

# 西太平洋高壓消長及其與颱風行徑關係之研究\*

陳 縩 雷 鮑 學 禮

*The Fluctuation of West Pacific High and Its  
Relation to Typhoon Tracks*

*Yu-lei Chen Hsiao-li Pao*

## ABSTRACT

The prediction of weather condition and typhoon movement in the area of the West Pacific Ocean in summer months depends largely on the position of the subtropical high ridge, which, due to its day to day E-W fluctuation, is itself rather difficult to predict. It is thus attempted to investigate into the problem by, firstly, getting the true picture of the subtropical high ridge in this particular area, secondly by discussing about the harnessing factors which lie in the tropical circulation system and finally by deriving some guiding rules with which the motion of the ridge can be predicted.

For the first part, statistical facts about the behavior of the ridge and the most probable paths of typhoons, based on data of the latest 13 years, are presented; 5 categories are classified according to the trend of motion of ridges; thermal and kinematical properties for cases selected from each category are studied, but unfortunately little correlation between any such property and the category can be detected. For the latter parts, it is concluded that the easterly and subtropical jets, which vary in intensity, latitude and height, appear to be the most indicative item when forecasting problem is dealt with. However, the guides lines are by no means infallible, and caution must be taken especially when unusual flow pattern dominates in this area.

## 一、前 言

副熱帶高壓為所有氣壓系統中最安定者，氣象學家常稱之為「活動中心」，意謂較小規模移動性之擾動不獨無法影響其環流型態，且被迫以其為中心而繞之移行。鑑於副高壓之暖心垂直結構與氣候學平均位置，上述原則殆無置疑餘地。

然而所謂安定究非固定。副熱帶隨季節而調整其高壓軸線作南北之位移已為週知之事實，而其高壓中心或高壓脊之不斷作東西擺動更令預報人員束手無策

。因此在實際預報觀點言，平均現象縱屬十分澄清明確，但並不見得適用於個別現象。

臺灣地區夏季始終在西太平洋副熱帶高壓脊（以下無虞誤會時簡稱之為「副高」）之影響範圍以內。然該副高脊在本地區內特別難予捉摸，有時西進，有時東退，其進退徘徊之範圍適在大約 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ E之間。是以欲瞭解臺灣夏季之天氣變化，關鍵在此。苟能掌握副高之東西消長，則本區預報問題即可迎刃而解，包括無颱風時之日常天氣情況預報，有颱風時之

\* 本著作之完成曾獲行政院國家科學委員會之補助

移動路徑預報，以及西南季風與東南信風所形成之ITC型態、信置等，而後者復與熱帶擾動之是否容易滋生有關，尤在南海洋面上為然。

凡在東亞具有實際預報經驗之氣象人員莫不有此感覺，例如颱風在副高之西南方位時，預報員首感困擾者厥為該副高究將西進、停頓、抑東退？否則颱風之未來行動即無多大問題。本文亦就此實際觀點出發，在以下各節探討論述有關問題。

## 二、研究範圍及採用資料

研究之時間範圍以夏季為準，而夏季之定義則以自然季節之劃分為依據。根據 Ramage<sup>(8)</sup> 之意見，東亞之夏季應在六月至九月（五月、十月為過渡季）。更就臺灣地區之平均圖，噴射氣流南北變遷等環流形勢考慮<sup>(2)</sup>，決定以六月中旬至九月中旬為夏季範圍。但十月份內副高脊線仍舊相當高而西太平洋颱風出現頻率亦不見減少，故仍納入討論範圍。

至於地區範圍之決定，本來環流系統不宜分割過小故應以整個西太平洋為考慮。然而基於臺灣為着眼之主觀價值，似乎不必牽涉太遠。故決定以  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$  範圍間為主體討論副高之消長問題，但事實上有時必須越出此範圍討論，甚至南半球之環流亦須涉

及。同時下文將可說明此一範圍本即具有特殊之環流性質，亦即副高進退確以該經度內為最頻，初非純因臺灣之地理位置在此而遽作主觀決定者。

以前曾經研究東亞地區副熱帶以南環流問題之中外學者頗多。基礎理論方面如 Starr、Palmén，熱帶天氣分析方面當可以 Riehl 為代表，亞流季風方面有 Ramage 及印度學者等作細節鑽研，此外若干中國氣象學者亦有不少有關東亞環流之研究。然衆多論著中，對副高之振盪特性，類皆淺嘗輒止。若謂前此無人注意、或感覺不值細究此一問題。似非事實。然則其間必有相當困難存在。筆者願在第五節再予論述。但過去雖少專論副高之文獻可資運用，凡有關本地區環流性質論文之一般性資料則儘量利用。至於直接採用於本文之原始資料來源主要包括以下兩部份。

(一)日本氣象廳編印之東亞天氣圖 (1960~1971) 十二年，該資料自地面至 500mb 為止。該資料內並有東亞各地區及太平洋上若干測站之高空壓溫資料。

(二)空軍氣象聯隊經國科會支援整理完竣之中國地區高空氣象資料部份 (1966~1970)。所採用測站十二處除沿海為主外，並及新藏高原僅有之噶爾穆、和闐兩站。

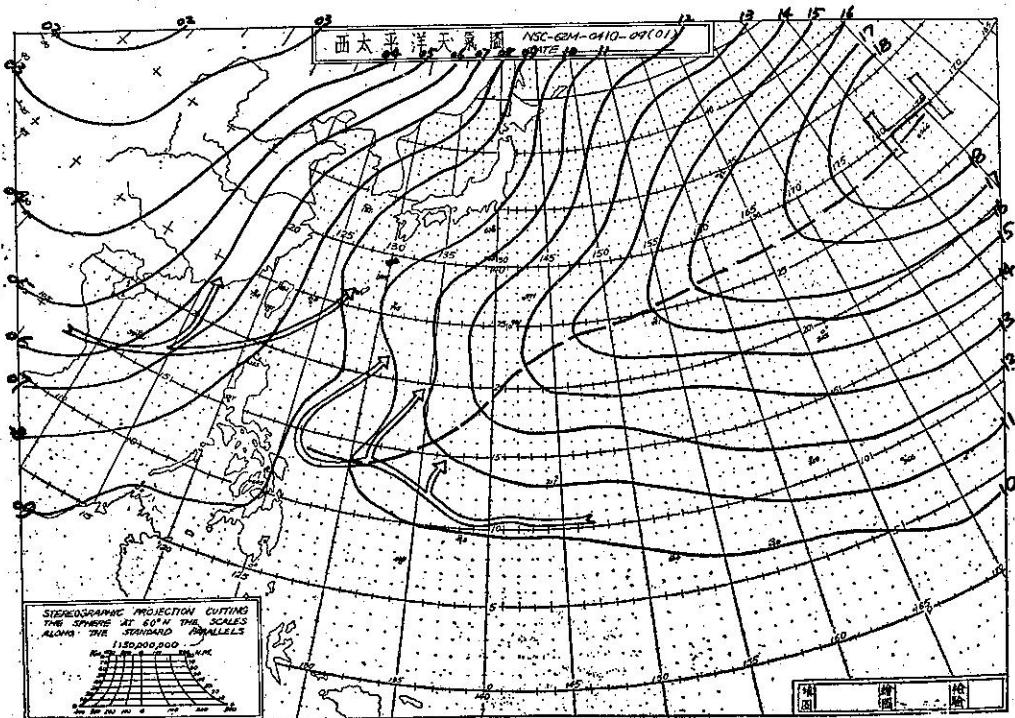


圖 3.1 六月份西太平洋高壓脊平均位置及颱風路徑（最近十三年資料之平均）

Fig. 3.1 The mean position of the ridge of the western N. Pacific high for June, with most probable typhoon tracks superimposed (based on data from 1960 to 1972).

以上資料概以每日 12:00Z 為準，以避免日變化  
(在熱帶之變量相對而言頗大)。故所有本文繪製之

各種等壓面圖、縱剖面圖、時間剖面等亦均為 12:00  
Z 時間者。

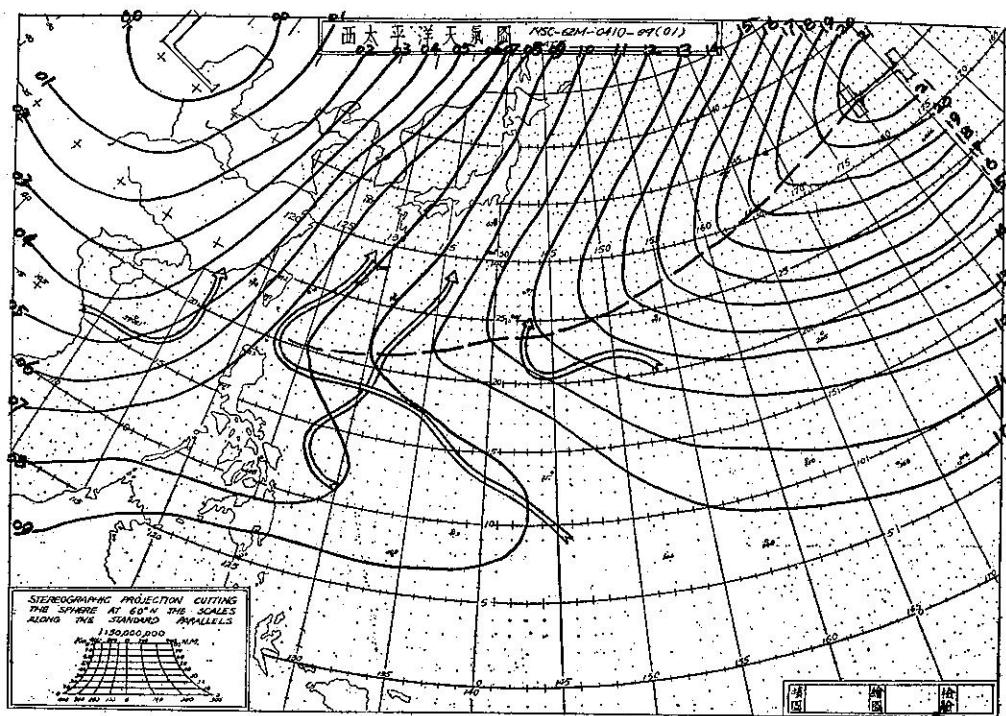


圖 3.2 七月份西太平洋高氣壓脊平均位置及颱風路徑  
Fig. 3.2 As in Fig. 3.1 except for July.

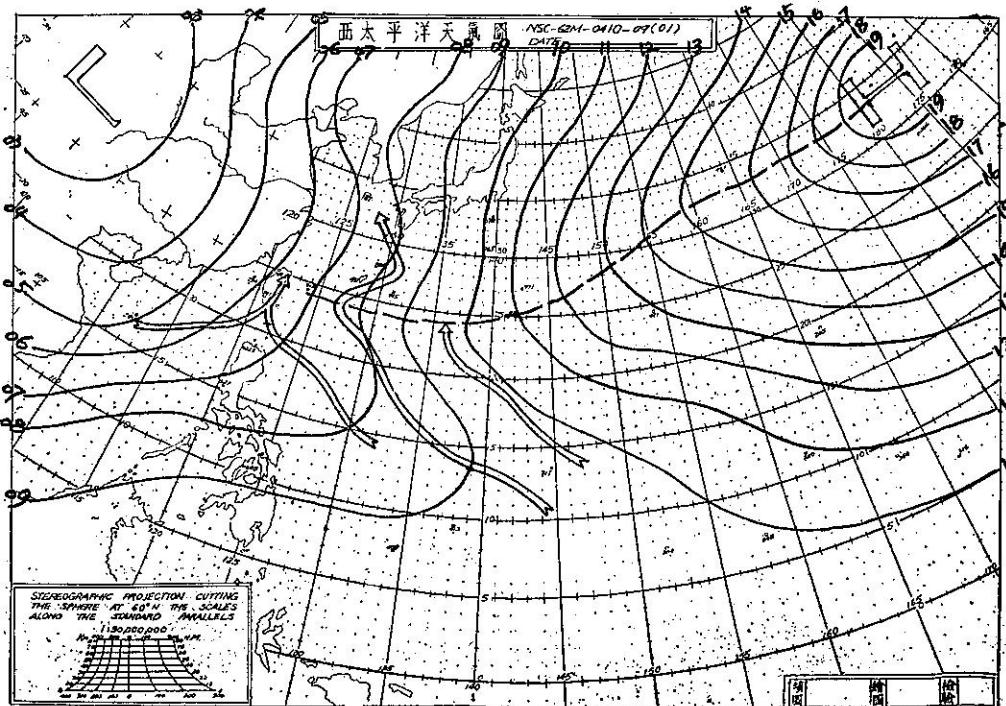


圖 3.3 八月份西太平洋高壓脊平均位置及颱風路徑  
Fig. 3.3 As in Fig. 3.1 except for August.

### 三、夏季西太平洋副熱帶高壓脊及颱風路徑之關係

筆者用最近十三年（1960~1972）之資料，自六

月至十月分別繪製西太平洋區域之平均地面氣壓分佈圖如圖3.1至 3.5。另以 2.5 緯度見方為單位面積統計颱風在同時期內各月份之出現次數製成颱風平均路徑

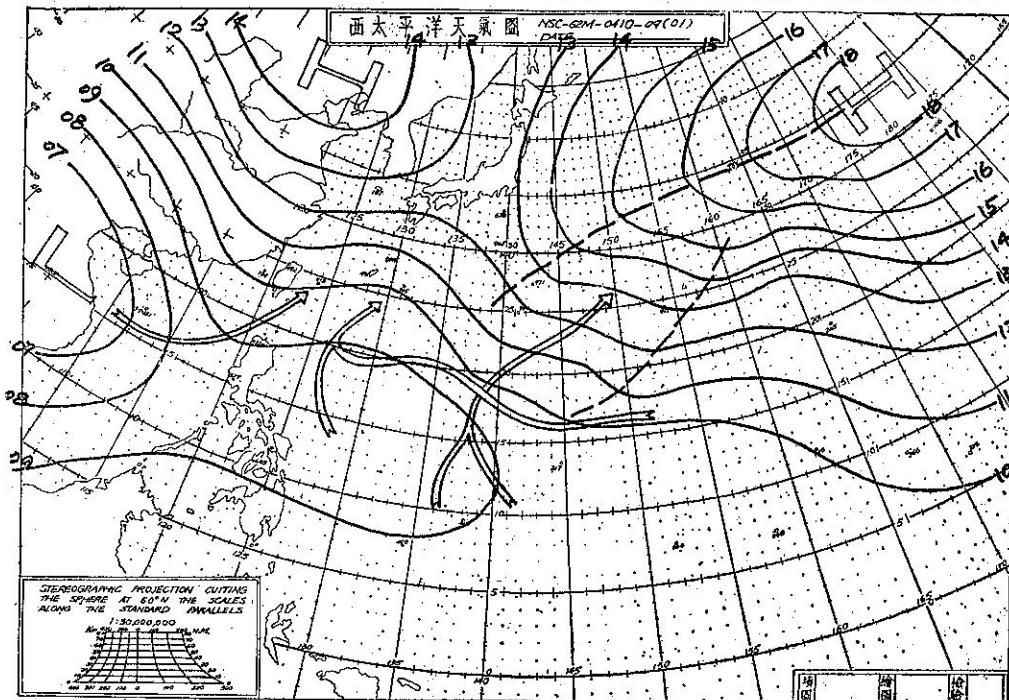


圖 3.4 九月份西太平洋高氣壓脊平均位置及颱風路徑  
Fig. 3.4 As in Fig. 3.1 except for September.

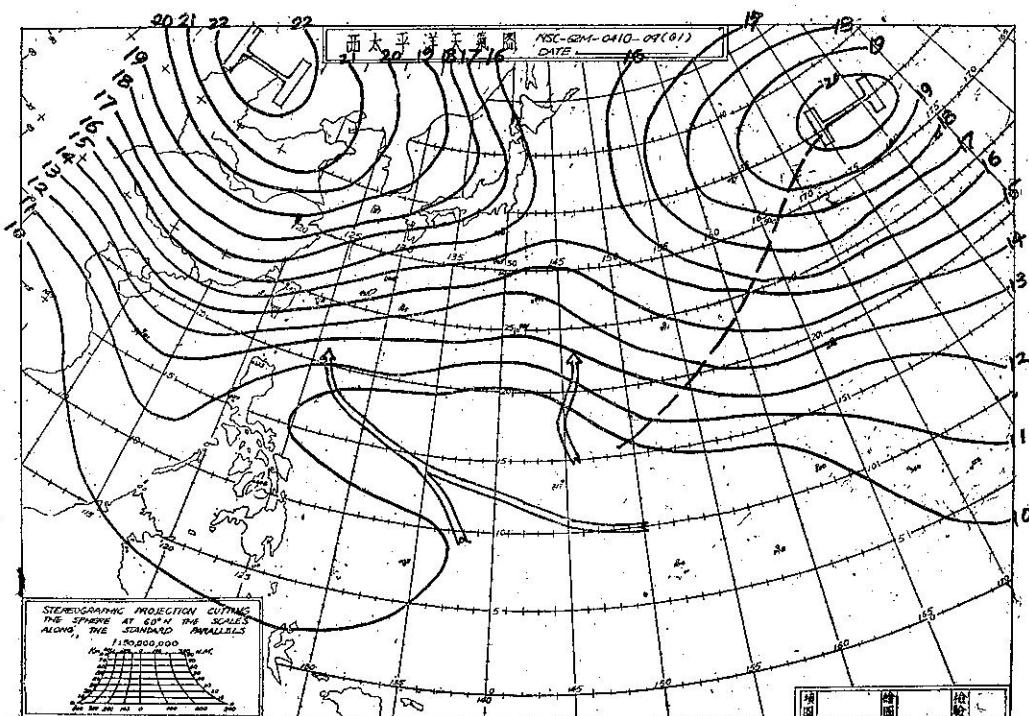


圖 3.5 十月份西太平洋高壓脊平均位置及颱風路徑  
Fig. 3.5 As in Fig. 3.1 except for October.

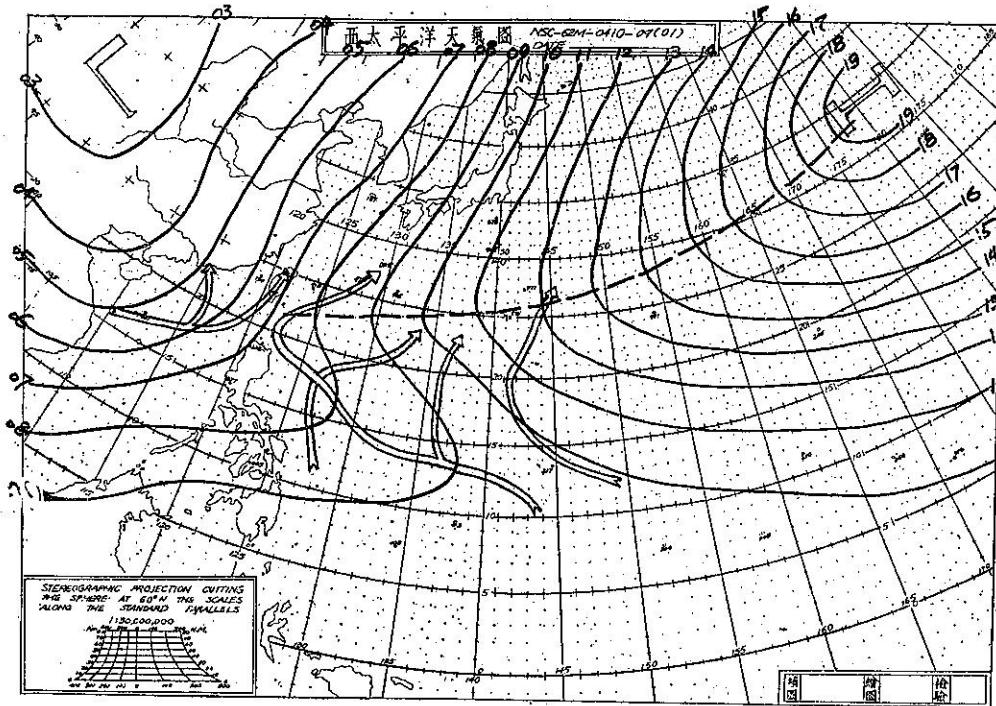


圖 3.6 夏季 (6.16—9.15) 西太平洋高氣壓脊平均位置及颱風路徑

Fig. 3.6 As in Fig. 3.1 except for the whole summer months June 16<sup>th</sup> thru September 15<sup>th</sup>.

圖，加繪於相當之月平均地面圖上。然後將六月十六日至九月十五日期間之資料作出整個夏季之平均圖如圖 3.6。

此種平均圖之作用有三：

- (一)正確決定夏季各月西太平洋上副高之平均位置，大陸上氣壓分佈形勢，以及臺灣之氣壓平均情況。
- (二)颱風平均路徑與副高關係是否密切？如何解釋？
- (三)提供副高脊外緣具有代表性之一根等壓線數值，以作此後個案研究之比較標準。

以下分四小節敘述所得結果。

(一)副高脊位置之平均緯度：

過去文獻記載副高所在平均緯度之正確性有時值得懷疑；一則過去資料稀少不準確，二則夏季未按自然季節涵義，三則過去大都以副高中心所在緯度代表整個副高帶之緯度，四則西方學者諒未特別注意西太平洋與中太平洋之高壓脊大有出入。與本文所得平均結果比較，以前之數值類多偏高。例如 Riehl 在其「熱帶氣象學」<sup>(10)</sup> 內所述夏季太平洋副高平均位置為  $38^{\circ}\text{N}$ ，顯然過高，應指中太平洋地區者。又如英

國氣象局 A. H. Gordon<sup>(4)</sup> 所作統計，雖指明為西太平洋 ( $160^{\circ}\text{E}$  以西) 地區者，仍覺過高。

美國環境衛星局及空軍 ETAC 合作於一九七一年刊行之「全球雲量統計圖冊」<sup>(6)</sup> 中各圖上雲量最少之軸線與本文所獲結果極相接近，該冊根據衛星攝影以純客觀之資料及方式處理，應可徵信。是則可證過去文獻中有關西太平洋副高之資料未盡正確，茲以上述各種資料來源併列如表一，以供參照。

由表 3.1 所列資料可知副高脊在西太平洋呈東北東至西南西傾斜走向，其平均緯度自六月份起逐月北進至八月份達最高位置 ( $28.5^{\circ}\text{N}$ ) 後又逐月南退，頗有規律。其夏季各月之總平均緯度則為  $25.5^{\circ}\text{N}$ 。又由衛星雲量月平均及季平均圖均可察知副高壓帶之南北轉境在脊線上下各約五個緯度，在該範圍內之平均雲量僅  $2/8$ 。

Gordon<sup>(4)</sup> 氏亦曾將西太平洋區之赤道槽月平均位置與各該月副高脊線位置求取相關係數得 0.91，若以之與次月之副高脊線求兩者之相關則數值較小，可知副高脊之北進南退與夏半球整個系統之進退有即時反應之性質。

表 3.1 西太平洋副熱帶高壓脊夏季各月平均位置 (北緯) 表

	英國氣象局 (160°E以西)			美國環境衛星局			本文所用平均地面圖 (160°E以西)		
	最高	最低	平均(°N)	最高	最低	平均(°N)	最高	最低	平均(°N)
六月	—	—	36	22	16	19	26.5	13.5	20
七月	—	—	34	29	22	25.5	29	29	24.5
八月	—	—	37	30	28	29	33	24	28.5
九月	—	—	36	25	25	25	36	18	27
十月	—	—	34	23	21°	21.5	36	16	26
夏季平均 (6.16~9.15)			35.7				25.5	29.0	22.0
									25.5

## (二) 平均副高壓脊向西伸展限度：

根據各月平均氣壓圖及衛星平均雲量圖分別讀得副高脊西線之位置以東經度數表示，約如表 3.2 所示。

表 3.2 各月平均副高脊向西伸展限度 (東經) 表

	本文所用平均地面圖	衛星平均雲量圖 (以2/3雲量為準)
六月份	127	121
七月份	125	115
八月份	124	116
九月份	120, 140	126, 145
十月份	150	134
夏季平均 (6.16~9.15)	128	118

取上表之折衷值正居 122°E 臺灣所在之經度。但以各月數值分開看，知其西緣隨脊線之北移而西進，至八月巔峯後復隨脊線之南移而突然向東退至 140°E 左右，致九月份數值出現兩個，此與近年來若干學者<sup>(1)</sup>提出副高每在過渡季節之區，六或九、十月間作跳躍

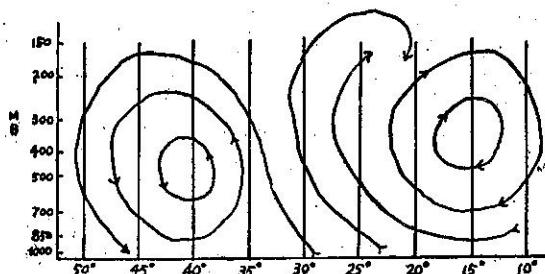


圖 3.7 夏季平均圈環流圖 (沿 110°–120°E)

Fig. 3.7 Summer mean chart of meridional circulation along 110°–120°E.

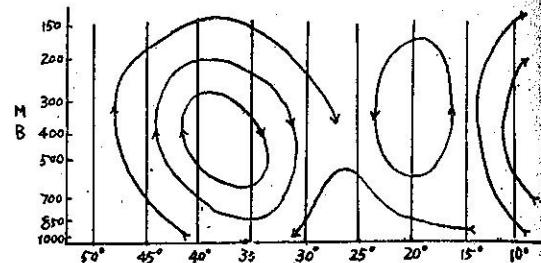


圖 3.8 夏季平均經圈環流圖 (沿 120°–140°E)

Fig. 3.8 Summer mean chart of meridional circulation along 120°–140°E

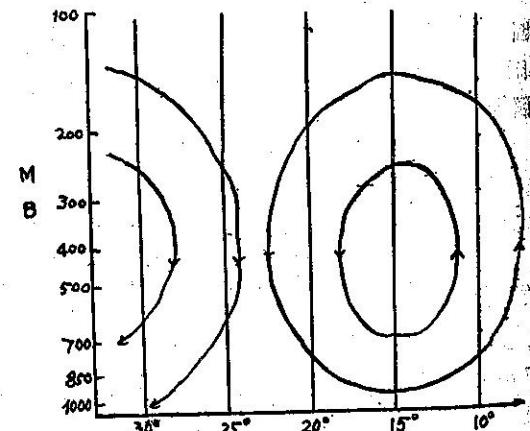


圖 3.9 夏季平均經圈環流圖 (145°E 以東)

Fig. 3.9 Summer mean chart of meridional circulation along east of 145°E.

式之北進或南退之說法可相互呼應。

另據各子午線上之平均經圈環流圖看亦可獲得意之印證。圖 3.7, 3.8, 3.9 分別為 110°–120°E, 120°–140°E 及 145°E 以東之夏季平均經圈環流圖。由圖 3.7 可知副高西緣應在 110°–120°E 之區域內，因副高西緣應有上升氣流而圖 3.7 內 2.5N 上下

上昇氣流。圖 3.8 內同緯度附近則兼有上昇，下降氣流，速度微弱，表示副高脊在  $120^{\circ}\text{--}140^{\circ}$  範圍內經常擺動不已。有時此區在脊外，應屬上昇氣流；有時則在脊內，故有下沉氣流。至於圖 3.9 為  $145^{\circ}\text{E}$  以東，則幾乎始終屬副高範圍之內，故為確定之下沉氣流。

然而上述各月之平均值除說明氣候學意義外，誠不足以解釋日常天氣現象。蓋副高脊經常作東西擺動，且遠無季性節南北移動之有規則。在夏季任何一日內均可能在  $120^{\circ}\text{--}140^{\circ}\text{E}$  範圍之內徘徊，因此而造成預報上之困惑。

### (三)由平均颱風路徑看副高壓脊之東西擺動：

平均颱風路徑由過去十二年資料獨立製成後方加繪於各月平均氣壓圖上，圖 3.6 則為整個夏季之情況。該圖除颱風最主要之路徑可以反映副高脊西南半壁形狀外，值得注意者為轉向路徑尚有在約當  $110^{\circ}\text{E}$ ， $120^{\circ}\text{E}$ ， $130^{\circ}\text{E}$ ， $136^{\circ}\text{E}$  及  $141^{\circ}\text{E}$  五處之支線。因颱風路徑係根據各固定方塊 ( $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$  緯度) 內之出現率而分析，故不致平均成一條轉向路線；因此充份說明副高之擺動範圍即在此間，而非如平均圖所顯示之副高脊永遠伸展，停留在該平均位置也。

其餘各月之平均颱風路徑圖亦莫不顯示此項性質。惟十月份之情況已非夏季可比，僅在  $145^{\circ}\text{E}$  處尚有向北轉向之跡象可尋。

根據颱風在每一固定方塊內出現次數而繪製之平均路徑雖不致被平均成僅有一條，究竟仍祇能表示氣候學意義，且與副高平均位置之相互關係似乎不若過去若干論文內所表示者為明顯貼合，筆者等意見認為此係過去颱風定位資料類多不甚精確之故。但在個別案例中，兩者之關係則始終極為明確，以下試就實例加以說明。

### 四個案例證：

副高向西伸展至中國大陸且保持不動時，颱風沿其南緣向西或西北西進行。副高向東退至  $140^{\circ}\text{E}$  以東時，颱風循其西緣缺口折往北行。以上兩種情形預報人員均甚熟悉，不必贅述。但當副高在上述兩者之間之位置時，有時向西伸展，有時向東退出，亦有西進中突然東退一、二日或其相反之搖擺不定情況；而颱風之行進路徑亦隨之。茲以下列四例說明。所探颱風均屬淺弱之熱帶風暴或擾動，以避免強烈颱風本身之環流系統過盛而影響副高環流型式。

#### 1. 副高持續西進 (1966. 7. 26~29.)

1966. 7. 26. 有一熱帶擾動在  $25.2^{\circ}\text{N}$ ， $137.2^{\circ}\text{E}$ 。是時副高脊西緣亦大致在此經度。一般而言颱風緯度

已高，應向北或東北移動，但 25 日起副高已開始西進不已，致該熱帶風暴無法轉向，在 27 日甚至被迫向西南西移動而終於 29 日在臺灣東部登陸而旋即瓦解。其逐日之移動關係如圖 3.10 所示。

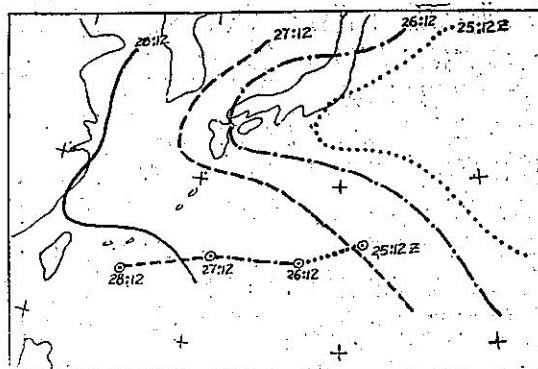


圖 3.10 副高持續西進，颱風亦逕向西進之實例  
(1966. 7. 26~7.29)

Fig. 3.10 Example of Type W (progressional type) showing the track of typhoon being influenced by the progression of the subtropical ridge during July 26-29, 1966.

#### 2. 副高持續東退 (1961. 7. 4~7)

1961. 7. 3. 1200Z 圖上有標準之副高西伸至閩浙沿海，一熱帶擾動在其南緣向西北西方向進行。但自 4 日起副高開始東退。該擾動雖緯度甚低但立即反應而轉向北北西、西北而在臺灣以東海面即逕向北方移去。見圖 3.11。

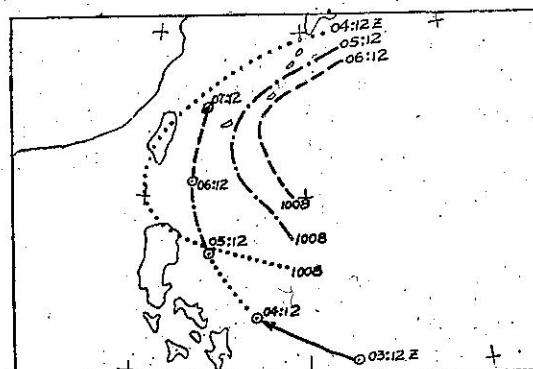


圖 3.11 副高持續東退，颱風隨之轉向北行之實例  
(1961. 7. 4~7.7)

Fig. 3.11 Example of Type E (recessional type) showing the track of typhoon being influenced by the recession of the subtropical ridge during the period July 4-7, 1961.

### 3. 副高西進中突有東退 (1961. 7. 11~12)

Elsie 於 1961. 7. 8 在關島以西形成時，其北之副高亦在向西緣緩慢移動中，故 Elsie 之行徑亦向西北西。迨 11 及 12 兩日副高忽然東退，Elsie 立即改弦易轍，直趨北行。然在 12 日後副高恢復西進，Elsie 乃亦突然改向西行，直撲恒春、汕頭而登陸消失。其折曲行徑可於圖 3.12 中見之。

### 4. 副高東退中突有西進 (1966. 7. 16)

1966. 7. 15 副高向東退出大陸，颱風 Mamie 在 16 日 0000Z 開始駭然有北侵之意，1200Z 之位直達恒春以南約 120 公里。但 16 日此副高又向西伸張至大陸，迫使颱風逐向西北西經香港南方海面而去，一日內向西移動達六個緯度之多，如圖 3.13。

以上所舉四例，不論何種情形在 500mb 定壓面

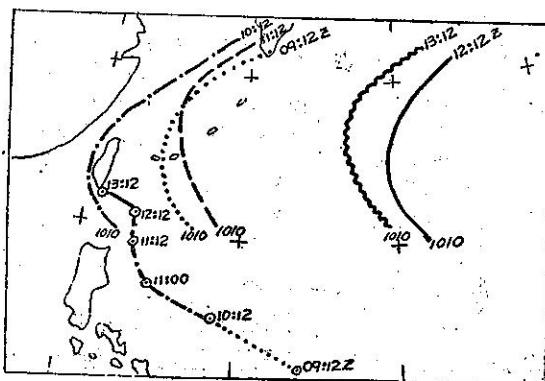


圖 3.12 副高西進中突然東退，颱風行徑立即反映趨之實例 (1961. 7. 11~7. 12)

Fig. 3.12 Example of sudden change from Type W to Type E and its influence on typhoon track, July 11-12, 1961.

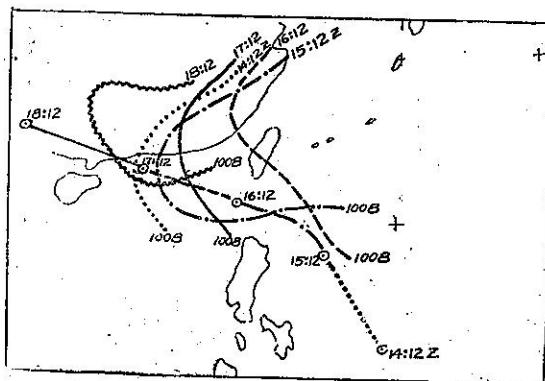


圖 3.13 副高東退中突有西進，颱風行徑被迫停止轉向而直趨西行之實例 (1966. 7. 16)

Fig. 3.13 Example of sudden change from Type E to Type W and its influence on typhoon track, July 16th, 1966.

上臺灣上空大致約為一高壓帶橫亘。熱帶風暴如居南則上空始終為東風，以導流觀念看風暴之進行方向均應逕向西行。是以淺弱之風暴並不受其高空氣流吸引，而直接以地面副高為「活動中心」繞其週圍而運動。

## 四、西太平洋副熱帶高壓脊之分類統計

### (一) 分類：

欲瞭解本地區副高之東西擺動特性，必須先將夏季副高按其動向分成適當之數類以便統計分析，進而歸納及假設、求證。茲就筆者所分五種類型加以介紹，括弧內為代表之符號。

#### 1. 西進運動型 (W)，

副高西緣（根據當月平均圖上西緣之等壓線數值為準）繼續向西移進達三日或以上者。但此處所謂三日指跨三日而言，否則本型出現之次數過少。以下諸型之計日方法亦同。

#### 2. 西進停留型 (W<sub>s</sub>)，

副高西緣向西伸展至 120°E 以西，不論停留日數多寡均歸入本型。

#### 3. 東退運動型 (E)，

副高繼續東移動達三日或以上者。

#### 4. 東退停留型 (E<sub>s</sub>)，

副高遠離東亞區退居 140°E 以東。此型亦即經向環流型，蓋本區無副高存在，屬低指數韓流型，地圖上小而封閉之低壓特多包括熱帶氣旋在內。本型有時代表南半球之空氣越赤道而衝向北半球之環流態。

#### 5. 居間徘徊型 (M)，

在某一期間內，副高西進或東退互見，但均未足三天故不能列為 E 或 W 型。

### (二) 各種類型出現之次數分配：

表 4.1 將十二年內夏季各種類型副高之出現次數，天數、每次平均持續天數，隨後出現其他型別之次數及百分率等統計結果列出如下。

由上表可得若干結果如下，

1. 各種類型中不論出現次數或天數，均以 W 型最多，W<sub>s</sub> 型最少。若將 M 型併入運動型計算，則運動型之次數、天數百分率分別佔 72.2 及 66.2，可知副高之運動性甚高。但若以五種類型比較其出現次數比例則並不懸殊，不過 W<sub>s</sub> 型比較少而已。易言之，副高僅有百分之十三之機會伸張至大陸控制其天氣。

表 4.1 西太平洋副高壓脊夏季 (6. 16~9. 15) 各種類型出現次數、天數統計

Table 4.1 Frequency distribution of 5 categories of W. Pacific high which differ in the trend of motion.

類型 次數 天數	隨後出現型別						各型 合計	佔整頁百分比		平均每次 持續天數
		W	W <sub>s</sub>	E	E <sub>s</sub>	M		次數	天數	
W	/	42/152	24/84	8/24	22/74	/	96/334	27.9	24.8	3.4
W <sub>s</sub>	/	/	28/108	2/26	14/46	/	44/180	12.7	13.4	4.1
E	20/68	/	/	28/108	27/91	/	75/267	21.7	19.9	3.6
E <sub>s</sub>	36/166	/	/	0/25	16/83	/	52/274	15.1	20.4	5.3
M	30/116	4/15	20/74	24/85	/	/	78/290	22.6	21.5	3.7
五種類型總計		資料時期 1960~1971 十二年間					345/1345	100.0	100.0	

2. 各種類型出現之平均持續天數大都在三、四天之間，惟 E<sub>s</sub> 型有 5 天餘為最長。而各型持續天數絕對值之範圍則長短不一，最長者亦屬 E<sub>s</sub> 型達 15 天。茲將有關各種統計數列一簡表如下。

表 4.2 各種類型每次出現持續天數之統計特徵數  
Table 4.2 Statistics of the number of persisting days for 5 categories of W. Pacific high.

類型 統計數	W	W <sub>s</sub>	E	E <sub>s</sub>	M
持續天數範圍	3~7	1~13	3~6	2~15	1~12
平均持續天數	3.4	4.1	3.6	5.3	3.7
中位數(天)	3	3	3	4	3
衆數(天)	3	2	3	2	3

3. 不過所謂三至四天之平均持續天數却不可解釋為副高進退於本地區之週期。此不獨因為各型出現天數之絕對值長短不一，且所有型態中除 E<sub>s</sub> 型外（佔夏季時日五分之一），副高始終盤桓於 140E 以西，由表 4.1 可知 E 型後不必踵隨 W 型；反之 W 型後亦不必踵隨 E 型也。

4. 在天氣意義言，除颱風之生成及路徑完全受其擾動影響外，無颱風時之一般天氣並無顯著區別。

各型有關熱力、動力特性探討：

次一步分別就各種類型整理其有關各項特性，其中包括項目甚多，例如副高軸之方向、長短軸之比例、熱力性質如各高度之溫度平流、垂直溫度結構、垂直濕度分佈等——記載入卡片，每日一張，然後按類型分析。其結果無一與 W、E 兩種主要類型顯示有足夠之相關，值得從事進一步較精密之統計處理者。

探其原因，熱帶空氣內之熱力諸因素縱有變化，

亦因受平流、對流之影響為主，而後者尤為重要，不論高壓脊西進或東退，若無擾動現象則氣溫、濕度之垂直結構均不致有何變化。即令下沉逆溫等現象與副高之深入控制有關，然仍不足與言副高動向之預測性。Riehl 曾謂嘗有人主要根據水汽伸展高度來區分熱帶氣團種類母乃大謬，即此之謂。是以從熱力性質求副高動態之程序，不免顛倒之譏，無怪其試探之不成功矣。

至於副熱帶高壓之性質又與中緯度者大相逕庭，西太平洋之地理分佈更增其複雜性。詳見下節所述。是以用一般運動學 (Kinematics) 原則訂立之預報規則必將無所用其技，亦在預料之中，所餘途徑惟有自環流型態着手。

## 五、從環流型態剖析副熱帶高壓之動向

### (一) 困難問題：

以平均狀況言，副高誠為大氣環流系統中最容易瞭解之部份；位置安定，南北向僅有季節性之規律軸動，東西向僅略有往復擺動。然在預報立場言，西風帶頗仍之氣旋羣或信風帶起伏之東風波因其移動性顯著反而易於處理。副熱帶反氣旋既非由西風帶亦非由東風帶操縱，而係哈特萊 (Hadley) 與費勒爾 (Ferrel) 兩環流圈在對流上層 (upper troposphere) 相遇之交綴地帶，氣流在此輻合下沉而形成地面副高。因此不論何種輻動或擺動均可溯源於此兩環流圈內任何因素不平衡後調整之結果。姑不論能量，角動量盈虧或交換問題與環流間之複雜關係。此種理論用於解釋一般現象則可，例如 Starr 氏創立副高帶之所以胞裂乃絕對角動量必需由此北輸之說，然斷裂應在何處？受何因素移動其子午線位置？縱可計算，原始資料之獲得及其正確性又若何？數學上補償作用之實

質困難能否解決？諸如此類問題均排斥在日常預報上之可行性。因此不如以較實際之觀點再來考慮其他因素。

例如以水陸分佈言，因  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$  地區適在西太平洋與亞洲大陸間之緩衝地帶，亦即夏季西南季風與東南信風之交綴地帶，此項地理因素已足令副高移動之複雜性大增，而西藏高原則為另一地理因素足以影響大規模環流型態者。何況夏季之經向環流更受南半球哈特萊圈之影響甚多；以地位看，在南半球之相當經度內適為澳洲大陸塊，常有異常之衝擊（寒潮北侵，強烈極地噴射氣流等）向北半球正值夏季之本地區間接施其影響力，益增環流之複雜性。職是之故，西太平洋之副高遠無中太平洋者為穩定，其東西擺動之隨機性由上節統計數字中已可觀知，要非無因。

#### (二) 基本氣流與噴射氣流：

我人設能執簡馭繁，超越種種複雜背景因素而問脈於足以代表環流性質之癥候，則惟高空基本氣流與噴射氣流差堪勝任。

當整個環流系統北移時，不僅哈特萊圈及副高帶北移，深厚之高空東風層亦同時北移。Hubert<sup>(5)</sup>曾指出西太平洋熱帶在颱風季內不僅東風波向西移行，在其高空  $200\text{mb}$  上之反氣旋亦作有節奏之西進，後者之週期較前者約長一倍在六日之譜。後經 Yanai<sup>(13)</sup> 分析威克島、恩尼威吐克島等測站風向量之紀錄作時間剖面圖證實此點。然而筆者仿此作東港及上海兩地之時間剖面圖則未能獲得可以比照之有規律週期，經檢討其原因認為。

1. Hubert 所指「西」太平洋實際係在中太平洋偏西而已，與本文討論之地區相差甚遠。該區域為開闊洋面，緯度較低 ( $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ )，屬熱帶而非副熱帶。

2. 根據夏季  $200\text{mb}$  平均圖上該經度（約  $170^{\circ}\text{E}$  左右）區域內有南北兩個反氣旋。南端者被稱為「近赤道反氣旋」與副高性質不同。Riehl 及 Hubert 所謂之「渦旋列車」(train of vortices) 係指此種小型反氣旋渦旋而言。在平均圖上該近赤道反氣旋再往西去既未出現，可參閱圖 5.1。（見參考文獻 1）

3. 臺灣及大陸沿海一帶已漸入季風環流範圍，故即使有此列車自東方來，西行至此其風場亦瀕破壞。若比較東港、福州兩地之夏季緯流風速垂直變遷圖（如圖 5.2）可知前者東風佔絕對優勢且風速亦較大，後者雖亦以東風為多然風速微弱，實際上逐日而論東

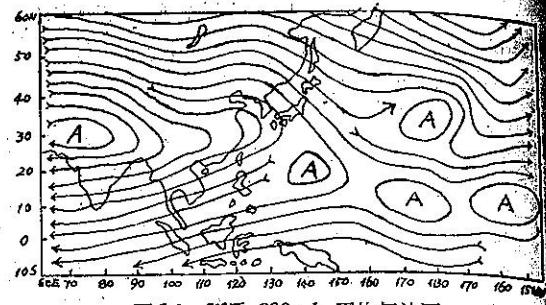
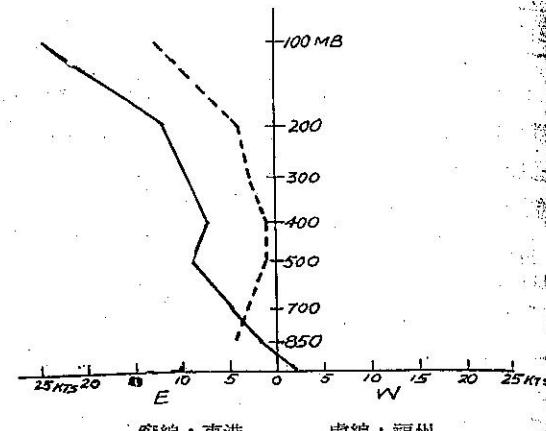


圖 5.1 夏季  $200\text{mb}$  平均氣流圖

Fig. 5.1 Mean streamline pattern at  $200\text{mb}$  level for summer.



實線：東港 虛線：福州

圖 5.2 東港福州西地之夏季（七、八、九）平均緯流風速垂直變遷圖

Fig. 5.2 Wind profiles of mean zonal flow (in kts) for Tungkong (solid line) and Foochow (dashed line) during the summer months of July thru September.

、西分風均有出現。

雖然如此，整個熱帶環流系統北行時，西太平洋上任何氣壓系統應該向西移動在原則上應無問題，而西南季風亦可暫時在本區創跡一時。

大範圍環流系統之最佳代表厥為噴射氣流。Reiter 氏在其「噴射氣流氣象學」<sup>(10)</sup>中曾謂：「對流上層最強之輻合帶理應與下層最強之輻散區配合，是以熱帶高壓並非一種靜止現象而係隨高空流型之動力變化而不斷進行其消失與新生程序者。」可謂將兩者互為表裏之關係一語道破，且說明副高之消長源自對流上層高空。

Palmén<sup>(11)</sup> 認為副熱帶噴射氣流（以後簡稱用  $J_w$  符號代表，因本文未涉及極地噴射氣流，故不混淆）之產生原因係哈特萊圈之頂部不斷有空氣向地方向逸去（與絕對角動量以俱）之故。是以  $J_w$

位置應與該哈特萊環流圈靠極之邊緣相符。其最强風速之高度則集中在 200mb 層上下。但以熱力結構解釋， $J_w$  係因對流中層以上之明顯斜壓性質形成強垂直風切而成，該斜壓性質則仍由哈特萊圈環流帶來之溫度差異所致。由此可知冬夏之季節性變化一如哈特萊圈及副高，自無疑義。在氣候學上亞洲東岸外之  $J_w$  亦號稱為最穩定者，但即使同在一個夏季內逐日間仍有南北輻動現象，其所代表意義與季節性者應無基本上之不同，特其規模小，無一定週期，且易受其他熱力因素擾亂而已。最明顯者如當夏初或秋初時，地面至對流中層有冷鋒南下  $J_w$  之高度立降。此時  $J_w$  位置之南北變動已非上文所述意義而僅代表 500mb 以下之局部斜壓性質矣。易言之，高度較低之  $J_w$  (300 mb 以下) 所代表者不復為熱帶系統之南北移動而係中緯度西風帶之南北移動，其所影響當為副高之東退運動矣。

副高以南之高空風大都均為東風。夏季在 100mb 及更高處常可達每時五、六十浬以上之強風帶，即所謂東風噴射氣流（下文簡稱用  $J_E$  符號代表，並包括不足每時 50 涮之強風帶）。最強勁而恆定之  $J_E$  在南亞中南半島至印度一帶上空，軸心約沿  $15^{\circ}\text{N}$ ，此與西藏高原之屬熱源有關，詳見下文。但在東亞一帶仍有接近  $J_E$  之強東風層，隨副高之北推而前進，同時東風層向下發展，厚度增加。

#### (二) 西藏高原高壓向東移出之檢討：

喜馬拉雅及西藏高原組合對亞洲大氣環流之影響在近年來曾引起廣泛討論，多認為其聳立高空平均在 700mb，對主要環流在動力的及熱力的影響必具決定性之作用。Bolin<sup>(8)</sup> 及 Reitcr 等對動力影響如背風槽等主張尤力。然 Sutcliffe<sup>(11)</sup> 教授從平均半球高空圖 (500mb) 中低壓槽位置冬夏之變動指出動力影響遠不若熱力影響之大，實為持平之論。觀夫冬夏 500mb 以上 (300mb~200mb 皆然) 之半球平均圖中西藏高原均有高壓中心盤踞（參看圖 5.3），則夏季高原陸地為一熱源之說顯屬事實。證諸夏季全球最强及最少移動之  $J_E$  即在高原南方一節，益可徵信。

然中國一部份氣象學家<sup>(1)</sup>認為該高原壓向東緩慢移出至中國本部乃至東南沿海之說法則有待商榷之處。圖 5.3 圖 5.4 為和闐、噶爾穆、上海、東港四地整夏期間（並延至十月底）500mb 及 200mb 高度（氣壓）隨時間變化之曲線。前兩地代表原地區（拉薩資料無法獲得，故以該兩測站代之），後者代表其下游地區。和闐與噶爾穆雖東西相距十個經度以上，

但其曲線極相一致，峯谷起伏並無時間延差，既無由西方，亦無由東方移入之跡象，可證其純為地方駐留式之熱力高壓，並不移動。若與上海之曲線相比較亦無法找出任何時距之延差關係，可見華東之高壓雖有移動，却與高原無直接關係。至於東港測站相當之曲線更與高原或上海之曲線型式完全不同。若勉強尋索，東港盛夏期內 200mb 層上之曲線似略呈六日之週期，疑為前述渦旋列草到此殘跡。（惟風向時間圖上毫無反氣旋渦旋跡象已誌上文）

以上係就實際資料提出商榷。在理論上言，高原平均高度在 700mb，一旦向東移出後不但失却地面直接熱源支持，且因其輻散而將引起地面輻合，則不久高壓即將減弱或消失。筆者又曾逐日翻閱 500mb 天氣圖，每次高原有高壓時即注意其是否向東移出，所得結論，似多否定。

本節之討論在指陳高原高壓似不可能東移至華中，華東，遑論出海。是以西太平洋副高東退之徵兆仍在於全盤環流之南移，或副高北部西風帶內深槽切入正常位置過於靠低緯時使地面副高表面上有東退之現象（是時  $J_w$  位置大為南移，風速大增，但高度大低）。

#### 四噴射氣流變動與副高擺動之關係：

由本節討論之原則出發，復根據第四節分類中之 W, E 及  $E_s$  型分別採取案例十則，從事時間剖面及子午線剖面圖之繪製。前者以東港為基地，後者以  $120^{\circ}\text{E}$  子午線為基線。選擇着眼固因臺灣地區為研究颱風行徑之主要目的與關切，但仍因本區為副高東西擺動範圍之故。本應取  $130^{\circ}\text{E}$  為基線，但無足夠高空觀測可用。東港之探空資料最為詳實亦為原因之一。

試繪結果，時間剖面圖不如子午剖面圖為宜，因前者僅能窺知緯流之強弱變化，最大風速出現之高度升降，而無法看出  $J_E$  或  $J_w$  之南北位移。自然，子午剖面圖亦有其缺點，即其固定於  $120^{\circ}\text{E}$ ，當副高脊遠離該線時即不盡理想。然受高空資料之限制，不能隨意更換基線，祇得假定  $120^{\circ}\text{E}$  之縱剖面可以代表  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$  緯度範圍內  $J_E$ 、 $J_w$  之變化情況。

茲將 W、E、 $E_s$  之型之徵兆分別敘述於次，可以視為模式運用。

##### 1. 西進運動型：

- (1)  $J_E$  增強，向北移動或兩者兼有。
- (2)  $J_w$  同時增強，強風中心在 300mb 以上；向北移動或停留於原緯度。
- (3) 地面副高脊線稍南上空直至 200mb 一直為

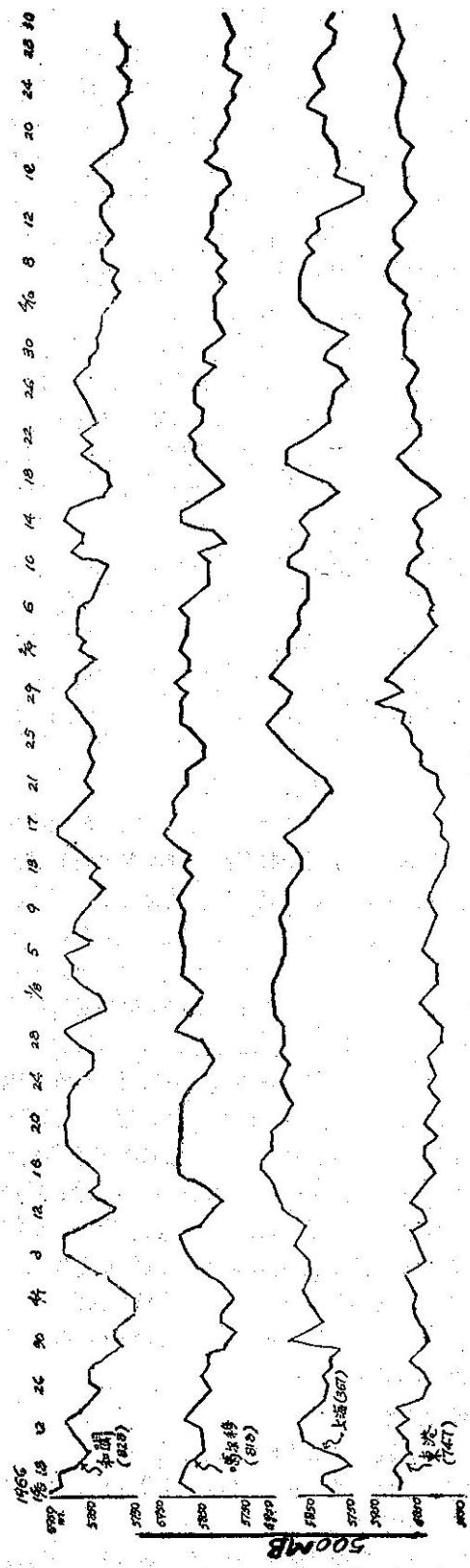


Fig. 5.3 500mb height-time chart of 4 stations in Tibetan Plateau (He-dian and Golmo) and East Asia (Shanghai and Tungkong) for the period of summer and fall (June 1st thru October 31st). There is neither trend of migratory "train of anticyclonic vortex" toward the west nor sign of moving out of the plateau thermal highs toward the east.

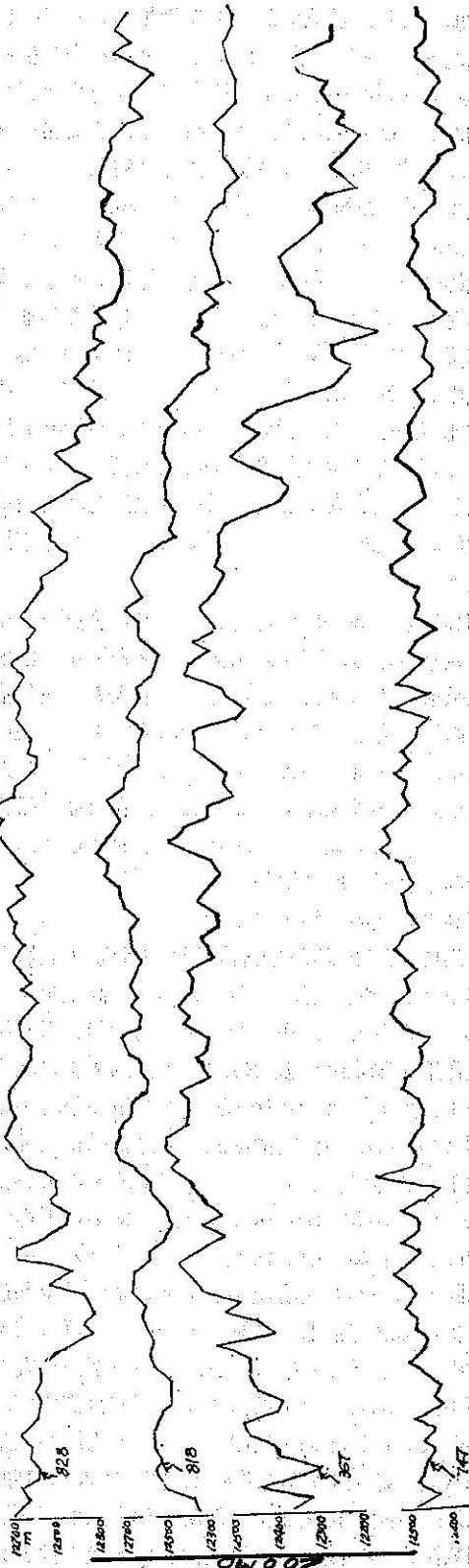


Fig. 5.4 200mb height-time chart of 4 stations in Tibetan Plateau (He-dian and Golmo) and East Asia (Shanghai and Tungkong) for the period of summer and fall (June 1st thru October 31st).

深厚東風，易言之 200mb 圖上為一單純之反氣旋，既無熱帶對流上層槽線 (TVTT 或 Ramage 所稱之中太平洋槽 MPT) 伸向本區附近，亦無「近赤道反氣旋」之存在(4)西太平洋對流上層之氣流型式大勢簡單，屬高指數型，反映於剖面圖上者亦呈顯簡單型式：脊線以南緯度東風，以此為西風，零風線自地面向北傾斜。

(5)  $J_B$  若減弱，而其東 120°E (以東同緯度上之測站) 上游之高空東風有顯著增強，則本區地面將因高空輻合，地面輻散而氣壓增高，故若副高脊原在 120E 附近，仍將向西進行。

### 2. 東退運動型：

(1)  $J_B$  減弱，南移或兩者兼有，猶如秋臨時之程序。副高將南移並向東退。

(2)  $J_W$  南移，表示整個系統南移，強風中心之高度並未下降。

(3)  $J_W$  南移或不動，風速增強，中心下移至 300 mb 以下。500mb 圖上有深潛之西風槽自西來臨，尾端接近副高中心。地面圖有極鋒及氣旋配合。

(4) 地面高壓脊之上空 (300~200mb) 或稍南處有西風出現，表示有 TVTT 延伸至本區附近。

(5)  $J_B$  若增強，可審視其東上游之東風風速是否減弱。若然，則本區地面將因高空輻散，地面輻合而氣壓降低，副高脊將呈現東退現象。

### 3. 東送停留型 (經向環流型)：

(1)  $J_B$  消失，東風僅在對流上層甚至更高之平流下層才見穩固，其下各種風向均可出現。

(2)  $J_W$  中心極度北移。

(3) 地面圖及各層高空圖均顯示低指數型 (500mb 可能為極深潛之低壓槽)，分離小低壓佈滿本區南北。反映於剖面圖上亦顯示風系複雜，零亂而不正常。

(4) 700mb 至 200mb 某一層上或多層上均出現西分風，南分風於平均副高軸線之南。代表南半球有北湧空氣，形成近赤道反氣旋渦旋。如不十分確定時，最好探究澳大利亞有無寒潮，強烈極地噴射氣流，以及婆羅州之流線型態是否有輻散 (分流型) 性質 (19)。

### 個案例證：

茲以實例三則配合縱剖面圖加以詮釋。

#### 1. 西進運動型：

圖 5.5 a. b. c 分別為 1966. 7. 18 至 20 日之 120 E 子午線剖面圖。7 月 20 日至 21 日間副高顯著西進。如以其前兩日，前一日亦即 18 日、19 日之剖面圖來看

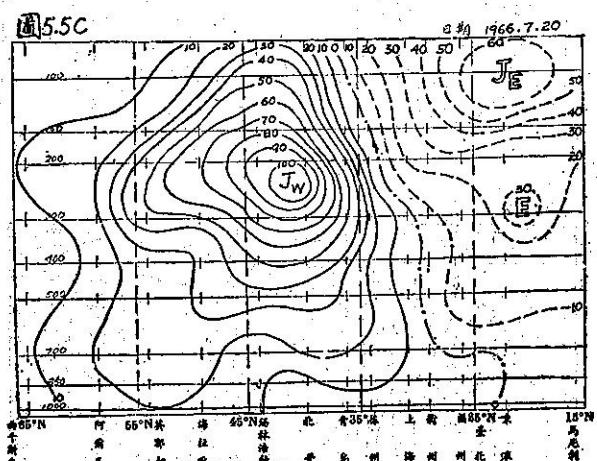
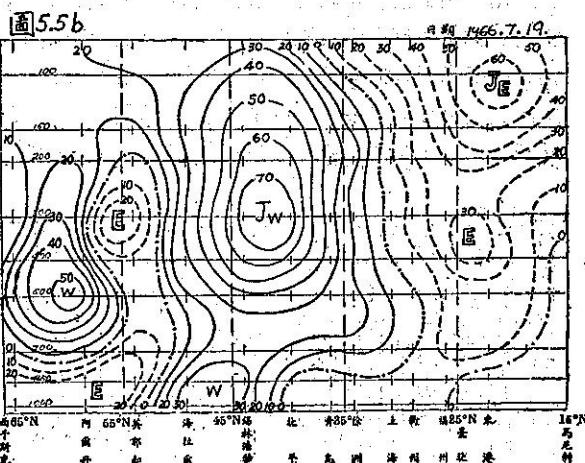
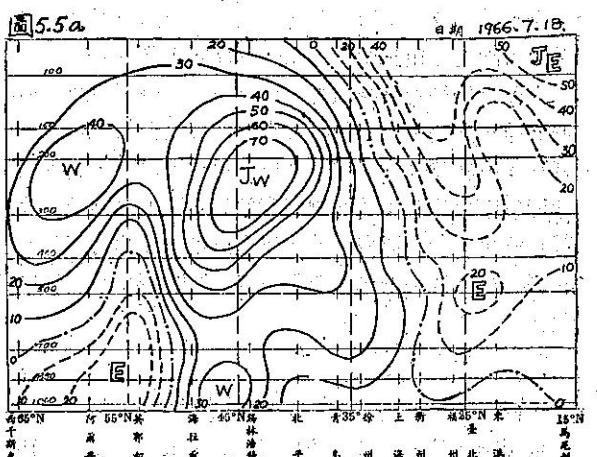


Fig. 5.5 (a, b, c) Crosssection charts (roughly along 120°E) a, b, and c showing a typical case of Type W (progressional type) which lasted for 3 days from July 18th th 20th, 1966. Isotachs (in kts) of westerly and easterly flow are in solid and dashed lines respectively.

，可見  $J_E$  及  $J_W$  均有顯著增強。整個剖面圖之外貌單純。因之可預測副高將在一日後向西移動。

21日以後兩日副高暫時東退兩日，但剖面圖上整個形勢無大變化。審視21日臺灣以東上游之東風風速減小，故在副高脊之該一部份暫現東退現象，其實係地面氣壓之稍減，整個副高脊並無基本上之變動，故22日後仍保持西進型態。菲律賓以東有二熱帶擾動均在副高西伸態勢下逕向西行，始終未超越  $18^{\circ}\text{N}$  以北。

## 2. 東退運動型：

圖 5.6 a. b. c. d. e 分別為 1969. 8. 15 至 19 日之剖面圖。8月16日至19日間副高東退。其前一日15日之剖面圖上已可見到  $J_E$  普遍減弱（與14日  $25^{\circ}\text{N}$  以南各測站對流上層東風風速比較）。16日圖上之  $J_W$  中心高度降低且向南移，同時東風帶內在 200mb 層上出現西風，故副高開始於是日東退。17日  $J_W$  繼續降低其中心，又向南略移，200mb 層仍有西風出現

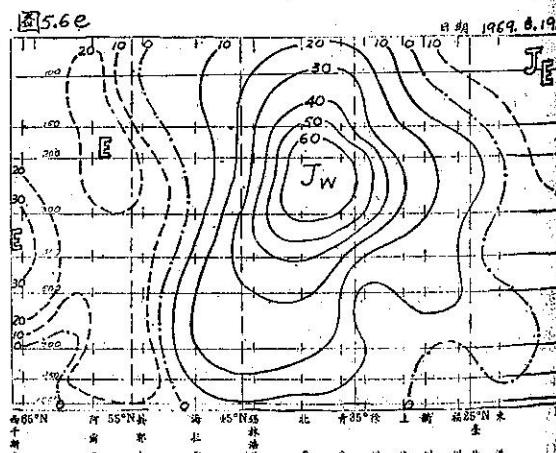
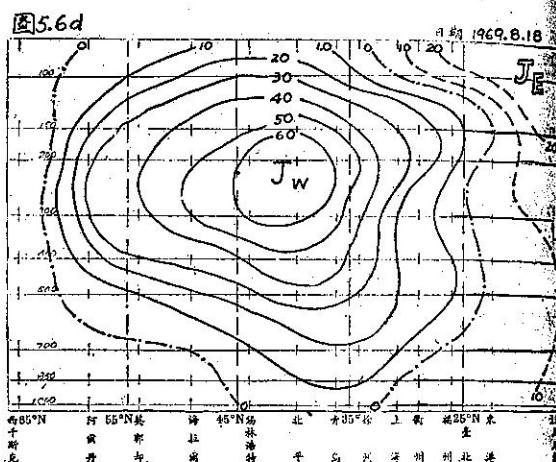
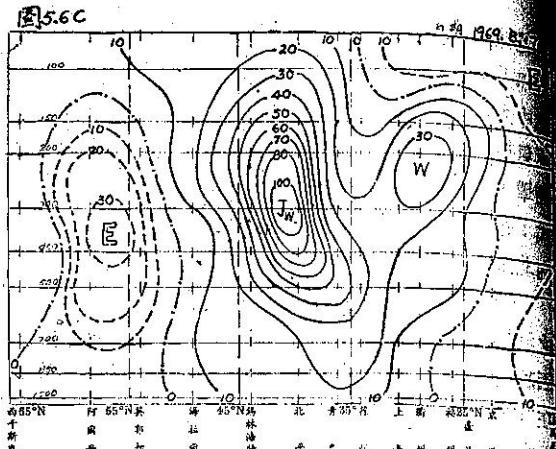
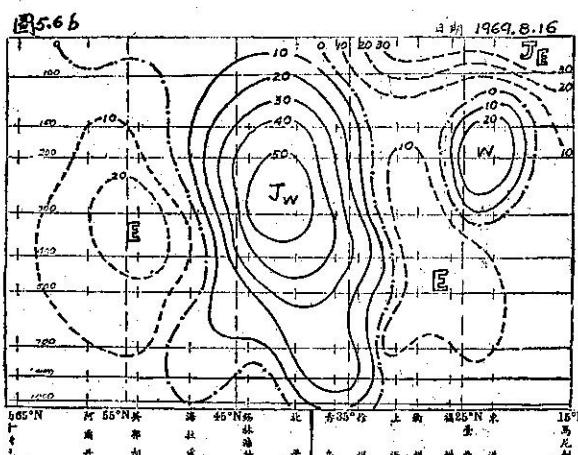
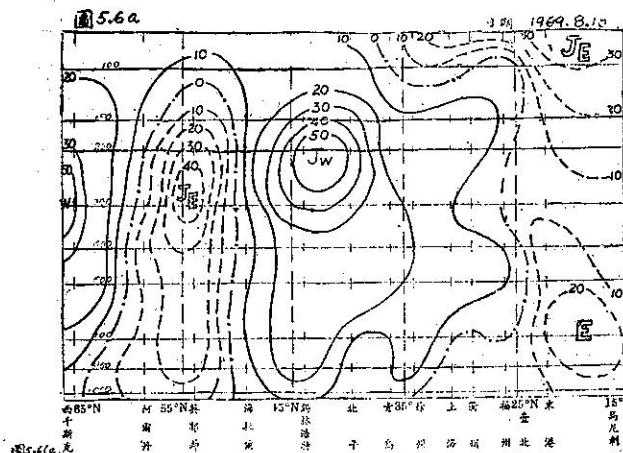


Fig. 5.6 (a, b, c, d, e) As in Fig. 5.5 except for Type E (recessional type) which lasted for 5days from Aug. 15th to 19th, 1969.

，東風繼續減弱， $J_E$  匯跡，故副高尚有三日之東退。

但18日及以後之剖面圖已逐漸恢復正常狀態，如

升高北移，高空東風逐漸增強等現象已具西進型之雛型，如圖 d、e 所示。

### 3. 東退停留型（經向環流型）：

圖 5.7 a. b. c 分別為 1969. 8. 4 後經向環流型期間之三張剖面圖，即 4 日、7 日及 9 日。

進入本型之前應屬 E 型。通常 E 型後若踵隨 W 型則剖面圖上之情況呈現方才所舉之例（圖 5.6 之 d. e）。但在東退後停留於 140°E 以東，本地區無高壓脊存在，則剖面圖上開始顯示零亂之環流型式，其共通表徵一如回之 3 所敘述者然。圖 5.7 a. b 及中間數日（未附列）之剖面圖上可見  $J_w$  極度北移， $J_e$  消失，僅餘較弱東風在對流上層，下層之環流則各種風向俱全。風系之分佈位置及形式完全與 E 或 W 型不同。

本型可能維持相當長久之時期（參閱表 4.2）。

颱風在此期內絡繹不絕，路徑大致偏北。何時  $E_s$  型將終止之問題頗難預測，惟由剖面圖上型式之逐漸恢復單純。

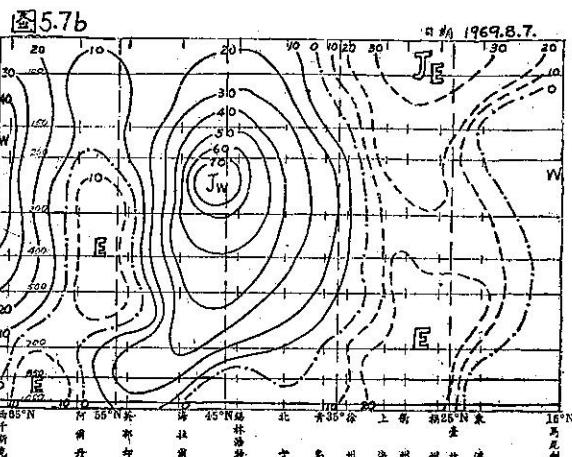
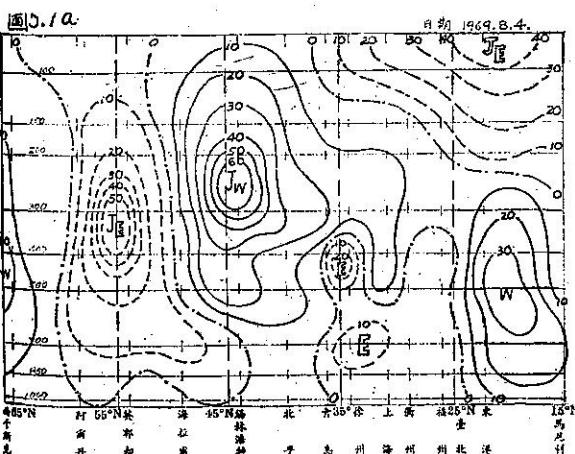
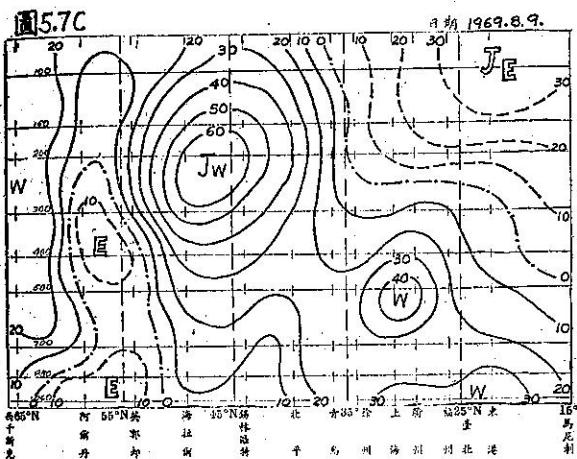


Fig. 5.7 (a, b, c) As in Fig. 5.5 except for Type Es (meridional type). Note that the dates of these 3 charts were not in succession (Aug. 4th, Aug. 7th and Aug. 9th, 1969).

復單純。 $J_e$  增強，降低並向南移可為徵兆，例如圖 5.7 之 C 已漸復正常。副高乃於 11 起完全正常，呈高指數型態。

以上所舉例證比較典型，在日常作業情況下不可拘泥於模式所列癥候，應顧及全盤環流型態，並須注意特殊情況。例如局部系統有對流上層之近赤道反氣旋及聯帶之 TVTT，對流中層之阻塞高壓及連帶而至之西風深槽切入低緯地帶。又如南半球空氣越赤道北湧，西南季風增強消退等均足影響本地區之環流態勢進而間接影響副高之運動趨勢。再如雙颱風接近時之籬原效應亦足破壞副高對颱風行徑之正常影響力。

上述案例因皆藉剖面圖說明，日常預報作業中如本來有此圖之逐日分析，前後具有連續性自屬最理想，否則亦可依此原則利用適當測站各取連續數日之高空風 (300mb 以上為主) 報告加以研判推斷。惟在前文中所述徵兆出現後究在何時開始行動一節，尚無確切之延差關係求出，有待進一步之研究。

## 六、結論

- (一) 西太平洋副熱帶高壓為控制臺灣一帶地區夏季天氣之主角，其西伸程度密切影響颱風進行之路徑及轉向問題。
- (二) 從夏季各月之平均圖副高位置與相當之颱風平均路徑比照可察知兩者關係雖密切但並非十分吻合，蓋因副高在  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ E 經度範圍內時作不規則運動之故。然個案情形仍舊證實兩者之相倚關係。

(三)西太平洋副高脊之運動趨勢可分為西進運動型(W)、西進停留型( $W_s$ )、東退運動型(E)、東退停留型( $E_s$ )及居間徘徊型(M)等五種類型。本文曾對各型詳加分析副高之熱力、動力各因素，未發現對其動向有顯著相關。

四從統計數字看各型出現之持續天數除  $E_s$  型為五天外大致均為三天，但西進或東退並無一定之週期。五對流上層之環流型式，尤其東風噴射氣流及副熱帶噴射氣流之強度、高度、緯度等變動堪作副高西進或東退之徵兆。

(四)副高運動趨勢之三種主要類型(W、E、 $E_s$ )各有其典型高層環流模式。利用子午線剖面圖為工具可以提供副高之東西消長趨勢。但在日常預報作業中不宜拘泥於模式而應綜顧環流全局並注意例外情況。

### 誌謝

本文統計資料之整理，分析多承林正中，謝維權兩位先生協助。又本文所使用高空觀測資料係承空軍氣象聯隊慨允借用。作者謹藉此處深表謝忱。

### 參考文獻

1. 威啓勳編，59年，「東亞大氣環流研究」，臺灣省氣象局。
2. 萬寶康，59年，「亞洲區域噴射氣流之特性及其對於臺灣天氣變化之影響」，氣象學報16卷4期。
3. Bolin, B. 1967, "On the influence of the earth's orography on the general char-

- acter of the westerlies," Tellus 2.
4. Gordon, A. H. 1951, "Seasonal variation of the axes of low-latitude pressure and divergence patterns over the oceans," QJRMS 77.
  5. Hubert, L. F. 1949, "High tropospheric westerlies of the equatorial West Pacific Ocean," J of Meteor. 6.
  6. NESS & USAF (ETAC) 1971, "Global Atlas of Relative Cloud Cover," U. S. Dep't of Commerce.
  7. Palmen, E & Newton, C. W. 1969, "Atmospheric Circulation Systems," Academic Press.
  8. Ramage, C. S. 1971, "Monsoon Meteorology," Academic Press.
  9. Reiter, E. R. 1963, "Jet-stream Meteorology," U. of Chicago Press.
  10. Riehl, H. 1954, "Tropical Meteorology," McGraw-Hill.
  11. Sutcliffe, R. C. 1951, "Mean upper contour patterns of the Northern Hemisphere the thermal-synoptic view-point," QJRMS 77.
  12. Thompson, B. W. 1951, "An essay on the general circulation of the atmosphere over Southeast Asia and the West Pacific," PJRMS 77.
  13. Yanai, M. 1964, "Formation of Tropical cyclones," Rev. Geophys. 2.