

颱風部份特性之分析研究

曲克恭 莊思禮

An Analytic Study of Some Characteristics of Typhoon

Ko-Kung Chu

Sue-Li Chuang

Abstract

Typhoon center fixed data executed by Joint Typhoon Warning Center over 4-year period (1971-1974) and the rawinsonde data in Taiwan of 7 typhoons in 1972 and 1973 were used to analyze some of the characteristics of typhoon. Typhoon eyes, wall clouds, maximum winds, wind speed shears, moisture contents and equivalent potential temperatures were preliminarily studied and the relations between them also were selectively analyzed.

Large differences were found between individual typhoons and all the characteristics which were analyzed in this paper changed very much frequently with respect to both time and space. Generalized typhoon characteristics and statistically averaged correlations can not tell the unknown characteristics of typhoon satisfactorily from already known terms.

The best relationship which we have found was between 700mb minimum height, 700mb temperature in the eye and the surface minimum pressure. It was very close to the hydrostatic equilibrium. The vertical wind speed shear affected by the Central Mountain range in Taiwan were found that surface to 700mb there was anticyclonic and 700mb to 500mb, cyclonic. This interesting phenomenon would disappear when the surface gale wind increased as the typhoon center was very close to Taiwan.

一、前言

應用美軍關島聯合颱風警報中心1971至1974共四年之颱風偵察報告以及1972與1973年接近臺灣之七次颱風探空資料(桃園、馬公及東港)分析颱風某些特性,以期對颱風近中心區之狀況與接近臺灣之颱風某些動力與熱力特性,如風切,水汽含量等有初步之瞭解。因為所有之資料為美軍飛機在太平洋上經常偵察颱風時所獲,其完整性遠遜於美國國家颱風研究所(NHRL),1957-1969年之颱風研究偵察資料(D. J. Shea及W. M. Gray曾應用該資料,以最大風半徑「Radius of

Maximum Wind」為參考中心,分析研究颶風近中心區之結構與動力特性(4, 5)。

颶風之外貌,諸如颶風眼、雲牆、最大風速,大風之平面與垂直分佈以及雲系和降雨之分佈,可能皆為整個颶風中動力與熱力綜合作用之結果,所以從颶風之外貌視之,尤其是近中心處,千變萬化,不但無相同之颶風,即以一個颶風言,亦隨時間與空間不停的變化。因此以個別或少數抽樣研究之結果證諸所有之颶風,固有以偏概全之病,即以較多之颶風資料以統計方法所獲之一般性結果,而應用於個別颶風,其偏差亦大,如果意欲以颶風之某一種已知之特性而推測颶風之另一特性,更是誤差

百出。

本研究之分析當然亦不可能得到颱風秉性間較佳之相關，因為颱風之任一外貌變化，可能為其他數種以上熱力與動力作用，在廣大範圍內之綜合變化結果。但是主要之收穫可能是指颱風外貌特性之極端多變性與非相關性，以做颱風預測或研究之參考。

二、資料檢討

關島 JTWC 之「颱風年報」中之飛機偵察報告，1971—1972 年有雲牆之厚度，1973 年（含）以後即刪去此項，1973 年以前僅有所測最大地面及飛行高度之風速，1973 年（含）以後始增列風向及所在方位與距離；飛行高度之氣溫觀測值僅有中心氣溫及靠近雲牆外緣之氣溫，但是未列此雲牆外氣溫之方位與距離，所以從空軍氣象中心所保存之電碼中找到一部份原始飛機偵察報告，並且加入氣象聯隊蒐集之 1972—1973 年侵臺颱風飛機偵察報告，以求盡可能補充觀測最大風速及靠近雲牆邊緣氣溫之所在方位與距離資料。

探空分析使用 1972—1973 年接近臺灣之 7 次

表一 飛機偵察颱風眼直徑（哩）資料：1971—1974

直徑（哩）	<10	10—20	21—30	31—40	41—50	>50	總計	最小（哩）	最大（哩）
頻率									
次數	57	318	260	120	27	17	799	2	80
百分比	7.1	39.7	32.6	15.1	3.4	2.1	100%		

橢圓眼（長軸與短軸比）

頻 率	比 值	<1.5	1.5—2.0	>2.0	總 計	最大比值	最大長短軸比值
次 數		63	60	18	141	4.0 (20×5) 5.45 (60×11) 5.71 (40×7)	1.42 (99×70)
百 分 比		44.7	42.6	12.7	100%		

同心圓雲牆（5 次）

內 徑（哩）	5	7	10	15	15
外 徑（哩）	18	30	25	25	40

（說明）以上之颱風皆未計算 APT 與 RADAR 觀測資料。

颱風、桃園、馬公與東港之觀測資料，應用電算機計算所需之各參數(8)再予分析。

本研究所採用之資料可能不够充分，但用以證明颱風某些特性之多變性與非相關性，似足可信。

此外，關於飛機偵察之 700mb 最大風速必須說明，因為飛機僅在每次偵察時涵蓋颱風之一部份扇形面積，所以其觀測之最大風速僅可代表此一扇形面積內之狀況，如果其他未經偵察之部份中風速皆小於此扇形面積內者，則飛機所報告者即為颱風之最大風速，否則必小於颱風之最大風速，但是至少可表示最大風速在 700mb 層上分佈狀況之一部份，而飛機所偵察之海面最大風速更受雲層分佈之限制，是否必為該偵察扇形面積內之最大風速，亦需經研判後決定。

三、颱風部份特性之分析

颱風特性從六方面着手分析，即颱風眼、颱風雲牆、飛機偵察最大風速、風切、水汽含量及相當位溫之分佈，其中風切部份並應用臺灣之探空報告，而水汽含量及相當位溫之分佈僅能應用臺灣之探空，分析颱風外圍之狀況。

（一）颱風眼

Riehl (6)曾敘述颱風眼「發展成熟之颱風，其眼直徑平均為 15 哩，未成熟者較小，而大颱風眼可達 40 哩。」童文海所譯 J. of Meteo. Dec. 1961(7)一篇文章中曾述「通常颱風愈強其眼直徑均較小，按所有實測資料統計，可見中心氣壓低至 920mb 以下之颱風，颱風眼直徑在 20 哩以下者佔 3%，無大於 30 哩者，反之，較弱之颱風，其直徑大於 30 哩者可達 1/3。」

實際颱風眼之變化極大，4 年（1971—1974）資料之偵察報告（未計算衛星及雷達觀測者），有圓形、橢圓形，尚有同心圓雲牆，詳情見表一。圓形眼以 10—40 哩直徑者最多，最小 2 哩，最大 80 哩（為同心雲牆內圈雲牆消失而形成）橢圓眼最大之長短軸為 99 哩及 70 哩，最大之比值為 5.71 (40×7)。

颱風強度通常以最大風速表示之，但以現有之技術對最大風速之決定，在觀測上受限制，尚難準確。若以中心最低氣壓推測海面最大風速，過去曾有許多統計研究，JTWC 亦在 1973 年之颱風年報發表一回歸方程，應用於北太平洋西部之颱風：

$$V_{max} = 6.7 (1010 - P_c)^{0.644} \dots\dots\dots (1)$$

V_{max} — 最大海面（surface）恒常風速（KTS）

P_c — 最低海平面氣壓。

（註）surface 似應指海面，若為陸面，則有違所用原始資料之代表性。

標準誤差為 8.8KTS，有 75% 之統計資料在回歸線 ± 10KTS 之內，JTWC 並用此方程，

配合飛行高度（700mb）之最大風速及衛星雲圖所示強度，在實際作業時決定颱風之最大恒常風速。

Shea 及 Gray (5)亦曾發現中心氣壓僅可粗略估計颱風之強度（請參見原著 1561 頁之圖 47）。

假定颱風中心氣壓可有限度代表颱風之強度，颱風眼之直徑與中心氣壓之關係如圖一所示，僅可以其外包線認為有以下之可能：

「直徑大之颱風為強烈者之機會較微，但直徑在 40 哩以內之颱風，其強度與眼直徑似無關係。」

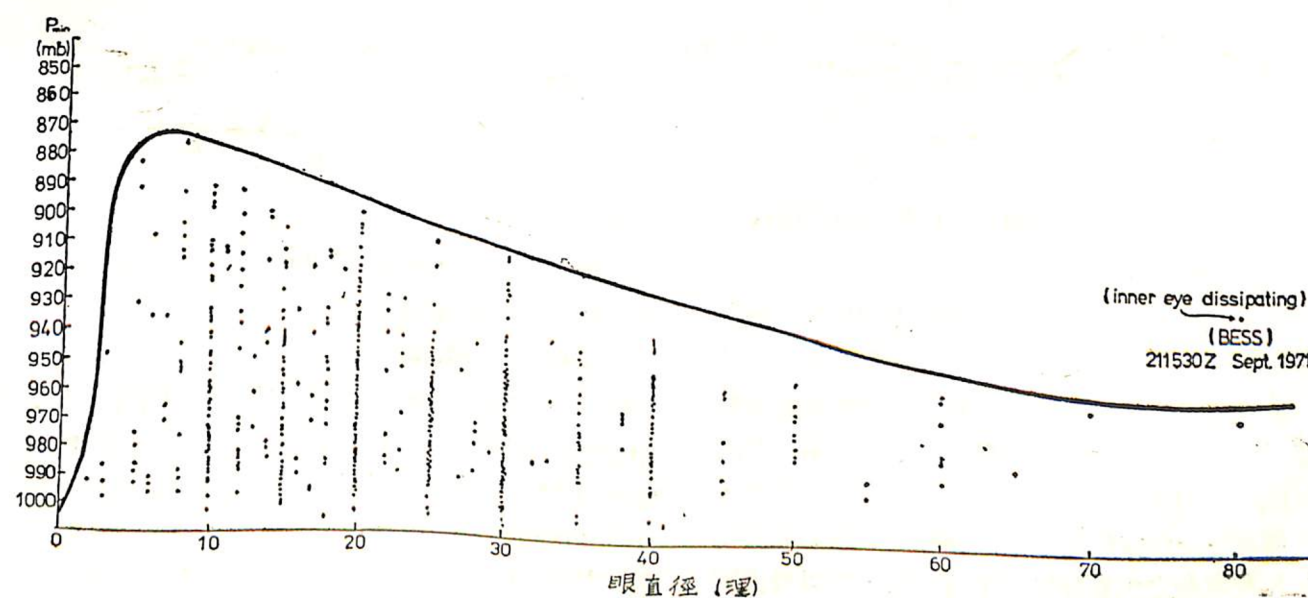
眼直徑與颱風強度之關係很小，其原因可能是颱風眼為颱風中動力與熱力雙重作用之結果，若以眼之大小與颱風中心氣壓（間接與颱風最大風速）尋求相關，乃以結果與作用之一相關，似為不可能有良好之關係。根據 Shea (3)之分析，眼與雲牆間有質量、動量、熱量函數（enthalpy），水汽及液態水之交換，颱風眼並非一完全封閉之系統。但是在低層之加速氣流為何在距中心不同之半徑處突然上升，而形成雲牆，此半徑以本文之分析可從 1 哩至 40 哩。假若眼是由颱風內廣大範圍之氣流形式及溫度和水汽之水平與垂直分佈而有大小之不同，則眼之變化似可指示其促成原因之變化，惜颱風中有關此種性質之資料極為缺乏，即使由粗略的分析上亦不可能獲取有限度的結果。

其次分析眼直徑之變化與中心氣壓之變化，亦無實質之重大關係，如表二所列，若認：

$$\Delta D > 0, \Delta P > 0$$

$$\Delta D = 0, \Delta P = 0$$

$$\Delta D < 0, \Delta P < 0$$



圖一 颱風眼直徑與最低氣壓（資料：1971—1974）

表二 颱風眼直徑變化與中心氣壓變化 (資料: 1971—1974)

ΔD	>0		$=0$		<0	
	次 數	百 分 比	次 數	百 分 比	次 數	百 分 比
>0	81	14	67	12	63	11
$=0$	16	3	18	3	11	2
<0	107	18	70	12	147	25

(說明) 同一颱風連續二次偵察間直徑變化與中心氣壓變化之關係。

$\Delta D = D_2 - D_1$ $\Delta P = P_2 - P_1$
 $\Delta D > 0$ 直徑增加, $\Delta P > 0$ 氣壓增加
 $\Delta D = 0$ 無變化, $\Delta P = 0$ 無變化
 $\Delta D < 0$ 直徑減小, $\Delta P < 0$ 氣壓減小

之關係應該存在, 則其次數為

$81 + 18 + 147 = 246$ 佔全數之 42%

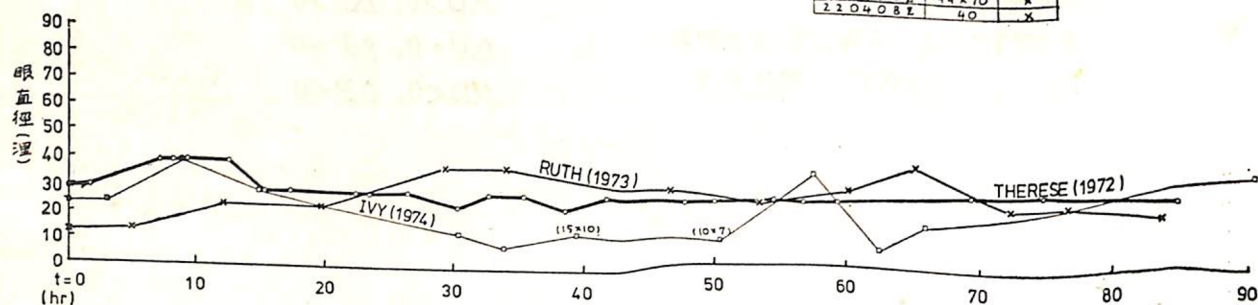
其他相反之變化則為 58 %。

圖二為選擇颱風 Therese (1972), Rita (1972), Ruth (1973) 及 Ivy (1974) 之眼直徑隨時間之變化, 其變化很不規則, 因颱風而異, 因時間而異。Therese 在 90 小時內變化小, Ruth

及 Ivy 較大, Rita 在其約 12 天之生命過程中, 眼直徑之變化為 8 哩至 80 哩 (此乃同心圓眼之內圈雲牆消失而形成), 且有一次 99×70 之橢圓眼。

因之, 颱風眼因受颱風強度之影響, 但是其他如上述之因素亦佔重要之影響地位。似乎颱風眼之變化在今後資料充足之時值得繼續探討。

日期	時間	直徑 (哩)	中心氣壓 (mb)
7/1	00	30	98.0
7/1	06	30	98.0
7/1	12	30	98.0
7/1	18	30	98.0
7/2	00	30	98.0
7/2	06	30	98.0
7/2	12	30	98.0
7/2	18	30	98.0
7/3	00	30	98.0
7/3	06	30	98.0
7/3	12	30	98.0
7/3	18	30	98.0
7/4	00	30	98.0
7/4	06	30	98.0
7/4	12	30	98.0
7/4	18	30	98.0



圖二 颱風眼直徑隨時間之變化示例

(一) 颱風雲牆

表三為 1971—1972 飛機偵察之雲牆厚度統計, 5—10 哩可能為颱風雲牆最大機會之厚度。

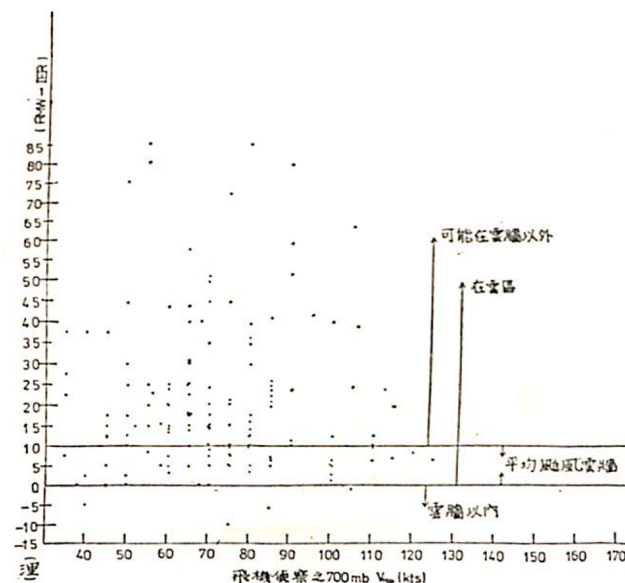
圖三為飛機偵察 700mb 最大風速與該最大風速距中心距離減去颱風眼內圈半徑 (RMW—IER) 之關係。因受資料之限制, 無法研判大風發生位置與雲牆厚度之關係, 若取雲牆厚度之平均值為 10 哩, 仍有甚多之大風發生於雲牆之外, 即以最大雲牆厚度 30 哩, 仍不能包含全部大風。

雖然本分析乃應用 700mb 之飛機偵察最大風速, 但至少可以指出:

(1) 相似於 Shea 及 Gray 之分析結果 (5, p. 1553), 但在風速大於 100KTS 之範圍內, 本文中之資料並未顯示「風速越大, 越接近雲牆內圈 (亦即 RMW—IER 之值越小)」之明顯關係, 可能乃 700mb 風速與海面最大風速之不同而使然, 以 Shea 及 Gray 之分析, 若取 10 哩之平均雲牆厚度, 則海面最大風速大於 110KTS 之颶風,

(表三) 颱風雲牆厚度 (哩) (資料: 1971—1972)

厚度 (哩)	2—4	5—7	8—10	>10	總 計	最 小	最 大
頻 率							
次 數	59	157	110	31	357	2	30
百 分 比	16.5	44.0	30.8	8.7	100		



圖三 飛機偵察 700mb Vmax 發生位置 (資料: 1973—1974)

RMW — 最大風速距中心之半徑

IER — 颱風眼內圈半徑

其最大風速皆在雲牆之內, 風速越大, 越接近雲牆內圈, 但最大風速小於 110KTS 之颶風, 此種關係即不明顯。

(2) Shea 及 Gray 之資料有 24 次 (RMW—IER) < 0 , 即最大風速發生於雲牆之內, 最大絕對值約為 6 哩, 本文之資料亦有四次, 最大絕對值為 10 哩。Shea 及 Gray 未解釋此種特殊情形, 也許為最大風速之變化較雲系之變化落後, 颱風中心擴大在先, 而最大風速之調整在後所致, 尚待以後進一步之分析研究。

(二) 飛機偵察最大風速

飛機偵察最大風速受很多限制, 諸如近海面最大風速之估計受雲層阻擋視界而難以觀測海面狀況; 推算最大風速, 正常颱風偵察時僅為颱風某一方位扇形面積中之最大風速, 同時以一架飛機在時間與空間皆同時變化之情況下決定最大風速之值與位置, 只有假定在偵察颱風近中心區域之範圍內, 颶

風處於穩定狀態 (Steady State) 下, 否則飛機飛經路徑中所經歷之最大風速並不應該絕對的代表此一部份之最大風速, 尤其當颱風在迅速加強或減弱之時機。

但是在無法獲得同時之飛機偵察報告之情況下, 只有假定飛機偵察最大風速之時間過程中, 颱風風場有穩定性, 同時假定扇形面積中 700mb 之最大風速較偵察海面者更具代表性。

本節中所指之飛機偵察最大風速亦受第二節資料檢討之限制; 此外, 飛機偵察颱風近海面之最大風速與 700mb 之最大風速常在方位與距離上偏離甚大, 因之選擇同一次飛機偵察 700mb 與海面最大風速在不超過 30 度方位內之資料予以分析, 設 R_{700} 與 R_{ste} (R —表大風距中心之距離) 之比為 β ; 則 $\beta = 1.0$ 者僅佔資料之 30.8 %, $\beta \neq 1.0$ 者竟有 69.2 %。颱風中最大風速之垂直軸在對流層低層隨高度之傾斜甚微, 其略微之傾斜度與颱風之強度成反比(5), 本文之分析代表颱風中某一方位扇形面積中之最大風速, 其隨高度之分佈亦應近似垂直(4), 但如表四所示, 有很大之差別, 其原因可能是飛機所偵察之海面最大風速甚至不能代表所偵察方位之最大風速 (若認 700mb 最大風速較具代表性)。如果此假定成立, 則表四中之 r 值即無統計上之任何價值。因之建議在應用飛機偵察之最大風速時應特別注意。

表五為飛機偵察 700mb 最大風速與中心距離之關係。資料顯示, 颱風中大風區域之分佈, 多在距中心 10—60 哩之範圍內, 但仍有可能發生於小於 10 哩及大於 60 哩之區域而最大風速 40—79 KTS 之偵察次數最多, 此或可解釋為颱風發展期間派遣飛機之次數較少, 而經偵察以後隨即增強, 但颱風發展成為強烈而繼續保持此強度之機會較保持在中度者為短, 因此最大風速小於及等於 39 KTS 之部份, 只是人為因素, 不足以言颱風之性質。

(表四) 飛機偵察 700mb 及海面最大風速關係 資料: 1971 (Gilda, Jean)
1973, 1974 (全部颱風)

$$\frac{MW_{700}}{MW_{sfc}} = r$$

	$r < 0.5$	$0.5 \leq r < 1.0$	$r = 1.0$	$1.0 < r \leq 1.5$	$1.5 < r \leq 2.0$	$2.0 < r$	總計	r		
								最大	最小	平均
次 數	0	79	29	81	12	1	202	2.25	0.53	1.07
百分比		39.1	14.4	40.1	5.9	0.5				

$$\frac{R_{700}}{R_{sfc}} = \beta$$

	$\beta < 0.5$	$0.5 \leq \beta < 1.0$	$\beta = 1.0$	$1.0 < \beta \leq 1.5$	$1.5 < \beta \leq 2.0$	$2.0 < \beta$	總計	\beta		
								最大	最小	平均
次 數	11	55	62	34	19	21	202	8.0	0.18	1.24
百分比	5.4	27.2	30.8	16.8	9.4	10.4				

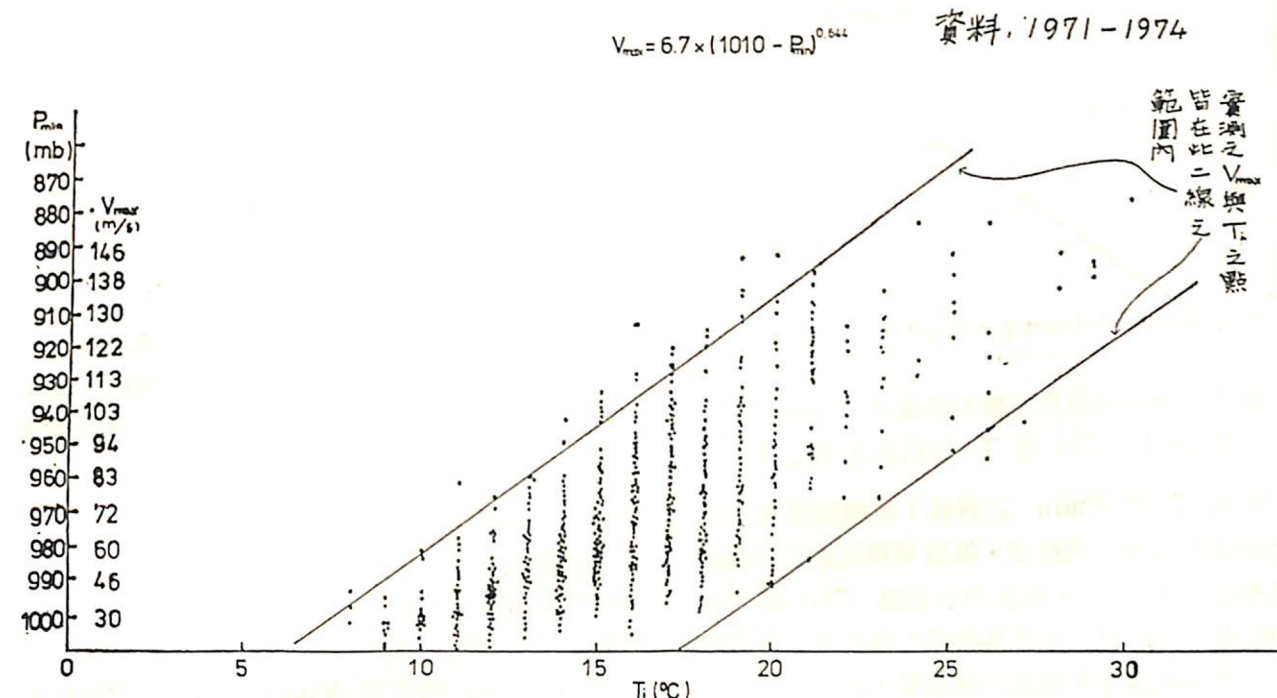
(說明) (1)同一次飛機偵察 700mb 與海面最大風速之方位 $\leq 30^\circ$ 之資料
(2) MW_{700} , MW_{sfc} , R_{700} , R_{sfc} 為飛機偵察 700mb 及海面最大風速及其距中心之距離 (R)

(表五) 飛機偵察 700mb 最大風速與中心距離 (資料同表四)

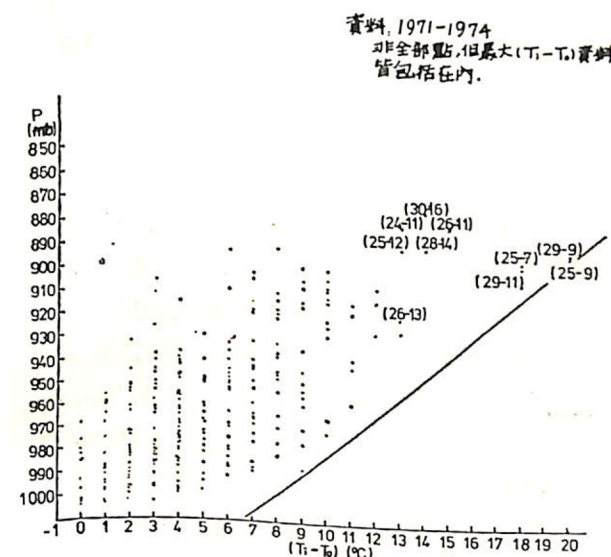
距離 (哩)	<10	10-20	21-30	31-40	41-50	51-60	>60	合 計
最大風速 (kts)								
>100	1	12	5	2	2	2	1	26
80-100	1	29	14	13	3	6	12	78
60-79	1	30	38	24	17	11	27	148
40-59	3	28	27	33	16	13	26	146
20-39	1	22	19	18	7	5	17	89
<20	1	1	1	1	0	0	1	5
合 計	8	122	104	92	45	37	84	492
百 分 比	1.6	24.8	21.1	18.7	9.1	7.5	17.2	

700mb 最大風速距中心之距離 R_{700} 與颱風所在之緯度無一定之相關 (圖略), Shea 之分析認為颱風所在緯度越高, RMW 越大, 雖然其散佈圖

有很大之偏離, 但似可看出此種關係, 此可能為大西洋颶風多隨緯度之增加而減弱(5), 而在北太平洋西部之颶風無此明顯之變化。



圖四 飛機偵察 700mb 颱風中心氣溫 (T_i) 與最低氣壓 (P_{min}) (資料: 1971-1974)
) $V_{max} = 6.7 (1010 - P_{min})^{0.644}$



圖五 飛機偵察 700mb ($T_i - T_o$) 與最低氣壓 (P_{min}) (資料: 1971-1974)
(註) 省略部份資料, 但最大之 ($T_i - T_o$) 皆填於圖中。

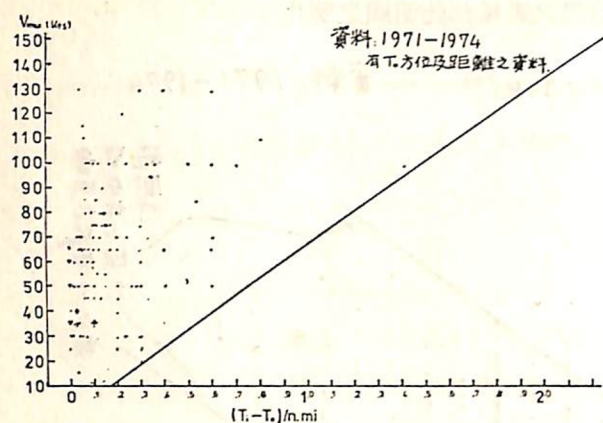
飛機偵察所獲 700mb 颱風中心之氣溫與所偵察之海面最大風速雖有較佳之相關 (圖略), 但因飛機偵察之海面最大風速代表性較差, 故將 700mb 之 T_i (中心氣溫) 與 T_o (飛機即將進入雲牆前之氣溫) 與當時颱風中心最低氣壓分析, 以颱風最

低氣壓表示颱風之強度, 結果如圖四、圖五所示。其相關雖亦有甚大之偏差, 但無論圖四或圖五, 皆有一趨勢, 即「颱風中心氣溫越高, 颱風越強烈」, 及 ($T_i - T_o$) 之值越大, 颱風越強烈」。但是因為颱風強度乃熱力及動力各有關因素總和之結果, 而 T_i 或 ($T_i - T_o$) 僅為其中因素之一, 是故不可能有很確切之相關, Bell and Tsui 曾統計颱風範圍內海平面氣壓與某些大氣秉性之相關, 並計算回歸方程, 彼等認為 850mb, 700mb 及 500mb 之高度與海平面氣壓之關係 (原統計資料僅為距颱風中心 185km 範圍內者) 亦可應用於颱風中心 (0, 700mb 高度與海面氣壓之相關係數為 $r = 0.951$, 但 700mb 之溫度與海面氣壓之相關係數僅為 $r = -0.579$, 而且此種負相關似不可應用於颱風中心。

圖六為飛機偵察海面最大風速與 700mb 氣溫梯度 ($T_i - T_o$) / n.mi. 之關係, 因大梯度部份之資料不足 ($1.4^\circ\text{C}/\text{n.mi}$ 及以上者只有二次), 不可能有肯定之結果, 似梯度較大之部份有良好之相關, 而梯度小之部份關係不佳, 其原因有二:

- (1) 採用飛機偵察之海面最大風速無代表性
- (2) 梯度小時之熱力作用不够使颱風強度有明

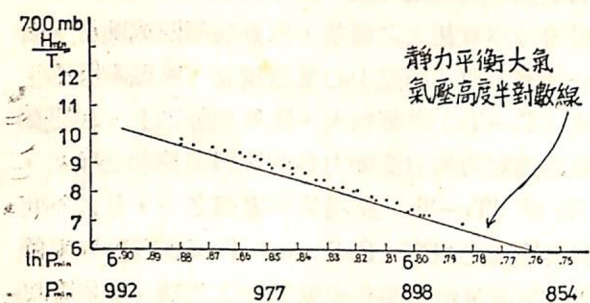
顯之變化，而且測量氣溫之儀器系統上之誤差比重較大。



圖六 飛機偵察海面最大風速與溫度梯度 (資料 1971—1974 有 T_0 方位及距離之報告)

雖然 T_i 與 P_{min} 之關係，或與颱風最大風速之關係非為理想的良好，但以飛機偵察之 700mb 最低高度 (H_{min})，颱風中心氣溫 (T_i) 與最低海面氣壓 (P_{min}) 分析其關係，很接近於靜力平衡大氣之氣壓高度半對數曲線關係，即

$$\frac{H_{min}}{T} = \frac{R}{g} (\ln P_{min} - \ln 700) \\ = 29.29 (\ln P_{min} - 6.551) \dots (2)$$



圖七 飛機偵察 700mb 最低高度 (H_{min})，中心氣溫 (T_i) 與最低海面氣壓 (P_{min}) 之關係。

(說明) 點為偵察之部份值

$T_i = T$ (絕對溫度)

$\bar{T} = T$ (絕對溫度，靜力平衡大氣)

H_{min} (GPM)

若僅考慮 700mb 及其以下大氣間之變化，欲使 P_{min} 降低， $\bar{T}$ 必增加，或 H_{min} 降低，或二者同時變化。否則雖 $\bar{T}$ 增加，而 P_{min} 仍可同時增加，700mb 層以上大氣輻合或可形成此種情況。圖七 (繪入部份資料) 顯示 H_{min}/T_i 與 P_{min} 之良好關係，但大部份之點皆在靜力平衡氣壓高度

線之上方，若視 H_{min} 之偵察值為準，則此二者之差乃由於 $T_i < \bar{T}$ ，颱風中心向外水平分佈雖較四周為暖，最大差值有達 20°C 者 (29—9) (圖五)，但在垂直溫度方面可能仍較下層為低，但已很接近於平均氣溫 ($\bar{T}$)，由之亦可推斷從海面至 700mb，颱風中心之穩定度 ($-\frac{\partial \theta}{\partial p}$) 乃由中心向外迅速減少，很可能有一陡減分界區 (即在颱風雲牆與中心交界處)。

(四) 風切

取飛機偵察海面最大風與 700mb 最大風之方位與距離皆相同之報告，以及颱風最低氣壓，探求垂直風速切 (Wind speed shear) 與颱風強度之關係，為圖八所示，因經過濾後之資料較少，只可略做初步之可能研判。颱風中最大風速部份之風切可有氣旋式及反氣旋式 (本文定 $(V_{sfc} - V_{700}) > 0$ 為氣旋式風切)，颱風強度在 970mb (約為 72kts 一如圖四) 以下，則多為反氣旋式風切，700mb V_{max} 與海面 V_{max} 亦有相似之關係，是否由於對流性雲系在颱風中將水平動量傳送至高空而有累積作用，尚待以後蒐集更多之資料以證實之。

圖九為本軍三探空測站對颱風 Nora (1973) 及 Betty (1972) 中心之相對位置，其所示如颱風固定不動 (強度變化)，而位移探空站，在應用資料分析特性時，有其參考價值。

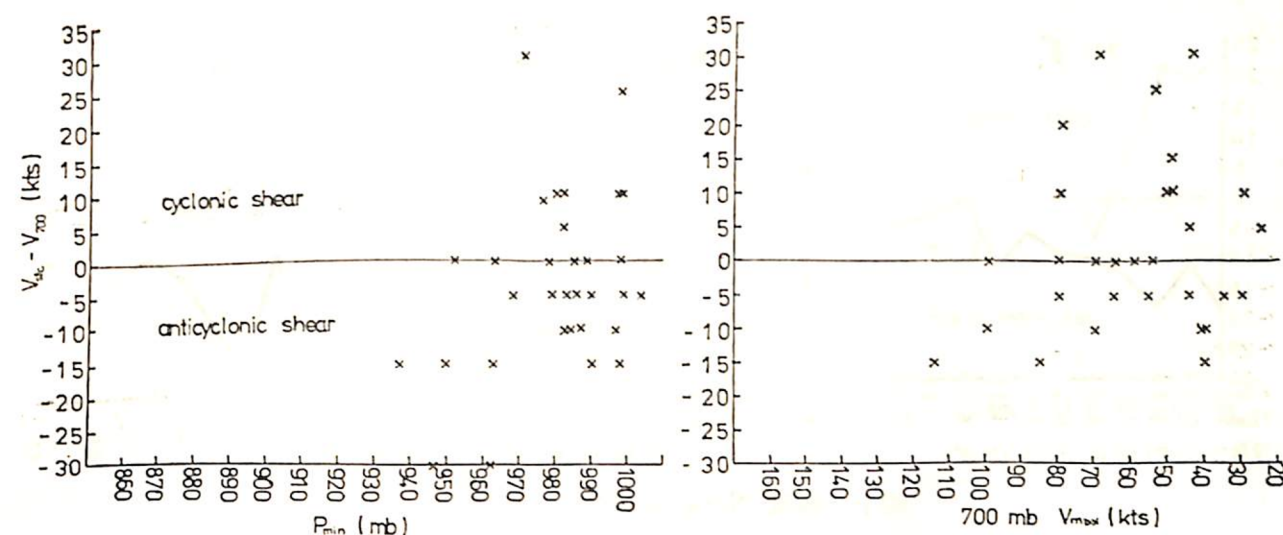
1972—1973 年，本軍曾蒐集 Nora, Betty 等七個颱風之有關資料，利用此資料分析颱風中心外圍受地形影響之風速切 (曾試做向量風切之分析，但因地面風向變化極大，因之在東西方向之風切或總風切皆甚紊亂，無一定之特性可尋)。令 $V_{sfc-700}$ 為地面減 700mb 之風速切， $V_{700-500}$ 為 700mb 減 500mb 之風速，則

$$V_{sfc-500} = V_{sfc-700} + V_{700-500} \dots (3)$$

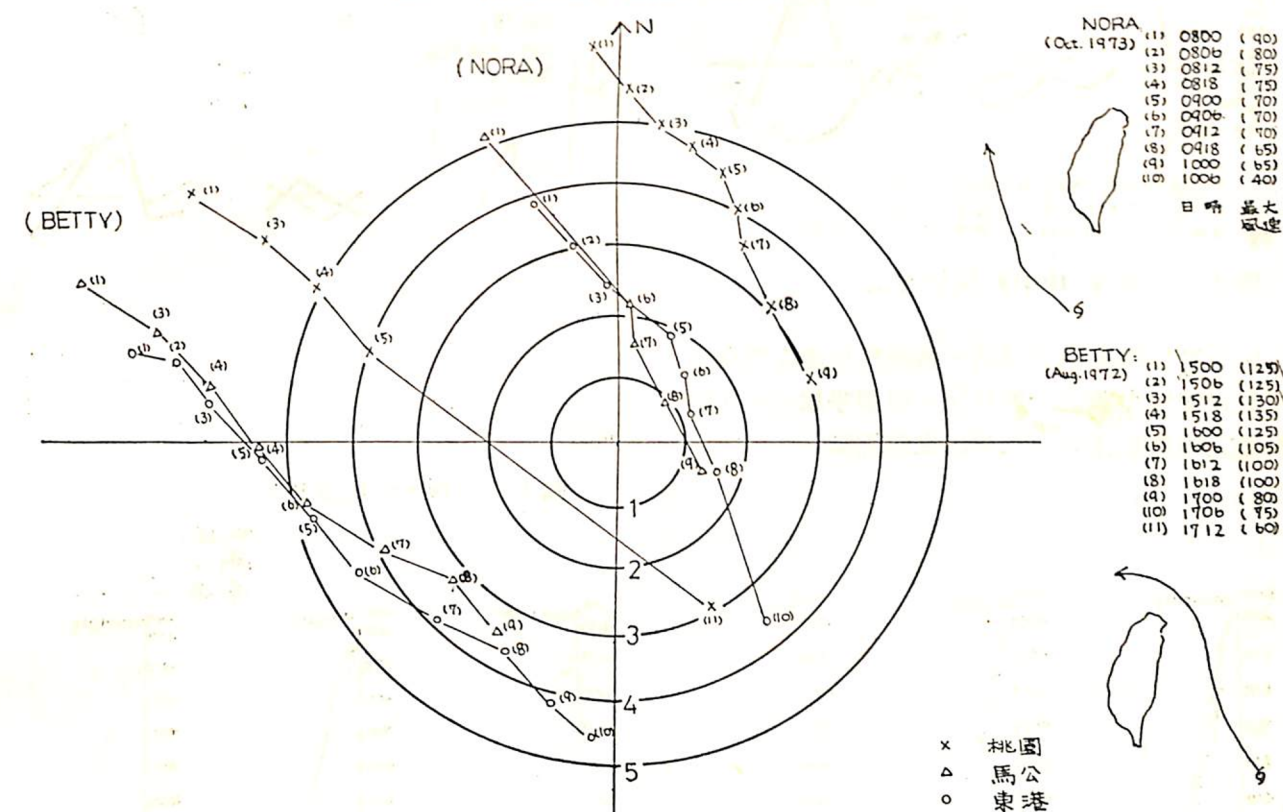
分析結果，發現有與趣者 (圖十及圖十一為其中之二例，並參考圖九)：

(1) 三測站之 $V_{sfc-700}$ 皆為反氣旋風切，而 $V_{700-500}$ 多為氣旋式風切，偶有反氣旋風切，因之，700mb 附近可能常有一相對之強風區，以臺灣中央山脈平均高度言，符合於流體經一阻礙物之理論及實驗室結果。空軍氣象中心曾分析 1969 年 9 月之 Elise 颱風 (1) 認為東港附近之山脈高度約在 7000 呎以下，而弱風區却高達 10000 呎，事實上，若以高空氣流之方向論，東港高空風所受中央山

脈之影響，似非僅為其附近山脈之高度。



圖八 飛機偵察風速切與颱風強度



圖九 探空測站與颱風中心相對位置

(2) 比強風區水平動量之垂直向低層傳送，隨時間而使 V_{700} 與 V_{sfc} 之差值減少 (低層風速之增加尚因颱風中心之接近而促成)，但颱風中心 $V_{sfc-700} = 0$ 之情況很少 (圖八)，以 Nora 為例，似有此趨勢，而 Betty 則否，摩擦層之影響永遠存在 (1)。

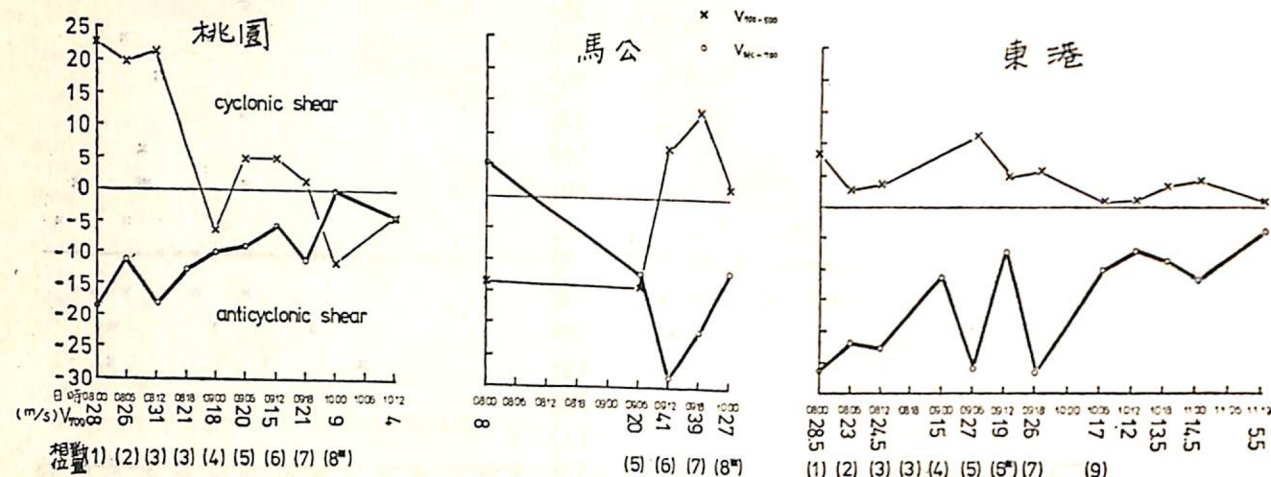
(3) $V_{sfc-700}$ 應可表示臺灣地形對颱風環流之影響，如知颱風在海洋上之風切狀況，則 $V_{sfc-700}$ 與其相比，可知其差異，惜海洋上颱風風切之狀況

端賴飛機偵察，資料不完整，無法分析研討。

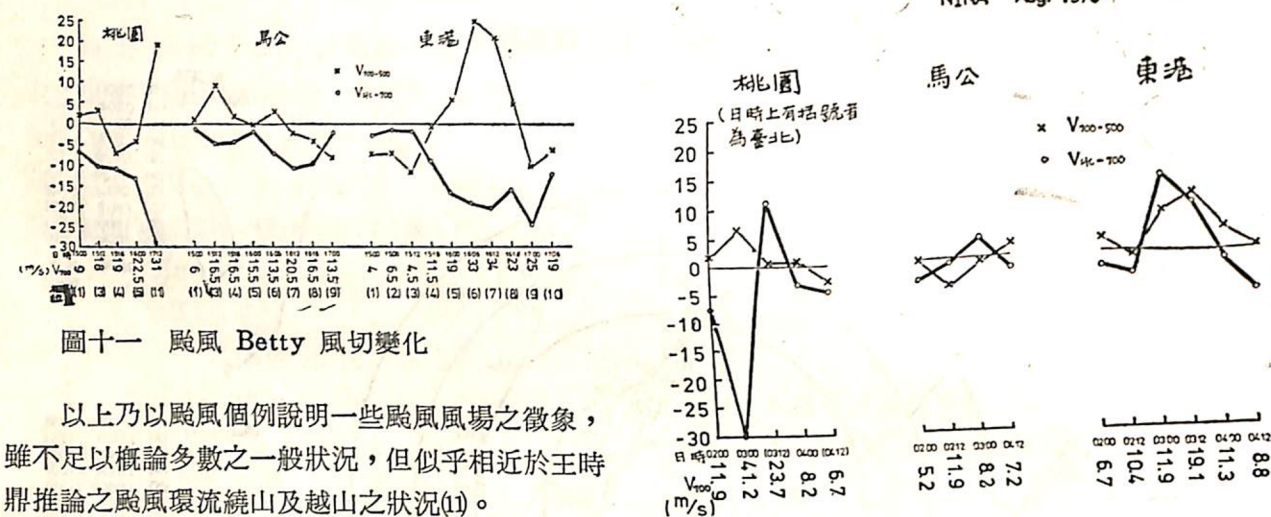
(註) 其他五個颱風之風切圖略。

圖十二為 1975 年 8 月侵襲臺灣而中心登陸花蓮之 Nina 風切概況，因資料少 (未曾增加探空次數)，僅可約略看出三測站在颱風登陸前 (桃園 030000Z 以後，馬公 021200Z 及東港 021200Z 以後) $V_{sfc-700}$ 皆有正值發生，但 $V_{700-500}$ 仍多大於零，因之 $V_{sfc-500}$ 之值極大，且為氣旋式風切，其中東港之 $V_{sfc-500}$ (030000Z—031200Z) 用

公式(3)經圖十二中計算，約為 20m/sec。



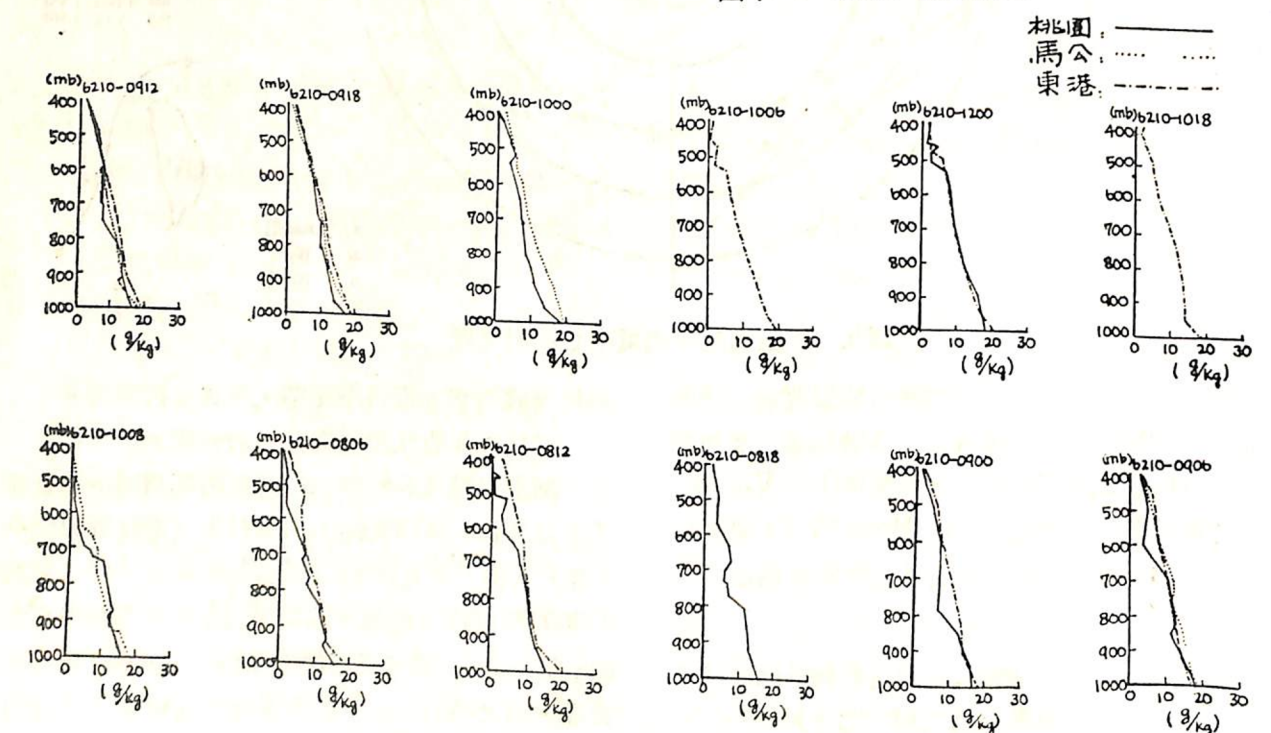
圖十 颱風 Nora 風切變化



圖十一 颱風 Betty 風切變化

以上乃以颱風個例說明一些颱風風場之徵象，雖不足以概論多數之一般狀況，但似乎相近於王時鼎推論之颱風環流繞山及越山之狀況(1)。

圖十二 Nina 颱風風切

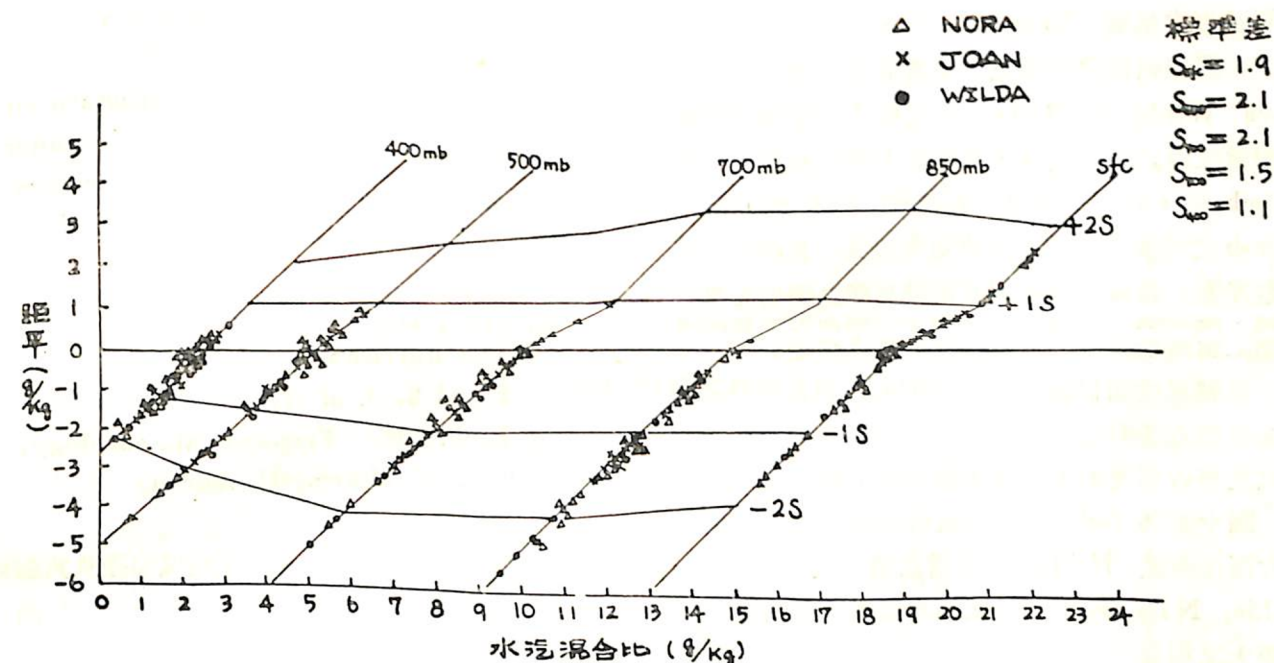


圖十三 Nora 颱風之水汽分佈

(四)水汽含量

Bell (10) 計算平均颱風探空資料所獲之水汽含量平均值為地面 (surface) 18.8, 850mb—14.5, 700mb—10.0, 500mb—5.0, 400mb—2.5, 300mb—0.9 (單位為 g/kg)。若用圖解法積算其平均 (捨去 300mb 之值，以備與臺灣探空比較)，則從地面至 400mb 為 10.33g/kg，平均標準差為 1.845。分析 Nora, Joan 及 Wilda 颱風之桃園

，馬公及東港探空水汽分佈狀況，皆不因各地降水量之多寡而有顯著之差別，雖然除地面外，其他各層皆較平均颱風為低，但仍在兩個標準差之範圍內。(圖十三為 Nora 颱風之水汽分佈，圖十四為 Nora, Joan 及 Wilda 颱風水汽含量與平均颱風之比較)。應用平均水汽含量計算颱風中之可降雨量，並不能解釋臺灣地區雨量分佈之極大差異 (12)。

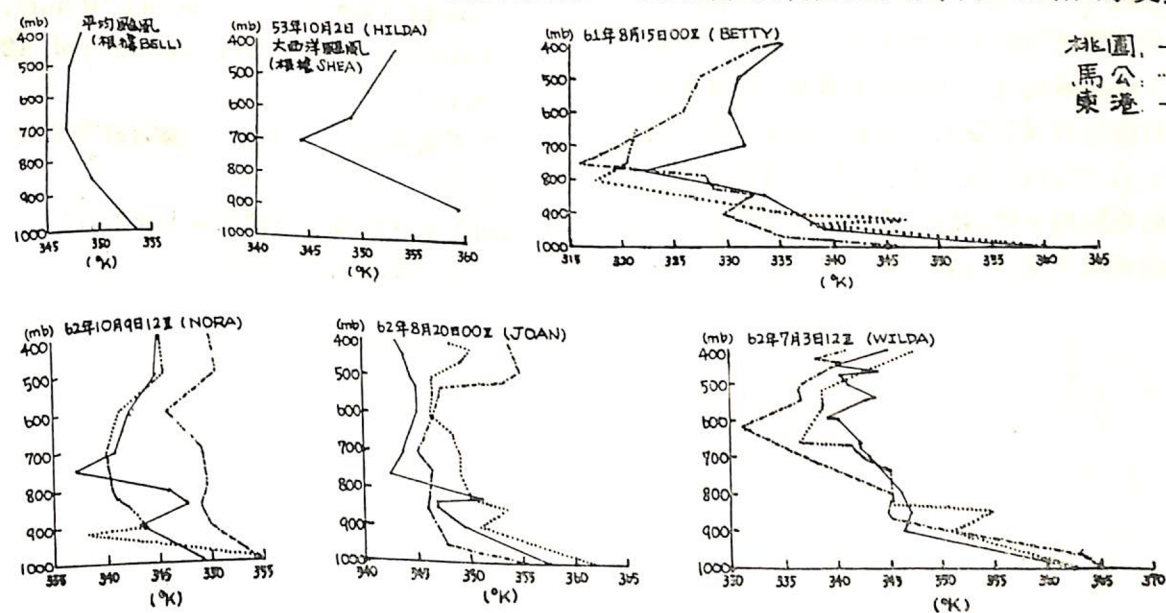


圖十四 個案颱風水汽含量與平均颱風之比較

(五)相當位溫之分佈

相當位溫之變化，由其方程式可知對空氣中之水汽含量q非常敏感。因之當颱風接近本島時，以實際水汽含量計算之相當位溫之垂直分佈形式變化

極大，與平均颱風之相當位溫分佈(10)及以假定相對濕度之垂直分佈而計算之相當位溫分佈(4)，在形式上有極大之差異。雖然在同一颱風影響下，本島三探空站之相當位溫亦有不同，且有犬牙交錯之現象



圖十五 相當位置分佈

，此種現象似應以平均方法均勻之，而不可視為當然之變化（因為水汽含量之觀測誤差似可導致此種犬牙交錯之發生）。以 Shea 之分析(4)，在最大風速半徑內 (RMW)，濕度不穩定 (Moist instability) ($\frac{\partial \theta_e}{\partial z} < 0$) 從地面至 700mb 層，但 Bell 之分析(10)，平均颱風之不穩定層高達 500mb，而 700—500mb 層之不穩定度較小，不管二者之高度差別，無論颱風或颶風，對流不穩定之空氣應在對流層之低層 (500mb 以下)，但此高度因颱風而異，因測站相對於颱風之位置而異。檢查 Joan, Nora, Wilda 及 Betty 等颱風接近臺灣時之歷次相當位溫之分佈曲線，其對流不穩定層尚無超過 500mb 者，因此一般以地面相當位溫至 500mb 或 700mb 之梯度 (差值) 為決定颱風某一範圍內之不穩定程度，將會因不穩定層頂點高度之變化而導致錯誤，故建議「以均勻後之相當位溫曲線不穩定層頂點之值與地面值之差為不穩定度之指標」。

曾試算地面相當位溫與 500mb 相當位溫之差與颱風接近臺灣之相互關係，似乎略有顯示此值隨颱風之接近而增加，但並未顯示穩定性之增加。

圖十五為 Bell 之平均颱風相當位溫 Shea 及之大西洋颶風 Hilda 之相當位溫以及 Betty, Wilda, Nora 與 Joan 之相當位溫，由圖可看出其極大之相異。

四、結 論

颱風中可以偵察之特性或可以計算之特性似變化極大，彼此間之相關並非一定。以個人所知，對颱風有系統的利用飛機蒐集資料，並予分析研究者，繼 Hughes 之後當推 Shea 及 Gray，而後者除發現很有價值之颱風某些特性外，特別強調颱風之多變性。此種多變性似非根據美軍經常颱風偵察所獲之資料能以發現其根源，但限於颱風中獲得資料之困難，甚至颱風侵襲之陸地上竟不可能施放探空氣球，各種限制，使認識颱風變化之資料甚少。我們可以說颱風有某些外貌之變化，但是如何促成

這些變化，即使有些我們可以推測其促成的原因，但是很困難獲得此種資料，因而限制了更深一層的研究。

應用資料及參考文獻

- (1) JTWC- Annual typhoon report (1971-1974)
- (2) 空軍氣象中心—原始颱風偵察報告 (1971, 1973 及 1974 之部份)
- (3) 空軍氣象聯隊—颱風資料蒐集報告 (1972, 1973)
- (4) Shea, D.J. (1972)- The structure and dynamics of the hurricane's inner core region, Atmosphere Science paper no. 182, Colorado State University.
- (5) Shea, D.J. and Gray, W.M. (1973) - The hurricane's inner core region 1 and 2, J. of Atmo. Sciences 30.
- (6) Riehl, H.- Tropical Meteorology, Dep. of Meteo., University of Chicago.
- (7) 童文海譯 (1962) —深度颱風加強及減弱時期颱風眼之變化 (氣象預報與分析 11 期)
- (8) 曲克恭、莊思禮 (1975) —大氣秉性參數之計算 (氣象預報與分析 63 期)
- (9) 陳毓雷 (1969) —論熱帶風暴孕育發展之氣象條件 (氣象學報 15 卷 4 期)
- (10) Bell, G.J. and Tsui, K.S. (1973)- Some typhoon sounding and their comparison with sounding in hurricane, J. of Applied Meteo. vol 12, No. 1
- (11) 空軍氣象中心 (1973) —臺灣破壞性風力之研究
- (12) 曲克恭 (1971) —臺北盆地颱風降雨量之計算與預測研究 (氣象學報 17 卷 3 期)