

中央氣象局現階段之颱風預報作業

謝 良

中央氣象局預報中心主任

摘要

在台灣地區，颱風的強度依照中心附近最大風速，分成輕度、中度、強烈及超級強烈颱風四個等級。本文主要介紹中央氣象局現在的颱風作業方法及預報人員所面臨的困難問題。在颱風定位方面，主要根據衛星雲圖分析及雷達觀測，對於強度達中度颱風以上者，一般均可相當精確定出其中心位置，而在初生階段之輕度颱風，或遇高低層中心分離而處於減弱階段之颱風，於定位時常遭到困難，而發生很大的誤差。在颱風路徑預報方面，採用的方法分成主觀及客觀方法兩大類。其中 HURRAN 及 CLIPER 兩種客觀預報法，經由長期間資料的校驗，其 24 小時路徑預報平均向量誤差依次為 170 公里及 173 公里，均低於中央氣象局正式發佈的預報向量誤差平均 177 公里，顯示這兩種方法最具有實用性，惟對於路徑異常，例如突然轉向、滯留打轉、或呈現不規則運動的颱風，仍缺乏預報能力，在此種情況下，主觀經驗預報方法仍有其一定的參考價值。

關鍵詞：颱風，氣候學，向量誤差。

一、前言

颱風是台灣最大的天然災害，平均一年有 3 至 4 個颱風侵襲台灣及鄰近海域，常導致嚴重的財物損失及人員傷亡。例如 1986 年 8 月的韋恩 (WAYNE) 颱風登陸台灣西部，造成歷年少見的災害，損失超過新台幣 200 億元。因此如何做好颱風預報，以減輕颱風災害成為最受關切的問題。中央氣象局為了因應實際需要，自 1977 年以來，每年颱風季在預報中心成立颱風預報工作小組，在颱風警報期間負責颱風預報與警報發布的任務。本文將針對氣象局颱風預報作業現況加以介紹。

二、颱風之分類

為了使一般大眾容易了解及分辨颱風的強度，氣象局將颱風按中心附近最大風速大小分成輕度颱

風，中度颱風，強烈颱風及超級強烈颱風四類（見表 1）。

表 1 颱風分類對照表

Table 1. Classification of typhoon by its intensity

颱風分類	中心附近最大風速		相當之風力 (級)
	每小時哩	每秒公尺	
輕度颱風	34~63	17.2~32.6	8~11
中度颱風	64~99	32.7~50.9	12~15
強烈颱風	100~129	51.0~66.9	16~17
超級強烈颱風	≥ 130	≥ 67.0	17 以上

三、颱風中心之定位

(一)外延法定位

假設颱風的移動狀況不變，根據過去 6~12 小時以內的最佳路徑位置以外延方式推斷颱風的最新位置。

(二)衛星資料分析定位

利用可見光或紅外線衛星雲圖研判：

1. 有眼時，根據眼的特徵定位。小而圓的眼即為颱風中心；大而圓的眼颱風中心可定在眼區的幾何中心；大而不規則的眼較難定位，應仔細研判雲圖選擇雲頂溫度最暖區之幾何中心，並參考過去之資料以確定颱風中心。
2. 無眼時，利用色調強化處理之紅外線雲圖，根據雲區型、中央密雲區型、低雲中心型、緊密彎曲雲帶型、冷逗點型及彎曲雲狀型等多種雲型分析判斷颱風中心位置。

(三)雷達回波資料分析定位

當颱風接近台灣，進入陸上雷達有效範圍，而颱風中心位於雷達探測距離之外，無法觀測到颱風眼壁或颱風強度太弱，無眼壁回波時，利用其外圍螺旋雨帶，以對數螺旋曲線來定位。多數發展成熟的颱風可觀測到螺旋狀雨帶。

若雷達回波到完整之眼壁回波時，可取其幾何中心為颱風中心。如眼壁回波不完整時，則需利用螺旋雨帶的曲率中心來確定颱風中心位置。

(四)地面天氣圖分析定位

在衛星及雷達資料缺乏的情況下，尤其在颱風登陸後受地形影響，強度、風速減弱，用衛星或雷達定位十分困難時，地面天氣圖分析成為颱風中心定位的重要依據。

1. 圓形等壓線之中心定位法：

颱風等壓線為圓形時，選擇氣壓大略相等的兩個測站，描繪兩測站距離的垂直等分線，颱風中心必在此線上。故由數個測站描製上述垂直等分線，可以求取其共同交會區的幾何中心定為颱風中心（圖 1）。颱風等壓線分布不是圓形狀態時，此方法之定位誤差較大。

2. 距離相交法：

(1) 颱風之氣壓分布投影線 (Profile) 可以由下述公式近似之，即

$$P(r) = P_\infty - \Delta P / (1 + r/r_0)$$

通常取 P_∞ 為 1015 mb， ΔP 為中心氣壓 (

P_0) 與 P_∞ 之差，而 r_0 為颱風中心與 ($P_0 + \frac{1}{2}\Delta P$) 等壓線間之距離。使用此公式可以設計一種圖，使氣壓分布在此圖上變成直線（如圖 2）。

- (2) 使用過去天氣圖時刻颱風附近之氣壓資料描成其氣壓剖面圖（圖 2）。
- (3) 假定颱風之強度，尺度與氣壓分佈狀態不變，使用測站 A 之氣壓值，由圖 2 中求取測站 A 與颱風中心之距離 r ，而以 A 為中心描 r 為半徑之圓弧。
- (4) 對其他測站作與(3)同樣的圓弧。
- (5) 取各個弧之交會區的幾何中心定為颱風中心，如圖 3 中所示。

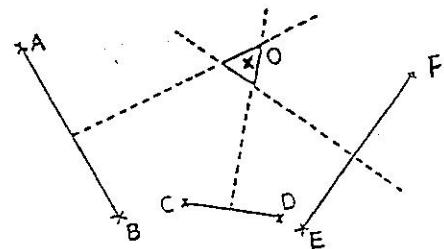


圖 1 垂直等分線法颱風中心定位作業圖

Fig. 1 Illustration of circular center method for deciding typhoon position

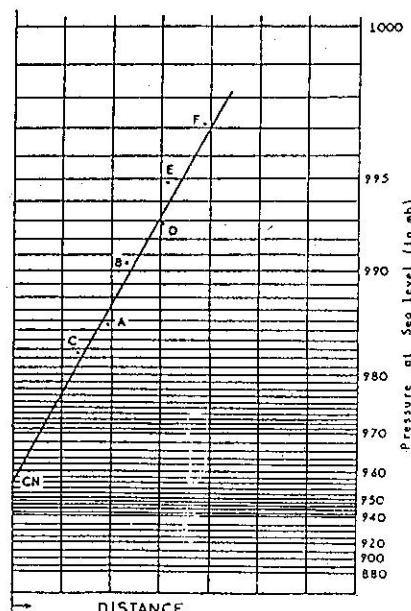


圖 2 颱風氣壓分布投影線

Fig. 2 Graph for determining the center reading of a typhoon

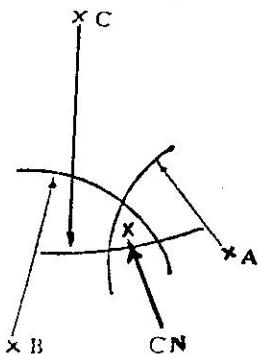


圖 3 距離相交法颱風中心定位示意圖

Fig. 3 Illustration of distance intersecting method for deciding typhoon position

實際颱風中心定位係參考上述各種方法所得的結果，作綜合研判而決定。

四、颱風強度變化之研判

(一) 綜觀天氣圖分析：

以天氣學的觀點作基礎例如颱風上空氣流場之配置， 200 mb 是否有強烈的外流管道（Outflow Channel）等。另外還考慮颱風附近海面海水溫度，以及颱風接近陸地時受地形的影響和颱風過去之移動情況，加速、減速、滯留、打轉等因素。

(二) 荒川法：

為一統計預報法（Arakawa, 1964），可預測未來廿四小時颱風中心氣壓值，但預測時需先有所根據天氣圖時刻之準確颱風中心氣壓。

(三) 衛星分析資料：

應用Dvorak氏之颱風雲型模式，分析所接收之GMS及NOAA衛星雲圖，並參考發自華盛頓與關島等地之NOAA、GMS和DMSP衛星分析電碼資料，以研判颱風強度之變化，並由Dvorak氏所創之經驗關係，估計颱風近中心最大風速及中心氣壓值。

(四) 利用雷達資料分析：

在颱風中心進入氣象雷達有效半徑之內時，可以由雷達幕上所顯示颱風眼變化，颱風中心附近降水回波之增強或減弱和螺旋帶形狀之改變情形，判斷颱風強度變化。

在實際作業時，需要應用上述各種可用之方法，綜合分析研判才能獲致正確的結論。

五、颱風路徑預報

颱風路徑預報為颱風預報作業最重要的一環，目前中央氣象局所採用的預報方法可歸納為主觀預報及客觀預報兩大類。

(一) 主觀預報法：

1. 外延法：假設颱風周圍的大氣環流形勢不改變，可用單純外延或考慮颱風的加減速度外推，對12小時內的預報有一定的參考價值。
2. 駛流法：利用 850 mb ， 700 mb ， 500 mb 或 700 mb ， 500 mb ， 300 mb 三層平均氣流，視颱風強弱選用不同的（氣壓）高度，作為駛引氣流。在中度颱風以上採用較高層（ $700\text{--}500\text{--}300\text{ mb}$ ）的平均氣流。
3. 等變壓法：此法的基本觀念，是颱風有朝向氣壓或高度下降最大區移動的趨勢。在地面圖常用12或24小時等變壓圖，當颱風接近陸地時，利用選定測站逐時的氣壓變化來判斷颱風中心可能登陸的地點。在高空圖，則常用24小時高度變差。
4. K指數法：利用K指數的分佈圖，颱風有指向高溫高濕即K指數最高區域移動的趨勢。
5. 緯流指數法：緯流指數是量度中緯度西風強度的指標，而西風強度是整個北半球天氣系統配置及移行的重要控制因素，當長波槽移進 110° E 時，緯流指數降低，有利於颱風轉向東北。當太平洋高壓西伸則緯流指數升高，利於颱風西進。
6. 可降水量法：利用可降水量的觀念，計算颱風周圍廣大區域各測站上空的水汽含量，在颱風行進及發展過程中，有指向最大可降水量區移動的傾向。
7. 控制點法：王崇岳（1978）利用700毫巴颱風北方及東方 10° 緯度的高度值為控制點，統計其與颱風移動方向速率的關係，用以定性研判颱風未來之動向。

(二) 客觀預報法：

1. HURRAN (HURRICANE ANALOG) 法：
本方法由汪群從與張月珠（1975）首先引進，胡仲英與陳熙揚（1976）加以改進後正式納入颱風預報作業，使用範圍限於 150° E 以西地區。HURRAN法中對於類似歷史颱風的選擇條件，共有六項：
 - (1) 歷史颱風路徑中最接近現在颱風的位置(X_k , Y_k)，其距離不得大於300海浬。

(2) 計算歷史颱風路徑在($X_{k'}$, $Y_{k'}$)點的移動方向 $\theta_{1'}$ 與現在颱風的移動方向 θ_1 ，須滿足：
 $| \theta_1 - \theta_{1'} | \leq 22.5^\circ$

(3) 計算歷史颱風在($X_{k'}$, $Y_{k'}$)點的加速度方向 $\theta_{2'}$ 與現在颱風的加速度方向 θ_2 ，須滿足：
 $| \theta_2 - \theta_{2'} | < 90^\circ$

(4) 計算歷史颱風在($X_{k'}$, $Y_{k'}$)點的速率 V' 與現在颱風的速率 V ，須滿足：
① $| V - V' | < 5$ (海浬/時)，
當 $V < 10$

② $| V - V' | < 10$ (海浬/時)，
當 $10 \leq V \leq 20$
③ $| V - V' | < 15$ (海浬/時)，
當 $V > 20$

(5) 計算歷史颱風($X_{k'}$, $Y_{k'}$)點的加速率 a' 與現在颱風的加速率 a ，須滿足：

① $| a - a' | < 2.5$ (海浬/時)，
當 $a < 5$
② $| a - a' | < 5.0$ (海浬/時)，
當 $5 \leq a \leq 10$
③ $| a - a' | < 7.5$ (海浬/時)，
當 $a > 10$

(6) 歷史颱風在($X_{k'}$, $Y_{k'}$)的日序 T' 與現在颱風的日序 T ，須滿足：

$$| T - T' | \leq 30$$

歷史颱風如滿足上述 6 個條件，則將路徑平移，並進一步用現在颱風位移的持續性及歷史颱風個別的相似性來作權重修正，以決定 12 至 72 小時歷史颱風的修正位置。假設歷史颱風中心位置合乎雙變常態分配 (Bivariate Normal Distribution)，亦即在 X-Y 平面颱風中心位置散布為一橢圓，橢圓中心即為預測颱風的中心位置。

2. CLIPER (Climatology and Persistence) 法：

CLIPER 法中所使用的基本預測因子有颱風現在經緯度 (X_0 , Y_0) 現在移動速度的東西與南北分量 (U_0 , V_0)，及 12 小時前之東西與南北分量 (U_{-12} , V_{-12})，最大風速 (浬/時) W ，日期 D (日序 135 ~ 334) 等 8 個，與這些因子二次及三次組合。

預報迴歸方程如下：

$$DX = C_{11} + \sum_{i=1}^6 \sum_{j=2}^8 C_{ij} \cdot P_j$$

$$DY = C_{11} + \sum_{i=1}^6 \sum_{j=2}^{14} C_{ij} \cdot P_j$$

DX , DY 表示東進及北上距離 (浬)， P_j 為預測因子， C_{11} 表示常數， C_{ij} 表迴歸係數。

CLIPER 法由陳毓雷 (1978) 引入加以改進，並用太平洋地區颱風資料篩選作出之迴歸方程 (如表 2)，只用於預測颱風未來 24 及 48 小時的預報位置，適用範圍在 $160^\circ E \sim 110^\circ E$ 之間， $40^\circ N$ 以南之太平洋及南海地區。

3. PC (Persistence and Climatology) 法：

本方法直接引用自 Aoki (1979)，係參考 NHCC 之 CLIPER 法所設計之綜合持續性與氣候學法。依北緯 20 度，東經 120 度劃分為四個區域，並依不同月份作出逐步迴歸方程式以預測未來 12 至 48 小時颱風位置。預報因子有颱風中心氣壓、日期、颱風現在、過去 12 及 24 小時位置、颱風移動方向、速率等資料。

4. CWB-81 類比法：

陳熙揚 (1980) 應用 HURRAN 法的原理，取與現在颱風日序前後 10 日及中心位置距離現在颱風 $\pm 2.5^\circ$ 緯度， $\pm 5^\circ$ 經度範圍內之歷史颱風作為選取標準並參考 PC 法，根據颱風過去 12, 24, 36 及 48 小時的移動方向、速率以及加速度等因子，選出 28 個參數，並考慮區域及月份的不同，均一一給予客觀權重參數，再進一步計算相似指數 (Similarity Index) 如下式：

$$SI = \sum_{I=1}^{28} W(I) | C(I) - P(I) |$$

$C(I)$ ：為所預測颱風的 28 個因子

$P(I)$ ：為歷史颱風的 28 個因子

以決定選到的每一個歷史颱風的最佳位置，再依其與現在颱風相似程度排列，並一一賦予號碼 (Rank Number)，將歷史颱風最佳位置及其以後路徑平移至現在颱風位置 (如圖 4)，並以現在颱風及類似颱風 12 小時前速度向量為修正值 (如圖 5)。

所有類似颱風經調整路徑後，吾人即可獲得每一類似颱風初始位置及其以後的所有位置，利用這些位置即可依下式求得未來 12 至 72 小時的權重平均路徑 (Jarrell and Wagoner, 1973)：

$$LAT_p = \frac{\sum_{i=1}^N [N - (Rank)_i + 1] (Latitude)_i}{N(N+1)/2}$$

表 2 適合於西太平洋區 CLIPER 法之迴歸方程

Table 2. Predictors and regression coefficients of CLIPER method suitable for western Pacific region

預報目標	預報因子	迴歸係數	預報目標	預報因子	迴歸係數
Y_{24} (南北位移)	V_0	19.40045	Y_{48} (南北位移)	$L_0 V_0$	243.36670
	V_0	21.67126		$L_0 U_0 D$	1.46905
	$U_0^2 V_0$	-0.01571		$V_0 V_{-12} U_{-12}$	-0.00189
	$L_0^2 U_0$	-0.00197		$L_0 D$	0.08111
X_{24} (東西位移)	U_0	5.51924		$L_0 W D$	-0.10198
	U_0	22.44386		$L_0 \ell_0 D$	0.00013
				$D^2 U_{-12}$	0.00053
				$V_0 D^2 U_{-12}$	0.00006
				$V_0 U_0 U_{-12}$	0.04328

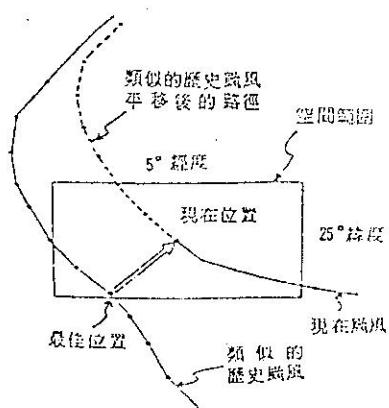


圖 4 類似颱風路徑之平移

Fig. 4 Track translation of analog typhoon

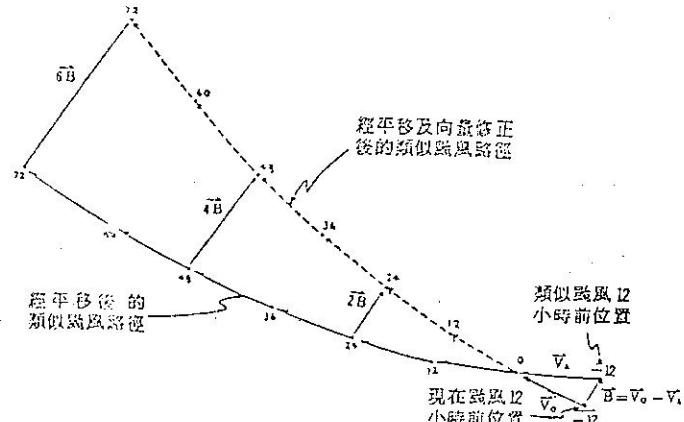


圖 5 類似颱風路徑平移後的向量修正圖

Fig. 5 Velocity-difference vector bias adjustment

$$LON_p = \frac{\sum_{i=1}^N [N - (Rank)_i + 1] [Longitude]_i}{N(N+1)/2}$$

上式中 P 代表 12、24、36、48、60 及 72 小時，N 則為類似颱風的個數，(Rank)_i 指第 i 個類似颱風的順序號碼。[Latitude]_i 是第 i 個類似颱風對應於 P 時的緯度數。[Longitude]_i 則為第 i 個類似颱風對應於 P 時的經度數。至於 LAT_p 及 LON_p 則為對應於 P 的權重平均預測位置。

此時，如吾人假設上述各類似颱風調整路徑後 12 至 72 小時的位置合乎雙變常態分配 (Bivariate Normal Distribution)，亦即在 X—Y 平面上颱風中心的分布為一橢圓，橢圓的中心即為預測颱風中心位置。

本方法預測範圍涵蓋 150° E 以西的北太平洋及南中國海，可預測颱風未來 12、24、36、48、60 及 72 小時的位置。

5. 荒川法

本方法引用荒川(Arakawa , 1964)統計西太平洋 1956 ~ 1960 年颱風資料，根據 374 次颱風運行路徑與颱風中心最低氣壓而迴歸預測公式，以北緯 26.9° 以南為南區。此方法預測 24 小時的颱風路徑，一般皆有偏右的傾向。經多年來的應用發現，假如綜觀氣壓場無顯著的改變以計算所得 12 小時的預測位置及原氣壓場為初始值，再求另 12 小時之預測值，所得的結果比直接求 24 小時的預測位置有改進。

6. 動力學法(相當正壓模式)

蔡清彥(1977)以相當正壓模式預報垂直平均流線函數的方法，來預報颱風的路徑，此模式在物理上考慮了 β 效應、颱風與環流的交互作用，並將其各種不確定及未包括的物理過程，涵蓋於 Helmholtz Term，藉著經驗常數 H 的決定，對太平洋副熱帶高壓系統的位移及颱風運動，做最適當的預報。其基本方程如下：

$$\frac{d}{dt} (\xi + f) = H \frac{\partial \psi}{\partial t}$$

模式預報範圍東西大約為 70° E 至 170° E，南北大約為 10° N 至 65° N，在蘭伯特(Lambert)投影圖上網格點(20 , 12)所對應的地理位置是(120° E , 30° N)，網格間距 240 km，網格總數為 39 × 29，台灣大約位於圖中央的下方。在初始場的建立上，由於海洋上觀測資料的缺乏，須加入虛擬颱風的渦度，並求解包桑(Poisson's Equation)方程，以得到初始流線函數場的分布；其中流線函數採用 1000 mb 至 100 mb 共七個標準層梯形積分後的平均。在數值方法上，為避免計算能量分散(Computational Dispersion)的現象，採用 Quasi-Lagrangian Scheme，追蹤空氣移動的軌跡，所有非網格點上的數值，採用四點線性內差法。積分時距為 30 分鐘，側邊界條件為輻射邊界條件(Radiation Boundary Condition)或稱為上游邊界條件(Upstream Boundary Condition)。

謝信良等(1986)曾利用關島 JTWC，1959 ~ 1977 年北太平洋西部 120 個颱風最佳路徑資料，針對 HURRAN , CLIPER , PC 及 CWB-81 四種客觀預報方法作校驗分析，發現颱風 24 小時的預報向量誤差(Vector Error)，以 HURRAN 誤差最小，為 150.7 公里，CLIPER 次之為 164.5 公里，CWB-81 及 PC 分別為 176.1 公里及 392.4 公里。

里。48 小時的預報誤差仍以 HURRAN 最小，但較 24 小時誤差約增加了一倍(306.0 公里)。李清勝(1988)分析 1962 ~ 1987 年間中央氣象局(CWB)發佈警報的 150 個颱風之 24 小時路徑預報誤差，並與 HURRAN , CLIPER , CWB-81 三種客觀預報方法作比較(表 3)，發現：就長期平均而言，HURRAN 及 CLIPER 兩種方法的誤差比 CWB 的預報誤差(177 公里)為小，可見此兩種方法最具參考價值。然而對於路徑怪異的颱風而言，目前這些氣候統計預報法，在颱風路徑發生變化的關鍵時刻都無法有效預報颱風的動向。例如 1986 年兩度登陸台灣的韋恩(WAYNE)颱風，CWB , HURRAN 及 CLIPER 的 24 小時平均向量誤差依次為 181 公里，232 公里及 299 公里，此結果顯示主觀之預報方法在颱風預報作業上仍具有一定的價值。

表 3 1962 ~ 1987 24 小時颱風預報向量誤差(單位：公里)

Table 3. Mean vector errors of 24-hour typhoon track forecasts

方 法	平均誤差	標準偏差	資料個數	颱風個數
HURRAN 法	170	119	494	109
ANALOG 法	184	131	187	43
CLIPER 法	173	110	751	141
CWB 預報	177	105	756	150

六、結語

颱風定位的精確與否，直接影響到路徑預報的準確性。自 1987 年夏季美國終止派遣飛機偵察西太平洋颱風以來，颱風中心定位主要依靠衛星雲圖資料的研判，因為地上雷達受到有效測距的限制。一般強度達中度以上之颱風均可以相當準確地判定其中心值，但是遇到初生(輕度颱風)階段，或高低層中心分離(減弱階段)之颱風，往往會因其雲系結構不完整，研判不易而造成很大的誤差。此為現階段颱風預報作業所遭遇到的主要困難問題之一。

目前中央氣象局使用的各種客觀路徑預報方法

仍以氣候及統計預報法為主。由李清勝(1988)的校驗結果顯示，HURRAN及CLIPER兩種方法的長期平均24小時路徑預報誤差依序為170公里，173公里略小於氣象局正式對外發布的預報(177公里)。然而這些方法對突然轉向，滯留打轉或呈現不規則運動的颱風仍缺乏預報能力，對這些異常路徑颱風，主觀預報方法仍有其一定應用價值。1986年侵台的韋恩颱風預報結果就是一個很好的例證。

颱風路徑預報方法甚多，如何充分利用各種預報指引，綜合研判做最佳的路徑預測，是所有從事颱風預報人員所面臨的最大挑戰。為了提昇颱風預報能力，發展颱風預報作業人工智慧系統，以輔助預報人員作分析研判是我們目前正在積極努力的目標。

參考文獻

- 王崇岳，1978：天氣學(下冊)，400 PP。正中書局。
- 李清勝，1988：台灣地區颱風路徑之預報分析。大氣科學，16，133～140。
- Aoki, T., 1979: A Statistical prediction of the Tropical Cyclone Position Based on Persistence and Climatological Factor in the Western North Pacific (the PC Method), Geophysical Magazine vol. 38, No. 4, pp. 17-28.
- Arakawa, H., 1964: Statistical Method to Forecast the Movement and the Central Pressure of Typhoon in the Western North Pacific, J. Applied Met., 3, 524-528.

汪群從、張月珠，1975：颱風中心之運動。國科會論文彙編，7，93～108。

吳宗堯、謝信良，1988：現有颱風預報研究成果作業化之研究(-)，國科會防災科技研究報告77～26號，144 PP。

胡仲英、陳熙揚，1976：利用客觀比擬法預報颱風路徑之研究。氣象學報，22，8～16。

陳毓雷，1978：大漢流域颱風暴雨量預報之研究，氣象預報與分析，74，16～26。

陳熙揚，1980：利用類比法預測颱風路徑之研究。氣象學報，26，1～13。

蔡清彥，1977：颱風路徑之數值預報實驗。國立台灣大學科學系研究報告。NWP-04號。

謝信良、劉復誠、王忠山，1986：颱風路徑客觀預報方法在台灣及鄰近地區應用之初步研究。氣象學報，32，1～25。

廖學鎰，1985：國外颱風預報作業之評介。天氣分析預報研討會總結報告，231～251。

Jarrel, J.D. and Somervell, Jr. W.L., 1970: A Computer Technique for Using Typhoon Analogs as a Forecast Aid, Naval Weather Research Facility, Tech. Paper No. 6-70.

Jarrel, J.D. and Wagoner, R.A., 1973: The 1972 Typhoon Analog Program (TYFOON-72), Environmental Prediction Research Facility, Tech. Paper No. 1-73.

AN OVERVIEW OF PRESENT TYPHOON FORECAST OPERATION IN CENTRAL WEATHER BUREAU

Shinn-Liang Shieh
Central Weather Bureau

ABSTRACT

In Taiwan, typhoons are classified into four intensity classes according to the central maximum surface wind speed, namely, weak, moderate, intense and super typhoons. The current operational techniques employed in typhoon forecasting at the Central Weather Bureau will be discussed in this paper. Analysis of satellite imageries and radar observation data are routinely used to determine the central location of typhoon. Verification analysis results indicate quite reasonable accuracy in positioning moderate and intense typhoons, however they may produce large errors for weak typhoons, and for typhoons whose centers are not vertically aligned. After long term verification of forecast methods used for track predictions, it is found the well-known HURRAN and CLIPER methods provided better forecasts. The two models yielded mean 24 hour vector errors of 170 and 173km, respectively, as compared with 177km for the official forecasts. However, it is also revealed that the empirical subjective forecasts continue to play important roles in the track predictions of typhoons that turn suddenly, loop, or move erratically.

Keyowrd: Typhoon, Climatology, Vector error.