 18	6
3504	5 31	6 5	6	3550	8 14	8 14	1
3505	6 2	6 12	11	3551	8 14	8 17	4
3506	6 5	6 7	3	3552	8 15	8 18	4
3507	6 5	6 12	8	3533	8 16	8 20	5
3508	6 6	6 6	1	3554	8 18	8 18	1
3509	6 12	6 21	10	3555	8 18	8 18	1
3510	6 12	6 17	6	3556	8 19	8 20	2
3511	6 12	6 23	12	3557	8 21	8 21	1
3512	6 16	6 21	6	3558	8 22	8 23	2
3513	6 16	6 26	11	3559	8 23	8 23	1
3514	6 17	6 22	6	3560	8 23	8 23	1
3515	6 19	6 29	11	3561	8 28	9 1	5
3516	6 20	6 26	7	3562	8 30	8 30	1
3517	6 21	6 21	1	3563	8 30	9 10	12
3518	6 22	6 22	1	3564	9 9	9 16	8
3519	6 28	7 3	6	3565	9 10	9 22	13
3520	6 28	6 30	3	3566	9 16	9 16	1
3521	6 30	7 12	13	3567	9 16	9 16	1
3522	7 3	7 5	3	3568	9 16	9 26	11
3523	7 3	7 7	5	3569	9 21	9 23	3
3524	7 5	7 7	3	3570	9 23	9 26	4
3525	7 7	7 7	1	3571	9 25	9 25	1

3572	9 25	9 26	2	3611	2 4	2 10	7
3573	9 25	9 26	2	3612	2 4	2 8	5
3574	9 30	9 30	1	3613	2 16	2 23	8
3575	9 30	10 8	9	3614	2 19	2 19	1
3576	10 6	10 8	3	3615	2 20	3 3	12
3577	10 8	10 8	1	3616	2 20	3 4	13
3578	10 9	10 12	4	3617	2 22	2 23	2
3579	10 9	10 15	7	3618	2 23	2 23	1
3580	10 10	10 22	13	3619	3 2	3 4	3
3581	10 12	10 15	4	3620	3 2	3 9	8
3582	10 18	10 18	1	3621	3 6	3 9	4
3583	10 18	10 19	2	3622	3 13	3 16	4
3584	10 19	10 20	2	3623	3 16	3 16	1
3585	10 19	10 20	2	3624	3 17	3 17	1
3586	10 22	10 22	1	3625	3 17	3 17	1
3587	10 26	10 26	1	3626	3 17	3 17	1
3588	10 28	10 28	1	3627	3 17	3 17	1
3589	11 7	11 7	1	3628	3 17	3 27	11
3590	11 7	11 7	1	3629	3 20	3 20	1
3591	11 7	11 11	5	3630	3 20	3 20	1
3592	11 11	11 15	5	3631	3 20	3 31	12
3593	11 11	11 11	1	3632	3 20	3 27	8
3594	11 11	11 11	1	3633	3 30	3 31	2
3595	11 15	11 20	6	3634	3 31	4 7	8
3596	11 26	11 29	4	3635	4 2	4 5	4
3597	11 28	11 28	1	3636	4 7	4 7	1
3598	11 28	11 29	2	3637	4 14	4 20	7
3599	12 6	12 10	5	3638	4 14	4 16	3
3600	12 20	12 20	1	3639	4 14	4 24	11
3601	12 22	12 23	2	3640	4 15	4 22	8
3602	12 23	12 23	1	3641	4 21	4 25	5
3603	1962 1 5	1962 1 5	1	3642	4 25	5 4	10
3604	1 15	1 15	1	3643	5 2	5 2	1
3605	1 15	1 15	1	3644	5 2	5 7	6
3606	1 22	1 29	8	3645	5 7	5 14	8
3607	1 22	1 28	7	3646	5 10	5 12	3
3608	1 26	2 5	11	3647	5 10	5 18	9
3609	1 27	1 27	1	3648	5 17	5 21	5
3610	1 29	1 29	1	3649	5 21	5 31	11

研究上表之觀測成果，在最近17個月期間所觀測之201群黑子群中，僅一日消失之黑子有71個，約佔總數35%。能活動二日至四日之黑子有44個，約佔總數22%。能活動五日以上之黑子有86個，約佔總數43%。一年餘來，幾乎有三分之一之黑子僅出現一日而消失。此顯示太陽黑子現已逐漸趨近於極小期，出

現之黑子群多為小黑子而壽命較短之故。

十一、黑子之影響

太陽黑子之盛衰週期，為11年。隨黑子盛衰而有同一週期者，則為光斑，其次為太陽的輻射熱，日珥的多寡，與日冕光芒的伸展方向等，皆與黑子的多

少有關。據研究所得，黑子的增減為太陽活力增減的表現。黑子增加，即表示太陽活力強盛，故輻射熱亦能同時增大。反之黑子減少，即為太陽沉寂休息時期，而輻射熱亦隨之減少。據氣象所天文臺觀測，1954年為黑子最少期，1957年為黑子最多期，但據該天文台所觀測之太陽常數而論，以1953年為極小，1956年為極大。即太陽輻射熱之極小極大極端值之年份發生於黑子極小極大期之前一年。照黑子增減表示太陽活力的盛衰而推測，此並非不可能，須繼續研究。隨黑子增減而發生影響者，則為地磁力的變化。黑子多的一年，磁暴 (Magnetic storm) 亦多，地磁的周日變化亦大。每年平均起來，磁擾 (Magnetic Disturbance) 的數目與黑子數目同漲落。更厲害的磁暴，常於出現大黑子群時而發生。磁暴發生時，有地電流 (Earth currents of electricity) 隨之而生，此種地電流的強度，常足干涉無線電波而起特殊變化。據研究所得，自1875年至1903年，發生19次大磁暴，是時大黑子群在太陽面中央子午線附近。平均來說，大黑子群通過太陽面中央子午線25小時以後，發生磁暴。據氣象所天文臺觀測，1958年3月31日出現之大黑子群及1961年7月14日過太陽中央子午線之大黑子群均已干涉地面無線電波而使無線電通訊受阻。今後出現之大黑子群，將繼續研究其對無線電波之干擾。至於南北極光之變化，日珥的多寡，亦與黑子週期相關。極光及日珥數目的變化，應與黑子曲線的升降一致，惟尚須長期研究。黑子的增減，既為日面擾亂的表示，而日面的擾亂，則可能影響到地球氣象的變化。近世以來，關於此點頗引起一般氣象學者的注意，於是旁推側考，力求二者變化的關係，俾黑子多少，成為研究氣象變化的好資料。

據 Walker 研究太陽黑子年平均值之變化，與氣壓、溫度、雨量的關係，發現在中緯度和高緯度，太陽黑子的盛衰與氣壓有相反的關係，但甚微弱。在熱帶印度洋，是負相關，有數處很為明顯。在太平洋則是正相關。溫度之變化與太陽黑子的關係，發現在熱帶是負相關，在中緯度與高緯度及沿海的海洋氣候，也是負相關。當緯度增高而大陸性的氣候加強時，

則漸變為正相關。至於雨量與太陽黑子的關係，雖在鋒面與氣旋區域發現有正相關的現象，但不明顯，尤以熱帶多地形雨的區域為甚。又據其他氣象學者的研究，謂黑子最多時，地球氣溫似較低，每黑子數目變更一百時，則各地氣溫的變化，可能達攝氏半度至一度。至於雨量等的變化，亦似與黑子之多少有關，惟尚未有確實的結論。

關於地球上氣候的變化，原因甚多，太陽黑子週期是否能直接影響氣候的變化，此問題到現在學者尚未獲得正確的答案。究竟如何，有待於繼續觀測和研究。

十二、結 論

本研究專題，一年來除利用氣象所天文臺四吋赤道儀逐日觀測和研究太陽黑子之變化以外，並計算過去觀測成果，研究有關太陽物理方面之文獻，與 Zurich 天文臺及格林維基天文台發表之成果作比較研究，而獲得結論。

研究史書記載，證實我國在二千年以前即已發現太陽黑子，而西洋發現黑子，則遠較我國為遲，故我國為發現太陽黑子之最早國家。黑子之成因，曾引論數種學說加以研究，以 Hale 氏學說較為合理，Hale 氏認為黑子係日面之渦動氣流。黑子之觀測方法，Wolf 相對數及黑子總面積之計算方法，以作者之經驗，曾作詳細研究及討論。關於黑子極大極小週期之研究，曾研究 Zurich 天文台，格林維基天文臺及氣象所天文台歷年之觀測成果，而證實黑子盛衰週期之真實性。黑子在太陽面南北半球之分佈，曾根據觀測成果，求出黑子在太陽面南北半球之緯度極端值，而確定黑子在日面之分佈範圍。黑子在日面之移動及太陽自轉週期，係隨日面緯度而異其值，已詳加討論。黑子之壽命，曾根據最近17個月來之觀測成果，詳加研究。

黑子之盛衰，已證實與太陽輻射熱的加強或減少，地磁力的變化，無線電波所受的干擾和地面氣象的變化有關。惟須繼續觀測和研究，以求獲得更進一步之結果。(完)