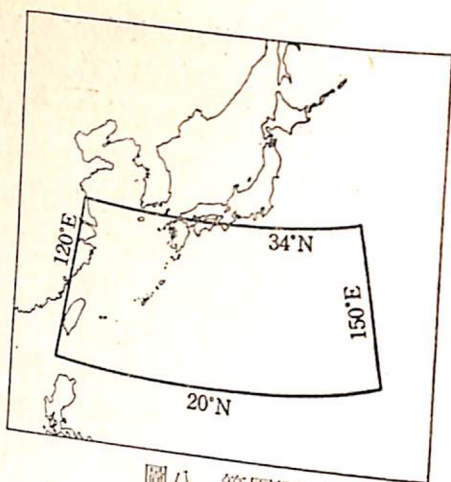
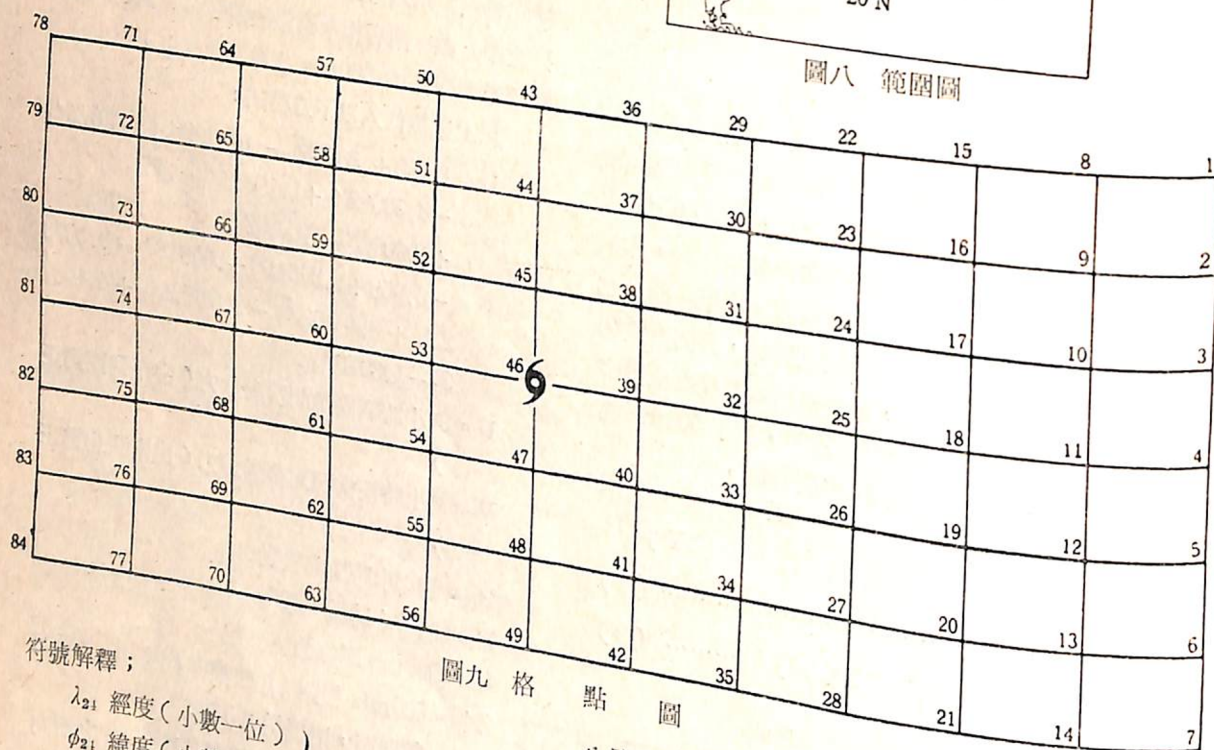


資料難得齊全。是故任何颱風預測改進均須多少基於統計法或有它本身之或然率。他研究以下方法係利用地面氣壓分佈與參考高空圖(如700mb)同時作為預報依據,可預測颱風加深與衰弱。該法也以5°經緯度為氣壓格點,因此格點正為底圖5°經緯度之交叉點如圖8與9,共計84點。他利用1949—1959年間每天0600Z與1800Z地面天氣圖,集中注意在颱風形成前一天至颱風消失後一天為止的資料,將資料盡量填寫校正,最後打成卡片。



圖八 範圍圖



圖九 格點圖

符號解釋:

- λ_{24} 經度(小數一位)
- ϕ_{24} 緯度(小數一位)
- P_{24} 颱風中心氣壓 mb
- λ_0 經度
- ϕ_0 緯度
- P_0 中心氣壓
- λ_{-24} 經度
- ϕ_{-24} 緯度
- P_{-24} 中心氣壓
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{24}$ 為繪圖時各格點之氣壓值

24小時之預測

繪圖時間者

24小時以前者

八月0300Z;五用在九月0300Z。計算時僅選用一套(三項預測數)。方程式如下:

用在七月1800Z:

$$\lambda_{24} = -276.3 + 1.4833\lambda_0 - 0.5973\lambda_{-24} - 0.1236X_1 + 0.3622X_{27} + 0.3242X_{67} - 0.2717X_{37}$$

P.R. = 93.9%

$$\phi_{24} = +219.9 + 1.4798\phi_0 - 0.5118\phi_{-24} - 0.2340X_{81} + 0.2391X_{19} - 0.4956X_{63} + 0.2731X_{12}$$

P.R. = 89.9%

$$P_{24} = -1523.8 + 1.0105P_0 - 0.3539P_{-24} + 0.7173\phi_0 + 0.9589X_{38} - 1.0234X_{68} + 1.8877X_{12}$$

P.R. = 85.0%

用在八月1800Z:

$$\lambda_{24} = -316.7 + 1.5586\lambda_0 - 0.6123\lambda_{-24} + 0.1881\phi_0 + 0.1620X_{27} - 0.1390X_{29} + 0.2937X_{41}$$

P.R. = 95.5%

迄 1963 年五月本人在邁阿密颱風預報中心與 H. Arakawa 相見,他又介紹他的最新作品:1. 西北太平洋以 700mb 預測圖預測颱風之迴歸方程式(刊載 U.S. National Hurricane Research Project. Report No. 61)本篇從略。2.我國南海颱風預測迴歸方程式。此式也係用地面資料預測南海颱風移動與中心氣壓,他仍以每 5° 經緯度為格點,惟僅取25個格點。他檢查 1956—1960 年間地面圖,發現35個颱風,並研究列式如下:

$$\lambda_{12} = 97.9 + 1.0122\lambda_0 - 0.1562X_1 + 0.1717X_{17} - 0.1151X_6$$

P.R. = 95.3%

$$\phi_{12} = -23.5 + 1.3085\phi_0 - 0.2469\phi_{-12} - 0.0864X_{23} + 0.1839X_{21} - 0.0746X_1$$

P.R. = 97.6%

$$P_{12} = -745.8 + 0.9142P_0 - 0.3190\lambda_{12} + 0.8608X_3$$

P.R. = 74.1%

$$\lambda_{24} = 31.7 + 0.9901\lambda_0 - 0.1383X_2 + 0.3068X_{17} - 0.2010X_6$$

P.R. = 86.1%

$$\phi_{24} = 246.3 + 1.6031\phi_0 - 0.5607\phi_{-12} - 0.1078X_{23} - 0.1359X_1$$

P.R. = 94.5%

$$P_{24} = -767.6 + 0.7901P_0 - 0.2744P_{-12} - 0.8948\lambda_{-12} + 1.3412X_3$$

P.R. = 66.0%

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{25}$ 地面格點氣壓 mb ($X_{13} = P_0$)

λ_0, λ_{-12} 現在與前 12 小時颱風中心之東經位置

ϕ_0, ϕ_{-12} 現在與前 12 小時颱風中心之北緯位置

P_0 目前中心氣壓, P_{-12} 為 12 小時前中心氣壓

該法已為香港與菲律賓氣象當局賞色。

地面風法

有人欲以地面風勢之對稱預測颱風移動,雖 Moore 曾設有方程式(刊載 Bulletin, American Meteorological Society. 27. 410-415)他僅用高於地面在颱風最外一條封閉線上各方向之風。一般颱風移動是向着風速最大之一面,此為運動學原理,渦旋始終向着周圍最大速度處移動。但因資料稀少,不可能決定確實之最大風速在何處,所以使用價值言不高,據說在太平洋上使用尚有參考價值,在大西洋上使用成績太差,故該法已成過去矣。

雲系法

卷雲常在颱風中心前面伸展很遠,尤其在颱風

$$\phi_{24} = +14.6 + 1.7323\phi_0 - 0.6183\phi_{-24} + 0.1312X_{25} - 0.0998X_{12} - 0.1806X_{27} + 0.1329X_{33}$$

P.R. = 86.2%

$$P_{24} = +374.1 + 0.6576P_0 + 0.5581\phi_0 + 1.5124X_{51} - 0.8331X_{36} - 2.2906X_{54} + 1.1162X_{76}$$

P.R. = 73.3%

用在八月0300Z:

$$\lambda_{24} = -541.3 + 1.3098\lambda_0 - 0.3330\lambda_{-24} + 0.4646X_{13} - 0.0992X_{31} + 0.3825X_{48} - 0.2086X_{38}$$

P.R. = 93.1%

$$\phi_{24} = -209.4 + 1.6726\phi_0 - 0.6339\phi_{-24} + 0.1155X_{31} - 0.3007X_{51} + 0.3195X_{74} + 0.1729X_7$$

P.R. = 88.2%

$$P_{24} = +3273.5 + 0.5652P_0 + 1.4361\phi_0 - 2.4604X_{56} + 1.5315X_{17} - 1.2413X_{13} - 0.6845X_{60}$$

P.R. = 76.8%

用在九月1800Z:

$$\lambda_{24} = -348.0 + 1.7476\lambda_0 - 0.8224\lambda_{-24} + 0.7399\phi_0 - 0.5738\phi_{-24} + 0.4760X_{14} - 0.1262$$

P.R. = 94.5%

$$\phi_{24} = -375.6 + 2.1619\phi_0 - 0.9940\phi_{-24} - 0.2527X_{15} + 0.2326X_{83} + 0.2091X_{10} + 0.1801X_{14}$$

P.R. = 95.3%

$$P_{24} = -669.5 + 0.8388P_0 - 0.2225P_{-24} + 1.3751\phi_0 - 0.6306\lambda_{-24} + 2.5399X_{24} - 1.4545X_{27}$$

P.R. = 70.7%

用在九月0300Z:

$$\lambda_{24} = -66.9 + 1.6243\lambda_0 - 0.6736\lambda_{-24} + 0.7432\phi_0 - 0.4778\phi_{-24} - 0.2977X_{37} + 0.3655X_{52}$$

P.R. = 94.9%

$$\phi_{24} = 200.0 + 1.7050\phi_0 - 0.5798\phi_{-24} - 0.3738X_{15} + 0.2615X_{52} + 0.3094X_{40}$$

P.R. = 90.4%

$$P_{24} = -416.5 + 0.7966P_0 - 0.1391P_{-24} + 3.2742\phi_0 - 0.5289\lambda_{-24} - 2.2213\phi_{-24} + 0.7838X_{53}$$

P.R. = 73.3%

P.R. 為差異降低率 (Percentage Reduction of Variance)

日本氣象局於1960年七至九月曾試用該法,不巧該年颱風出乎常例發生很少,未能校驗成效,不過相信不久該法將可用在實際預測工作。可是 Veigas 批評該法預測颱風中心氣壓良好,不能用作颱風加速移動預測。可是作者認為颱風加深與減弱任何客觀預測法均為無效。而本法兩者皆可。

右前象限。有時雲移動可作為高空氣流導引颱風之啓示。可是不盡然，因颱風環流伸展至高空，並到達很遠距離，又繞颱風中心旋轉移動，另一方面，在高空氣流輻散環流是反氣旋型向外擴展，自地面向上觀測各層雲向各異，錯綜複雜難以鑒別，尤其當颱風接近時一片低雲，失去對空視線，低雲動向與地面風向幾乎無何差異，若以飛機觀測空中雲系，乃不如直接觀測颱風中心位置及其各項氣象因子，是故依照雲系推斷颱風移動，已成為過去歷史矣。

海浪海潮法

颱風海浪由於風而產生，長浪由颱風右邊半面向周圍擴張，可是經過長時間運動受各地風的影響，其行進方向也稍有改變，所以預報方面不可謂毫無價值。若觀測者面對颱風，其長波方向保持不變，表示颱風不是接近就是離開中；若長波反時鐘方向改變，表示颱風從其右面行向他的左面；反之，浪向順時鐘方向轉變，則其中心已過去或從其左面行向右面。

海潮也有同樣價值，不正常之海潮表示有颱風。通常颱風侵襲時海潮直線上升，若觀測者左面出現最高點，則表示颱風在其左，反之則在其右面；若高頂點由右至左，表示颱風已由右面行向其左面，當然該法與地面風法一樣不是精確方法，不能作為預測之正式依據，不過對漁民與沿海居民却為頗重要之參考資料。

討 論

1. 颱風預測方法各氣象學者之著作，近廿年來如雨後春筍，實不勝枚舉。本人學識淺薄，僅述及北大西洋與北太平洋者，至於侵襲歐洲，印度洋及其他南半球各地者，缺乏資料，知道者實在太少，未曾述及。本篇所論及者也不過是粗枝大葉，大略概念而已，尚盼指導。

2. 根據地面風，雲系變化，海浪海潮式民間俚語預測颱風，此為科學未發達以前經驗之累積，無法作分毫必爭之準確預測，雖然事後研究有其理由。可是該項理由係近代氣象家代其解釋者，絕不是當初發現者對颱風研究如現代詳盡。

3. 沒有一颱風是與過去者完全一樣路徑，原因為地面氣壓分佈形態，一時可能與過去某種情況相同。可是各高層未必同樣，所以單憑地面氣候資

料統計僅能作為預報參考，而不能作為預報依據。不過近來發展之統計法，演算方程式趨於複雜，統計資料也由地面廣用至高空，人力不勝負荷，均以電腦為工具，實際上與數值預報作法上已無甚差別。

4. 任何客觀預報法則祇能用在預測颱風短時移動方面，因大多數客觀預報方法，僅以某層一點或數點之氣象因子作為預測主要依據。當然其選之700與500mb層為平均颱風環流之中間層相接近，較有代表性。但影響颱風移動之氣象因子相信決不止此，不能代表影響力的全貌，所以預測也不能十分正確。

5. 大多數空高氣導引法，用高空無颱風環流層之氣流為導引氣流。換言之，該法僅注意高空外在牽引力，而忽視整個颱風環流層大氣平衡均勢作用。如颱風環流高度不高，導引氣流強者尚有作用，因颱風環流層大氣平衡均勢力不若高發展者複雜。反之，垂直發展高之颱風，它本身受外在力量也大，有時颱風本身成彎曲狀，該時導引氣流僅略有作用在高空環流部份，至於地面部份望塵莫及矣。

6. 回憶氣象發展而言，預測颱風先依據地面風，雲系變化，海潮海浪概略判斷開始。以後繪地面圖後就有伸延法，統計法等之使用，迄高空觀測發展後就有導引法則與各種客觀預測法之問世，近十年來又有數值預報之付諸實現。其所使用資料是由單點因子至多項因子，由單項至全面；由地面至高空，可惜目前為止各種方法僅利用某一定壓面資料或一厚層資料而已，還不是三度空間。

7. 本軍故徐副聯隊長應環與王時鼎同志之「臺灣近海颱風預測」已將地面與高空資料綜合應用，在思想上可說比任何方法為優，預測校驗也有較佳成績。可惜注意力較偏重於地形影響，在數理方面也缺乏交代，故僅能應用在臺灣地方性預報，而未能被廣泛採用。

結 論

颱風是大範圍之空氣渦旋，由地面垂直發展至高空。影響颱風移動之外力，絕不僅為地形阻力，高空導引氣流或某一層空間之壓力均勢平衡力而已。還有它本身運動慣性力，內在均勢平衡力與不同緯度偏向力差誤問題滲雜在內，吾人僅以某定壓面數點氣象因子作為預測依據，乃僅得到原因之一小部份，而不是全部。是故，迄今每種方法均有或然

(下接第22頁)

颱風移動短時預測討論 (續下) 蔣志才

A Discussion on the Short-Range Prediction of Typhoon

續使用 500mb 圖之客觀預測法

日本 Katsumi Okamoto 少校以 500mb 等壓面圖決定颱風移動，是根據颱風過去位移與颱風附近大氣型態之改變。颱風能保持其強度不變，由於該時大氣之維持均勢平衡，如大氣形態改變，乃為其保持均勢平衡颱風不得移動。所謂均勢平衡是要大氣能量在等壓面上保持平衡。他選擇 500mb 圖是因 500mb 較接近無輻散高度，該層之平衡情況應考慮高低壓中心，槽脊線，颱風之位置與其強度。當其中有一重要因素控制颱風移動時，颱風隨其操縱而轉移，乃其他因素不直接影響其平衡，其主要影響因素與颱風移動間之互相關係，由下列各項可予證明：

他以 61 次颱風 (1945—1961 年之資料) 研究，發現颱風在日本東海岸之進入點，高壓中心與西來

之槽線有顯著關係，該項關係稱之幾何關係：

1. 1954 年 9 月 11 日 1500Z。500mb 圖上之 H_1 與 H_2 為日本外海與我大陸高壓中心， T 為颱風 $Junc$ ， H_1TH_2 之等分角線通過九州，事後證明該颱風於 13 日 0300Z 在九州登陸。

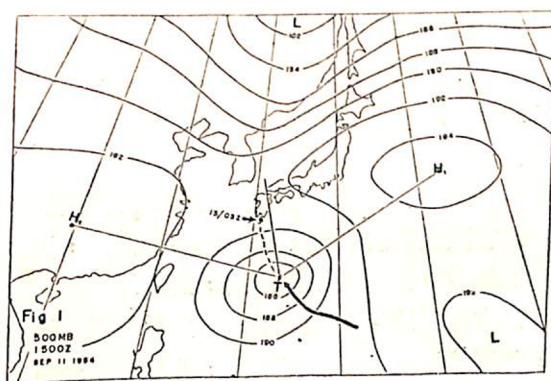
2. 1953 年 9 月 23 日 1500Z。500mb 圖有一颱風 $Toss$ ，該圖內 $T'TH$ 之等分角線經過本州 Kii 半島， T' 代表我國東海槽線， T 為颱風中心， H 為太平洋高壓，結果颱風在 25 日 0500Z 登陸 Kii 半島。

以上兩颱風 36 小時後均在沿等分角線上登陸。換言之，颱風係沿此等分角線行進，而保持了 500mb 上的態勢平衡。所以若能正確選擇重要點 (T 與 H)，則該法頗為有效。

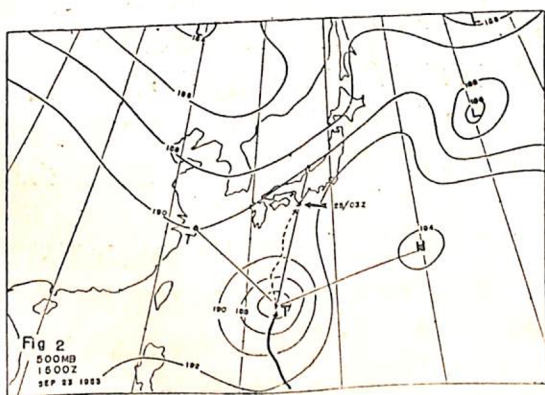
選擇重要點標準：

高壓部份

在 500mb 選重要點圖



圖一 1954 年 9 月 11 日 1500Z 500mb 圖



圖二 1953 年 9 月 23 日 1500Z 500mb 圖

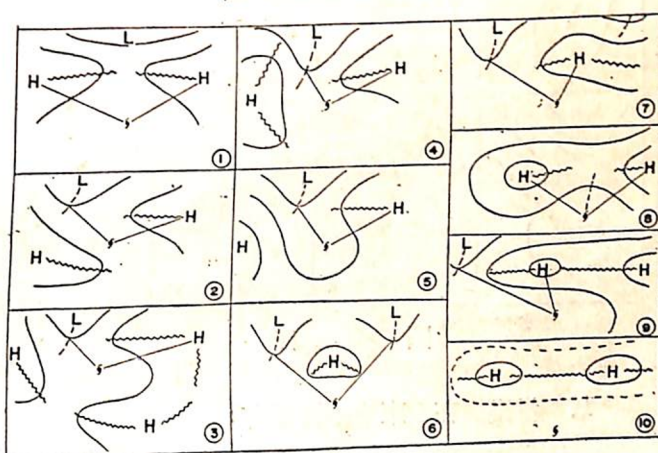


圖 三

1. 如圖一與圖二，颱風東面有高壓並受其影響而移動者。

2. 如圖三之高壓與槽線分佈：

(1) 當脊線在颱風前 (北方) 向東伸展 (圖 3-1) 者，脊線為 H 點。

(2) 脊線在颱風東面 (或颱風之南) 向西 (或向東) 伸展，西來槽線 (圖 3-2) 為 T 點。

(3) 在颱風前後方高壓伸出脊線 (圖 3-3) 乃北面高壓中心，為 H 點，而不管南面脊線，

(4)當槽線在颱風前方(圖 3-4)，該槽線為 T 點。

(5)以上(1)項所述，若脊線不向颱風方向伸展，乃西方之高壓 H 點以槽線 T 代替。

(6)若颱風北方之高壓無強大伸展脊線，該高壓不為 H 點，以槽線代替(圖 3-6)。

(7)當有高壓在颱風之正北方，其伸展脊線為橫向，乃該高壓為 H 點(圖 3-7)。

(8)有高壓帶在颱風之北方，颱風楔進入該高壓帶，左右兩高壓中心均為 H 點(圖 3-8)。

(9)如上項(8)兩高壓中心間無楔也無槽線存在，乃較西方之高壓仍為 H 點(圖 3-9)。

槽線部份

當選擇槽線上之重要點，更須決定沿槽線何處為 T 點，通常 500mb 等高線以 60 動力公尺一線，選擇形成槽線之最南方等高線與槽線相交之點為 T，可是有例外，茲舉例說明之：

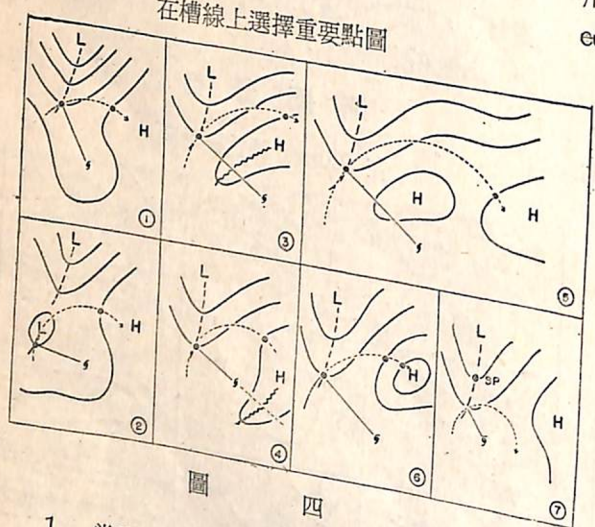


圖 四

1. 當颱風在西來槽線範圍內：

(1)以颱風中心至槽線距離的半徑作一弧線，此弧線相交與槽線以東之等高線(該等高線高度須較高者)，該相交點為重要點(圖 4-1)。

(2)槽線上有小封閉低，槽線伸延至其南端，再作同樣手續定重要點(圖 4-2)。

2. 當颱風在槽線範圍之外：

(1)當脊線伸延至颱風中心與槽端之間，以颱風中心至槽線連線為半徑，以颱風中心為中心，作弧線與脊線之等高線相交處為重要點(圖 4-3)。

(2)如圖 4-4 形式其脊線上之交點也為重要點。

(3)若其弧線不相交於鄰近高壓，但相交另外之高壓，乃槽線南端與另一高壓等高線相交處為重要點(圖 4-5)。

(4)作弧線時在東面高壓有兩相交點(圖 4-6)，槽線南端為重要點外，其他兩相交點依照槽線移速決定其一。

(5)當以上未提及之情況，如圖 4-7，重要點應在 Sp 點以南 60 動力公尺處之槽線上。

該法使用有時有偏差角，應予修正(刊載 U. S.-Asian Weather Symposium 1963)本文從略，同時僅實用接近日本 400—500 哩之颱風，其他地區尚未校驗使用過。

數值預報法

自 1955 年美國聯合數值天氣預測(JNWP)開始辦理 颱風預測工作，其用正壓與斜壓模式適用在一般天氣系統(Bulletin American Meteorological Society, 38, 263-268)，而不是專為小型熱帶風暴或颱風所設計。L. Hubert 曾收集試驗幾個模式例子，在 1951—1954 年間以正壓數值預測七個主要颱風，發現該項預測往往低估颱風之移動。例如 24 小時預測平均就有 140 哩之差誤，48 小時預測則有其兩倍，其預測位置幾乎常在實測位置之正後方。這證明其預測方向無差誤，但一般人則批評該項數值預報是不合實際作業使用。

該項差誤之發生，由於模式計算所引起，因有限之高度場差，連續作多項估計，又以每間格 260 哩距離用作預測，對普通颱風環流而言實屬過遠。因渦旋地轉分力計算係根據高度差，其兩格間就有 520 哩距離，能使颱風旋率計算發生大差誤，同時氣流計算也發生差誤。另一方面颱風中心不可能由周圍大間格點高度差，而確定其位置，因颱風周圍高度場往往是不對稱的。故欲改用小間格(約 165 哩，在 30° 緯度)，正壓模式可能減少差誤，Eirichfield 用 80 哩間格作正壓實驗，證明用更小間格距離可得頗準確之風與壓力計算。

其他在預報可能發生差誤是 500mb 層颱風附近高度變化預測中之正壓模式不適用，還有許多問題諸如用地轉假說，500mb 無輻散假說，與忽略渦旋率方程式之項目。甚至 JNWP 所用之斜正模式(如三層斜壓在 1956 年五月經常使用，與斜溫在

1956 年 7 月至 1957 年 10 月經常使用者)，對颱風預測均無良好效果，因其假設是絕熱過程，該項模式未顧及凝結熱的影響，相信潛熱對颱風發展之影響是極其重要。

Sasaki 與 Miyakoda 想在 700mb 高度減去颱風渦旋環流，藉餘環流模式預測颱風路徑，稱餘環流模式數值預測(Proceedings of the UNESCO Symposium on Typhoon 9-13, Nov. 1954, Tokyo)。Fjrtoft 以每 12 小時之圖解法付予實現，結果還不如原先之正壓模式方法，顯然這方法過於草率，不能克服正壓模式之困難問題。

逐次預測氣流場用電腦計算正壓方法，已由 Kasahara 與 W. Hubert 研究發展成功，該法啓發於 Sasaki 與 Miyakoda 之思想，用 500 與 700 mb 兩層逐時計算。試用結果 24 小時預測僅 100 哩平均差誤，48 小時根據 500mb 有 260 哩差誤，根據 700mb 有 230 哩差誤。於是 Kasahara 又用各層資料作綜合性預報，效果良好，此所謂合成預報(Rosultant Forcasts)。24 小時預報僅 70 哩差誤，48 小時者 200 哩，由此可知用正壓模式以垂直各層平均氣流預測颱風，比用單層資料可靠得多。

W. Hubert 用電腦計算颱風中心周圍 16 間格之高度(四格間方)，每間格距離在 30° 緯度帶為 165 哩，因此 500mb 高度可寫為：

$$Z = A + BX + CY + DX^2 + EY^2 + FXY + GX^3 + HY^3 + IX^2Y + JXY^2$$

該項高度係數為求地轉分力，又微分為 $\frac{\partial Z}{\partial X}$ 與 $\frac{\partial Z}{\partial Y}$ 。可計算颱風間格內之 X 與 Y 值，以立方計算四格間方之高度，再正壓預測每小時之導引氣流，直至 12, 24, 36 小時颱風路徑求得為止。

美國國立颱風中心(NHC)幾次用正壓預報法作低緯度氣流場預測，可一如 JNWP 因大間格模式發生嚴重差誤，加之傳真預測圖等高線間隔太大，熱帶天氣系統描述不够清晰。於是 Stanley Rosenthal 研究短時正壓預報，減少刪除手續差誤，每間格距離為 100 公里。直接由氣流場着手求氣流與氣壓間之關係。

資料應用方面，他認為熱帶 500mb 圖不像在中緯度重要。通常 500mb 是轉換層。其底層是對流層信風帶；高層是不穩定亂流，所以熱帶地域

500mb 圖缺乏預報價值。故他分上下兩層正壓預報。在各層圖上分析等風向與等風速線。求出各格點之風向風速值打成卡片，送入電腦(IBM 經 650 道初步計算與 GE 225 道深入計算)得出水平與垂直分力，輻散，渦旋率與氣流函數。但須校驗下列各項：

1. 原表列差誤。
2. 輻散與渦旋率異常增大。
3. 負絕對渦旋率。
4. 渦旋率與氣流函數之時間連續性太差。
5. 小而不正常之渦旋型態。

圖上任何部份有這類可能發生重大錯誤之處，須依照觀測資料再分析，以減免錯誤。假使圖上顯然確有輻散大達 $5 \times 10^{-5} \text{ Sec}^{-1}$ 或有負渦旋率的話也可能。

正壓渦旋方程式：

$$(\nabla^2 - \mu^2 \bar{z} m^2) \frac{\partial \psi}{\partial t} + J(\psi, \beta_a) = 0 \dots \dots \dots (1)$$

∇^2 = 等壓面上之拉浦拉慶 (Cartesian Laplacian)

β_a = 絕對渦旋

ψ = 氣流向量

$\bar{z}$ = 500mb 平均高度

g = 地心吸力加速

f = 偏向力標準值

m = 比例尺

J = 等壓面上之吉可賓(Cartesian Jacobian)

μ = Crossman 之正壓輻散參考數

上式須定 μ 與 $\bar{z}$ 之正確值。 $\bar{z}$ 為產生預報層之平均高度。500mb 之 μ 值，在華府氣象中心是用 Crossman 之 μ 改變連續預報而得。當其 $\mu=4$ 結果最為良好，但他又將 μ 用在大氣物理性質方面，用兩層風作 Phillip's 大氣模式。結果低層 $\mu=0.8$ ，高層 $\mu=6.0$ 。可是 Wiin-Nielsen 理論認為 μ 比 Crossman 者多兩倍。故改採用二層三種數值，低層 $\mu=0$ ，0.8，16。高層 $\mu=0$ ，6.0，12.0。

在中緯度預報，風用作原始資料時，氣流函數求自下式：

$$m^2 \nabla^2 \psi = f \dots \dots \dots (2)$$

f 是氣流場之相對渦旋， ψ 為接近邊界之水平風向量

$$\mathbf{v} = m \nabla \phi + \hat{\mathbf{K}} \times m \nabla \psi \quad (3)$$

ϕ 是速率, $\hat{\mathbf{K}}$ 垂直單位向量, $\mathbf{v}$ 為正常向邊界之分力

$$V_n = m \left(\frac{\partial \psi}{\partial n} - \frac{\partial \phi}{\partial s} \right) \quad (4)$$

V_n 向外是正值, n 為對邊界增加之距離; s 為沿邊界之距離 (反時鐘方向增加)。地區平均外流為:

$$\bar{V}_n = \frac{\phi}{\phi} \frac{V_n}{m} \frac{\partial s}{\partial s} = \frac{\phi}{\phi} \frac{\partial \psi}{\partial n} \frac{\partial s}{\partial s} - \frac{\phi}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial s} \frac{\partial s}{\partial s} = \frac{\partial \psi}{\partial n} - \frac{\partial \phi}{\partial s} \quad (5)$$

$$\text{假設: } \frac{\partial \phi}{\partial n} = \left(\frac{\partial \psi}{\partial n} \right) = \bar{V}_n$$

$$\text{乃(4)式爲 } \frac{\partial \psi}{\partial s} = \bar{V}_n - \frac{V_n}{m} \quad (6)$$

西南邊界格點公認值 $\psi = 0$ 。其餘邊界格點 ψ 求自(6)式之積分式, 內部格點 ψ 求自(2)式與(1)式。

曾分層試驗, 並與連續性預報作校驗比較。結果該項預報與連續性並無差別, 有時連續性之結果還比較好, 使用價值反不及客觀預報法。故目前繼續研究改進中。料數值預報法將藉電腦之使用, 將有良好之結果。

統計法

香港皇家氣象台根據 1884—1953 年西太平洋七十年氣象資料, 將每一區域颱風發生率, 移動方向, 移動速度與轉向點等詳作統計。並分別圖示百分率。但其係統計資料性質, 僅可作為颱風作業參考, 而不可作為預報準則。

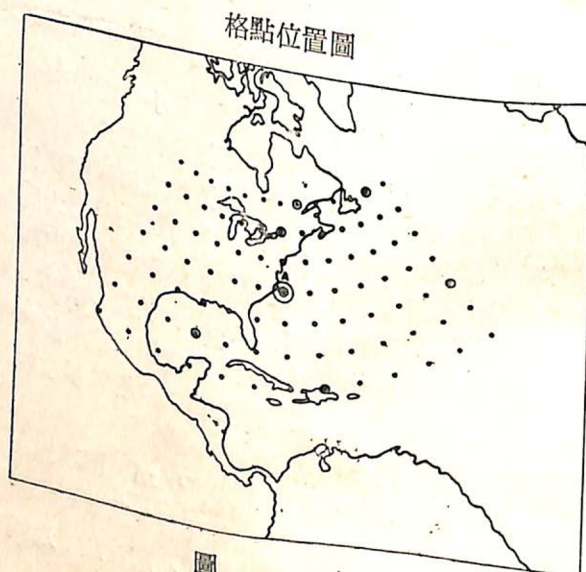
又有美空軍 John T. McCabe 少校根據上項西太平洋七十年颱風資料, 在 $05^\circ \rightarrow 30^\circ \text{N}$ 與 $105^\circ \rightarrow 145^\circ \text{E}$ 範圍區域內, 作更進一步研究。按月份繪成颱風 24 小時移動方向與速度合成向量圖。及移動速度標準向量偏差圖 (刊載 U. S. ~ Asian Weather Symposium 1961, 本篇從略), 並以臺灣中部、克拉克、琉球島三地 120 哩範圍作成颱風過徑百分率。作為作業準則。方法可稱簡捷, 惟其依據 1959 年颱風作業校驗, 平均 12 小時預測差

誤有 57.8 哩, 24 小時有 111 哩, 48 小時有 206.9 哩。該法適用於西太平洋區域。我國颱風作業有參考價值。

Veigas 和 Miller 方法, 係純根據海面氣壓分佈預測颱風 24 小時移動。用海面氣壓而不用高空資料之原因, 是地面資料密而有較久之紀錄, 每日觀測表也較多。不過用該項氣壓場法須參考過去 24 小時颱風行動與氣候統計軌跡。該項方法研究係用 1926—1953 年間 447 個颱風資料, 從多次迴歸方程式得出例證, 用在圖五南北區域內, 預測颱風移動。該區域內以經緯度每五度交叉為一格點, 計有 91 點均勻分佈在緯度 30° 度, 經度 60° 度區域內。颱風中心若在北區時, 以格板中心對準圖六之 A 點。若颱風中心在南區時, 則將格板中心南移 5° 以求 U 與 V



圖五



圖六

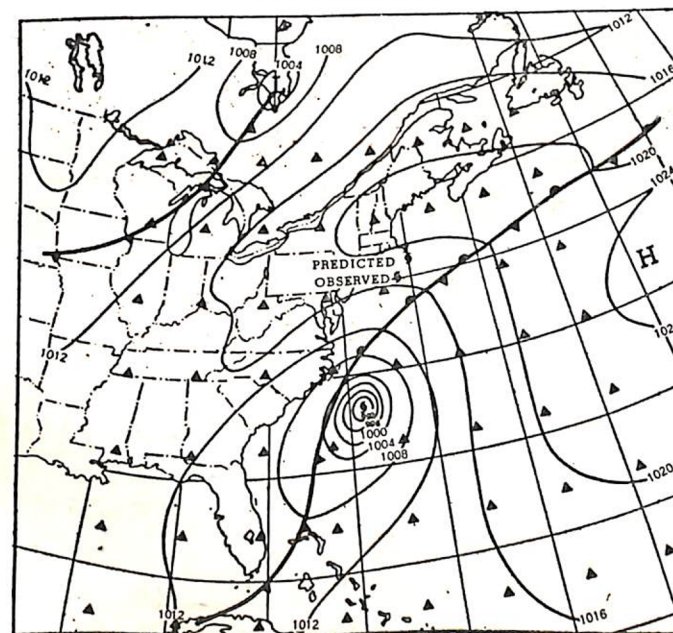
運動分力。依此方法每一情況須求 95 個變數, 其中 91 點氣壓值, 及颱風預測座標與過去 24 小時位置座標各兩個。該項多次迴歸程序從大量數值求出較少數值, 用作預測颱風移動稱謂調節程序。該項調節程序須用 IBM 704 計算, 因南北兩區均有兩個預測方程式, 一為預測經度, 一為預測緯度。該方程式在「預報與分析」季刊第三期已有刊載, 不再煩言, 至於該法校驗經用 1924—1927 與 1954—1956 年間 125 個颱風統計所得差誤, 在北區 24 小時預測平均有 150 哩, 南區有 95 哩。本軍氣象中心颱風作業時, 以 Malone 方法作預測參考。該法與本節所述相同, 僅所用之地域不同而已。

Jorgenson's 之多項統計法, 使用 1951—1955 年間之 67 個颱風資料。以 500mb 高度與地面氣壓資料預測颱風之移動。該法適在 30°N , 65°W 以北地區。作業時用 500mb 與海面氣壓資料, 作業範圍區域是颱風中心向南 10° 緯度, 向東, 西, 北方各伸展 14° 經緯度。各格點間為 4° , 其間計定 56 格點。為減少數字之煩, 從各格點氣壓或高度數字減去一常數。地面圖各點減 1000, 至于 500mb 高度呎數首位省略再減 860, 以便計算。

$$Z \text{ (或 } Z') = \frac{\sum XY}{\left[\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} \right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N} \right) \right]^{1/2}} \quad (1)$$

$$S' = \left[\sum X^2 - \frac{1}{N} (\sum X)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

格點排列分佈圖



圖七

Z (或 Z') = 相關係數
 X = 每格點之氣壓或高度值
 Y = 同格點之多項值
 N = 格點數目

(2) 式為 (1) 式分母之一部份, 此式純係簡化計算而列, (1) 式分母部份 $\sum X^2$ 為 56 點海面氣壓或 500mb 高度值之平方, 可藉圖算桌求得, $\frac{1}{N} (\sum X)^2$ 為前值平方除 56, 至於 $\sum Y^2$ 為縱與橫方向之數學面 (Mathematical Surfaces), 縱向者以 7 乘八行列之平方數; 橫向者以 8 乘七行列之平方數。兩者相乘為整個數學面。 $\sum XY$ 為 56 點總數乘海面或 500mb 之數學面是也。

以上數值代入以下方程式:

$$\begin{aligned} U &= 4.182 + .8850P_u - .01718S' + 2.4187Z'_1 \\ &\quad - 3.5002Z'_6 + 1.1835Z'_7 - .1537Z_{11} \\ &\quad + .0909Z_6 - 2.6963Z_{11} \\ V &= -2.958 + 1.3954P_v + .0084S' - 3.3073 \\ &\quad Z'_1 + 9.4415Z'_3 - 2.8165Z'_7 + 4.4687 \\ &\quad Z_2 - 1.8975Z_6 \end{aligned}$$

U = 24 小時橫向預測移動分力 (由東到西為正)

V = 24 小時縱向預測移動分力 (由南到北為正)

P_u = 前 12 小時橫向移動

P_v = 前 12 小時縱向移動

S' = 500mb 環流強度參數

Z'_n = 500mb 相關 (第 1 與 3 代替 n 之縱向數學面, 附表從略)

Z'_{n+5} = 500mb 相關 (第 1 與 2 代替 n 之橫向數學面, 附表從略)

Z_n = 地面相關 (第 1 與 2 代替 n 之縱向數學面, 附表從略)

Z_6 = 地面相關 (第 6 為準之橫向數學面, 附表從略)

Z_{11} = 地面相關 (第一度之雙多項式交互乘而定之數學面)

求得 V 與 U 值後, 以原颱風中心為準, 加所求得數于 24 小時之預測位置, 圖七中已標示, 其所得值 $U = 2.91$, $V = 7.42$ 。

又日本氣象研究所 H. Arakawa 認為試用數值預報, 迄今仍不能準確, 因靜力與熱力學複雜問題非一次微分方程所能解決。加之