

台灣中北部地區梅雨季鋒面降水中尺度氣候法之預報研究

陳泰然¹ 張子琦^{1,2}

1 國立台灣大學大氣科學研究所

2 東南技術學院環境工程系

(中華民國九十年八月二十八日投稿；中華民國九十年十一月十六日定稿)

摘 要

本文利用台灣中北部地區 1991~1996 年 5~6 月梅雨季鋒面過境之地面降水資料，求取各分區於鋒面過境前後各 24 小時之降雨機率、降雨量及豪（大）雨發生機率逐時氣候值。並利用 1997 年 5~6 月間六道梅雨鋒面過境台灣北部的降水資料，分別以預報起始時間前 1 小時、前 3 小時、前 6 小時及前 12 小時之降雨觀測值，作為不同持續法之預測值，與氣候值之降雨機率、降雨量及豪（大）雨發生機率進行預報校驗，以比較氣候值法與不同持續法的預報誤差。

因梅雨鋒面提供對流有利的綜觀環境與中尺度激發機制，故各分區逐時降雨機率均於鋒面過境達相對最大，而鋒面過境後呈明顯較鋒前增加之勢，各分區降雨機率均在鋒面過境時或過境後 4~5 小時出現最大值。因此平均降雨機率預報誤差顯示，氣候值法（CL）在各分區中的預報能力，不論鋒前或鋒後幾乎均優於 6 小時與 12 小時的持續法（PT06 與 PT12）。在分區 1 與 2 中，CL 法在鋒前的預報能力更優於 PT01 與 PT03，顯見 CL 法在鋒面過境台灣北部之基隆、台北與桃園地區前有預報參考價值。然因 1997 年鋒面過境前後降雨強度與豪（大）雨發生頻率均顯著較氣候值為小，故對不同時段的降雨量與豪（大）雨發生頻率的預報而言，各分區之 CL 法誤差均較 PT 法為大，此乃氣候值法之基本特徵。

關鍵詞：氣候值法、持續法、降雨機率、豪（大）雨

一、前言

台灣地區每年五、六月梅雨季伴隨鋒面的豪(大)雨,常導致嚴重災害(吳等 1984;謝與陳 1985),是梅雨為台灣災變天氣的主要理由。豪(大)雨預報與定量降水預報(quantitative precipitation forecast; QPF)是國際氣象界在預報作業上與研究上持續面臨的重大挑戰,台灣地區亦不例外。台灣地區中尺度實驗計畫(Taiwan Area Mesoscale Experiment; TAMEX)之實施(吳與陳 1987),使我們初步了解到梅雨鋒面對於對流之影響,不僅提供有利對流之綜觀環境,亦提供中尺度強迫機制以激發對流,導致區域性豪(大)雨的發生(陳 1994)。但由陳等(1991)對台灣地區豪(大)雨預報能力的評估指出,梅雨季豪(大)雨預報能力仍低,其 TS 技術得分約為 0.18 (無預報能力為 0,完美預報為 1),後符(預報事件裡應驗的比例)為 57%,而前估(觀測事件在事前被預報到的比例)僅為 20%,顯示對於中尺度過程所主宰的豪(大)雨仍缺乏預報技術,對伴隨梅雨鋒面雲帶內之中尺度對流系統與台灣地形交互作用導致的豪(大)雨預報能力更為有限,致使前估偏低且 TS 技術得分亦低。

現階段中尺度數值預報作業模式對於台灣地區豪(大)雨與定量降水預報的表現,受限於初始場、複雜地形因素和積雲降水參數化方法,中央氣象局的區域模式於鋒面影響下的地形性降水部分處理並不理想(柳 1999),而鄭與楊(1998)和簡(1999)亦均指出以 MM 5 非靜力模式進行定量降水預報,僅在 12~24 小時具有預報是否降水的能力。在中尺度數值模式的預報結果僅能提供預報參考指引的情況下,藉助其他的預報方法/技術便成為作業上

重要的手段,諸如 1992 年 Post-TAMEX 預報實驗(陳與謝 1992;謝等 1993)與隨後每年梅雨季中央氣象局的預報實驗,所用的概念模式、雷達資料應用、衛星資料應用、地面降水資料應用等預報方法。上述後三種方法所涉及的資料之氣候特徵,常可提供中尺度對流系統及其伴隨降水特徵與演變之重要訊息,使中尺度氣候法目前在中尺度對流系統與定量降水預報上仍占有重要角色,在短期(中尺度)預報方面亦有相當的重要性(例如: Doswell 1986),特別是在預報缺口(forecasting gap)(2~6 小時處),中尺度氣候更可提供可觀之訊息。此外,任何預報方法的預報能力,亦可依氣候值所提供之預報,做為比較之參考標準而加以評估。再者,在所有方法所提供之診斷或預報,對於中尺度現象未來演變無法掌握時,中尺度氣候即成為唯一可用的預報方法(即客觀預報指引)。

藉由對梅雨季豪(大)雨氣候特徵變化的了解,可增加我們對中尺度現象之詮釋與掌握,由降水氣候值所建立的中尺度氣候值法,亦可在預報缺口提供預報訊息。中央氣象局於 1991 年起逐年增設完成之台灣地區自動遙測雨量站網,至 1996 年 6 月底於全台灣共有 316 個測站,自動遙測雨量站網提供的資料時空解析度均更勝以往,故使梅雨季台灣中南部地區豪(大)雨氣候特徵研究(陳與林 1997)與鋒面降水之中尺度氣候法的預報校驗成為可能(陳與張 2000)。陳與張(2001)基於相同理念利用此高時空解析度的自動雨量站觀測資料,分析 24°N 以北台灣中北部地區豪(大)雨氣候特徵,並建立可供豪(大)雨預報及 QPF 之降水氣候值圖表。本文更進一步分析 1991~1996 年 5~6 月台灣中北部地區梅雨季鋒面過境前後之逐時

降水資料，發展並建立基於中尺度氣候觀念之降雨機率、降雨量及豪（大）雨發生機率之預報方法，並以 1997 年梅雨季鋒面過境前後之觀測資料校驗，以了解中尺度氣候法在台灣中北部地區 0~12 小時的定量降水預報能力，期與先前的台灣中南部地區的相關研究比較（陳與張 2000），以完整呈現中尺度氣候法在台灣地區梅雨季鋒面降水的預報能力與可應用性。

二、資料與分析

圖 1 為 1992 年 5~6 月 Post-TAMEX 預報實驗 0~3 小時定量降水預報之 15 個預報分區（謝等 1993），本文研究範圍為中央山脈以西之中部與西北部地區，即圖中之 1~6 分區。至

1996 年 6 月，分區 1~6 中總計有 119 個自動雨量站，涵蓋台北縣市與基隆市的分區 1，範圍較大有 42 站；分區 2 為桃園縣，範圍較小有 13 站；包含新竹縣市的分區 3，有 16 站；分區 4 為苗栗縣，有 21 站；台中縣市同劃為分區 5，有 17 站；分區 6 為彰化縣，有 10 站。由圖 2 中央氣象局自動雨量站分佈（包含各地面氣象站）顯示，至 1996 年 6 月 1~6 分區之地面降水資料的空間解析度甚高，且雨量站在台灣中部與西北部的水平分佈頗為均勻，平均間距約 8 公里。本文利用此自動雨量站網之降水資料，分析台灣中北部地區各分區於鋒面過境前後之逐時降水分布特性，以建立鋒面降水之中尺度氣候預報值，並以 1997 年梅雨季之鋒面過境資料進行預報校驗。

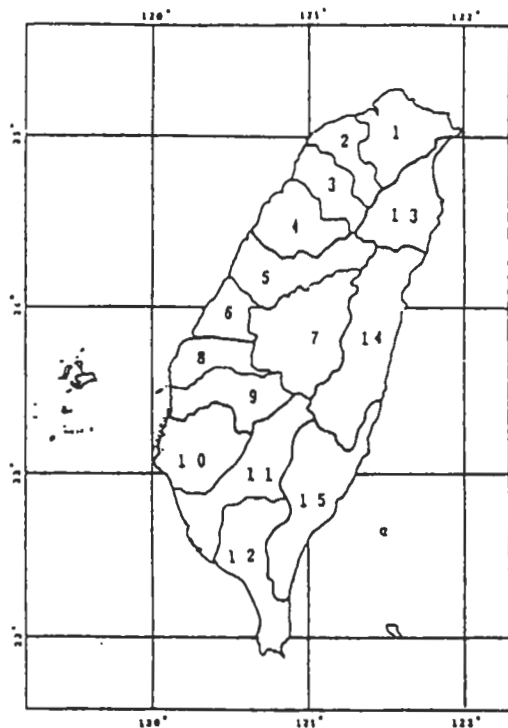


圖 1 Post-TAMEX 預報實驗 0~3 小時預報之 15 個預報區。

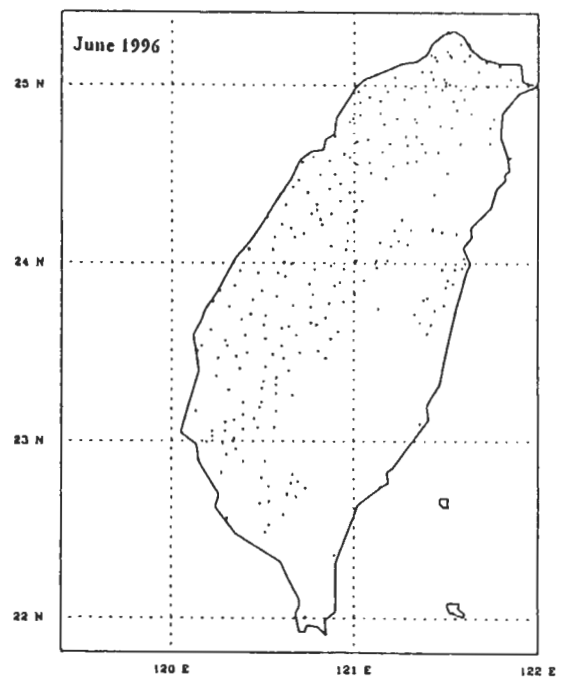


圖 2 1996 年 6 月地面自動雨量站分佈。

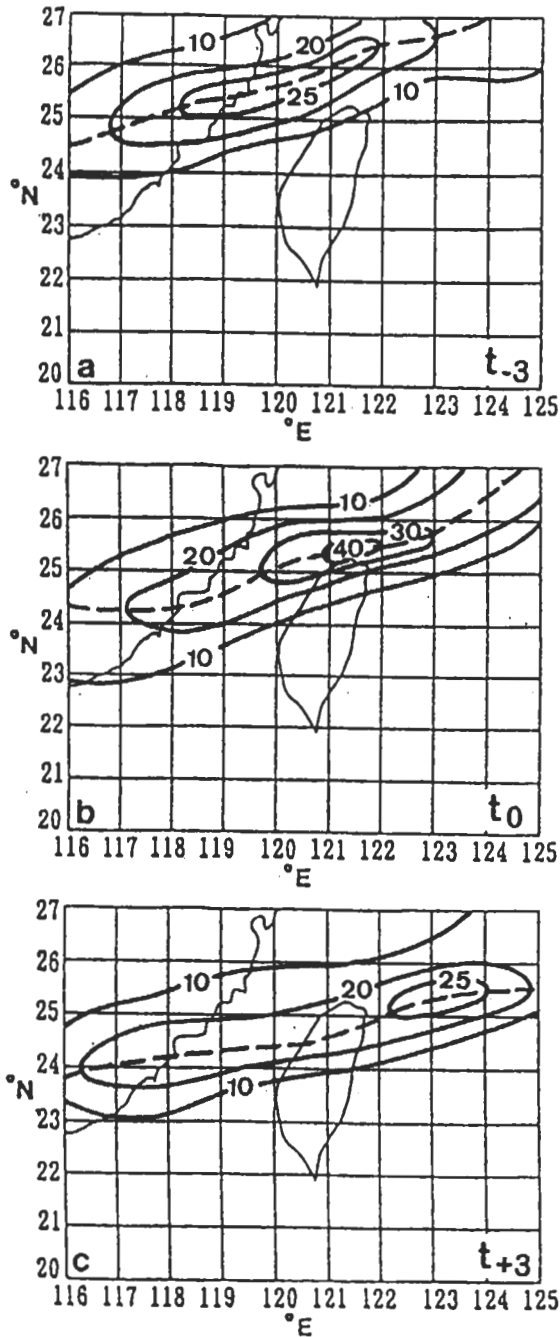


圖3 1991~1996年5~6月北部地區(以以 25°N 、 121°E 為中心之 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 經緯度方格內)位於(a)鋒前3小時($t-3$)、(b)鋒面過境(t_0)及(c)鋒後3小時($t+3$)、鋒面位置頻率分布(以 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 經緯度網格方格分析)。粗虛線為最大頻率主軸。

以中央氣象局1991~1996年5~6月每3小時之地面天氣圖,再分析台灣與鄰近地區的鋒面位置,並將鋒面移入台灣北部地區(以 25°N 、 121°E 為中心之 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 經緯度方格內)之時間訂為 t_0 ,分析期間總計有42道鋒面通過台灣地區,其中5月30道較6月12道為多。圖3為鋒面過境台灣北部(t_0)與過境前3小時(t_{-3})和過境後3小時(t_{+3})之地面鋒面頻率分布,最大頻率主軸呈東北東-西南西走向,分別經過台灣西北部海面、台灣北端及台灣北部地區。在 t_0 至 t_{+3} 間,鋒面最大頻率主軸南移的速度約為 30 km h^{-1} ,利用內插與外延法粗估鋒面通過各分區1~6的時間約分別在 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 及 t_5 附近。隨後分析同一期間鋒面過境前後各24小時內,各分區之逐時降雨機率、降雨強度及豪(大)雨發生機率的氣候值,以此氣候值做為預報值即為氣候值法(CL)。

本文利用1992年Post-TAMEX預報實驗對豪(大)雨的定義,以時雨量 ≥ 15 公厘且24小時累積雨量 ≥ 130 公厘,定為A型豪雨;時雨量 ≥ 15 公厘且12小時累積雨量 ≥ 50 公厘,但24小時累積雨量 < 130 公厘,定為B型豪雨;時雨量 ≥ 15 公厘且24小時累積雨量 ≥ 50 公厘,定為大雨(即C型)。文中所謂豪(大)雨發生機率,係指在各小時之發生次數佔前後48小時期間總發生次數之百分比而言。在進行預報校驗時,觀測值亦以相同方式處理。

圖4為1997年6道鋒面移經台灣北部沿海地區 t_0 之個案時間與位置分布,以此6道鋒面個案,校驗氣候值法(CL)與不同持續法(PT)之誤差,以了解氣候值法之預報能力。分別以預報起始時間前1小時(PT01)、前3小時(PT03)、前6小時(PT06)及前12小時(PT12)

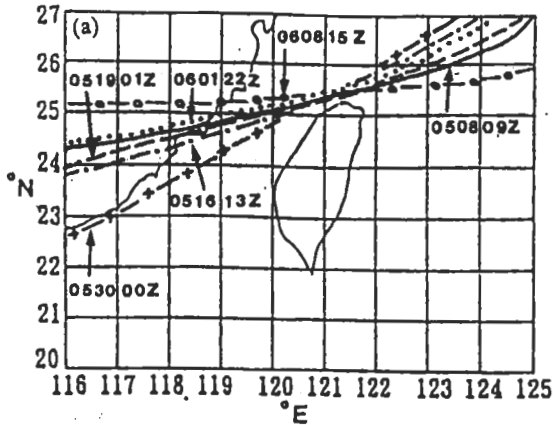


圖 4 1997 年 5~6 月移經台灣中北部之六道鋒面於 t_0 時所在位置。鋒面上 6 位數字每 2 位分別為月、日及國際時。

降水觀測值，作為不同持續法之預報值，並比較氣候值法與持續法兩者的預報誤差。在此，持續法係指以觀測值做為未來之預報值，而不考慮過去觀測值的趨勢與變化，後者即一般的外延法。降雨量誤差分析以觀測值 (O) 與預報值 (F) 之絕對誤差為準 ($|O-F|$)，機率預報差則以誤差之平方為準 ($|O-F|^2$)。

三、鋒面降水氣候值

(一) 降雨機率

圖 5 為鋒面過境前後 24 小時內，分區 1~6 之逐時降雨機率。一般而言，各分區降雨機率皆在鋒面過境前 12 小時開始增加，在過境時或過境後 4~5 小時出現最大值，鋒後 17~18 小時亦有一相對最大值，且鋒面過境後的降雨機率明顯大於過境前。其中分區 1~3 在鋒面通過後的 4~5 小時出現降雨機率最大值，分區 4 於鋒面過後 2 小時達最大，而分區 5 與 6 則於鋒面通過時 (約在 t_4 與 t_5) 達最大，顯示降雨機

率在北部鋒面過後才出現最大值，而在中部則鋒面通過時即已出現最大值，亦即最大值出現的時間相對於鋒面通過的時間，有由北往南漸漸提前的趨勢。

各分區之中，分區 1 (台北縣市與基隆市) 的降雨機率於各時段幾均為各區域間最大值，特別是鋒面過境後更為顯著，期間大部分時段幾均大於 60%，鋒後 18 小時更達 80%。各時段之降雨機率以分區 6 (彰化縣) 最小，期間最大機率值發生在鋒面通過時 (t_5)，然未超過 30%。分區 2 (桃園縣) 與分區 3 (新竹縣市) 的降雨機率最大值同樣出現於鋒面過境後 4~5 小時，且均有相對最大值出現在鋒後 17~18 小時的現象。分區 4 (苗栗縣) 與分區 5 (台中縣市) 於鋒面過境前 24 小時的降雨機率分布大於分區 2、3 與 6，而與分區 1 較相似，幾乎均超過 20%，而鋒面過境後的降雨機率亦均提升至 40% 以上。各分區的降雨機率分布大體上頗為相似，各分區由鋒面通過至鋒後數小時內之降雨機率以分區 1 最大，其次由高到低依序為分區 3、4、5、2 及分區 6，各分區間相對鋒面過境前後降雨機率高低的細部差異應與分區所在位置和地形及區域內測站的分布有關，分區 2 與 6 內的山區測站較少，其降雨機率亦較低，而分區 1 內部分測站在鋒後亦為迎風面，故降雨機率偏高。

(二) 降雨強度

鋒面過境前後各 24 小時期間，各分區所有測站之降雨強度分布如圖 6 所示。一般而言，各分區的降雨強度於鋒前 5~8 小時開始明顯增強，至鋒面通過該區 (分區 2) 或通過 3 小時內 (分區 3、4、5、6) 達到最大，然分區 1 的最

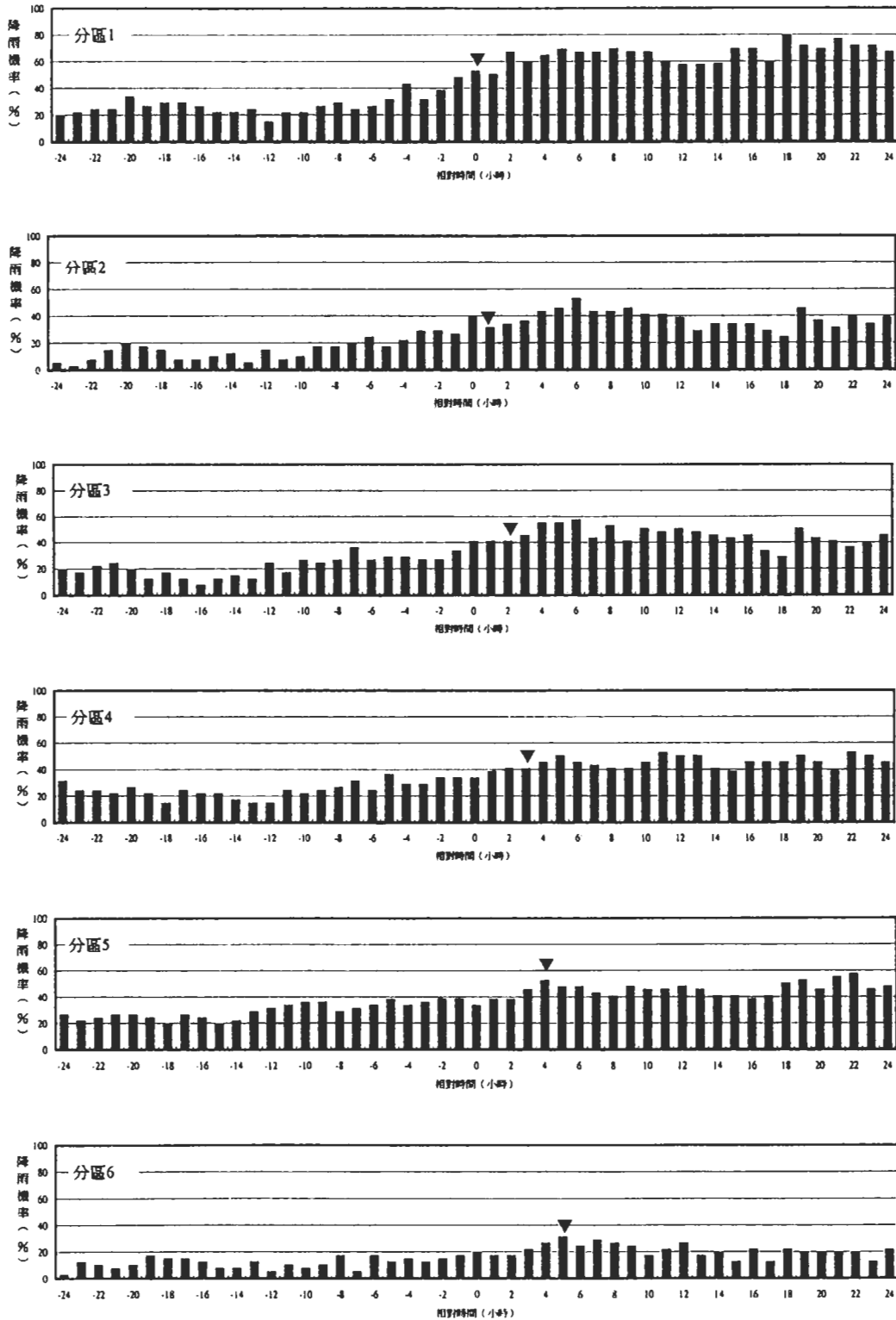


圖 5 1991~1996 年 5~6 月鋒面過境各分區 1~6 前(負)後(正)各 24 小時內,分區內各測站之逐時平均降雨機率。圖中「▼」所指為估計鋒面過境該區之時刻。

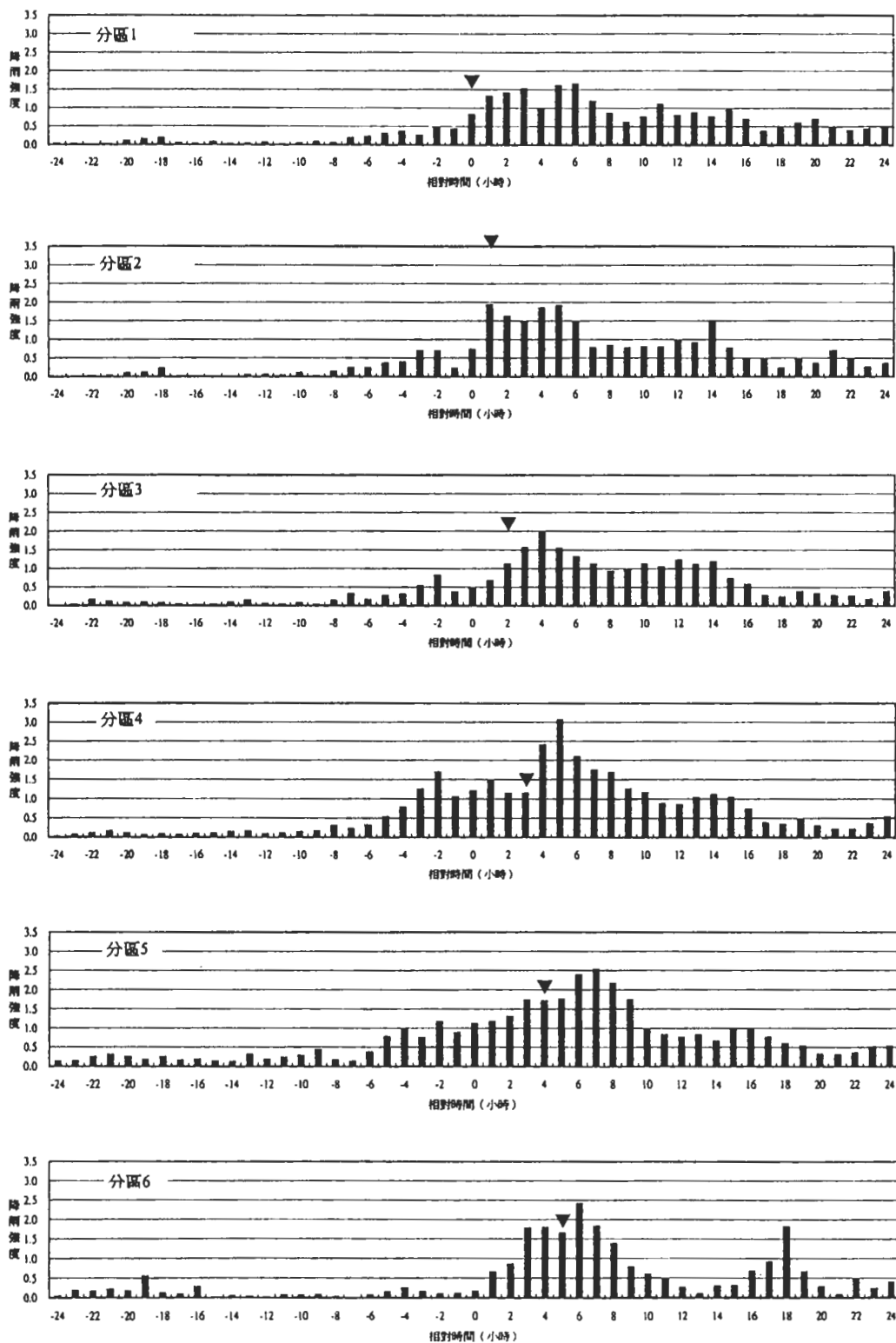


圖 6 同圖 5，但為分區內各測站之逐時降雨強度。

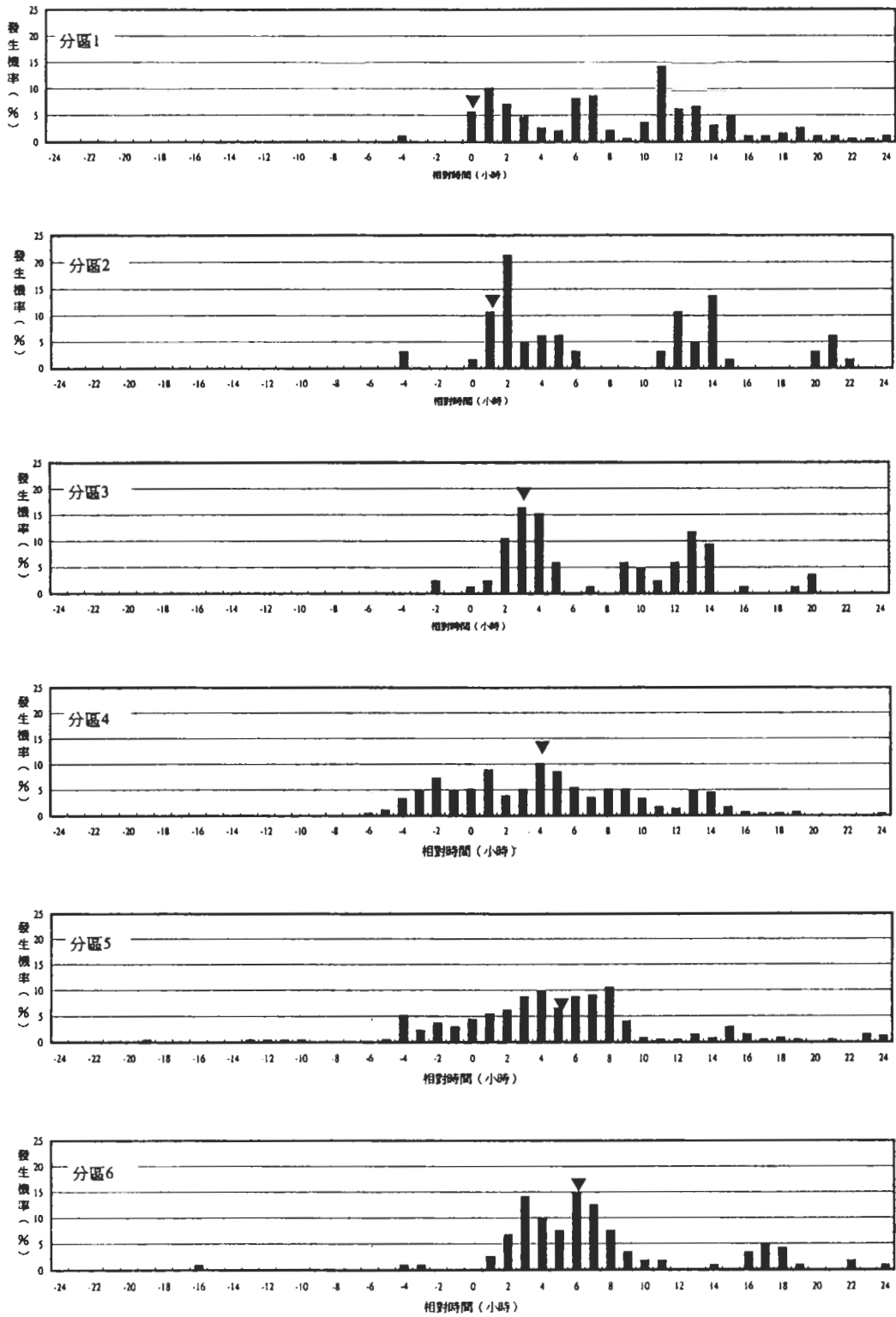


圖 7 同圖 5，但為分區內各測站之逐時 A+B 型豪雨發生機率。

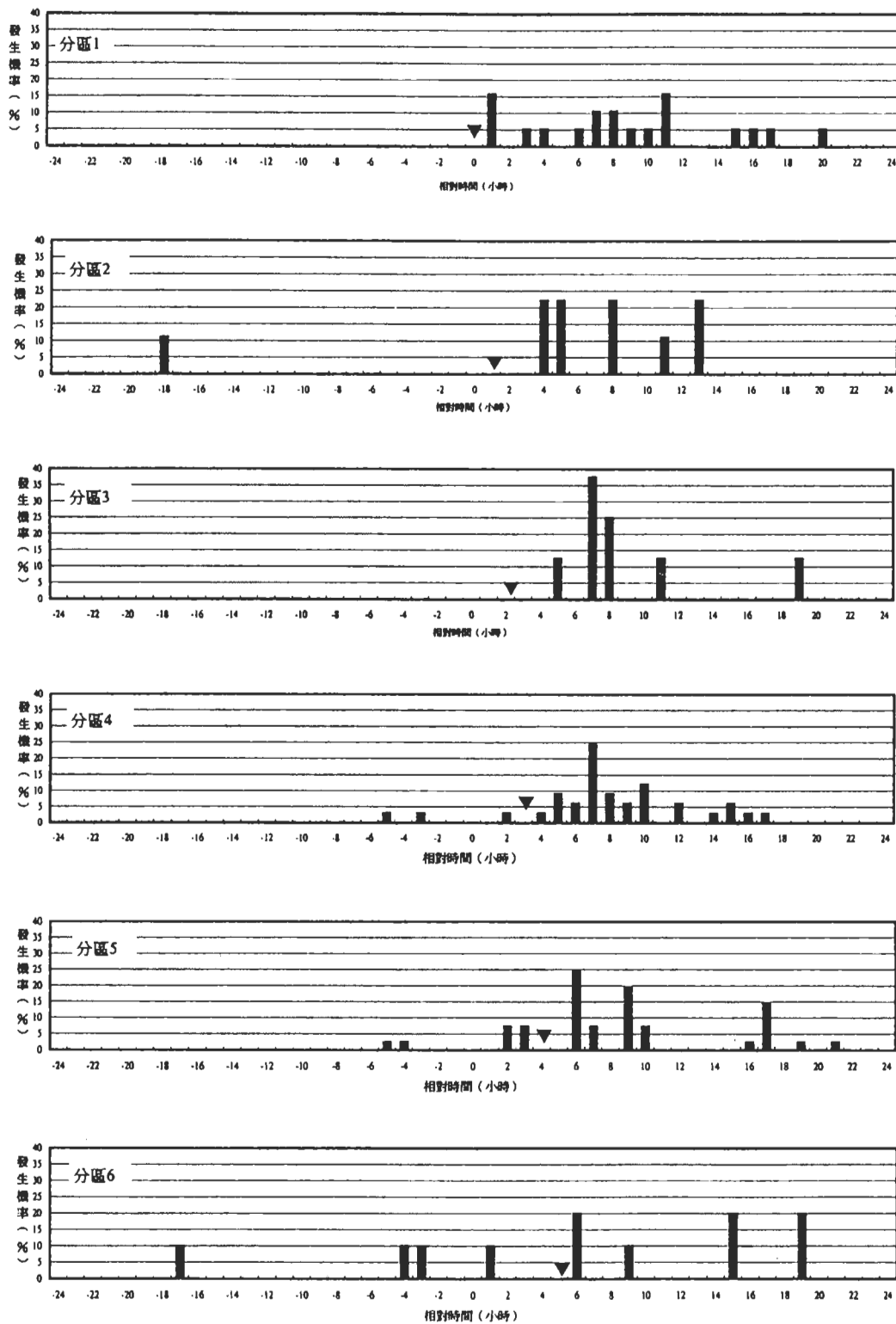


圖 8 同圖 5，但為分區內各測站之逐時 C 型大雨發生機率。

大值出現於稍晚的鋒後 6 小時。雙高峰現象出現在鋒面過後 10~12 小時間，但以分區 6 最明顯。各分區最大降雨強度以分區 4 為最大，超過 3.0 公厘/小時，其次依序為分區 5 (2.5 公厘/小時)、分區 6 (2.4 公厘/小時)、分區 2 與 3 (2.0 公厘/小時)，分區 1 最小，為 1.7 公厘/小時，顯示分區 1 的降雨機率雖高，但強度並不大。

陳與林 (1997) 分析梅雨季台灣中南部地區豪 (大) 雨氣候特徵指出，降雨強度隨時間有雙高峰分布現象，與本文台灣中北部地區的降雨強度分布相同，其原因可能為梅雨鋒面在移經台灣地區時出現滯留或北退現象，造成同一分區降水量在鋒面過境時有第一次高峰，鋒面北退時再出現第二個高峰。各分區降雨強度的時空分布顯然與梅雨鋒面位置有密切關係，而各區降雨強度最大值出現的時間差異，隱含局部地形與鋒面舉升在各分區降水分布上仍扮演重要角色。

(三) 豪 (大) 雨發生機率

各分區之 A+B 型豪雨和 C 型大雨於鋒面過境前後各 24 小時期間發生機率之氣候值，分別如圖 7 與圖 8 所示。一般而言，A+B 型豪雨發生機率於鋒面過境時增大，並於鋒面過境後達最大，顯示梅雨鋒面確實提供有利的對流綜觀環境與中尺度激發機制。各分區中最大 A+B 型豪雨發生機率除分區 1 (台北縣市與基隆市) 出現於鋒後 11 小時之外，其餘均出現在鋒面過境時 (分區 5) 或鋒後 1 小時左右 (分區 2、3、4、6)；分區 2 (桃園縣) 的豪雨出現機率達 21%，為各分區中的機率最大值，其次由高至低依序為分區 3 (16%)、分區 6 (15%)、分區 1 (14%)、分區 4 與分區 5 (11%)。分區 4、5、

6 在鋒前 6 小時至鋒面通過期間 A+B 型豪雨的發生機率明顯較分區 1~3 為高，顯示西南氣流增強時，由台灣海峽東移的系統，於中部沿海降水有一定的貢獻。此外，A+B 型豪雨的發生機率亦有雙高峰分布，第二高峰於分區 1~3 內發生機率較高，在分區 4~6 內則已屬次要。鋒後出現的豪雨機率第二高峰，是否係由鋒面北退導致，值得進一步研究。

各分區 C 型大雨於鋒面過境後的發生機率雖顯著大於鋒前 (圖 8)，但鋒後大雨的發生機率傾向隨機時間分布，未見明顯可辨認的時間變化趨勢，C 型大雨的發生機率最大值出現在分區 3 的鋒後 5 小時，達 38%。顯然 C 型大雨的發生除受鋒面影響外，地形效應、局部環流等中尺度激發因子亦可能有決定性的貢獻。

四、預報校驗

為校驗各分區中尺度氣候法的預報能力，本文以 1997 年梅雨季六道移經分析區域內中心點之鋒面為對象，分析鋒面過境前後各 24 小時之降水觀測值，分別以預報起始時間前 1 小時 (PT01)、前 3 小時 (PT03)、前 6 小時 (PT06) 及前 12 小時 (PT12) 的降水觀測值，作為不同持續法之預報值，比較氣候值法 (CL) 與上述各種持續法 (PT) 在降雨機率、降雨強度及豪 (大) 雨發生機率三方面之預報誤差。

(一) 降雨機率

表一為氣候值法 (CL) 與不同持續法 (PT) 對 1997 年六道鋒面過境前後之平均降雨機率的預報誤差。分區 1 (台北縣市與基隆市) 之 CL 法在鋒面過境前 5~0 小時與鋒前 12~0 小時預報時段裡之誤差皆小於所有持續法；於鋒面過

表一 1997年5~6月6道鋒面過境北部前(負)後(正),以不同時段不同方法在分區1~6之降雨機率預報誤差。CL為氣候值法,PT01、PT03、PT06及PT12分別為前1小時、前3小時、前6小時及前12小時之持續法。

	時段			CL	PT01	PT03	PT06	PT12
	-12	~	-6					
分區 1	-12	~	-6	9.39	7.14	16.67	11.90	35.71
	-5	~	0	21.13	27.78	22.22	22.22	22.22
	+1	~	+6	30.46	16.67	30.56	44.44	38.89
	+7	~	+12	21.94	8.33	22.22	50.00	55.56
	-12	~	0	14.81	16.67	19.23	16.67	29.49
	+1	~	+12	26.20	12.50	26.39	47.22	47.22
	-12	~	+12	20.28	14.67	22.67	31.33	38.00
	-12	~	+24	22.27	18.92	21.17	29.28	40.54
分區 2	-12	~	-6	6.58	9.52	9.52	4.76	16.67
	-5	~	0	8.83	5.56	2.78	8.33	8.33
	+1	~	+6	18.74	5.56	8.33	13.89	22.22
	+7	~	+12	27.20	11.11	25.00	41.67	55.56
	-12	~	0	7.62	7.69	6.41	6.41	12.82
	+1	~	+12	22.97	8.33	16.67	27.78	38.89
	-12	~	+12	14.99	8.00	11.33	16.67	25.33
	-12	~	+24	19.42	10.36	13.51	18.02	30.63
分區 3	-12	~	-6	8.59	4.76	4.76	7.14	21.43
	-5	~	0	11.04	2.78	11.11	11.11	5.56
	+1	~	+6	24.31	2.78	5.56	13.89	25.00
	+7	~	+12	26.05	16.67	33.33	47.22	61.11
	-12	~	0	9.72	3.85	7.69	8.97	14.10
	+1	~	+12	25.18	9.72	19.44	30.56	43.06
	-12	~	+12	17.14	6.67	13.33	19.33	28.00
	-12	~	+24	19.65	8.56	15.32	21.62	33.78
分區 4	-12	~	-6	16.27	7.14	16.67	23.81	26.19
	-5	~	0	17.15	5.56	16.67	30.56	16.67
	+1	~	+6	21.65	5.56	8.33	11.11	30.56
	+7	~	+12	26.36	8.33	30.56	50.00	55.56
	-12	~	0	16.68	6.41	16.67	26.92	21.79
	+1	~	+12	24.00	6.94	19.44	30.56	43.06
	-12	~	+12	20.19	6.67	18.00	28.67	32.00
	-12	~	+24	21.71	8.56	17.57	26.13	36.94
分區 5	-12	~	-6	17.07	11.90	16.67	28.57	30.95
	-5	~	0	23.54	13.89	25.00	25.00	19.44
	+1	~	+6	24.22	11.11	22.22	19.44	27.78
	+7	~	+12	26.39	8.33	16.67	41.67	44.44
	-12	~	0	20.05	12.82	20.51	26.92	25.64
	+1	~	+12	25.30	9.72	19.44	30.56	36.11
	-12	~	+12	22.57	11.33	20.00	28.67	30.67
	-12	~	+24	23.60	13.96	20.27	27.93	34.68
分區 6	-12	~	-6	10.49	11.90	16.67	21.43	21.43
	-5	~	0	13.99	0	8.33	22.22	16.67
	+1	~	+6	17.02	13.89	11.11	11.11	27.78
	+7	~	+12	23.81	13.89	19.44	38.89	38.89
	-12	~	0	12.11	6.41	12.82	21.79	19.23
	+1	~	+12	20.41	13.89	15.28	25.00	33.33
	-12	~	+12	16.09	10.00	14.00	23.33	26.00
	-12	~	+24	16.04	9.91	12.61	20.27	29.28

境後的不同時段裡 CL 法的預報能力則較 PT01 差，約與 PT03 相似，但優於 PT06 及 PT12；顯然，CL 法在分區 1 具有預報參考價值，特別在鋒面過境之前。分區 2（桃園縣）之 PT 法有時間越長誤差越大的趨勢，平均而言，鋒前 CL 法有較 PT 法為優之勢，而鋒後 CL 法較 PT01~03 差，但較 PT06~12 為優，顯然，CL 法在分區 2 亦具有預報參考價值，特別是鋒前 0~12 小時之間。分區 3 與分區 1、2 不同，鋒前 CL 法僅較 PT12 為優，而鋒後則較 PT06~12 為佳，整體而言，在鋒前 12 小時到鋒後 24 小時間 CL 法雖較 PT01~03 為差，但仍較 PT06~12 為佳。

分區 4 鋒前與鋒後有相似趨勢，CL 法較 PT01~03 為差，但較 PT06~12 為優，對鋒前 12 小時到鋒後 24 小時整體而言亦然。分區 5 鋒前 0~12 小時間 CL 法僅較 PT01 為差，鋒後 1~12 小時則較 PT01~03 為差，鋒前 12 小時至鋒後 24 小時則 CL 較 PT01~03 稍差，但較 PT06~12 為優。分區 6 與分區 5 相似，鋒前 0~12 小時間 CL 法僅較 PT01 為差，鋒後 1~12 小時則較 PT01~03 為差，鋒前 12 小時至鋒後 24 小時則 CL 較 PT01~03 稍差，但較 PT06~12 為優。

由此平均降雨機率預報誤差顯示，氣候值法（CL）在各分區中的預報能力，不論鋒前或鋒後幾乎均優於 6 小時與 12 小時的持續法（PT06 與 PT12）。在分區 1 與 2 中，CL 法在鋒前的預報能力更優於 PT01 與 PT03，顯見 CL 法在鋒面過境台灣北部之基隆、台北與桃園地區 0~12 小時前均有預報參考價值。

（二）降雨強度

於分區 1~6 內，氣候值法（CL）與不同

持續法（PT）對 1997 年六道鋒面過境前後之各分區各測站平均降雨強度預報誤差，如表二所示。對鋒面過境前後不同時段而言，雖然 PT 法的誤差隨預報期限增長而加大，但是在無降雨之下，各分區之 CL 法誤差均仍較 PT 法為大，配合降雨機率預報誤差分析，此實際上是反應 1997 年鋒面降雨強度較氣候值為小的事實。

（三）豪（大）雨發生機率

表三為分區 1~6 於 1997 年 6 道鋒面過境前後，A+B 型豪雨平均發生機率之預報誤差。如前所述，該年降雨強度小，而豪雨發生次數亦少，故不論在各分區的不同時段裡，CL 法的誤差均較各種持續法來得大。而 1997 年梅雨季六道鋒面過境前後均無 C 型大雨發生，故 CL 法的預報誤差當較所有持續法來得大（表略）。此種結果恰如預期，亦即與氣候平均相近的情況，氣候值法在預報上愈有參考應用價值。

（四）小結

台灣中北部地區梅雨季鋒面降水之中尺度氣候法預報校驗結果，簡要歸納如表四所示。顯見，中尺度氣候值法在降雨機率預報方面，各分區在 6~12 小時預報時段之預報能力皆優於持續法，但 1 小時內各分區均無預報能力。在降雨量與豪（大）雨發生機率預報方面，則因 1997 年六道鋒面的降雨強度小，豪（大）雨發生次數亦少於氣候值，故導致氣候值法誤差大於不同時段之持續法。

五、討論與總結

本文利用 1991~1996 年 5~6 月梅雨季

表二 1997年5~6月6道鋒面過境北部前(負)後(正),以不同時段不同方法在分區1~6之平均降雨強度預報誤差。CL為氣候值法,PT01、PT03、PT06及PT12分別為前1小時、前3小時、前6小時及前12小時之持續法。

	時段			CL	PT01	PT03	PT06	PT12
	-12	~	-6					
分區 1	-12	~	-6	0.11	0	0	0.01	0.13
	-5	~	0	0.45	0.02	0.02	0.01	0.02
	+1	~	+6	1.40	0.35	0.32	0.38	0.37
	+7	~	+12	1.46	0.73	1.16	1.48	1.45
	-12	~	0	0.27	0.01	0.01	0.01	0.08
	+1	~	+12	1.43	0.54	0.74	0.93	0.91
	-12	~	+12	0.82	0.26	0.36	0.45	0.48
	-12	~	+24	0.82	0.29	0.50	0.59	0.70
分區 2	-12	~	-6	0.14	0	0	0.01	0.18
	-5	~	0	0.53	0.01	0	0.01	0.01
	+1	~	+6	1.77	0.39	0.59	0.33	0.34
	+7	~	+12	1.91	1.31	1.51	1.94	1.81
	-12	~	0	0.32	0.01	0	0.01	0.10
	+1	~	+12	1.84	0.85	1.05	1.14	1.08
	-12	~	+12	1.05	0.41	0.50	0.55	0.57
	-12	~	+24	0.91	0.37	0.59	0.70	0.83
分區 3	-12	~	-6	0.13	0.01	0.01	0.01	0.21
	-5	~	0	0.47	0.03	0.04	0.04	0.04
	+1	~	+6	1.36	0.31	0.45	0.31	0.32
	+7	~	+12	1.81	1.09	1.92	1.71	1.63
	-12	~	0	0.29	0.02	0.02	0.03	0.13
	+1	~	+12	1.59	0.70	1.18	1.01	0.98
	-12	~	+12	0.91	0.35	0.58	0.50	0.54
	-12	~	+24	0.87	0.35	0.63	0.68	0.84
分區 4	-12	~	-6	0.26	0.09	0.09	0.10	0.33
	-5	~	0	1.12	0.22	0.36	0.44	0.33
	+1	~	+6	1.92	0.32	0.41	0.56	0.60
	+7	~	+12	1.42	1.05	1.41	1.60	1.63
	-12	~	0	0.65	0.15	0.22	0.26	0.33
	+1	~	+12	1.67	0.69	0.91	1.08	1.11
	-12	~	+12	1.14	0.41	0.55	0.65	0.70
	-12	~	+24	1.11	0.45	0.68	0.84	0.99
分區 5	-12	~	-6	0.33	0.09	0.12	0.17	0.27
	-5	~	0	1.50	0.65	0.86	1.09	0.94
	+1	~	+6	2.04	0.53	0.76	0.68	1.13
	+7	~	+12	1.72	1.11	1.41	2.02	2.13
	-12	~	0	0.87	0.35	0.46	0.59	0.58
	+1	~	+12	1.88	0.82	1.08	1.35	1.63
	-12	~	+12	1.35	0.57	0.76	0.96	1.08
	-12	~	+24	1.38	0.55	0.80	1.10	1.38
分區 6	-12	~	-6	0.09	0.06	0.08	0.06	0.11
	-5	~	0	0.44	0.22	0.26	0.36	0.32
	+1	~	+6	1.47	0.30	0.37	0.38	0.32
	+7	~	+12	1.00	0.31	0.33	0.53	0.59
	-12	~	0	0.25	0.14	0.16	0.20	0.20
	+1	~	+12	1.24	0.30	0.35	0.45	0.45
	-12	~	+12	0.72	0.22	0.25	0.32	0.32
	-12	~	+24	0.96	0.40	0.57	0.84	0.64

表三 1997年5~6月6道鋒面過境北部前(負)後(正),以不同時段不同方法在分區1~6之A+B型豪雨發生機率預報誤差。CL為氣候值法,PT01、PT03、PT06及PT12分別為前1小時、前3小時、前6小時及前12小時之持續法。

	時段			CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 1	-12	~	-6	0	0	0	0	0
	-5	~	0	1.08	0	0	0	0
	+1	~	+6	7.97	2.78	2.78	2.78	2.78
	+7	~	+12	8.39	8.33	8.33	5.56	2.78
	-12	~	0	0.50	0	0	0	0
	+1	~	+12	8.18	5.56	5.56	4.17	2.78
	-12	~	+12	4.19	2.67	2.67	2.00	1.33
分區 2	-12	~	+24	3.89	2.34	2.70	2.25	2.25
	-12	~	-6	0	0	0	0	0
	-5	~	0	0.76	0	0	0	0
	+1	~	+6	8.59	0	0	0	0
	+7	~	+12	5.05	2.02	4.04	2.78	2.78
	-12	~	0	0.35	0	0	0	0
	+1	~	+12	6.82	1.01	2.02	1.39	1.39
分區 3	-12	~	+12	3.45	0.48	0.97	0.67	0.67
	-12	~	+24	3.15	0.33	0.74	0.90	0.90
	-12	~	-6	0	0	0	0	0
	-5	~	0	0.58	0	0	0	0
	+1	~	+6	8.33	0	0	0	0
	+7	~	+12	5.43	3.03	4.55	2.78	2.78
	-12	~	0	0.27	0	0	0	0
分區 4	+1	~	+12	6.88	1.52	2.27	1.39	1.39
	-12	~	+12	3.44	0.73	1.09	0.67	0.67
	-12	~	+24	3.05	0.49	0.82	0.90	0.90
	-12	~	-6	0.04	0	0	0	0
	-5	~	0	6.81	5.56	2.78	2.78	2.78
	+1	~	+6	6.92	0	2.78	2.78	0
	+7	~	+12	5.59	4.37	4.43	3.70	6.48
分區 5	-12	~	0	3.17	2.56	1.28	1.28	1.28
	+1	~	+12	6.25	2.18	3.60	3.24	3.24
	-12	~	+12	4.65	2.38	2.40	2.22	2.22
	-12	~	+24	3.67	1.95	2.21	2.55	2.40
	-12	~	-6	0.15	0	0	0	0
	-5	~	0	3.55	0.79	1.39	0.99	0.99
	+1	~	+6	7.52	2.18	2.18	1.19	1.79
分區 6	+7	~	+12	7.67	7.49	7.56	6.13	5.33
	-12	~	0	1.72	0.37	0.64	0.46	0.46
	+1	~	+12	7.60	4.84	4.87	3.66	3.56
	-12	~	+12	4.54	2.51	2.67	1.99	1.95
	-12	~	+24	3.53	1.87	2.23	2.42	2.45
	-12	~	-6	0	0	0	0	0
	-5	~	0	0.27	0	0	0	0
分區 6	+1	~	+6	9.01	0	0	0	0
	+7	~	+12	4.50	0.20	0.20	0.20	0.20
	-12	~	0	0.12	0	0	0	0
	+1	~	+12	6.75	0.10	0.10	0.10	0.10
	-12	~	+12	3.31	0.05	0.05	0.05	0.05
	-12	~	+24	3.10	0.32	0.84	0.90	0.48

表四 1997 年梅雨季各分區氣候值法 (CL) 與不同持續法 (PT) 之預報能力比較。以 "○" 表示 CL 誤差小於持續法，代表其具有預報能力，"×" 表示 CL 誤差大於持續法，無預報能力。豪 (大) 雨發生機率括號內 "-" 表示無 C 型大雨事件發生。PT01、PT03、PT06 與 PT12 分別代表預報時間前 1、3、6 及 12 小時之持續法。

	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	1	×	○	○	○
	2	×	×	○	○
	3	×	×	○	○
	4	×	×	○	○
	5	×	×	○	○
	6	×	×	○	○
降雨強度	1	×	×	×	×
	2	×	×	×	×
	3	×	×	×	×
	4	×	×	×	×
	5	×	×	×	×
	6	×	×	×	×
豪 (大) 雨 發生機率	1	× (-)	× (-)	× (-)	× (-)
	2	× (-)	× (-)	× (-)	× (-)
	3	× (-)	× (-)	× (-)	× (-)
	4	× (-)	× (-)	× (-)	× (-)
	5	× (-)	× (-)	× (-)	× (-)
	6	× (-)	× (-)	× (-)	× (-)

過境台灣中北部 42 道鋒面的降水資料，分析鋒面過境前後的降水特徵，包括降雨機率、降雨強度及豪 (大) 雨的發生機率，以建立中尺度氣候值，並以 1997 年梅雨季過境同一區域的六道鋒面個案降水觀測值，作為校驗中尺度氣候法與不同時段持續法對鋒面過境前後降水特徵之預報誤差，以討論氣候值法在短期中尺度預報方面的預報能力。重要結果如下：

1. 各分區降雨機率皆在鋒面過境前 12 小時開始增加，在過境時或過境後 4~5 小時出現最大值，鋒後 17~18 小時亦有一相對最大值，且鋒面過境後的降雨機率明顯大於過境前。
2. 各分區的平均降雨量於鋒前 5~8 小時開始明顯增強，至鋒面通過該區 (分區 2) 或通過 3 小時內 (分區 3、4、5、6) 達到最大。雙高峰現象出現在鋒面過後 10~12 小時，但以分區 6 最明顯。
3. 各分區豪 (大) 雨發生機率均於鋒面過境時增大，並於鋒面過境後達最大，顯示梅雨鋒面提供對流有利的綜觀環境與中尺度激發機制。
4. 由平均降雨機率預報誤差顯示，氣候值法

(CL) 在各分區中的預報能力，不論鋒前或鋒後幾乎均優於 6 小時與 12 小時的持續法 (PT06 與 PT12)。在分區 1 與 2 中，CL 法在鋒前的預報能力更優於 PT01 與 PT03，顯見 CL 法在鋒面過境台灣北部之基隆、台北與桃園地區前 0~12 小時有預報參考價值。

5. 對鋒面過境前後不同時段的降雨量與豪(大)雨發生機率預報而言，因 1997 年鋒面過境時的降雨強度較氣候值為小，A+B 型豪雨的發生次數亦較氣候值為少，且均無 C 型大雨發生，故各分區之 CL 法誤差均較 PT 法為大。

陳與張(2000)指出中尺度氣候值法在台灣中南部地區梅雨季鋒面降水的應用性極佳，在降雨機率方面，氣候值法在 6~12 小時預報時段具有預報能力，但 0~3 小時則多無法超越持續法的預報能力，此現象亦出現在台灣中北部的預報校驗上。顯然，北中南各分區之降雨機率氣候值，在中尺度預報裡有預報參考應用價值。值得注意的是在分區 1、2 (台北縣市、基隆市及桃園縣) 中，氣候值法在鋒前 0~12 小時的預報能力幾皆優於所有持續法，有一定程度的預報能力，陳與張(2000)之中南部校驗並無任何分區有此現象，顯示不同區域之不同氣候值特徵具有不同預報參考應用價值。在定量降水與豪(大)雨降雨機率預報方面，氣候值法在台灣中南部地區梅雨季鋒面降水 3~12 小時預報時段中有預報能力(陳與張 2000)，然因選取 1997 年過境台灣北部的梅雨鋒面進行中北部地區預報校驗時，因該年降水強度與豪(大)雨發生機率均小於氣候值，故中尺度氣候值法的預報能力皆較不同持續法為差。此結果恰如預期，亦即當情況與氣候平均愈相近，氣候值法在預報上愈有參考應用價值。本文所

發展的中尺度氣候值預報法，背景資料庫僅建立在自動觀測站 5 年的統計資料上，其次亦僅利用 1997 年六道梅雨鋒面進行預報校驗，有限的資料涉及結論之代表性，但由分析結果仍可得知中尺度氣候值法在短期預報方面具有一定程度的預報能力，特別是當持續法在 3~6 小時後誤差普遍增大時，氣候值法確實可以提供可貴的氣象訊息，彌補數值預報模式的預報缺口。換言之，在實際預報作業上，即時與極短期預報(0~6 小時)需高度仰賴觀測(地面、雷達、衛星)，而短期預報(6~24 小時)，則愈來愈仰賴模式，氣候值法在彌補觀測與模式所提供訊息不足之 2~6 小時預報缺口，實有其參考應用價值。

致 謝

感謝王子軒先生在資料處理、分析與繪圖方面之協助，本計畫在國科會專案計畫 NSC-90-2625-Z-002-006 支援下完成。

參考文獻

- 吳宗堯與陳泰然，1987：台灣地區中尺度實驗計畫。國科會防災科技研究報告 76-19 號，133 頁加附錄一至五。
- 吳宗堯、陳泰然、謝信良、喬鳳倫、陳正改、蕭長庚及朱曙光，1984：台灣地區春至初夏之局部性豪雨及其對水稻災害之初步分析。大氣科學，11，29-44。
- 柳再明，1999：中央氣象局區域模式在梅雨季之定量降水預報的研究。第六屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，國科會，624-629。
- 陳泰然，1994：台灣梅雨季之豪雨研究。大氣科學，22，455-477。
- 陳泰然與林宗嵩，1997：梅雨季台灣中南部地區豪(大)雨之氣候特徵研究。大氣科學，

25, 289-306。

陳泰然與張子琦，2001：梅雨季台灣中北部地區豪（大）雨之氣候特徵研究。投稿大氣科學。

陳泰然與張智昇，2000：中南部地區梅雨季鋒面降水中尺度氣候法之預報校驗。大氣科學，28，205-220。

陳泰然與謝信良，1992：台灣地區中尺度實驗計畫 1992 年預報實驗之規劃與執行計畫：預報實驗計畫辦公室（二）。國科會防災科技研究報告 81-12 號，60 頁。

陳泰然、謝信良、陳來發及陳清德，1991：台灣地區現階段豪（大）與預報能力。大氣科學，19，177-188。

鄭明典與楊明仁，1998：台灣地區定量降水預報之中尺度數值模擬研究（I）。國科會

專題研究計畫成果報告，NSC 87-2111-M-052-005，24 頁。

謝信良與陳正改，1985：台灣地區氣象災害之調查研究。國科會防災科技研究報告 73-40 號，66 頁。

謝信良、林雨我及陳來發，1993：台灣地區中尺度預報實驗設計研究（II）國科會防災科技研究報告 81-40 號，93 頁。

簡芳菁，1999：1998 年梅雨期間 MM 5 模式之降水預報。第六屆全國大氣科學學術研討會論文集編，國科會，596-600。

Dosewell, C. A., 1986: Short range forecasting. Mesoscale meteorology and forecasting. Edited by P. S. Ray, *Amer. Meteor. Soc.*, 689-719.

Forecast Evaluation for the Meiyu Frontal Rainfall over Northern and Central Taiwan Using Mesoscale Climatology

George T. J. Chen¹ T. C. Chang^{1,2}

¹ Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

² Department of Environmental Engineering, Tung Nan Institute of Technology

(Manuscript received 28 August 2001 ; in final form 16 November 2001)

ABSTRACT

Mesoscale Climatology of Meiyu frontal rainfall over northern and central Taiwan was obtained using hourly rainfall data in the period of 1991-1996. Mesoscale climatology and different persistence methods were used to evaluate the forecast skill of rainfall intensity (QPF), probability of precipitation (POP), and heavy rainfall frequency using Meiyu frontal rainfall data in 1997.

Results showed that the rainfall intensity, probability of precipitation and heavy rainfall frequency were much higher during and after the frontal passage as compared to those ahead of front for each subregion. For the forecast evaluation, mesoscale climatology demonstrated some skill on 6-12 hours POP in each subregion and better skill on 3-6 hours POP in subregion 1 and 2. Results also showed that mesoscale climatology obviously provide useful information for forecasting POP in northern Taiwan during and after frontal passage. Nevertheless, rainfall intensity and heavy rainfall frequency in 1997 were smaller than climatology, therefore the mesoscale climatology forecast errors in each subregion were higher than different persistence methods.

Key words : Mesoscale climatology, Persistence method, Probability of precipitation (POP), Heavy rainfall, QPF