

臺灣東部梅雨鋒面降水中尺度氣候法之預報校驗

陳泰然¹ 王子軒¹ 周鴻祺² 黃心怡¹

¹ 國立臺灣大學大氣科學研究所

² 交通部民航局台北航空氣象中心

(中華民國一〇二年六月十七日收稿；中華民國一〇二年十二月三日定稿)

摘 要

本文利用中央氣象局 1997~2006 年 5~6 月每 3 小時之地面天氣圖，分析臺灣與鄰近地區的鋒面位置，結果顯示有 54、50 及 46 道鋒面分別通過 Post-TAMEX 臺灣東部分區 13 (宜蘭縣)、14 (花蓮縣) 及 15 (臺東縣)。以各分區之地理位置中心點為準，將鋒面通過該點時間定為 t_0 (即 $t = 0$)，分析鋒面過境前後之降雨氣候特徵，包括降雨機率、降雨強度及豪 (大) 雨發生機率，並以 2007 年與 2008 年梅雨季鋒面過境前後之觀測資料進行校驗，以了解中尺度氣候值法 (CL 法) 在臺灣東部地區於鋒面過境前 12 小時至後 24 小時內之定量降水預報能力，以及在各分區之預報可應用性。

結果顯示，各分區之降雨機率與降雨強度在鋒面過境後皆較過境前為高，且有由北往南遞減趨勢，顯見梅雨鋒之舉升作用在東部地區降雨扮演重要角色。中尺度氣候法預報校驗顯示，在鋒面過境期間 (前 12 小時至後 24 小時)，CL 法之降雨機率在 3~6 小時預報缺口具有預報參考價值，對豪雨而言亦然，但對降雨強度幾無預報能力。整體而言，臺灣東部地區 CL 法具有 3~6 小時預報能力，特別是在 3 小時之後，持續法誤差普遍增加之時，氣候值法可提供預報參考價值，以彌補數值預報模式之預報缺口。

關鍵字：氣候變遷、東亞季風、政府間氣候變遷小組第四期評估報告

一、前言

豪(大)雨預報與定量降水預報 (Quantitative Precipitation Forecast ; QPF)目前仍是國際氣象界在天氣預報上所面臨的最嚴峻挑戰，臺灣地區亦不例外，特別是在每年 5~6 月間之梅雨季，伴隨梅雨鋒面雲帶內之中尺度對流系統(Mesoscale Convective Systems ; MCSs)與臺灣地形交互作用導致的豪(大)雨預報能力更為有限。因此，豪(大)雨預報與定量降水預報技術的建立與預報能力的提升，實為氣象學術界與作業單位須最優先面對之當務之急。

臺灣地區中尺度實驗計畫 (TAMEX; Taiwan Area Mesoscale Experiment ; 陳 1985、1986 ; Kuo and Chen 1990) 與 2008 年西南氣流實驗計畫 (SoWMEX/TiMREX; Southwest Monsoon Experiment /Terrain-influenced Monsoon Rainfall Experiment; Jou and Lee 2009)之實施，使我們進一步了解梅雨鋒面對於對流之影響，也使我們對區域性豪(大)雨發生之有利綜觀環境與中尺度激發機制增加許多了解(陳 1994 ; 陳 2000 ; Chen 1992、2004 ; Ciesielski et al. 2010 ; Davis and Lee 2012 ; Lai et al. 2011 ; Tai et al. 2011 ; Xu et al. 2012)。此兩計畫之推動與實施，除對梅雨季中尺度現象與過程增加許多基礎了解外，對中尺度預報之觀念與技術亦有很大助益。然而，要改進豪(大)雨預報與 QPF 之技術與能力，除有賴不斷的基礎研究(上游)以求增進基本了解之外，中下游的應用研究與技術發展工作更不可或缺。早期陳與謝等(1991)對臺灣地區豪(大)雨預報能力的評估指出，梅雨季豪(大)雨預報能力仍低，其預兆技術得分(即 Threat Score ; TS)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%，前估(觀測之事件事前

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)雨事件仍缺乏基本了解，因而導致前估偏低且 TS 技術得分亦低。

近年來透過中尺度模式不同積雲參數化與系集預報研究，使 QPF 技術得分逐漸提高，唯距完美預報結果仍遠(例如：柳 1999 ; Yang et al. 2000 ; Chien et al. 2002 ; Yang and Tung 2003 ; Yang et al. 2004)。之前，柳(1999)曾進行中央氣象局的有限區域模式在 1998 年梅雨季短期預報降水能力之校驗，發現受限於初始場、複雜地形因素及積雲降水參數化方法，模式於鋒面影響下之地形性降水處理並不理想。鄭與楊(1998)和簡(1999)以 MM5 非靜力模式進行定量降水預報與模擬校驗，亦均指出該模式對於定量降水預報受限於初始場、地形解析度、積雲參數化及雲物理參數法等因素，在預報時段上僅在 12~24 小時具有預報是否降水之能力。

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，借助其他的預報方法／技術便成為作業上重要的手段，例如 1992 年 Post-TAMEX 預報實驗(陳與謝 1992 ; 謝等 1992、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和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預定量降水預報上仍佔有重要角色，在短期(中尺度)預報方面亦有相當的重要性(陳與張 2000)，特別是在模式與外延法預報能力受限的預報缺口(forecasting gap)(3~6 小時)，中尺度氣候法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，作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，無法掌握中尺度之現象未來演變時，中尺度氣候法即成為唯一可用的預報方法（即客觀預報指引）。因此，梅雨季之中尺度氣候所提供之資訊，對於提昇豪（大）雨預報與定量降水預報能力仍有相當參考應用價值，唯需特別注意的是若梅雨鋒面伴隨之降雨強度較氣候值為小，則氣候值法之預報誤差在所難免（陳與張 2001），此為氣候值法之基本特徵與侷限性。

中央氣象局於 1991 年起於臺灣西部地區已逐年增設完成自動遙測雨量站網，提供的資料時空解析度更勝以往，使梅雨季臺灣西部地區豪（大）雨氣候特徵研究（陳與林 1997；陳與張 2002；陳等 2002），及梅雨鋒面降水之中尺度氣候值法成為可能（陳與張 2000；陳與張 2001）。陳與張（2000）及陳與張（2001）曾分別以中尺度氣候法，針對臺灣中南部與中北部地區之梅雨季鋒面降水預報成果進行校驗，結果顯示中尺度氣候法在短期預報方面具有一定程度之預報能力；相較於在 3~6 小時之後誤差普遍增大的持續法，中尺度氣候法在此時段不但具有預報參考價值，亦可彌補數值預報模式在此時段之預報缺口。

鑒於東部地區自動雨量站建置工作已在 1997 年完成，使中尺度氣候值法預報值之建立成為可能，陳與王（2010）曾利用 1997~2006 年 10 年氣候資料，研究臺灣東部地區梅雨季降水與局部環流之關係，對降雨時空分布與局部環流之關係增加許多了解。本文則分析 1997~2006 年 5~6 月臺灣東部地區梅雨季鋒面過境前後之逐時降雨資料，以探討 Post-TAMEX 分區 13（宜蘭縣）、14（花蓮縣）及 15（臺東縣）於鋒面過境前後之降雨氣候特徵，並發展各分區基於中尺度氣候觀念之降雨機率、降雨強度及豪（大）雨發

生機率之預報方法。同時以 2007 年與 2008 年梅雨季鋒面過境前後之觀測資料進行校驗，以了解中尺度氣候值法在東部地區於鋒面過境前 12 小時至後 24 小時內之定量降水預報能力及其在各分區之可應用性，以提供今後梅雨季 QPF 與豪（大）雨預報作業、預報實驗及外場實驗之參考應用。

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 個分區（陳與謝 1992），東部地區之分區 13（宜蘭縣）、14（花蓮縣）及 15（臺東縣），地面降水資料之空間解析度與各不同等級、性質地面測站站名與分布，可參閱陳（2005），其中分區 13 有 22 站，分區 14 有 32 站，分區 15 有 19 站，雖山區測站較少，但整體而言呈現相當均勻分布。首先分析中央氣象局 1997~2006 年 5~6 月每 3 小時之地面天氣圖，以確定臺灣與鄰近地區的鋒面位置，結果顯示有 54、50 及 46 道鋒面分別通過分區 13、14 及 15。之後，以各分區地理位置中心點為準，將鋒面通過該點時間定為 t_0 （即 $t = 0$ ），分析鋒面過境前後 24 小時內，各分區逐時降水分布特徵，以建立鋒面降水之中尺度氣候預報值。最後，再以 2007 年與 2008 年之梅雨季鋒面過境個案，分別有 11、8 及 8 道鋒面過境分區 13、14 及 15，校驗氣候值法與不同持續法之誤差，以了解氣候值法之預報能力。

本文降雨機率定義為「若某分區之所有測站在某時刻皆無降雨，則該分區在該時刻之降雨機率即為 0，否則即為 1」。降雨強度之計算方式為各分區之所有測站在該時刻之平均降雨量；另外考慮到降雨強度不大時，數值上之小差異即造成

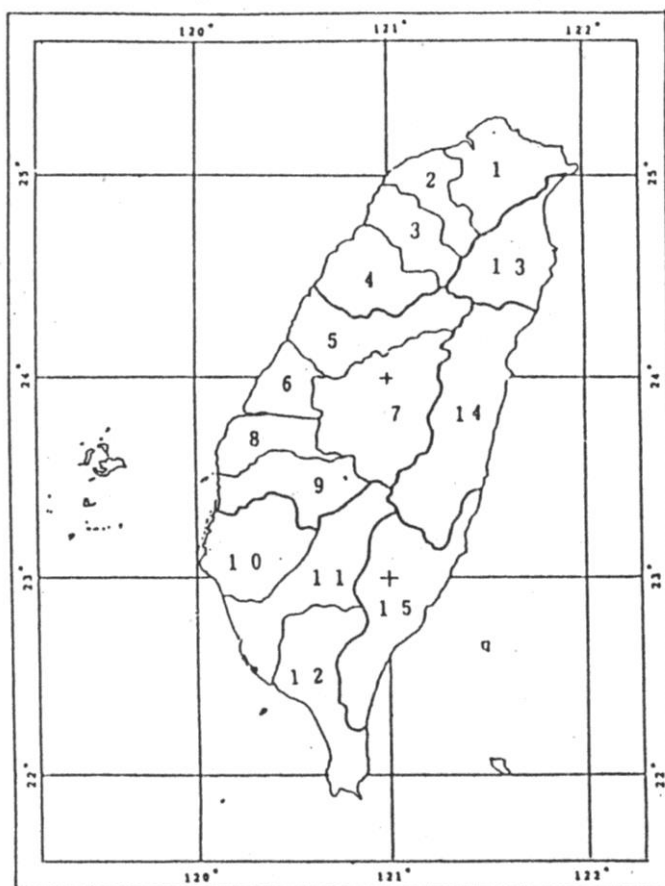


圖 1 Post-TAMEX 預報實驗 0~3 小時預報之 15 個預報區，分區 13、14 及 15 分別為宜蘭縣、花蓮縣及台東縣（陳與謝 1992）。

較大的誤差，故在各分區逐時挑選於該時刻降雨強度大小排名前 50% 之測站，另行合成並探討其降雨強度預報誤差。本文豪（大）雨係依陳與王（2008）之定義，即當時雨量 $\geq 15 \text{ mm}$ 且自該小時起算之累積降雨量 (a) $\geq 130 \text{ mm}/24 \text{ 小時}$ ，定為 A 型豪雨；(b) $\geq 50 \text{ mm}/12 \text{ 小時}$ ，但 $< 130 \text{ mm}/24 \text{ 小時}$ ，定為 B 型豪雨；(c) $\geq 50 \text{ mm}/24 \text{ 小時}$ ，但 $< 130 \text{ mm}/24 \text{ 小時}$ ，定為 C 型大雨。當時雨量 $\geq 15 \text{ mm}$ 時，若該時刻起算 24 小時之累積降雨量 $\geq 130 \text{ mm}$ ，則記為一次 A 型豪雨之事件，再自 24 小時後開始尋找下一個豪雨事件。且 B 型豪雨條件裡的 $\geq 50 \text{ mm}/12 \text{ 小時}$ 係指 24 小時

內任一連續的 12 小時時段之累積降雨量是否達 50 mm 而定。文中所謂豪（大）雨發生機率，係指在各小時之發生次數佔鋒面過境前後各 24 小時期間總發生次數之百分比而言。

為了解氣候值法之預報能力，以預報起始時間前 1 小時、前 3 小時、前 6 小時及前 12 小時降水觀測值，分別作為不同持續法 (persistence technique; PT) 之預報值，並比較氣候值法與持續法兩者之預報誤差。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。在持續法裡，PT01

係指以預報起始前 1 小時之觀測值做為未來之預報值，PT03 係指以預報起始前 3 小時之觀測值做為未來之預報值，其餘亦同。在此持續法之觀測值係指校驗年梅雨鋒面過境前後之降雨強度、降雨機率或豪（大）雨發生機率而言，而氣候值法則以鋒面過境前後之氣候值做為預報值。降雨量誤差分析以觀測（O）值與預報值（F）之絕對誤差為準（ $|O - F|$ ），機率預報差以誤差之平方為準（ $|O - F|^2$ ），而鋒面過境前後不同時段之誤差則以期間各小時之平均誤差求得。

三、各分區之鋒面降水氣候值

（一）降雨機率

圖 2 為分區 13-15 於 1997~2006 年 5~6 月梅雨鋒面過境前後 24 小時內降雨機率之時間分布，顯見各分區降雨機率在鋒面過境後皆較過境前為高，分區 13、14 及 15 分別在過境前 11 小時、14 小時及 14 小時出現最小值，隨後逐漸增大，各分區在過境時與之後 2 小時間之相對大值均相當顯著。分區 13 於過境後 8 小時出現最高值，過境後 2 小時出現相對大值；分區 14 於過境後 2 小時與 13 小時出現最高值；分區 15 於過境後 15 小時出現最高值，過境後 2 小時亦出現相對大值。在各分區之中，鋒面通過前之降雨機率除分區 13 外，在 13~15 小時時段皆出現最小值。鋒面通過後之降雨機率各時段皆以分區 15 為最小，且絕大部分 < 60%，顯示鋒面移至東南部後降雨機率明顯較東北部與東部為低。

（二）降雨強度

梅雨鋒面過境前後各 24 小時期間，分區 13-15 所有測站之平均降雨強度（深色直條）與降雨強度大小排名前 50% 測站之平均降雨強度

（深色+淺色直條）逐時分布，如圖 3 所示。顯見各分區平均降雨強度與前 50% 測站之平均降雨強度，鋒面過境後幾皆有較過境前為大之特徵，特別是分區 13 更為顯著。過去的研究均顯示，鋒面過境臺灣地區時，較大雨勢常出現於盛行西南風之迎風面，即較大降雨以中南部山區為主，顯示梅雨鋒面通過前，臺灣主要山脈在盛行西南氣流迎風面提供舉升機制，並扮演東部地區背風面水氣屏障之重要角色（陳與楊 1988；紀 2006；Yeh and Chen 1998）。圖 3 與李等（2009）之研究結果相似，後者顯示臺灣東部流域較大降雨主要出現於鋒面過境後，唯累積降雨量普遍較西部流域為低，主要乃因東部位於西南季風背風區之故。分區 13、14 及 15 分別於鋒面過境前 23 小時、16 小時及 24 小時出現最小值，隨後逐漸增加並分別於鋒面過境後 7 小時、15 小時及 22 小時出現最高值，於鋒面過境時、過境後 1 小時與過境後 15 小時出現次高值。鋒面通過後各分區之降雨強度大小亦與降雨機率相似，幾皆以分區 15 為最小，並有由北往南逐漸減小之趨勢。鋒後較鋒前有較大之降雨機率與降雨強度顯示，梅雨鋒之舉升作用在東部地區降雨扮演重要角色。

（三）豪（大）雨發生機率

圖 4 與圖 5 分別為分區 13-15 之 A 型+B 型豪雨與 C 型大雨於梅雨鋒面過境前後之發生機率逐時分布，顯見各分區 A 型+B 型豪雨於鋒面過境前後皆可能發生。分區 13 豪雨發生機率於過境前 3 小時出現最大值，過境前 9 小時與 4 小時出現次大值，鋒面過境後 8 小時有另一次高值出現；分區 14 在過境前 11 小時與 10 小時、過境後 3 小時、8 小時及 17 小時均出現最大值；分區 15 最大值在過境後 14 小時與 16 小時出現，次大值則出現在鋒面過境前 21 小時與 2 小時、過境後

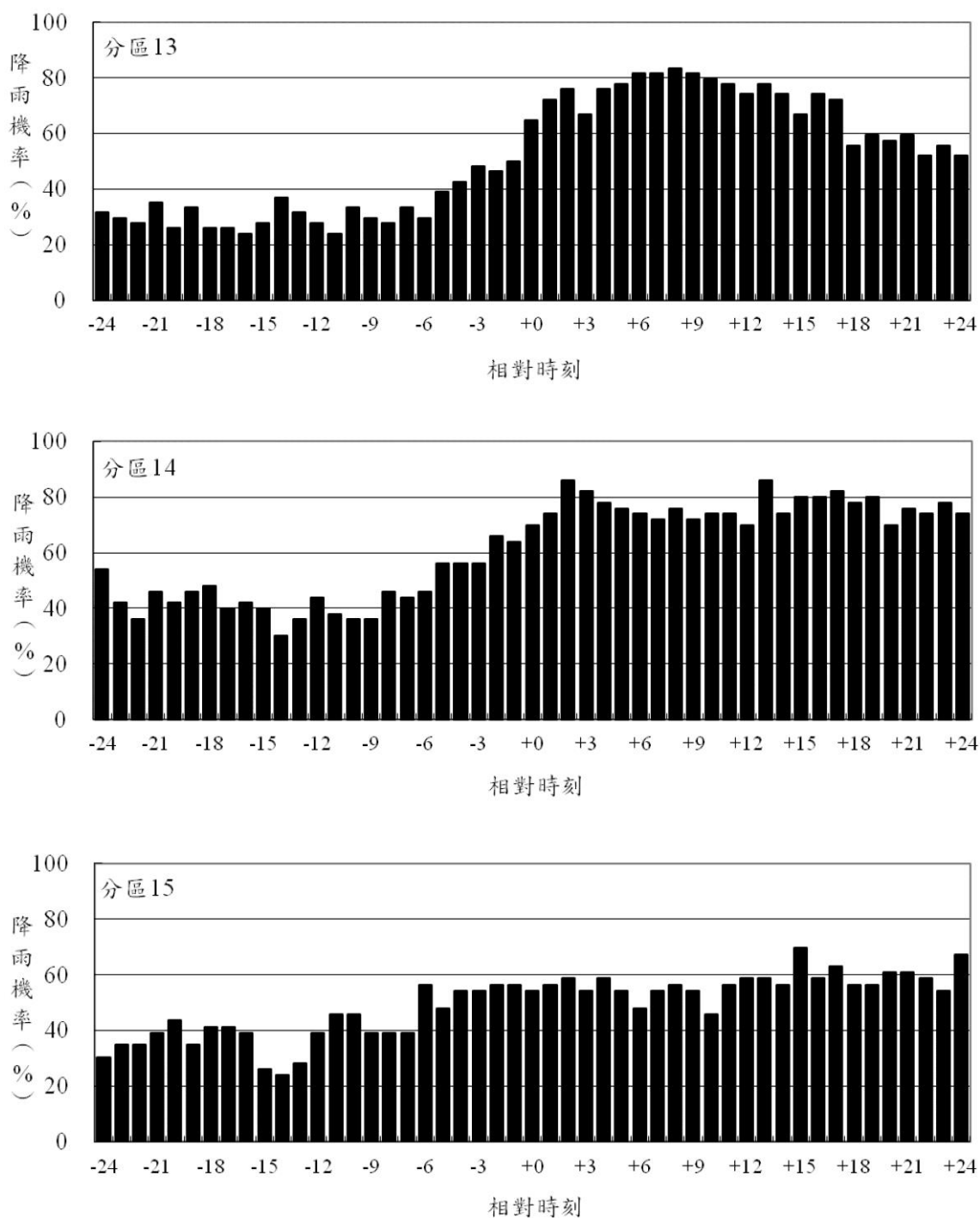


圖 2 1997~2006 年 5~6 月鋒面過境分區 13-15 前(負)後(正)各 24 小時內之逐時降雨機率時間分布。

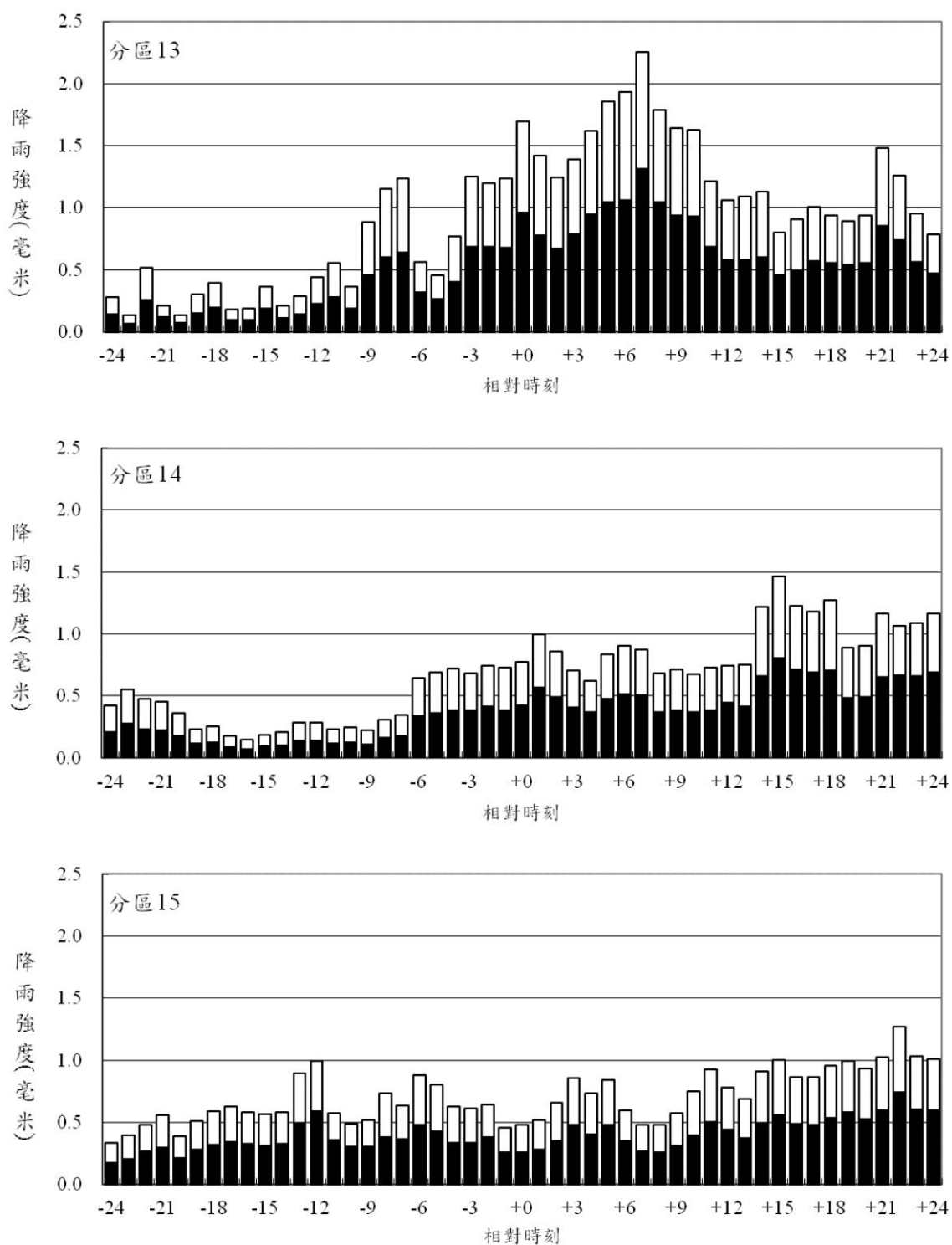


圖 3 1997~2006 年 5~6 月鋒面過境分區 13-15 前（負）後（正）各 24 小時內之分區內全部測站（深色）與分區內降雨強度前 50%之測站（深色加淺色）的逐時平均降雨強度（毫米）時間分布。

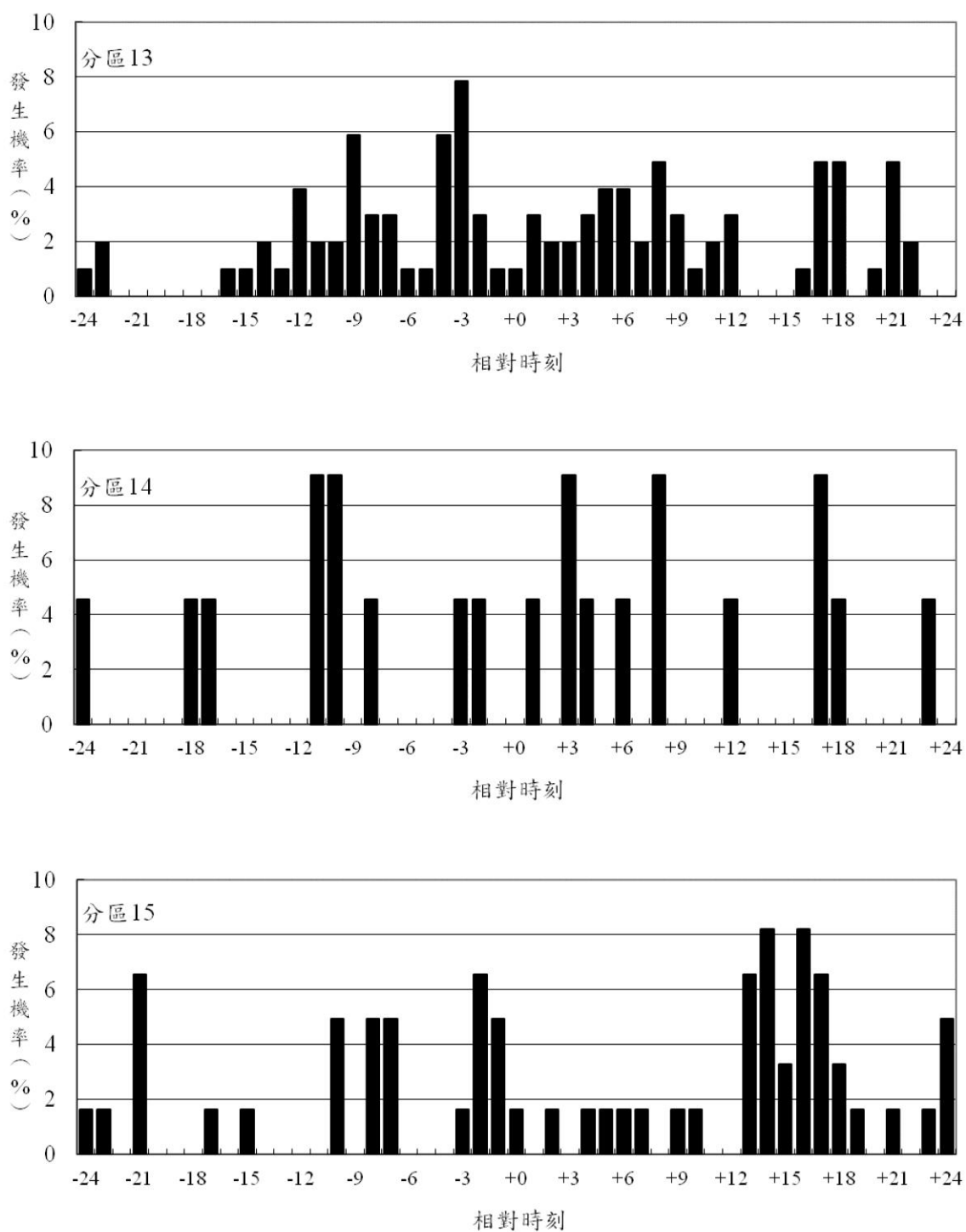


圖 4 1997~2006 年 5~6 月鋒面過境分區 13-15 前(負)後(正)各 24 小時內之 A+B 型豪雨發生機率時間分布。

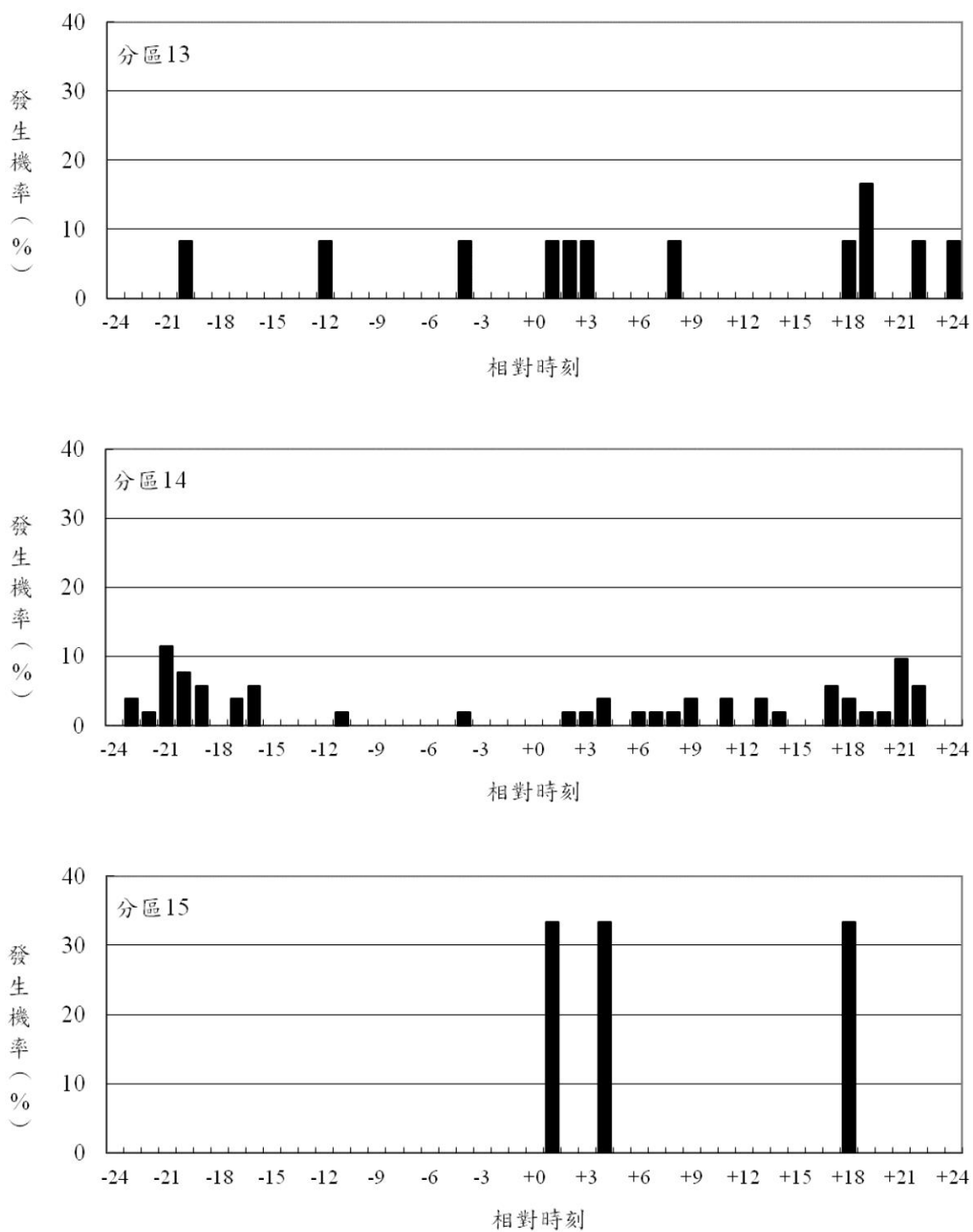


圖 5 1997~2006 年 5~6 月鋒面過境分區 13-15 前（負）後（正）各 24 小時內之 C 型大雨發生機率時間分布。

13 小時與 17 小時。顯然，豪雨於各分區在鋒面過境前後皆可發生，且鋒前亦可出現最大或相對最大機率，此與臺灣中南部地區豪雨發生機率大異其趣，該區豪雨機率於鋒面過境時增大，並於過境後達最大，而各分區於鋒前出現機率均小(陳與張，2000)。

各分區 C 型大雨發生機率皆不高且在時間上傾向隨機分布，鋒面過境時之變化趨勢各分區並不明顯，但有過境後較過境前機率高之勢。分區 13 C 型大雨發生機率於過境後 19 小時出現最大值；分區 14 在過境前 21 小時出現最大值，在過境後 21 小時出現次大值；分區 15 僅僅在過境後 1、4 及 18 小時有 C 型大雨發生。

四、預報校驗

(一) 2007 年 5~6 月梅雨季

在 2007 年梅雨季期間，分別計有 6、4 及 4 道鋒面通過臺灣東部地區之 13、14 及 15 分區，以鋒面過境前後各 24 小時之降水觀測值，分別作為預報起始時間前 1 小時 (PT01)、前 3 小時 (PT03)、前 6 小時 (PT06) 及前 12 小時 (PT12) 等不同持續法之預報值，分析氣候值法 (CL) 與上述各種持續法 (PT) 在各分區、各時段降雨機率、降雨強度及豪 (大) 雨發生機率之預報能力，以及鋒面過境前、過境後及鋒面過境前後期間之平均預報能力。

1. 降雨機率

表一為 2007 年 5~6 月各道鋒面過境分區 13、14 及 15 前 (負) 後 (正)，各鋒面個案平均在不同時段之氣候值法與不同持續法之平均降雨機率預報誤差。從各鋒面個案分析顯示 (表未示)，在各分區 CL 法之各個鋒面個案間存在著降

雨機率預報誤差之差異，顯示鋒面系統間之降雨時空分布特徵有所差異。平均而言，分區 13 之 CL 法在所有時段均僅較 PT01 法為差，而較其他 PT 法為佳。分區 14 之 CL 法在鋒前-12~-6 小時時段較所有 PT 法為佳，除在鋒後+7~+12 與 +1~+12 小時時段較 PT01 與 PT03 法為差之外，其餘各時段則均僅較 PT01 法為差。分區 15 之 CL 法在鋒前-12~-6 小時時段較所有 PT 法為差，但在鋒前-5~0 小時時段則較所有 PT 法為佳，其餘時段則皆較 PT01 法為差，但皆較 PT06 與 PT12 法為佳，和 PT03 法比較則優劣互見。

由此平均降雨機率預報誤差顯示，CL 法在臺灣東部三個分區之預報能力，不論鋒前或鋒後幾乎均較 6 小時與 12 小時之持續法 (PT06 與 PT12) 為佳，且大多較 3 小時持續法 (PT03) 為佳，特別在分區 13 之各時段皆然。顯然，氣候值法在 2007 年梅雨季之降雨機率預報，不論鋒前鋒後均幾較 PT03 與 PT06 之持續法預報為佳，即在預報缺口 3~6 小時預報期間之降雨機率預報氣候值法具有預報參考價值。

2. 降雨強度

分區 13、14 及 15 於 2007 年 5~6 月各道鋒面過境前 (負) 後 (正)，各鋒面個案平均在不同時段之氣候值法 (CL) 與不同持續法 (PT) 之平均降雨強度預報誤差，如表二所示。分區 13 之 CL 法在所有時段皆較所有 PT 法為差。分區 14 之 CL 法僅在鋒後+7~+12 小時時段較 PT06 與 PT12 法為佳，其餘時段均較所有 PT 法為差。分區 15 之 CL 法則在鋒後+1~+6 小時時段較 PT06 與 PT12 法為佳，在鋒後+1~+12 小時時段較 PT12 法為佳，其餘時段均較所有 PT 法為差。在不同時段，氣候值法與利用降雨強度排名前 50 % 測站之平均降雨強度之不同持續法預報誤差 (表略)

表一 2007 年 5~6 月各個案鋒面過境臺灣東部 13、14 及 15 分區前（負）後（正），不同時段不同方法之平均降雨機率預報誤差。CL 為氣候值法，PT01、PT03、PT06 及 PT12 分別為利用前 1、前 3、前 6 及前 12 小時觀測資料之持續法，其中 PT 法較 CL 法表現佳者以粗體字呈現。

	時段	CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 13	-12 ~ -6	13.92	11.90	16.67	26.19	19.05
	-5 ~ 0	20.96	19.44	41.67	44.44	41.67
	+1 ~ +6	22.51	19.44	41.67	55.56	61.11
	+7 ~ +12	13.60	11.11	13.89	22.22	72.22
	-12 ~ 0	17.17	15.38	28.21	34.62	29.49
	+1 ~ +12	18.06	15.28	27.78	38.89	66.67
	-12 ~ +12	17.60	15.33	28.00	36.67	47.33
	-12 ~ +24	19.47	12.16	23.42	32.88	44.59
分區 14	-12 ~ -6	25.34	28.57	28.57	39.29	39.29
	-5 ~ 0	22.43	16.67	25.00	29.17	45.83
	+1 ~ +6	14.89	12.50	16.67	29.17	33.33
	+7 ~ +12	7.33	0.00	4.17	16.67	37.50
	-12 ~ 0	24.00	23.08	26.92	34.62	42.31
	+1 ~ +12	11.11	6.25	10.42	22.92	35.42
	-12 ~ +12	17.81	15.00	19.00	29.00	39.00
	-12 ~ +24	16.41	15.54	17.57	25.00	34.46
分區 15	-12 ~ -6	19.11	10.71	10.71	7.14	17.86
	-5 ~ 0	22.53	29.17	54.17	62.50	70.83
	+1 ~ +6	21.95	12.50	20.83	45.83	75.00
	+7 ~ +12	25.18	20.83	16.67	29.17	50.00
	-12 ~ 0	20.69	19.23	30.77	32.69	42.31
	+1 ~ +12	23.57	16.67	18.75	37.50	62.50
	-12 ~ +12	22.07	18.00	25.00	35.00	52.00
	-12 ~ +24	23.03	15.54	24.32	36.49	52.03

表二 同表一，但為平均降雨強度預報誤差。

	時段	CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 13	-12 ~ -6	0.38	0.01	0.02	0.06	0.01
	-5 ~ 0	0.55	0.07	0.07	0.07	0.12
	+1 ~ +6	0.85	0.46	0.64	0.65	0.68
	+7 ~ +12	0.79	0.42	0.59	0.70	0.50
	-12 ~ 0	0.46	0.04	0.05	0.07	0.06
	+1 ~ +12	0.82	0.44	0.62	0.68	0.59
	-12 ~ +12	0.63	0.23	0.32	0.36	0.31
	-12 ~ +24	0.68	0.26	0.42	0.56	0.52
分區 14	-12 ~ -6	0.23	0.11	0.14	0.13	0.18
	-5 ~ 0	0.33	0.06	0.10	0.12	0.06
	+1 ~ +6	0.35	0.10	0.13	0.12	0.19
	+7 ~ +12	0.51	0.27	0.46	0.53	0.53
	-12 ~ 0	0.28	0.09	0.12	0.12	0.12
	+1 ~ +12	0.43	0.19	0.30	0.32	0.36
	-12 ~ +12	0.35	0.14	0.21	0.22	0.24
	-12 ~ +24	0.47	0.20	0.33	0.43	0.40
分區 15	-12 ~ -6	0.38	0.02	0.02	0.01	0.02
	-5 ~ 0	0.26	0.13	0.15	0.13	0.14
	+1 ~ +6	0.75	0.39	0.74	0.87	0.87
	+7 ~ +12	1.08	0.34	0.68	0.51	0.98
	-12 ~ 0	0.33	0.08	0.08	0.07	0.07
	+1 ~ +12	0.91	0.37	0.71	0.69	0.93
	-12 ~ +12	0.61	0.22	0.38	0.37	0.48
	-12 ~ +24	0.61	0.23	0.44	0.50	0.54

顯示結果與所有測站平均降雨強度相同。

整體而言，CL 法在 2007 年梅雨季臺灣東部三個分區之降雨強度預報上，僅於分區 14 的鋒後 +7~+12 小時時段，以及分區 15 的鋒後+1~+6 與+1~+12 小時時段，具有 6~12 小時預報期間之預報能力。

3. 豪（大）雨發生機率

(1) A 型 + B 型豪雨

表三為分區 13、14 及 15 於 2007 年 5~6 月各道鋒面過境前後，A+B 型豪雨發生機率氣候值法與不同持續法之平均預報誤差。分區 13 之 CL 法有過半數時段較所有 PT 法為佳，分別是鋒後+1~+6、+7~+12、+1~+12 以及鋒面過境期間-12~+12 及-12~+24 小時等時段。分區 14 因僅於第 4 道鋒面過境時發生 2 次 A+B 型豪雨，故 CL 法除鋒面過境期間-12~+24 小時時段外，普遍不如所有 PT 法，但 CL 法之誤差也在一定範圍之內。至於分區 15 則有四個時段較所有 PT 法為佳，分別是鋒後+1~+6、+1~+12 以及鋒面過境-12~+12 及-12~+24 小時時段，在鋒後+7~+12 小時時段亦較 PT03 與 PT06 法為佳。顯然，2007 年梅雨季氣候值法在分區 13 與 15 預報缺口 3~6 小時具有預報參考價值。

(2) C 型大雨

鋒面過境前後，分區 13、14 及 15 之 C 型大雨發生機率之平均預報誤差（表略）顯示，分區 13 之 CL 法在鋒後時段，特別是鋒後+7~+12 小時時段，預報表現較 PT01 與 PT03 法為優，且在鋒面過境-12~+24 小時時段較所有 PT 法為佳。至於分區 14 與 15 因 2007 年梅雨季鋒面過境期間均無 C 型大雨發生，故 CL 法的預報誤差當較所有 PT 法為大。

(二) 2008 年 5~6 月梅雨季

在 2008 年梅雨季期間，分別計有 5、4 及 4 道鋒面通過臺灣東部地區之 13、14 及 15 分區，分析氣候值法（CL）與各種持續法（PT）在各分區、各時段降雨機率、降雨強度及豪（大）雨發生機率之平均預報能力，以及鋒面過境前、過境後及鋒面過境前後期間之平均預報能力。

1. 降雨機率

表四為 2008 年 5~6 月各道鋒面過境分區 13、14 及 15 前（負）後（正），各鋒面個案平均在不同時段之氣候值法與不同持續法之平均降雨機率預報誤差。分區 13 之 CL 法在鋒前-12~-6 小時時段較所有 PT 法為佳，在鋒前-12~0 小時時段除 PT01 法外，亦較其他各 PT 法為佳；在鋒後時段（+1~+6、+7~+12 及+1~+12 小時）較 PT01 與 PT03 法為差，但較其他 PT 法為佳，其餘各時段則均較 PT03、PT06 及 PT12 法為佳。顯然，在分區 13 不論鋒前鋒後 CL 法除 PT01 法外，大多較其他各 PT 法為佳。分區 14 之 CL 法在鋒前時段（-12~-6、-5~0 及-12~0 小時）較所有 PT 法為佳，但在鋒後+7~+12 小時時段則僅較 PT12 法為佳，其餘時段則均僅較 PT01 法為差。顯然，在分區 14 不論鋒前鋒後 CL 法除 PT01 法外，大多較其他各 PT 法為佳。分區 15 之 CL 法在鋒前-12~-6 與-12~0 小時時段較所有 PT 法為差，在鋒後+7~+12 與+1~+12 小時時段較所有 PT 法為佳，其餘時段和 PT03 法則優劣互見。顯然，CL 法在分區 15 鋒後具有各預報期限之預報能力。

由此平均降雨機率預報誤差顯示，CL 法不論在分區 13 或 14，鋒前或鋒後大多具有 3 小時以上的預報能力，分區 15 則鋒後具有各預報期限之

表三 同表一，但為 A+B 型豪雨發生機率之預報誤差。

	時段	CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 13	-12 ~ -6	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5 ~ 0	0.85	0.69	0.69	0.69	0.69
	+1 ~ +6	3.27	3.47	4.86	4.17	3.47
	+7 ~ +12	0.08	2.78	2.78	3.47	0.69
	-12 ~ 0	0.45	0.32	0.32	0.32	0.32
	+1 ~ +12	1.67	3.13	3.82	3.82	2.08
	-12 ~ +12	1.04	1.67	2.00	2.00	1.17
	-12 ~ +24	0.72	1.13	1.35	1.35	1.35
分區 14	-12 ~ -6	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5 ~ 0	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1 ~ +6	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	+7 ~ +12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	-12 ~ 0	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1 ~ +12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	-12 ~ +12	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	-12 ~ +24	0.38	0.34	0.68	0.68	0.34
分區 15	-12 ~ -6	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5 ~ 0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1 ~ +6	1.49	2.08	2.34	1.56	1.56
	+7 ~ +12	0.06	0.00	0.26	1.56	0.00
	-12 ~ 0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1 ~ +12	0.77	1.04	1.30	1.56	0.78
	-12 ~ +12	0.37	0.50	0.63	0.75	0.38
	-12 ~ +24	0.31	0.34	0.42	0.51	0.51

表四 2008 年 5~6 月 5 道鋒面過境臺灣東部 13、14 及 15 分區前（負）後（正），不同時段不同方法之平均降雨機率預報誤差。CL 為氣候值法，PT01、PT03、PT06 及 PT12 分別為利用前 1、前 3、前 6 及前 12 小時觀測資料之持續法，其中 PT 法較 CL 法表現佳者以粗體字呈現。

	時段	CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 13	-12 ~ -6	17.08	17.14	28.57	17.14	40.00
	-5 ~ 0	24.52	23.33	43.33	43.33	30.00
	+1 ~ +6	24.74	20.00	23.33	36.67	66.67
	+7 ~ +12	16.09	0.00	10.00	30.00	66.67
	-12 ~ 0	20.51	20.00	35.38	29.23	35.38
	+1 ~ +12	20.41	10.00	16.67	33.33	66.67
	-12 ~ +12	20.46	15.20	26.40	31.20	50.40
	-12 ~ +24	20.98	14.59	23.78	28.11	47.57
分區 14	-12 ~ -6	21.35	28.57	32.14	32.14	28.57
	-5 ~ 0	22.62	25.00	45.83	50.00	45.83
	+1 ~ +6	4.47	0.00	12.50	41.67	75.00
	+7 ~ +12	7.33	0.00	0.00	0.00	41.67
	-12 ~ 0	21.94	26.92	38.46	40.38	36.54
	+1 ~ +12	5.90	0.00	6.25	20.83	58.33
	-12 ~ +12	14.24	14.00	23.00	31.00	47.00
	-12 ~ +24	12.02	11.49	17.57	22.97	33.11
分區 15	-12 ~ -6	20.49	7.14	10.71	7.14	3.57
	-5 ~ 0	26.11	20.83	33.33	25.00	25.00
	+1 ~ +6	25.57	20.83	29.17	41.67	58.33
	+7 ~ +12	21.74	29.17	25.00	62.50	70.83
	-12 ~ 0	23.08	13.46	21.15	15.38	13.46
	+1 ~ +12	23.66	25.00	27.08	52.08	64.58
	-12 ~ +12	23.36	19.00	24.00	33.00	38.00
	-12 ~ +24	22.54	14.19	18.24	25.68	40.54

預報能力，鋒前則無。顯然，氣候值法在 2008 年梅雨季預報缺口 3~6 小時預報期限，分區 13 與 14 不論鋒前或鋒後均具預報能力，在分區 15 則鋒前雖無但鋒後亦有些預報能力。若以鋒面過境前後各 12 小時之平均而言，CL 法在各分區在預報缺口 3~6 小時均有降雨機率預報能力。

2. 降雨強度

分區 13、14 及 15 於 2008 年 5~6 月各道鋒面過境前後，在不同時段之氣候值法（CL）與不同持續法（PT）之平均降雨強度預報誤差，如表五所示。分區 13 之 CL 法在所有時段幾皆較所有 PT 法為差，唯在鋒前-12~-6 小時時段則僅較 PT12 法為佳。分區 14 之 CL 法在鋒前各時段均較所有 PT 法為差，鋒後各時段僅在+1~+6 小時時段較 PT03、PT06 及 PT12 法為佳，+7~+12 與 +1~+12 小時時段較 PT06 與 PT12 法為佳。分區 15 之 CL 法皆較所有 PT 法為差，僅於鋒後+7~+12 小時時段等於 PT06 法。顯然，2008 年梅雨季氣候值法在降雨強度預報上，在各分區預報參考價值有限。

在不同時段之氣候值法與利用降雨強度排名前 50%測站之平均降雨強度之不同持續法預報誤差（表略）顯示，分區 13 之 CL 法在鋒前鋒後之所有時段皆較所有 PT 法為差。分區 14 之 CL 法於鋒後+1~+6 小時時段較 PT03、PT06 及 PT12 法為佳，於鋒後+7~+12 與+1~+12 小時時段較 PT06 與 PT12 法為佳，而鋒前時段則均較所有 PT 法為差，在鋒面過境-12~+24 小時時段則較 PT06 為佳但等於 PT12 法。分區 15 之 CL 法在鋒前鋒後之所有時段皆較所有 PT 法為差，僅在鋒後+7~+12 小時時段較 PT06 與 PT12 法為佳。顯然，2008 年梅雨季氣候值法在降雨強度預報上，即使

與前 50 % 降雨強度之 PT 法比較，亦僅在分區 14 有較佳表現，在分區 13 與 15 則預報參考價值有限。

整體而言，CL 法在 2008 年梅雨季臺灣東部三個分區之降雨強度預報上，僅在分區 14 鋒後期間 3~6 小時預報缺口較具預報參考價值。

3. 豪（大）雨發生機率

(1) A 型+B 型豪雨

表六為分區 13、14 及 15 於 2008 年 5~6 月各道鋒面過境前後，A+B 型豪雨發生機率氣候值法與不同持續法之平均預報誤差。分區 13 之 CL 法在鋒後+7~+12 小時與鋒面過境-12~+24 小時時段較所有 PT 法為佳，在鋒後+1~+12 小時與鋒面過境-12~+12 小時時段亦較 PT01 與 PT03 法為佳。分區 14 之 CL 法在鋒後+1~+6、+1~+12 小時及鋒面過境-12~+24 小時時段較所有 PT 法為佳，在鋒後+7~+12 小時與鋒面過境-12~+12 小時時段亦較 PT01、PT03 及 PT06 法為佳。分區 15 則僅於第 4 道鋒面過境時發生 1 次 A+B 型豪雨，除 CL 法在鋒面過境-12~+24 小時時段較 PT01、PT03 及 PT06 法為佳之外，其他時段皆不如所有 PT 法，但 CL 法之誤差亦在一定範圍之內。顯然，在 2008 年梅雨季氣候值法在分區 13 與 14，不論鋒前或鋒後在預報缺口 3~6 小時均具有預報參考價值。

(2) C 型大雨

因 2008 年梅雨季鋒面過境期間三個分區皆未發生 C 型大雨事件，在三個分區之 CL 法預報恰如預期表現均不如各種 PT 法，但 CL 法之誤差亦在一定範圍之內。

表五 同表四，但為平均降雨強度預報誤差。

	時段	CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 13	-12 ~ -6	0.35	0.04	0.07	0.07	0.37
	-5 ~ 0	0.56	0.14	0.19	0.21	0.14
	+1 ~ +6	0.78	0.30	0.35	0.46	0.50
	+7 ~ +12	0.74	0.41	0.73	0.55	0.64
	-12 ~ 0	0.45	0.09	0.12	0.13	0.26
	+1 ~ +12	0.76	0.36	0.54	0.51	0.57
	-12 ~ +12	0.60	0.22	0.32	0.31	0.41
	-12 ~ +24	0.54	0.19	0.29	0.35	0.47
分區 14	-12 ~ -6	0.16	0.01	0.01	0.01	0.01
	-5 ~ 0	0.33	0.07	0.11	0.11	0.11
	+1 ~ +6	0.26	0.14	0.28	0.28	0.29
	+7 ~ +12	0.41	0.28	0.36	0.44	0.46
	-12 ~ 0	0.24	0.04	0.05	0.06	0.06
	+1 ~ +12	0.34	0.21	0.32	0.36	0.38
	-12 ~ +12	0.29	0.12	0.18	0.20	0.21
	-12 ~ +24	0.44	0.21	0.37	0.46	0.43
分區 15	-12 ~ -6	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5 ~ 0	0.34	0.04	0.08	0.07	0.07
	+1 ~ +6	0.31	0.10	0.16	0.19	0.16
	+7 ~ +12	0.26	0.11	0.18	0.26	0.23
	-12 ~ 0	0.36	0.02	0.04	0.04	0.04
	+1 ~ +12	0.28	0.10	0.17	0.23	0.20
	-12 ~ +12	0.33	0.06	0.10	0.13	0.11
	-12 ~ +24	0.47	0.16	0.29	0.40	0.34

表六 同表四，但為 A+B 型豪雨發生機率之預報誤差。

	時段	CL	PT01	PT03	PT06	PT12
分區 13	-12~-6	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5~ 0	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1~+6	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	+7~+12	3.29	6.67	6.67	3.33	3.33
	-12~ 0	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1~+12	1.69	3.33	3.33	1.67	1.67
	-12~+12	0.88	1.60	1.60	0.80	0.80
	-12~+24	0.62	1.08	1.08	1.08	1.08
分區 14	-12~-6	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5~ 0	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1~+6	0.47	0.78	0.52	0.52	0.52
	+7~+12	1.06	2.34	2.60	1.56	1.04
	-12~ 0	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1~+12	0.76	1.56	1.56	1.04	0.78
	-12~+12	0.42	0.75	0.75	0.50	0.38
	-12~+24	0.36	0.51	0.51	0.51	0.51
分區 15	-12~-6	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5~ 0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1~+6	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	+7~+12	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	-12~ 0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	+1~+12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	-12~+12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
	-12~+24	0.75	1.35	1.35	1.35	0.68

(三) 小結

本文以 1997~2006 年 5~6 月 10 年資料建立鋒面過境臺灣東部地區分區 13、14、15 之中尺度氣候值，並以 2007 和 2008 年 5~6 月之觀測值進行預報校驗，以探討氣候值法與不同持續法於鋒面過境前後之降雨機率、降雨強度及豪（大）雨發生機率之預報誤差。茲以氣候值法（CL）與不同持續法（PT）於鋒面過境前後不同時段之預報能力比較分析如下。

由表七所示 2007 年氣候值法與不同持續法對於鋒前 12 小時~鋒後 24 小時時段（-12~+24 小時）之預報能力顯見，CL 法表現較佳之項目為降雨機率，三分區皆僅較 PT01 法為差；A+B 型豪雨發生機率分區 13 與 15 CL 法皆較所有 PT 法為佳，分區 14 亦具 3 小時以上之預報能力；C 型大雨發生機率分區 13 CL 法較所有 PT 法為佳，分區 14 和 15 則皆較所有 PT 法為差；三分區之降雨強度 CL 法皆較所有 PT 法為差。2008 年（表八）表現較佳之項目亦為降雨機率，分區 13 與 14 CL 法皆僅較 PT01 法為差，分區 15 有 6 小時之預報能力；A+B 型豪雨發生機率分區 13 與 14 CL 法皆較所有 PT 法為佳；三分區 C 型大雨發生機率與降雨強度 CL 法皆較所有 PT 法為差。此兩年校驗顯示，CL 法在各分區鋒面過境期間之預報能力雖有年際差異，但對降雨機率而言，在 3~6 小時預報缺口均具預報參考應用價值；對豪（大）雨而言，除分區 15 因 2008 年僅發生一次 A+B 型豪雨而各分區該兩年皆少 C 型大雨，導致 CL 法對該年豪（大）雨預報能力較差恰如預期外，CL 法在 A+B 型豪雨方面在 3~6 小時預報缺口亦具有預報參考價值。

由表九所示 2007 年各分區鋒前 12 小時~鋒

面過境時時段（-12~0 小時）之預報能力顯見，CL 法表現較佳之項目為降雨機率，三分區 CL 法均具有 3 小時以上預報能力，但在各分區鋒前 CL 法均無豪（大）雨與降雨強度預報能力。2008 年（表十）表現較佳之項目亦為降雨機率，CL 法在分區 13 與 14 分別具 3 小時與 1 小時以上預報能力，但分區 15 則無預報能力。此兩年之校驗顯示，CL 法在各分區鋒面過境前之預報能力雖有年際差異，但對降雨機率而言，在 3~6 小時預報缺口具有預報參考價值，但對在豪（大）雨與降雨強度，則無預報能力。

由表十一所示 2007 年各分區鋒後 1 小時~鋒後 12 小時時段（+1~+12 小時）之預報能力顯見，CL 法表現較佳之項目為降雨機率與 A+B 型豪雨。對降雨機率而言，CL 法在分區 13 具有 3 小時以上預報能力，分區 14 與 15 則有 6-12 小時預報時段之預報能力；對 A+B 型豪雨發生機率而言，CL 法在分區 13 與 15 具有 1 小時以上預報能力，但在分區 14 則各時段皆無預報能力。CL 法在各分區之降雨強度與 C 型大雨之預報，參考價值較為有限。2008 年（表十二）CL 法表現較佳之項目亦為降雨機率與 A+B 型豪雨，在降雨機率方面分區 13、14 及 15 CL 法分別具 6 小時、3 小時及 1 小時以上之預報能力，在 A+B 型豪雨發生機率方面，CL 法在分區 13 與 14 分別具有 1-3 小時與 1 小時以上之預報能力，但在分區 15 則各時段皆無預報能力。CL 法在各分區之降雨強度與 C 型大雨之預報參考價值較為有限。此兩年之校驗顯示，CL 法在各分區鋒面過境後之預報能力雖有年際差異，但對降雨機率而言，各分區皆具有 6 小時以上之預報能力，豪雨發生次數較多時不同時段亦有預報參考價值，但對大雨與降雨強度則預報參考價值有限。

表七 2007 年 5~6 月臺灣東部分區 13、14、15 氣候值法 (CL) 與不同持續法 (PT。PT01、PT03、PT06 及 PT12 分別代表前 1、3、6 及 12 小時之持續法) 於鋒前 12 小時~鋒後 24 小時時段 (-12~+24 小時) 之預報能力比較。以“○”表示 CL 誤差小於 PT，代表其具有預報能力；以“×”表示 CL 誤差大於 PT，“=”表示 CL 誤差等於 PT。

項目	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	13	×	○	○	○
	14	×	○	○	○
	15	×	○	○	○
降雨強度 全部 / 前 50%	13	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	14	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	15	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
A+B 型豪雨	13	○	○	○	○
	14	×	○	○	×
	15	○	○	○	○
C 型大雨	13	○	○	○	○
	14	×	×	×	×
	15	×	×	×	×

表八 同表七，但為 2008 年。

項目	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	13	×	○	○	○
	14	×	○	○	○
	15	×	×	○	○
降雨強度 全部 / 前 50%	13	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	14	× / ×	× / ×	○ / ○	× / =
	15	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
A+B 型豪雨	13	○	○	○	○
	14	○	○	○	○
	15	×	×	×	○
C 型大雨	13	×	×	×	×
	14	×	×	×	×
	15	×	×	×	×

表九 2007 年 5~6 月臺灣東部分區 13、14、15 氣候值法 (CL) 與不同持續法 (PT。PT01、PT03PT06 及 PT12 分別代表前 1、3、6 及 12 小時之持續法) 於鋒前 12 小時~鋒面過境時時段 (-12~0 小時) 之預報能力比較。以“○”表示 CL 誤差小於 PT，代表其具有預報能力；以“×”表示 CL 誤差大於 PT，“=”表示 CL 誤差等於 PT。

項目	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	13	×	○	○	○
	14	×	○	○	○
	15	×	○	○	○
降雨強度 全部 / 前 50%	13	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	14	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	15	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
A+B 型豪雨	13	×	×	×	×
	14	×	×	×	×
	15	×	×	×	×
C 型大雨	13	×	×	×	×
	14	×	×	×	×
	15	=	=	=	=

表十 同表九，但為 2008 年。

項目	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	13	×	○	○	○
	14	○	○	○	○
	15	×	×	×	×
降雨強度 全部 / 前 50%	13	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	14	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	15	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
A+B 型豪雨	13	×	×	×	×
	14	×	×	×	×
	15	×	×	×	×
C 型大雨	13	×	×	×	×
	14	×	×	×	×
	15	=	=	=	=

表十一 2007 年 5-6 月臺灣東部分區 13、14、15 氣候值法 (CL) 與不同持續法 (PT。PT01、PT03、PT06 及 PT12 分別代表前 1、3、6 及 12 小時之持續法) 於鋒後 1 小時~鋒後 12 小時時段 (+1~+12 小時) 之預報能力比較。以“○”表示 CL 誤差小於 PT，代表其具有預報能力；以“×”表示 CL 誤差大於 PT，“=”表示 CL 誤差等於 PT。

項目	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	13	×	○	○	○
	14	×	×	○	○
	15	×	×	○	○
降雨強度 全部 / 前 50%	13	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	14	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	15	× / ×	× / ×	× / ×	○ / ○
A+B 型豪雨	13	○	○	○	○
	14	×	×	×	×
	15	○	○	○	○
C 型大雨	13	○	○	×	×
	14	×	×	×	×
	15	×	×	×	×

表表十二 同表十一，但為 2008 年。

項目	分區	PT01	PT03	PT06	PT12
降雨機率	13	×	×	○	○
	14	×	○	○	○
	15	○	○	○	○
降雨強度 全部 / 前 50%	13	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
	14	× / ×	× / =	○ / ○	○ / ○
	15	× / ×	× / ×	× / ×	× / ×
A+B 型豪雨	13	○	○	×	×
	14	○	○	○	○
	15	×	×	×	×
C 型大雨	13	×	×	×	×
	14	×	×	×	×
	15	×	×	×	×

整體而言，鋒面過境前 12 小時期間，CL 法之降雨機率在 3~6 小時預報缺口在各分區均具有預報參考應用價值，對豪（大）雨與降雨強度則無預報能力；鋒面過境後 12 小時期間 CL 法之降雨機率在 6 小時以上具有預報參考價值，對豪雨發生機率亦有不同時段預報參考價值，對大雨與降雨強度預報參考價值有限；在鋒面過境期間（前 12 小時至後 24 小時），CL 法之降雨機率在 3~6 小時預報缺口具有預報參考價值，對豪雨而言亦然。

陳與張（2000）及陳與張（2001）探討臺灣中南部與中北部地區梅雨季降水之中尺度氣候值法預報價值，顯示 CL 法之降雨機率在 6-12 小時時段具有預報能力，而 0~3 小時則無顯著預報能力，與東部地區校驗之結果有所不同，CL 法在東部地區之降雨機率在 3~6 小時預報缺口具有預報參考價值；在降雨強度方面，陳與張（2000）指出 CL 法在中南部地區 3~12 小時時段具有預報能力，但陳與張（2001）對中北部校驗結果亦如本文，CL 法無預報能力或預報參考價值有限，該文認為可能乃因梅雨鋒面強降雨易受中尺度對流系統、中尺度低壓、或低層噴流等中尺度過程影響，使降雨量在時間分佈上產生顯著差異；豪（大）雨發生機率方面，西部地區因校驗年度豪（大）雨發生機率小於氣候值或沒有發生，使氣候值法的預報能力皆較不同持續法為差，而東部地區 CL 法在鋒面過境期間時，豪（大）雨發生機率在 3~6 小時預報缺口具有預報參考價值。

五、總結

本文利用 1997~2006 年 5~6 月臺灣東部地區梅雨季鋒面過境前後之逐時降雨資料，分析臺灣東部地區分區 13、14 及 15 於鋒面過境前後之

降雨氣候特徵，包括降雨機率、降雨強度及豪（大）雨發生機率，以建立各分區之中尺度氣候值，並以 2007 年與 2008 年梅雨季鋒面過境前後之觀測資料進行校驗，以了解中尺度氣候值法在臺灣東部地區各分區於鋒面過境前 12 小時至後 24 小時內定量降水預報能力及其可應用性。結果可歸納為以下數點：

1. 各分區之降雨機率與降雨強度在鋒面過境後皆較過境前為高，且有由北往南遞減趨勢，顯見梅雨鋒之舉升作用在東部地區降雨扮演重要角色。
2. 各分區 A+B 型豪雨於鋒面過境前後皆可能發生，但鋒面過境後較過境前為大；各分區 C 型大雨發生機率皆不高且在時間上傾向隨機分佈，鋒面過境時之變化趨勢各分區並不明顯。
3. 鋒面過境前 12 小時期間，CL 法之降雨機率在 3~6 小時預報缺口在各分區均具有預報參考應用價值，對豪（大）雨與降雨強度則無預報能力。
4. 鋒面過境後 12 小時期間 CL 法之降雨機率在 6 小時以上具有預報參考價值，對豪雨發生機率亦有不同時段預報參考價值，對大雨與降雨強度預報參考價值有限。
5. 在鋒面過境期間（前 12 小時至後 24 小時），CL 法之降雨機率在 3~6 小時預報缺口具有預報參考價值，對豪雨而言亦然，但對降雨強度幾無預報能力。

利用 1997~2006 年 5~6 月臺灣東部地區梅雨季鋒面過境前後之 10 年氣候資料仍屬有限，但其結果已有可供預報參考應用之訊息，在臺灣東部地區中尺度氣候值法具有 3~6 小時預報能力，特別是在 3 小時之後持續法誤差普遍增加之

時，可彌補數值預報模式之預報缺口。在豪（大）雨方面，採用陳與王（2008）新修訂之豪（大）雨定義後，A+B 型豪雨發生機率之準確度已大幅提升，唯在 C 型大雨方面，因其發生次數較少，故預報準確度往往不如持續法。在降雨強度方面，因 2007 年與 2008 年梅雨鋒面降水強度較氣候值為弱，故氣候值法幾無預報能力，此為氣候值法之基本特徵與侷限性。

致謝

感謝楊進賢先生、邱嫚君小姐及吳連育先生之協助，本文在國科會專案計畫 NSC 102-2625-M-002-019（III）支助下完成。

參考文獻

- 紀水上，2006：臺灣的梅雨。財團法人中興工程科技研究發展基金會，65 頁。
- 李清勝、吳明進、王重傑及簡國基，2009：梅雨季及颱風期間之流域集水區定量降雨預報技術改進(2/3)。經濟部水利署，226 頁。
- 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，1985：「劇烈區域性豪雨觀測與分析實驗計劃」之可行性研究。國科會防災科技研究報告 73-42 號，32 頁。
- 陳泰然，1986：臺灣地區中尺度實驗計畫（TAMEX）之“實驗設計”。國科會防災科技研究報告 75-01 號，93 頁。
- 陳泰然，1994：臺灣梅雨季之豪雨研究，*大氣科學*，22，455-477。
- 陳泰然，2000：臺灣豪雨研究回顧與展望。科學發展月刊，28，103-106。
- 陳泰然，2005：發展並建立梅雨季豪大雨預報技術（0-36 小時）—子計畫：豪大雨與定量降水預報之中尺度氣候研究（I）。國科會防災科技研究報告，NSC 93-2625-Z-002-007，140 頁。
- 陳泰然與王子軒，2008：臺灣梅雨季豪（大）雨預報技術之發展與整合—子計畫：臺灣東部地區梅雨季豪（大）雨與定量降水預報之中尺度氣候研究（I）。國科會防災科技研究報告，NSC 96-2625-Z-002-003，95 頁。
- 陳泰然與王子軒，2010：梅雨季臺灣東部地區降雨與局部環流之研究。*大氣科學*，38，165-184。
- 陳泰然、王重傑及楊進賢，2002：臺灣梅雨季對流降水之時空分布特徵。*大氣科學*，30，83-98。
- 陳泰然與林宗嵩，1997：梅雨季臺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：臺灣中北部地區梅雨季鋒面降水中尺度氣候法之預報研究。*大氣科學*，29，361-378。
- 陳泰然與張子琦，2002：梅雨季臺灣中北部地區豪（大）雨之氣候特徵研究。*大氣科學*，30，171-186。
- 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。

- 陳泰然與楊進賢，1988：臺灣梅雨期之豪雨時空分布特徵。*大氣科學*，**16**，151-162。
- 陳泰然與謝信良，1992：臺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、陳來發與陳清得，1991：臺灣地區現階段豪（大）雨預報能力。*大氣科學*，**19**，177-188。
- 鄭明典與楊明仁，1998：臺灣地區定量降水預報之中尺度數值模擬研究（I）。國科會專題研究成果報告，NSC 87-2111-M-052-005，24 頁。
- 謝信良、林雨我及陳來發，1992：臺灣地區中尺度預報實驗設計研究（I）。國科會防災科技研究報告 80-30 號，73 頁。
- 謝信良、林雨我及陳來發，1993：臺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 MM5 模式之降水預報。第六屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，國科會，596-600。
- Chen, G. T. J., 1992: Mesoscale features observed in the Taiwan Mei-Yu season. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 497-516.
- Chen, G. T. J., 2004: Research on the phenomena of Mei-Yu during the past quarter century: An overview. World Scientific Series for Meteorology of East Asia Vol. 2, East Asian Monsoon, C. P. Chang, Ed., World Scientific Publishing Co., 357-403.
- Chien, F. C., Y. H. Kuo, and M. J. Yang, 2002: Precipitation forecast of MM5 in the Taiwan area during the 1998 Mei-Yu season. *Wea. Forecasting*, **17**, 739-754.
- Ciesielski, P. E., W. M. Chang, S. C. Huang, R. H. Johnson, B. J. D. Jou, W. C. Lee, P.H. Lin, C. H. Liu, and J. Wang, 2010: Quality-controlled upper-air sounding dataset for TiMREX/SoWMEX: Development and corrections. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **27**, 1802-1821.
- Davis, C. A., and W.C. Lee, 2012: Mesoscale analysis of heavy rainfall episodes from SoWMEX/TiMREX. *J. Atmos. Sci.*, **69**, 521-537.
- Tai, S. L., Y. C. Liou, J. Sun, S. F. Chang, and M. C. Kuo, 2011: Precipitation forecasting using Doppler radar data, a cloud model with adjoint, and the Weather Research and Forecasting Model: Real case studies during SoWMEX in Taiwan. *Wea. Forecasting*, **26**, 975-992.
- Kuo, Y. H., and G. T. J. Chen, 1990: The Taiwan area Mesoscale Experiment (TAMEX): An Overview. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **71**, 488-503.
- Lai, H.W., C. A. Davis, and B. J. D. Jou, 2011: A subtropical oceanic mesoscale convective vortex observed during SoWMEX/TiMREX. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 2367-2385.
- Jou, B. J. D., and W. C. Lee, 2009: SoWMEX/TiMREX Overview., 39-46. ICMCS-VII, Seoul, Korea.

- Xu, W., E. J. Zipser, Y. L. Chen, C. Liu, Y.C. Liou, W. C. Lee, and B. J. D. Jou, 2012: An orography-associated extreme rainfall event during TiMREX: Initiation, storm evolution, and maintenance. *Mon. Wea. Rev.*, **140**, 2555-2574.
- Yang, M. J., F. C. Chien, and M. D. Cheng, 2000: Precipitation parameterization in a simulated Mei-Yu front. *T. A. O.*, **11**, 393-422.
- Yang, M. J., B. J. D. Jou, S. C. Wang, J. S. Hong, P. L. Lin, J. H. Teng, and H. C. Lin, 2004: Ensemble prediction of rainfall during the 2000-2002 Mei-Yu season: Evaluation over the Taiwan area. *J. Geophys. Res.*, **109**, D18203, 16pp.
- Yang, M. J., and Q. C. Tung, 2003: Evaluation of rainfall forecasts over Taiwan by four cumulus parameterization schemes. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 1163-1183.
- Yeh, H.-C., and Y.-L. Chen, 1998: Characteristics of rainfall distribution over Taiwan during TAMEX. *J. Appl. Meteor.*, **37**, 1457-1469.

Forecast Evaluation for the Meiyu Frontal Rainfall over Eastern Taiwan Using Mesoscale Climatology

George Tai-Jen Chen¹ Tzy-Shyuan Wang¹
Hon-Chi Chou² Shin-Yi Huang¹

¹Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

²Meteorological Center, Civil Aeronautical Administration,
Ministry of Transportation and Communications

(manuscript received 17 June 2013 ; in final form 3 December 2013)

ABSTRACT

Surface weather maps at 3-hour intervals in the period of May-June 1997~2006 from Central Weather Bureau were used to analyze the position of the fronts over Taiwan and its vicinity. The results showed that there were 54, 50, and 46 fronts, respectively, passing Post-TAMEX subdivision 13 (Yilan County), 14 (Hualien County), and 15 (Taitung County). The time at which a front passed the geographically central point of each subdivision was set as t_0 ($t = 0$), and the climatological characteristics of rainfall, including probability of precipitation (PoP), intensity of precipitation, and the probability of the occurrence of heavy rainfall, were analyzed. Furthermore, the mesoscale climatological method (CL method) was used to evaluate the ability of the quantitative precipitation forecast using observational data of 2007~2008 Meiyu season.

The results showed that both the PoP and intensity of precipitation in each subdivision for after the passage of the front were higher than that for before and had the tendency of the southerner, the smaller. Thus it is obvious that the lifting effect of the Meiyu front played an important role in the precipitation in eastern Taiwan. The verification of forecasting using the CL method showed that during the passage of the Meiyu front (from 12 hours before the passage to 24 hours after the passage), the probability of precipitation of CL method offered valuable reference for forecasting at the forecasting gap 3-6 hours, and the same to heavy rainfall although precipitation intensity of CL method only with little skill. As a whole, CL method was capable of 3-6 hours forecast in eastern Taiwan, and could offer valuable reference for forecasting to compensate the forecasting gap of the numerical forecasting model, especially when the error of the persistence forecast generally increased after 3 hours.

Key Words: Mei-Yu season, Probability of precipitation (PoP), Mesoscale climatological method (CL method)

