# 用比擬法預估颱風侵臺期內之降水量(二)

臺灣地區颱風雨量客觀預報研究之第二階段報告

吳 宗 堯　　戚 啓 勳

# *A Study on the Prediction of Rainfall over Typhoon during Taiwan Invasion by Analogue Techniques* (phase II)

*by*

*Tsung-yao Wu*　　*Ke-hsun Chi*

*Abstract*

The casualties and damages caused by typhoons in Taiwan are mainly due to floods and strong winds Because of her mountainous terrain, Taiwan suffers more from floods than from winds of typhoons. The prediction of typhoon rainfall, which is the basic requirement in the flood warning system and the discharge of the resevoirs, seems to have become an important role in the weather services.

The purpose of this research is to provide a forecasting aid of manual punch cards to predict the next 6hr typhoon rainfall in certain places in Taiwan by analog techniques. In the first phase of this research we found that the 6 hr typhoon rainfall had the statistically significant relationship with nine predictors.

Although the amount of the basic data were expanded to 20 years, the significant relationships between the 6 hr local rainfall of typhoon and the individual predictors have nearly the same results which we described in the first report of this research. The distance and azimuth of the typhoon are the most important factors to the next 6 hr local rainfall prediction and can be considered as the basic predictors; the pressure gradient components toward the NW and NE are considered as the secondary predictors; and the remaining, such as the central pressure of the typhoon, and the radius of 30kts winds as auxiliary predictors. When we used those predictors for making the test on independant typhoon: Susan, Rita, Winnie and Betty, in 1972, the results were quite satisfactory, with an average score of 78%.

For improvement in this technique for local rainfall forecasts, the upper air data (winds and moisture content at 850, 700 and 500mb) are added into the improved punch cards and considered as additional predictors. These data are valuable additions for the improvement of the 6hr typhoon rainfall forecasts. Therefore, the total number of predictors

in this technique are now increased to sixteen factors. The statistical population of the typhoons has also been accumaluted to 2,807 punch cards within the period of 1951-1970.

The successive graphical regression method has been also developing for testing the 6hr typhoon rainfall forecasts.

Finally, we are planning to feed all data into a high speed electronic computer to find regression equations as a basis for objective forecasts of typhoon rainfall on different areas of Taiwan.

## 一、前　　言

臺灣地區受颱風之災害以洪水最爲嚴重，但洪水警報之發佈以及水庫洩洪等之決定則端賴降水量之預估。颱風經過期間一地可望獲得之降水量，其間涉及之因子甚多，在開濶之洋面上，颱風內部雲雨之分佈尙屬均勻，較易預測，例如利用雷達回波頗能奏效，但在地形複雜而又有高山攔阻之島嶼，則無論水平方向或垂直方向之氣流型，勢必受到嚴重之修正與破壞，降水量因時因地而有極大之差異，萬難據其物理過程計算，或用模型作試驗加以估計。何況臺灣與大陸相鄰，秋季颱風侵襲時，高壓每同時南下，使雨勢之演變格外複雜。唯一可循之途徑似爲分析以往歷年來之實際紀錄，找出各種預測因子，而後比照推斷。此種「比擬法」(Analog techingues) 原理極爲簡單，過去用於預測颱風未來之動向，曾獲顯著之成效[1][2]。

本研究之構想，係找出所有與一地或一區未來六小時內颱風雨量可能有關之各種預測因子，自過去資料中加以分析驗證，確定最佳預測因子，整理各測站之六小時雨量記錄，合併製成手選邊洞卡，在颱風季內進行試驗；另一方面則將資料打成機選卡，發展電子計算機內之比擬選擇，並獲得每一地點一組廻歸方程式，以期能預測臺灣各地未來六小時內之雨量。

第一階段（60年度）內已完成預測因子之初步選定，手選邊洞卡之設計，以及自民國51至56年之六年資料，各預測因子與隨後六小時雨量相關性之分析。

## 二、手選邊洞卡之改進

第一階段根據六年資料分析各初步選定之預測因子，發現其間以颱風中心之方位及距離較爲重要，其次爲西北向及東北向之氣壓梯度，再次則爲暴風半徑。至於中心氣壓及其變率，過去移動速率，鄂霍次克海低壓指標，以及颱風過去之海上歷程等，與臺灣一地或一區隨後六小時之雨量均無任何可資提示之相關。由此促進我人進一步分析高空資料之動機。

改進後之手選邊洞卡如圖一（上圖爲正面，下圖爲背面）。包含之預測因子計有：颱風中心之距離及方位，過去六小時之走向及移動速度，中心氣壓及其變率，東北及西北方之氣壓梯度，暴風半徑，850, 700, 500 毫巴面上之風向，風速及混合比。若干預測因子如中心氣壓及變率，過去移動速度等雖初步分析無顯著相關而仍予保留者，一方面認爲與其他因子相聯可能有關；另一方面在於留待電子計算機作進一步之處理。

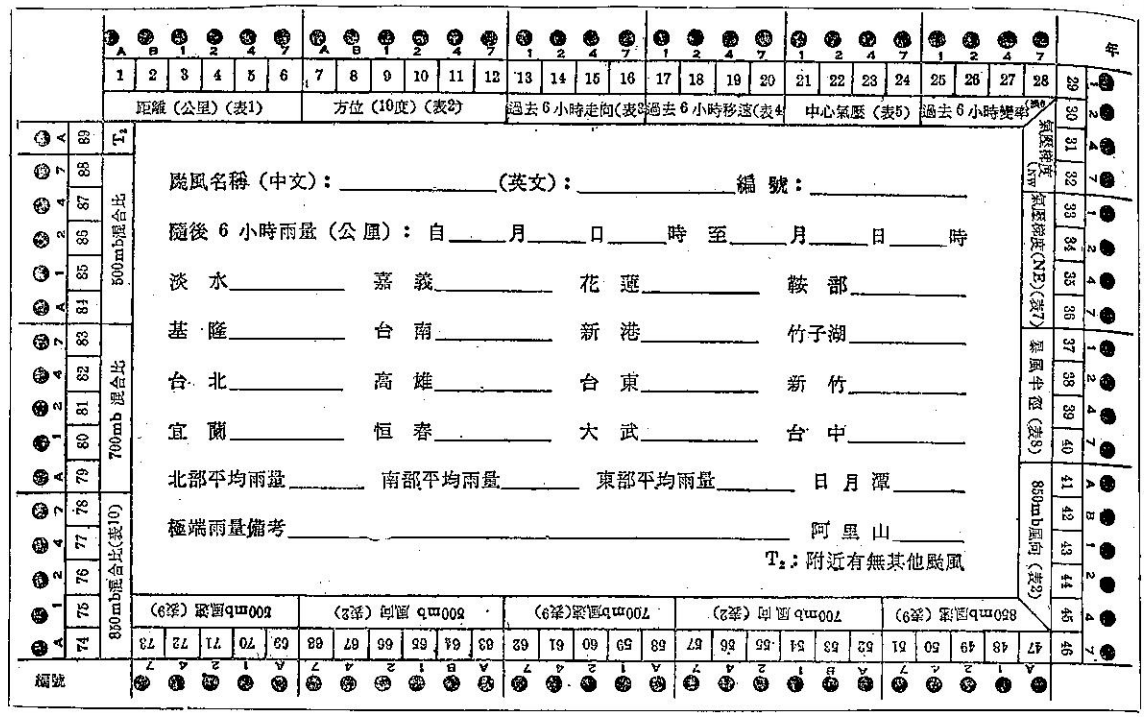
卡內之資料則增加極端雨量備考一欄，並註明附近（指 1200 公里以內）有無其他颱風，因爲同時有兩個颱風存在，則一地之雨量究受那一個颱風影響無法獲知，必要時加以剔除，或另行考慮，背面臺灣雨量圖之旁邊，增添一過去颱風路徑之小圖，卡之兩角增加年份及編號，以利查閱及復原。

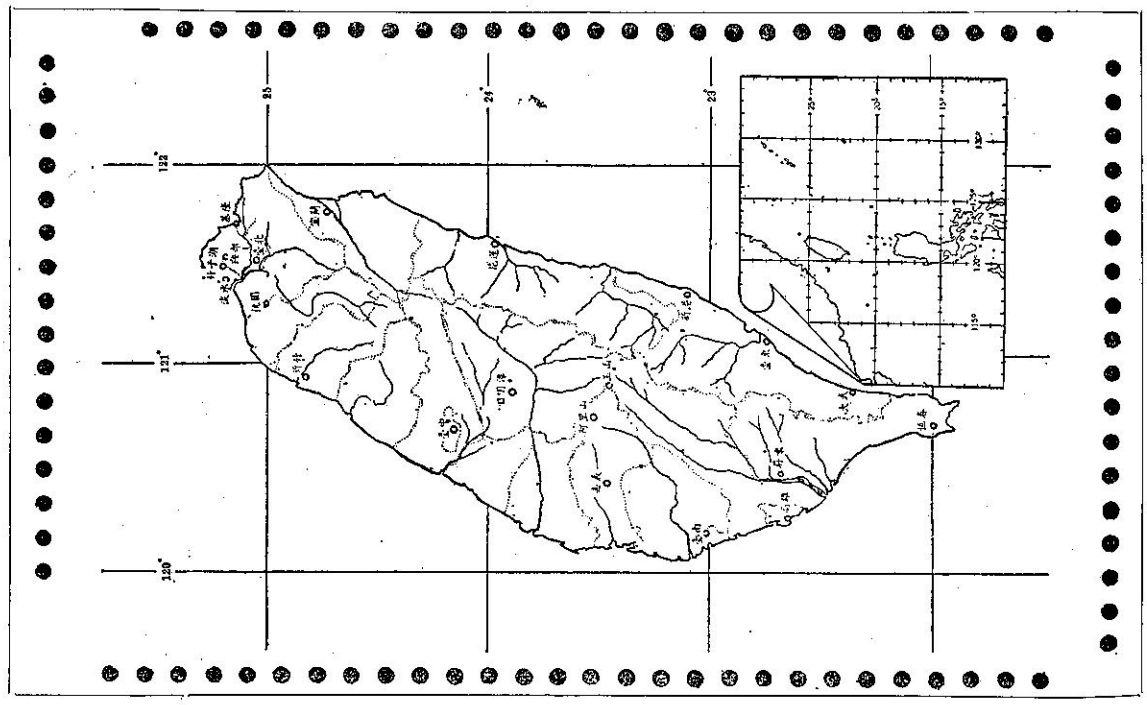
邊洞卡之背面原擬繪製每六小時之等雨量線圖，以利全島及山區極端雨量之估計，後以臺灣省水利局遷臺中，資料蒐集不易，且本局另一研究計劃已繪有颱風期間之每日雨量圖，爲免人力浪費，乃將民國49-59年之 161 張日雨量圖攝製成與邊洞卡同樣大小之照片，作爲比擬法估計雨量之參考。

## 三、增加資料繼續分析預測因子與預測值之相關

第二階段（61 年度）增加六年資料，亦卽根據 48-60 年之記錄再分析各項地面氣象變數與隨後六小時內雨量之相關，所得結果大致仍與第一階段相似，卽：個別預測因子與預測值間之關係均非十分顯著，其中仍以颱風中心之方位及距離，西北及東北方之氣壓梯度較爲重要，暴風半徑略有相關，其餘因子均未發現有任何關聯，但結合兩種氣象變數却在點聚圖 (Scatter diagram) 上顯示有良好之相關，尤其是

本研究計劃接受國家科學委員會之研究補助費



圖一 改進後之手選邊洞卡　　上 正面 下 背面

某一測站隨後六小時之雨量，例如颱風中心之距離及方位與陽明山鞍部或阿里山未來六小時雨量；西北方氣壓梯度與東北方氣壓梯度合併在一張坐標圖上，可以得到同樣良好的結果[3][4]。

但由此却使我們得到兩點啓示：各地面預測因子既然都沒有很大的相關，高空預測因子可能佔相當重要的地位，所以要先分析高空氣象變數和六小時雨量的關係，此其一；另一方面，兩種預測因子結合和預

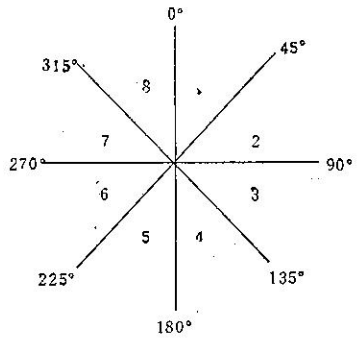
測值在點聚圖上既能顯示良好之相關，則應用「連續圖解迴歸法」(Successive graphical regression)當可預測臺灣各地颱風經過期間之每六小時雨量，後者將作爲另一種預報技術之發展，在第七節內再加說明，下面先論述高空預測因子之分析。

高空預測因子之資料獲得較爲困難，因爲消耗器材時有中斷，颱風時風力太大又難以施放，所以記錄常不能連貫。捨此不論，充其量也不過每天兩次，可用觀測還不到地面資料之半數。以資料之內容言，初步認爲各層風向，風速及水汽含量似乎關係最重要，以其可代表溫度及水份之平流情況。

應用民國 48–53 及 55–60 年之資料分析臺北上空 850、700、500 毫巴（約當離地 1.5 公里、3 公里及 6 公里）與北部未來六小時內平均雨量之關係。爲使頻率分配格外明顯起見，原先劃分之雨量「組距」(Class interval)，除保留「無雨」一列外，其餘合併成「10公厘及以上」與「40 公厘及以上」兩欄，以利比較，所得結果如下：

㈠高空風向

爲便於敍述，試將高空風向劃分爲八個區域，如圖二所示：




圖二　將高空風向分成八區

一般而論，臺北高空風落入 1、2 區內時（即東北象限），北部未來六小時內無雨之可能性甚小。相反言之，則有豪雨之機會相當大（與其他區相比較）。理由顯而易見：颱風走向西北或西北西，中心越過北部近海岸時，臺北上空大都有深厚之東北風，北部未來短時內獲得豪雨之機會甚大。

另一方面，臺北高空風落入第 6、7 區內，即西風象限內時，北部未來六小時無雨之可能最大，有豪雨之機會最少，因爲此種情況表示颱風正離去。例如 850 毫巴面上，2 區內無雨機率只有 34%，而 6 區內則高達 82%；又如 500 毫巴面之風落入 1 區，下 10 公厘以上雨之機率高達 24%，下 40 公厘以上亦有 6%之多。但 500 毫巴面上風落入 7 區者，下 10 公厘以上雨之機率僅有 2%。至於臺北高空風落入 5、7 兩區者；未來六小時內從未下過 40 公厘以上之雨。見表一（請注意原表各雨量組距每一區之合計頻率爲 100%，但本表內則無雨，10 公厘以上，40 公厘以上合計並不等於 100%）。

表一　臺北上空風向與北部隨後六小時雨量之相關

| 高空風向 | | 無雨機率 | | | 10公厘及以上雨量 | | | 40公厘及以上雨量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 區 | 度 | 850 | 700 | 500 | 850 | 700 | 500 | 850 | 700 | 500 |
| 1 | 01– 45 | 44 | 38 | 43 | 21 | 18 | 24 | 4 | 4 | 6 |
| 2 | 46– 90 | 34 | 38 | 43 | 19 | 18 | 16 | 3 | 2 | 2 |
| 3 | 91–135 | 47 | 51 | 56 | 6 | 11 | 7 | 1 | 3 | 1 |
| 4 | 136–180 | 58 | 59 | 48 | 0 | 4 | 7 | 0 | 2 | 3 |
| 5 | 181–225 | 50 | 51 | 38 | 1 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 226–270 | 82 | 58 | 62 | 2 | 2 | 5 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 271–315 | 50 | 73 | 56 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 316–360 | 45 | 53 | 55 | 12 | 14 | 12 | 3 | 1 | 2 |

㈡高空風速

臺北上空各層風速和北部隨後六小時平均雨量之相關，似較風向更爲顯著，見表二。表內可見無雨之機率各高度均隨風速之增大而減小，亦即臺北高空之風速愈大，北部未來六小時內無雨之機會愈小。相反言之，高空風速愈大，則未來六小時內有豪雨之可能性愈大。理由顯然因爲高空風强，颱風相距近及（或）颱風較强，暖濕空氣之輸入增多，故雨亦較大。例如 850 毫巴面上，風速在 10浬時以下者無雨機率佔 75%，到達 40 浬時即減至 0；而獲得 10 公厘平均雨

表二　臺北上空風速與北部隨後六小時雨量之相關

| 高空風速 | 無雨機率 | | | 10公厘及以上雨量 | | | 40公厘及以上雨量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 每時浬 | 850 | 700 | 500 | 850 | 700 | 500 | 850 | 700 | 500 |
| 10 以下 | 75 | 69 | 68 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| 10–<15 | 61 | 62 | 55 | 5 | 4 | 7 | 0 | 1 | 3 |
| 15–<20 | 53 | 59 | 56 | 7 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 20–<25 | 58 | 45 | 44 | 6 | 6 | 17 | 4 | 1 | 3 |
| 25–<30 | 47 | 24 | 54 | 6 | 19 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 30–<35 | 19 | 22 | 23 | 12 | 33 | 18 | 2 | 6 | 0 |
| 35–<40 | 11 | 14 | 31 | 19 | 33 | 12 | 2 | 0 | 0 |
| 40–<50 | 0 | 8 | 12 | 50 | 39 | 40 | 11 | 16 | 12 |
| 50及以上 | 0 | 0 | 0 | 63 | 56 | 60 | 8 | 4 | 20 |

量之機率，則 850 毫巴面上風速 50 浬時及以上竟高達 6.3%；減至 10 浬時以下則僅 2%。話雖如此，北部平均雨量在 40 公厘以上之機率，850 及 700 毫巴面上均以 40-50 浬時最大，只有 500 毫巴以 50 浬時以上佔首位。

㈢高空混合比

由於一般情況，水汽含量向上銳減，所以 850、700、500 毫巴面上之混合比相差甚大，無法比擬，見表三。表內所以看出，水汽含量愈大，北部無雨之機率愈小。例如 850 毫巴面上混合比爲 1-3 克／公斤者爲90%，增至 18 克／公斤及以上卽減爲 33%。在 700 毫巴面上，則以 3-6 克／公斤之無雨機率爲最大，佔71%；但到達12克／公斤及以上卽減爲21%。

表三　臺北上空混合比與北部隨後六小時雨量之相關

| 高空混合比 | 無雨機率 | | | 10公厘及以上雨量 | | | 40公厘及以上雨量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 克／公斤 | 850 | 700 | 500 | 850 | 700 | 500 | 850 | 700 | 500 |
| 不足 1 | 0 | 0 | 66 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 1-< 3 | 90 | 68 | 57 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| 3-< 6 | 82 | 71 | 35 | 9 | 4 | 16 | 0 | 0 | 1 |
| 6-< 9 | 64 | 47 | 21 | 8 | 12 | 27 | 2 | 1.5 | 3 |
| 9-<12 | 53 | 23 | 0 | 10 | 21 | 0 | 1.5 | 5 | 10 |
| 12-<15 | 36 | 21 | 0 | 13 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 15-<18 | 40 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 18及以上 | 33 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

相反而論，850 毫巴面上混合比愈大，則獲得 10 公厘以上雨量之或然率愈高。例如不足 3 克／公斤爲 0，增至 18 克／公斤卽達17%。但 700 毫巴則以 9-12克／公斤之機率最大；500 毫巴面上以 6-9 克／公斤得10公厘以上雨量之機率最大。40公厘以上之雨量亦屬類似之情況，理由不待解釋。

綜上分析，可知高空預測因子，無論高空風向、風速，抑或混合比均與北部隨後六小時之平均雨量具有良好之相關，相信對一地而言亦不致例外。

## 四、用邊洞卡預估六小時雨量之作業程序

按諸理想，比擬法應爲一純客觀之技術，但在實作上仍不免摻入主觀之衡量加以取捨，所以也只能視爲「半客觀預報技術」，蓋以颱風雨量而言，既然控制之預測因子有很多種，唯有資料極多始可自過去檔案卡片中找出各預測因子組距完全相同之情況。另一方面則組距之劃分愈精細，愈不易獲得相同之情況，但如劃分較粗略，則又無法代表類似之情況。可見組距較細而資料不足，想要找出四、五個預測因子在相同組距內已經非常困難，何況我人考慮之因子多至 10-20 個。

假定由於資料不够多，只能找出三個或四個同組距之預測因子，由於減少一個預測因子可能會增加很多張卡片，所以在作業上必須注意下列各點：

㈠由於各預測因子之重量不等，例如中心距離顯然較其他因子爲重要。如果此一因子不包括在內，所得預測值可能有極大之出入。舉例言之，某次試驗中找不出四個預測因子相同者，但三種預測因子相同者却得出有四張卡片，均未包含中心距離在內。此四次之臺灣各地雨量，勢必相差懸殊。因爲颱風中心接近者與遙遠者實不能相比，故如選擇中心距離之組距相差較少之一張卡片作依據，可能會得到較佳之結果。此法可同樣用於其他較重要之預測因子。

㈡相反而言，若干次要之預測因子，雖然落入同一組距內，却反而不及重要因子相差一個組距之富有代表性。另一方面，如果找出很多張少數預測因子相同之邊洞卡，可先剔除各重要預測因子之相差較大者，再求其平均數，或者可以得到較滿意之結果。

㈢根據以往之分析經驗，我人獲知：凡中心氣壓較高，暴風半徑較小之颱風，中心距臺灣較遠者，唯有在臺灣西北或東北向氣壓梯度極强之情況下，始有局部地區產生豪雨之可能，否則卽屬有少許雨量，亦非颱風本身之影響，可不予考慮。

㈣氣壓梯度以颱風中心距離較遠者爲富有代表性，至於颱風逼近臺灣時所量得者，可能爲颱風本身之氣壓梯度。可見比較兩張以上卡片時，應加以考慮。

## 五、61年颱風季內之邊洞卡試驗

在 61 年作抽樣試驗之預測因子，僅包含：颱風中心對臺北而言之距離，同上之方位，西北及東北方之氣壓梯度，中心氣壓，暴風半徑，及過去六小時中心移動方向等七項。內中暴風半徑之資料並不完全。高空預測因子不及使用。根據前此分析所得之結果，以颱風中心之距離及方位作爲基本因子，西北及東北向之氣壓梯度作爲輔助因子，其餘均作爲次要因子。利用初步設計製成之手選邊洞卡大約 1700 張，就 61 年颱風季內中心離臺北在 600 公里以內之四個颱風，卽七月之蘇珊（Susan）及莉塞（Rita），八月之溫妮（Winnie）及貝蒂（Betty），舉行未來六小時臺灣北部、南部、東部平均雨量，以及山地測站陽明山

較部及阿里山之抽樣比擬預估，再與實際情況相核對（全部處理情形及所得結果詳見參考文獻 4）。

由於國際間對於雨量預報之準確率計算方法尚無統一之標準，乃由勃洛克斯博士（Dr. Brooks）按統計學及預報考核原理作成考核表，如表四所示（表內 A 爲實測雨量，B 爲預測雨量，|B-A| 爲誤差，計絕對值）。

表四　民國年颱風季內用比擬法作抽樣試驗之成績考核表

| | | | 實測雨量 A（公厘） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0-5 | 5-15 | 15-50 | 50-100 | 100以上 | 合計 |
| 誤差 \|B-A\|（公厘） | 0-5 | 次數 | 33 | 3 | 5 | 0 | 0 | 41 |
| | | % | 89 | 33 | 29 | 0 | 0 | 55 |
| | 5-15 | 次數 | 3 | 5 | 2 | 1 | 2 | 13 |
| | | % | 8 | 56 | 12 | 20 | 29 | 17 |
| | 15-50 | 次數 | 0 | 1 | 10 | 2 | 1 | 14 |
| | | % | 0 | 11 | 59 | 40 | 14 | 19 |
| | 50-100 | 次數 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 5 |
| | | % | 3 | 0 | 0 | 40 | 29 | 7 |
| | 100以上 | 次數 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | % | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 3 |
| 合計 | | 次數 N | 37 | 9 | 17 | 5 | 7 | 75 |
| 誤差總和 $\Sigma\|B-A\|$ | | 公厘 | 141.0 | 63.2 | 291.4 | 200.8 | 478.5 | 1174.9 |
| 平均誤差 $\frac{\Sigma\|B-A\|}{N}$ | | 公厘 | 3.8 | 7.0 | 17.1 | 40.2 | 68.4 | 15.7 |
| 平均誤差率 $\frac{\Sigma\|B-A\|}{A}$ | | % | 212 | 9.2 | 63 | 55 | 41 | |

表內將實測雨量分成五級，即 0-5 公厘，大於 5 至 15 公厘，大於 15 至 20 公厘，大於 50 至 100 公厘，及大於 100 公厘，以視各級雨量之誤差情形，級距自左向右增加，因爲雨量愈大，出現之機會愈少。計算各次之實測雨量與預估雨量之差數，將誤差在 0-5 公厘內者分別歸併在各級實測雨量內。例如第一行第一列內之 33，表示實測雨量在 5 公厘以下者其中有 33 次誤差亦在 5公厘及以下。由於實測雨量在 5 公厘及以下共有 37 次，故佔 89%，餘類推。表內可見百分率較集中在左上方至右下方之對角線上，表示準確率相當高。

隨後再計算誤差之總和，在 0-5 公厘一列內合計爲 141.0 公厘，>5-15 公厘爲 63.2 公厘……，各除以次數即得 0-5 公厘之平均誤差爲 3.8 公厘，>5-15 公厘爲 7.0 公厘…… 今再除以實測雨量之總和，得到平均誤差百分率在實測雨量 0-5 公厘者爲 212%，>5-15 公厘者爲 92%，>15-50 公厘者爲 63%，>50-100 公厘者爲 55%，>100 公厘者爲 41%。由於小雨量之誤差較大者實屬理所當然，且對洪水警報或水庫洩洪等措施無關宏旨。未來六小時內雨量用比擬法作試驗預估，在 50-100 公厘內僅 55%之誤差，在 100 公厘以上僅 41%之誤差，實可謂相當令人滿意。

勃洛克斯博士以誤差在 0-5 公厘以內者作爲 100 分，誤差 >5-15 公厘者作爲 75 分，誤差在 15-50 公厘者作爲 50 分，誤差達 50 公厘者均不給分。如此計算之得分爲：

$$(55\%\times 1.00)+(17\%\times 0.75)+(19\%\times 0.50)$$
$$=55\%+13\%+10\%=78\%$$

即本次試驗之總成績爲 78 分。

其實此種算法有欠公允，因爲同樣誤差，實際雨量較多者無關宏旨，而實際雨重較小者則不容忽視，故而此種計分法今後尚須加以改進。

## 六、資料之擴充與20年邊洞卡之完成

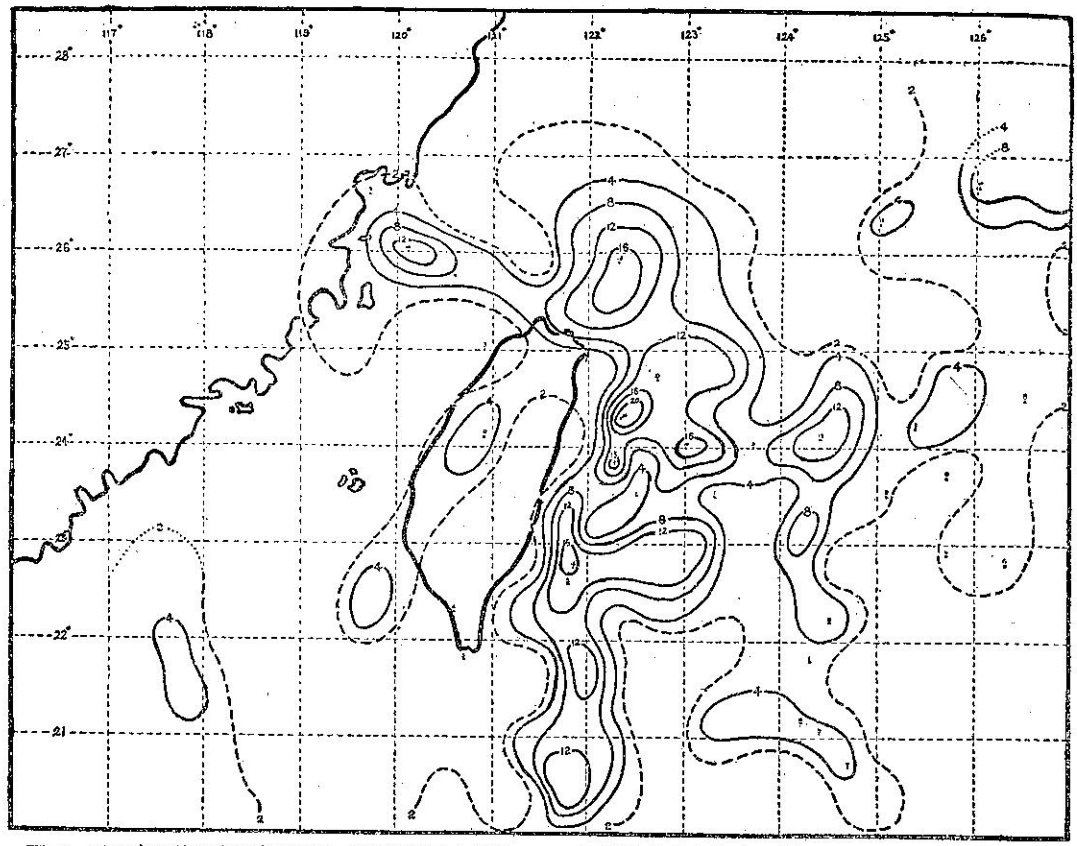
前已述及，比擬選擇法因爲涉及多種預測因子，所以必須動用大量過去記錄，否則極難找到比較相似之情況。原則上，至少應該有 30 年之資料，但颱風雨量預報之各項氣象變數，在早年多無觀測，或甚零亂不可靠，高空觀測更感缺乏。所以最多只能拼湊成20年資料，若干氣象專家已指出：資料年代久，未必能提高預報之準確率，因爲早年之觀測，準確度較差，倒不如建立基本資料後，將來將逐年資料加入。

另一方面，年代一長，卡片增多，用手選邊洞卡即感非常不便。現正擬設計一種機選資料卡，並製成程式，納入電子計算機內處理。

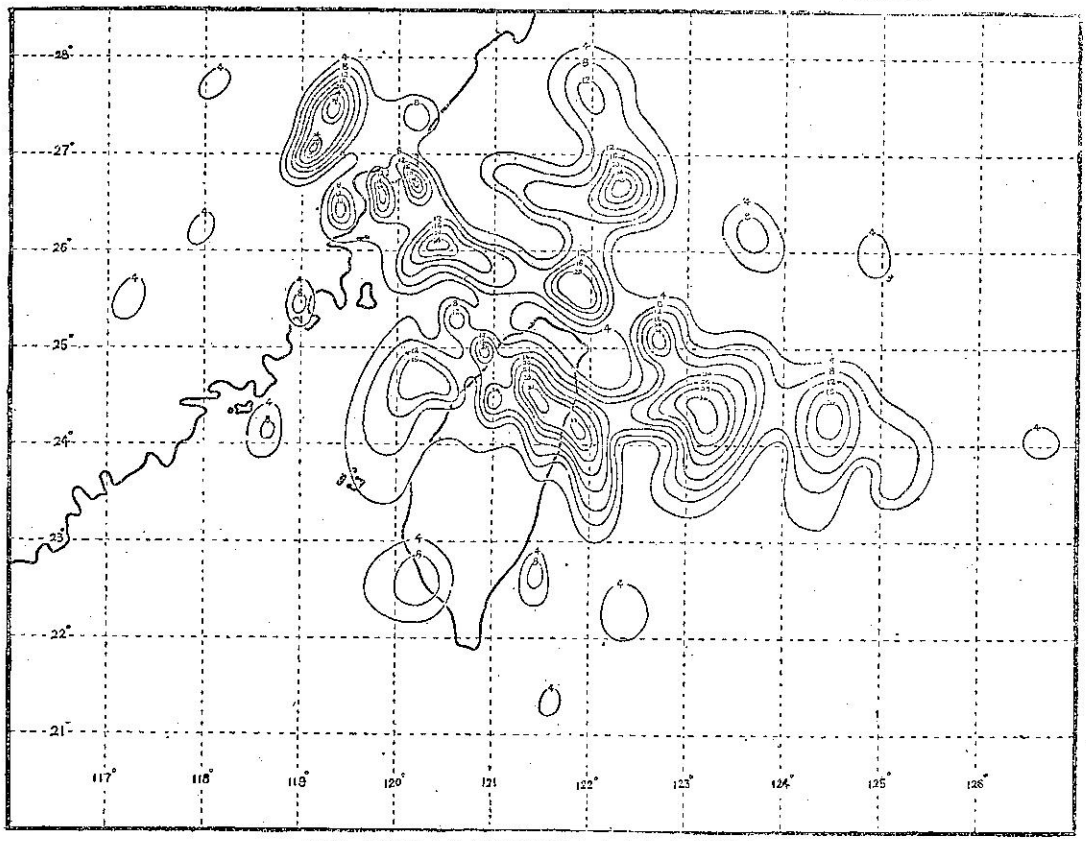
現基本資料及手選邊洞卡已完成民國 40 年至 59 年之 20 年檔案，計卡片 2,807 張，雖然一部份卡片內之預測因子並不完全。

## 七、連續圖解迴歸法之發展構想

本年度計劃內，原擬試驗一兩種先進國家氣象學者所發展之雨量預報技術，如成效尚佳，當予引用，



圖三　颱風中心位置與鞍部未來六小時內雨量之相關。　（雨量等值線之代表意義如下：1-5, 2-15, 3-25, 4-35, 5-45, 6-55, 7-65, 8-75, 9-85, 10-95, 11-105, 12-115, 13-125, 14-135, 餘類推）



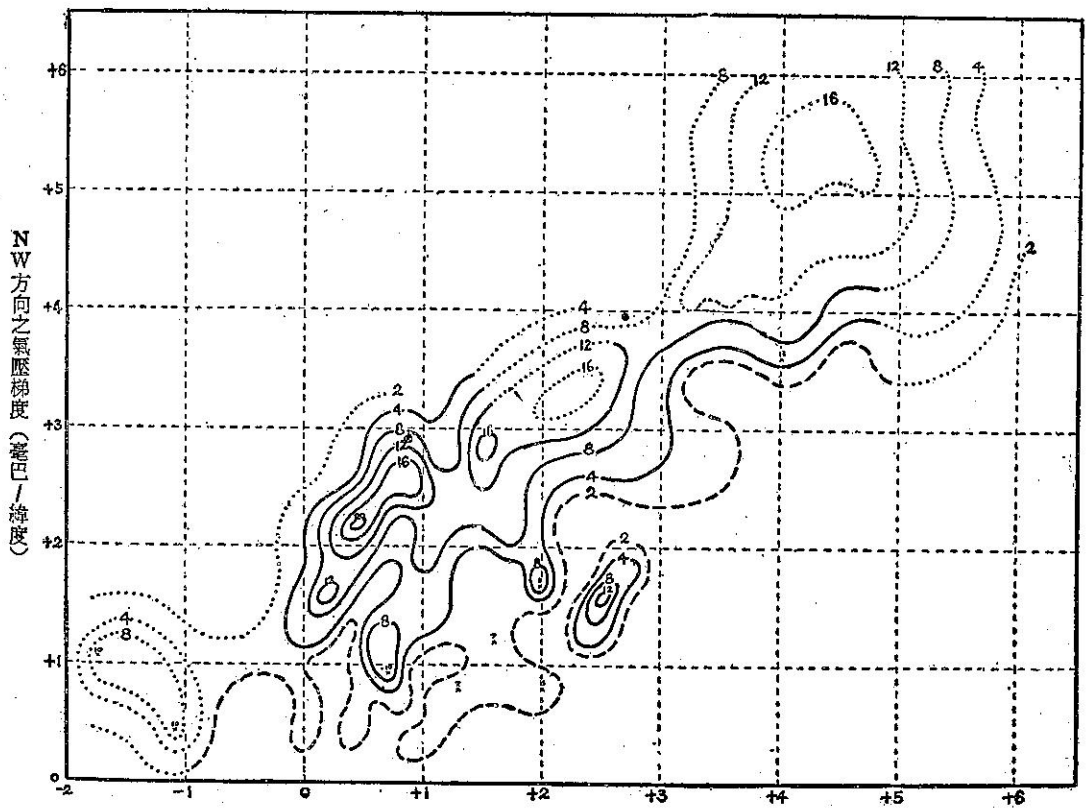
圖四　颱風中心位置與阿里山未來六小時雨量之相關

惟遍覽近一兩年來之有關期刊，並未發現有此種發展。倒是在本計劃研究過程中，發現結合兩種較重要之預測因子，將預測值分成若干組距再繪等值線，竟獲得相當良好之結果，其間尤以單獨一地點之六小時雨量爲然。例如圖四爲颱風中心位置與鞍部隨後六小時雨量之相關。此圖係按經緯度及經度填繪，故能繪出臺灣地形。倘以鞍部爲中心繪同心圓表示颱風中心與鞍部之相距，並繪方位之度數線表示颱風中心對鞍部而言之方位，卽可將正方坐標圖改變成極坐標圖。圖四爲颱風中心位置與阿里山隨後六小時雨量之相關，同樣可以阿里山爲中心，繪方位線及同心圓卽變成極坐標圖。圖內之等值線 1 示 5 公厘，2 爲 15 公厘，3 爲 25 公厘，4 爲 35 公厘……餘類推。此種雨量集中之形態似可反映氣流受地形之影響，故而落入某一範圍內，未來六小時內該處卽可出現特別大之雨量，另一範圍內則雨量將會特別少。話雖如此，此種等值線範圍內亦包含有例外之情況，尤以雨量爲 0 之次數爲多，有時也可能在雨量特別少之廣大區內出現一次特別多之雨量，自無法圈出等值線。所以原則上應該採用「區域平均法」以彌補此項缺點。但區域平均法對雨量預報來講，也有它的缺點，亦卽無法顯示特別大之雨量以及微量之頻度。所以還需要其他方法來補救。

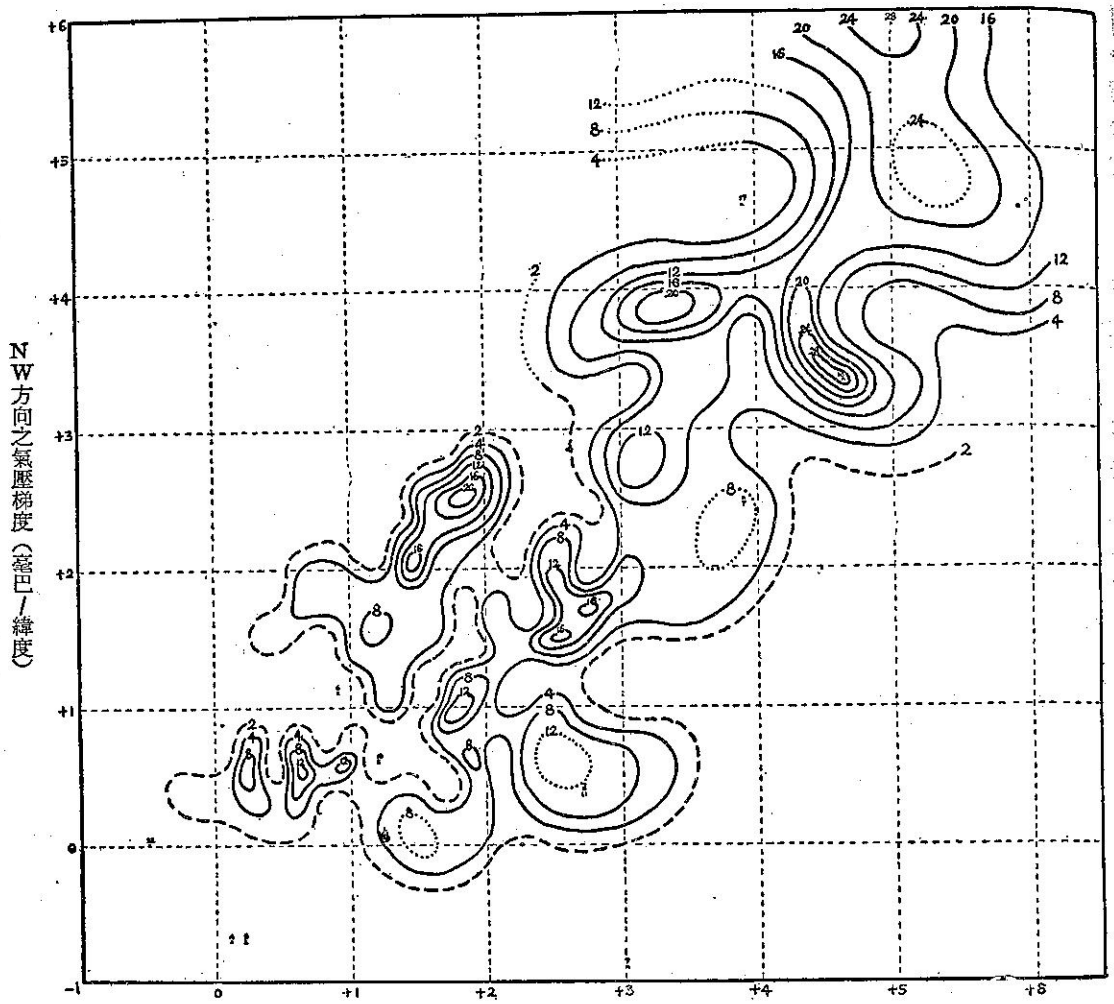
圖五及圖六分別表示出西北及東北方向氣壓梯度和鞍部及阿里山隨後六小時雨量之相關，等值線同樣能反映出氣流受地形之影響（其餘與北部南部東部六小時平均雨量相關之圖解從略）。

採用區域平均可以使等值線之形態比較簡單，因而我人設想如果能將最佳預測因子精選其中八個，卽可用連續圖解迴歸法預估一地之六小時雨量。根據以上分析地面及高空預測因子之經驗，似可用：颱風中心之距離（$x_1$），颱風中心之方位（$x_2$），西北方之氣壓梯度（$x_3$），東北方之氣壓梯度（$x_4$），700 毫巴之風向（$x_5$），700 毫巴之風速（$x_6$），700 毫巴之混合比（$x_7$），暴風半徑（$x_8$）。

連續圖解迴歸法卽以此八個最佳預測因子，先每對分析，再成對組合成「初步結果」(semi-finals)。初步結果之綜合分析，得到「最後結果」(final match)。




圖五 NW 及 NE 方向之氣壓梯度與鞍部未來六小時內雨量之相關




圖六　NW 及 NE 方向之氣壓梯度與阿里山未來六小時內平均雨量之相關

今假設以 y 代表預測值，以 $x_1$ 作爲縱坐標，$x_2$ 作爲橫坐標，得到之預測值以 $y_{12}$ 表示；第二張點聚圖則以 $x_3$ 作爲縱坐標，$x_4$ 作橫坐標，得到之預測值以 $y_{34}$ 代表；同樣可得到 $y_{56}$ 及 $y_{78}$。今再以 $y_{12}$ 作縱坐標，$y_{34}$ 作橫坐標，將實際預測值過去記錄再填入。如此繪成之等值線代表 $y_{1234}$。同理，結合 $y_5{}^6$ 及 $y_{78}$ 成爲 $y_{5678}$，此爲初步結果。最後以 $y_{1234}$ 爲縱坐標，$y_{5678}$ 爲橫坐標，再將預測值過去記錄填入，如此繪成之等值線代表最後結果，即 $y_{12345678}$。

實際作預測時，每一地點各含七張圖，將八個預測因子填入，得到 $y_{12}$, $y_{34}$, $y_{56}$, $y_{78}$ 四個數值。此四個數值填入第二組之兩張圖內，得 $y_{1234}$ 及 $y_{5678}$ 兩個數值，此兩數值填入最後一張圖內，自其等值線讀得數值，即爲該測站可望獲得之六小時雨量，所費時間不過一兩分鐘而已！

## 八、結　　論

綜上所述，本階段研究所獲得之結論如下：

1. 61年颱風季內，僅動用七個地面預測因子，自大約 1700 張手選邊洞卡中對四個颱風預估每六小時之北部、南部、東部、鞍部、及阿里山雨量，結果獲得相當滿意之成績，雨量在 50-100 公厘內者，平均誤差不過 55%，雨量在 100 公厘以上者，平均誤差僅 41%，實屬難能可貴。此後增加高空預測因子並擴充年代，定可獲得更佳之成績。

2. 若干地面預測因子經增爲 12 年資料，再個別試驗其與未來六小時內雨量之相關，結果仍顯示以中心之距離、方位、西北及東北向氣壓梯度較爲重要；

其次爲暴風半徑，其餘因子均未發現有任何關聯。個別因子即以上述四種而言，相關亦不大，但如結合兩種因子，各中心之距離與方位，西北方與東北向之氣壓梯度，在點聚圖上繪出雨量等值線，竟能表出極良好之相關，可反映出氣流如何受地形之影響。

3. 高空預測因子風向、風速、及混合比無論爲 50、700、或 500 毫巴面上均顯示與未來六小時內有良好之相關，臺北上空有深厚之東北風，北部未來六小時有豪雨之機率較大，而無雨之機率較小，如爲深厚西風，可期獲得相反之結果；另一方面，臺北上空風速愈大，則未來六小時內有豪雨之機會亦愈大，高空混合比大致亦有同樣趨勢。

4. 根據以上分析所得之結果，我人倘精選八個預測因子，即中心之方位、距離、西北向氣壓梯度、東北向氣壓梯度、700 毫巴風向、700 毫巴風速、700 毫巴混合比及暴風半徑，組合成四對，即可發展連續圖解廻歸法，並兼用區域平均修匀法，每一地點用七張圖即可在一兩分鐘內得到未來六小時雨量。此種方法可以配合比擬選擇法應用，因爲任何一種方法都有它特長和限制，所以必須配合應用，始可得較佳結果。

5. 本階段雖已勉强整理完成 20 年之資料，但若干預測因子之記錄並不齊全，以致影響比擬選擇法之效果。

6. 年代加長，卡片增多，手選就非常不容易，故現時正設計一種機選卡片，將來納入電子計算機內進行比擬選擇，以收迅速之效。

## 誌　　謝：

本研究計劃進行過程中承蒙彭立博士及汪寧從博士賜予甚多寶貴意見，特此誌謝；又本報告經徐明同博士核閱，多有指正，一併表示謝意。

附識：本研究計劃之資料蒐集、整理、填卡及剪卡、圖表之填繪等均由任立瑜、陳文恭、劉文明、趙世騰、黃沛霖等五位助理研究員擔任。

## 參 考 文 獻

(1) Kuan Chuang-Tao, An Experiment on Typhoon Movement Prediction Based on Analogue Selection, Aug. 1964 (Unpublished)

(2) 陳毓雷：颱風移動路徑及强度之客觀預報，大氣科學第一期。

(3) 戚啓勳、陳文恭、任立瑜：用比擬法預估颱風侵臺期內之降水量，氣象學報18卷3期，1972年9月。

(4) 六十一年度科技基金（終期）研究報告：臺灣地區颱風雨量客觀預報與研究（終期）報告。