

# 當前台灣地區颱風預報方法之評介

林民生

中央氣象局預報中心

## 一、前言

### (一) 颱風預報之主要問題

每當中、低緯度之熱帶海洋上有熱帶性低氣壓生成或發展成颱風，其動向在熱季中最為氣象人員所注目。有關熱帶性低氣壓或颱風資料收集，除一般綜觀天氣資料之獲得最為基本外，飛機偵察報告、氣象衛星觀測、氣象雷達報告均是十分需要；綜合這些資料，經分析研判後，首先就熱帶性低氣壓或颱風中心位置予以決定。雖然準確的原始颱風中心定位為一切預報之基礎，然而在遠洋地帶，資料缺乏地區及熱帶性低氣壓剛形成階段，造成較大的定位誤差勢所難免。經應用各種主觀、客觀方法，研判熱帶性低氣壓是否發展成颱風，亦或颱風保持、增強、減弱其強度，再配合所使用颱風路徑預報方法之預測結果作為發布颱風警報之憑依。假設颱風預計將侵襲台灣地區時，尚須針對風、雨、浪潮情況作預報。概括言之，從颱風中心定位，颱風強度變化，颱風路徑預報，風雨預報，警報發布實為颱風作業上之最主要問題，其中尤以颱風路徑預報最為重要，本文將針對台灣地區颱風路徑預報加以探討，以供參考。

### (二) 颱風路徑預報方法之演進

台灣地區颱風路徑預報方法之演進史，關鍵在於自傳統地面天氣圖預報時代，隨著天氣學、動力氣象學及數值預報之長足進步，以及氣象儀器如高空探空儀、氣象雷達、氣象衛星及電子計算機之相繼引入，皆促使颱風路徑預報方法有所精進。當前台灣地區所使用之颱風路徑預報方法，除自行摸索研擬外，自美、日氣象先進國家選擇引進者為數不少，其演進大致可分為以下三個階段。

1 傳統地面天氣圖分析時代——大致在 1950 年以前，颱風路徑預報完全根據地面圖研判，外延法，氣壓趨勢法，等變壓線法為主。

2 動力氣象學進步時代——1950 至 1968 年間當動力氣象學觀念逐漸闡明颱風之立體結構與發展

機制，預報方法加入了駛流觀念，等變壓趨勢法擴展到高空各層，厚度圖法被引入，電算機帶來氣候類比法，各種統計迴歸法（應用地面及高空資料）。

3 數值預報時代——1968 年以後，數值預報之理論更趨完善，台灣地區曾嘗試作各種正壓、相當正壓模式之引進（蔡清彥，1978），但真正達到作業階段乃是近年之事，而且技術尚待改進中。自從氣象雷達及衛星觀測颱風之技術被肯定後，某些法則及研究成果也被當作颱風路徑定性預報之參考，此外電算機更發揮其綜合預報之功能。

## 二、颱風路徑預報方法之分類

颱風路徑預報方法種類雖繁多，但若依其所根據之理論基礎言，大致可分成以下五大類（徐明同，1977）。

### (一) 外延法

鑑於颱風在過去一段時間內之移動，係包含颱風在內廣大區域之平流，加上所有之外力支配，假設未來若干時間內，這些主宰因素沒有變化，而以目前之狀況再持續一段時間，則颱風今後進行方向和速度就和過去相同，故稱持續法或外延法。此種方法從所根據之假設條件可知其預測有效時間較短，通常在 12 小時以內準確度很高，尤其在颱風尚未轉向以前很有效，但當預報時間較長或接近轉向點，其準確度就急速減低。外延法除單純外延法（較低緯度時使用），尚可考慮加速度，常應用於颱風轉向前後及進入西風帶時。

### (二) 綜觀氣象預報法

颱風路徑預報法則係根據綜觀天氣學原理而來，利用地面和高空天氣資料，以氣象要素之時間和空間分佈及特定点之氣象變化為基礎，尋找上述因素與颱風移動之關係，包括動力學法、熱力學法及駛流法三類，有些方法為此三類方法中之綜合使用者。雖然這類方法一般均屬於定性的、主觀的颱風路徑預報法，但也是最基本的預報法則。

1 駛流法——係指包含颱風環流在內之某一層

氣流，對於颱風運行方向具有強大影響之流動，常是導引颱風前進之良好指標。駛流層究竟指那一層高度，則隨颱風之大小和強度而不同，尚無一致的見解，通常發展颱風選用 300mb，微弱颱風以 500mb 或 700mb 層較適宜。平均而言，颱風大致沿 500mb 平均等高線而移動。

2 等變壓（高）線圖法 —— 根據皮得生氣壓場位移公式（王崇岳，1978）如下：

$$U_x = -\frac{\frac{\partial}{\partial X} \left( \frac{\partial Z}{\partial t} \right)}{\frac{\partial^2 Z}{\partial X^2}} \dots\dots\dots(1)$$

分子是沿 X 軸線方向高度趨勢之梯度，分母表示槽線兩側等高線之曲率，可知氣旋與低壓槽循氣壓或等變高線下降之區域運行。若取一軸線與等變高線垂直，他軸線與氣壓場之長軸相合，氣旋或低壓槽則移向等變高線下降最大之區域進行。

根據此原理，颱風有朝向地面降壓最多區或高空高度下降最多區移動之趨勢，可定性地預測颱風之移向。

3 厚度圖法 —— 劉廣英（1975）討論某一區域內動能變化之簡式如下：

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint kd \times dy dp \cong -Ag\omega \triangle Z \dots\dots(2)$$

式中 A 為討論範圍之水平面積， $\omega$  為  $\triangle Z$  內之平均垂直速度，式(2)說明由暖空氣之上升運動（ $\omega < 0$ ）可使動能增加，而增量之大小與厚度  $\triangle Z$  成正比，亦即厚度最大之地區就是動能增加最大地區，颱風應移向此一地區。

4 空間平均圖 —— 假定颱風為環流擾動，考慮颱風周圍氣流與颱風半徑大小，可用數值法或圖解法將颱風環流除去後之平滑曲線，為颱風移動方向之指示。一般所用圖解法步驟如下（JMA，1974）：

- (1) 用 500mb 颱風半徑  $r_0$ ，將颱風環流自一般流中除去。
- (2) 以颱風半徑  $r_0$  為網格距而得空間平均圖。
- (3) 加上  $\beta$  項效應。
- (4) 用地轉風法決定颱風之走向與速度。

5 熱力法 —— 假定其他動力因素皆相同時，颱風環流內之水汽凝結時釋放潛熱愈大愈易維持颱風之動能，颱風有朝此方向移動之趨勢。應用此原理的如 K-index 法，700mb P-velocity，700

mb 溫度露點差法，衛星雲圖長軸方向等。其成效之可靠程度取決於其他外力作用之大小。

### (三) 氣候學預報法

係利用颱風之氣候學特性，統計各季節，各地區颱風進行方向、速度與其他颱風秉性，再就現在颱風資料尋找與過去統計值之關係而得。

1 颱風類比法（HURRAN）—— Neumann（1972）所設計之颱風類比法（Hurricane Analogs）係就歷史上颱風之狀態（位置、進行方向、速度、日序等），應用統計或然率理論，尋找與當前颱風類似之歷史颱風，將這些颱風置於目前位置為共同起點，以預測未來 12 至 72 小時可能到達位置之或然率。在所預測之前 6 小時根據持續性原理，其後歷史颱風路徑影響比重愈來愈增加，至 36 小時後颱風將最接近所選出之歷史颱風路徑之平均。

2 氣候持續法（CLIPER）—— Neumann et. al（1972）根據氣候學和持續性原理所設計的氣候持續法（Climatology Persistence），所採用預報因子為目前颱風所在位置之經、緯度，目前及 12 小時前颱風移動之南北及東西分量，颱風近中心最大風速和颱風日序，預報目標為未來 12 至 72 小時颱風所在位置之經緯度，預報目標為預報因子間之線性或高次迴歸方程式組合，如表 1 所示。

### (四) 統計預報法

利用統計學方法將過去歷史之颱風資料，包括如颱風中心氣壓，半徑大小，中心附近最大風速，颱風移動方向與速度，日序，颱風附近地面氣壓場及高空高度場配置等，求取與颱風未來路徑之相關。

1 荒川法 —— 日本氣象學家 Arakawa（1964）所設計，將颱風置於以經緯度各 5 度之網格點中央，本區其南北涵蓋 30 度，東西涵蓋 60 度，網格點編號自右上往左，編號共 91 點，颱風中心永遠置於第 47 點。以統計迴歸法預測未來 12 至 48 小時颱風南北及東西向位移之分向量，發現與某些特定點之地面氣壓，現在颱風位置，過去 12 小時及 24 小時颱風位置及移速有密切關係，如表 2 所示。

2 王氏預測法 —— 王崇岳（1978）統計獲悉颱風運行方向和速率與 700 毫巴面上距離颱風中心正北 10 度（N 點）及正東 10 度（R 點）之高度值有良好統計相關，詳見表 3 及表 4 所示之百分率值。

### (五) 數值預報法

最簡單的颱風數值預報模式是正壓（或相當正壓）模式（胡仲英 1975，蔡清彥 1978），主要係利用正壓（或相當正壓）渦旋度方程式預報 500 mb 或垂直平均渦旋度的變化，以決定颱風中心位置。一般在中緯度地區利用地轉風關係，在渦旋度方程式中重力位高度取代流線函數，即所謂地轉正壓模式，但在低緯度地區，可以用觀測之風場計算流線函數，再代入渦旋度方程式中作預報。

### 三、當前台灣地區所使用颱風預報方法之介紹

#### (一)外延法

經充分考慮颱風過去一段時間之加速度及審查當時之天氣圖形勢，在短時間（12 小時左右）之颱風預報法中外延法仍被廣泛採用，此時準確的颱風中心定位顯示特別重要，且颱風過去路徑需採用最佳路徑，若再加入颱風行進之振盪週期及緯度效應，外延法之準確度尚可提高；颱風在遠洋地區或資料缺乏時外延法仍是最原始而有效的預報法則。

#### (二)駛流法

駛流層一般採用 500 mb，常以 500 mb 時間或空間平均圖為駛流，其速率則以地轉風七折計算。輕度颱風或發展有限之颱風則採 700 mb，強烈颱風用 300 mb 為適，駛流法之應用仍以定性路徑預報為多，如圖 1 所示。

#### (三)等變壓（高）線圖法

目前採用地面 12 小時及 24 小時氣壓變差圖，850，700，500 mb 24 小時高度變差圖，颱風有指向氣壓或高度變差之最大負中心移動趨勢。當颱風接近陸地時，則可比較鄰近測站 1，3，6 小時之氣壓趨勢，颱風亦常往氣壓下降最多區移動，如圖 2 及圖 3 所示。

#### (四)厚度圖法

經採用 500—700 毫巴厚度圖，試驗 92 個颱風個例（劉廣英，1975）發現颱風將移向最大厚度區移動，但在冷鋒接近時成效較差，如圖 4 所示。

#### (五)空間平均法

以 500 mb 空間平均圖或二次空間平均圖，對颱風未來走向有定性上之指示。

#### (六)熱力法

如 K 指數法為應用颱風有向高溫高濕之不穩定區移動之特性，因此颱風常有指向 K 值最大區行進之趨勢，如圖 5 所示。數值模式所預測 700 毫巴 P-Velocity 之最大負值區顯示上升氣流最旺盛，

可能導引颱風前進，颱風亦有指向 700 毫巴溫度露點差最小之潮溼區移動之特性。此外應用衛星雲圖，若有深厚對流雲群在颱風行進之前方，颱風有朝其移動之勢，若雲區成橢圓形時，則颱風常指向長軸方向移動，雖然其因果關係仍有部份存疑，實際作業上仍為參考指示，如圖 6 所示。

#### (七)HURRAN

經汪群從等（1974）之引入，胡仲英等（1976）之納入正式作業系統，此法已成為中央氣象局客觀預報法之一，本局所使用之颱風資料為太平洋地區 1959 年以後約 300 餘個颱風個例，並作每年之更新。電算中心於颱風期間每 6 小時作一次 HURRAN 法預測 12 至 72 小時颱風可能到達之或然率橢圓，並以繪圖機作圖展示，如圖 7 所示。

#### (八)CLIPER

經陳毓雷等（1976）引進，並使用太平洋地區颱風資料篩選作出之迴歸方程式，目前已納入中央氣象局正式作業系統，可預測颱風未來 12 至 48 小時之位置，亦見圖 7 所示。

#### (九)PC 法

日本氣象學者 Aoki 等（1977）仿照 NHC 之 CLIPER 法設計 PC 法，綜合持續性與氣候學，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、速度等資料。如 8 月份北區未來 12 小時之經緯度預測方程式如下：

$$PCLAT = 1.017 * X(2) + 0.8549 * X(17) + 0.1993 * X(34) - 0.233 \dots\dots(3)$$

$$PCLON = 0.9866 * X(3) + 0.8913 * X(18) + 0.8305 * X(2) - 1.599 \dots\dots(4)$$

如圖 8 所示為其預測例子。

#### (十)CWB—80 法

從太平洋地區 1959—1977 年颱風資料檔案（颱風位置，速度等）中找出合乎現在颱風位置及時間某一範圍內之颱風，再根據 Similarity Index 排列其順序，據以求出未來 12 至 72 小時之颱風預測位置。

$$\text{Similarity Index} = \sum_{i=1}^{i=48} W_i (P_i - C_i) \dots\dots(5)$$

$W_i$ ：權比數，分 4 等級

$P_i$ ：歷史颱風之某項因子

C: 目前颱風之某項因子

一般取用緯度 2 度半，經度 5 度內之颱風，日序在目前颱風前後 10 天範圍為選用標準，選用條件亦可變動之。此法為電算中心陳熙揚先生所設計，今年颱風季已正式開始納入作業系統，其例如圖 8 所示。

#### (一) 荒川法

荒川博士統計西太平洋 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得迴歸預測公式，以北緯 26.9° 以南為南區，27° 以北為北區，南區網格點為 91 點，北區 45 點，另中國南海區為 25 點。荒川法預測結果一般皆有偏右傾向，經以 12 小時之預測經緯度，再作 12 小時預測時成效有改善。

#### (二) 王氏預測法

王崇岳先生以 700 毫巴颱風中心正北 10 度之高度值預測颱風運行方向，當高度愈高則偏西機率增大；若以正東 10 度之高度值預測颱風運行速率，發現高度愈高速度愈大機率增加；作者稱準確率尚稱滿意。

#### (三) 相當正壓模式

中央氣象局所使用相當正壓模式原設計係作 500 mb 36 小時預測圖之用，若改用為颱風模式之需，在改進初始流場，初始風場資料之客觀分析，颱風附近環流處理，以追蹤最小流線函數及最大渦旋度中心方面尚待再精進。

## 四、台灣地區颱風預報方法之展望

本文針對當前台灣地區作業單位所使用之颱風預報方法予以簡單評介，發覺對於颱風路徑客觀預報方法方面列舉數點意見，有待氣象界共同努力者。

(一) 對於各種引進之客觀預報法作較有系統之校驗，嘗試改進其缺點。

(二) 數值颱風預報模式有其發展潛力，但在初始氣流場及客觀分析法上之改進，將來初始氣流場加入衛星雲圖導出雲移動風場或飛機、船舶報告補充，研究模擬颱風風場，改進巢狀網格系統，PE 模式之研究等。

(三) 對學術界所研究改進之颱風路徑數值預報法加以試用（蔡清彥 1979）。

(四) 統計迴歸方程式法在數值預報法未達真正實用階段前，宜更充分發揮其功能。

(五) 研究改進決策決定（Decision making）技

巧，逐漸以客觀預報方式取代傳統主觀成分。

(六) 成立颱風路徑預報改進小組，定期集會研討，群策群力。

## 參考文獻

王崇岳（1978）：天氣學上册，321 頁。

王崇岳（1978）：天氣學下册，400 頁。

汪群從及張月珠（1974）：颱風中心之運動，Proceedings National Sci. Council., 7, 93—108 頁。

胡仲英（1975）：正壓大氣數值模式及其應用，大氣科學第 2 期，1—7 頁。

胡仲英及陳熙揚（1976）：利用客觀比擬法預報颱風路徑之研究，氣象學報，22, 8—16 頁。

徐明同（1977）：颱風之路徑與其預報，氣象學報，23 卷 2 期，24—34 頁。

陳毓雷及雷萬清（1976）：蘭陽溪流域洪水預報研究計畫—颱風暴雨降雨量之推估，Proceedings National Sci. Council., 9。

蔡清彥（1978）：正壓颱風路徑預報之數值方法比較，國立台灣大學研究報告 NWP—08 號 14 PP。

蔡清彥（1979）：正壓颱風路徑預報之資料客觀分析，國立台灣大學研究報告 NWP—10 號 26 PP。

劉廣英（1975）：500—700 毫巴厚度與颱風移動之關係，大氣科學第 2 期，59—62 頁。

Aoki, Tand and S. Nomota, (1977): A statistical prediction of Tropical cyclone position based on Persistence and Climatological Factor (The PC method), J. Met. Soc. Japan, 55.

Arakawa, H., (1964): Statistical Method to Forecast the Movement and the Central Pressure of Typhoons in the Western North Pacific. J. Appl. Met. 3, 524—525。

Japan Meteorological Agency (1974): Forecasting Manual For Typhoons. PP277。

Neumann, C. J., (1972): An alternate to the HURRAN tropical cyclone forecast system. NOAA Tech. Memo. NWS SR—62 32 PP。

Neumann, C. J., J.R. Hope and B. I. Miller, (1972): A statistical method of combining

表 1 CLIPER 法之迴歸方程式

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 <sub>24</sub> (南北位移)	V <sub>0</sub>  U <sub>0</sub> <sup>2</sup> V <sub>0</sub>  L <sub>0</sub> <sup>2</sup> U <sub>0</sub>	19.40045	Y <sub>48</sub> (南北位移)	L <sub>0</sub> V <sub>0</sub>	243.36670
		21.67126		L <sub>0</sub> U <sub>0</sub> D	1.46905
		-0.01571		V <sub>0</sub> V <sub>-12</sub> U <sub>-12</sub>	-0.00189
		-0.00197		L <sub>0</sub> D	0.08111
				L <sub>0</sub> WD	-0.10198
			L <sub>0</sub> l <sub>0</sub> D	0.00013	
			D <sup>2</sup> U <sub>-12</sub>	0.00053	
			V <sub>0</sub> U <sub>0</sub> U <sub>-12</sub>	0.00006	
				0.04328	
X <sub>24</sub> (東西位移)	U <sub>0</sub>	5.51924	X <sub>48</sub> (東西位移)	U <sub>0</sub>	19.50797
		22.44386		V <sub>0</sub> <sup>2</sup> W	48.31984
				V <sub>0</sub> U <sub>0</sub> W	-0.01479
				L <sub>0</sub> <sup>2</sup> U <sub>-12</sub>	0.01089
				U <sub>0</sub> <sup>3</sup>	-0.01478
				-0.03215	

單位：海裡

表 2 荒川法計算迴歸方程式

	T = 12'	T = 24	T = 48
φ	φ <sub>0</sub> 1.5995	φ <sub>0</sub> 2.2797	φ <sub>0</sub> 2.8977
	φ <sub>-12</sub> -0.3833	φ <sub>-12</sub> -1.2540	φ <sub>-12</sub> -1.8073
	φ <sub>-34</sub> -0.1734	X <sub>90</sub> 0.1284	X <sub>16</sub> -0.5396
	X <sub>89</sub> 0.0553	X <sub>57</sub> -0.0692	X <sub>40</sub> 0.2914
	X <sub>53</sub> -0.0733	X <sub>25</sub> 0.1821	X <sub>90</sub> 0.2132
	X <sub>36</sub> 0.0750	X <sub>39</sub> -0.1293	X <sub>25</sub> 0.2034
	Σ = -57.3	Σ = -112.5	Σ = -106.6
λ	λ <sub>0</sub> 1.3669	λ <sub>0</sub> 1.6812	λ <sub>0</sub> 1.8948
	λ <sub>-24</sub> -0.3951	λ <sub>-24</sub> -0.7516	λ <sub>-24</sub> -1.0458
	X <sub>89</sub> 0.0682	φ <sub>0</sub> 0.7209	φ <sub>0</sub> 2.1311
	X <sub>13</sub> 0.1752	φ <sub>-12</sub> -0.6115	φ <sub>-12</sub> -1.7983
	X <sub>45</sub> -0.0572	X <sub>89</sub> 0.2443	X <sub>13</sub> 0.6461
	X <sub>75</sub> 0.0575	X <sub>21</sub> 0.3469	X <sub>89</sub> 0.6245
	Σ = -242.3	Σ = -589.6	Σ = -1037.6
P	P <sub>0</sub> 1.0978	P <sub>0</sub> 0.8613	P <sub>0</sub> 0.6493
	P <sub>-12</sub> -0.1470	P <sub>-24</sub> -0.3225	P <sub>-14</sub> -0.5141
	P <sub>-24</sub> -0.1457	λ <sub>-24</sub> -0.3547	λ <sub>-24</sub> -0.6288
	λ <sub>-24</sub> -0.1046	X <sub>8</sub> 0.9063	X <sub>8</sub> 2.6177
	X <sub>6</sub> 0.7267	X <sub>46</sub> 1.0163	X <sub>46</sub> 1.4287
	X <sub>40</sub> 0.2416	X <sub>63</sub> -0.9921	X <sub>64</sub> -1.3527
	Σ = -775.4	Σ = -1581.9	Σ = -1790.4

表 3 颱風運行方向與 N 點 700mb 高度值之百分率

高度 (重力位公尺)	百分率	方 向	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE
188-200			23	62	15 <sup>''</sup>	-	-	-	-
173-187			24	70	6	-	-	-	-
157-172			12	62	22	2	2	-	-
142-156			8	8	62	14	8	-	-
127-141			2	14	32	47	5	-	-
112-126			-	-	13	20	47	20	-
097-111			-	-	10	10	45	35	-
小於 097			-	-	-	-	-	40	60

表 4 颱風運行速率與 R 點 700mb 高度之百分頻率

高度 (重力位公尺)	百分率	方 向	≤ 4	6	8	10	12	14	16	18	20
188-200			-	-	4	8	27	42	11	4	4
173-187			-	-	3	33	33	28	3	-	-
157-172			-	-	10	60	17	10	3	-	-
142-156			-	-	59	29	6	6	-	-	-
127-141			-	70	20	10	-	-	-	-	-
112-126			86	14	-	-	-	-	-	-	-

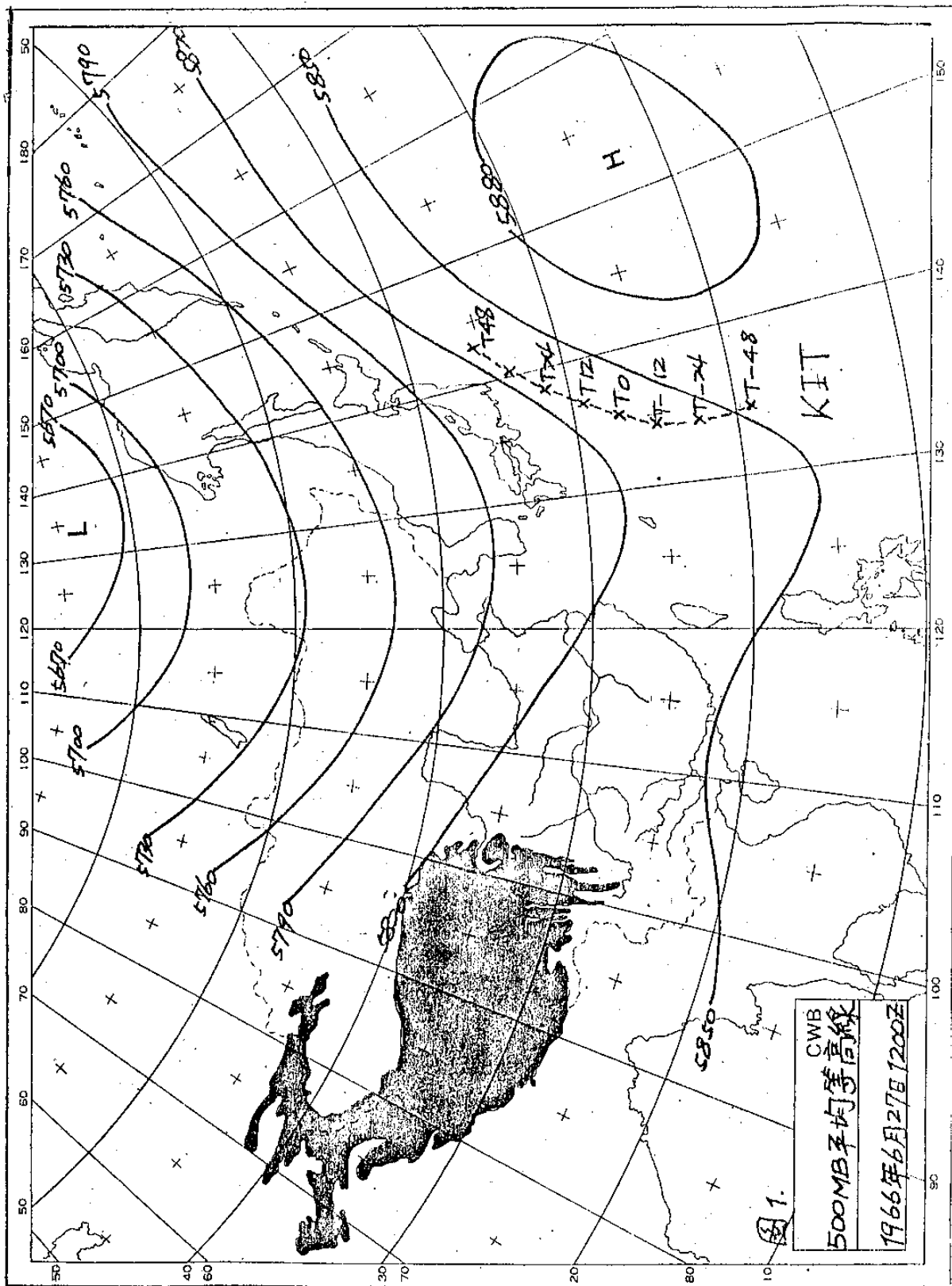


圖 1 500 MB 平均等高線與颱風走向，1966 年 6 月 27 日 12Z。

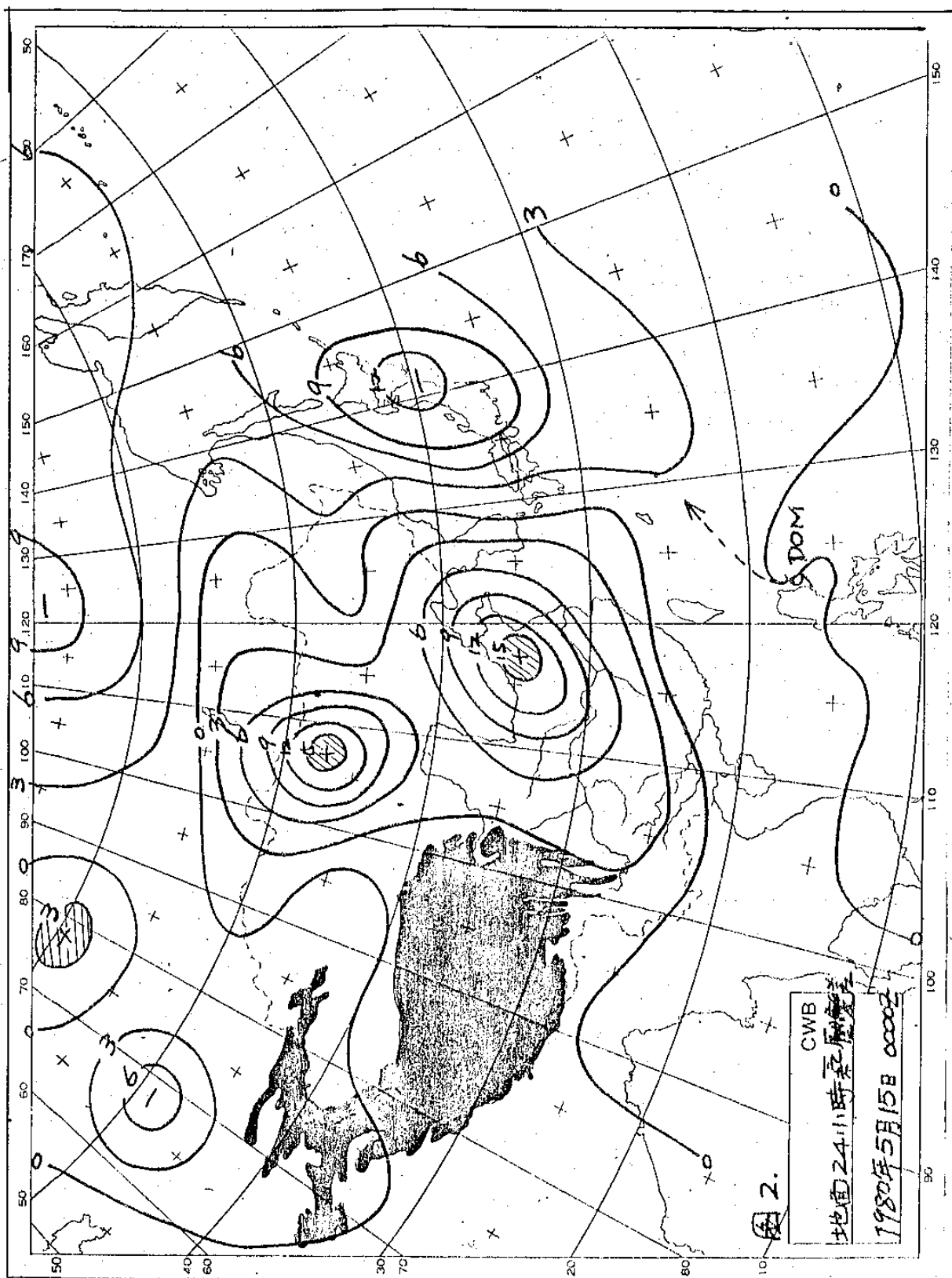


圖 2 地面 24 小時氣壓變差與颱風走向，1980 年 5 月 15 日 00 Z。



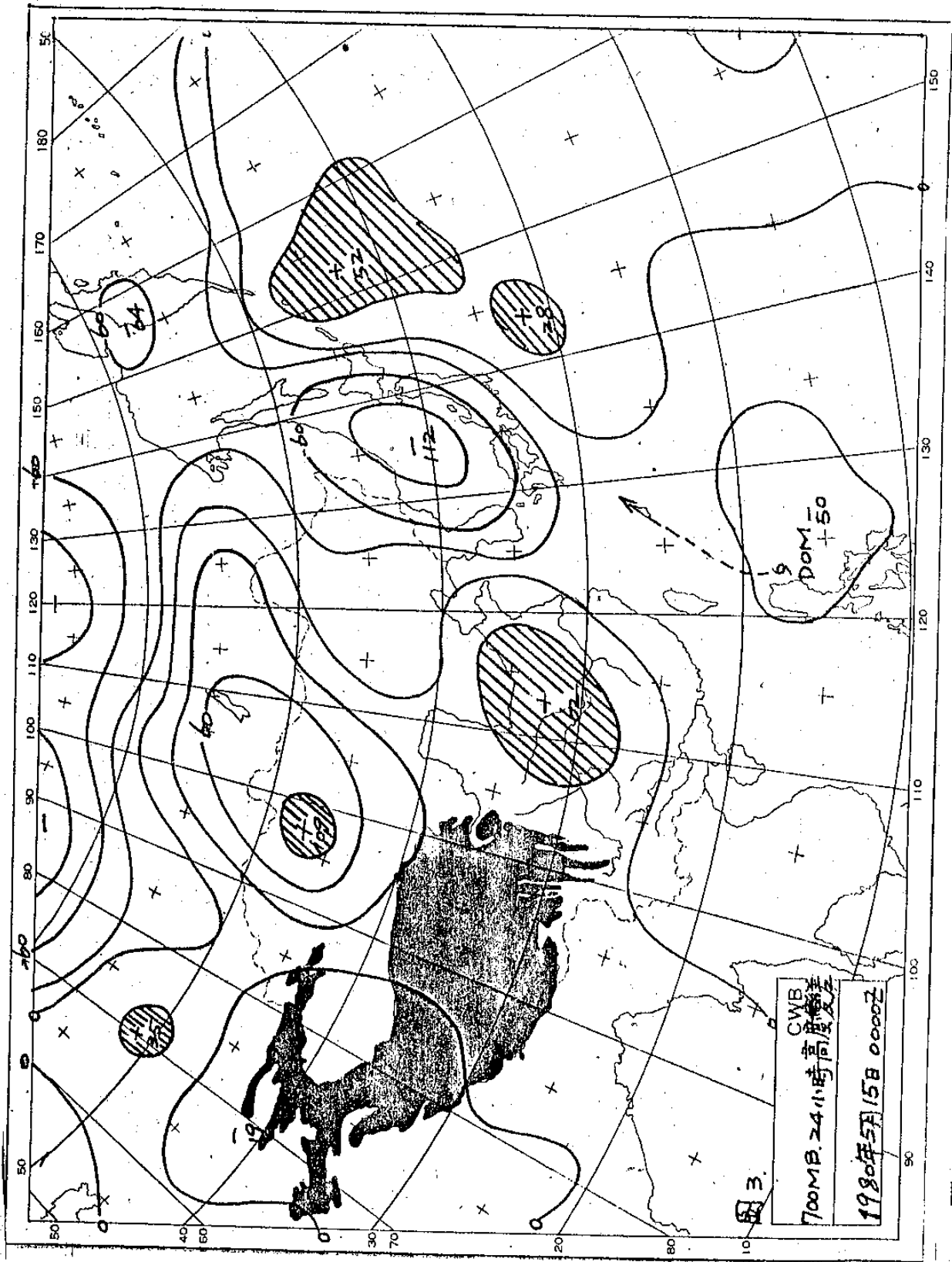


圖 3 700MB 24 小時高度變化與颱風走向，1980 年 5 月 15 日 00 Z。

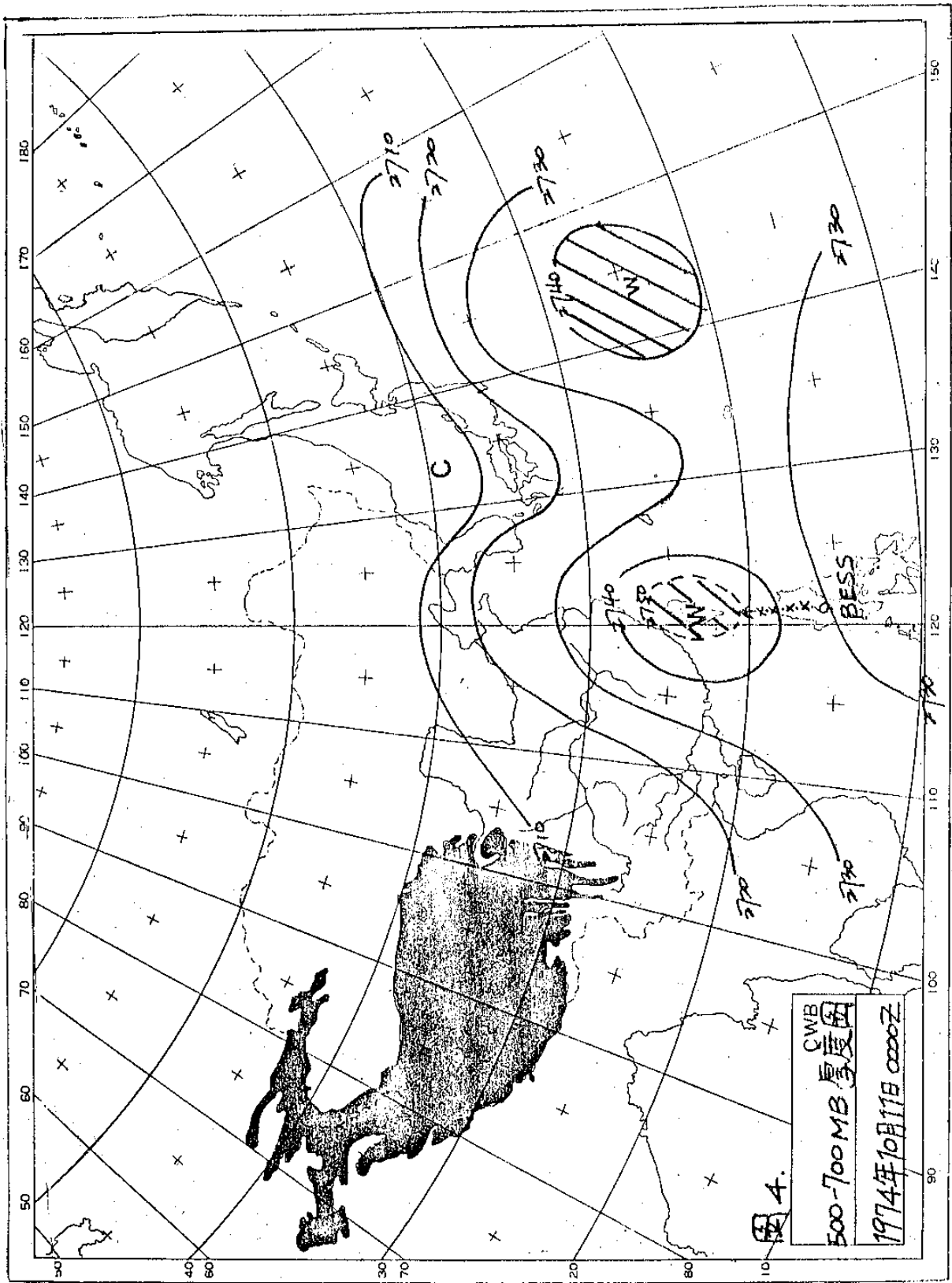


圖 4. 500-700 MB 厚度圖與颱風風走向，1974 年 10 月 11 日 00 Z。

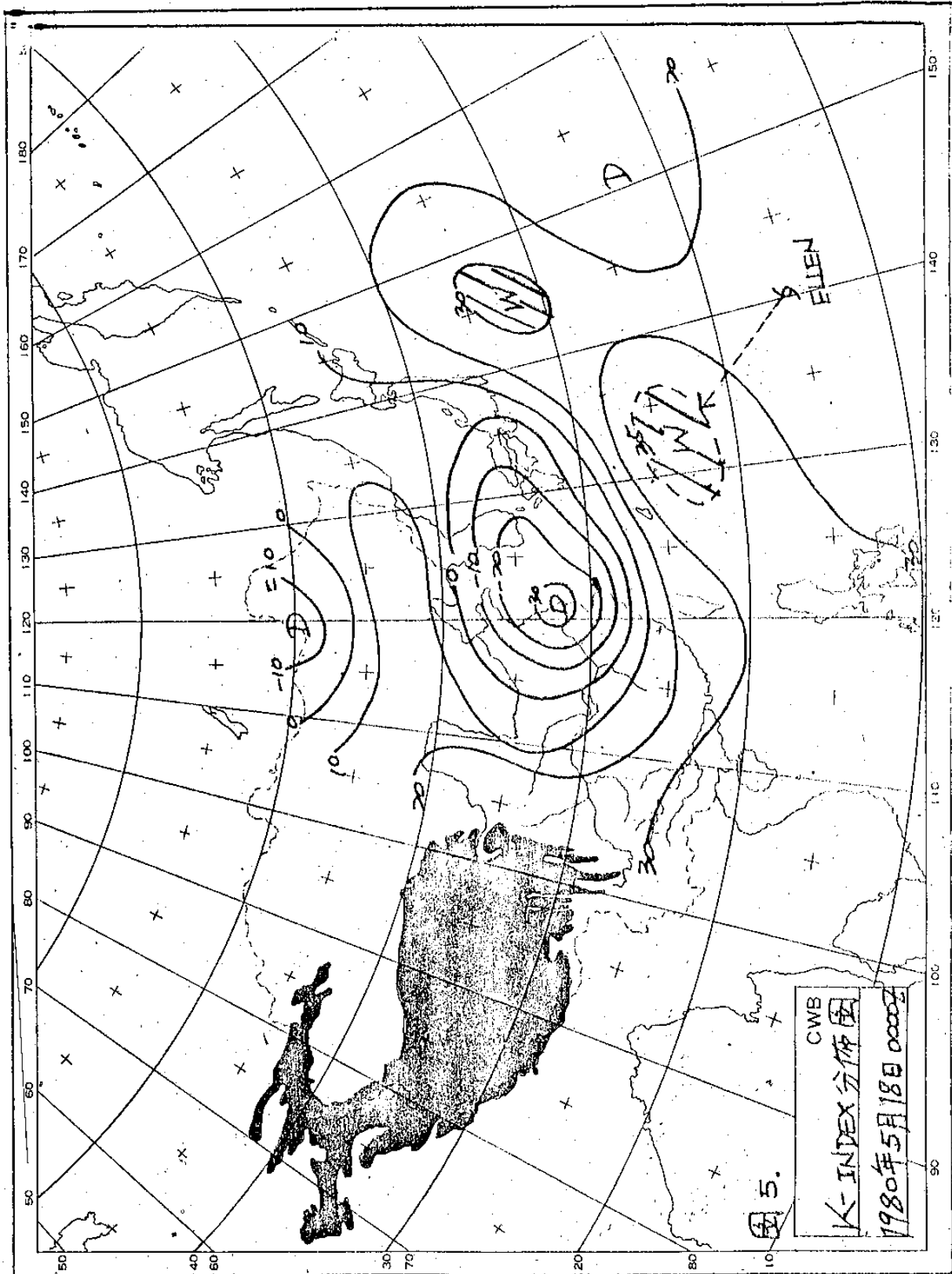


圖 5. K-Index 分佈與颱風走向，1980年5月18日 00Z。

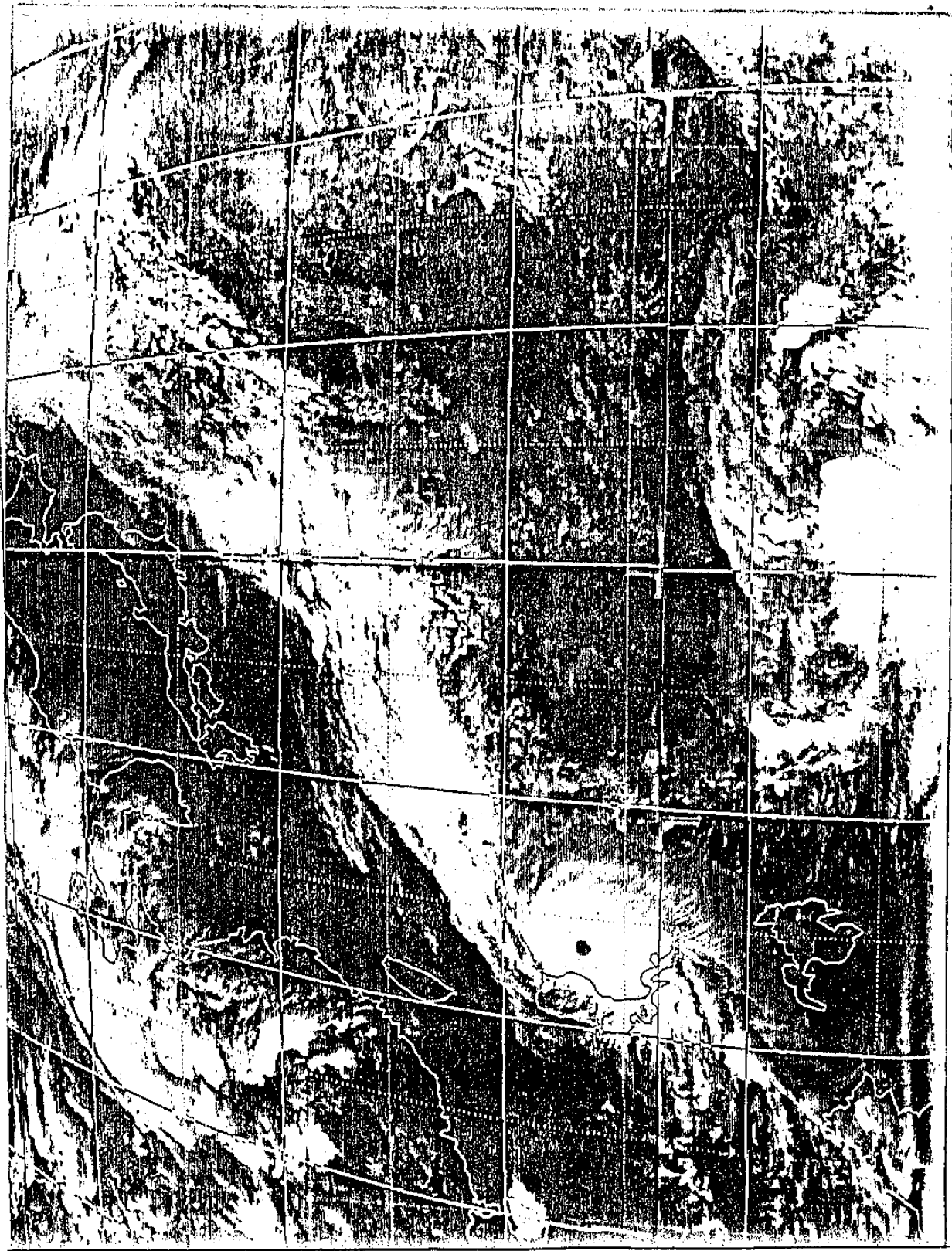


圖 6. 衛星雲圖長軸方向與DOM 颱風走向，1980年5月13日12Z。

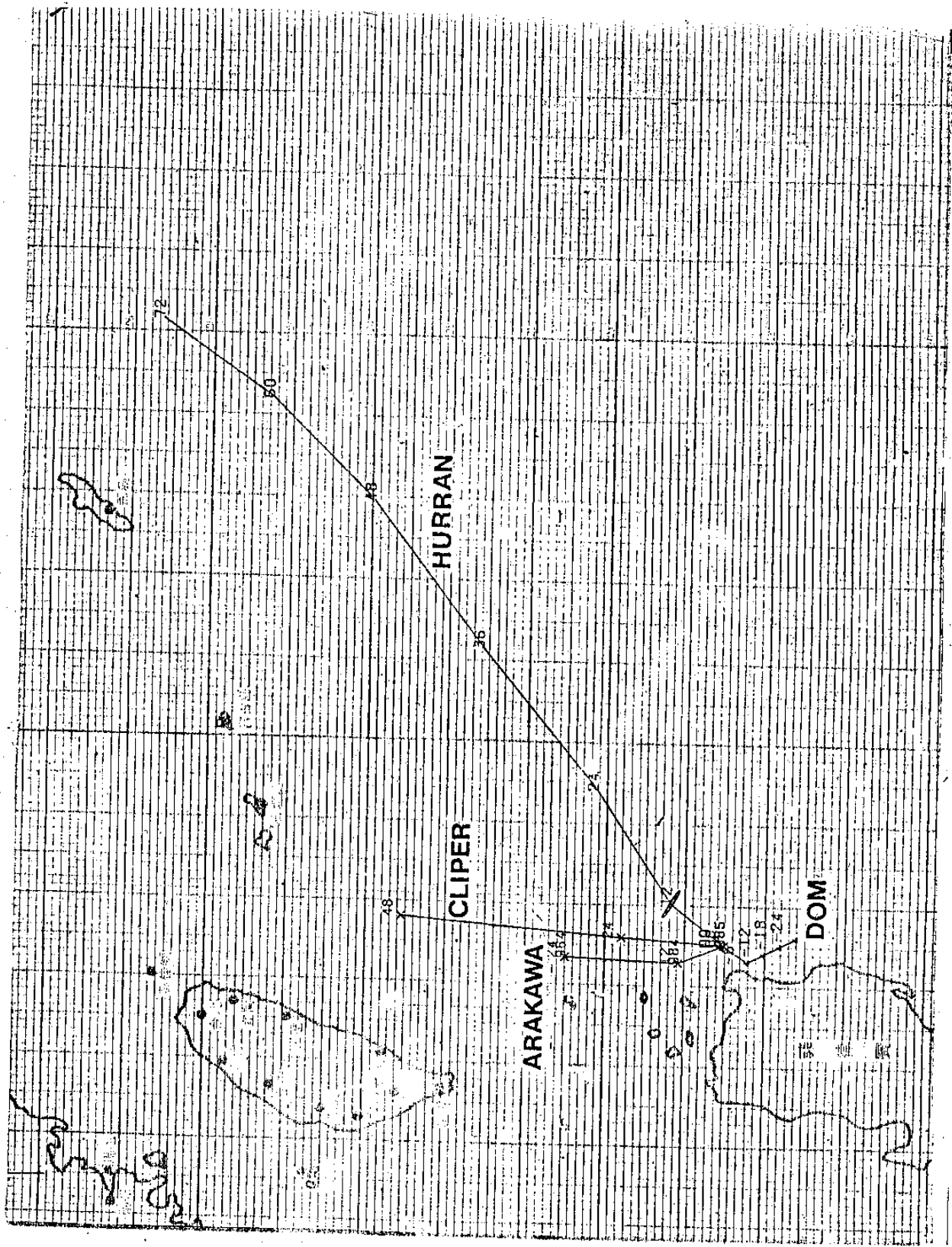


圖 7. HURRAN, CLIPER, ARAKAWA 法, 1980 年 5 月 15 日 12 Z。

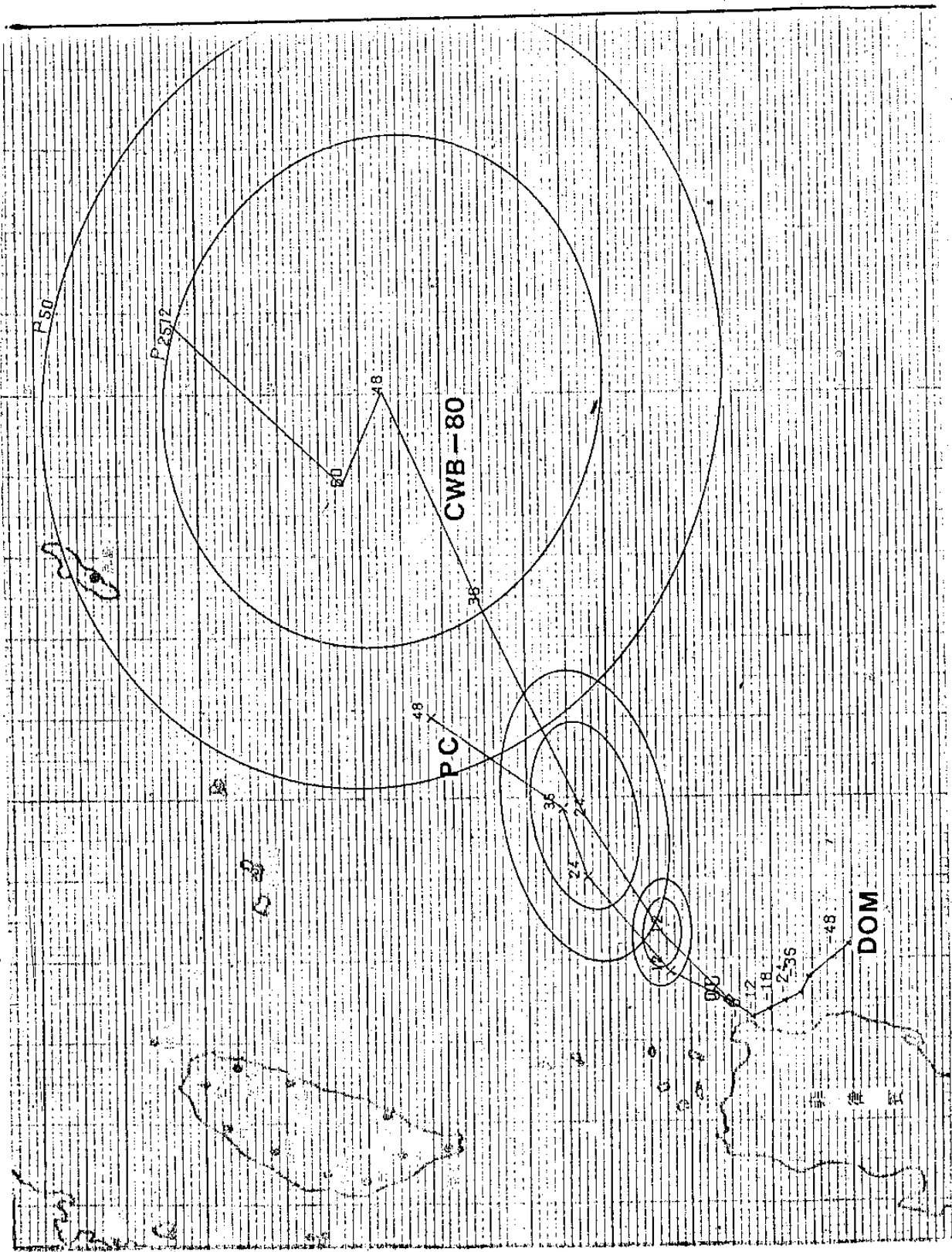


圖 8. PC 法及 CWB-80 法，1980 年 5 月 15 日 12 Z。