

# 颱風之路徑與其預報

## *Tracks of Typhoons and Their Prediction*

徐 明 同

*Ming-Tung Hsu*

### Abstract

Prediction of typhoon's tracks is a rapidly developing problem at present. In this article, firstly, mean tracks in the northern part of the west Pacific Ocean are presented. Secondly, various new methods of prediction currently used at the meteorological agencies in U. S. A. and Japan, such as, (i) persistence, (ii) climatological, (iii) synoptic, (iv) statistical and (v) dynamical, are introduced in detail.

### 一、前言

在臺灣地區，颱風路徑之預報是一個很重要的問題。此問題正在急速發展之中。本文將繼颱風之發生與發展等問題（註一），介紹美、日氣象機構現用之各種路徑預報方法以供同仁參考。

根據 Bergeron (1954, 註二)，世界各地熱帶低氣壓之發生區域與路徑如圖一。由此圖可知，熱帶低氣壓只發生在赤道槽上。在北半球其路徑先向西進，然後轉西北再轉北者較多，其中一部分向東北進行。在南半球，向南至東南進行者較多。在南大西洋與南太平洋東部，幾乎沒有發生過熱帶低氣壓。

### 二、北部太平洋颱風之路徑

與我們關係密切者為北太平洋西部之颱風。圖二係清水 (1971, 註三) 所製，表示北太平洋西部三十年間 (自 1940 至 1969) 年颱風出現次數與平均路徑。在此期間出現之颱風總數達 856 次，年平均為 28.5 次。平均路徑係連接出現次數最大處而得來。由此圖可知，此區域颱風主要路徑有三種，即

#### (一) 西進型

發生在密克羅內西亞 (Micronesia) 海域，經過馬紹爾 (Marshall) 羣島，關島 (Guam)，雅普 (Yap) 島，菲律賓東方海上，菲律賓北部後，進入南海，然後登陸華南或印度支那半島。

#### (二) 轉向型

屬於此型者，與西進型在菲律賓東方海上分離，而轉向後，向東北進行，經過臺灣東方海上，日本列

島南方海上，繼續向東北進行。

#### (三) 北上型

在馬利亞納 (Mariana) 羣島附近，大約沿東經 140 度經線，向北進行至日本列島東部海上。

圖三 (註三) 表示月平均路徑，西進型在夏天，其緯度達到最高至呂宋島北部，然後逐漸南下，而在冬天，顯示最低緯度，到達呂宋島南部。

轉向型在六月至十月間比較多，六月間轉向點最偏西，然後逐漸偏東，轉向角度在六月比較緩慢，然後變為顯著，到十月，轉向角度變成銳角。這和駛引 (Steer) 颱風之太平洋高氣壓勢力，西風強度及其緯度之季節性變動等大有關係。

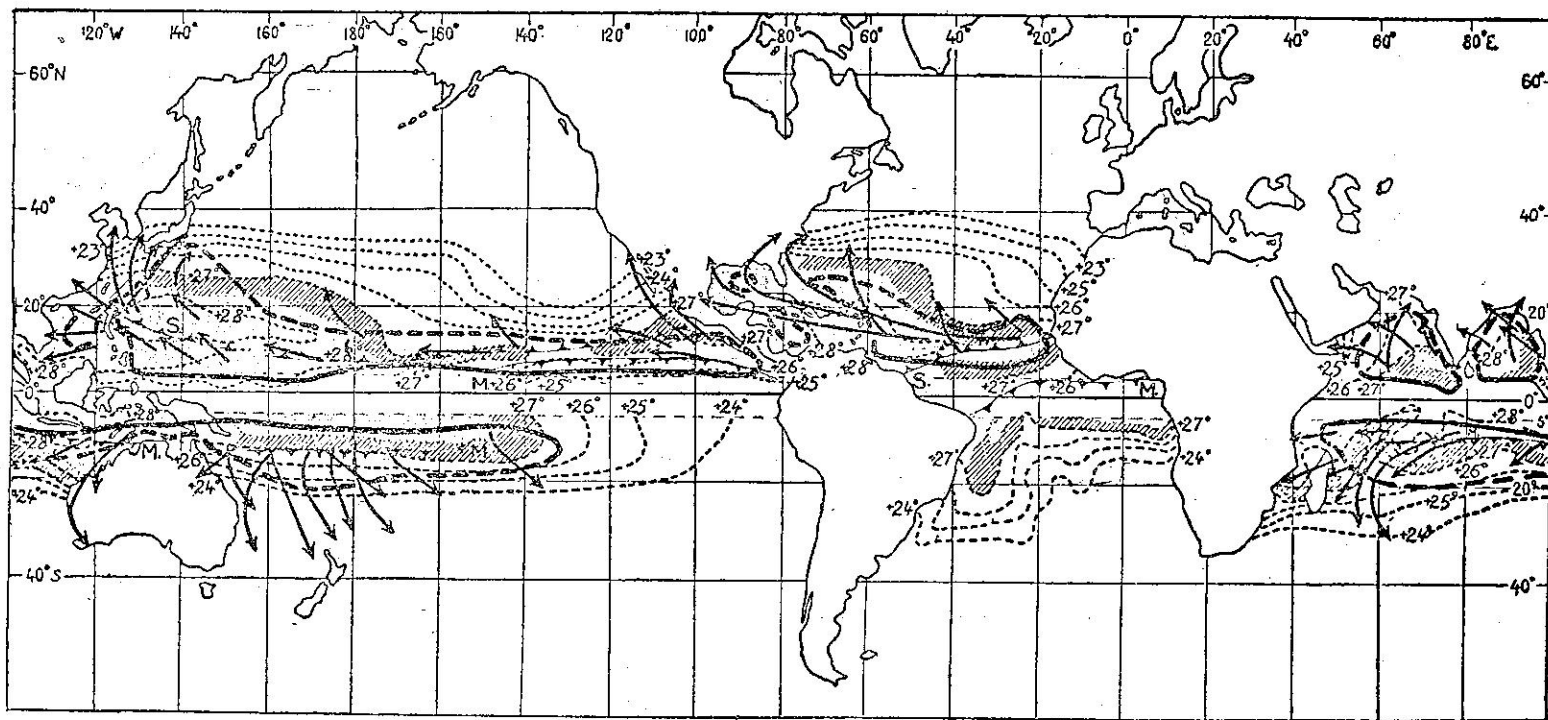
北上型幾乎夏天才會出現，特別是在盛夏八月間，其次數比轉向型為多。此型常呈反常路徑，為其特徵之一。

### 三、颱風路徑之預報

前面已述，颱風之平均路徑，如個個颱風都依照平均路徑進行，其預報就很簡單，但事實上，每個颱風之路徑和其平均路徑有很大偏差，故其路徑預報就不是容易之事。因此氣象學者必須想出各種預報方法，以供社會上需要。下面將介紹目前在美國及日本之氣象機構所採用的六種主要颱風路徑預報方法。

#### (一) 持續法 (Persistence) 亦名外延法

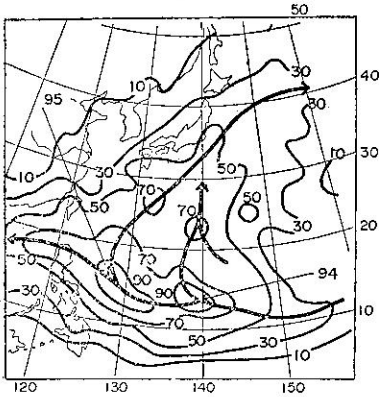
颱風在過去一段時間內的移動，係包含颱風在內廣大區域的平流 (Advection) 和力學上外力所支配，故假定今後若干時間內，這些因素沒有變化；換



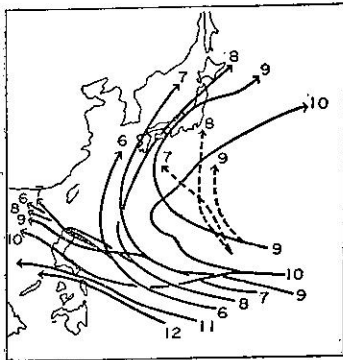
- |        |            |       |                                |
|--------|------------|-------|--------------------------------|
| -----  | 平均氣溫       | ----- | 颶風發生域之極側近似界限                   |
| S----- | 九月赤道槽之平均位置 | ----- | 颶風發生域之赤道側近似界限                  |
| M----- | 三月赤道槽之平均位置 | ▨     | 表示平均氣溫在 27°C 至 27.5°C 之區域 (三月) |
| ←      | 颶風路徑       | ▩     | 表示平均氣溫高於 27.5°C 之區域 (九月)       |

圖一 世界各地熱帶低氣壓之發生區域與其路徑

言之，目前的狀況再持續一段時間，今後的移動即進行方向和速度就和過去相同。持續法亦名外延法



圖二 北太平洋西部颶風之出現次數與平均路徑 (1940-1969)



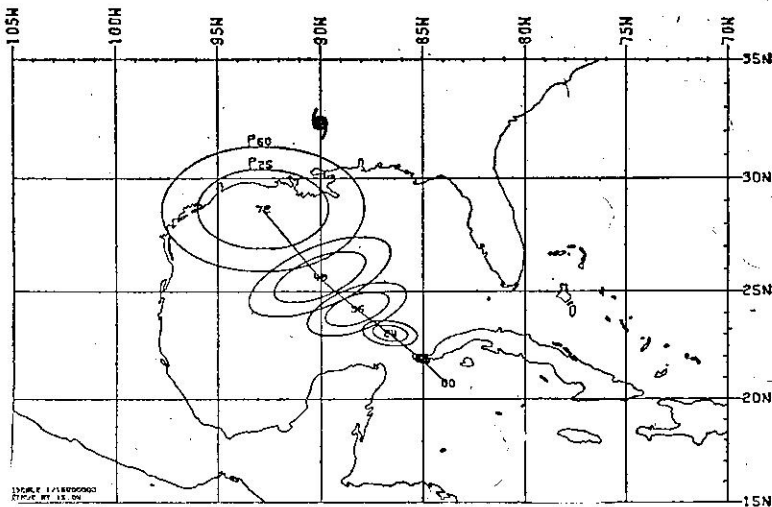
圖三 北太平洋西部颶風之月平均路徑 (1940-1969)

(Extrapolation) 就是根據上述原理，以過去速度（包括方向），預測未來颶風路徑。此種方法，預報時間較短時，（例如十二小時以內）準確度很高，尤其在颶風尚未轉向以前很有效，但預報時間較長或接近轉向點，其準確度就急速減低。有時不只用上述單純的外延，更進一步考慮加速度。這種方法，颶風轉向後在中緯度時，特別有效。

(二) 氣候學預報法

此方法係利用颶風之氣候學的性質，即各季節或各地區進行方向及速度之統計值，來做路徑的預報。由過去的統計值中，尋找與現在颶風之狀態，最類似的例子，而以此例做樣本，預測颶風路徑。這種方法也叫做類似法 (Analogue method)。在美國叫做氣候和持續法 (Climatology and Persistence method) 簡寫為 CLIPER。此外屬於此類者還有 HURRAN,  $(P+C)/2$ , Burroughs 和 Brand (1973, 註四) 等方法。

(i) HURRAN (HURricane ANalogue) 之簡寫 (此法係 Neumann 和 Hope (1970, 1972, 註四和註五) 使用 1896 年至 1968 年北大西洋熱帶低氣壓包括颶風之資料，而發展出來的方法。他們把過去這一段時間內所有熱帶低氣壓的資料，收錄在磁帶內，而由過去熱帶低氣壓之狀態（位置，進行方向和速度，日期）中，尋找類似現有颶風，然後計算這些類似者。十二，二十四，四十八，七十二小時後位置（緯度和經度）之算術平均值，而以此值做為預測值，求新的颶風位置。所有計算都使用電子計算機來



圖四 HURRAN 法之預報例子

做。選擇類似熱帶低氣壓的基準如下：

(a) 在現在位置 (緯度, 經度), 2.5 (緯) 度以內者。

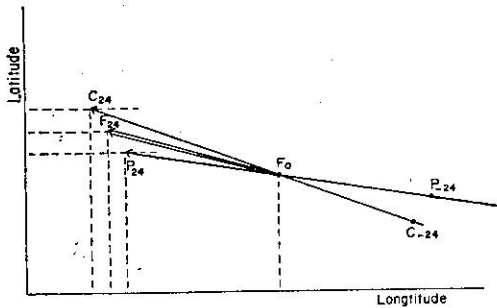
(b) 日期在前後十五天以內者。

(c) 進行方向在現在進行方向 ±22.5° 以內者。

(d) 關於進行速度, 現在速度小於十節 (Knot) 時, 為±五節以內者; 現在速度十至二十節時, 為其五十至一百五十%者; 現在速度二十節以上時, 為±十節以內者。

圖四表示其預報例子。圖上橢圓表示出現機率五十%及二十五%之範圍。

(ii) (P+C)/2 法: 此法在日本以及東南亞各國, 廣泛地採用 (註七)。原理是利用持續性 (P) 和氣候學的性質 (C) 之平均值, 做為預測值。有時考慮 P 和 C 之加權。圖五表示其計算方法。圖中 C 和 P 依次表示氣候學的方法和持續性 (外延) 法所得位置, 而接尾數字 -24, 和 24 表示二十四小時前和二十四小時後之意。F<sub>0</sub> 表示現在位置而 F<sub>24</sub> 表示二十四小時後之預測位置。



圖五 (P+C)/2 法之解說圖

(iii) CLIPER 法: Neumann (1972, 註八) 改良 HURRAN 法, 而同時考慮 颱風之氣候學的 (CLImatological) 性質及持續性 (PERsistance), 取兩者前面三箇英文字, 叫做 CLIPER 法。所用的基本預測因子 (Predictor), 有 颱風之現在經度 (度) x<sub>0</sub>, 現在緯度 (度) y<sub>0</sub>, 現在速度之東西分量 (節) u<sub>0</sub>, 十二小時前速度之東西分量 (節) u<sub>-12</sub>, 現在速度之南北分量 (節) v<sub>0</sub>, 十二小時前速度之南北分量 (節) v<sub>-12</sub>, 最大風速 (英里/小時) W, 日期 (135~334) D 等計八個, 以及這些因子二次及三次之組合。預測值 (Predictand) 為十二, 二十四, 三十六, 四十八, 六十二及七十二小時後之預測位置。

所獲得的預報公式, 也就是預報因子和預報值之回歸式如下:

$$DX_{12i} = C_{11} + \sum_{j=1}^6 \sum_{k=2}^8 C_{1j} \cdot P_j \dots\dots\dots(1)$$

$$DY_{12i} = C_{11} + \sum_{j=1}^6 \sum_{k=2}^{14} C_{1j} \cdot P_j \dots\dots\dots(2)$$

上式中 DX, DY, 依次表示東進及北上距離 (單位為海里), P<sub>j</sub> 表示預測因子, C<sub>11</sub> 表示常數, C<sub>1j</sub> 表示回歸係數, 其數值如表一及表二。

例如二十四小時 (i=2) 後東進距離 DX<sub>24</sub> 之預報公式如下:

$$DX_{24} \div -13.1 + 23.3u_0 - 3.2u_{-12} + 3.58(y_0 - 24) + 3.9v_0 - 0.008v_0^2 \cdot u_{-12} - 0.007(y_0 - 24)v_0 \cdot u_{-12} + 0.51(x_0 - 68) \dots\dots\dots(3)$$

即使用表一 i=2 欄的常數及回歸係數。而 DY<sub>24</sub> 即使用表二 i=2 欄的常數及回歸係數, 即

$$DY_{24} \div 30.3 + 22.9v_0 - 2.48v_{-12} + 0.005v_0 \cdot v_{-12}^2 + 0.009(W - 71)v_{-12} + 0.025v_0(W - 71) - 0.008v_0^2 \cdot v_{-12} - 0.006(y - 24)^2 v_0 - 0.0004(D - 248)^2 \cdot v_{-12} + 0.0002v_0(D - 248)^2 - 0.001(y_0 - 24)^2(D - 248) + 0.0005(W - 71)(D - 248)v_{-12} - 0.388u_0 - 0.0007(D - 248)^2 \dots\dots\dots(4)$$

### 三) 綜觀氣象學的預報法

利用地面和高空天氣圖, 某種氣象要素之時間和空間分布以及特定地點之氣象變化為基礎, 尋找上述因素與颱風移動之關係, 也就是站在綜觀氣象觀點, 主觀的, 定性的預報颱風路徑的方法。這種方法有兩個主要的基本概念。一為颱風會受一般流駛引。另一為颱風會向輻合區或等變壓 (Isallobalic) 極小區進行。

根據前者叫做駛引 (流) 法, 而後者叫做輻合法和等變壓法。此外根據兩者概念者有風徑圖 (Hodograph) 法和厚度 (Thickness) 法等。

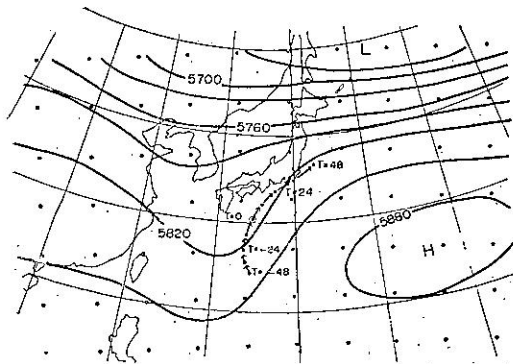
(i) 駛引 (流) 法 一般流係指某一高度, 除去颱風後, 平滑化的流動。駛流指對該流體內所含颱風之運行方向, 具有強大影響之流動。駛流究竟指那一高度的流動, 隨着颱風之大小和強度而不同。目前使用那一高度的流動為駛流, 尚無一致的見解。平均而言, 颱風大致沿五百 mb 面平均等高線移動, 圖六為其一個例子。

表一 CLIPER 法東進距離  $DX_{121}$  之預測因子，回歸係數及常數

$j$	$P(j)$	$C_{1j}$					
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$
1	常 數	-3.5259	-13.12392	-24.4816	-44.1376	-55.8091	-60.2307
2	$u_0$	13.6931	3.3026	32.3736	38.9367	43.2710	46.2606
3	$u_{-12}$	-2.6374	-3.2155	-5.3429	-6.8198	-7.8610	-8.8089
4	$(y_0-24)$	0.8151	3.5845	8.0739	14.1080	21.2714	29.1163
5	$v_0$	0.6868	3.9494	9.3212	16.3548	24.0725	32.9118
6	$v_0^2 u_{-12}$	-0.0022	-0.0079	-0.0132	-0.0197	-0.0225	-0.0218
7	$(y_0-24)v_0 u$	-0.0006	-0.0068	-0.0204	-0.0385	-0.0599	-0.0855
8	$(x_0-68)$	0.1242	0.5136	1.0446	1.6980	2.4776	3.2912

表二 CLIDER 法北上距離  $DY_{121}$  之預測因子，回歸係數及常數

$j$	$P(j)$	$C_{1j}$					
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$
1	常 數	7.6055	30.3085	67.6932	120.2714	186.0261	263.1555
2	$v_0$	13.5991	22.9154	31.9428	38.9470	44.4839	48.4173
3	$v_{-12}$	-2.5751	-2.4846	-3.6976	-4.3807	-4.7250	-4.4567
4	$v_0(v_{-12})^2$	-0.0002	0.0050	0.0097	0.0132	0.0107	0.0113
5	$(W-71)v_{-12}$	0.0046	0.0093	0.0095	0.0229	0.0320	0.0430
6	$v_0(W-71)$	0.0023	0.0251	0.0632	0.0953	0.1338	0.1696
7	$(v_0)^2 v_{-12}$	-0.0015	-0.0078	-0.0133	-0.0166	-0.0161	-0.0176
8	$(y-24)^2 v_0$	-0.0003	-0.0060	-0.0161	-0.0320	-0.0487	-0.0649
9	$(D-248)^2 v_{-12}$	-0.0001	-0.0004	-0.0007	-0.0012	-0.0017	-0.0022
10	$v_0(D-248)^2$	0.0004	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004
11	$(y_0-24)^2(D-248)$	-0.0002	-0.0010	-0.0028	-0.0055	-0.0088	-0.0127
12	$(W-71)(D-248)v_{-12}$	0.0001	0.0005	0.0012	0.0019	0.0027	0.0037
13	$u_0$	0.1431	0.3880	0.8941	1.6667	2.7682	4.1213
14	$(D-248)^2$	-0.0001	-0.0007	-0.0022	-0.0044	-0.0073	-0.0110



圖六 500mb 平均高度場 (實線) 與颱風路徑 (點線)

(ii) 輻合法 應用 Bellamy 圖解法求七百 mb 面輻合圖，而預測颱風會向輻合量極小值進行。圖七係利用七百 mb 面飛機實際觀測的風速，用圖解法計算水平輻散分布，而預測颱風之路徑。

(iii) 等變壓法 此法已使用很久，係應用颱風會向等變壓線極小區進行的概念。通常在地面天氣圖上，取一，三，六，十二或二十四小時氣壓差，在高空如三百，五百或七百 mb 面，即取二十四小時高度變化，而給製等變壓線或等高度變化線，預測颱風向其極小區進行。圖八表示地面氣壓十二小時變化與颱風路徑之關係。

四統計預報法

尋找颱風未來之移動，與氣壓，風速，輻散等物理量及既往颱風之統計值（如其移動速度）的關係，然後作製圖或回歸式，而以這些關係預測颱風路徑之方法叫做統計預報法。前述的綜觀氣象預報法可以說是，屬於主觀的，定性的，但這種統計方法可說是客觀的，定量的方法。統計預報可以分為回歸法和類似法等。

(i) Miller 和 Moore 法 Miller 和 Moore (1960, 註九) 把颱風被駛引的概念和持續性組合起來，發展這一種回歸法。他使用一九五一年至一九五六年間大西洋（自北緯十五度至三十七·五度）颶風計十八個共一百二十七例做基本資料，而得下列預報公式。

中心在北緯二十七·五度以南者，

$$\bar{U} = 0.42u_7 + 0.54p_x - 2.4 \dots\dots\dots(5)$$

$$\bar{V} = 0.23v_7 + 0.65p_y + 2.3 \dots\dots\dots(6)$$

中心在北緯二十七·五度以北者，

$$\bar{U} = 0.61u_7 + 0.48p_x - 3.8 \dots\dots\dots(7)$$

$$\bar{V} = 0.71v_7 + 0.40p_y + 3.0 \dots\dots\dots(8)$$

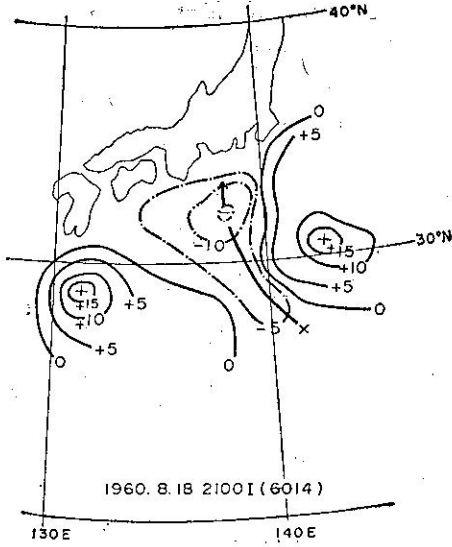
上式中， $\bar{U}$ ， $\bar{V}$  依次為二十四小時平均預測速度之東西和南北分量，單位為節 (Knot)。  $u_7$  和  $v_7$  由七百 mb 面之高度分布，用不同方法所求之平均地轉風。 $p_x$  和  $p_y$  依次為颶風前十二小時平均速度之東西和南北分量。

圖九表示，此法二十四小時預報之準確度。

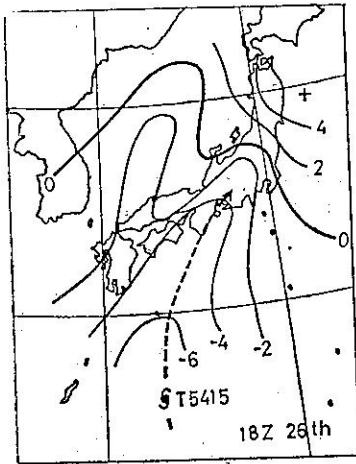
(ii) 荒川 (Arakawa) 法 荒川 (1964, 註十)，使用一九五六年至一九六〇年發現在西太平洋之颶風做基本資料。預報值取十二，二十四和四十八小時後之颶風位置，而預報因子取，以颶風為中心之緯度，經度各五度間隔之九十一個網格點上之地面氣壓 (mb)，現在，前十二小時和前二十四小時之颶風位置及中心氣壓等。他所製的計算表如表三，表中 T 表示預測時間， $\phi$  表示緯度， $\lambda$  表示經度，P 為中心氣壓，其接尾數字 0 表示現在值，-12，-24 依次表示 12 小時前，24 小時前之數值。X 為網格點上之氣壓，其接尾數字表示網格點之秩序。

舉一例子，如計算十二小時後之預測緯度  $\phi_{12}$ ，即使用表三左上欄，可得次式。

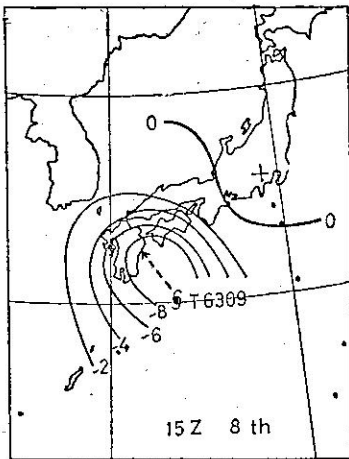
$$\begin{aligned} \phi_{12} = & -57.8 + 1.560\phi_0 - 0.383\lambda_{-12} - 0.173\phi_{-24} \\ & + 0.055X_{89} - 0.073X_{53} + 0.075X_{26} \dots\dots\dots(9) \end{aligned}$$



圖七 圖解法所得水平輻散分布和颱風路徑 (粗實線)

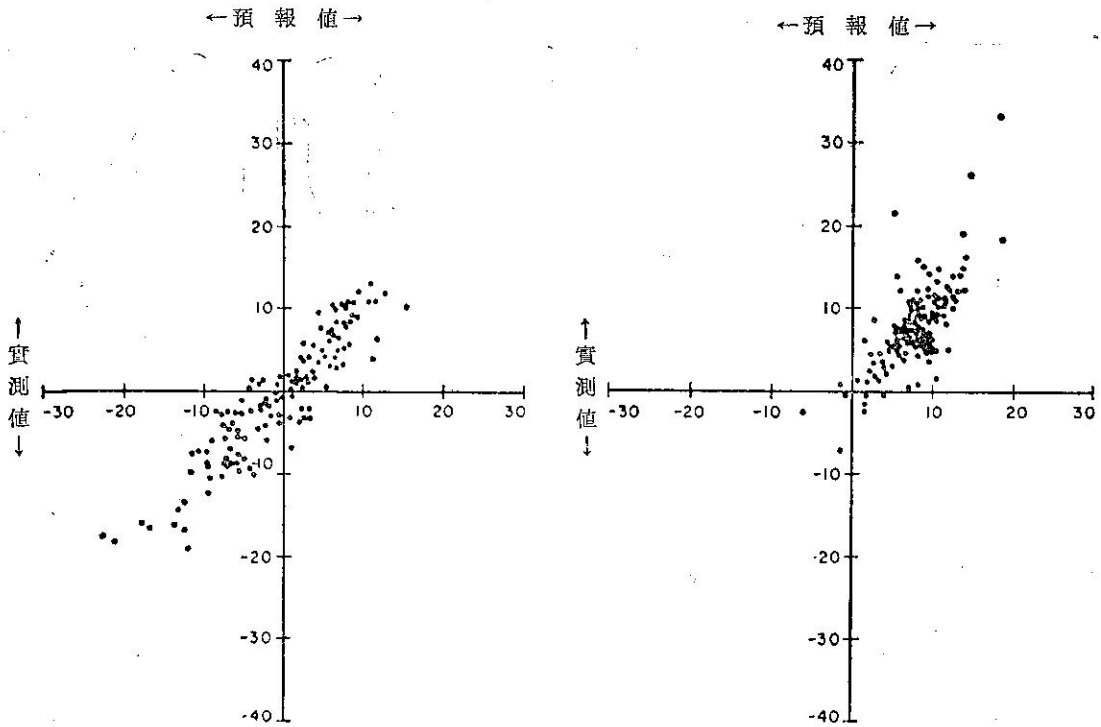


(a) 1954 年之颶風



(b) 1963 年之颶風

圖八 地面氣壓十二小時變化與颱風路徑之關係



圖九 用 Miller 和 Moore 法預測的二十四小時預報值之準確度。左圖表示東進速度（單位節），右圖表示北上速度（單位節）之預報值和實測值。

表三 荒川法計算表

颱風號碼 [ ]		年 月 日 時		
	$T=12$	$T=24$	$T=48$	
$\phi$	$\phi_0$	1.5595	$\phi_0$ 2.2797	$\phi_0$ 2.8977
	$\phi_{-12}$	-0.3833	$\phi_{-12}$ -1.2540	$\phi_{-12}$ -1.8073
	$\phi_{-24}$	-0.1734	$X_{90}$ 0.1284	$X_{16}$ -0.5396
	$X_{30}$	0.0553	$X_{52}$ -0.0692	$X_{40}$ 0.2914
	$X_{33}$	-0.0733	$X_{26}$ 0.1821	$X_{60}$ 0.2132
	$X_{26}$	0.0750	$X_{39}$ -0.1293	$X_{25}$ 0.2034
	$\Sigma =$	- 57.3	$\Sigma =$ - 112.5	$\Sigma =$ - 106.6
$\lambda$	$\lambda_0$	1.3669	$\lambda_0$ 1.6812	$\lambda_0$ 1.8948
	$\lambda_{-24}$	-0.3951	$\lambda_{-24}$ -0.7516	$\lambda_{-24}$ -1.0458
	$X_{89}$	0.0682	$\phi_0$ 0.7209	$\phi_0$ 2.1311
	$X_{13}$	0.1752	$\phi_{-12}$ -0.6115	$\phi_{-12}$ -1.7983
	$X_{15}$	-0.0572	$X_{89}$ 0.2443	$X_{13}$ 0.6461
	$X_{75}$	0.0575	$X_{21}$ 0.3469	$X_{89}$ 0.6245
	$\Sigma =$	- 242.3	$\Sigma =$ - 589.6	$\Sigma =$ - 1087.6
$P$	$P_0$	1.0978	$P_0$ 0.8613	$P_0$ 0.6493
	$P_{-12}$	-0.1470	$P_{-24}$ -0.3225	$P_{-14}$ -0.5141
	$P_{-24}$	-0.1457	$\lambda_{-24}$ -0.3547	$\lambda_{-24}$ -0.6288
	$\lambda_{-24}$	-0.1046	$X_5^b$ 0.9063	$X_6$ 2.6177
	$X_6$	0.7267	$X_{46}$ 1.0163	$X_{16}$ 1.4287
	$X_{40}$	0.2416	$X_{63}$ -0.9921	$X_{64}$ -1.3527
	$\Sigma =$	- 775.4	$X_{12}$ 1.1259	$\Sigma =$ - 1790.4
		$\Sigma =$ - 1581.9		

$\phi, \lambda = 0.1$  度單位  $P = \text{mb}$  單位

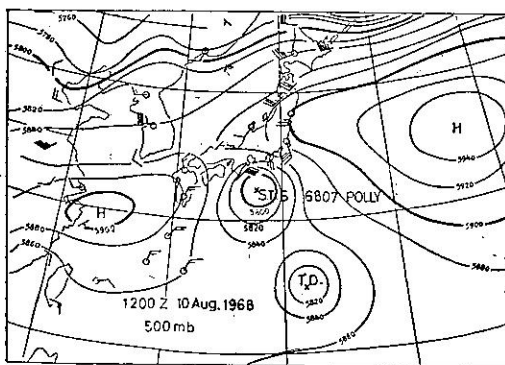


(五)力學(數值)預報法

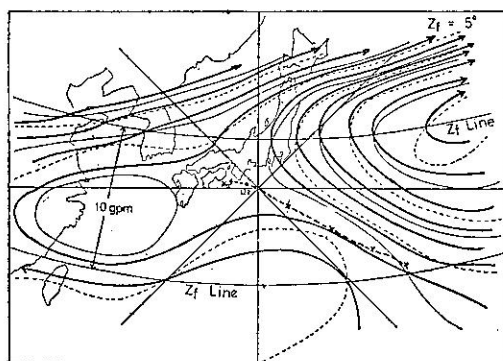
此法係解支配大氣運動的方程式來預測颶風之移動。主要有駛引法和積分法兩種。前者即除去颶風場(Field)，所剩餘之場當做一般場，而以此一般場駛引颶風。有空間平均法及數值駛引法等。後者不把颶風除去，而直接積分運動方程式，有平滑法和SANBAR法等。

(i) 空間平均法此法假定駛引颶風之一般場，在短時間內，不發生變化，而颶風本身是圓形擾動，其形態和強度亦不變，且在非輻散層內等條件下，颶風被一般場駛引。Renard (1968, 註十一) 數值駛引法(Numerical steering method)也站在同一立場。實際計算步驟如下：

- (a) 在五百 mb 高空天氣圖上求颶風半徑。
- (b) 求除去颶風，所剩餘之一般場。
- (c) 以颶風半徑之網格，求空間平均。
- (d) 再加上科氏參數對緯度變化所引起的效應(亦名β效應)。
- (e) 由所得等高線之走向和間隔，求地轉風而以其方向和速度為颶風未來之移動方向和速度。圖十表示1968年8月10日500mb高空天氣圖，圖十一



圖十 1968年8月10日12Z 500mb 高空天氣圖



圖十一 空間平均圖(粗實線)和颶風預測路徑(粗點線有×印)

表示由圖十依上述步驟計算之空間平均圖和預測路徑。

(ii) 平滑(Smoothing)法 此法係日本氣象廳預報部(1974, 註十二)，現用的方法。亦叫做五百 mb 平衡正壓模式(Balance barotropic model)。係使用平衡正壓方程式計算未來之高度場，而決定颶風位置。平衡正壓方程式如下，

$$\frac{1}{2} [(\nabla^2 \psi)^2 - A^2 - B^3] + f \nabla^2 \psi + f_x \psi_x - f_y \psi_y = \nabla^2 \phi \dots \dots \dots (10)$$

$$(\nabla^2 - \mu^2) \frac{\partial \psi}{\partial t} = J(\nabla^2 \psi + f, \psi) \dots \dots \dots (11)$$

上式中  $A \equiv v_x + u_y = \psi_{xx} + \psi_{yy}$ ,  $B \equiv u_x - v_y = 2\psi_{xy}$ ,  $u, v$  依次為風速之  $x$  及  $y$  分量,  $\psi$  為流線函數,  $\phi$  為重力位高度,  $f$  為科氏參數,  $\mu$  為常數,  $J$  為 Jacobian 演算子, 添尾字表示偏微分。整個北半球以三百八十一 km 網格距離分為二千零二十一網格點, 對於五百 mb 面計算四十八小時後高度場, 決定颶風路徑而獲得滿意結果。

(iii) SANBAR 法 此法係 Sander 等(1968, 1975, 註十三和註十四)在 MIT 發展的正壓模式。本法係用動力理論將包圍, 駛引颶風之深厚正壓大氣內之變化加以預測。首先計算地面至五萬五千英尺厚度內之平均風, 而利用流線函數分析環流情形。凡流線函數為極小值, 渦旋度為極大值之點, 該是颶風中心所在, 故可據動力理論預測颶風位移。

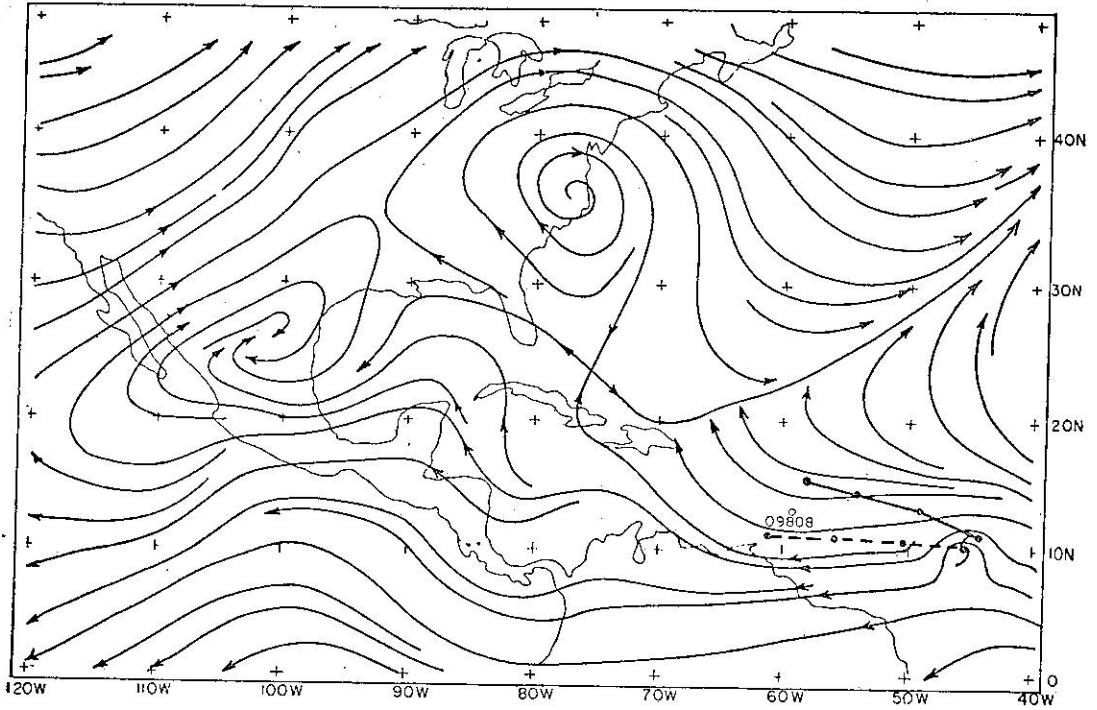
圖十二表示一個例子, 據試驗結果, 二十四小時預測不比其他方法好, 但三十六小時以上之預測結果比其他方法好的多。

(六)統計、力學預報法

這種方法到了 1970 年代才急速發展, 用數值預報所得之氣壓, 高度, 渦旋度, 流線等預測數值, 當做預測因子, 然後應用重回歸式預測未來颶風位置。主要有下列兩種。

(i) NHC 73 Neumann 和 Lawrence (1973, 1975, 註十五和註十六)改良在美國颶風中心曾經使用的 NHC 64, NHC 67, NHC 72 等統計預報而發展 NHC 73。此法不但使用觀測值而且也使用由數值預報獲得之二十四, 三十六和四十八小時後五百 mb 高度預測數值, 做預測因子。NHC 73 如圖十三之流程圖, 即綜合三種獨立系統, 如 CLIPER, 駛引法及綜觀預報法, 用重回歸式做颶風位置之預報。

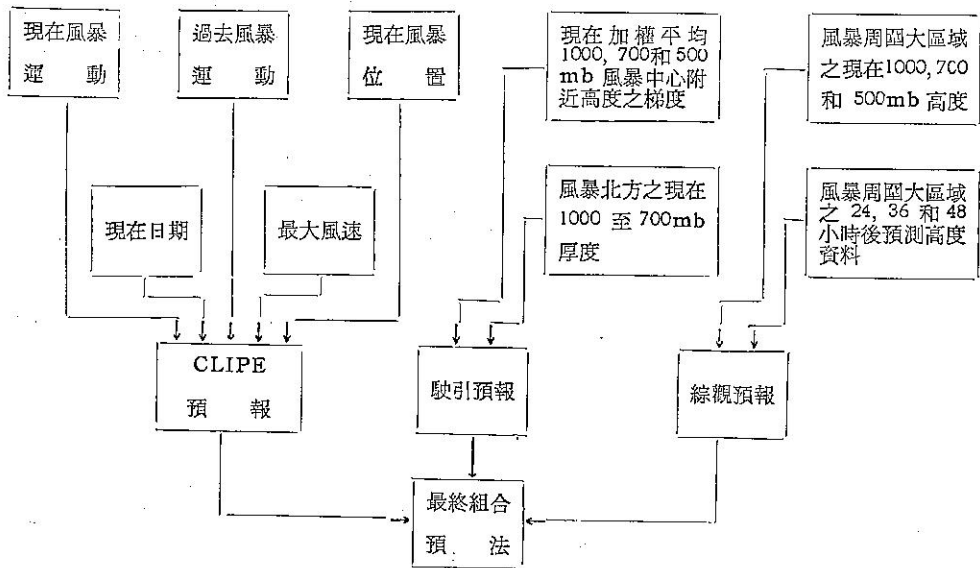




圖十二 SANBAR 預報之一例。颱風路徑之 24, 48 和 72 小時預測位置 (粗點線上之黑點) 和實測位置 (粗實線上之黑點)

(ii) SNT SNT 為統計數值預報 (Statistical Numerical forecasting Techniques) 之簡寫，在日本氣象廳實用的方法，以二十四小時後之高度預

測數值，表示颱風狀態之要素以及氣候要素共計八十七個做預報因子，而預報值為十二，二十四，三十六和四十八小時後之颱風位置。



圖十三 NHC 73 系統之流程圖

SNT 法預報公式中之預測因子，回歸係數及常數如表四。表中 T 為預測時間（小時）， $\phi$  為緯度， $\lambda$  為經度，Z 為高度，P 為中心氣壓，接尾數字 0 表示現在時刻之值，-12 表示十二小時以前之值，Z<sub>i</sub> 之 i 字表示網格點號碼。

例如十二小時後之預測緯度  $\phi_{12}$ ，可使用左上欄，即

$$\begin{aligned} \phi_{12} = & 1.693\phi_0 - 0.712\phi_{-12} - 0.091Z_{26} + 0.060Z_{46} \\ & + 0.037Z_{13} + 0.062Z_{44} - 0.045Z_{31} - 0.036Z_{35} \\ & + 20.948 \dots \dots \dots (12) \end{aligned}$$

表四 SNT 法之預測因子，回歸係數和常數

		T=12		T=24		T=36		T=48	
$\phi$	第 1 因子	$\phi_0$	+ 1.693	$\phi_0$	+ 2.089	$\phi_0$	+ 2.410	$\phi_0$	+ 1.904
	2 "	$\phi_{-12}$	- 0.712	$\phi_{-12}$	- 1.142	$\phi_{-12}$	- 1.515	$\phi_{-12}$	- 1.190
	3 "	Z <sub>26</sub>	- 0.091	Z <sub>26</sub>	- 0.248	Z <sub>26</sub>	- 0.367	Z <sub>26</sub>	- 0.188
	4 "	Z <sub>46</sub>	+ 0.060	Z <sub>16</sub>	+ 9.121	Z <sub>11</sub>	+ 0.098	Z <sub>5</sub>	+ 0.121
	5 "	Z <sub>13</sub>	+ 0.367	Z <sub>44</sub>	+ 0.103	Z <sub>44</sub>	+ 0.131	Z <sub>34</sub>	+ 0.227
	6 "	Z <sub>14</sub>	+ 0.062	Z <sub>18</sub>	+ 0.049	Z <sub>16</sub>	+ 0.143	Z <sub>46</sub>	+ 0.511
	7 "	Z <sub>44</sub>	+ 0.045	Z <sub>36</sub>	+ 0.189	Z <sub>36</sub>	+ 0.407	Z <sub>36</sub>	- 0.466
	8 "	Z <sub>31</sub>	- 0.036	Z <sub>38</sub>	- 0.156	Z <sub>35</sub>	- 0.431	Z <sub>37</sub>	- 0.269
	定 數	Z <sub>25</sub>	+ 20.948		- 16.515		+ 79.970		+ 186.689
$\lambda$	第 1 因子	$\lambda_0$	+ 2.042	$\lambda_0$	+ 2.639	Z <sub>19</sub>	- 0.027	Z <sub>25</sub>	- 0.004
	2 "	$\lambda_{-12}$	- 1.060	$\lambda_{-12}$	- 1.705	$\Delta\lambda(T=-12)$	- 0.187	$\lambda_0$	+ 2.433
	3 "	Z <sub>25</sub>	- 0.052	Z <sub>25</sub>	- 0.102	$\lambda_0$	+ 2.428	Z <sub>36</sub>	+ 0.422
	4 "	Z <sub>54</sub>	+ 0.060	Z <sub>56</sub>	+ 0.188	Z <sub>25</sub>	- 0.203	$\lambda_{-12}$	- 1.516
	5 "	$\Delta\lambda(T=-24)$	- 0.184	Z <sub>25</sub>	- 0.126	Z <sub>36</sub>	+ 0.381	Z <sub>25</sub>	- 0.537
	6 "	Z <sub>36</sub>	- 0.069	$\Delta\lambda(T=-24)$	- 0.314	$\lambda_{-12}$	- 1.553	Z <sub>8</sub>	- 0.151
	7 "	Z <sub>47</sub>	+ 0.048	Z <sub>42</sub>	+ 0.159	Z <sub>25</sub>	- 0.210	$\phi_{-12}$	- 0.353
	8 "	P <sub>-12</sub>	+ 0.064	Z <sub>31</sub>	- 0.095	Z <sub>12</sub>	+ 0.195	Z <sub>47</sub>	+ 0.343
	定 數		- 47.329		- 1.894		- 77.364		+ 45.598

四、結 語

本文介紹目前在美、日實用的最新颱風路徑預報方法。我們知道隨着氣象觀測技術——雷達觀測，飛機偵察，人造衛星觀測——之發展，電子計算機之應用，颱風路徑之預報已有顯著的進步，但是社會對於目前颱風預報之準確度，尚不能十分滿意，故我們必須繼續研究新的預報方法，以及颱風之發生，發展和其運動等關聯諸問題。

註一：徐明同 (1976)：熱帶低氣壓（颱風）之發生與發展，交通建設，第二十五卷第五輯，5-10。

註二：Bergcron, T. (1954): The Problem of Tropical Hurricanes, Q. J. Roy. Met. Soc., 80, 131-164.

註三：清水教高 (1971)：颱風的通過次數及發生數的統計，研究時報，23, 27-37。

註四：Burroughs, L. D. and S. Brand (1973):

Speed of Tropical Storms and Typhoons after Recurvature in the Western North Pacific Ocean, J. Applied Met., 12, 452-458.

註五：Hope, J. R. and C. J. Neesmann (1970): An Operational Technique for Relating the Movement of Existing Tropical Cyclones to Past Tracks, Mon. Wea. Rev., 98, 925-933.

註六：Neumann, C. J. and J. R. Hope (1972): Performance Analysis of the HURRAN Tropical Cyclone Forecasting System, Mon. Wea. Rev., 100, 245-255.

註七：Sen, S. N. (1974): A Revrêw of the Techniques for Forecasting Intensity and Movement of Tropical Cyclones, Typhoon Committee Secretariat, pp. 40.

註八：Neumann, C. J. (1972): An Alternate to the HURRAN Tropical Forecasting System,

NOAA Tech, Mems., NWS, SR-62, pp. 24.

註九：Miller, B. L. and P. L. Moore (1960): A Comparison of Hurricane Steering Levels, Bull. Am. Met. Soc., 41, 59-63.

註十：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.

註十一：Renard, R. J. (1968): Forecasting the Motion of Tropical Cyclones Using a Numerically Derived Steering Current and Its Basis, Mon. Wea. Rev., 96, 453-469.

註十二：氣象廳預報部 (1974)：預報作業指針の5，颱風預報。

註十三：Sandar, F. and R. W. Burpee (1968):

Experiments in Barotropic Hurricane Track Forecasting, J. Applied Met., 7, 313-322.

註十四：Sandar, F., A. C. Pike and J. P. Gaertner (1975): A Barotropic Model for operational Prediction of Tracks of Tropical Storms, J. Applied Met., 14, 265-279.

註十五：Neumann, S. J. and M. B. Lawrence (1973) : Statistical-Dynamical Prediction of Tropical Cyclone Motion, NOAA Tech. Memo. NWS SR-69, 35.

註十六：Neumann, C. J. and M. B. Lawrence (1975): An Operational Experiment In the Statistical-Dynamical Prediction of Tropical Cyclone Motion, Mon. Wea. Rev., 103, 665-673.  
作者通訊處：中央氣象局

保 密 防 諜 。

人 人 有 責 。

匪 諜 自 首 。

既 往 不 究 。