

太陽黑子影響臺灣氣象變化之研究*

魏 元 恒

Wei Yuan-Heng

Abstract

A Study of the Relations of Sunspot on the Weather of Taiwan

The mounting evidence in recent years shows that changes of world weather are significantly related to sunspot activity. In this paper, nearly 70 years of surface weather data was used, which included invasions of typhoons and 10 years of upper air data in Taiwan, in order to check their relationships to sunspots, to the 11 year cycle, to the double-sunspot cycle and to the 80 year cycle. By means of these relationships, weather trends can possibly be anticipated, which will be useful for long range weather forecasting in Taiwan.

Analysis of the 11 year cycle indicates that during sunspot maximum periods, the average surface pressures and temperatures were much lower and the annual rainfall was much higher than during times of sunspot minima, rainfall was more significant in the mountains than the plains of Taiwan, as well.

Analysis of the double sunspot cycle indicates that the changes of mean pressure and temperature correlate from the sunspot minimum to the major, as opposed to the minor, sunspot maximum. The annual rainfall in the period of minor sunspot maximum was greater than that of the major, and the rainfall during both periods were each above the normal. The frequency to typhoons invading Taiwan during periods of major sunspot minima was greatest. During periods of major sunspot maxima, frequency of typhoon occurrence was least.

Analysis of the 80 year cycle during the last three quarterphases of the current cycle indicates that in the three successive quarters of this cycle annual temperatures and rainfall were increasing steadily but typhoons invading Taiwan were decreasing in number. These trends were all manifested in statistics.

For the upper atmosphere over Taiwan we find that during times of sunspot maxima, the upper air temperatures were lower in the lower and middle troposphere and higher in the upper troposphere and lower stratosphere than during periods of sunspot minima; all deviations were larger over the southern part of Taiwan than the northern through out the whole troposphere and lower stratosphere.

* 本研究獲得國家科學委員會之補助始克完成。

一、前言

太陽為地球上大氣現象之主宰，其輻射經常變化，可使地球上高低氣壓分佈之位置變化；可導致移動性高低氣壓路徑之改變，以及溫度雨量分佈之異常。

太陽黑子為太陽輻射強度變化之指標，亦即所謂太陽活動強弱之標示。在西曆1930年，德氣象學者韓利克 (Hanzlik) 氏，即發現世界氣壓之分佈，在太陽黑子最多時與最少時，有顯著不同。美氣象學家韋斯拉 (Wexler) 氏⁽¹⁾，就四十年來北半球天氣圖統計之結果，證明在太陽黑子最多與最少時；氣壓、氣溫、雨量等，有顯著之差異；並顯示北半球各地區氣象要素，隨太陽黑子之變化，是有區域性。

筆者近著「太陽黑子對天氣及氣候之影響」一文（載氣象學報十卷四期），發現太陽黑子，對臺灣氣象變化之影響頗大，應作進一步詳盡之研究，俾可有助於長期天氣預報之用。

因此，本文係就臺灣地面及高空氣象，隨太陽黑子週期變化，所導致臺灣地區氣壓、氣溫、雨量及颱風侵襲臺灣出現頻率之變化，以及高空氣象之變化等詳加分析，以確定其間之關係，冀用於臺灣長期天氣預測工作之中。

二、太陽黑子之性質

太陽黑子為太陽各種活動現象中，最具有代表性者。太陽黑子，即太陽上之風暴，猶如地球上之龍捲風⁽²⁾，其數量之多寡，即表示太陽活動之強弱。太陽活動，影響於地球上，大氣之環流，近年經多數學者研究之結果，已確認無疑。

太陽黑子數，增多與減少，係因週期性循環，平均週期為十一年。由於太陽黑子具有甚強之磁極性，其磁性變化週期，為太陽黑子週期之二倍，約為二十二年，亦稱太陽黑子雙週期；而十一年之週期，則稱太陽黑子單週期。就過去太陽黑子紀錄顯示，尚有更長週期，約為八十至九十年，重疊於十一年週期波動內。

在太陽黑子十一年週期中，在初期僅少量黑子，出現於太陽緯度 $\pm 30^\circ$ 附近；約四年半後，黑子達最多時，則集中在太陽緯度 $\pm 15^\circ$ 附近；在約六年半後，太陽黑子再度達於最少時，則黑子集中在太陽赤道 $\pm 5^\circ$ 附近；此一週期黑子，與下一週期，出現在太陽較高緯度 ($\pm 30^\circ$ 附近) 之黑子，在時間上係屬重疊，但兩者所具磁極性則相反，因而相隣兩太陽黑子週

期，構成所謂太陽黑子雙週期。

太陽黑子對地球所致影響，係因其在太陽面上出現之位置，而有所不同。由於地球係繞太陽赤道面旋轉，而由太陽黑子射出之質點，猶如鎗彈之射出，若黑子在太陽面上之緯度過高，則其射出之質點，將對地球無作用可言。據最近 Prokaska 氏⁽³⁾之研究，地球若處於半徑 15° 之「太陽黑子角柱」(Sunspot cone) 之外時，則不受太陽質點放射之影響。

三、太陽黑子與天氣之關係

太陽輻射，含有電磁波輻射，及質點輻射兩者⁽⁴⁾。電磁波輻射，為太陽輻射能量之主要部份，太陽常數係藉其決定。太陽質點輻射，其強度變化極大，含有帶電質子及電子。電磁波輻射內之紫外線，及太陽質點輻射，在大量爆發時，對上層大氣之影響甚大，可導致高層氣溫變化，氣壓變化，改變對流層大氣環流之正常狀態。

太陽黑子最多時，太陽紫外線增強，約二十倍於黑子最少時；並係呈爆炸性，短時間出現，而非連續出現於太陽輻射中。太陽紫外線之爆發，影響於低緯度天氣者，最為顯著；並使極區變冷，大氣環流呈「緯流」(Zonal flow) 狀態。

太陽紫外線，主要為電化作用，造成高層大氣之「臭氧層」(Ozonosphere)；能由其直接或間接作用，影響於下層大氣。其直接熱作用，影響於上層大氣，業經證實⁽⁵⁾；而其間接作用，對低層大氣，熱平衡方面，亦甚為重要；此乃由於臭氧生成，而增加保溫作用，或由於凝結核數量增加，而致對流層上部，雲量增多。保溫作用增強，可使季風梯度減小，而致地面大氣環流圈減弱。

太陽質點輻射之強弱，係與太陽黑子週期變化相伴。此種質點，因帶電之故，常為地球磁場所吸引，向地磁極區域集結，因而使極區高空大氣，較熱帶地區增暖為多，尤其在冬季為然。因而引起高緯度氣壓上升，大氣「緯流」崩潰；由於風暴增多，導致地球上各緯度間，氣流之輸送增強，氣溫亦超出正常狀態，而趨於極端⁽⁶⁾。由於此種作用，大氣之平均溫度，不需要甚大變化，即可導致大氣環流型之改變，因而大氣之緯環流，呈週期性出現之經環流運動，天氣變化大而趨於極端。

太陽黑子與天氣之關係十分複雜，且係間接作用，今日尚未能完全作物理之解釋；茲就其較為可信者，略述於下⁽⁷⁾：

1. 在太陽黑子最少時，亦即太陽在高度穩定狀態時，太陽之紫外線及質點輻射，均極微弱；則使大氣環流減弱，繞地極環流範圍，極端收縮。

2. 在太陽黑子「副最多」時（係就太陽黑子雙週期而言），太陽活動增強，使大氣環流之緯流，擴展範圍增大，多風暴地帶，向赤道方向移轉。此時太陽紫外線輻射增強，而質點輻射不太強；亦即此時以紫外線輻射，為最重要，而質點輻射，則居於次要。

3. 在太陽黑子「主最多」時，太陽活動極強，變化亦最大，因而導致氣候最惡劣時期。在中緯度有極端之風暴降雨，及極端之氣溫差異；而在大氣環流型態上，則多出現阻塞高氣壓。此種現象，除主要出現於，太陽黑子雙週期之「主最多」時，並亦出現在太陽黑子增多階段中；此時太陽質點輻射之作用，可能較紫外線為優越。

四、臺灣氣象變化與太陽黑子週期

太陽黑子之週期變化，就平均言，計有11年週期或稱單週期，及22年週期，或稱雙週期。太陽黑子單週期，長者可達17年，短者僅7年。雙週期長者24年，短者20年不等。太陽黑子雙週期，係由相鄰兩個黑子單週期所形成者，兩者具有不同磁極性，對氣象影響，亦各不相同。兩相鄰之單週期，分為主週期與副

週期，為分析其間，所具不同影響，較單週期之分析，更為深入一層。太陽黑子「主最多」時，其黑子數，較「副最多」時為多，凡本文此後僅稱太陽黑子「最多」，係指太陽黑子單週期而言。

太陽黑子除11年及22年之週期外，尚有更長約80年之週期。太陽黑子各種週期及其與臺灣氣象之影響，茲分述如下：

1. 太陽黑子11年週期之臺灣氣象變化（包括氣壓、氣溫、雨量等）：就世界一般狀況言之，當太陽黑子最多較最少時，地球上副熱帶及溫帶之氣壓降低，高緯度及熱帶之氣壓升高；但冬季（一月份），則稍有不同，除高緯度，氣壓仍升高，溫帶地區氣壓仍降低外，熱帶地區反而亦降低。太陽黑子最多時，亦即太陽輻射活動最強時，可使溫帶與高緯度氣壓之對立增大，因而使大氣環流增強，地球上高氣壓與低氣壓帶，分佈之位置因而變移，並導致移動性高低氣壓之路徑改變，以及雨量、氣溫，分佈之異常。美氣象學者 Wexler氏⁽⁸⁾，於1953年以半球天氣圖作統計，更進一步證明上述之說。

臺灣位於副熱帶與熱帶之衝，所受太陽黑子，此種11年週期（太陽黑子單週期）變化之影響，茲就研究結果列如表一⁽⁹⁾。由表內臺北57年來之紀錄（1901—1957）顯示，在太陽黑子最多時，冬（一月為代表）

表一：太陽黑子最多減黑子最少時臺灣高山與地面氣壓、氣溫、雨量之變化

Table 1: Average differences of pressure, temperature and precipitation in Taiwan, sunspot maximum minus minimum.

地名	海拔(公尺)	紀錄年代	太陽黑子週期數	氣壓 mm			氣溫 C°			雨量 %		
				1月	7月	年	1月	7月	年	1月	7月	年
臺北	8	1901—1957	6	-0.8	-1.7	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	50	31	27
阿里山	2,406	1934—1957	3	-0.4	-0.3	-0.2	0.2	-0.7	0.1	30	52	36
玉山	3,850	1944—1957	2	-0.1	0.8	-0.2	-2.9	0.4	-0.5	41	7	—

，夏（七月為代表），兩季氣壓，均較黑子最少時，氣壓減低甚多；年平均為 -0.1mm，此與上述世界之一般狀況相同。氣溫年平均減低 -0.2°C，一月份亦低 -0.2°C；可知在太陽黑子最多時，臺北無論冬夏季，氣壓與氣溫，均較太陽黑子最少時為低；但雨量則增多，計年平均增多27%（與標準雨量之比），一月份增加較多為50%。至於夏季之氣壓、氣溫、雨量等，其變化之情形，則與上述冬季者相同，惟數值之大小，則稍有差別耳。

就臺灣高山紀錄分析之，阿里山海拔 2,406 公尺

，玉山海拔 3,850 公尺，在太陽黑子最多，較最少時，氣壓均降低，兩地年平均為 -0.2mm，高山較地面氣壓，低降為多而顯著。惟高山如玉山，其高度約在四公里，即相當於700mb等壓面之高度，夏季時氣壓反升高，此可能由於地面氣壓，與高空氣壓之變化相反，在夏季時，較為顯著所致；亦或由於臺灣冬季為東北季風，夏季為西南季風，對高山影響迥異之故。惟堪注意者，太陽黑子最多，較最少時，無論高山與地面，雨量均普遍增多，可多達50%；並且高山增加之百分比，較地面為多。

總上所述，可知在太陽黑子11年週期中，太陽黑子最多較最少時，臺灣氣壓降低，雨量普遍增多；此種關係，無論冬夏季，均甚規律而一致；尤其雨量之關係，更為顯著，高山較地面尤著。

2. 太陽黑子22年週期與臺灣氣象之變化

太陽黑子雙週期，於1931年，經Hanzlik氏證明其存在；近十數年來，復經多數氣象學者，廣為復證。太陽黑子雙週期，反應於氣象方面者，在太陽黑子「主最多」(MM)時，大氣強烈環流型，有極顯著增多出現之趨勢；在冬季時，大陸性高氣壓，在高緯度出現頻仍；夏季在大陸內部則呈乾熱氣候。在太陽黑子「副最多」(M)時，低緯度大氣環流，緯流型(Zonal Pattern)出現增多，中緯度風暴路徑，多較正常者向南移，而中緯度南部地區多雨，大陸內部，夏季多雨，氣溫較低。

近年由 Willet 氏⁽¹⁰⁾，就北半球地面及高空氣象資料統計之結果，更進一步證實上述現象。並認為在太陽黑子「主最多」與「副最多」時，大氣環流及熱力型態，均有顯著不同，其原因顯非由於太陽黑子數之多寡，或其增減之趨勢所致；而係由於黑子本身之物理性質（或由於磁極之轉換），所導致者。氣候雙週期變化，冬季較夏季顯著，中緯度較副熱帶顯著。太陽黑子主最多時，緯流西風及副熱帶東風，均形減弱，但極地東風增強，凡此均係大氣環流，趨向於阻塞環流型之標準狀態。

茲就臺灣過去 1897—1966 七十年來，臺北及恒春兩地，地面氣壓、氣溫及雨量等，就太陽黑子雙週期(22年)之變化，分析如下：

(1) 太陽黑子雙週期：

臺灣過去氣象觀測紀錄中，時間最長者，計有北部之臺北及南部之恒春兩地，其時間為1897—1966近70年之紀錄。茲依據太陽黑子雙週期中，各種「位相」(Phase)出現之年代，尋求其相當年代各氣象要素之變化。在上兩地之紀錄中，太陽黑子雙週期，計有主週期及副週期各三個；分別於其週期之位相中，就「主最多」(以MM表之)，「主最少」(以mm表之)及「副最多」(以M表之)，「副最少」(以m表之)等，出現之年代，尋出該年代各氣象要素，循此種位相之變化。太陽黑子雙週期變化之位相各位相出現之年代詳如表二。

(2) 臺灣地面氣壓與太陽黑子雙週期：

就臺灣北端之臺北(北緯 25°)與極南端之恒春(北緯 23°)兩地氣壓與太陽黑子雙週期之變化，列如表三及表四。

(Phase)，示如下圖：

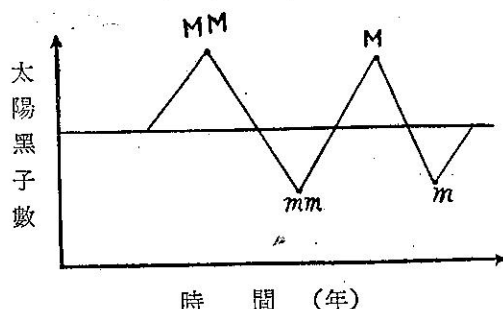


圖 1：太陽黑子雙週期位相

Fig. 1: Phases of double sunspot cycle

MM=major max.

mm=major min.

M=minor max.

m=minor min.

表二：太陽黑子雙週期各位相出現之年代

Table 2: Occurrences of major and minor sunspot maximum and minimum in the year from 1895 to 1966.

位 相	年	代
MM	1917, 1937, 1958,	
M	1905, 1928, 1947,	
mm	1901, 1923, 1944, 1964	
m	1913, 1933, 1954	
mm→M	1903, 1925, 1946	
m→MM	1915, 1936, 1956	
MM→mm	1893, 1919, 1940, 1960	
M→m	1909, 1930, 1950	

就年平均氣壓言，太陽黑子「主最多」時，氣壓低於「主最少」時；臺灣北部較南部所低者為多，如MM—mm，臺北氣壓為 -0.3mm ，而恒春氣壓為 -0.1mm 。在太陽黑子「副最多」時，氣壓則高於副最少時，所高數字，係臺灣北部大於南部，如M—m，臺北氣壓為 $+0.5\text{mm}$ ，恒春為 $+0.2\text{mm}$ 。此可顯示，太陽黑子主週期與副週期時，氣壓變化相反之現象；亦足證在太陽黑子副最多時，低緯度之緯流型增多之說。同時在太陽黑子「主最多」時，氣壓亦低於「副最多」，如MM—M，臺北氣壓為 -0.4mm ，恒春為 -0.1mm ，顯示副熱帶高氣壓，在太陽黑子「主最多」時，向高緯度推移甚多。

表三：臺北氣壓 (1897—1966) 與太陽黑子雙週期

Table 3: Variation of pressure (1897-1966) in Taipei with double sunspot cycle.

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
MM	66.9	65.2	62.9	60.3	58.1	55.2	54.1	55.3	57.5	61.1	64.4	65.0	60.5
mm	66.1	66.9	64.0	60.7	58.1	55.9	55.5	55.1	57.2	61.3	63.6	65.7	60.8
MM-mm	0.8	-1.7	-1.1	-0.4	0.0	-0.7	-1.4	0.2	0.3	-0.2	0.8	-0.7	-0.3
M	64.8	66.2	63.7	61.2	58.6	55.3	55.2	55.4	57.7	62.6	64.8	65.8	60.9
m	65.9	64.4	63.9	60.1	58.2	55.0	54.5	55.0	56.3	61.8	63.9	66.0	60.4
M-m	-1.1	1.8	-0.2	1.1	0.4	0.3	0.7	0.4	1.4	0.8	0.9	-0.2	0.5
MM-M	2.1	-1.0	-0.8	-0.9	-0.5	-0.1	-1.1	-0.1	-0.2	-1.5	-0.4	-0.8	-0.4

表四：恒春氣壓 (1897—1966) 與太陽黑子雙週期

Table 4: Variation of pressure (1897-1966) in Heng-chung with double sunspot cycle.

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
MM	62.8	61.7	59.9	58.3	56.6	54.3	53.3	54.5	55.9	58.1	60.8	61.1	58.2
mm	62.5	62.5	61.5	58.7	56.5	54.5	55.0	53.3	55.2	58.1	59.8	61.8	58.3
MM-mm	0.3	-0.8	-1.6	-0.4	0.1	-0.2	-1.7	1.2	0.7	0.0	1.0	-0.7	-0.1
M	61.7	62.3	60.5	59.0	57.1	54.3	54.4	54.5	56.0	57.0	60.9	62.1	58.3
m	62.0	61.0	60.3	58.1	56.7	55.0	53.6	54.1	54.6	58.5	60.4	62.2	58.1
M-m	-0.3	1.3	0.2	0.9	0.4	-0.7	0.8	0.4	1.4	-1.5	0.5	-0.1	0.2
MM-M	1.1	-0.6	-0.6	-0.7	-0.5	0.0	-1.1	0.0	-0.1	1.1	-0.1	-1.0	-0.1

就氣壓之季節變化言，冬季一月，氣壓與太陽黑子雙週期之變化，則與上述氣壓年變化係相反，此為甚堪注意者。而與氣壓年變化一致之季節，則多為春夏兩季。太陽黑子「主最多」較「副最多」時，年平均氣壓降低，全年月份均屬降低而規律，惟冬季一月氣壓，則係特殊升高者，此為太陽黑子主週期與副週期在相反變化中之特異現象。

冬季（一月）與夏季（七月）氣壓較差，在太陽黑子「主最多」時，臺北為12.8mm，恒春為9.5mm；在太陽黑子「副最多」時，臺北為9.6mm；恒春為7.3mm。由此可知，冬夏季氣壓較差，臺灣北部大於南部；在太陽黑子「主最多」時，冬夏季氣壓較差，大於「副最多」時，此當由於大氣環流，前者強而後者較弱所致。

(3) 臺灣地面氣溫與太陽黑子雙週期：

就表五及六年平均氣溫，在太陽黑子「主最多」

較「主最少」時；臺北低 -0.4°C ，恒春高 0.2°C ，臺灣北部較南部變化大而相反。在太陽黑子「副最多」時，年平均氣溫，則低於「副最少」；臺北低 -0.5°C ，恒春低 -0.4°C ，臺灣北部較南部所低略多。由此可證，太陽黑子主週期與副週期，對氣溫之影響，亦有相反之變化。而太陽黑子「主最多」時，年平均氣溫，較「副最多」為高，但不甚顯著。

就氣溫季節變化言，在太陽黑子「主最多」時，氣溫高於「主最少」，而臺灣南北部一致者，多出現於春季及秋季；太陽黑子「副最多」時，氣溫低於「副最少」，臺灣南北部，均多出現於春夏季，而具規律性。就氣溫之變化，則顯示太陽黑子副週期，較主週期之影響為顯著。

氣溫之週年變差，就一月與七月氣溫相比較；在太陽黑子「主最多」時，氣溫年變差，臺北為 13.4°C ，恒春為 6.4°C ；在太陽黑子「副最多」時，氣溫年

表五：臺北氣溫 (1897—1966) 與太陽黑子雙週期

Table 5: Variation of temperature (1897-1966) in Taipei with double sunspot cycle.

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
MM	14.7	14.2	17.2	21.1	24.1	26.6	28.1	28.2	27.2	23.5	19.9	16.2	21.7
mm	16.2	13.6	17.2	21.9	24.4	26.1	28.5	27.8	26.3	23.5	20.1	15.8	22.1
MM-mm	-1.5	0.6	0.0	-0.8	-0.3	0.5	-0.4	0.4	0.9	0.0	-0.2	0.4	-0.4
M	16.6	14.0	16.7	19.8	24.2	25.7	28.2	27.9	26.7	22.5	19.9	17.7	21.6
m	15.9	15.8	16.1	21.8	25.0	27.5	28.3	28.6	27.1	22.6	20.1	16.2	22.1
M-m	0.7	-1.8	0.6	-2.0	-0.8	-1.8	-0.1	-0.7	-0.4	-0.1	-0.2	1.5	-0.5
MM-M	-1.9	0.2	0.5	1.3	-0.1	0.9	-0.1	0.3	0.5	1.0	0.0	-1.5	+0.1

表六：恒春氣溫 (1897—1966) 與太陽黑子雙週期

Table 6: Variation of temperature (1897-1966) in Heng-chung with double sunspot cycle.

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
MM	20.9	20.2	22.6	25.3	26.6	27.4	27.3	27.4	27.1	25.7	23.4	20.9	24.6
mm	21.2	19.5	21.7	25.2	26.6	27.1	27.8	26.9	26.6	25.5	23.4	20.9	24.4
MM-mm	-0.3	0.7	0.9	0.1	0.0	0.3	-0.5	0.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.2
M	21.4	20.3	22.3	24.2	26.6	29.8	27.6	27.2	26.9	25.2	23.2	21.7	24.6
m	20.9	21.4	22.1	25.7	27.4	27.8	28.1	27.7	27.1	25.3	23.6	21.0	24.8
M-m	0.5	-1.1	0.1	-1.5	-0.8	2.0	-0.5	-0.5	-0.2	-0.1	-0.4	0.7	-0.2
MM-M	-0.5	-0.1	0.3	0.1	0.0	-2.4	-0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	-0.8	0.0

變差，臺北為 11.6°C ，恒春為 6.2°C 。由此可知氣溫年變差，在太陽黑子「主最多」時，大於「副最多」，臺灣北部大於南部；此與上述氣壓之週年變化之趨勢相一致，其原因亦相同。

(4) 臺灣雨量與太陽黑子雙週期：

就統計顯示（參看表七及八），太陽黑子對臺灣地區之雨量，影響最為顯著，且具規律性，殊堪注意。就年雨量言，太陽黑子「主最多」，較「主最少」時，年雨量臺北增多23%（與標準雨量之比），恒春增多24%；在太陽黑子「副最多」，較「副最少」時之年雨量，臺北增多32%，恒春增多16%。可知太陽黑子副週期，影響於臺灣雨量，較主週期為大；臺灣北部則大於南部；就表七及八所示，太陽黑子「主最多」較「副最多」時，年雨量，臺北減少17%，恒春減少5%；此可顯示，如上述 Willet 氏所說，氣候雙週期之變化，不完全由太陽黑子多寡而致，而與磁

極性之轉變有關。惟堪注意者，無論在太陽黑子「主最多」或「副最多」時，年雨量均高於標準值，後者高出較多；但在太陽黑子「主最少」或「副最少」時，年雨量均低於標準值，而前者所低較多；臺北與恒春均呈一致之現象。

就雨量季節變化觀之，在太陽黑子「主最多」時，雨量增多，主要出現在夏秋季及冬初；而在太陽黑子「副最多」時，雨量增多，全年各月均頗一致，僅少數月份，偶出現相反現象。在太陽黑子「主最少」與「副最少」，年雨量均少於標準雨量，其主要出現之季節，為冬季及春季，此對於臺灣乾旱之預測，可為重要參考因素。

總上所述，可知臺灣氣壓、氣溫、雨量等，與太陽黑子雙週期之變化，均頗顯著，尤其雨量之關係，顯著最甚，而具規律性，此可與天氣圖相比照，作深入之研究，使其可直接應用於天氣預測之中。

表七：臺北雨量（1897—1966）與太陽黑子雙週期

Table 7: Variation of precipitation (1897-1966) in Taipei with double sunspot cycle.

月 份 位 相 雨 量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
MM	136	146	235	153	181	376	310	278	155	80	30	103	2183
mm	96	137	97	157	220	305	184	359	126	110	29	73	1705
MM-mm	40	9	138	-4	-39	71	126	-91	29	-30	2	31	478
R	45	7	81	-3	-19	23	51	32	13	25	3	42	23
M	135	141	241	234	243	462	202	247	291	158	110	67	2531
m	87	112	219	80	171	208	332	120	144	205	91	95	1864
M-m	48	30	22	154	72	253	-130	127	146	-46	19	-27	667
R	54	22	13	91	32	83	-53	45	66	38	28	-37	32
S	90	140	170	170	219	305	247	286	222	120	69	74	2112
MM-M	1	5	-6	-81	-62	-86	108	31	-146	-78	-80	36	-348

附註：① S=標準雨量(1897—1966)

$$② R=100 \times \frac{M-m}{S} \text{ 或 } \frac{MM-mm}{S} \times 100$$

③表內雨量以公厘為單位

表八：恒春雨量（1897—1966）與太陽黑子雙週期

Table 8: Variation of precipitation (1897-1966) in Heng-chung with double sunspot cycle.

月 份 位 相 雨 量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
MM	34	20	14	66	133	282	673	430	388	123	25	43	2331
mm	22	32	14	43	238	403	230	540	141	144	82	14	1904
MM-mm	12	-12	0	23	-105	-121	443	-111	247	-21	57	29	327
R	57	-44	0	44	-61	-29	86	-21	80	15	95	138	14
M	30	16	66	92	117	490	327	589	274	145	137	50	2333
m	10	8	21	27	118	437	467	406	309	57	99	20	1979
M-m	20	8	45	65	-0	53	-140	184	-36	88	39	30	354
R	95	30	20	125	0	13	-27	34	-12	61	64	143	16
S	21	27	22	52	171	416	519	545	308	137	60	21	2299
MM-M	4	4	-52	-26	16	-208	346	-159	114	22	-112	-7	-102

附註：① S=標準雨量(1897—1966)

$$② R=100 \times \frac{M-m}{S} \text{ 或 } \frac{MM-mm}{S} \times 100$$

③表內雨量以公厘為單位

3. 八十年氣候週期

此種80年氣候週期，主要由於太陽有效常數所致，在副熱帶及中緯度最為顯著，據 Willet 之研究此週期在氣候上之反映，在太陽黑子活動最強之第四位相，大氣環流呈低指標，阻塞環流型；第一位相，則

為太陽黑子活動最衰微期，大氣環流呈低緯度緯流型，在中緯度及低緯度氣溫較低。在第二及第三位相，為太陽黑子活動逐漸增加期，氣候帶向極方移，各緯度多呈增暖狀態。

茲就臺灣過去60年(1901—1960)，在最近之80年

表九：臺灣氣溫雨量與太陽黑子80年週期

Table 9: Average temperatures and precipitations in Taiwan varied with the phases of 80 year solar-climatic cycle.

週期之位相	年 限	年平均氣溫 °C		年 雨 量 (公厘)	
		臺 北	恒 春	臺 北	恒 春
II	1901—20	21.7	24.3	2072	2166
III	1921—40	21.8	24.4	2123	2288
IV	1941—60	22.2	25.1	2098	2433

氣候週期內，三個位相，予以統計，其結果如表九⁽¹⁾。以每20年為一位相，取1901—1920為第二位相（表內II），1921—1940為第三位相（表內III），1941—1960為第四位相（表內IV）。就表九所示，臺北及恒春之氣溫，在最近80年氣候週期內之第二位相

時，年平均氣溫最低，相繼之第三及第四位相，氣溫則逐次增高，此與上述 Willet 所得結果甚為一致。由此可知，臺灣近60年來，氣溫有逐漸上升之趨勢，係由於80年氣候週期，應有之變化。

再就臺北及恒春兩地，年雨量觀之，自第二位相至第四位相，年雨量均有逐次增多之趨勢，尤以臺灣南部之恒春，最為顯著而規律，此種現象，亦可能由於緯度之影響，即緯度愈低則愈顯著；同時此一現象，亦說明太陽黑子活動強，則雨量增多，與上述太陽黑子週期，影響於氣象現象之結果，亦甚一致。

五、颱風頻率與太陽黑子週期

1. 西太平洋北部颱風與太陽黑子之關係

西太平洋北部，每年出現颱風次數，係就近20年（1947—1965）來之觀測報告，依據太陽黑子週期之變化，加以分析，得有如下之結果：

表十：西太平洋北部颱風次數（1947—1965）與太陽黑子週期

Table 10: Variation of typhoon frequencies(1947-1965) in NW Pacific Ocean with double sunspot cycle.

太陽黑子位相	MM	mm	M	m	MM-M	MM-mm	M-m	mm-m
颱風次數	.5	31	29	27	- 4	- 6	+ 2	+ 4

由表十內顯示，西太平洋北部，全年出現颱風頻率，在太陽黑子「主最多」時，少於「副最多」（MM-M=-4），更少於太陽黑子「主最少」時（MM-mm=-6）。可知颱風出現次數，在太陽黑子少時，較太陽黑子多時，均有顯著增加；即太陽黑子數，與颱風出現次數，有相反之關係。就 Walker 氏之統計，太陽黑子與熱帶氣旋之相關係數為 -0.47；顯示以上結果，頗為相符。

再就颱風次數在太陽黑子「主最少」時，較「副最少」時，其出現次數，亦有顯著增多（mm-m=+4）現象，亦即在太陽黑子週期內，以太陽黑子「主最少」之位相時，颱風出現最多，亦符合於太陽黑子與颱風出現次數，為負相關之統計。惟有一例外，即颱風次數，在太陽黑子「副最多」時，較「副最少」時，其出現次數反有增多（M-m=2），兩者呈正相關現象，可能係由於偶然所致。

2. 侵襲臺灣之颱風與太陽黑子之關係

就過去約70年來（1897—1965），侵襲臺灣之颱風紀錄列如下表（表十一）。

表十一：歷年侵臺颱風次數（1897—1965）

Table 11: Numbers of typhoon invade Taiwan (1897-1965).

年 次數	年 次數	年 次數	年 次數	年 次數
1897 1	1911 4	1925 4	1939 3	1953 5
98 4	12 4	26 7	40 6	54 4
99 3	13 5	27 6	41 0	55 5
1900 2	14 8	28 3	42 5	56 0
01 4	15 2	29 5	43 2	57 2
02 3	16 3	1930 3	44 3	58 3
03 6	17 4	31 3	45 3	59 7
04 5	18 5	32 4	46 4	1960 6
05 4	19 4	33 2	47 4	61 6
06 7	1920 3	34 3	48 3	62 5
07 2	21 4	35 4	49 4	63 4
08 2	22 3	36 3	1950 3	64 0
09 2	23 6	37 1	51 3	65 3
1910 4	24 3	38 1	52 5	

就上表(表十一)，侵襲臺灣之颱風次數，依太陽黑子雙週期分析，得有如下之結果(參看表十二)。

表十二：太陽黑子雙週期與侵襲臺灣颱風(1897—1965)次數之關係

Table 12: Typhoons invaded Taiwan (1897-1965) varied with double sunspot cycle.

太陽黑子之位相	MM	mm	M	m	增多期 m→MM mm→M	減少期 MM→mm M→m
侵襲颱風次數(年平均)	2.7	4.3	3.7	3.7	3.3	4.0
與標準次數相較	-0.9	+0.7	+0.1	+0.1	-0.3	+0.4

(1) 在太陽黑子「主最多」(MM)時，颱風侵襲次數顯著減少，較太陽黑子「主最少」(mm)時，減少1.6次($mm - MM = 1.6$)，約少於標準年平均(每年侵襲颱風次數平均為3.6)百分之四十四(44%)，此為一重要之現象。太陽黑子「副最多」(M)與「副最少」(m)時，颱風侵襲次數相等，但均略高於標準值。

(2) 在太陽黑子逐年增多期，即由太陽黑子「副最少」(m)，走向於「主最多」(MM)；及由太陽黑子「主最少」(mm)，走向於「副最多」(M)之年，颱風侵襲次數減少，較標準值減少約百分之八(8%)；而較太陽黑子走向於逐年減少期，颱風次數減少約百分之二十(20%與標準值之比)。

(3) 在太陽黑子逐年減少期，即由太陽黑子「主最多」(MM)，走向於「主最少」(mm)；及由太陽黑子「副最多」(M)，走向於「副最少」(m)之年，颱風侵襲次數增多，較標準值增多約百分之十一(11%)。

(4) 太陽黑子「主最多」(MM)，較「副最多」(M)時，侵襲颱風次數，平均每年少一次($MM - M = 2.7 - 3.7 = -1$)，與標準值相比，約少百分之二十六(26%)。太陽黑子「主最少」(mm)較「副最少」(m)時，侵襲颱風次數，平均每年多0.6次($mm - m = 4.3 - 3.7 = 0.6$)，亦即多於標準值約百分之十六(16%)。

3. 侵襲臺灣之月份及路徑與太陽黑子週期之關係：

就七十年(1897—1965)來，侵襲臺灣出現之月份(參看表十三)及侵襲臺灣之路徑與太陽黑子位相之關係觀之，得知在太陽黑子最盛期(MM)，侵襲颱風多出現在臺灣正常颱風季節，即七、八、九等三個月內；其路徑來自臺灣東方海上，亦即來自太平洋；偶有來自臺灣西南方之南海。但在太陽黑子「主最少」(mm)期，侵襲臺灣之颱風，每年自五月至十月，均有出現，亦即侵襲之颱風季，經歷半年之久，而來自南海者亦較多。

表十三：颱風侵襲臺灣之月份與太陽黑子週期

Table 13: Typhoons invaded Taiwan varied in annual months with double sunspot cycle.

月	份	5	6	7	8	9	10	11	年
太陽黑子之位相	MM	—	—	1.0	1.0	0.7	—	—	2.7
	mm	0.3	—	0.7	2.0	0.7	0.7	—	4.4
	M	0.3	0.7	0.7	1.0	0.7	0.3	—	3.7
	m	—	—	0.7	0.7	1.3	0.3	0.7	3.7

在太陽黑子「副最多」(M)及「副最少」(m)期，颱風侵襲臺灣之月份，均有不集中現象。在太陽黑子「副最多」期，侵襲颱風始自五月，止於十月，經歷半年之久，出現之月份略呈提前現象；而在太陽黑子「副最少」期，颱風侵襲之月份，略呈向後延現象；始自六月，止於十一月。

就上述發生在西太平洋北部之颱風次數年平均為27.6次；侵襲臺灣之颱風次數年平均為3.6次。兩者相比，可知侵襲颱風次數，僅為發生在太平洋之颱風，百分之十一而已；但兩者在太陽黑子盛多期，均呈減少現象；在太陽黑子衰微期，颱風均呈增多現象，則屬一致。亦即太平洋發生颱風次數增多，侵襲臺灣

之颱風亦增多，在太陽黑子「主最多」時，尤為顯著。尚堪注意者，西太平洋北部颱風次數(1947—1965)，與侵襲臺灣颱風次數(1897—1965)，係用不同時間者，而結果則甚相近。

茲再進一步，就最近二十年來，太陽黑子及颱風頻率逐年變化狀況，示如圖二。圖中所示為太陽黑子雙週之變化與颱風頻率，在逐年之變化中其間並無規則之關係；但就上述太陽黑子各位相之分析結果，兩者關係甚為顯著。此所以氣象學者⁽¹²⁾，對應用太陽黑子之變化，直接用於天氣預測之困難所在；在

此種問題未解決之前，依筆者之研究，各種氣象要素之研究與分析，可先就太陽黑子變化週期為依據，依其變化趨勢，分析各種氣象要素。例如吾人就上述之分析，太陽黑子盛衰多寡之變化，確與颱風出現頻率有關，則可就太陽黑子趨勢及估計未來颱風出現頻率。就太陽黑子之趨勢言，最近一次太陽黑子「主最多」(MM)，係出現在 1954 年，相繼之「副最多」(M)，約在1970年。吾人現在(1967)處於太陽黑子「主最少」(mm)甫過之階段中，亦即颱風出現次數最多時期；則可預期自1967至1970之四年期間，由於太陽黑子增多，颱風發生次數當減少；但由於未來之1970年，為太陽黑子「副最多」，就上述統計結果，可預期颱風發生次數減少，但不太多。換言之，未來四年中，颱風發生於西太平洋北部者，及侵襲臺灣者，其頻率當近於標準值或略多於標準值。此種估計，當可有助於每年颱風季，從事氣象預測工作上之參考。

4. 颱風長週期 (80—90年) 變化之討論

根據Willet之研究，太陽黑子有80—90年長期變化，其影響於氣象變化者，亦甚為顯著。此約為80年週期變化，在最近一週期內之第二「位相」(Quarter phase)，係 1900—1919年，為太陽黑子衰微階段，低緯度大氣環流，呈「緯流型」(Zonal flow)，氣壓高於標準值。第三「位相」係自1920—1939年，太陽黑子增多，低緯度地面氣壓仍為正距平，但已形減弱。第四「位相」係自1940—1959年，為太陽黑子極盛期，北半球大氣環流，呈「阻塞環流」(Cellular blocking)型，低緯度地面氣壓為負距平。

就上所述，分析近六十年來，侵襲臺灣之颱風次數，發現亦有如上之週期現象。在80年週期之第二「位相」，太陽黑子衰微期，侵襲颱風，20年內共為80

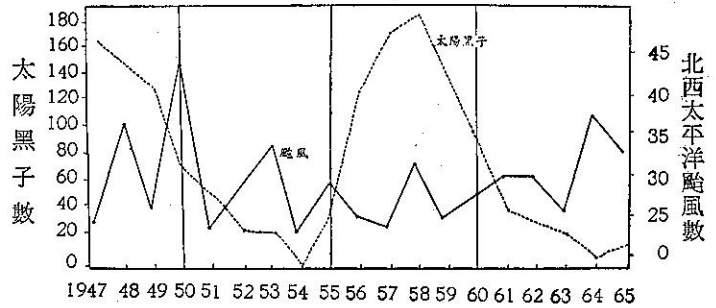


圖 2：太陽黑子與西北太平洋颱風 (1947—1965)

Fig. 2: Numbers of typhoon (solid line) occurred in NW Pacific Ocean from 1947 to 1965 and sunspot numbers (dotted line)

次，年平均為 4.0 次，係高於平均值 (69年來之平均值為 3.6 次)。第三「位相」時，太陽黑子增多，颱風侵襲總次數減少，但仍略高於平均值 (詳見表14)

表十四：颱風侵臺次數與太陽黑子80年週期之關係
Table 14: Typhoons invaded Taiwan varied with 80 year solar-climatic cycle.

年 限			颱風總次數(20年)	平 均	距 平
太陽黑子週期之80位	II	1900—19	80	4.0	+0.4
	III	1920—39	71	3.7	+0.1
	IV	1940—59	66	3.3	-0.3

。第四「位相」時，為太陽黑子在此一週期中最盛期，侵襲颱風總次數，降至66次，年平均 3.3 次已顯著少於標準值。由此可知，在太陽黑子80—90年週期中，太陽黑子盛衰之變化，與颱風侵襲次數之關係，亦至為明顯；由於1900至1959年，六十年間，太陽黑子，有逐漸增多之趨勢，而侵襲颱風次數，則呈逐漸減少。並進一步推論，太陽黑子自1960至1979年，將進入另一週期 (80—90年) 之第一「位相」，太陽黑子將減少；因此可預期未來二十年間，颱風侵襲次數，將有增加之趨勢。就最近六年來(1960—1965)，侵襲颱風平均次數 (4.2次) 視之，已超過標準值(3.6次)頗多，足證此種預期之不誤。

六、臺灣高空氣象與太陽黑子週期

臺灣現有之無線電探空觀測法，僅有十餘年之記錄，故僅可作太陽黑子十一年週期之分析。茲就記錄較完善，而具備無線電探空及無線電測風觀測者，杭

園及東港兩測站，十數年之記錄，依太陽黑子單週期分析之。就年代言在此探空記錄中，含有太陽黑子「最多」及「最少」兩個位相。太陽黑子最多，出現在1958年，為太陽活動最強烈時期；太陽黑子最少，出現在1964年，亦即所謂太陽寧靜年。

茲就以上兩探空站之記錄，在太陽活動，兩極端之情況下，取其附近三年，高空氣溫及風速之平均，用以比較其變化。太陽黑子最多，係取1957—1959三年；太陽黑子最少，係取1963—1965三年；分別就桃園及東港兩地，高空氣溫及風速分析之，其結果如表十五。

表十五：太陽黑子「最多」減「最少」時臺灣高空氣溫與風速

Table 15: Differences of upper air temperature and wind speed in Taiwan, sunspot maximum minus minimum.

高 度		地面	500mb	200mb	100mb	60mb
氣 溫 °C	桃 園	年	0.8	0.7	-0.2	-0.1
		一月	1.3	1.5	-0.9	+0.4
		七月	1.0	0.6	-1.0	-0.6
	東 港	年	1.4	1.1	-0.5	-0.2
		一月	2.0	0.2	-1.4	0.0
		七月	1.2	1.8	0.4	-2.7
風 速 m/s	桃 園	年	1.0	-0.3	-2.9	-0.5
		一月	8.4	-8.1	-18.2	-4.2
		七月	0.3	-0.6	-3.4	-4.3
	東 港	年	-1.4	8.1	8.2	13.6
		一月	2.4	15.9	26.0	5.1
		七月	0.0	-2.3	-3.4	-0.9

1. 臺灣高空氣溫與太陽黑子週期

就表十五所示，在太陽黑子最多時，臺灣高空大氣，在對流層中部及下部，高空氣溫，均較太陽黑子少時增高；而對流層上部（200mb 及 100mb高度）及平流層（60mb 高度）之氣溫，則相反均降低。桃園及東港兩地，均一致顯示此種現象。就年平均溫度言，在太陽黑子最多較最少時，臺灣南部高空氣溫，較北部增加為多；同時在對流層上部，及平流層之氣溫，則降低，而臺灣南部較北部，氣溫降低亦較多。

例如在 500mb 高度，年平均氣溫桃園增 0.7°C ，東港則增 1.1°C ；而在 100mb（對流層頂附近）桃園降低 -0.2°C ，東港降低 -0.5°C 。桃園（緯度為 25°N ）與東港（緯度為 22.5°N ）相距約三百公里，在高空氣溫之變化中，却有如此顯著之不同；此乃顯示在太陽黑子最多時，大氣環流層強，同時亦可知，距赤道較近，其增強之程度亦較甚。

就高空氣溫冬（一月）夏（七月）兩季因太陽黑子之變化觀之，在太陽黑子最多較最少時，冬季高空氣溫增高，限於 200mb（約 18KM）高度以下之大氣層，以上則氣溫降低，此氣溫增與降之數值，臺灣南部均大於北部。例如桃園冬季在 200mb 高度，氣溫降 -0.9°C ，在 500mb（約 6KM）高度，氣溫增 1.5°C ，夏季高空氣溫之增與降之趨勢，與冬季相同，惟增溫之高度，較冬季者升高。

2. 高空風速與太陽黑子週期

臺灣高空風在對流層內以西風為主，風速在對流層頂附近最大，夏季時約有三個月之時間為東風，此東風係由平流層向下延伸至對流層者。

就表十五所示臺灣高空年平均風速，在太陽黑子最多較最少時，桃園高空風，自對流層至平流層，風速均一致減弱，東港夏季時，亦同具此一現象。此可顯示，在太陽黑子最多時，大氣環流增強，因而導致大氣長波之波幅增大，緯流風速因而減弱；此與上述高空氣溫，在太陽黑子最多時，氣溫增高之現象，頗為一致。惟頗屬可疑者，東港全年及冬季風速，在太陽黑子最多時，高空風速反增強，若記錄無誤，則可能由於大氣環流增強，副熱帶噴射氣流，冬季時存在於臺灣以南之時間較久之故。

綜上所述，在太陽黑子最多較最少時，臺灣高空氣溫與風速之變化，與氣象學者 Willet 對北半球高空氣象，與太陽黑子週期之研究，其結果亦甚為一致。彼發現在太陽黑子最多時，低緯度高氣壓帶向北移，使西風帶風速及副熱帶東風均形減弱，但極地東風則增強。高空氣溫在低緯度增高，而較高之緯度，則氣溫略形降低。在太陽黑子最多時，大氣環流適於產生阻塞型環流，此可能由太陽質點放射，影響於上層大氣，以及由於大氣臭氧之物理作用等。

七、結 論

太陽黑子為代表太陽活動惟一具有較長期之記錄者；過去經多數氣象學者，研究太陽黑子與大氣環流之關係，今日已可確認地球上天氣之變化，確與太陽

黑子相關。就本文上述臺灣一地，近七十年來氣象記錄之分析，其結果足以證明，太陽黑子十一年週期，太陽黑子雙週期，以及甚長之八十年氣候週期，與臺灣地面氣象、颱風、及高空氣象等之變化，均有顯著之關係。尤其臺灣之雨量、颱風之侵襲、高空氣溫等，與太陽黑子各種週期之變化，關係特別顯著，如用於長期天氣預測之參考，其助益當非淺鮮。

引 用 文 獻

(1) Wexler(1960): "Radiation balance of the earth as a factor in climatic change" climatic change, ed. Harlow Shapley, pp. 73-90.

(2) P. Kuiper (1953): "The Sun", The University of Chicago Press, Illinois.

(3) H. C. Willet & J. Prokaska (1965): "Further Evidence of Sunspot-Ozone Relationships, J. Atm. Sci., Sept. 1956.

(4) Haltiner & Marlin (1957): "Dynamical & Physical Meteorology".

(5) 引用文獻同。(1)

(6) H. J. Critchfield (1966): "General Climatology", (second edition).

(7) Barbara Bell (1960): Solar variation as an explanation of climatic change", ed. Harlow Shapley, pp. 123-142.

(8) 引用文獻同。(1)

(9) 魏元恒(1964): 太陽黑子對天氣及氣候之影響，載氣象學報第十卷四期。

(10) H. C. Willet (1965): Solar-Climatic relationships in the light of standardized climatic data, J. Atm. Sci., 22, 120-136.

(11) 劉衍淮 (1964): : 臺灣氣候變化之趨勢與週期，載氣象學報第十卷三期。

(12) B. Dzerdzecosskii (1962): Fluctuations of climate and of general circulation of the atmosphere in extratropical latitudes of the northern hemisphere and some problems of dynamic climatology, Tellus, 14, 3.

氣 象 學 報 徵 稿 簡 則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用之文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊載即致稿酬，每千字按三十元至四十元計算。創作論著稿之特具價值者另議。
- 十一、惠稿文責自負，詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號臺灣省氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)