

韋恩颱風轉向時風場及溫度場分析與探討

潘大綱 楊明錚

摘要

本文利用：一、單站探空之相當位溫分析，找出相當位溫剖面值，以提供颱風是否侵襲預報之參考；一般情況中對流層 θ_e 值是極小值；當 θ_e 值逐漸增大時，即為颱風外圍環流接近之反應。二、利用 Gray (1980) 500 MB 合成駛流校驗韋恩 (WAYNE) 之轉向情形。由分析駛流效應結果顯示，大範圍環流氣流之改變，颱風轉向稍有時間之落後。三、本個案分析發現在颱風移行上，初期主要駛流位於中低對流層，而後隨颱風發展逐漸升高至中高對流層。

一、前言

台灣位於亞熱帶，冬季受中緯度天氣系統所控制，夏季則受熱帶天氣系統所控制；由於冬季寒潮暴發時，系統多半由西北西逐漸南侵，北面之資料密集且多半探空分析容易取得，故北來系統在其未造成災害之先，即可有效地加以防範，而夏季侵襲台灣之颱風多半發生於西北太平洋區，該區測站稀疏，雖有飛機穿越報告及衛星雲圖以為輔助，作業單位在定量分析上尚有困難，但對於預報員而言，颱風預報中最重要的就是 12 小時至 48 小時的路徑及強度變化，因此國內外學者所著重之重點仍在於此。DVORK (1975)；Hebert (1979)；Neumann, Pelissier 和 Okamura (1979)；George 和 Gray (1976)；Chan, Gray 和 Kidder (1980)，Saddler (1982) 等在這上面均有相當貢獻。

近年來，亦有不少學者利用合成分析尋找颱風強度及路徑變化發生前之特徵如 George 和 Gray (1976) 以及 Chan, Gray & Kidder (1980) 均是。

本文的目的即利用先進學者們的方法及經驗，分析校驗 1983 年七月份韋恩颱風自 22 日 1200 Z 至 24 日 1200 Z 時之路徑變化中駛流場的情況，並分析其轉向 12 小時至 24 小時之高低層風場，此外，更利用單站分析相當位溫之垂直分佈變化，以提供颱風是否侵襲下大氣垂直穩定狀況之參考。

二、分析方法

本文中使用的 George & Gray (1976) 所用 15° 緯度圖，並將其分為八個象限如圖 1 所示，圓中心與颱風中心重合，箭頭所指之方向為颱風行進之方向。對於轉向標準之認定則取 Gray (1980) 所定之

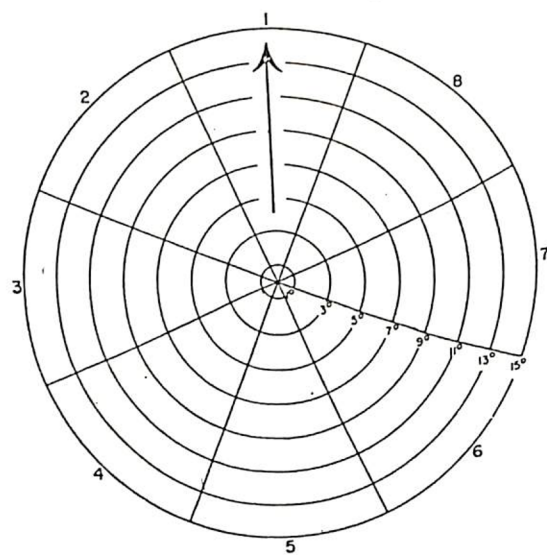


圖 1 15° 緯度圖

左轉 (Left-Turning)：

$$D(T+12) - D(T) < -20^\circ$$

直線 (Straight-moving)：

$$-10^\circ < D(T+12) - D(T-12) < 10^\circ$$

右轉 (Right-Turning)：

$$D(T+12) - D(T) > 20^\circ$$

T 為轉向時間，D 為颱風運動方向，D(T) 為轉向

時颱風運動之方向，D(T+12) 為颱風轉向後 12 小時的運動方向，D(T-12) 為颱風轉向前 12 小時的運動方向。

由圖 2 可看出韋恩颱風自 22 日 1200 Z 至 25 日 1200 Z 之路徑變化情況，依此標準分析每六小時之颱風移行方向之情況 (見表一)，無論在表列指示上

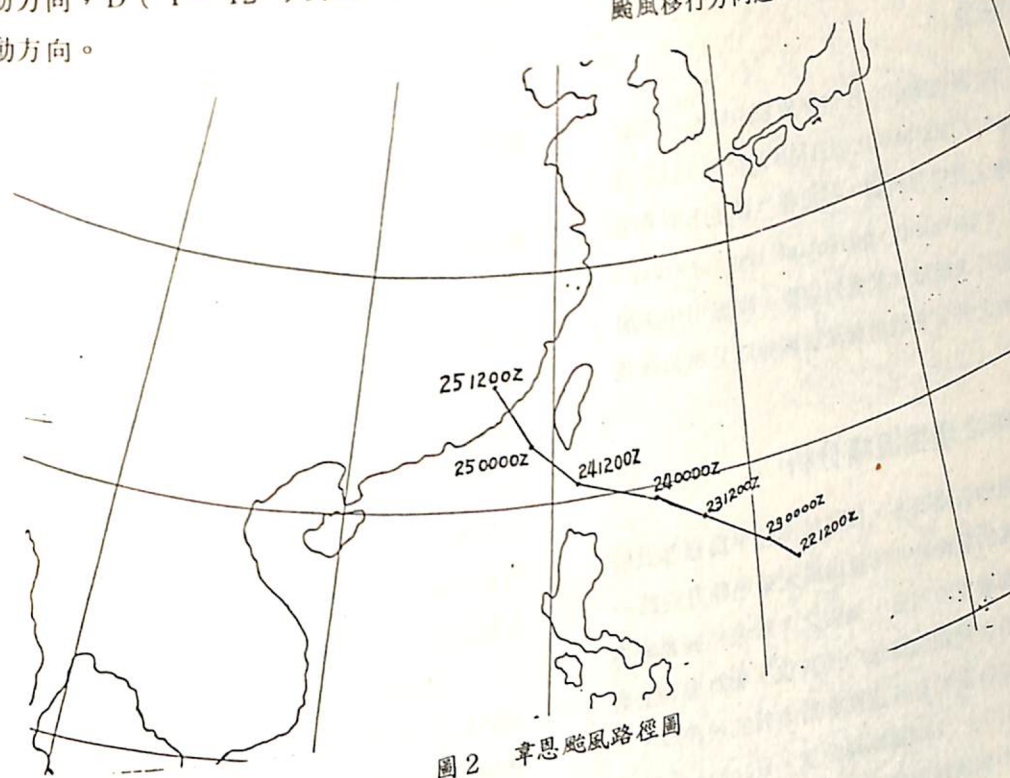


圖 2 韋恩颱風路徑圖

表一 應用 Gray 標準計算韋恩生命期中運動情況

分類	位置	$D(T+12) - D(T-12)$	$D(T+12) - D(T)$	運動方式	備考
時間					
7 / 22 12 Z	$15.2^\circ N 132.0^\circ E$		$+11^\circ$	S.M.	S.M.=Straight Moving
7 / 22 18 Z	$16.1^\circ N 131.8^\circ E$		-1°	S.M.	
7 / 23 00 Z	$16.5^\circ N 130.7^\circ E$	$+2^\circ$	-9°	*S.M.	R.T.=Right turning
7 / 23 06 Z	$17.4^\circ N 128.8^\circ E$	-12°	-11°	S.M.	
7 / 23 12 Z	$18.1^\circ N 127.6^\circ E$	-8°	$+1^\circ$	*R.T.	
7 / 23 18 Z	$18.8^\circ N 126.4^\circ E$	$+12^\circ$	$+23^\circ$	S.M.	
7 / 24 00 Z	$19.3^\circ N 125.1^\circ E$	$+8^\circ$	$+11^\circ$	*R.T.	
7 / 24 06 Z	$19.9^\circ N 122.9^\circ E$	$+36^\circ$	$+13^\circ$	**R.T.	
7 / 24 12 Z	$20.4^\circ N 121.5^\circ E$	$+49^\circ$	$+37^\circ$		
7 / 24 18 Z	$21.3^\circ N 120.4^\circ E$				
7 / 24 24 Z	$22.2^\circ N 119.0^\circ E$				
7 / 25 00 Z	$23.3^\circ N 118.1^\circ E$				
7 / 25 06 Z	$25.0^\circ N 117.1^\circ E$				
7 / 25 12 Z					

或路徑圖上均可看出 24 日 0000 Z 已出現有轉向的指示；24 日 1200 Z 轉向之情況則更為明顯。

三、資料來源

本文使用空軍氣象中心日常作業 850MB, 700 MB, 500MB, 300MB 及 200 MB 高空圖, 以及東港及馬公兩地之探空分析圖, 利用探空圖上求取相當位溫 θ_e 值 (Equivalent-potential temperature), 各層高空圖為求能增加其資料密集, 除應用中高層飛機觀測報告之外, 更利用衛星雲圖輔助分析各層流場之情況。

四、轉向時之環境流場分析

颱風預報的法則很多, 但駛流法已早為預報員所熟悉, 而駛流的意義無非即視颱風未來運動方向為一大範圍氣流影響下的結果, 換言之, 即是把颱風考慮成為一沈浸於大範圍氣流場中的渦旋。雖然駛流的觀念很早, 但是各家均有其認為較為有效的駛流層, Hebert (1979) 地面地轉駛流, George & Gray (1976) 中對流層駛流, Saddler (1982) 強調高對流層駛流 (因其認為 TUTT 亦應為颱風轉向時考慮的因子), 李 (1983) 850MB + 500MB 合成駛流場等。但過去對駛流之運用, 大部分皆為定性的分析, 直至 George & Gray (1976) 將其以定量的方式研究, 使駛流的意義可以用定量的方式運用於颱風路徑預報之中。

眾所皆知, 當颱風位於深厚東風帶之中, 其向西行進之路徑是最易掌握的, 當其向西行進愈至高緯度, 換言之, 愈接近西風帶時, 此時要保持相當高的預報準確率就比較困難了; 這也就是何以統計預報上必須將緯度和季節列為極為重要的兩項參數之原因。就以此一觀點來看南半球的颱風 (俗稱威利, 威利), 由於夏季高層西北比北半球夏季更接近赤道, 因此, 在南半球上企圖正確地掌握颱風路徑及速度變化, 自然也就比北半球要困難些了。

George & Gray (1976) 即指出 500MB 是颱風運動的最佳駛流層, 而 700MB 環境場則提供颱風運行速度的最佳參考; Gray & Kiddler (1980) 在其所著合成分析 500MB 駛流對於左轉, 直線, 右轉行進的颱風轉向時之風場, 如圖 3 所示, 以下就此次韋恩颱風之各時間的風場分別加以討論:

7 月 22 日 1200 Z; 500MB 及 23 日 0000Z 500MB 之氣流場顯示; 其風場與 Gray (1980) 所分析之 500MB 直線運行氣流場相似 (見圖 4 及 5), 實際上亦為直線進行的情況 (見表一)。23 日 1200 Z 500MB 氣流場已逐漸有了改變, 但是在轉向標準上介乎直線和右轉進行之間, 就以路徑主觀分析及氣流場相似情況而論, 應仍屬於直線行進之情況。(23 日 0000 Z 500MB 氣流圖見圖 5), 23 日 1200 Z 之氣流圖 (500MB) 見圖 6, 24 日 0000 Z 500MB 流場 (見圖 7) 顯示出有了極為明顯的改變, 為求其之於低對流層之情況, 另分析該時間內

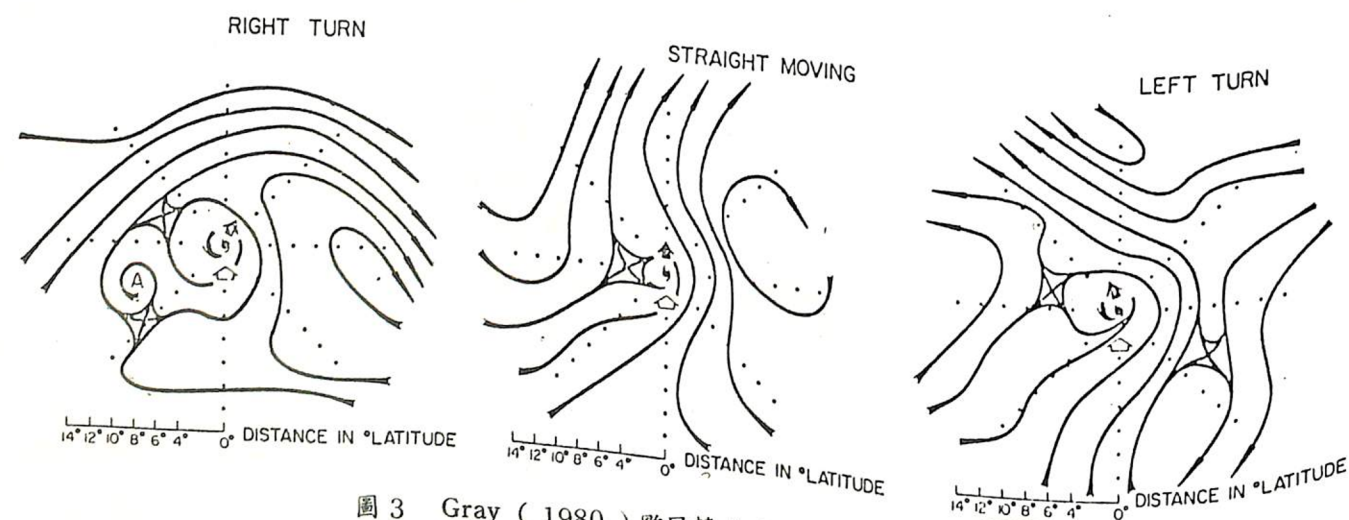


圖 3 Gray (1980) 颱風轉向時 500MB 之氣流場情況



圖 4 7 月 22 日 1200 Z 500MB 氣流圖

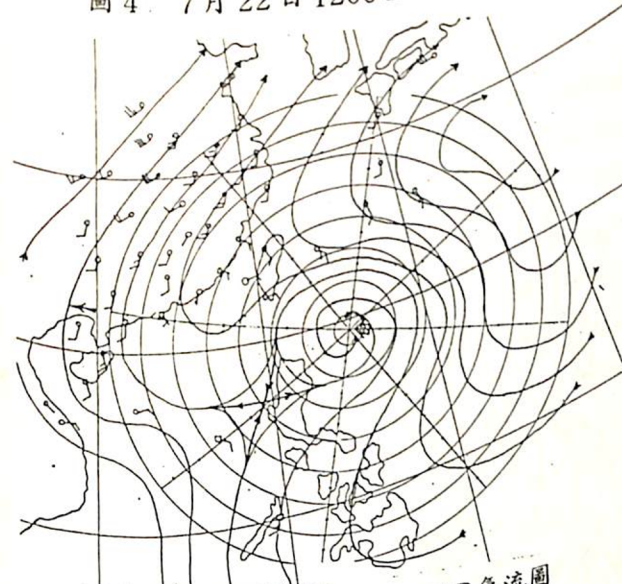


圖 5 23 日 0000 Z 500MB 氣流圖



圖 6 23 日 1200 Z 500MB 氣流圖

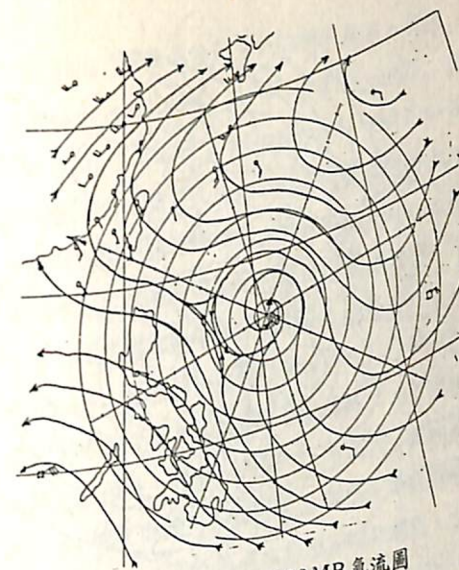


圖 7 24 日 0000 Z 500MB 氣流圖

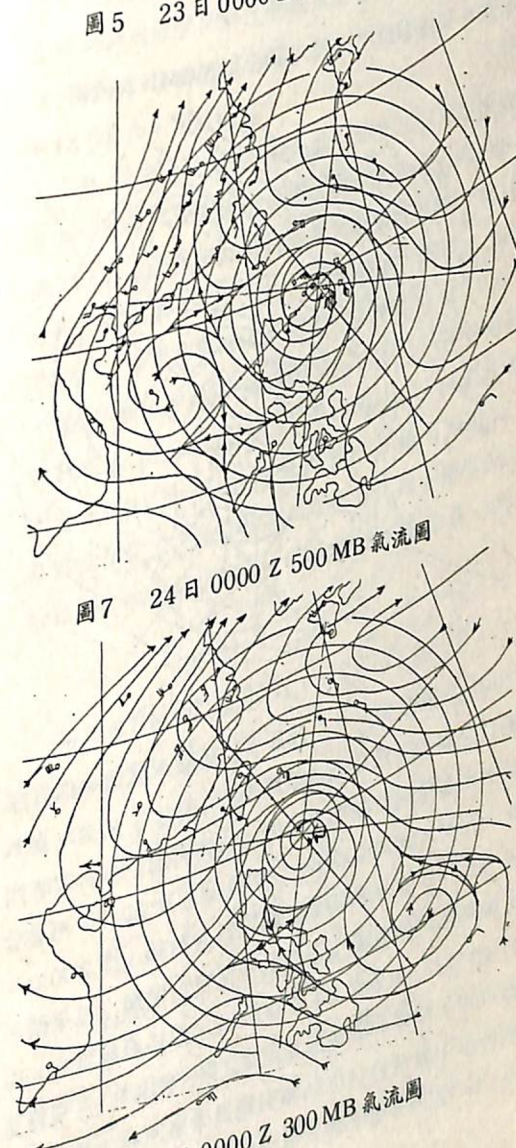


圖 8 24 日 0000 Z 700MB 氣流圖

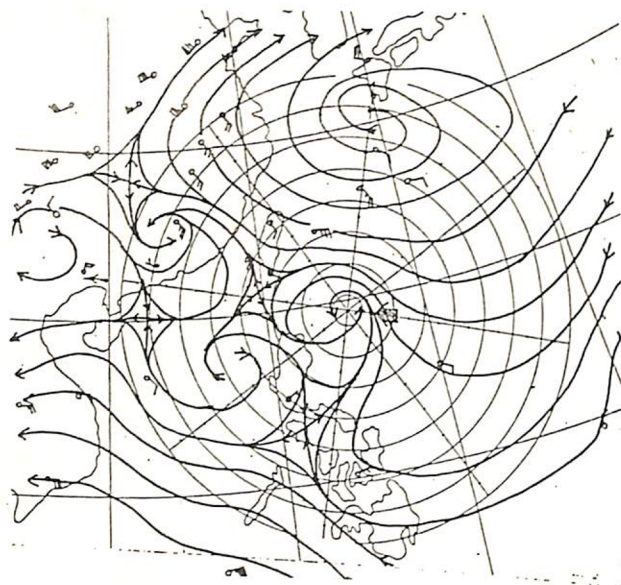


圖 10 24日 0000 Z 200MB 氣流圖

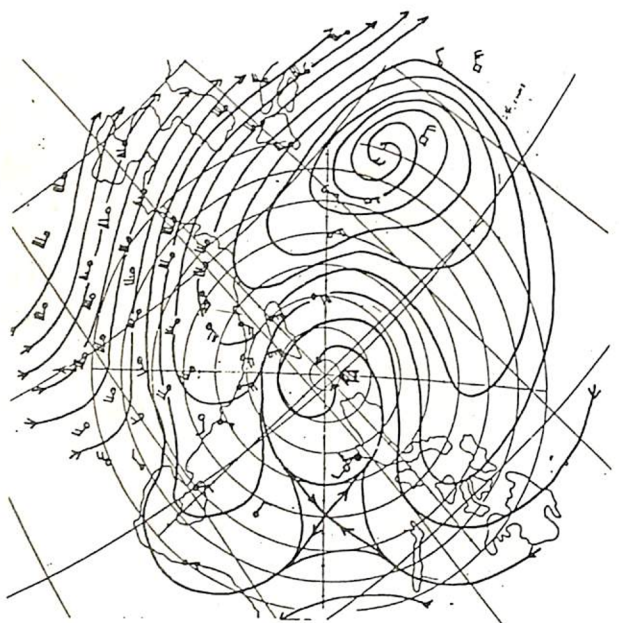


圖 12 24日 1200 Z 300MB 氣流圖

700MB氣流場，（見圖8）結果顯示其流場與直線進行之類型極為相似；若照李（1983）所述，颱風似乎亦有指向鞍型場之趨勢；此外再加上分析同時間之300MB與200MB（分別見圖9及10），可以看出300MB之氣流場為直線進行之型態，而200MB上颱風指向鞍型場上運動的情況更為明顯，結果顯示自23日0000Z至24日0000Z亦為直線進行，由而可知，駛流非決定於定壓層之某一特定層，主要還是對流層中線合的情況以導引颱風未來運動之路徑。至24日1200Z 500MB氣流圖（見圖11）流場已有

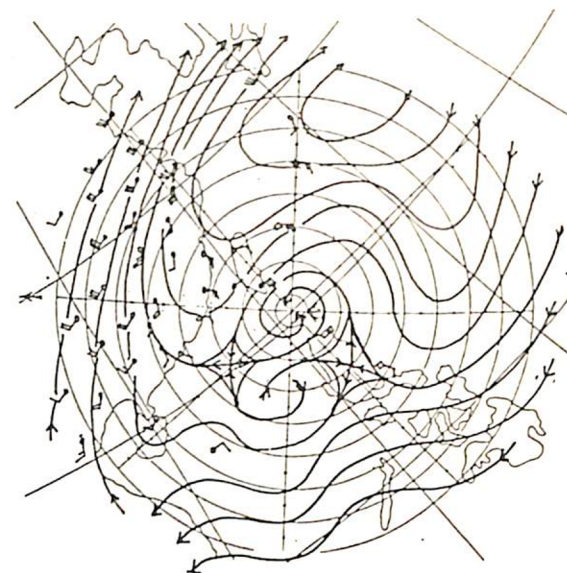


圖 11 24日 1200 Z 500MB 氣流圖

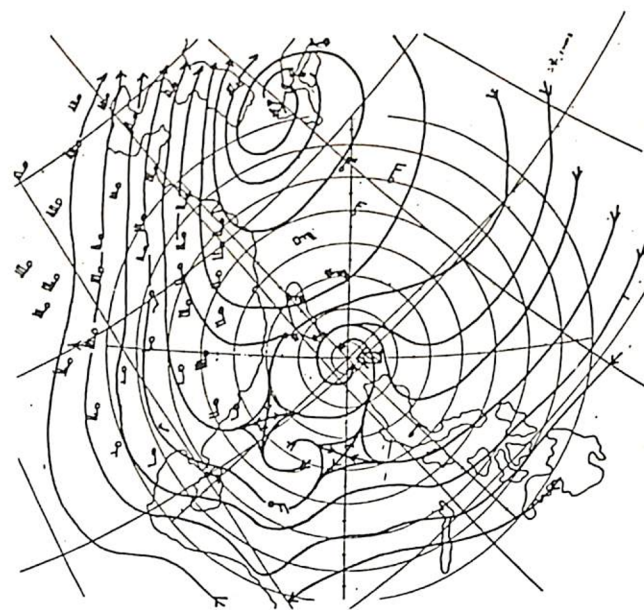


圖 13 24日 1200 Z 200MB 氣流圖

十分明顯的右轉條件，且與Gray（1980）之右轉流場十分類似，再加上分析同時間之300MB及200MB流場（見圖12及13），300MB與200MB已和下層之500MB的右轉諸條件相配合，因此在24日1800Z時，韋恩已有明顯地向右偏轉，從表一中更可明顯地看出其右轉之特徵。綜合上述，吾人可知，韋恩在其未轉向之前，駛流層主要位於中對流層，至其轉向前12小時至24小時時，高層與低層之配合使其於24日1800Z右轉後繼續前進；就此對駛流作用及駛流場；吾人可做一般性之結論。

（一）駛流作用絕非對流層中某一層所能決定，而是颱風強度與環境流場配合的結果。當颱風不強，垂直發展不高即質量中心較低時，主要駛流作用位於中對流層，即中低對流層之流場對其未來運動路徑影響較大；反之，颱風強度愈強，質量中心愈高，則中高對流層之氣流場變為主要的影響因子。500MB恰在中間其流場一般說來會有很好的指示。

（二）每一颱風之駛流不同，正如同每一颱風之結構與強度亦有差異的情況一般；同一颱風在不同時間內的主要駛流層也可能逐時改變；因此個案研究愈多，則愈能找出一相關性，做為類似颱風預報之參考。

（三）掌握颱風路徑之方法，亦可依Gray（1976）所建議使用850MB+200MB流場來加以合成分析再做預報。

四氣流場雖然出現轉向的條件，但由於大範圍的氣流場反應到颱風轉向上，必然會有時間上落後的情況，至於時間之長短定量分析則需要再做深入的探討。僅以此次韋恩颱風分析結果而言，24日0000Z已逐漸有轉向的條件出現，同日1200Z各屬均出現明顯的右轉條件，但是一直到同日1800Z才開始正式地向右偏轉，落後時間在半天以上。

五、溫度場分析

（一）相當位溫 θ_e 。（Equivalent Potential Temperature）分析：

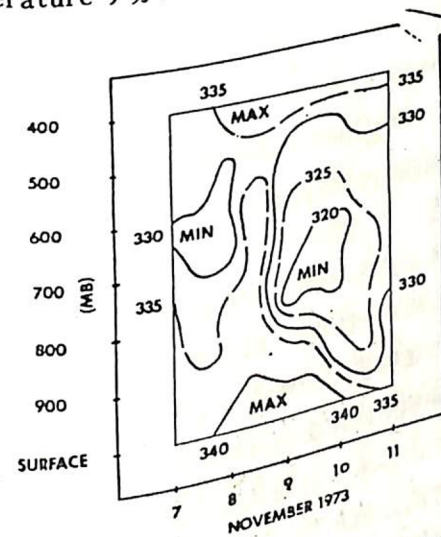


圖 14 未受擾動下之 θ_e 分析

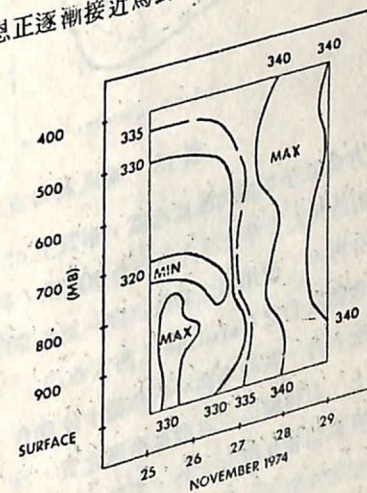


圖 15 受颱風影響下之 θ_e 分析

利用相當位溫分析大氣的學者甚多，例如 Hutchinson（1962），Biltoff（1967；1968），Sikora（1976），Dunnavan（1981）分析的結果顯示出：熱帶低層大氣在未受擾動的情況之下，普遍是位勢不穩定的情況（Potential Instability），由於熱帶地區夏季不受中緯度系統侵入的影響，水平平流過程亦不致影響該區，因此位於中對流層的 θ_e 極小值僅僅靠直接地對流將水汽；可感熱及潛熱向上輸送以平衡大氣中不穩定的情況，最直接的方式則是以熱塔（Hot tower）傳送之。當颱風接近時， θ_e 變化則變得相當明顯，雖然它僅是熱塔平衡能量後的結果，不能將其視為穩定指數應用，但是在資料稀疏而又即將受到颱風影響的諸測站中，使用單分析 θ_e ；亦可提供預報員一項預報之參考因子（SIKORA，1976）。

圖14及15為熱帶大氣（非島克拉克空軍基地）未受擾動及受到颱風影響下的 θ_e 分析，圖16及圖17為東港及馬公受到及未受到韋恩影響下的 θ_e 分析；從東港 θ_e 分析中，可明顯地分辨出 θ_e 在23日0000Z以前大氣均未受到韋恩的影響，至23日1200Z起， θ_e 值開始逐漸增大，若以340°K為標準，則在23日1200Z至25日1200Z之間，對流層中出現一極大值。馬公 θ_e 分析中，自24日0000Z後亦有逐漸增大之勢，由颱風路徑分析圖中亦可看出此時韋恩正逐漸接近馬公，若以340°K為標準，馬公自

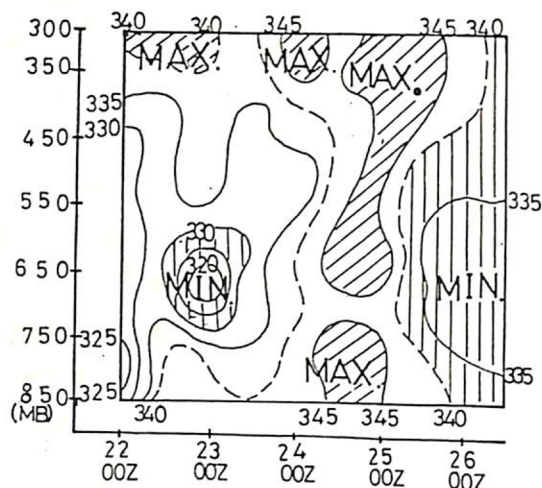


圖 16 東港 θ 分析

24 日 0000 Z 至 26 日 0000 Z 止，整個對流層中出現了 θ 極大值，之後隨著颱風的遠離，對流層又逐漸恢復熱帶大氣未受擾動的典型情況。

(二) 溫度場分析

由於 Chan 等 (1980) 所著之 1000-250 MB 溫度場分析之中，利用 SCAMS (Scanning Microwave Spectromete) 分析左轉、右轉及直線運行之颱風 24 小時前的溫度梯度分佈，其所用的是 $5^\circ \sim 15^\circ$ 圖內之環境場資料，其結果如圖 18，若加以比較分析

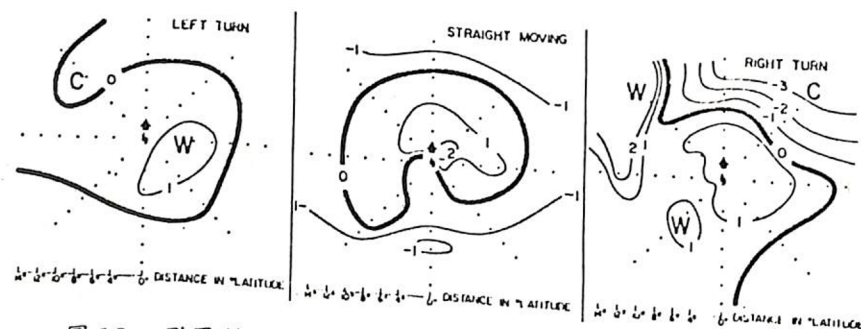


圖 18 颱風轉向前 24 小時 SCAMS 分析 (by Chan 1980)

颱風運行方向似乎平指向溫度冷區，事實上 chan (1980) 對西北太平洋及西大西洋數個颱風 (轉向者) 之溫度分析中 (使用第二象限梯度—第八象限梯度)，除了直線進行之 Caroline (西大西洋) 有較為顯著之不配合外，其餘均與分析類型十分吻合。

事實上，右轉颱風指向溫度冷區之實，除了與熱力風或垂直風切相互配合之外，若以天氣學的觀念討論，冷區的意義無非正意味著在其中心東北方有一槽線通過，而颱風受到槽前西南風所影響，自然也就順

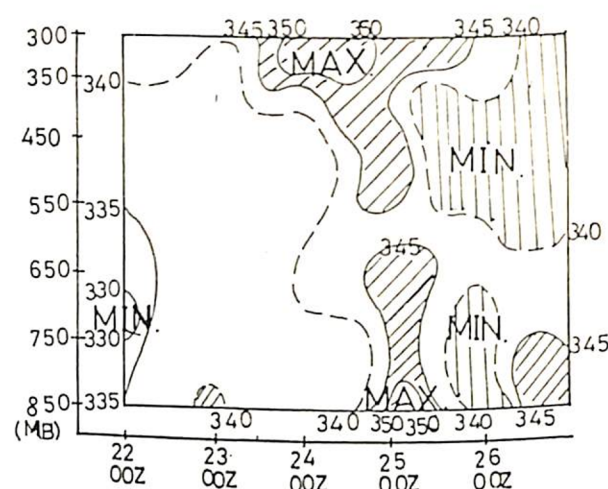


圖 17 馬公 θ 分析

可獲一定通則：

- 1 直線運行之颱風，零度溫度線通過颱風中心。
- 2 左轉颱風在其第二象限有一冷區，位於中心之西方至南方有一暖區。
- 3 右轉颱風在其第一至第八象限有一冷區，而第二至第三象限有一暖區。

在左轉情形中顯示穿過颱風中心有一溫度梯度，相對的有一熱力風或垂直風切指向左轉的方向，直線進行的情形所有溫度梯度均十分微弱，在右轉情形中

間均有可能不同，但是若要較為準確地掌握颱風駛流，在中度颱風以上強度而言，Gray (1976) 建議可使用 850MB + 200MB 之氣流場。流場發生變化之後，要使大範圍之環境場影響到颱風運動，必然會在時間上有落後情形。此外，溫度分析顯示第二象限溫度梯度減去第八象限溫度梯度之差值 T 在三種轉向情形中如下之結果

- (一) $-1.0 < T < 0$ 為直線運行
- (二) $-1.0 > T$ 為左轉運行
- (三) $T > 0$ 為右轉運行

本省秋颱風絕大部份受中低層環境流場影響，其主要乃由於自入秋之後溫度梯度 (南北向) 已逐漸增大，因而低層冷空氣是否可以侵入颱風環流內自然就成為影響颱風運行及強度變化之重要因子之一了。

相當位溫 θ 之單站分析，可以提供在颱風是否侵襲下的一項參考因子。

七、致 謝

本文承蒙氣象中心主任劉廣英老師熱心指導及督促，李富城課長提供寶貴意見；謹致最高之謝意。

參考文獻

- 1 劉廣英，1975：500—700MB 厚度與颱風移動之關係。大氣科學第二期。
- 2 李富城等，1982：颱風主要駛流層之選定與分析。氣象預報與分析第九十三期。
- 3 Chan, Gray Kidder 1980: Forecasting Tropical Cyclone Turning motion from Surrounding and wind and Temperature Fields
- 4 Dunnavan; 1981: Forecasting Intense Tropical Cyclones Using 700-MB Equivalent Potential Temperature and Central Sea-Level Pressure NOCC/JTWC 81-1
- 5 SIKORA, 1976: An Investigation of Equivalent Potential Temperature as

A Measure of Tropical Cyclone Intensity FLEWEACEN TECH.

NOTE: JTWC 76-3

- 6 Bell & Lam.: Departures of Tropical Cyclone Movement From Geostrophic Steering JTWC.R.O.No.82
- 7 陳泰然，1980：颱風診斷分析與主觀預報評介。
- 8 Gray, Recent Advances In Tropical Cyclone Research From Rawinsonde Composite Awalysis.
- 9 Sadler, 1982: On The Speed of Recurring Typhoon over The Western North Pacific Ocean Contract No. NOO228-80-C-RW54 JTWC Library,
- 10 Atkinson, 1971: Forecasters' Guide to Tropical Meteorology TECH.Rep. 240
- 11 Anthes, 1982: Tropical Cyclones Their Evolution, Structure and Effects AMS Volume 19
- 12 王崇岳，1978：天氣學。CH20，正中書局。
- 13 威啓勳，1980：颱風。季風出版社。

An Analysis and Investigation of the Wind and Temperature
Fields of WAYNE (1983) During its Turning Motion Period

PAN DA-GANG

YANG MING-JUNG

ABSTRACT

It has long been discussed that when and how Typhoon would undergo their turning motion. In this study : (1). We use single station rawinsonde profile to investigate the Equivalent Potential Temperature cross section. Generally, a θ_0 minimum exist in mid-troposphere as the atmosphere undisturbed, and a θ_0 maximum will exist in the whole troposphere as Typhoon approaching. We know well that Hot Towers accompany with cloud bendings of Typhoon will cause torriantial rain as well as thunderstorm. And θ_0 maximum in whole troposphere is an indication of Typhoon approaching. (2). Gray pointed out that 500MB steering flow may be the best. We also use Gray's experiences to investigate the flow field during the turning motion of WAYNE (1983). It shows that there is a time-log to the Typhoon turning motion when the enviromental flow field changes. (3) This case study shows that the main steering effect is on the low and mid-troposphere before turning, while the main steering effect is on the high and mid-troposphere during the turing motion period.