

危害飛行氣象因素客觀預報之研究

鋒面雷雨之一

林 則 銘

A Study on Practical Objective Forecast
Method of Flying Hazardous Weather
—Frontal Thunderstorm : Part I—

Lin Tse-Ming.

Abstract

Frontal thunderstorm in Taiwan mostly occurs in the period from April through June. Though the times of occurrence are few, but it occurs rapidly, covers a vast area, and usually brings strong gust, severe turbulence, and icing with it. Therefore it is very dangerous for aircraft flight.

Based on the surface observation data taken from 1967 to 1976 (April-June) at Taipei Sungshan, Taoyuan, and Hsinchu, and rawinsonde data taken at Taoyuan, and the surface and upper weather charts in the same period but at the previous days, and by use of the statistical and weather analysis methods, the objective forecast diagrams for each of the above mentioned three surface observation stations are obtained. By use of these diagrams, the probabilities of occurrence and nonoccurrence of frontal thunderstorm can be predicted more accurately and objectively. Thus, the flying safety of both military and civil aircrafts can be also insured.

危害飛行氣象因素客觀預報之研究

鋒面雷雨之一

一、前言

臺灣之鋒面雷雨，多生於每年四月至六月間，雖然其發生次數較少，但其發生驟然，面積廣大，且常伴有強風、亂流、積冰，對飛行極有危害，嚴重影響軍民航空之安全，故必需適時準確預報，始能予以防範。

目前國內尚無對本省鋒面雷雨之客觀預報法，僅依賴預報員之經驗，綜合研判以預報之，故主觀成分極大，錯誤亦多。本研究之目的在尋求客觀較準確有效之預報方法，適時預報臺北松山、桃園、及新竹三地之鋒面雷雨。

本研究予鋒面雷雨之定義為：發生於面前 3°Lat 至面後 1°Lat 間之雷雨。因發生於此範圍內之雷雨係直接受鋒面之引發作用所生成之故。作者雖於熱力及地形雷雨之研究中，證明鋒面與熱雷雨之發生亦有密切之關連，但熱雷雨主要之成因，並非直接為鋒面所引發，故此處特予鋒面雷雨以明確之定義，以茲區別。

二、研究程序、理論、及方法

(一)資料整理

因根據作者於熱力及地形雷雨之研究結果，以馬公探空對本省北部地區之代表性最佳，本研究原擬採用馬公民國60年至65年四月至六月六年之探空為研究之資料，因在此期間臺北曾發生鋒面雷雨63次、桃園64次、新竹47次（參看表1-1），已有相當之代表性。

但實際整理資料時發現，因馬公探空資料不全，於此期間內有紀錄者僅有480天，其中臺北有鋒面雷雨46天、桃園48天、新竹41天（參看表1-2），資料稍嫌不足，故改用桃園民國56年至65年四月至六月十年之探空資料共787日以代替之（參看表1-3）。於此787日之中，將臺北等地所發生之天氣分為四類，計(1)鋒面雷雨日、(2)其他雨日、(3)好天氣日、(4)非鋒面雷雨日（參看表1-4），其中臺北有鋒面雷雨79日、桃園74日、新竹64日，資料之數量及代表性已大為增加。

(二)研究理論

雷雨之生成必先有厚對流（Deep convection），作者已於熱雷雨之研究中指出，厚對流雲之發展必需滿足下列三因素：

- 垂直運動，
- 水汽含量，
- 大氣穩定度。

鋒面雷雨之生成亦不例外，但鋒面雷雨之生成較熱雷雨生成之因素更為複雜。因上述三因素中，除面前暖區內之水汽含量受鋒面之影響甚小外，其垂直運動及大氣穩定度皆直接受鋒面之影響。根據桃園民國61至65年0000Z無線電探空資料之統計結果，四月份之平均混合比為13.3、五月份為16.0、六月份為17.3（參看表1-5），但此為鋒面後之冷空氣與面前暖空氣之平均值，經抽樣檢查面前之暖空氣，即使在四月份，其混合比皆在 19.0g/kg 以上，有足夠之水汽含量，且低層大氣一般均屬條件性不穩定（Holton 1972），故一般言之，臺灣北部暖區內，四、五、六月份之空氣，如有適當之垂直上升運動，即可產生厚對流雲而生雷雨。於四、五、及六月，地面增溫不足，因地面加熱而生成之熱雷雨較少，根據民國56至65年，此一期間內787日之統計分析，臺北有79日之鋒面雷雨，僅有35日之非鋒面雷雨，桃園及新竹之鋒面雷雨及非鋒面雷雨之比例分別為74日：30日、64日：15日，可見鋒面雷雨遠多於非鋒面雷雨（參看表1-4）。此亦可證明於此期間形成雷雨所需之垂直上升氣流，係因暖空氣被鋒面舉升所產生，尤以對流性不穩定（Convective instability）及位置不穩定（Potential instability）之暖空氣被舉升後，更易產生界面雷雨。經以上之討論，可知對鋒面雷雨之預報，鋒面之性質、位置、坡度、速度以及暖空氣之穩定度，實為最重要之因素。

(三)研究方法

本研究係使用民國56年至65年四月至六月，臺北、桃園、新竹等地之地面觀測資料，及天氣發生前一日之桃園探空資料，以及地面、850mb、

板橋探空代之），求出鋒面雷雨及其他天氣發生前一日之下列各因素：

- K value
- Total totals index
- 850mb 風向（以 10° 為單位記之）、風速（以kts整數記之）。
- 700mb 風向、風速。
- 700mb 露點。

(4)以上共選用十二種因子，此種因子選用之原因，係根據鋒面雷雨發生之理論，及作者對熱雷雨研究之結果。

2.散佈圖之製作

(1)將以上選用之十二種因子之值整理、製表、打卡，錄入磁帶，使用電子計算機，對臺北松山、桃園、新竹等三地之四類天氣作散佈圖。其製作方法為，將十二個因子互配，每二個因子作出一地區四類天氣之散佈圖一張（含鋒面雷雨、其他雨、好天氣、非鋒面雷雨等四小張），研判其於四類天氣中之分佈情況。如其分佈點於鋒面雷雨日及好天氣日分別落於不同之位置，或大多數鋒面雷雨日集中於某一位置而僅有部份好天氣日或其他雨日集中於該位置上時，表示該張散佈圖之因子對鋒面雷雨之發生最有關連。由逐步之散佈圖分析中，且可求出於何種因素何種值之情況下，鋒面雷雨發生及不發生之機率，可作為客觀預報之有力參考。經此程序共作出臺北松山、桃園、新竹等三地四種天氣下各種因子之散佈圖285張，為分析之第一步驟。於所作之散佈圖中，發現以K value—Total totals index及K value—850mb風向二張散佈圖為最佳，可將95%以上之鋒面雷雨日限定於一定值內，而可將35%以上之好天氣及其他雨日排除於此限值之外。此一結果與熱雷雨客觀研究之結果完全相同。此點說明暖區內空氣之濕度及穩定度，以及其850mb空氣之來向，為產生鋒面雷雨之最重要條件。此一步驟分析之結果將於後文詳述之。經此步驟之分析，可定出一K value—Total totals index及850mb風向之臨界值，將不合於臨界值之日數剔除，於剔除之日數中，可找出不發生鋒面雷雨之機率，凡合乎臨界值者再作第二步驟之分析。

(2)於第二步驟之散佈圖分析中，發現無論臺北

700mb天氣圖之分析資料，應用統計、逐步圖解分析及電子計算機檢算方法，試找出前一日暖空氣之狀況與鋒面之位置及性質等因素，與次日臺北、桃園、及新竹發生鋒面雷雨之相關，並求出其可能發生及不發生鋒面雷雨之機率。

四、研究步驟

1.預報因子之選用

(1)將民國56年至65年四月至六月臺北（松山）、桃園、及新竹之天氣分為四類：為鋒面雷雨、其他雨、好天氣、及非鋒面雷雨。

(2)將民國56年至65年三月卅一日至六月廿九日之1200Z地面天氣圖鋒面位置，及850mb、700mb槽線位置重新審慎訂定，並求出雷雨前一日之下列因子：

a. 以臺北西北方 315° 方向為準，求出鋒面所在緯度之整數值（四捨五入）。 21°N 至 34°N 之間填整數值， 34°N 以北皆填353， 21°N 以南皆填208。同時將鋒面分為兩類，與經度成 0° — 50° 交角者為第一類，與經度成 51° 以上交角者為第二類，分別以“3”及“8”二數字填於鋒面所在緯度整數值之後。舉例：如鋒面在臺北 315° 方向處係位於 30.4°N ，與經度成 40° 之交角，即編為303；如鋒面位於 28.7°N ，與經度成 70° 交角，則編為298；如鋒面位於 36°N ，則不論其與經度成何交角，皆編為353；如鋒面位於 19°N ，則不論其與經度成何交角皆填為208。

b. 以臺北西北方 315° 方向為準，求出由鋒面至面後 5°Lat 之氣壓差，作為鋒面後方之氣壓梯度，以整數mb記之。如面後 5°Lat 已超過高壓中心，則以高壓中心至鋒面上之氣壓差記之。

c. 以臺北西北方 315° 方向為準，由1200Z地面天氣圖及前一張0000Z圖中，求出鋒面12小時之速度，以 $^{\circ}\text{Lat/hr}$ 之整數值計之。

d. 以臺北西北方 315° 方向為準，使用1200Z之地面、850mb及700mb圖，求出850mb槽線及700mb槽線至地面鋒面之距離，以 $^{\circ}\text{Lat}$ 之整數記之，作為鋒面之坡度。

(3)使用民國56年至65年三月卅一日至六月二十九日桃園1200Z之探空（缺桃園資料者以

、桃園、新竹，皆以鋒面雷雨發生前一日 1200Z 鋒面之位置與面後 5° Lat 之氣壓差二因素所作之散佈圖為最佳，可將90%以上之雷雨日限定於一定值之範圍內，而將35%之其他雨日及好天氣排除於此定值之外，使預報發生鋒面雷雨之機率大為提高。於此步驟中且發現鋒面過去移動之速度、鋒面自地面至 850mb 之坡度及鋒面自地面至700mb之坡度等因子，並不能找出一定值將鋒面雷雨日及非鋒面雷雨日作有效之劃分，證明此等因素對臺灣北部鋒面雷雨之發生關連不大。

於此步驟之中且可找出一鋒面位置與面後氣壓梯度之特定值，半數以上之鋒面雷雨皆發生於此一特定值內，而可將70%以上之好天氣及其他雨日排除於此值之外，表示於此特定值內鋒面雷雨發生之機率最大。

(3)經對第一步驟及第二步驟所作散佈圖之分析後，可得出臺北（松山）、桃園、新竹三地於上述諸因子特定值下發生鋒面雷雨，與不發生鋒面雷雨之機率，可製成各地之客觀預報表以供預報之參考。

三、臺北（松山）、桃園、新竹三地區之鋒面雷雨預報方法及圖表

(一)臺北

1.散佈圖之製作及研判

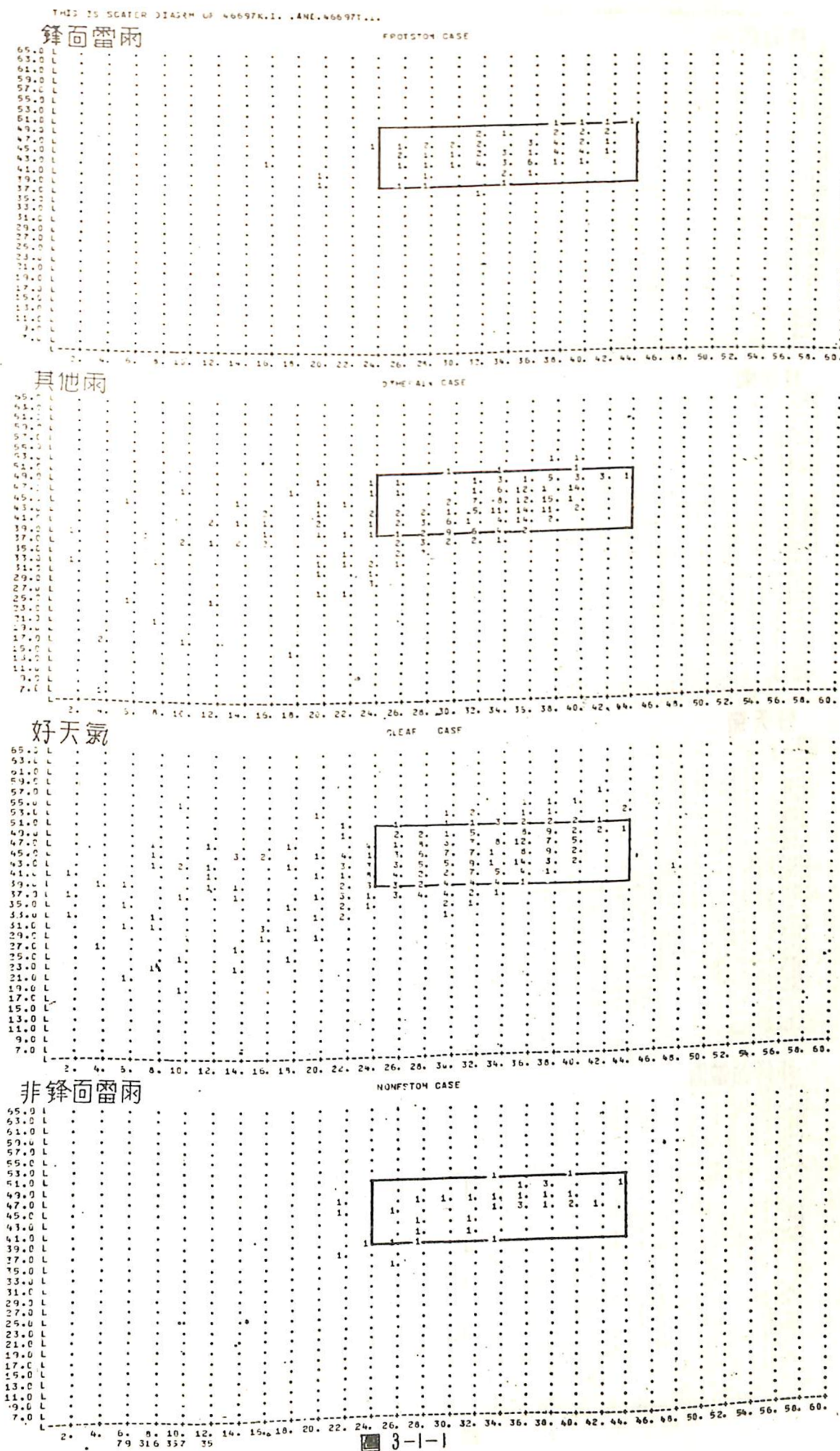
依據前文二之敘述，在對臺北散佈圖之製作中，發現以 K value—Total totals 及 K value—850mb 風向二張散佈圖為最佳。在K value—Total totals 散佈圖中（參看圖 3-1-1），臺北總數 79 日之鋒面雷雨日中之75日（95%）皆落於 $22 \leq K \text{ value} < 44$ 、 $37 \leq \text{Total totals} < 51$ 之範圍內，而總數為357日之好天氣日中僅有257日（72%）、總數為316日之其他雨日中僅有248日（78.5%）係落於此範圍之中。又於 K value—850mb 風向之散佈圖中（參看圖 3-1-2），臺北總數 79 日之鋒面雷雨日中之 75 日（95%）皆落於 $22 \leq K \text{ value} < 44$ 、850mb 風向在 $80^\circ - 290^\circ$ 之範圍內，總數為357日之好天氣日中僅有262日（73.4%）、總數為316日之其他雨日中僅有243日（76.9%）係落於此同一範圍中。故採用 $22 \leq K \text{ value} < 44$ 、 $37 \leq \text{Total}$

totals < 51 及 850mb 風向 $80^\circ - 290^\circ$ 為第一步驟之臨界值。凡不合於此臨界值之日數予以剔除，計剔除鋒面雷雨日 5 日、其他雨日 91 日、好天氣日 120 日、非鋒面雷雨日 4 日，共剔除 220 日，佔研究資料總日數 787 日之 28%。於此剔除之 220 日中，發生鋒面雷雨之機率僅為 $\frac{5}{220} = 2.3\%$ ，而不發生鋒面雷雨之機率則為 $\frac{215}{220} = 97.7\%$ 。故可採用上述各因素之值為可能發生鋒面雷雨之臨界值，然後再將合於此臨界值之日數作第二步驟散佈圖之分析。

於第二步驟散佈圖之製作中，發現以鋒面雷雨發生前一日 1200Z 鋒面之位置，與面後 5° Lat 氣壓差二因素所作之散佈圖最佳（參看圖 3-1-3）。於總數為 74 日合於臨界值之鋒面雷雨日中，有 68 日（91.9%）係落於鋒面位於 $24^\circ - 31^\circ \text{N}$ 、面後 5° Lat 氣壓差為 -1 — $+8 \text{mb}$ 之範圍內，而為數 225 日之其他雨日中僅有 157 日（69.8%）、為數 237 日之好天氣日中僅有 156 日（65.8%）係落於此同一範圍中。故採用上述值為第二步驟之臨界值，並將不合於此臨界值之日數予以剔除，計剔除鋒面雷雨日 11 日（含第一步驟所剔除者）、其他雨日 159 日、好天氣日 201 日、非鋒面雷雨日 11 日，共剔除 382 日，佔研究資料總日數 787 日之 48.5%。於不合於上述臨界值之 382 日中，發生鋒面雷雨之機率僅為 $\frac{11}{382} = 2.9\%$ ，而不發生鋒面雷雨之機率則為 97.1%。故凡不合於上述臨界值者，可預報將不發生鋒面雷雨。經此程序後，其合於臨界值者尚剩餘 405 日，其中 68 日為鋒面雷雨日，故發生鋒面雷雨之機率為 $\frac{68}{405} = 16.8\%$ ，此值可供預報之參考。

又於圖 3-1-3 中作者發現，有 41 日之鋒面雷雨日（佔鋒面雷雨總日數 79 日之 52%）係集中於鋒面位置在 $26^\circ - 28^\circ \text{N}$ 、面後 5° Lat 氣壓差為 $0 - 5 \text{mb}$ 之範圍內，而此範圍內之其他雨日僅有 94 日、好天氣日僅有 72 日、非鋒面雷雨日僅有 6 日，故於此範圍內鋒面雷雨發生之機率又略為增大為 $\frac{41}{41+94+72+6} = \frac{41}{213} = 19.4\%$ 。

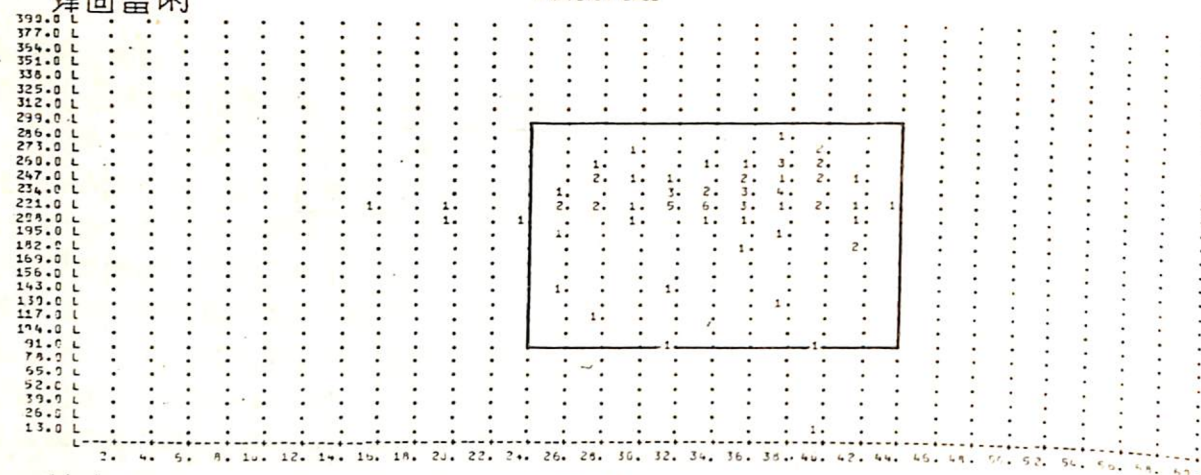
再於圖 3-1-3 中作者發現，有 21 日之鋒



THIS IS SCATTER DIAGRAM OF 46697K.I. AND 46697WDAS

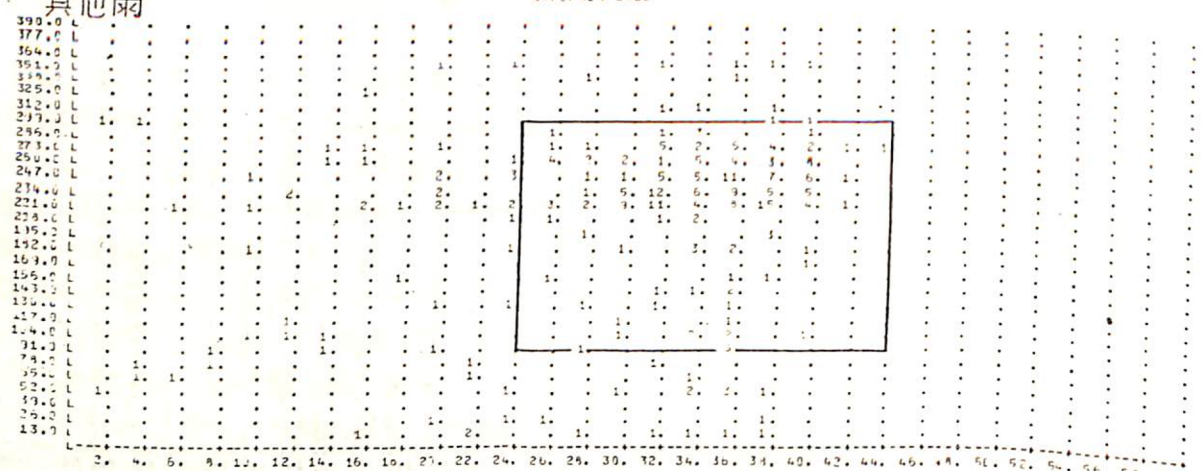
鋒面雷雨

FRONTSTORM CASE



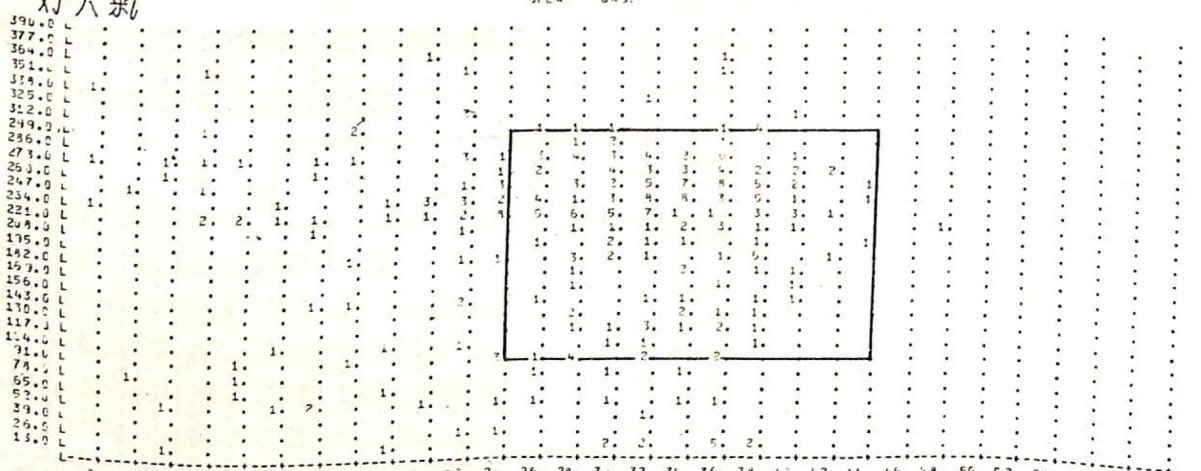
其他雨

OTHER RAIN CASE



好天氣

CLEAR CASE



非鋒面雷雨

NONFRONTSTORM CASE

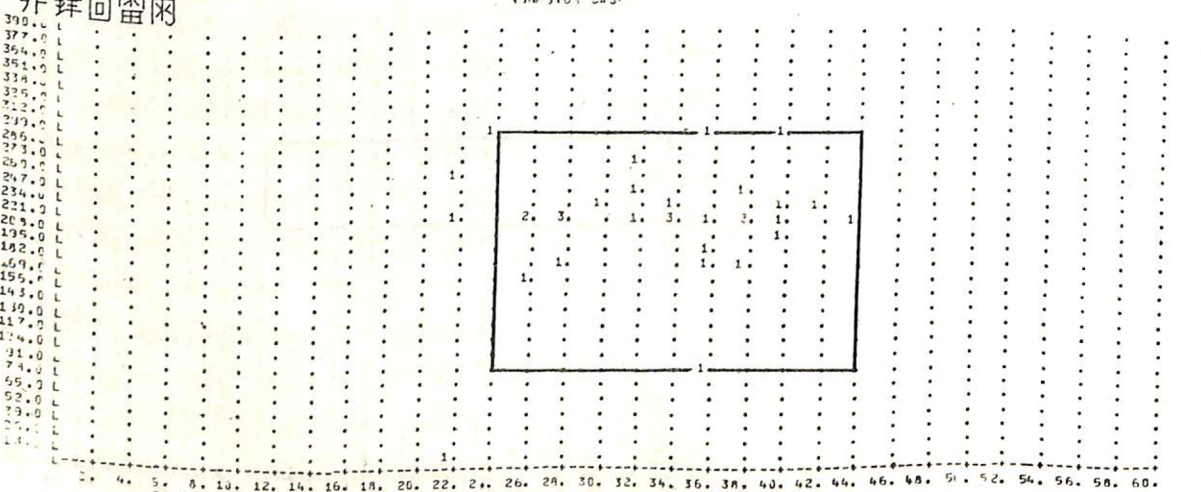
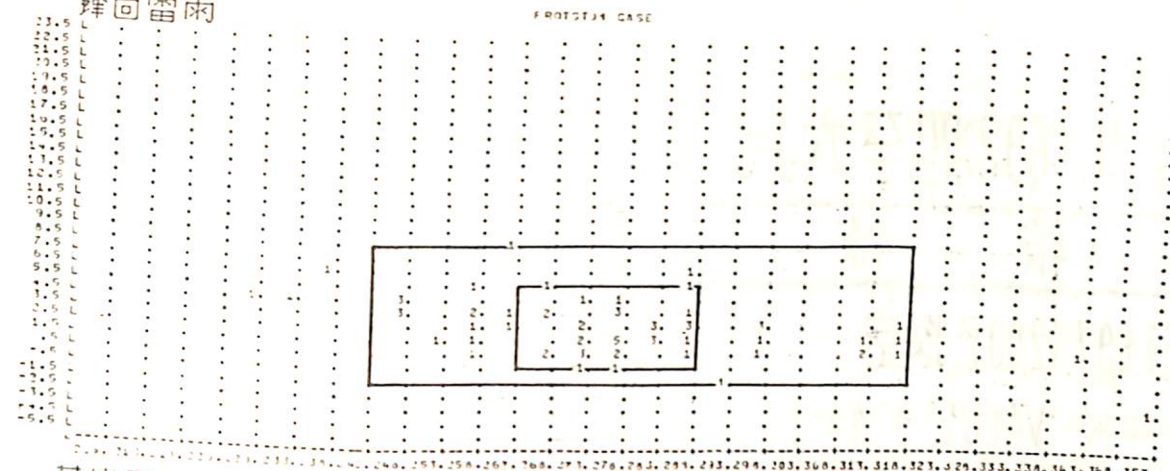


圖 3-1-2

THIS IS SCATTER DIAGRAM OF 46697F.P. AND 46697P.G.

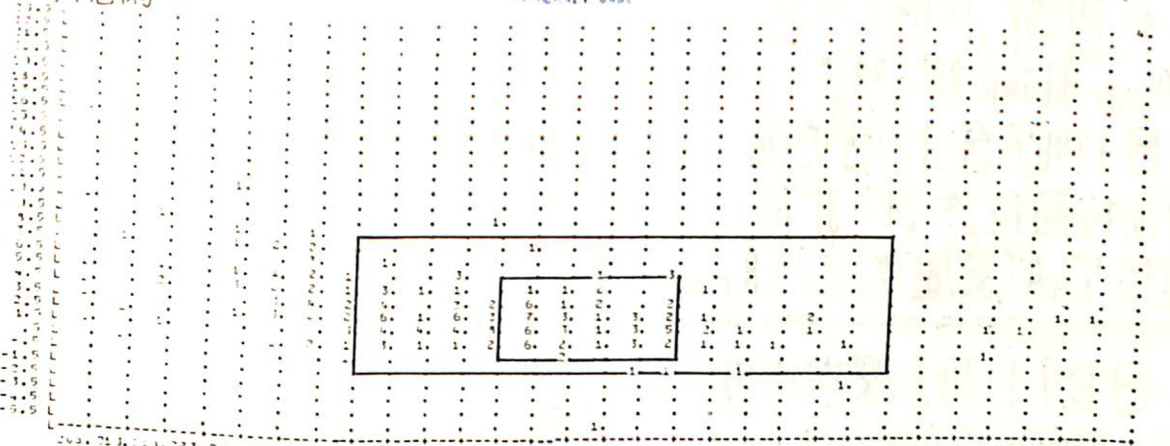
鋒面雷雨

FRONTSTORM CASE



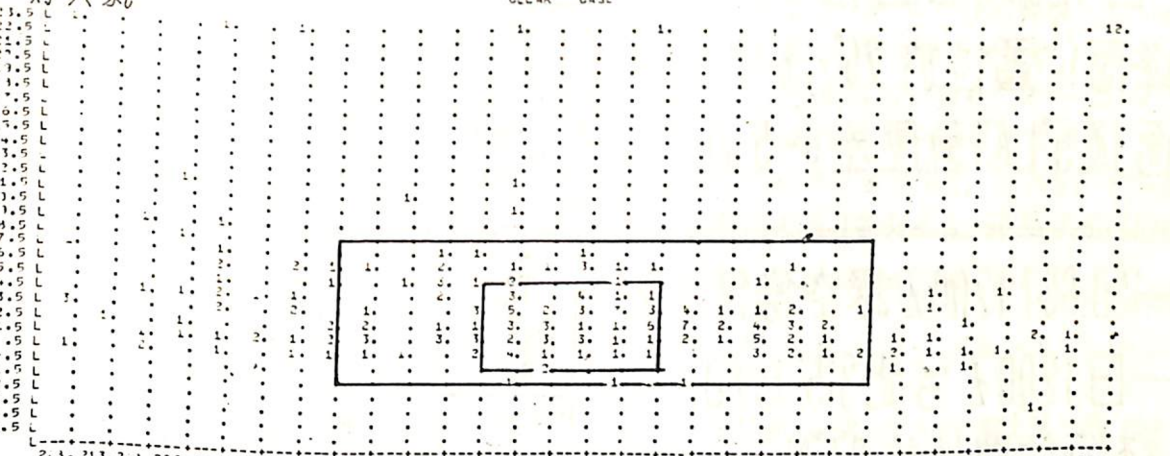
其他雨

OTHER RAIN CASE



好天氣

CLEAR CASE



非鋒面雷雨

NONFRONTSTORM CASE

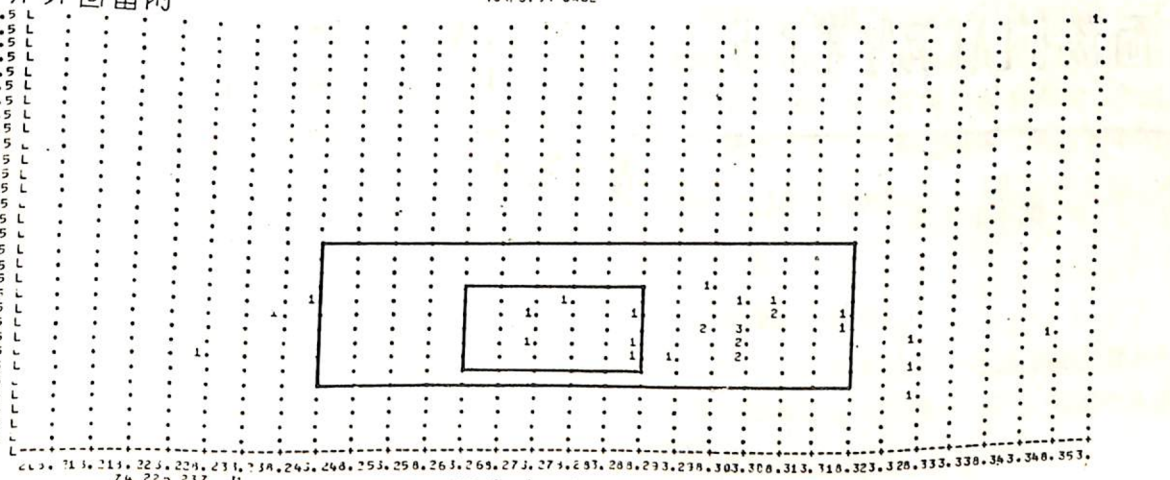


圖 3-1-3

台北(692)四至六月份鋒面雷雨客觀預報表

預報條件	符合		不符合	
	發生	不發生	發生	不發生
	平均機率		平均機率	
前一日 697 1200Z 探空 22 ≤ K VALUE < 44 37 ≤ TOTAL TOTALS < 51 850mb 風向 80°-290° 前一日 1200Z 台北 315° 方向 鋒面位置位於 24°-31°N 面後 5°LAT 氣壓差 -1-+8mb	16.8 100	83.2 100	2.9 100	97.1 100
前一日 697 1200Z 探空條件全上 前一日 1200Z 台北 315° 方向 鋒面位置位於 26°-28°N 面後 5°LAT 氣壓差 0-5mb	19.4 100	80.6 100	6.6 100	93.4 100
前一日 697 1200Z 探空條件全上 前一日 1200Z 台北 315° 方向 鋒面位置位於 27°N 面後 5°LAT 氣壓差 0-5mb	31.4 100	68.6 100	7.6 100	92.4 100

表 3-1

面雷雨日 (佔鋒面雷雨總日數79日之26.6%)
係集中於鋒面位置在 27°N、面後 5°Lat 氣
壓差為 0-5mb 之範圍內，而此範圍內之其
他雨日僅有20日、好天氣日僅有23日、非鋒面
雷雨日僅有3日，故於此範圍內鋒面雷雨發生
之機率大為增加，為 $\frac{21}{21+20+23+3} =$
 $\frac{21}{67} = 31.4\%$ 。

2.客觀預報表之製作

根據上節之討論結果，可製作臺北鋒面雷雨
客觀預報表乙張 (見表3-1) 以供預報人員參
考應用。

(二)桃園

1.散佈圖之製作及研判

依據前文二之敘述，在對桃園散佈圖之製作
中，發現以 K value—Total totals 及
K value—850mb 風向二張散佈圖為最佳。
在 K value—Total totals 散佈圖中 (參看
圖 3-2-1)，桃園總數74日鋒面雷雨日中之
72日 (97.3%) 皆落於 18 ≤ K value < 44、
35 ≤ Total totals < 51 之範圍內，而總數為
309日之其他雨日中僅有257日 (83.2%)、總
數為374日之好天氣日中僅有299日 (80.0%)
係落於此範圍之中。又於 K value—850mb
風向之散佈圖中 (參看圖 3-2-2)，桃園總
數74日鋒面雷雨日中之72日 (97.3%) 係落於
18 ≤ K value < 44、850mb 風向在 80°-290°
之範圍內，而總數為 309日之其他雨日中僅有
257日 (83.2%)、總數為 374日之好天氣日
中僅有 288日 (77.0%) 係落於此同一範圍中
。故採用 18 ≤ K value < 44、35 ≤ Total
totals < 51及850mb 風向為 80°-290° 為第
一步驟之臨界值。凡不合於此臨界值之日數予
以剔除，計剔除鋒面雷雨日3日、其他雨日69
日、好天氣日99日、非鋒面雷雨日0日，共剔
除171日，佔研究總日數 787日之 21.7%。於
此剔除之 171日中，發生鋒面雷雨之機率僅為
 $\frac{3}{171} = 1.8\%$ ，而不發生鋒面雷雨之機率則

為 $\frac{168}{171} = 98.2\%$ 。故可採用上述各因素之值
為可能發生鋒面雷雨之臨界值，然後再將合於
此臨界值之日數作第二步驟散佈圖之分析。

於第二步驟散佈圖之製作中，發現以鋒面雷

雨發生前一日 1200Z 鋒面之位置，與面後 5°
Lat 氣壓差二因素所作之散佈圖最佳 (參看圖
3-2-3)。於總數為 71 日合於臨界值之鋒
面雷雨日中，有65日 (91.6%) 皆落於鋒面位
於 24°-31°N、面後 5°Lat 氣壓差為 -1—
+8mb 之範圍內，而為數240日之其他雨日中
僅有170日 (70.8%)、為數275日之好天氣日
中僅有 184 日 (66.9%) 係落於此同一範圍
中。故採用上述值為第二步驟之臨界值，並將
不合於此臨界值之日數予以剔除，計剔除鋒面
雷雨日9日 (含第一步驟所剔除者)、其他雨
日139日、好天氣日190日、非鋒面雷雨日6日
，共剔除 344日，佔研究資料總日數 787日之
43.7%。於不合於上述臨界值之 344日中，發
生鋒面雷雨之機率僅為 $\frac{9}{344} = 2.6\%$ ，而不
發生鋒面雷雨之機率則為97.4%，故凡不合於
上述臨界值者可預報將不發生鋒面雷雨。經此
程序後，其合於臨界值者尚剩餘 443日，其中
65日為鋒面雷雨日，故發生鋒面雷雨之機率為
 $\frac{65}{443} = 14.7\%$ ，此值可供預報之參考。

又於圖 3-2-3 中作者發現，有 44日之鋒
面雷雨日 (佔鋒面雷雨總日數 74日之 59.5%)
係集中於鋒面位置在 26°-28°N、面後
5°Lat氣壓差為 0-4mb 之範圍內，而此範圍
內之其他雨日僅有72日、好天氣日僅有85日、
非鋒面雷雨日僅有6日，故於此範圍內鋒面雷
雨發生之機率又略為增大為 $\frac{44}{44+72+85+6} =$
 $\frac{44}{207} = 21.3\%$ 。

再於圖 3-2-3 中作者發現，有 23日之鋒
面雷雨日 (佔鋒面雷雨總日數 74日之 31.1%)
係集中於鋒面位置在 27°N、面後 5°Lat氣
壓差為0-4mb 之範圍內，而此範圍內之其他
雨日僅有18日、好天氣日僅有30日、非鋒面雷
雨日僅有2日，故於此範圍內鋒面雷雨發生之
機率大為增加，為 $\frac{23}{23+18+30+2} = \frac{23}{73}$
 $= 31.5\%$ 。

2.客觀預報表之製作

根據上節之討論結果，可製作桃園鋒面雷雨
客觀預報表乙張 (見表3-2) 以供預報人員參
考應用。

(三) 新竹

1. 散佈圖之製作及研判

依據前文二之敘述，在對新竹散佈圖之製作中，發現仍以 K value—Total totals 及 K value—850mb 風向二張散佈圖為最佳。在 K value—Total totals 散佈圖中（參看圖 3—3—1），新竹總數 64 日之鋒面雷雨日中之 63 日（98.4%）皆落於 $18 \leq K \text{ value} < 44$ 、 $33 \leq \text{Total totals} < 51$ 之範圍內，而總數為 300 日之其他雨日中僅有 272 日（90.6%）、總數為 408 日之好天氣日中僅有 336 日（82.4%）係落於此範圍之中。又於 K value—850mb 風向之散佈圖中（參看圖 3—3—2），新竹總數 64 日之鋒面雷雨日中之 63 日（98.4%）皆落於 $18 \leq K \text{ value} < 44$ 、850mb 風向在 $100^\circ - 280^\circ$ 之範圍內，總數為 300 日之其他雨日中僅有 264 日（88.0%）、總數為 408 日之好天氣日中僅有 304 日（74.5%）係落於此同一範圍中。故採用 $18 \leq K \text{ value} < 44$ 、 $33 \leq \text{Total totals} < 51$ 及 850mb 風向 $100^\circ - 280^\circ$ 為第一步驟之臨界值。凡不合於此臨界值之日數予以剔除，計剔除鋒面雷雨日 2 日、其他雨日 73 日、好天氣日 113 日、非鋒面雷雨日 2 日，共剔除 190 日，佔研究資料總日數 787 日之 24.1%。於此剔除之 190 日中，發生鋒面雷雨之機率僅為 $\frac{2}{190} = 1.1\%$ ，而不發生鋒面雷雨之機率則為 $\frac{188}{190} = 98.9\%$ 。故可採用上述各因素之值為可能發生鋒面雷雨之臨界值，然後再將合於此臨界值之日數作第二步驟散佈圖之分析。

於第二步驟散佈圖之製作中，發現以鋒面雷雨發生前一日 1200Z 鋒面之位置，與面後 5°Lat 氣壓差二因素所作之散佈圖最佳（參看圖 3—3—3）。於總數為 62 日合於臨界值之鋒面雷雨日中，有 55 日（88.7%）係落於鋒面位於 $24^\circ - 31^\circ \text{N}$ 、面後 5°Lat 氣壓差為 -1 至 $+8 \text{mb}$ 之範圍內，而為數 227 日之其他雨日中僅有 161 日（70.9%）、為數 295 日之好天氣日中僅有 208 日（70.5%）係落於此同一範圍中。故採用上述值為第二步驟之臨界值，並將不合於此臨界值之日數予以剔除，計剔除鋒面雷雨日 9 日（含第一步驟所剔除者）、其

他雨日 139 日、好天氣日 200 日、非鋒面雷雨日 6 日，共剔除 354 日，佔研究資料總日數 787 日之 45.0%。於不合於上述臨界值之 354 日中，發生鋒面雷雨之機率僅為 $\frac{9}{354} = 2.5\%$ ，而不發生鋒面雷雨之機率則為 97.5%。故凡不合於上述臨界值者，可預報將不發生鋒面雷雨。經此程序後，其合於臨界值者尚剩餘 433 日，其中 55 日為鋒面雷雨日，故發生鋒面雷雨之機率為 $\frac{55}{433} = 12.7\%$ ，此值可供預報之參考。

又於圖 3—3—3 中作者發現，有 33 日之鋒面雷雨日（佔鋒面雷雨總日數 64 日之 51.6%）係集中於鋒面位置在 $26^\circ - 28^\circ \text{N}$ 、面後 5°Lat 氣壓差為 $0 - 4 \text{mb}$ 之範圍內，而此範圍內之其他雨日僅 75 日、好天氣日僅 94 日、非鋒面雷雨日僅 3 日，故於此範圍內鋒面雷雨發生之機率又略為增大為 $\frac{33}{33+75+94+3} = \frac{33}{208} = 15.9\%$ 。

再於圖 3—3—3 中作者發現，有 17 日之鋒面雷雨日（佔鋒面雷雨總日數 64 日之 26.6%）係集中於鋒面位置在 27°N 、面後 5°Lat 氣壓差為 $0 - 4 \text{mb}$ 之範圍內，而此範圍內之其他雨日僅有 18 日、好天氣日僅有 35 日、非鋒面雷雨日僅有 1 日，故於此範圍內鋒面雷雨發生之機率大為增加，為 $\frac{17}{17+18+35+1} = \frac{17}{71} = 24.0\%$ 。

2. 客觀預報表之製作

根據上節之討論結果，可製作新竹鋒面雷雨客觀預報表乙張（見表 3—3）以供預報人員參考應用。

四、鋒面雷雨客觀預報法之校驗

使用民國六十六年四至六月份臺北、桃園、新竹三地所出現天氣，及其前一日 1200Z 板橋探空及地面天氣圖資料（參看表 4—1 及表 4—2，表中資料皆為 Independent data），對上節所作各地鋒面雷雨客觀預報表之校驗結果如下：

(一) 臺北

於六十六年四至六月總數 91 日之資料中，預報發生機率僅為 2.9% 者凡 33 日（參看表 4—3），於

此 33 日中皆未發生鋒面雷雨。預報發生機率為 16.8% 者 25 日，其中發生鋒面雷雨 2 日。預報發生機率為 19.4% 者 19 日，其中發生鋒面雷雨 3 日。預報發生機率為 31.4% 者 14 日，其中發生鋒面雷雨 4 日。由此觀之，根據本鋒面雷雨客觀預報表預測發生鋒面雷雨之機率小者，其出現比率亦小，預測發生之機率大者，其出現比率亦大，足證其準確性甚佳。在實用上，對預報發生機率僅為 2.9% 者，可大膽預報將不發生鋒面雷雨。

(二) 桃園

於六十六年四至六月總數 91 日之資料中，預報發生機率僅為 2.6% 者凡 32 日（參看表 4—4），於此 32 日中皆未發生鋒面雷雨。預報發生機率為 14.7% 者 26 日，其中發生鋒面雷雨 3 日。預報發生機率為 21.3% 者 20 日，其中發生鋒面雷雨 3 日。預報發生機率為 31.5% 者 13 日，其中發生鋒面雷雨 2 日。對桃園之校驗結果與臺北者大致相同，僅預報發生機率為 31.5% 者 13 日，但僅發生 2 日，發生之比率偏低，可能為校驗資料過少易生偏差之故。在實用上對預報發生機率僅為 2.6% 者，亦可大膽預報將不發生鋒面雷雨。

(三) 新竹

於六十六年四至六月總數 91 日之資料中，預報發生機率僅為 2.5% 者凡 32 日，於此 32 日中皆未發生鋒面雷雨（參看表 4—5）。預報發生機率為 12.7% 者 26 日，其中發生鋒面雷雨 2 日。預報發生機率為 15.9% 者 20 日，其中發生鋒面雷雨 2 日。預報發生機率為 24.0% 者 13 日，其中發生鋒面雷雨 4 日。其鋒面雷雨出現之比率與預報之發生機率甚為吻合。在實用上，對預報發生機率僅為 2.5% 者，亦可大膽預報將不發生鋒面雷雨。

五、結語

本研究為對鋒面雷雨客觀預報之初步嘗試，缺失及考慮欠週之處在所難免。就作者個人淺見，可將本研究結果之優缺點概列於后：

(一) 優點

1. 鋒面雷雨發生之機率極小，於每年四至六月中，其發生日數尚不及總日數之十分之一。主觀經驗之預報極難準確。本研究之結果可將三分之一之日數準確預報其將不發生鋒面雷雨，為最大之成效。

（限於篇幅，圖表未能一一列入，詳細圖表請參閱氣象聯隊研究報告 005 號，1977）

2. 本研究之結果可提供大致與鋒面雷雨實際發生相吻合之發生機率，供預報員參考。

(二) 缺點

1. 研究資料不足，以統計方法求出之平均機率之誤差自所難免。
2. 本研究以逐步分析法僅能將鋒面雷雨發生之機率求至 31%，距理想尚遠。故對鋒面雷雨之發生，除參考本研究所提供之發生機率外，尚需賴預報員之主觀判斷。
3. 就作者個人之經驗，當鋒面移至我國大陸東南部時，東南沿海地區曾否發生鋒面雷雨，與本省是否將發生鋒面雷雨甚有關連。一般言之，如大陸東南沿海未發生鋒面雷雨，此鋒面於本省引發雷雨之機會亦甚小。本研究未能考慮將此一連續性考慮在內，殊為遺憾。於研究本省中、南部之鋒面雷雨時，當設法考慮此一連續性。

銘謝：本研究蒙徐士哲先生協助製作各種散佈圖，特此銘謝。

參考文獻

- 林則銘 1975：危害飛行氣象因素客觀預報之研究——雷雨部份。空軍氣象聯隊研究報告 001 號。
- 林則銘 1976：危害飛行氣象因素客觀預報之研究——續雷雨部份。空軍氣象聯隊研究報告 003 號。
- 林則銘 1966：斜溫圖於天氣分析及預報之應用。空軍總部印發。
- Capt. Charles S. Cushman 1960: Catalogue of predictors used in local objective forecast studies. AWS technical report.
- Alaka M.A. 1973: Objective techniques for forecasting thunderstorms and severe weather. FAA—RD—73—117, 97 pp.
- Miller, R.G. 1958: The screening procedure, studies in statistical weather prediction. Final report. Contract AF 19 (604)-1590, the travelers research center, INC. pp. 86-95.