

台灣地區近海颱風運動特徵之
合成分析與研究 (I)

陳明煒 潘大綱 高臺潤

摘 要

本文將1973~1983共10年之颱風資料，選取舉凡進入15°N~22°N，110°E者加以合成分析研究，並訂定三種運動路徑之特徵(1)直線行進，(2)位於台灣東方洋面即轉向北或東北北者，(3)至台灣西南方洋面上轉向北方或東北方者。合成分析之資料顯示，500 MB及700 MB之天氣系統特徵對於颱風之引導作用十分明顯。當中緯度低壓系統移入時，若槽線南伸至30°N，且距颱風勢力範圍約5°~8°經度，則颱風會受中緯度槽線之導引向北或東北移動。

本文同時利用相當位溫在700MB上之值，來檢查何種路徑下之颱風對於台灣西部地區影響及造成災害程度較甚。此外，我們應用統計迴歸和經驗法則引入850 MB，700 MB及500 MB在30°N，120°E的重力高度值，來訂定出一轉向指數 (Turning Index)。本文尚屬初步分析之結果，後續我們將逐一地引入高層資料，地形、颱風強度、大小、範圍及內力因子 (beta效應) 等，繼續之。

一、前言

台灣位於亞熱帶地區，每值夏季來臨時，常常受到颱風的侵襲，根據Gray (1981) 之研究指出，全球年平均颱風總數約有三分之一發生在西北太平洋地區。因此，往往在颱風侵襲下所造成之生命與財產的損失，實在不可謂之不鉅；近年來，由於經濟發展神速，工商業的起飛，各項建設的紛紛地展開，使得颱風侵襲下所伴生之豪雨、強風、暴潮對於民生之影響顯著地已有大幅度增加之趨勢；是故，國內有「大型防災計畫」之催生，兼望從各種可能的作為上來減低災害所造成之損失。

處理颱風問題中，最常為人所探討的亦即尤為預報作業單位所重視的，首為路徑和強度的預報；國外的SANBAR (Sanders and Burpee 1968)，經由Pike (1972) 改進了其短時預報之準確率 (劉，1985)，雖然目前之預報方法確實已有相當程度的成果，但是學者們仍不斷地從颱風的內、外結構、發生機制、數值模擬、實驗室

模擬，統計以及合成方法上，企圖找出更好的方法使颱風預報準確率更臻完美。(Gray and Chan, 1982; Holland and Gray 1982; Holland 1980; Shea and Gray, 1973; Sadler, 1978等)。國內對於颱風預報準確率上所付出之努力及要求，不但逐漸提高，進而已從定性研究要求至定量的分析 (劉，1985)。

本文則是以台灣地區過去10年當中 (1973~1983)，民國62年至72年，舉凡颱風路徑經巴士海峽地區者均予以選出，進而著手合成分析，並加分類，企圖經由合成分析的結果，使天氣系統在不同條件下其系統特徵得以明朗化；另外，我們亦使用東港探空資料來分析在調查期間內700MB的相當位溫值，經由700 MB θ_e (Equivalent Potential Temperature) 之值可以評估何種路徑對於本省災害程度較強。除此；我們還利用了30°N，120°E上850 MB，700 MB及500 MB的高度場資料，訂出一個轉向指數 (Turning Index)，希望藉此可以實際地運用於颱風路徑預報

作業之中。

時 間	名 稱	強 度	轉 向 位 置
1973 10/02-10/10	娜 拉 (NORA)	超 級 強 烈 MAX SFC WIND160KTS	118.0°E 20.8°N
1976 6/23- 7/4	魯 碧 (RUBY)	強 烈 MAX SFC WIND120KTS	117.5°E 21.3°N
1976 5/12- 5/27	歐 加 (OLGA)	強 烈 MAX SFC WIND100KTS	119.0°E 18.4°N
1977 11/ 6-11/17	開 梅 (KIM)	強 烈 MAX SFC WIND125KTS	118.0°E 16.3°N
1977 7/21- 7/26	賽洛瑪 (THELMA)	中 度 MAX SFC WIND85KTS	119.6°E 20.5°N
1978 4/18- 4/26	歐莉芙 (OLIVE)	中 度 MAX SFC WIND85KTS	113.0°E 17.0°N
1981 11/19-11/27	伊 瑪 (IRMA)	強 烈 MAX SFC WIND135KTS	119.2°E 18.0°N
1982 8/21- 9/3	貨 衣 (FAYE)	中 度 MAX SFC WIND90KTS	119.8°E 18.2°N

(A)轉向颱風

時 間	名 稱	強 度	轉 向 位 置
1973 8/09- 8/12	喬琪亞 (GEORGIA)	中 度 MAX SFC WIND 70KTS	直 線 行 進
1974 10/21-10/27	黛 拉 (DELLA)	中 度 MAX SFC WIND 90KTS	"
1975 10/09-10/15	艾爾西 (ELSIE)	強 烈 MAX SFC WIND 135KTS	"
1979 7/26- 7/29	戈 登 (GORDON)	輕 度 MAX SFC WIND 60KTS	"
1979 7/27- 8/03	賀 璞 (HOPE)	強 烈 MAX SFC WIND 130KTS	"
1980 7/06- 7/11	艾 達 (IDA)	輕 度 MAX SFC WIND 60KTS	"
1980 9/14- 9/19	柏 西 (PERCY)	強 烈 MAX SFC WIND 125KTS	"
1981 9/15- 9/22	葛來拉 (CLARA)	強 烈 MAX SFC WIND 120KTS	"

(B)直線行進

表一 選取颱風個案一覽表

二、資料時間及方法

本文所選用之颱風係自民國62年至72年(1973~1983)，凡路徑通過 $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ ， $15^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{N}$ 者均將其取出，個案之總數計達16個(參見表一)。由於本文係屬初步分析，並另外將其強度、範圍及大小分開討論；但是在訂定轉向指數(Turning Index)的步驟上，我們考慮到運動物體質量中心(Center of mass)的概念，因而將颱風中心氣壓數值做為垂直發展強度上的參考，而後使用 30°N ， 120°E 上850 MB，700 MB及500 MB的高度場資料引入方程式中，來決定轉向指數之標準區間。在合成分析的處理過程中，我們亦曾遇到雙颱風的情況，由於在該種條件之下，系統有時表現地並不十分明顯，因此，我們利用了時間序列上平滑的方法，首先將非選取颱風的生命期決定，然後利用空間平均將其平滑但仍將選取個案保留；經由合成分析方法，我們可以將表現明顯的天氣系統加以明朗化，更可消除不同個案中之差異部份。如此，進而可以得知太平洋高壓系統與北方槽線在何種配置之下可以決定颱風的運動路徑。在運用東港探空資料上，我們分析了850 MB至450 MB的 θ 。垂直平均的情況，經由 θ 。700 MB上之值，我們可以看出何種條件之下的颱風路徑對本省影響較大。(Sikora 1976)

三、合成分析之結果

圖一為研究時間內16個颱風個案之路徑圖；經由筆者將颱風進入研究範圍內者，概略分成三種路徑，其一為沿太平洋高壓脊線南方進行者謂之直線行進(類型一)；凡有向北或轉向東北或北北東者，我們將其歸為轉向颱風，若颱風中心位置位於台灣——非島東方者，我們將其歸於類型二，位於西方者，歸於類型三。如此，我們可以看出在不同情況下(上述三種情況)，合成分析所表現出來的綜觀天氣系統相互配置之特徵。

決定颱風移動的動力可分內力及外力兩種。內力主要是由地轉偏向力所引起的，地轉偏向力使颱

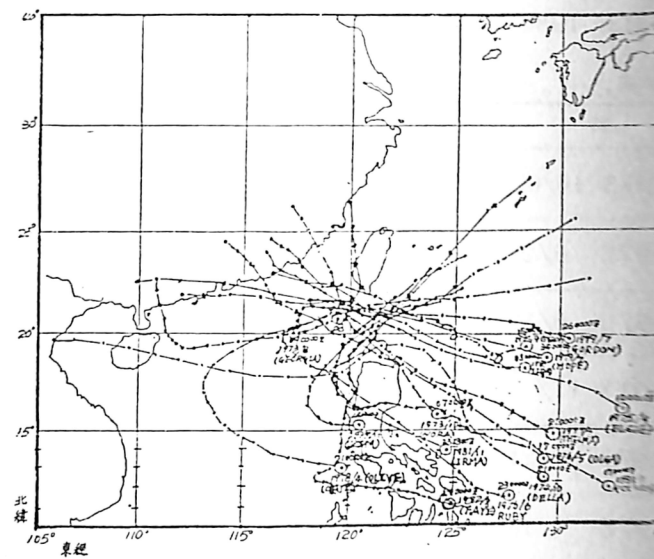


圖 1 選取 16 個個案之颱風路徑圖

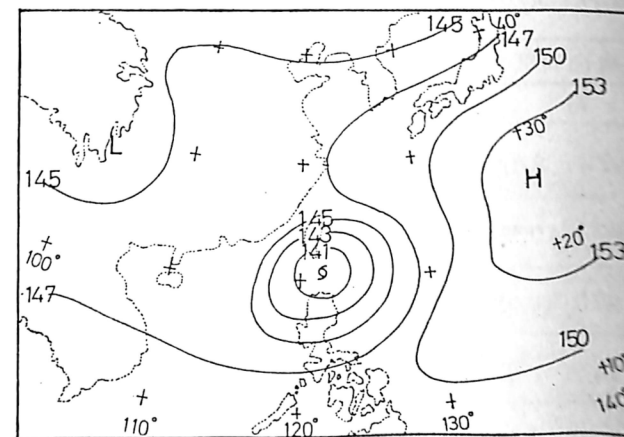


圖 2(a) 直線行進颱風 850 MB 合成分析圖

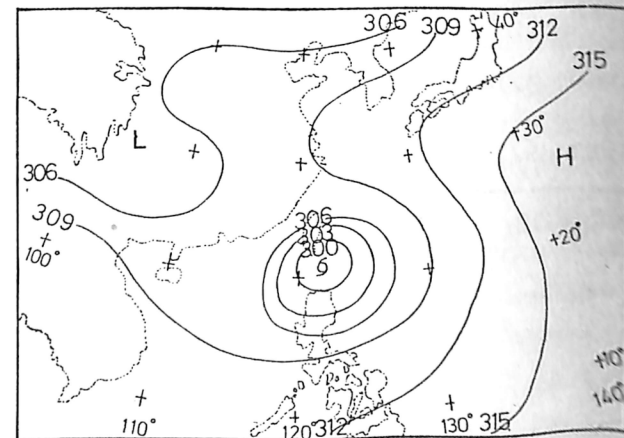


圖 2(b) 同圖 2(a)，700 MB

風北側東風區拉向右偏而有向北分量，南側西風區有向南分量，此種內力可促使颱風向北運動，颱風愈強，此種力也就愈大(Halland 1982；陳隆助，1977)。颱風移動的外力主要是其外圍的環境流場對颱風的駛引作用；颱風在副熱帶高壓南側東風氣流中移動時，就被東風引導向西移動，由於本文並不探討內力的各種條件，因此，合成分析乃本於駛流的理論下，研究太平洋高壓與北方低壓系統配置情況之關係。

圖二(a)為直線行進颱風 850 MB 的合成結果，圖中明顯地可以看出二項特徵，(1)太平洋高壓脊線位於 30°N 向西可伸入華中，(2)北方的地壓系統並不明顯。圖二(b)為同條件下 700 MB 合成之結果。(1)太平洋高壓脊線位 $30\sim 33^{\circ}\text{N}$ 附近，亦可伸入華中，(2)北方低壓系統在 700 MB 圖上仍不明顯，圖二(c)為 500 MB 合成之結果，由此圖中，我們明顯地看見太平洋高壓脊線呈東西排列，位置大約在 $28\sim 30^{\circ}\text{N}$ 附近，此時系統相當的明顯。圖三(a)

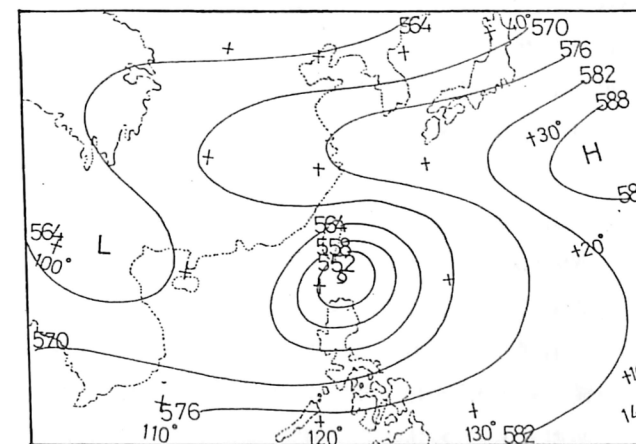


圖 2(c) 同圖 2(a)，500 MB

，為颱風位於台灣——非島東方時轉向路徑 850 MB 合成分析之結果，圖中可以看出太平洋高壓勢力僅僅伸至日本本州附近，北方低壓系統南伸至黃海附近。圖三(b)，為 700 MB 合成結果，此時太平洋高壓脊線顯著地已有東北—西南傾斜，北方槽線亦向東移至韓國附近，槽線向南可伸入長江口附近，此時環境場的駛流已顯著地有導引

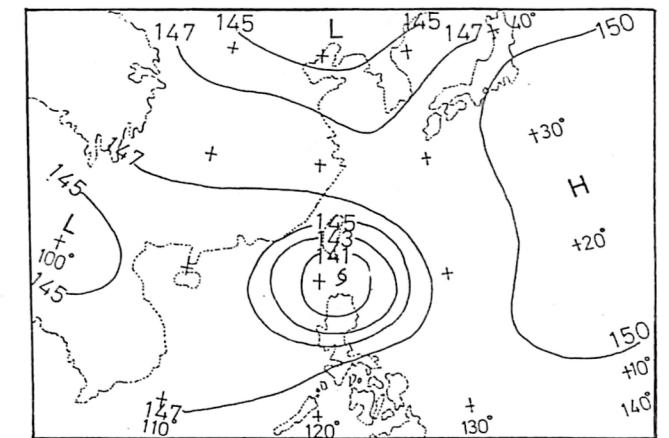


圖 3(a) 類型第二種，850 MB 合成分析圖 (轉向颱風)

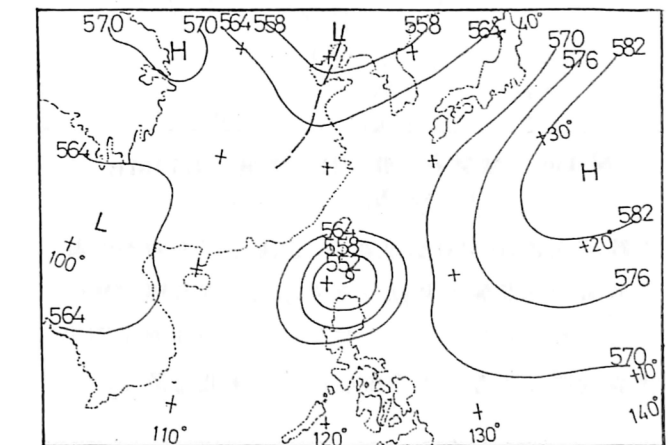


圖 3(b) 同圖 3(a)，700 MB

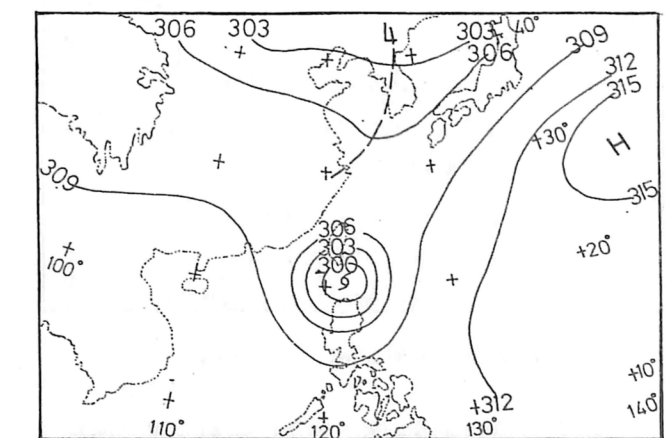


圖 3(c) 同圖 3(a)，500 MB

其向北或偏東的移動趨勢。圖三(c)，為 500 MB 合成結果；同樣地，太平洋高壓脊線呈東北——西南走向，指向菲島，北方的低壓系統槽線位於 700 MB 槽的後方，槽線向南伸入華中地區（ 30°N 附近）。圖四(a)，為颱風中心位於台灣——菲島西方轉

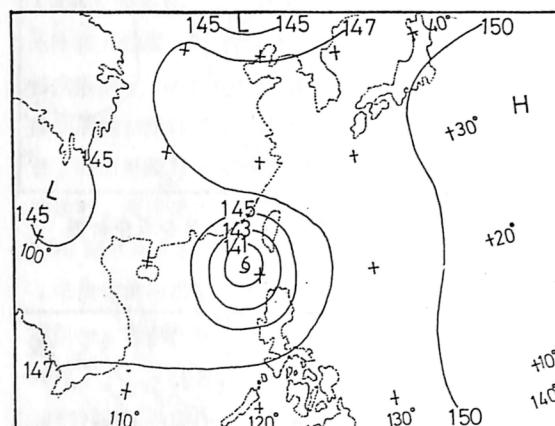


圖 4(a) 類型第三種(轉向颱風) 850MB
合成分析圖

向路徑之 850 MB 合成結果，由圖上似乎看不出颱風將有向北及偏東移動的條件，太平洋高壓脊線位於 $35^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 之間，並且一直向西伸展至四川雲貴地區，北方低壓系統位於我國東北。圖 4 (b)，

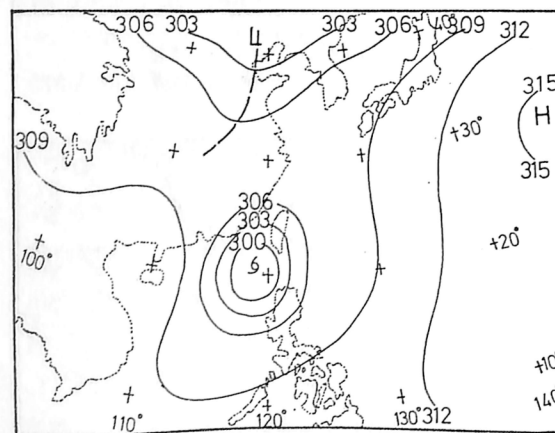


圖 4(b) 同圖 4(a), 700 MB

爲700 MB 合成結果，圖中太平洋高壓脊線之位置已有顯著的變化，30°N附近已看不出有很強的高壓脊線，另外在東北的低壓系統槽線時表現的倒十

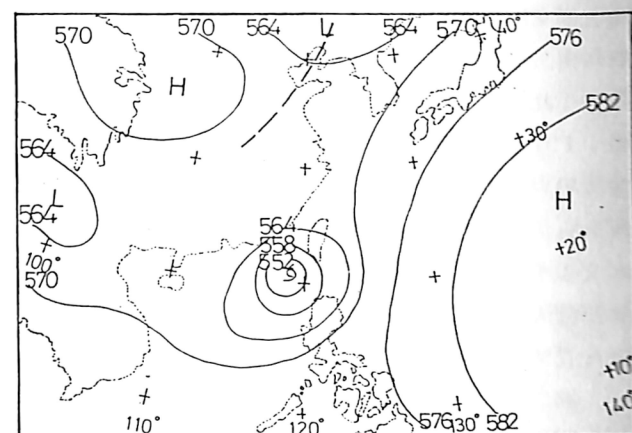


圖 4 (c) 同圖 4 (a), 500 MB

分地明顯，槽線向南一直可以伸入 30°N 附近，700 MB 的颱風北方駛流場，可以些微看出有轉向的特徵，再下來，我們再檢視同條件下 500 MB 合成之結果，見圖四(c)，由圖中可以看出，太平洋高壓在該區域內似乎有南——北縱向行走的趨勢，這可能是由於在 30°N 附近的脊線退縮，而在 10°N 附近的脊線再一次開始西伸的過渡期；另外北方低壓系統槽線仍舊與 700 MB 配置十分接近，槽線向南伸展可達 32°N 左右。由上述的三種條件下，我們定性的可得知下面幾項事實。

- (1) 直線行進颱風其太平洋高壓系統之強度，顯著
的此另二種情況下來得強些。
- (2) 850 MB 對於決定是否轉向而言，在合成結果
的第三型中，並不是很好的參考。
- (3) 所有轉向颱風中，北方低壓系統之槽線對於颱
風移動有相當的重要性，一方面槽線移入可使
波動調整，另外也可以使颱風北方風場（亦即
大範圍環境場）變化至有利其轉向的條件。
- (4) 北方低壓槽線若能南伸至 30°N 附近，且距
700 MB 及 500 MB 颱風勢力範圍約 5 個經
度至 8 個經度時，合成分析之結果指示其將轉
向。
- (5) 顯著地可以看出，從太平洋高壓脊線之調整，
直接地影響到颱風未來之路徑移動，因此 500
MB 上長波調整亦應是一項重要的參考因子。
根據 Gray (1982) 之合成研究中亦曾指出

500 MB 是很好的駛流參考，而 700 MB 則為最佳之移速參考，而劉（1985）亦曾指出在其研究台灣東方颱風的駛流以 500 MB 以上影響較大，李等（1982）則認為颱風之移動係隨著低壓流場（500 MB 以下）來行進。在本文之條件限制之下，發覺 500 MB 與 700 MB 應是較佳的駛流選定層，這一結果與 Gray（1982）李等（1982）所分析之結論是一致的。

四、相當位溫合成分析

熱帶型大氣基本上而言是普遍存在位勢不穩定的 (potential unstable)，當擾動接近時，中對流層會因為潛熱及可感熱之垂直傳送，使得相當位溫 θ_e 值增高；利用單站分析 θ_e 垂直剖面之變化，亦可以做為颱風是否侵襲下的一項參考因子 (Sikora, 1976；潘，1983)；由於對於相當位溫之研究與認識 (Hutchinson, 1962；Garstang, 1967；Sikora (1976) 將 θ_e 使用為颱風強度的度量因子，Dunnavan (1981)，便將 Sikora 之結果發展，使用 700 MB 相當位溫及中心最低氣壓值來預報颱風之強度變化。因此，我們亦將前面曾述及的三種情況下，利用東港探空資料檢視其垂直剖面圖上相當位溫的變化情況 (參見圖五)，圖中我們可看出，由中國南海北上而後轉向北或東北行進者，以及西北太平洋上颱風移至台灣——菲島西方者， θ_e 位在 700 MB 上所表現出來的比另外兩種情況下為高，其次則為直線行進者，而在台灣——菲島東方即開始轉向的颱風，其合成之 700 MB θ_e 值為最低。依據 Sikora (1976) 及 Dunnavan (1981) 的成果，我們推論，當颱風來自中國南海，而後直接在研究區域內入侵本省者，對本省所造成之災害最大，這一結果，定性上而言，可能與中央山脈南北縱向行走有關，山脈對於水汽，動量傳輸的影響也較為顯著，直線行進颱風所造成之災害為次，災害影響最小的則是當颱風仍在台灣東南方洋面上即行轉向者。由於筆者分析之東港探空位於台灣西岸，故災害程度影響以西岸而言；另外，眾所週知的，颱風若在台灣

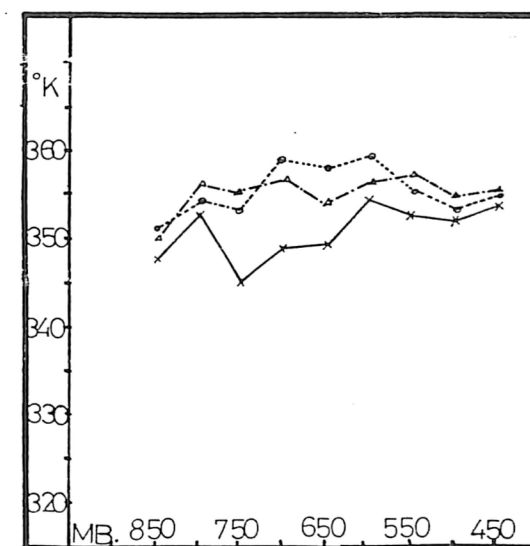


圖 5 θ_0 (相當位溫) 合成分析圖

○……○代表第三類型(轉向颱風)
×……×代表第二類型(轉向颱風)
△……△代表直線行進颱風

東面北進時，後續可引入旺盛的西南氣流，如此條件下，亦可夾帶大量的雨水蜂湧而至，引發暴雨或豪雨；由於本文僅以颱風中心固定於研究區域內而言，故不曾論及其整個生命史上所造成災害程度之評估。

五、轉向指數 (Turning Index)

Chan, Gray 及 Kidder (1980) 曾利用 V_p 與 V_n 兩項參數來訂定轉向指數, 其考慮之等壓面高達 900 至 200 MB , 然而由於其所參考之因子係為風場, 且計算時尚須先將座標旋轉, 使颱風過去 12 或 24 小時之中心位置連線為 Y 軸, 而後再計算 $5^\circ \sim 11^\circ$ 緯度圈內之平均 V_p 與 V_n 。但是在目前作業中由於(1)海洋上資料之欠缺, (2)利用高度內差值計算地轉風大小, 而後再行轉換行 V_p 與 V_n , 但是實際上, 颱風附近是否仍維持地轉平衡的假定仍有賴進一步的探討, 而颱風內部結構非地轉之事實早已為人們所接受, (3)熱帶地區客觀分析仍有待進一步的發展等因素。因此, 礙於作業上之困難及未確定性問題, 大部份之轉向指數之訂定仍以利用經驗法則, 迴歸方程或統計方法為主。

前文已曾指出，在颱風外力駛流條件考慮之下

事實上就是主要的二個綜觀天氣系統；其一是太平洋高壓，另一則為北方的低壓系統；太平洋高壓為一動力性高壓，當其西伸或東退時，對於颱風路徑影響至鉅。當北方低壓系統槽線伸至 30°N 附近時，亦可改變颱風北方之風場，使其有向北及向東之分量，而當颱風發展強度強時，垂直伸展亦應高些，從質量中心 (Center of mass) 的概念中，我們得到，若颱風發展強 (以中心最低氣壓為度量)，則駛流層之選訂應較高；反之若颱風強度弱，則其駛流層之選定應較低。因此，我們將颱風中心氣

壓數值 ≥ 960 MB 訂為標準，當 MSLP (Minimum Sea Level Pressure) ≥ 960 MB 時，轉向指數參考方程式 (1)，MSSP < 960 MB 時，轉向指數計算則參考 (2)：

$$(1) \dots \text{Turning Index} = (10 \times 850H + 30 \times 700H + 60 \times 500H) / 100$$

$$(2) \dots \text{Turning Index} = (5 \times 850H + 25 \times 700H + 70 \times 500H) / 100$$

850 H = 指 30°N, 120°N,

850 MB 上之重力高度值。

700 H = 指 30°N, 120°N,

700 MB 上之重力高度值。

500 H = 指 30°N, 120°N,

500 MB 上之重力高度值。

颱風名稱	NORA	RUBY	OLGA	KIM	THELMA	OLIVE	IRMA	FAYE
MSLP (MB)	975	980	990	985	960	955	990	980
Turning Index	4588.8	4586.6	4574.9	4555.0	4610.7	4882.0	4551.8	4598.3
颱風名稱	GEORGIA	DELLA	ELSIE	GORDON	HOPE	IDA	PERCY	CLARA
MSLP (MB)	990	970	920	990	900	983	967	960
Turning Index	4643.7	4695.5	4950.9	4606.2	5009.4	4613	4630.2	4623.3

表二：颱風個案中轉向指數計算表

計算結果顯示如表二；從 TI 結果中，我們發現，4600 值似乎是一項很好的參考值，轉向颱風中除了賽洛瑪 (THELMA) 及歐莉芙 (OLIVE) 兩者轉向指數大於 4600 外，其餘均小於該值，我們檢視了衛星雲圖發覺賽洛瑪之範圍並不十分地顯著，而歐莉芙 (OLIVE) 在 200MB 上可以分析的出一串 TUTT CELL；因此，我們相信，前述參數僅及 500 MB 仍有其不足的地方，後續研究中應將高層 (高於 500 MB) 資料亦參入考慮；而在直線進行颱風而言，所有的 TI 值均大於 4600；在此初步分析中，我們可知如是所定之 TI 值大略上可以提供為作業上的一項參考。

六、小結與建議

由於本文僅屬初步分析，未曾將地型、颱風強度、雙颱風情況，颱風大小及範圍加以深入探討，故後續工作仍將繼續進行，並逐一加入考慮。本文中合成分析的結果顯示，太平洋高壓對於颱風外力影響是絕對的，北方低壓系統槽線在 700 及 500 MB 最為顯著；轉向指數中亦可得到一初步的臨界標準值，當 TI > 4600 或 < 4600 時分別指示其為直線或轉向兩者情況。合成分析之 θ 。700 MB 值指出，當颱風來自南海或自太平洋行進至台灣西南方海域上時再行轉北或東北，此種情形對台灣西岸的影響較大，造成之災害程度亦較大，而災害程度危害最小的則是在台灣東南方海域即行轉向者。

由於合成分析時無法將西藏高壓與太平洋高壓系統明顯地分隔出來，實際上，有時西藏高壓可以

下伸至 500MB 等壓面，雖然勢力微弱，但對颱風移動不無影響作用。故實作時仍應考慮西藏高壓，和太平洋高壓是否斷裂，未來工作中加入高層之資料繼續研究，尤其應注意太平洋高壓及西藏高壓在 120° E 以東地區及以西地區不同之稟性 (梁，1984)。

致 謝

本文之順利完成，感謝劉廣英老師多方指導與督促。沈振雄及李雲龍兩位同志犧牲休假時間協助合成分析之工作，特此表示無限之感謝，最後還要謝謝氣象中心所有長官與同志給予我們的精神支援

參 考 文 獻

1. 李富城，馬汝安及張世潛，1982：颱風主要駛流層之選定與分析，中範圍天氣系統研討會。中央氣象局。
2. 梁瑞嶺，1984：夏季西太平洋副熱帶高壓與台灣地區天氣分析研究，行政院國科會專題研究 NSC-0202-M070-01。
3. 陳隆勛，1977：天氣學知識，颱風 PP.77 ~ 88。
4. 劉廣英，1985：颱風預報的過去現在與未來，天氣分析與預報研討會論文彙編 PP.217 ~ 229。
5. 潘大綱，楊明鏞，1983：韋恩颱風轉向時風場與溫度場之分析與探討，空軍氣象預報與分析第 97 期 PP.28 ~ 35。
6. Chan, Gray and Kidder, 1980: Forecasting tropical cyclone turning motion from surrounding wind and temperature fields M. W. R. Vol. 108 June, pp. 778-792
7. Chan and Gray 1982: On the physical processes responsible for tropical cyclone motion published by Dep. of Atmos. Sci., colo. state Univ., Fort Collins, 200pp.
8. Dunnavan 1981: Forecasting intense tropical cyclones using 700-MB equivalent potential temperature and central sea-level pressure, published by J. T. W. C. Tech. Note NOCC/JTWC 81-1 pp. 12.
9. Garstang, M, N. E. Laseur & C. Aspliden 1967 Equivalent potential temperature as a measure of the structure of the tropical atmosphere. Florida state Univ., Rep. No. 67-10, 44pp.
10. Gray, W. M. 1981: Recent advances in tropical cyclone research from rawinsonde composite analysis, published by Dep. of Atmos. Sci., colo. state Univ., Fort Collins, 407pp.
11. Hutchinson 1962: Typhoon forecasting U.S. Fleet/J. T. W. C. 1961 annual typhoon report, pp. 230-240.
12. Holland 1980: An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes M. W. R. August, Vol. 10, pp. 1212-1218.
13. Holland & Gray 1982: Tropical cyclone motion: Environmental interaction plus a beta effect. Published by Dep. of Atmos. Sci., colo. state Univ., Fort collins, 47pp.
14. Pike, A. C. 1972: Improved barotropic hurricane Track prediction by adjustment of the initial wind field. NOAA Tech. Memo. NWS SR-66 Fort worth TX, 16pp.
15. Sadler 1978: Mid-Season typhoon development and intensity changes and the tropical upper tropospheric trough W. W. R. August, Vol. 106, pp. 1137-1151.
16. Sanders, F. and R. W. Burpee 1968: Experiments in barotropic hurricane forecasting,

- J. Appl. Met., 7, pp313-323.
17. Shea & Gray 1973: The hurricane's inner core region. I. Symmetric and asymmetric structure J.A.S. Vol. 30, pp1544-1576.
18. Sikora 1976: An investigation of equivalent potential temperature as a measure of tropical cyclone intensity published by J. T. W. C. fleweacen Tech. note: JTWC 76-3 12pp.

The Composite Study on the Moving-Characteristic of the Typhoons Near Taiwan (I)

Ming-Wei Chen Da-Gang Pan Tai-Jun Kao

ABSTRACT

This composite study is aimed at finding out the characteristics of the sub-tropical high position as typhoon approaching 15° - 22° N, 110° - 130° E. We use 10 years (1973-1983) typhoons which suited for the research region, there were totally 16 of them, to do the composite study. The results illustrate that (1) 500MB and 700MB could be used as the best steering level for direction and speed respectively, (2) Mid-latitude trough should be paid more attention as it approaching to typhoon. We also use θ . (equivalent potential temperature) at 700 MB to check which kind of the tracks might cause the worst damage to the living and properties of Taiwan. Finally, we use The geopotential height at lower 3 isobaric surfaces on the Position (30° N, 120° E) to introduce a Turning Index. We hope, nevertheless a more detail adjustment is needed, it might be helpful for the forecasters in their operational routine work.