

西北太平洋颱風移行及其中心氣壓之統計預報法

荒川氏 (H. Arakawa) 著
戈 文 力 譯

Statistical Method to Forecast the Movement and Central Pressure of Typhoons in Western North Pacific

一九六二年世界氣象組織在東京舉辦之熱帶氣旋分區研究班 (Inter-Regional Seminar on Tropical Cyclones) 中日本氣象研究所所長荒川氏 (H. Arakawa) 發表了一種預測西北太平洋中颱風移行及地面中心氣壓之迴歸方程式。該項統計研究係仿照維加斯與密勒 (Veigas-miller) 預測大西洋上颶風移行之過濾法，得出三組迴歸方程式。一組單獨應用地面資料；一組應用 700 毫巴資料；另一組則兼用地面及 700 毫巴資料，此項迴歸方程式係據以往 1956-1960 年間之資料計算得來。氣壓型乃自颱風中心周圍每隔經緯度各五度之 91 個網格點得出。據此算出 12.24.48 小時預報所用之各組方程式。

此客觀法曾在 1961 及 1962 兩年颱風季內予以獨立試驗，分別由美軍軍官華特龍 (Waldron) 及洛普 (Roper) 提出報告。去 (1964) 年十月，作者荒川氏將原來方法再予修正，在美國氣象學會應用氣象學雙月刊 (Journal of Applied Meteorology) 內發表。修正之方法係將北太平洋分為兩區：颱風原在所在之緯度不足 26.9°N 者作為南區；颱風之原來緯度超過 27°N 而不足 34°N 者作為北區。此兩區內分別獲得兩組迴歸方程式。此法曾在 1963 年颱風季內加以獨立試驗，結果使颱風移行之預測大為改進。

譯者識

一、前言

預測颱風的路徑和強度在日本是一個非常重要的問題。因為經過 1946 至 1953 年間的調查，每年平均損失達六億美元以上。雖然預報人員預測颱風的行動，成績不算太壞，但各方面都要求更準確的預報。新近發展的數值預報似乎提供了一種唯一有希望的預報技術。另外還有一種相當有前途的技術，就是維加斯 (Veigas)、密勒 (Miller)、和何威 (Howe) 所提出的颱風移動統計法。作者在本文中就是採用維加斯與密勒的過濾法統計研究颱風的

移動和地面中心氣壓。

這裏要指出：本文中所用的經緯度數值是度數和十分數；地面氣壓用毫巴數；700 毫巴的高度用公尺數。

文內作者將要表達一種可以說是唯一的方法，以預測本區內的颱風加深還是填充。

二、西北太平洋上颱風移行及其中心氣壓之迴歸方程

作者為了要得到和颱風中心相關的氣壓型，取東經和北緯各每隔五度的相交點作為網格點。從地面天氣圖上得到 91 個網格點表出和颱風中心相關的氣壓型，如圖一所示。

凡是在西北太平洋上的颱風都加以試驗。這裏所討論的區域限於在 0°N 至 34°N，並自中國沿海、台灣、菲律賓至 180°E，但並不包括南海在內。根據 1956 至 1961 五年內所出現發展完善的颱風得出迴歸方程式。取樣颱風的資料數目計：1956 年 55 次，1957 年 88 次，1958 年 91 次，1959 年 71 次，1960 年 69 次；總數為 374 次。(在 IBM 中的資料卡共計 3366 張) 此組的可能預報依據因數共有 99 個，包括：

- $X_1 X_2 \dots X_{91}$ 天氣圖時刻的地面氣壓值 ($X_{47} = P_0$)
- λ_0 天氣圖時刻的東經。
- ϕ_0 天氣圖時刻的北緯。
- λ_{-12} 天氣圖時刻以前 12 小時的東經。
- ϕ_{-12} 天氣圖時刻以前 12 小時的北緯。
- P_{-12} 天氣圖時刻以前 12 小時的地面中心氣壓。
- λ_{-24} 天氣圖時刻以前 24 小時的東經。
- ϕ_{-24} 天氣圖時刻以前 24 小時的北緯。

P_{-24} 天氣圖時刻以前 24 小時的地面中心氣壓

預報需求因數計有：

λ_{+12} 天氣圖時刻以後 12 小時之東經

ϕ_{+12} 天氣圖時刻以後 12 小時之北緯

P_{+12} 天氣圖時刻以後 12 小時之地面中心氣壓

λ_{+24} 天氣圖時刻以後 24 小時之東經

ϕ_{+24} 天氣圖時刻以後 24 小時之北緯

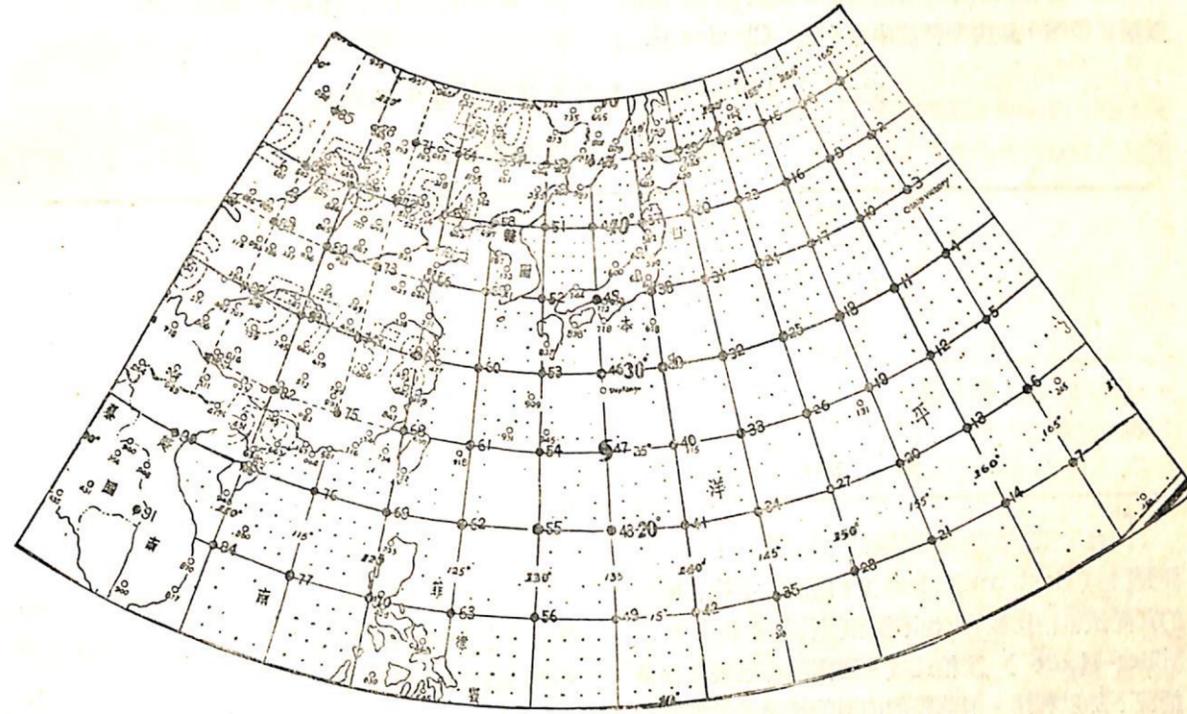
P_{+24} 天氣圖時刻以後 24 小時之地面中心氣壓

λ_{+48} 天氣圖時刻以後 48 小時之東經

ϕ_{+48} 天氣圖時刻以後 48 小時之北緯

P_{+48} 天氣圖時刻以後 48 小時之地面中心氣壓

各組迴歸方程式用 IBM704 計算如表一所示，內中 P. R. 表示變量減少的百分比。



圖一 覆蓋在天氣圖上的移動坐標網格圖 (網格點 47 永遠在颱風的中心)

表一 IBM 704 計算所得的各組迴歸方程式

$$\lambda_{+12} = -242.3 + 1.3669\lambda_0 - 0.3951\lambda_{-24} + 0.0682X_{59} + 0.1752X_{13} - 0.0572X_{45} + 0.0575X_{75} \quad \text{P. R.} = 99.2\%$$

$$\phi_{+12} = -57.3 + 1.5595\phi_0 - 0.3833\phi_{-12} - 0.1734\phi_{-24} + 0.0553X_{59} - 0.0733X_{53} + 0.0750X_{26} \quad \text{P. R.} = 98.9\%$$

$$P_{+12} = -775.4 + 1.0978P_0 - 0.1470P_{-12} - 0.1457P_{-24} - 0.1046\lambda_{-24} + 0.7267X_6 + 0.2416X_{40} \quad \text{P. R.} = 86.4\%$$

$$\lambda_{+24} = -589.6 + 1.6812\lambda_0 - 0.7516\lambda_{-24} + 0.7209\phi_0 - 0.6155\phi_{-12} + 0.2443X_{59} + 0.3469X_{21} \quad \text{P. R.} = 97.1\%$$

$$\phi_{+24} = -112.5 + 2.2797\phi_0 - 1.2540\phi_{-12} + 0.1284X_{59} - 0.0692X_{52} + 0.1821X_{26} - 0.1293X_{39} \quad \text{P. R.} = 95.9\%$$

$$P_{+24} = -1581.9 + 0.8613P_0 - 0.3225P_{-24} - 0.3547\lambda_{-24} + 0.9063X_6 + 1.0163X_{46} - 0.9921X_{63} + 1.1259X_{21} \quad \text{P. R.} = 61.3\%$$

$$\lambda_{+48} = -1037.6 + 1.8948\lambda_0 - 1.0458\lambda_{-24} + 2.1311\Phi_0 - 1.7983\Phi_{-12} + 0.6461X_{13} + 0.6245X_{39} - 0.2289X_{17} \quad P. R. = 89.2\%$$

$$\Phi_{+48} = -106.6 + 2.8977\Phi_0 - 1.8073\Phi_{-12} - 0.5396X_{46} + 0.2914X_{40} + 0.2132X_{50} + 0.2034X_{25} - 0.0613X_{50} \quad P. R. = 88.3\%$$

$$P_{+48} = -1790.4 + 0.6493P_0 - 0.5141P_{-12} - 0.6288\lambda_{-24} + 2.6177X_6 + 1.4297X_{46} - 1.3597X_{63} \quad P. R. = 40.7\%$$

三、獨立校驗

這一種客觀預報方法在1961年颱風季內曾經加以獨立校驗，並由華特龍中尉 (Lt. Charles G.

Waldron) 撰成報告發表。表二即為該項報告的摘要，讀者自表內可以得到一些概念。

表二 1961年颱風季內各種預報方法的比較
(根據華特龍1961年的報告)

平均誤差(哩) 標準偏差 次數	實作預報 (JTWC)		密勒摩爾法		荒川法			
	24小時位置(哩)	48小時位置(哩)	原來方程	修正方程	24小時位置(哩)	24小時氣壓(mb)	48小時位置(哩)	48小時氣壓(mb)
	136	274	129	113	113	-3	239	-3
	360	280	180	180	74	22	162	26
					153	153	114	114

因為這種方法的獨立校驗是採用所謂「最佳路徑資料」(Best track data)，因而既不能和關島的實際預報相比較，也不能和實作的密勒摩爾 (Miller-Moore) 法相比較。這兩種都已經在作業情況下加以利用。但華特龍中尉的結論還是認為荒

川法將會成為實作上有用的工具。

另外一次獨立試驗是在1962年颱風季內，由洛普上尉 (Capt. William D. Rope) 撰成報告發表，平均誤差的哩數如表三所示。

表三 1962年颱風季內各種預報方法的比較
(根據洛普1962年的報告)

平均誤差(哩) 次數	實作預報 (JTWC)		艦隊數值天氣預報 機構之計算和預報		修正之密勒摩爾法	荒川法	
	24小時位置	48小時位置	24小時位置	48小時位置		24小時位置	48小時位置
					24小時位置		
	144	287	153	297	135	141	274
	489	398	348	265	239	465	381

洛普認為密勒摩爾法對於轉向颱風的預報非常有用；荒川法則對於不轉向颱風可以得到比較準確的預報。

四、修正後的迴歸方程式

上項獨立試驗表示這種客觀預報方法對於不轉向的颱風很有希望成為一種預報工具。作者受到上項獨立試驗的鼓勵，現在已經修正從前的迴歸方程式，使能分別適應轉向和不轉向的颱風，提供最佳

預測。這組方程式只應用地面資料，因為一般認為地面資料最為有用。這種限用地面資料的迴歸方程式把整個北太平洋分為南北兩區。南區用於原來緯度不足 26.9°N 的颱風；北區用於原來緯度超過 27°N，但不足 34°N 的颱風。迴歸方程式係據 1956-1960 五年內所出現發展完善的颱風得出。南區颱風取樣資料共計為 314 次；北區颱風取樣資料為 60 次，其他條件和上次研究相同。

A. 由於南區的颱風 (0°N - 26.9°N)。

1. 可能的預報依據因數

$\lambda_0, \lambda_{-12}, \lambda_{-24}$ 分別為天氣圖時刻，12小時前，和24小時前的颱風中心位置東徑數。
 $\Phi_0, \Phi_{-12}, \Phi_{-24}$ 分別為天氣圖時刻、12小時前、和24小時前的颱風中心位置北緯數。
 P_0, P_{-12}, P_{-24} 分別為天氣圖時刻、12小時前

，和24小時前的颱風中心位置地面中心氣壓。

X_1, X_2, \dots, X_{91} 為天氣圖時刻颱風中心周圍每隔經緯度各五度的地面氣壓數值。見圖一所示。

2. 預報需求因數

$\lambda_{+12}, \lambda_{+24}, \lambda_{+48}$ 為預測12小時，24小時，及48小時後颱風中心位置的東徑。
 $\Phi_{+12}, \Phi_{+24}, \Phi_{+48}$ 為預測12小時，24小時，及48小時後颱風中心位置的北緯。
 $P_{+12}, P_{+24}, P_{+48}$ 為預測12小時，24小時，及48小時後颱風地面中心氣壓。

3. 迴歸方程式見表四

表四 南區內颱風的修正迴歸方程式

$$\lambda_{+12} = -62.7 + 1.3993 \cdot \lambda_0 - 0.4187 \cdot \lambda_{-24} + 0.0647 \cdot X_{75} \quad P. R. = 99.3\%$$

$$\Phi_{+12} = -32.6 + 1.3562 \cdot \Phi_0 - 0.3701 \cdot \Phi_{-24} + 0.0734 \cdot X_{26} - 0.0409 \cdot X_{54} \quad P. R. = 98.4\%$$

$$P_{+12} = -1002.4 + 1.1566 \cdot P_0 - 0.3101 \cdot P_{-12} - 0.1279 \cdot \lambda_{-24} - 0.2596 \cdot \Phi_{-24} + 1.1587 \cdot X_6 \quad P. R. = 86.3\%$$

$$\lambda_{+24} = -167.8 + 1.80370 \cdot \lambda_0 - 0.8652 \cdot \lambda_{-24} + 0.1749 \cdot X_{89} \quad P. R. = 96.7\%$$

$$\Phi_{+24} = -94.3 + 2.3520 \cdot \Phi_0 - 1.3123 \cdot \Phi_{-12} + 0.1767 \cdot X_{91} - 0.0829 \cdot X_{53} \quad P. R. = 93.7\%$$

$$P_{+24} = -2049.8 + 1.0564 \cdot P_0 - 0.4593 \cdot P_{-12} - 0.3760 \cdot \lambda_{-24} + 1.6720 \cdot X_6 + 0.7934 \cdot X_{46} \quad P. R. = 60.3\%$$

$$\lambda_{+48} = -1562.0 + 2.0193 \cdot \lambda_0 - 1.2021 \cdot \lambda_{-24} + 0.2910 \cdot \Phi_0 + 0.9329 \cdot X_{13} + 0.6337 \cdot X_{39} \quad P. R. = 87.5\%$$

$$\Phi_{+48} = -254.9 + 3.1923 \cdot \Phi_0 - 2.1550 \cdot \Phi_{-12} - 0.3763 \cdot X_{46} + 0.3433 \cdot X_{70} + 0.2866 \cdot X_{26} \quad P. R. = 84.3\%$$

$$P_{+48} = -2047.2 + 0.6343 \cdot P_0 + 1.4897 \cdot X_{46} - 0.4767 \cdot P_{-12} - 0.6623 \cdot \lambda_{-24} + 3.1712 \cdot X_6 - 2.3714 \cdot X_{63} + 0.6322 \cdot X_{66} \quad P. R. = 40.8\%$$

B. 用於北區的颱風 (27.0°N - 34.0°N)

1. 可能的預報依據因數

$\lambda_0, \lambda_{-12}, \lambda_{-24}$ 分別為天氣圖時刻，12小時前，和24小時前的颱風中心位置東徑數。
 $\Phi_0, \Phi_{-12}, \Phi_{-24}$ 分別為天氣圖時刻，12小時前、和24小時前的颱風中心位置北緯數。
 P_0, P_{-12}, P_{-24} 分別為天氣圖時刻，12小時

前、和24小時前的颱風地面中心氣壓。

X_1, X_2, \dots, X_{45} 在天氣圖時刻颱風中心周圍每隔經緯度各五度的地面氣壓數值。見圖二， $X_{23} = P_0$ 。

2. 預報需求因數

$\lambda_{+12}, \lambda_{+24}$ 為天氣圖時刻後 12 小時及 24 小時的颱風中心東徑數。
 Φ_{+12}, Φ_{+24} 為天氣圖時刻後 12 小時及 24 小時的