

新店溪流域降水量與流量之研究*

A Research of Precipitation and Runoff at Hsin-Tien Watershed

郭文鑠 蔣志才 朱曙光 胡亞棟
W. S. Kuo C. T. Chiang S. G. Chu Y. T. Hu

Abstract

In order to assist the development of the Taipei Regional Water Supply Project and Planning for Flood Control System at Tan-Shui River Basin, this research is trying to analyze each primary meteorological element which affected the correlationship between precipitation and runoff volume over Hsin-Tien Watershed. From surface charts, upper-level charts and rawinsonde data, it is trying to identify the cause of the precipitation amount above 15mm per hour due to the results of typhoon, thunderstorm or front. By means of electronic computer, stepwise multiple regression method is used to develop the objective forecasting models for precipitation and runoff volume.

After implementation, those forecasting models will be able to offer the reliable reference to the multiple operational function for Fei-Tsui-Ku reservoir and planning for Flood Control System at Tan-Shui River Basin.

一、前言

近年來臺北市人口及工業迅速的成長，供水量的需要隨之亦增，而淡水河及基隆河之水源污染，不適於開闢新水源。於是臺北市政府在民國 63 年擬定臺北區自來水第四期建設計劃，建議於新店溪上游興建翡翠谷水庫乙座，以解決供水問題，並附帶部分防洪與發電之功能。此計劃經行政院核准，由民國 65 年底開始研究該水庫施工之安全問題，預計於民國 66 年底完成建庫準備工作。另一方面，淡水河常有洪水成災問題，省水利局已着手籌建淡水河防洪系統，以防洪患。

為配合市政府供水計劃之發展與水利局防洪系統之籌建，乃作新店溪流域降水量與流量之研究，其目標包括下列數項：

1. 凡該流域測站有出現每小時15公厘以上大雨，則利用地面與高空圖及臺北無線電探空資料，尋其發

生原因，按颱風進襲、鋒面過境抑或雷雨發生等諸因素分別研討。

2. 分析不同天氣類型中，各種預測因子與降雨之相關性，以供設計預報模式之用。

3. 求取新店溪流域最大降雨量與尖峯流量間之相互關係。

4. 應用電子計算機，以複式逐步迴歸法，求取應用於新店溪流域雨量與流量之預報模式。

完成後，對於水庫之興建及洪水預報系統的籌立，均具有重要的參考價值。

二、資料處理及研究步驟

本篇所研究的新店溪流域面積計 909.54 平方公里（如圖 1），主要的支流為南勢溪與北勢溪，其中北勢溪源於竿寮附近，標高 620 公尺，南勢溪源於棲蘭山北麓向北流，標高 2,130 公尺。兩支流匯合於龜山，最後由江子翠注入淡水河，其平均坡度為 1/600。

關於整個流域降雨量研究之方法，計有梯送法

* 本文完成曾獲得國家科學委員會之補助

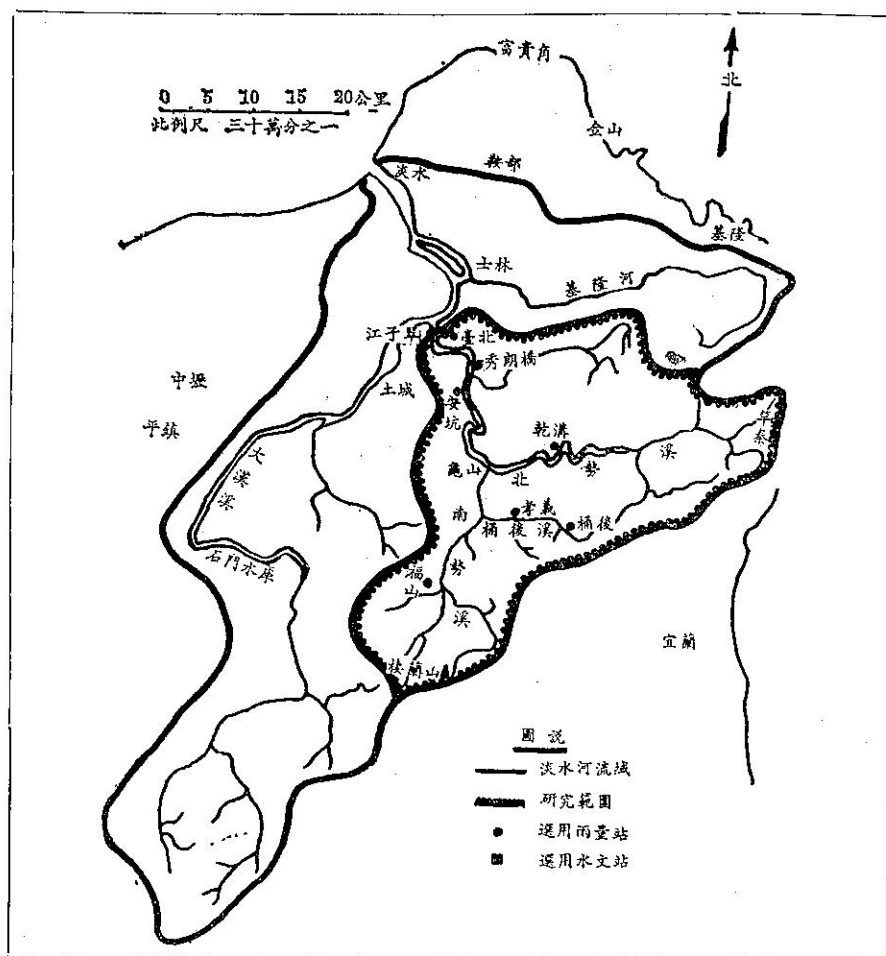


圖 1 研究範圍及選用測站分佈圖

(Thiessen Method)，算術平均法及等雨量線法等。本題由於人力及時間的限制，僅採用較為簡便的算術平均法計算，為了避免複雜地形與極端雨量等因素影響面積雨量的代表性，在資料蒐集的階段，考慮到測站位置的分布及觀測時間等因素，並在統計分析時，加入極端降水量與其他各氣象因子間之相關分析，以作相互比較。

所使用資料的時間，原擬採用 1956-1975 年廿年記錄，可是在新店溪流域，本局與臺電等單位所屬的個 23 雨量站中，僅有臺北、安坑、福山、孝義、桶後與乾溝六個測站資料比較完整，分佈亦較均勻，且每小時的觀測記錄也僅限於 1966 年 1975 年之間有連續性，在不得已的情況下，決定選用此十年間之雨量記錄為統計分析之用。至於流量方面，新店溪下游秀朗橋水文站用於水文分析，非常理想，但是該站之記錄自 1970 年方才開始，僅有六年多的時間，所以在攸雨量與流量的相關方面，亦限於最近六年的期

間。至於探空資料是選用 1966 年至 1975 年臺北的觀測記錄，可是在這十年間，資料偶有間斷，在中斷期間則改用桃園空軍基地的記錄代替。

另一方面，為了配合探空記錄時間，各項資料均採用世界標準時 00Z 與 12Z 的記錄為基礎。可是雨量的計算，以中原標準零時為準，探空資料（包括天氣圖）與雨量起算時間，其中有 8 小時之間隔，所以雨量預報模式的時效，僅能分為 16 (24-8)、28 (36-8) 及 40 (48-8) 小時三個時間，不能以完整的 12 或 24 小時為計算單位。

在研究步驟方面，分為四個單元進行。首先研究颱風期間各重要氣象因子與新店溪流域雨量之相關，並以電子計算機選擇重要預報因子，建立客觀之預報模式。其次研究鋒面期間各重要氣象因子與雨量之相關，並建立預報模式。第三個單元研究雷雨期各重要氣象因子與雨量之相關，並建立預報模式。第四個單元將颱風、鋒面及雷雨所造成 15mm 以上之大雨綜

合起來與新店溪下游秀朗橋水文站的流量研究其相關，求取迴歸方程式，截至目前研究進行情況結果，說明如下：

三、颱風降雨量客觀預報

1. 預報因子及預報目標

首先確定颱風資料的研究範圍為 114°E 以東、 129°E 以西、 16°N 以北、 28°N 以南。資料選用的時間以 00Z 與 12Z 兩種時刻為基礎，在最近十年中侵臺颱風計有 42 個情況 (Case) (連續數天降雨者，僅算一個情況)，其中在 00Z 計有 116 天，在 12Z 的時間計有 106 天。前節已述，由於世界標準時與中原標準時之間有 8 小時的差距，所以在資料處理方面，以 00Z 與 12Z 兩組資料為準，所選用的預報目標 (Predictands) 分為 6 項 (如附表一)。其中以 00Z 組的資料，預報 16 小時及 40 小時以後的平均面積雨量與當日及次日 1 小時之最大急雨量。以 12Z 組的資料預報 28 小時以後之面積雨量及次日 1 小時之最大急雨量。關於預報因子 (Predictors) 的選擇，經綜合不同研究報告的意見，再歸納分析後，決定選用 19 個因子，依次說明如下：

(1) 網格點 (I)：以經緯度 1 度為選用標準，將研究的範圍劃分成 156 個網格 (如附圖 2)，至於網格

點的號碼，是以 25°N 及 121°E 為縱橫坐標軸，劃分成四個象限 (如圖中虛線所示)，每個網格點有三位數值，以坐標原點的數值為最大，依次向上下及左右遞減，網格數值之個位數即代表颱風中心所在的象限，取右上角為 1，右下角為 2，左下角為 3，左上角為 4。例如颱風中心在 123°E 及 26°N 間之網格，所代表的號碼為 787，依其數值可概略知道颱風中心已在原點之右上角，並且非常接近新店溪流域。由此一系列號碼的變化，可以辨別颱風中心接近新店溪流域的方向與距離。

(2) 颱風中心至臺北間之氣壓梯度 (G)：此項為颱風中心與臺北當時氣壓差值，除以當時兩者的距離，單位為 $\text{mb}/100\text{km}$ ，此項因子中包含了氣壓與距離兩個因素，以氣壓差而言，中心氣壓與臺北之氣壓相差愈大，表示梯度愈大，影響降雨的大小成份亦多，而距離的遠近，恰與雨量的大小成反比，綜合兩因素，求取對雨量之相關，頗合邏輯。

(3) 颱風中心 12 小時之位移 (D_{12})：單位為公里，因颱風移動速度的緩急，對於雨帶在某一地區停留的時間有直接的關連，而雨帶停留時間也代表降雨的多少。

(4) 颱風中心 24 小時之位移 (D_{24})：單位為公里。

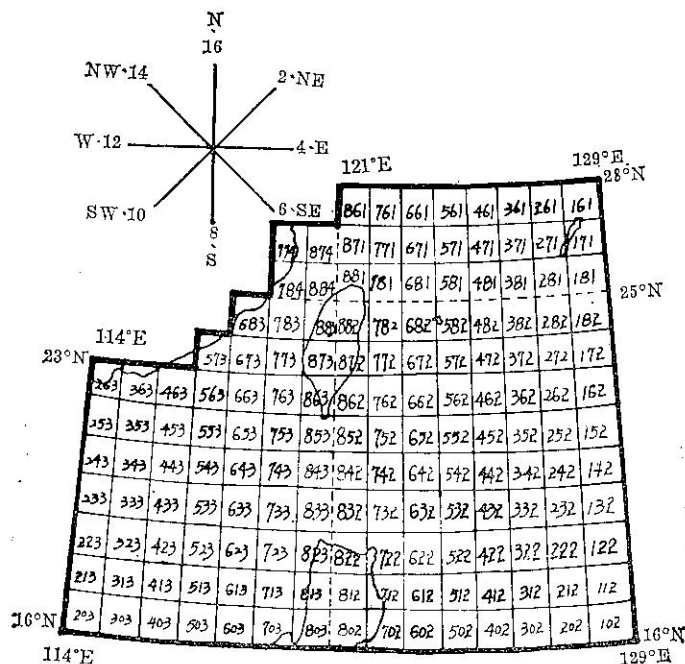


圖 2 颱風中心位置網格圖

(5)臺北當時之風向 (F)：採用 16 方位制，以 NNE 爲 1，E 爲 4，S 爲 8 順時鐘方向至 N 爲 16 之數值代表。(如圖 2)

(6)臺北當時之風速 (V)：單位爲 m/sec。

(7)颱風中心最低氣壓 (P_{min})：以當時颱風中心最低之氣壓數值表示，單位爲 (mb)。

(8)颱風中心最大風速 (V_{max})：以當時最大風速計算，單位爲 m/sec。

(9)暴風半徑 (r)：以當時風速記錄爲 17.2m/sec 之半徑大小爲準。

(10)臺北當時地面氣壓 (P_{sfc})：單位爲 mb。

(11)臺北當時溫度及露點差 (ΔT_{sfc})：單位爲 $^{\circ}\text{C}$ 。

(12)臺北當時地面水汽混合比 (W_{sfc})：單位爲 g/Kg。

(13)臺北當時 850mb 溫度露點差 (ΔT_{850})：單位爲 $^{\circ}\text{C}$ 。

(14)臺北當時 850mb 水汽混合比 (W_{850})：單位爲 g/Kg。

(15)臺北當時 700mb 溫度露點差 (ΔT_{700})：單位爲 $^{\circ}\text{C}$ 。

(16)臺北當時 700mb 水汽混合比 (W_{700})：單位爲 g/Kg。

(17)臺北當時 500mb 溫度露點差 (ΔT_{500})：單位爲 $^{\circ}\text{C}$ 。

(18)臺北當時 500mb 水汽混合比 (W_{500})：單位爲 g/Kg。

(19)濕度指數 (KI)：即 K Index，其計算公式係採用 1960 年 George 氏用於雷雨預報者，其計算公式如下：

$$KI = T_{850} + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700}) - T_{500}$$

T：溫度 ($^{\circ}\text{C}$)， T_d ：露點溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

此公式經徐晉淮氏用於颱風路徑之預報，效果良好，此次用於颱風降雨量之預報，尙是初步的嘗試。

上列 19 個預報因子初步的選定，雖根據其他各專家的研究成果加以分析綜合而得，但應用於降雨量之預報，尙需經過統計分析的印證。

2. 分析結果與檢驗

應用逐步迴歸方法 (Stepwise Regression Method)，可初步找出颱風經過各網格範圍內，每個氣象因子與新店溪流域降雨量之相關。再依其相關程度之大小順序排列，作為建立颱風雨量客觀預報模

式時之取舍標準，經行政院主計處資料處理中心之 IBM-370 電子計算機處理後，上述 19 個預報因子對六項預報目標之相關大小優先順序列表一。

由表一可以看出 00Z 時之臺北 500mb 溫度露點差 ΔT_{500} (表列第 17 項)，用於預報 16 小時後之面積雨量及當日 1 小時最大雨量佔首要地位。00Z 時暴風半徑大小 r (表列第 9 項) 對於 40 小時後之面積雨量及次日 1 小時最大雨量的預報亦然。又 12Z 時颱風中心最大風速 V_{max} (表列第 8 項) 對於 28 小時後面積雨量之預報及 12Z 時之濕度指數 KI (表列第 19 項) 對於次日 1 小時最大雨量之預報亦佔首要地位。

本篇報告中所試用的預報因子網格點 I (表列第 1 項)，及濕度指數 KI，用於預報面積雨量並不具有影響力，可是對於預報次日 1 小時最大雨量時，却有舉足輕重的地位。至於颱風中心至臺北之氣壓梯度 G (表列第 2 項)，用於 1 小時最大雨量的預報時並不重要，可是在預報面積雨量時却很重。

以綜觀天氣分析的觀點而言，各項預報因子優先次序之計算機選擇結果，非常合理，其降雨量最佳之複式迴歸方程式，經過上列優先順序逐步逐項分別選擇後之結果如下：

(1)以 00Z 的資料預報 16 小時之面積雨量

$$\begin{aligned} Y_{16} = & 136.08 - 1.878\Delta T_{500} + 2.680G - 8.823\Delta T_{850} \\ & + 4.823V + 11.496W_{500} + 1.128W_{850} \\ & - 1.612V_{max} + 0.219r + 0.048D_{24} + 3.651W_{sfc} \\ & - 9.413\Delta T_{700} + 18.232W_{700} \\ R = & 0.564 \end{aligned}$$

(2)以 00Z 的資料預報 40 小時的面積雨量：

$$\begin{aligned} Y_{40} = & -237.11 + 0.274r + 2.160P_{sfc} + 10.410W_{500} \\ & + 16.775W_{700} - 7.139\Delta T_{700} - 1.603G - 1.740 \\ & P_{min} - 2.895V_{max} \\ R = & 0.536 \end{aligned}$$

(3)以 00Z 的資料預報當天 1 小時最大雨量：

$$\begin{aligned} Y_{max1} = & 458.38 - 0.969\Delta T_{500} + 2.560W_{sfc} \\ & + 1.929W_{850} - 1.949\Delta T_{850} - 0.440P_{sfc} \\ & - 0.056D_{12} + 0.023D_{24} - 0.013I + 0.588V \\ R = & 0.485 \end{aligned}$$

(4)以 00Z 資料預報次日 1 小時最大雨量：

$$\begin{aligned} Y_{max2} = & 398.06 + 0.058r - 0.009I + 1.996KI \\ & + 3.405W_{700} - 0.022D_{24} + 1.749W_{850} \\ & - 0.378P_{min} - 0.621V_{max} \\ R = & 0.501 \end{aligned}$$

表一 逐步迴歸方法所挑出颱風預報因子之優先次序

預報因子 預報目標	(1) 網 格 點 I	(2) 至臺北氣壓梯度 G	(3) 颱風中心12小時位移 D ₁₂	(4) 颱風中心24小時位移 D ₂₄	(5) 臺 北 風 向 F	(6) 臺 北 風 速 V	(7) 颱風中心最低氣壓 P _{min}	(8) 颱風中心最大風速 V _{max}	(9) 暴 風 半 徑 r	(10) 地 面 氣 壓 P _{sfc}	(11) 溫度 露 點 差 ΔT_{sfc}	(12) 水 汽 混 合 比 W _{sfc}	(13) 850 mb 溫度 露 點 差 ΔT_{850}	(14) 850 mb 水 汽 混 合 比 W ₈₅₀	(15) 700 mb 溫度 露 點 差 ΔT_{700}	(16) 700 mb 水 汽 混 合 比 W ₇₀₀	(17) 500 mb 溫度 露 點 差 ΔT_{500}	(18) 500 mb 水 汽 混 合 比 W ₅₀₀	(19) 濕 度 指 數 KI
以 00Z 資料預報 16 小時面積雨量	19	2	16	9	18	4	15	7	8	13	14	10	3	6	11	12	1	5	17
以 00Z 資料預報 40 小時面積雨量	16	6	13	11	12	9	7	8	1	2	19	18	17	14	5	4	10	3	15
以 00Z 資料預報 當天 1 小時 最大雨量	8	15	6	7	18	9	12	16	13	5	14	2	4	3	10	11	1	19	17
以 00Z 資料預報 次日 1 小時 最大雨量	2	14	11	5	19	13	7	8	1	10	16	12	15	6	18	4	17	9	3
以 12Z 資料預報 28 小時面積雨量	15	6	14	8	2	12	19	1	7	5	4	18	10	9	16	17	11	3	13
以 12Z 資料預報 次日 1 小時 最大雨量	4	19	11	10	9	13	8	6	18	3	15	12	16	17	14	7	5	2	1

(5)以 12Z 的資料預報 28 小時面積雨量：

$$\begin{aligned} Y_{28} = & 457.18 + 2.659V_{max} - 4.182F + 11.598W_{500} \\ & - 3.884\Delta T_{arc} - 4.221P_{arc} - 3.719G \\ & - 0.151r + 0.023D_{24} + 7.329W_{850} \\ & - 5.308\Delta T_{850} - 2.159\Delta T_{500} \\ R = & 0.466 \end{aligned}$$

(6)以 12Z 的資料預報次日 1 小時最大雨量

$$\begin{aligned} Y_{max} = & 522.71 + 1.110KI + 3.770W_{500} \\ & - 0.685P_{arc} - 0.011I - 0.778\Delta T_{500} \\ & + 0.460V_{max} + 1.388W_{700} + 0.185P_{min} \\ & - 0.331F - 0.028D_{24} - 0.053D_{12} \\ R = & 0.408 \end{aligned}$$

由上列各複相關迴歸方程式看來，因預報目標情況不同，以致各項預報因子之輕重情況不盡相似。同時每個預報模式所選用的預報因子數目亦不一樣，其中第一個方程式選用 12 個預報因子，第二與第四個方程式中只選用 8 個預報因子，第三個方程式中選用 9 個預報因子，第五及第六個方程式中各選用 11 個預報因子，這些選擇的預報因子，都經過電子計算機試驗後所挑選出來的，雖然剩餘的預報因子加入計算後可以稍微提高相關程度，可是校驗後的效果並不顯著，並由上列六個方程式中，可很明顯的看出颱風中心最大風速與 500mb 溫度露點差，對於颱風雨量的預測影響力較大（除 00Z 的資料預報當日 1 小時最大雨量外，其他每次均出現方程式中）。以 00Z 一組的資料預報颱風雨量可以得到 0.5 以上的相關，而以 12Z 一組資料只能達到 0.47 左右。另外預報當日及次日 1 小時最大雨量不比預報面積雨量好，同時預報時間愈長，誤差亦愈大。為瞭解上述預報方程式的效果，將實際颱風降雨量與預報模式所計算的降雨量以分佈圖（Scatter Diagram）分析兩者的差距，在圖 3 至圖 8 中，縱坐標表示以預報模式計算所得到的雨量，橫坐標表示實際的降雨量，45 度線表示實際與預報雨量相等時的位置。

根據圖 3 至圖 8 分析實際面積雨量與預報面積的雨量可以得到以下的結論：

(1)以 00Z 或 12Z 的資料預報的平均面積雨量超過 150mm 以上時，預報數值偏低，雨量愈接近 300mm 時，其誤差愈大，預報雨量在 50mm 以內時，數值偏高。

(2)以 00Z 或 12Z 之資料預報當日或次日 1 小時最大雨量超過 40mm 時，預報數值偏低，而在 25mm 以內時，預報數值偏高。

3. 檢 討

由上節所述之誤差，檢討其原因，似有下列數點：

(1)網格點一項，其數值雖代表颱風位置之遠近，可是考慮到降雨地區分佈時，位置的差異往往造成降水極大的偏差，尤其颱風位置在 121°E 以東與以西兩邊時，其偏差尤大，單以網格點的數值表示降水的相關似乎不夠，改進的方式，擬將颱風侵臺的路徑，以四個象限劃分，再分區計算，可能減少預報雨量時之誤差。

(2)臺北地區風向一項，其數值以 NNE 為 1，順時鐘方向至 N 為 16 之數值代表，如單以風向數值與雨量比較，很明顯的，在新店溪流域吹北風時，降雨之相關應該愈大，可是依地形及綜觀天氣而論，吹北風至東風時，降雨較多，改進的方式，擬將降雨的大小依風向的多寡分類計算，可能減少誤差。

(3)預報因子選擇時，似乎可以加入一些動力的因子，例如等壓面厚度的變化，平均氣溫或平均露點等項，藉以增進預報的效果。

四、鋒面降雨量客觀預報

1. 預報因子與預報目標

鋒面資料的研究範圍為北緯 40°N-15°N，及東經 105°E-130°E 之間，凡新店溪流域測站有 15mm 之大雨發生，而鋒面在所訂定的範圍內，不論其位置在鋒前或鋒後，均加以分析研究，為了要查出鋒面所造成每小時 15mm 以上之大雨發生原因，曾將近十年 00Z 與 12Z 之地面及 700mb 定壓面天氣圖逐張翻閱檢查，其資料選用時間亦以 00Z 與 12Z 兩種時刻為基礎。本篇十年內所發生每小時雨量達 15mm 以上情況者計有 54 個（如連續數天降雨者僅算一個）。因多數鋒面降雨多有兩天以上之連續性，上述情況如依其發生天數計算，根據 00Z 資料計有 137 天，12Z 計有 117 天，合計 254 天。選用的預報目標如同前述颱風降雨一樣分為 6 項，其中以 00Z 的一組資料預報 16 小時及 40 小時以後的平均面積雨量與當日及次日 1 小時之最大急雨量；以 12Z 的一組資料預報 28 小時以後之面積雨量及次日 1 小時之最大急雨量；而預報因子的選擇，因人力及時間的限制，僅採用 8 項（如附表二），依次說明如下：

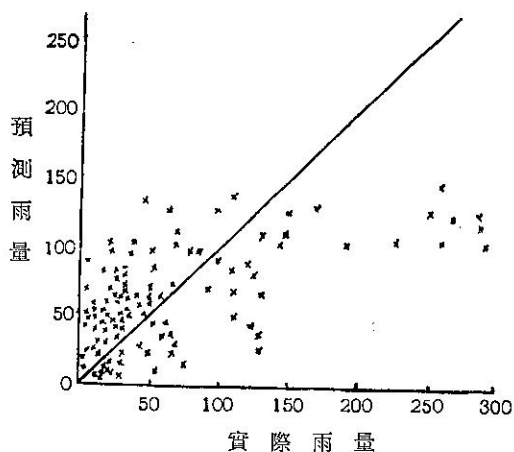


圖 3 以 00Z 資料預報 16 小時累積雨量

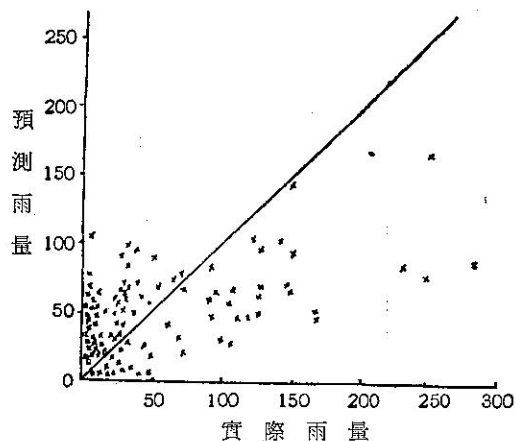


圖 4 以 00Z 資料預報 40 小時面積雨量

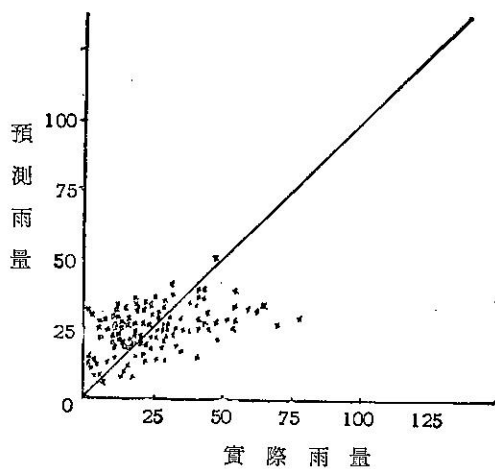


圖 5 以 20Z 資料預報當日 1 小時最大雨量

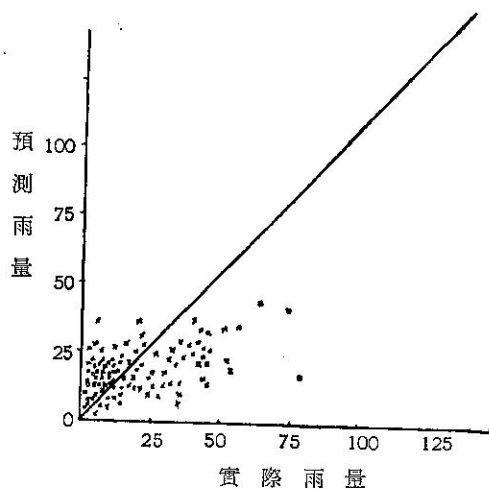


圖 6 以 00Z 資料預報次日 1 小時最大雨量

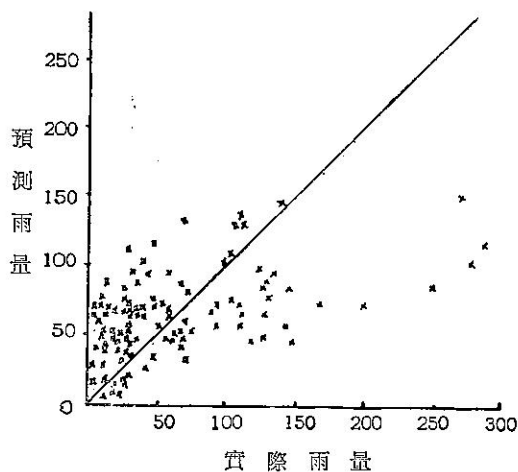


圖 7 以 12Z 資料預報 28 小時面積雨量

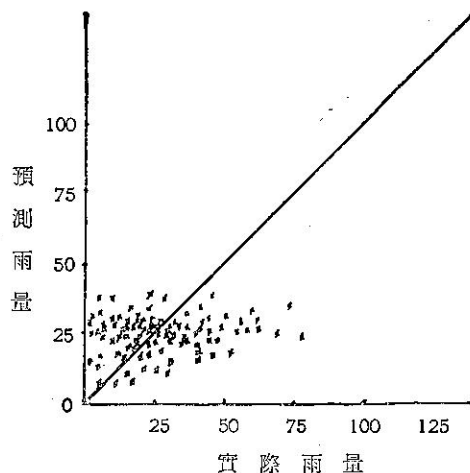


圖 8 以 12Z 資料預報次日 1 小時最大雨量

表二 鋒面大雨之預報因子與發生機率表

鋒面大雨發生 情 況	月 份 次 數 機 率 %	1 0 0	2 0 0	3 1 1.9	4 7 13.0	5 15 27.8	6 11 29.6	7 2 3.7	8 2 3.7	9 5 9.2	10 5 9.2	11 1 1.9	12 0 0					合 計	54
(一) 鋒面外切點與原 點間之距離 (D_s)	公 里 大雨天數 機 率 %	-201 以上 27 10.6	-101 -200 14 5.5	-1 -100 26 10.3	0 100 52 20.5	101 200 29 11.4	201 300 27 10.6	301 400 36 14.2	401 以上 43 16.9									合計	254
(二) 鋒面外切點之 12 小時位移 (D_{12})	公 里 大雨天數 機 率 %	-301 以上 2 0.8	-300 -201 5 2.0	-200 -101 16 6.3	-100 -1 37 14.6	0 100 87 34.3	101 200 51 20.0	201 300 33 13.0	301 400 13 5.1	401 以上 10 3.9								合計	254
(三) 鋒面外切點之 24 小時位移 (D_{24})	公 里 大雨天數 機 率 %	-301 以上 2 0.8	-300 -201 5 2.0	-290 -101 9 3.5	-100 -1 26 10.2	0 100 78 30.7	101 200 49 19.3	201 300 30 11.8	301 400 21 8.2	401 以上 34 13.4									
(四) 外切線之法線兩 端氣壓差 (ΔP)	毫 巴 大雨天數 機 率 %	-5.1 以上 0 0	-5.0 -4.1 3 1.2	-4.0 -3.1 8 3.1	-3.0 -2.1 14 5.5	-2.0 -1.1 12 4.7	-1.0 -0.1 30 11.8	0 1.0 66 26.0	1.1 2.0 37 14.6	2.1 3.0 20 7.9	3.1 4.0 18 7.1	4.1 5.0 8 3.1	5.1 6.0 38 15.0					合計	254
(五) 700mb 槽外切 點與原點間之 距離 (R)	公 里 大雨天數 機 率 %	-501 以上 44 17.3	-500 -401 19 7.5	-400 -301 19 7.5	-300 -201 45 17.7	-200 -101 39 15.4	-100 -1 30 11.8	0 100 27 10.6	101 200 14 5.5	201 300 5 2.0	301 400 5 2.0	401 500 2 0.8	501 以上 5 2.0					合計	254
(六) 700mb 槽外切 點之 12 小時 位移 (R_{12})	公 里 大雨天數 機 率 %	-501 以上 1 0.4	-500 -401 2 0.8	-400 -301 6 2.4	-300 -201 6 2.4	-200 -101 16 6.3	-100 -1 39 15.4	0 100 81 31.9	101 200 41 16.1	201 300 32 12.6	301 400 16 6.3	401 500 8 3.0	501 以上 6 2.4					合計	254
(七) 700mb 槽外切 點之 24 小時 位移 (R_{24})	公 里 大雨天數 機 率 %	-501 以上 1 0.4	-500 -401 1 0.4	-400 -301 5 2.0	-300 -201 6 2.4	-200 -101 12 4.7	-100 -1 25 9.8	0 100 68 26.8	101 200 44 17.3	201 300 27 10.6	301 400 27 10.6	401 500 19 7.5	501 以上 19 7.5					合計	254
(八) 外切線之法線兩端 高度差 (ΔZ)	動力公尺 大雨天數 機 率 %	-41 以上 26 10.2	-36 -40 13 5.1	-31 -35 9 3.5	-26 -30 28 11.0	-25 -21 17 6.7	-20 -16 35 13.8	-15 -11 26 10.2	-10 -6 36 14.2	-5 -1 22 8.7	0 -5 23 9.1	6 10 5 2.0	11 15 5 2.0	16 20 6 2.4	21 25 1 0.4	26 30 1 0.4	31 35 0 0	36 40 0 0	41 以上 1 0.4

(1) 鋒面外切線與原點間之距離 (D_s)：指地面鋒面之外切點 (X) 至原點 0 之距離，單位為 Km，(如附圖 9)，其中原點位置 是以 120°E 經線和 25°N 緯線所相交之點。

(2) 鋒面外切點 12 小時之位移 (D_{12})：即通過原點 0 的鋒面外切點 X 在法線上 12 小時移動之距離，單位為 Km。

(3) 鋒面外切點 24 小時之位移 (D_{24})：如上項所述鋒面外切點 X 在法線上 24 小時之移動距離，單位為 Km。

(4) 外切線之法線兩端氣壓差 (ΔP)：在必需通過原點 0 之原則下，作地面鋒面外切線之法線，該線與鋒面在 X 點相交，在該點兩端各 500Km 處 (P_A 與

P_B 點) 之氣壓差值，單位為 mb。

(5) 700mm 槽線外切點與原點間之距離 (R)：即通過原點 0 之原則下作 700mb 槽線外切線之法線交於 X' 點，該 X' 點至原點 0 之距離，單位為 Km。

(6) 700mb 槽外切點 12 小時之位移 (R_{12})：即 X' 點 12 小時之位移距離，單位為 Km。

(7) 700mb 槽外切點 24 小時之位移 (R_{24})：即 X' 點 24 小時之位移距離，單位為 Km。

(8) 700mb 槽外切點之法線兩端高度差 (ΔZ)：在必需通過原點 0 之原則下，作 700mb 槽線外切線之法線，在 X' 點兩端各延伸 500Km 至 Z_A 與 Z_B 兩點，該兩點之高度差值，單位為 GPM。

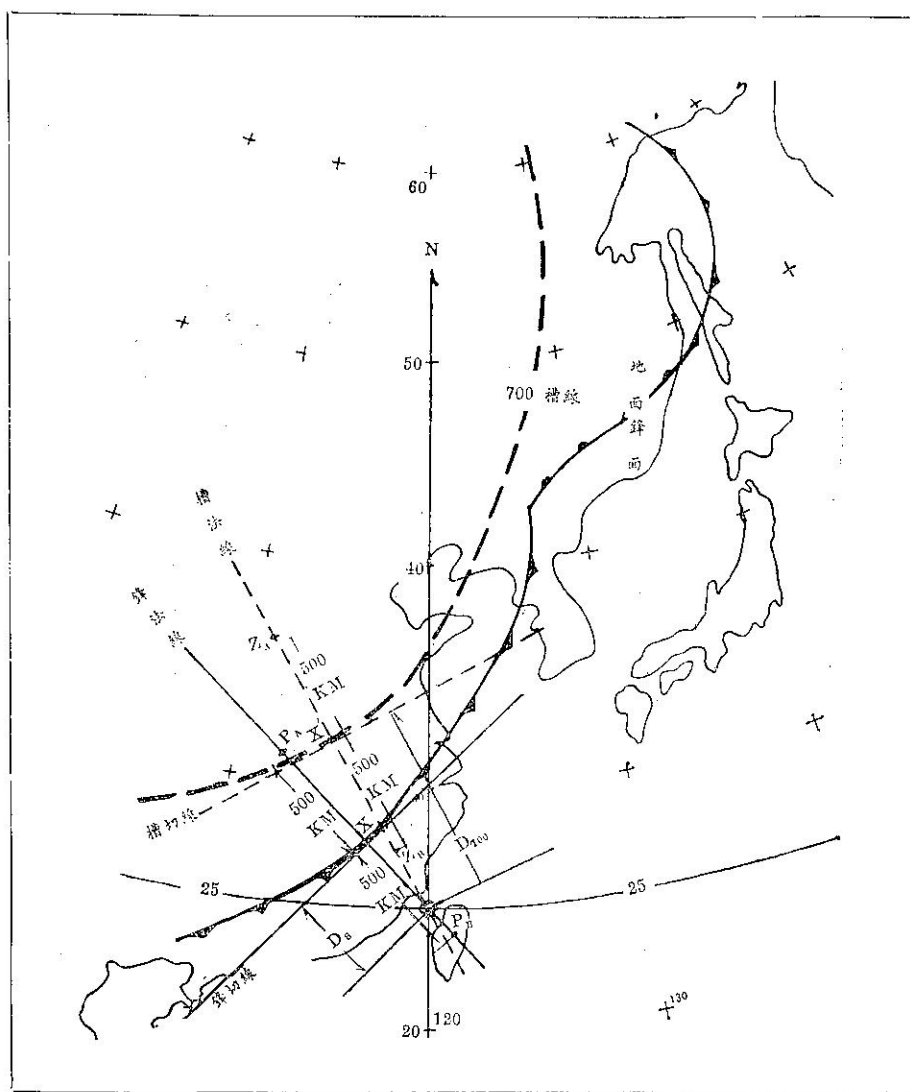


圖 9 鋒面降雨預報因子圖示

2. 分析結果與檢驗

鋒面降雨與鋒面位置及其移動有關為無可疑慮。據上述十年 54 個情況 (Case) 統計多季鋒面南下通過本省，地面鋒面與 700mb 定壓面層之槽線 (或輻合線) 間距離，平均為 256.4 Km。換言之，地面至 700mb 鋒面斜度成正切角度 0.69 度，亦表示鋒後之氣壓南下時，如傾斜角很小，不能產生強烈上升氣流，在新店溪流域上空多產生層雲或雨層雲，厚度不大，故產生降雨也多為連續性小雨，在 11 月至次年 3 月間幾乎沒有每小時 15mm 降雨量之出現。因鋒面發生之大雨多數集中在 4、5、6 三個月間 (如附表二首項)，而尤以 5 月與 6 月兩個月最多，計有 31 個情況之多，佔總數之百分之 57.4。9 月與 10 月兩個月計 10 個，佔總數的百分之 18.4。3、4 兩個月計 8 個，佔總數的百分之 14.9。7、8 兩個月颱風雨除外，鋒面大雨僅 4 個，佔總數的百分之 7.4。

預測因子之選用：附表二第一項鋒面與原點 0 之距離 (D_0) 即為鋒面至原點之遠近，據統計發生大雨次數在距地面鋒面前 100 公里內為最多計 52 次，佔百分之 20.5，此與產生大雨關係密切。第二、三項 12 與 24 小時鋒面在法線上所移動之距離 (D_{12} 與 D_{24})，也就是鋒面移動之速度，在理論上鋒面快速移動，往往產生鋒前總線而伴有大雨，但時間不致太久，

相反的鋒面近似滯留或在附近產生波動，往往發生連續性之大雨，經統計 12 小時移動距離在 0-100Km 發生 87 次佔百分之 34；24 小時移動距離在 0-100 Km 發生 78 次佔百分之 31。第四項地面鋒之法線兩端氣壓差 (ΔP)，也是鋒面前後 500Km 間之氣壓梯度，就動力觀點言，即表示鋒面移動方向及其動力之大小。當北方氣壓較高時為正，反之為負。經統計在 254 次記錄中有 183 次與此理論相符，佔總次數百分之 72，僅 71 次因鋒面消失或產生波動者例外。第五項 700mb 槽之外切線至原點 0 的法線距離 (R) 項，採用之理由，如第一項地面鋒面距離 (D_0) 相同，所不同者為 700mb 約在 3000GPM 高度，因為一般鋒面在定壓面圖上至 700mb 層仍有明顯的槽線或輻合線，而在 500mb 層則不一定有，故 700mb 層也可鑑別地面鋒面之垂直結構，如鋒面斜度與發展強度等。當然如能自 850 → 700 → 500mb 甚至到噴射氣流高度，分層個別收集資料計算也許效果較佳，然本專題涉及範圍過廣，限於人力，故僅能以 700mb 作為鋒面向上發展之代表高度層，經統計所有發生大雨之 254 次中，發生在高度差有負值者計 196 次 (表列 0 值之左側) 佔百分之 77.2，尤其在 -201 至 -300 公里距離欄有 45 次為最多。至於第六及第七項 X' 之槽線位移距離 (R_{12} 與 R_{24})，如同地面鋒面

表三 逐步迴歸方法所挑出鋒面預報因子之優先次序

預報目標	預報因子	鋒面外切線與原點			(4) 外兩 切端 線之 氣壓 線差 ΔP_{mb}	700mb 槽外切線與原點			(8) 外兩 切端 線之 高度 法度 線差 ΔZ_{GPM}
		(1) 距 離 D_{km}	(2) 十二 小時位 移 $D_{12} km$	(3) 廿四 小時位 移 $D_{24} km$		(5) 距 離 R_{km}	(6) 十二 小時位 移 $R_{12} km$	(7) 廿四 小時位 移 $R_{24} km$	
以 00Z 資料預報 16 小時面積雨量		2	8	6	3	7	5	1	4
以 00Z 資料預報 40 小時面積雨量		4	1	7	3	2	6	5	8
以 00Z 資料預報 當天 1 小時最大雨量		1	7	3	6	5	8	4	2
以 00Z 資料預報 次日 1 小時最大雨量		1	4	7	3	8	6	5	2
以 12Z 資料預報 28 小時面積雨量		5	4	2	7	3	1	6	8
以 12Z 資料預報 次日 1 小時最大雨量		1	3	4	5	8	2	6	7

位移，經統計 12 小時位移距離 0-100km 發生 81 次，佔百分之 32；24 小時位移距離 0-100km 發生 63 次，佔百分之 27。最後第八項槽法線兩端之高度差 (ΔZ)，如同地面之 ΔP 項計算，所得值也表示 700mb 槽線兩側之厚度梯度，也是推動槽線之位勢梯度力，如為負值表示南方位勢較高，具爬升動力，經統計大雨發生 254 次中，高度差為負值部份（表列 0 值之左側）計有 235 次，佔百分之 92.5，尤其高度差在 -6 至 -10GPM 欄佔 36 次為最多。

以逐步迴歸方法所找出鋒面通過所訂定的範圍，該 8 項預報因子與新店溪流域降雨量之相關，依電子計算機處理後之相關大小優先順序列表如上。

由表三可以看出 00Z 時之鋒面外切線與原點之距離 D_9 （表列第一欄），用於預報當天及次日 1 小時最大雨量與以 12Z 資料預報次日 1 小時最大雨量時（表列第 3、4、6 項），佔首要地位。另外以 00Z 時 700mb 槽外切線與原點 24 小時位移 D_{12} （表列第 2 欄）、 R_{24} （表列第 7 欄）預報 16 小時面積雨量（表列第 1 項），00Z 鋒面外切線與原點 12 小時位移預報 40 小時面積雨量（表列第 2 項）亦然；又 12Z 700mb 槽外切線與原點 12 小時位移 R_{12} （表列第 6 項）預報 28 小時面積雨量（表列第 5 項）亦佔首要地位。

鋒面降雨量最佳之複式迴歸方程式，經過處理計算計算後之結果如下：

(1) 以 00Z 的資料預報 16 小時之面積雨量：

$$Y_{16} = 25.43 + 0.017R_{24} + 0.077D_9 + 0.682\Delta P - 0.073\Delta Z - 0.012R_{12}$$

$$R = 0.318$$

(2) 以 00Z 的資料預報 40 小時之面積雨量：

$$Y_{40} = 21.75 - 0.029D_{12} - 0.013R - 0.473\Delta P + 0.056D_9 + 0.011R_{24} - 0.012R_{12}$$

$$R = 0.326$$

(3) 以 00Z 的資料預報當天 1 小時最大雨量：

$$Y_{m \times x 1} = 20.07 - 0.151D_9 - 0.084\Delta Z + 0.011D_{24} - 0.005R_{24} + 0.037R$$

$$R = 0.312$$

(4) 以 00Z 的資料預報次日 1 小時最大雨量：

$$Y_{m \times x 2} = 19.03 - 0.115D_9 + 0.030\Delta Z - 0.522\Delta P + 0.012D_{12} - 0.006R_{24}$$

$$R = 0.319$$

(5) 以 12Z 的資料預報 28 小時面積雨量：

$$Y_{28} = 30.96 + 0.037R_{12} - 0.030D_{24} - 0.006R$$

$$+ 0.027D_{12} - 0.112D_9 - 0.011R_{24}$$

$$R = 0.357$$

(6) 以 12Z 的資料預報次日 1 小時最大雨量：

$$Y_{m \times x 3} = 21.02 - 0.231D_9 + 0.007R_{12} - 0.021D_{12} + 0.014D_{24}$$

$$R = 0.448$$

由上列六項複相關迴歸方程式看來，以 12Z 的資料預報次日 1 小時最大急雨量的效果最佳，所得到的最後複相關係數可達到 0.448 之譜，並且只用到四個預報因子而已，其他各項所使用的預報因子在 5 到 6 個之間，很明顯的，鋒面外切線與原點之距離（表列第 1 欄）及其 12 小時之位移（表列第 2 欄）二個預報因子對於鋒面雨量的預測，非常的重要，幾乎在每一個預報方程式中均有出現，六項方程式中實際鋒面雨量與預報雨量所繪製的分佈圖，由圖 (10) 至 (15) 中表示之。

根據圖 (10) 至圖 (15) 分析實際面積雨量與預報面積雨量可得以下的結論：

(1) 以 00Z 或 12Z 的資料預報的平均面積雨量超過 50mm 以上時，預報數值偏低，預報數值在 50mm 以內時，實際數值偏高。

(2) 以 00Z 或 12Z 的資料預報當日或次日 1 小時最大雨量超過 25mm 時，預報數值偏低，在 25mm 以內時，預報數值偏高。

3. 檢 討

由以上所述 8 項預報因子所求得之鋒面降雨量模式，其複相關係數均在 0.5 以下，依統計觀點而言，預報模式，並不很理想，檢討其原因，似有下列數點：

(1) 預報模式內並未加入造成降雨之因素，例如溫度、濕度與風向風速等因子，其中所考慮的只是鋒面移動的速度，雖然其速度的緩急可直接影響降雨，如果再加入其他因子，其效果應該更佳。

(2) 在預報因子中，所考慮的層次只有 700mb 一層，當然鋒面傾斜度的大小不一定，如果能再加入更多的層次，可能減少誤差。

(3) 預報因子選擇時，似乎也應該加入一些動力的因子，藉以增進預報之效果。

五、雷雨降雨量客觀預報

1. 預報因子與預報目標

雷雨資料選用的時間亦以 00Z 與 12Z 兩種時刻

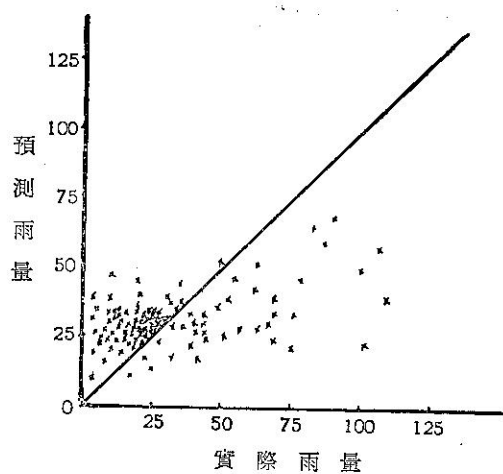


圖 10 以 00Z 資料預報 16 小時面積雨量

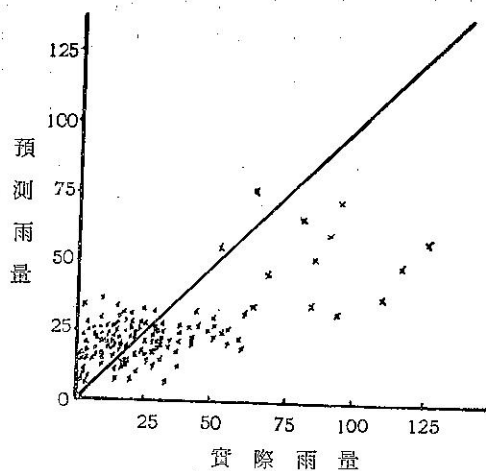


圖 11 以 00Z 資料預報 40 小時面積雨量

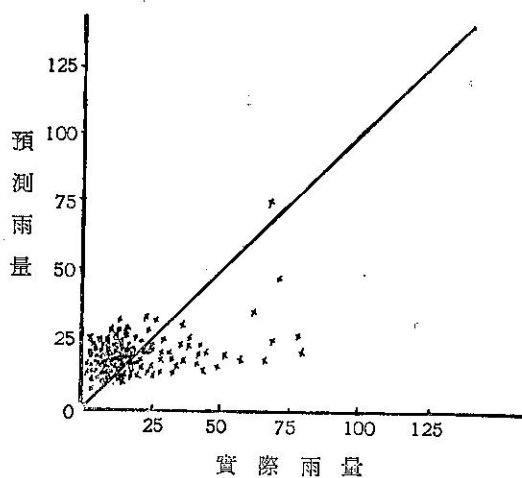


圖 12 以 00Z 資料預報當日 1 小時最大雨量

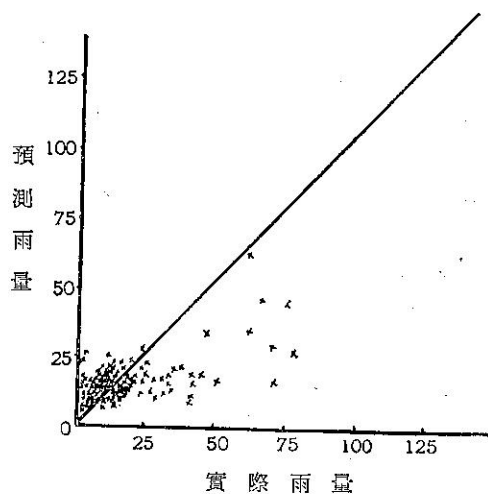


圖 13 以 00Z 資料預報次日 1 小時最大雨量

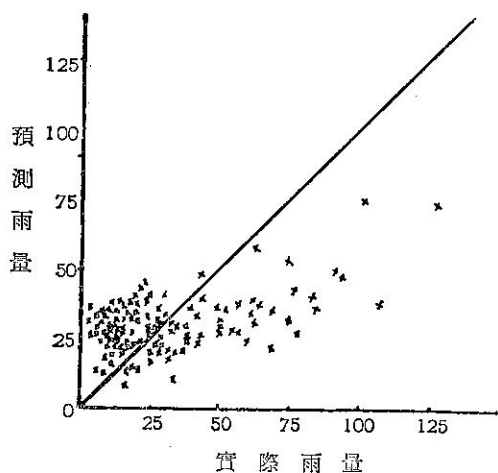


圖 14 以 12Z 資料預報 28 小時面積雨量

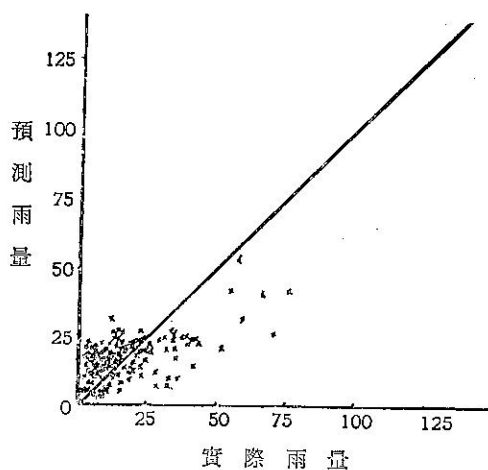


圖 15 以 12Z 資料預報次日 1 小時最大雨量

2. 分析結果與校驗

雷雨發生的原因很多由於地面輻射熱力作用、低壓、高空槽線、或鋒面與颱風邊緣等有劇烈升降氣流處均有發生可能，如僅就熱雷雨與局部性雷雨而言，十年資料統計共得 84 個情況，由於雷雨在新店溪流城造成 15mm 以上之大雨多集中在 5 月至 8 月四個月間，尤其以 6 月與 7 月兩個月最多，計有 44 個情況（附表四）佔百分之 52.4 其次是 8 月出現 14 次佔百分之 16.7，在 11 月至次年 3 月間幾乎沒有每小時 15mm 之降雨量出現。以雷雨發生的時間而言，午後發生的計有 69 個情況，佔百分之 82.2，其次是傍晚之後佔 9 個情況，計百分之 10.7，而發生在午前的只有 6 次，僅佔百分之 7.1。此由於白晝日射強低層增溫，臺北盆地而言，上空午後產生對流性不穩定之故，而早晨低層氣溫最低，氣柱成穩定型態，當不致造成雷雨，此為其理由也。

雷雨發生依地面風向而言，00Z 的時間地面最多風向為南風，有 52 次佔總共 207 次的百分之 25.1。其次為東南風 36 及西南風 33 次，各佔百分之 17.4 及 15.9。850mb 而言，西南風發生次數最多計有 102 次，佔總數百分之 49.3，其次為西風佔 33 次為百分之 15.8。700mb 而言，西南風佔 87 次為百分之 42.1，其次為南風及西風各佔 40 次為百分之 19.3。500mb 而言，西南風佔 57 次為百分之 27.5，其次為西風佔 56 次為百分之 27.1。以 00Z 資料整體分析，地面吹南風而 850mb 至 700mb 及 500mb 各層吹西南風時，發生 15mm 以上之雷雨機會最顯著。

以 12Z 的資料分析，地面靜風時的發生次數最多為 43 次，佔總次數 196 次的百分之 21.9，其次是南風 38 次佔百分之 19.4。以 850mb 之資料而言，西南風有 86 次佔百分之 43.9，西風及南風各有 31 次及 28 次佔百分之 15.8 及 14.1。以 700mb 而言，西南風發生 74 次佔百分之 37.8，西風及南風各有 45 及 28 次，佔百分之 23 及 14.2。以 500mb 而言，西南風有 56 次佔百分之 28.6，西風有 50 次佔 25.5。以整個 12Z 的資料分析，地面靜風或南風及西南風，而 850mb、700mb 及 500mb 層吹西南風或西風時，次日發生雷雨之機率最大。

以 403 天綜合所有預報因子之平均情況而言，發生雷雨機會最多預報因子平均值如下：地面氣壓為 1006.6mb，KI 指數為 32.9，TTI 指數為 43.1，地面風速 1.33m/s，850mb 層風速 5.72m/s，700mb 層風速 6.29m/s，500mb 層風速 6.36m/s，850mb

到 700mb 層之溫度遞減率為 4.99°C/GPM，700mb 到 500mb 層之遞減率為 5.51°C/GPM，850mb 到 500mb 層之遞減率為 5.32°C/GPM。

表五 雷雨之預報因子之平均值

預報因子	統計值	平均值	標準差
1. 地面氣壓 (mb)		1006.6	3.2
2. 地面溫度露點差 (°C)		2.6	1.1
3. 地面水汽混合比 (g/kg)		18.9	1.6
4. 850mb 溫度露點差 (°C)		3.3	2.0
5. 850mb 水汽混合比 (g/kg)		13.2	4.4
6. 700mb 溫度露點差 (°C)		4.9	3.3
7. 700mb 水汽混合比 (g/kg)		8.1	1.6
8. 500mb 溫度露點差 (°C)		7.5	4.0
9. 500mb 水汽混合比 (g/kg)		3.3	1.3
10. 濕度指數 KI		32.9	4.2
11. 總指數 TTI		43.1	3.6
12. 地面風向 (8 方位)		4.78	0.94
13. 地面風速 (m/s)		1.33	1.38
14. 850mb 風向 (8 方位)		5.47	1.95
15. 850mb 風速 (m/s)		5.72	4.40
16. 700mb 風向 (8 方位)		5.60	1.68
17. 700mb 風速 (m/s)		6.29	4.28
18. 500mb 風向 (8 方位)		5.05	2.01
19. 500mb 風速 (m/s)		6.36	2.52
20. 850mb-700mb 厚度 (GPM)		1664.40	11.30
21. 850mb-700mb 溫度遞減率 (GPM)		4.99	0.77
22. 700mb-500mb 厚度 (GPM)		2726.05	16.83
23. 700mb-500mb 溫度遞減率 (°C/GPM)		5.51	0.57
24. 850mb-500mb 厚度 (GPM)		4371.45	24.42
25. 850mb-500mb 溫度遞減率 (°C/GPM)		5.32	0.38

以逐步迴歸的方法所找出新店溪流城發生雷雨與各項預報因子之相關，經過電子計算機處理後之相關大小優先順序列表如表六。

依表六可以看出，00Z 時之 700mb 風向（表列第 16 項）用於預報 16 小時之面積雨量及當日 1 小時最大雨量時佔首要地位。850mb 溫度露點差（表列第 4 項）用於預報 40 小時之面積雨量，及 700mb 溫度露點差（表列第 6 項）預報次日 1 小時最大雨量時亦然。又 12Z 時之 700mb 溫度露點差（表列第 6 項）預報 28 小時面積雨量及 700mb 水汽混合比（表列第 7 項）預報次日 1 小時最大雨量時亦佔有重要地位。

表六 逐步迴歸方法所挑出雷雨預報因子之優先次序

預報目標 \ 預報因子	1. 地面氣壓	2. 地面溫度露點差	3. 地面水汽混合比	4. 850 mb 溫度露點差	5. 850 mb 水汽混合比	6. 700 mb 溫度露點差	7. 700 mb 水汽混合比	8. 500 mb 溫度露點差	9. 500 mb 水汽混合比	10. 濕度指數 KI	11. 總指數 TTI	12. 地面風向	13. 地面風速	14. 850 mb 風向	15. 850 mb 風速	16. 700 mb 風向	17. 700 mb 風速	18. 500 mb 風向	19. 500 mb 風速	20. 850 mb 700 mb 厚度	21. 850 mb 700 mb 溫度遞減率	22. 700 mb 500 mb 厚度	23. 700 mb 500 mb 溫度遞減率	24. 850 mb 500 mb 厚度	25. 850 mb 500 mb 溫度遞減率
以 00Z 資料預報 16 小時面積雨量	14	17	5	2	13	10	11	8	7	21	4	6	25	12	24	1	15	3	16	9	23	20	22	19	18
以 00Z 資料預報 40 小時面積雨量	6	21	22	1	10	14	20	15	16	23	24	25	12	19	11	7	2	4	3	8	18	13	5	9	17
以 00Z 資料預報 當日 1 小時最大雨量	17	19	4	25	16	14	12	20	15	22	5	21	3	9	2	1	7	6	23	11	18	13	10	24	8
以 00Z 資料預報 次日 1 小時最大雨量	23	9	14	7	20	1	2	8	10	3	17	15	25	16	13	18	19	6	11	5	24	21	4	22	12
以 12Z 資料預報 28 小時面積雨量	14	19	4	7	2	1	10	15	8	21	5	22	25	20	11	6	3	12	16	9	18	13	23	24	17
以 12Z 資料預報 次日 1 小時最大雨量	9	17	13	25	20	4	1	2	15	3	6	16	24	10	14	18	22	7	11	5	19	12	23	21	8

因雷雨使用 25 個預報因子，其相關係數均不甚理想，經過一再的試驗，應用時誤差較大，有待繼續研究改進。

3. 檢 討

根據統計結果，新店河流域發生 15mm 以上雷雨的時間多在午後，發生的月份以 6、7 兩個月最多，以 00Z 的資料而言，地面有偏南風，而高空有西南風時，發生的機率最大。以 12Z 的資料而言，地面有靜風、南風或西南風時，高空有西風或西南風時次日發生雷雨的機會很大。以平均狀態而言，KI 指數在 32.9 左右，TTI 指數為 43.1 左右時，可能發生 15mm 以上之雷雨。

根據林永哲先生 (1976) 與林則銘先生 (1975) 指出，雷雨的預報，在應用時雖很多條件都適合其發生，可是未必產生雷雨。本篇報告中雖應用 25 個預報因子，可是結果不甚理想，其牽涉的問題仍多，希望以後再能增加其他動力方面的預報因子，或許能提高預報之效果。

六、雨量與流量之相關

1. 直接逕流 (Direct Runoff)

雖然影響流量的因素有氣象、物理、地形等，可是流量圖 (Hydrograph) 的形狀就是所有因素影響流量之綜合結果，而雨量在降落到地面時，因經過很長的路徑到達河流之中，有在地表移動的地表逕流 (Surface Runoff)，有滲入地下再流入河流中的地下水逕流 (Groundwater Runoff)，在研究雨量與流量之相關前，首先要將直接造成水位上升之降雨分析出來，這些直接由暴雨所產生的流量稱之為直接逕流，它與原先在河流中的流量 (基流) 無關，分析的方法是由流量圖開始，將直接逕流與基流 (Base Flow) 分離，分離的方法雖然很多，可是並沒有一個很精確的固定法則，圖 16 是應用於本篇報告中的方法，其步驟分述於後：

1. 首先繪製流量圖，並找出尖峰流量的時間，做垂直之軸線 X_r 。

2. 由流量圖開始上升時之 A 點，劃 AB 線與 X_r 軸相交於 B 點。

3. 由 B 點開始，將最大流量 N 天之後與流量圖相交之點 C，連成直線 BC。

4. 計算 ABCXA 的面積，即為直接逕流流量。

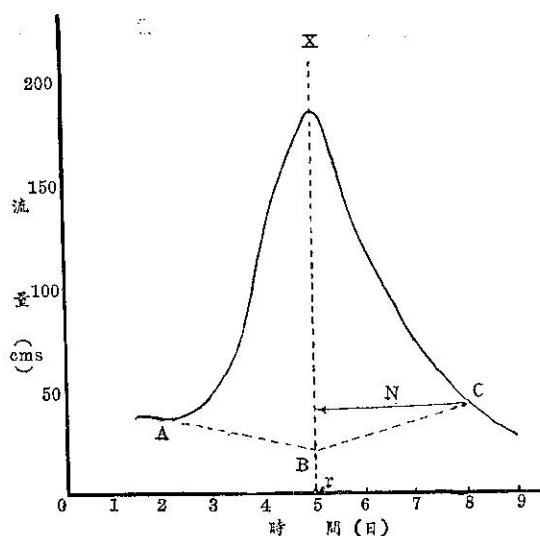


圖 16 流量圖

第三項 N 的數值由公式 $N = A^{0.3}$ 計算之，其中 A 表示流域面積 (平方哩)，N 表示天數，此公式由林斯李 (Linsley) 所導出的經驗公式，本篇報告中所利用新店溪下游秀朗橋水文站的資料，其流域面積為 750.76 平方公里 (113.51 平方哩)，所計算出的 N 數值為 2.6 天，為作業方便起見，計算時 N 值採用 3 天為單位。

2. 流量之預測

流量的大小最主要的是由雨量所造成的，所以雨量是求得流量相關最主要的因素之一，其最簡單的相關可以由迴歸方程式表示之，雖然它只能求得概約的數值，然而應用時却非常的簡單而實用。

在六年的流量資料中，不論大雨發生的原因是由於颱風、鋒面或雷雨，只要有 15mm 以上之大雨均引入研究的範圍，另外流量與雨量的資料，沒有如上述氣象圖，探空資料與計算觀測雨量時，在時間方面發生的差別，所以也沒有 00Z 與 12Z 兩組資料的區別，據統計結果共有 67 個情況，流量與雨量的計算方法是以下面兩種方式進行，第一求取總雨量與總流量之迴歸方程式，第二求取最大雨量與尖峰流量之相關，所得到的兩個迴歸方程式為：

$$Y_A = 6.71X_1 - 141.11 \quad (R=0.814) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_B = 29.92 + 4.79X_2 \quad (R=0.663) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Y_A : 總流量，單位為每秒立方公尺

X_1 : 總雨量，單位為 mm

Y_B : 尖峰流量，單位為每秒立方公尺

X_2 : 最大雨量, 單位為mm

R : 相關係數

由上列兩個迴歸方程式的相關係數可以看出, 當新店溪流域開始降雨到降雨停止時的總雨量, 與秀朗橋水文站直接逕流的相關可以達到 0.814, 方程式(1)可以大約推估新店溪下游增加多少的流量, 此外最大的降雨量與尖峰流量有 0.663 的相關, 當然知道最大的雨量亦可以了解最大流量的多寡。

由簡單的迴歸方程式所預報的流量雖然有相當高的相關, 可是在整個方程式中並沒有加入物理及其他氣象的因子, 例如先前降水指數 (Antecedent Precipitation Index 簡稱 A. P. I.) 代表土壤乾濕的程度, 季節的變化, 及其他暴雨的強度等因子, 希望以後能增加更多的預報因子, 再修正目前之迴歸方程式, 也許可以得到預報效果更好的流量預報模式。

七、結 論

新店溪流域之地形較複雜, 各種天氣現象造成 15mm 以上之大雨很難捉摸, 本篇將各種型態的降雨分為颱風、鋒面及雷雨三方面研究其平均面積雨量及 1 小時最大急雨量, 似較為合理的方法, 可是要很精確的定量預報降雨, 目前仍然是困難重重, 尤其對一個小範圍的流域, 以現在的技術絲毫不差的預測各類型的降雨, 實在不可能, 但發展一些預報模式, 預測最近似的降雨量, 以減少洪患, 仍為本研究努力的目標。

由於人力、時間及資料的限制, 本篇颱風部分僅使用 42 個情況計 222 天, 鋒面部分使用 54 個情況計 254 天的資料, 雷雨部分使用 84 個情況計 403 天的資料及流量使用 67 個情況, 資料為數太少, 除流量與雨量之相關較顯著外, 其他模式尚需改進, 如能

增加其他動力之預報因子或增加資料, 或許能提高預報的效果, 本題研究人員將本此繼續努力, 以期改進模式而達到理想的目標。

致 謝

本研究計畫獲行政院國家科學委員會之補助, 始能完成, 電子計算機應用行政院主計處資料處理中心的 IBM 型的機器作業, 在進行過程中, 承蒙陳泰然博士賜予寶貴意見, 指導研究方向, 並承電力公司電源勘察隊與空軍氣象聯隊提供資料, 特此申謝。

參 考 文 獻

1. Chiang S. L. (1971), "Calibration of Watershed Wetness and Prediction of Flood Volume from Small Watershed in Humid Regions" PH. D. Dissertation, The Pennsylvania State University, P78-103.
2. Chow V. T. (1964), "Handbook on Applied Hydrology" McGraw Hill Book Company Inc. New York P2-23—P8-26.
3. Palmer O. Johnson (1961), "Statistical Methods in Research" Prentice-Hill Inc. Englewood Cliffs N. J. P327-357.
4. Wiesner C. J. (1970), "Hydrometeorology" Chapman and Hall Ltd. London P190-243.
5. 曲克恭 (1971) 「臺北盆地颱風降雨量之計算與預報方法」氣象學報第 17 卷第三期 P32-49。
6. 林則銘 (1976) 「危害飛行氣象因素客觀預報之研究——雷雨部分」氣象預報與分析第 69 期 P1-20。
7. 吳宗堯、戚啓勳 (1973) 「用比擬法預估颱風侵臺期內之降水量」氣象學報第 19 卷第三期 P10-19。
8. 美國國際工程顧問公司等 (1974) 「臺北區自來水第四期建設計畫可行性規畫報告」Appendix G & L.

作者通訊處：中央氣象局