

嘉南地區 1997 年梅雨期降水之特性 與作業模式預測校驗

葉天降

中央氣象局

(中華民國八十六年十一月五日收稿；中華民國八十七年二月六日定稿)

摘 要

豪大雨預報是現今氣象預報工作中最重要而富挑戰性的工作，為期能對豪大雨預報和其延伸之災害防護上有進一步突破，國內氣象界組成嘉南地區定量降水整合研究，本文即在相同目標下，探討中央氣象局有限區域預報模式之降水預測，應用在梅雨期嘉南地區 0-24 小時雨量預報之適用性。

本文主要採用 1997 年 5 月及 6 月間之觀測與模式預測之每 12 小時累積降水量，模式預測結果包括 60 公里解析之粗格組 (CA) 及 20 公里解析之細格組 (FA) 在預測時間 0-12 小時、12-24 小時及 24-36 小時等三段 12 小時累積降水量。校驗時是將預測格點資料內插到嘉南地區之嘉義、台南和阿里山等三觀測站之位置和其觀測值比較。

研究之結果顯示中央氣象局有限區域預報模式中 FA 之降水量預測較 CA 之預測結果好，而綜合應用三時段預測結果 (相當於時延系集預測) 要較僅使用單一時段之預測結果要好。在 CA 和 FA 結果相近時，綜合使用 CA 和 FA 之結果也較單一使用 CA 或 FA 要好。我們也發現 1997 年梅雨期時在嘉南地區之降水量有相當明顯的日夜變化，模式之預測也能顯示這種趨向。以使用 FA 三時段降水之平均值預測嘉南地區是否將發生降水之 ETS (Equitable Threat Score) 值在日夜間為 0.28 在日間為 0.36。對日間是否發生大於 20mm 降水預測 (有限個案) 則以應用 FA 12-24 小時及 24-36 小時二時段之平均值為最佳，其 ETS 值為 0.26。

關鍵詞：降水、預報校驗

一、前 言

台灣地處副熱帶，又位於歐亞大陸與太平洋交界地區，天氣變化非常明顯，加上本島內山嶽高聳，使得災害性天氣之發生相當頻繁。據中

央氣象局之統計，近 15 年來台灣地區因氣象災害所造成的直接財物損失，平均每年高達新台幣 157 億元，約相當於平均國民總生產毛額的千分之三。而此氣象災害中，又以颱風及梅雨鋒面所伴隨之豪 (大) 雨而引致之災害最為明顯。

在已往，國內氣象學者對降水的研究比較著重於颱風侵襲時引致之豪（大）雨，如吳等（1981）、Wang and Shieh（1985）和林與徐（1988）等都曾對台灣地區在颱風來襲時降水之分布與特性做過詳細之研究。由這些分析研究結果顯示，颱風所伴隨之降水主要決定於颱風路徑與颱風中心位置，在中央氣象局，王等（1986）、吳與謝（1989）和謝等（1997）並綜合這些經驗，發展出颱風伴隨降水之類比預報方法，供作業時參考。陳等（1991）之分析顯示，和梅雨鋒面之豪（大）雨比較，中央氣象局也已對颱風伴隨之豪（大）雨有較高之預報能力。

對梅雨期在台灣地區所造成之豪（大）雨現象，以往所知相當有限，因此預報能力也偏低。劉（1987）取1977至1986年間共327次豪（大）雨資料，分析得到中央氣象局在此期間內豪（大）雨之預報準確率（含預報與觀測皆有豪大雨和預報與觀測皆無豪大雨）約為73%，較一般天氣預報之準確率（85%）為低。而其中，預報有豪（大）雨之次數中僅約有36%正確，顯示此時之作業人員對真正促使豪（大）雨發生的機制尙未能透徹了解與有效掌握。

為提高對梅雨期天氣現象之了解與提昇對其之預報能力，經過構想的孕育、規劃與實際中尺度天氣實驗之進行（吳與陳，1987；Kuo and Chen, 1990），以及許多後續的研究成果（見Chen et al., 1993）使我們對台灣地區梅雨期之天氣系統有深一層之認識。

丘等（1993）針對1992年5至6月進行的Post-TAMEX（陳與謝，1992）期間發生的豪（大）雨個案進行預報準確率之評估，他們發現對此期豪（大）雨個案中，屬於伴隨鋒面類型之豪（大）雨預報之準確率已提昇至48%，這顯示經過這些研究，已對強綜觀強迫所導致的豪

（大）雨有較深入的認知。陳（1988）曾歸納有利這些降水之綜觀環境條件特性。謝等（1944）並進一步綜合與整理各種研究成果，做成臺灣地區發生豪（大）雨之綜觀天氣型態和條件因子以作為12至24小時豪（大）雨預報時綜觀分析研判之參考。

對無強綜觀強迫之豪（大）雨預報準確率明顯的偏低，在Post-TAMEX時僅有25%（丘等，1993），這些因中小尺度天氣系統所引致之降水，至今仍然是國內預報作業單位最不易掌握而亟待進一步突破的課題。因此，如何利用衛星與雷達等各種新觀測工具，以及數值模式預測結果等發展更有效的降水預報技術，成為豪（大）雨減災目地中，非常重要的一環。

在國際間，各地區因天然災害所導致之損失也十分可觀，聯合國有鑑於此，將1991至2000年定為「國際減災十年」，積極推動各種防滅天然災害的活動。我國在國家科學委員會之主導下，曾經籌劃進行「嘉南地區防災示範計畫」，期將氣象預報之結果進一步應用於水災、坡地崩塌等（蔡，1994）以達到減災的目的。配合此，氣象界推動「嘉南地區定量降水整合型研究」（謝，1996），期針對這個主題有效的分工，從探討嘉南地區豪（大）雨之特性、成因，以及加強雷達與衛星觀測、數值模式預測等結果之應用上，發展0-3、0-6、0-12及0-24小時之降雨預報模式，使得以對嘉南地區提供更準確的降雨量預報，並得以將成果推廣到其它地區。

本文在嘉南地區定量降水整合型研究之目標下，主要在探討中央氣象局現行作業之有限區域預報模式在嘉南地區降水預測之特性和進行預報校驗，以了解此模式之優缺點，對預測成效較好的地方可讓天氣預報人員更有信心來應用模式預測結果，而對預測成效較差的地方則可供模式發展人員做進一步的檢討，從而得以改

進。

二、校驗方法與資料

(一)校驗指標

對降水預報（或預測）之校驗上，由所謂狀況表（Contingency Table）和其延伸的各指標是最常被引用的。對某一降水預報校驗其是否準確時，其 Contingency Table 可列如表一之二維矩陣。其中，X 表預測降水且事實也降水的次數，Y 表預測不降水但事實上卻降水的次數，Z 表預測降水但事實並未發生的次數，W 表預測不降水且事實也未降水的次數。因此在總預報次數 T 中，預測正確次數所佔的比率即常作為度量預測準確性的指標，陳等（1991）稱之為正確百分比或簡稱 PC（Percentage Correct）。

表一 降水預報校驗之狀況分佈表（Contingency table）與校驗指標。

		預 測 降 水	水 否
觀 測 降 水	是	X	Y
	否	Z	W
$T=X+Y+Z+W$ $C=(X+Y)(X+Z)/T$ $PC=(X+W)/T$ $POD=X/(X+Y)$ $POA=X/(X+Z)$ $BIAS=(X+Z)/(X+Y)$ $TS=X/(X+Y+Z)$ $ETS=(X-C)/(X-C+Y+Z)$			

另外 X 對 X+Y 的比例是測度所有降水發生的事作中，能被事先準確預測的比率，常被稱為可預測率（Probability of Detection，見

Donaldson et al.,1975，簡稱 POD）或陳等（1991）所稱前估（Prefigurance，見 Brier and Allen,1951）。POD 愈趨近於 1，即表對降水事件愈有能力在事先預測其將發生。POD 並未能充分表示預測技術之能力，因為只要多預測會降水，真正降水時，被事先預測到的比率自然提高。因此，除了 POD 外，所有預測降水會發生的次數中，真正發生降水的比例，即 $X/(X+Z)$ ，陳等（1991）稱之為後符（Post Agreement,見 Brier and Allen,1951，簡稱 POA），以及預測會降水之次數與觀測到降水之次數比，稱偏離係數（BIAS）等，也需要一併考慮才能對預測技術之能力有較具體的了解。

在以往許多作業單位多選用成功指標（Critical Success Index）或稱預兆得分（Threat Score，簡稱 TS）為強烈暴風雨或降水預報之校驗指標。 $TS=X/(X+Y+Z)$ 即為正確預報降水發生的次數在所有預報將發生降水或事實上發生降水次數兩者聯集和之比率。

由 $PC=(X+W)/T$ ，可見如果 W 佔總數之絕大部份時，PC 值將受 W 所完全主導，PC 值雖大但已喪失技術得分指標之意義。因此，PC 之值並非是一個無偏差而恒為客觀的技術度量指標。TS 指標雖可避免上述的情況，但 Mason（1989）及 Schaefer（1990）等都強調 TS 仍會因降水事件發生之頻率，而喪失完全客觀的功能。Schaefer 討論到 $TS=X/(X+Y+Z)$ 也等於 $X/(T-W)$ ，因此 TS 值將隨 T 和 W 之相對值而改變。若降水事件發生的頻率大，T-W 小，則 TS 值增加；反之若降水事件發生的頻率小，T-W 大，則 TS 值減小。因此 TS 也是會因事件發生頻率變化而有偏差之校驗指標。對不同地點，不同時段所計算得到之 TS 值並不能直接的當做比較預報能力的依據。

Schaefer (1990) 提出 Gilbert Skill Score, 其定義為 $(X-C)/(X-C+Y+Z)$ 。其中 C 為隨機即可正確預測之次數, 換言之, C 為所做預測會降水之次數 (X+Z) 中, 若完全依據降水發生之機率 $(X+Y)/T$ 也該猜對的次數, 也就是 $C=(X+Y)(X+Z)/T$ 。和 TS 比較 Gilbert Skill Score 是以 X-C (正確預測中超出隨機可得正確之量) 取代 TS 中之正確預測的次數 X。因此, 此指標可表示預測正確中超出隨機之能力, 是一較公正之指標, 不受事件發生機率改變而偏移。此種校驗指標近年為各作業和研究在討論降水預報校驗上採用 (如 Schneider et al., 1996), 並被稱之為公正預兆得分 (Equitable Threat Score, Black, 1994), 簡稱 ETS。本文將引用 ETS 指標以討論中央氣象局有限區域預報模式在降水預測上之情形。

(二) 模式與資料

本文所採用的資料主要包括兩類, 一為模式預測之降雨量, 另一為測站所觀測之 12 小時累積雨量。中央氣象局於 1990 年初起開始研發其第二代數值預報系統, 其中之有限區域預報模式是經由 1994 年進行作業測試後 (葉等, 1994) 於 1995 年開始上線作業。於今, 此預報模式每日在 00UTC 及 12UTC 各執行二次預報。其中 60 公里格距之粗網格組每次執行 48 小時預報, 而含蓋台灣及附近地區, 格距 20 公里之較細網格組則每次執行 36 小時預報。以往對此模式之預報能力校驗, 比較著重於對各氣象場, 如地面氣壓、500hpa 高度場、850hpa 溫度及風場等之校驗, 對其降水預測之能力則尚未有比較完整之報告。

在於後之討論將直採取用中央氣象局有限區域預報模式在作業時輸出之預測降水量, 校驗 1997 年 5 月及 6 月梅雨期此模式在台灣嘉南

地區之降水預測情形。目前中央氣象局在嘉南地區設有嘉義、阿里山與臺南等三氣象測站, 模式降水預測將以此三測站之觀測資料來做校驗。而用以為校驗之觀測雨量則是解譯自中央氣象局自全球氣象資料即時傳輸系統所即時接收之氣象電碼。

以目前有限區域預報模式之解析度而言, 粗網格組在台灣地區之東西向大致僅有三個網格點, 而南北向大致有六個格點, 細網格組則約為此之三倍。在模式預報結果裡, 降水量是在各格點上有值, 在和各測站觀測值比較時是以包含測站所在位置附近之四點做簡單的算術平均而得。事實上我們也嘗試了其它的方法, 包括僅使用最接近測站那格點的值、或取五點平均、或取九點平均等, 各結果雖稍有差異, 但皆十分類似, 這可能和中央氣象局模式預測降水量在輸出時已做了平滑處理有關。

三、降水特性與校驗結果

(一) 1997 年梅雨期台灣地區降水特性與預報

圖 1 為 1997 年 5 月 1 日至 6 月 30 日間, 台灣地區每日所觀測到之最大日累積雨量。而所包含之觀測站則為中央氣象局所屬 25 個測站和桃園 (46697)、屏東南場 (46750) 及屏東北場 (46758) 共 28 站, 廣布於全省和主要之離島。由圖 1 可見, 在此期間, 主要之降水包括 5 月 6 至 7 日、17 日、19 日、22 至 24 日, 6 月 2 至 6 日、10 至 16 日、20 至 24 日以及 28 至 30 日等。依據中央氣象局氣象預報中心逐日氣象要素月報表之記錄, 5 月 6 至 7 日及 6 月 20 至 24 日台灣地區主要受偏南氣流影響; 6 月 27 日臺灣地區曾受彼得颱風外圍影響, 隨後於 6 月 28 日則有較明顯西南氣流; 除了以上兩類主

Maximum Daily Rainfalls in Taiwan Area (May and Jun, 1997)

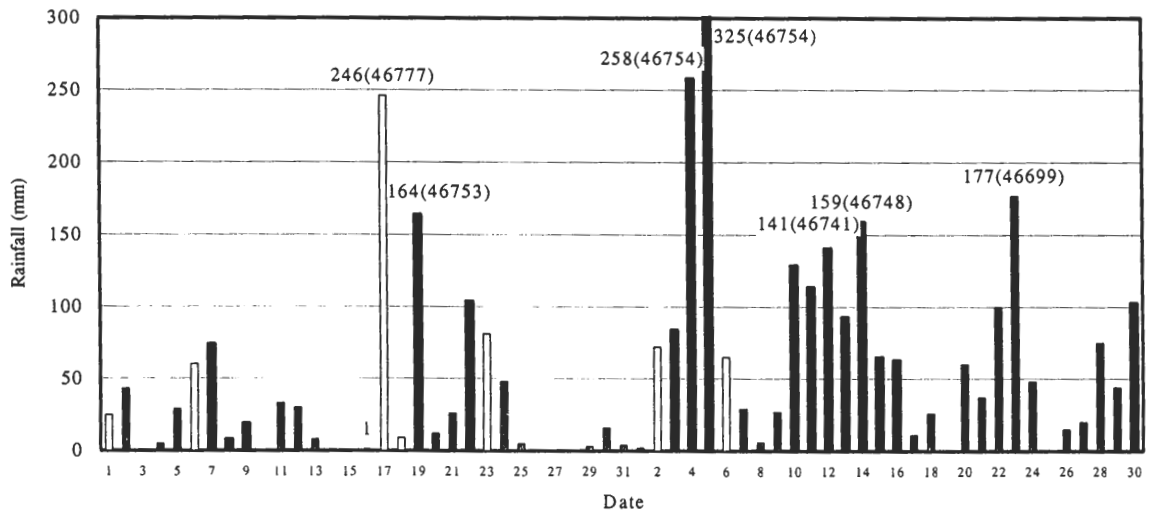


圖 1 1997 年 5、6 月台灣地區之最大日累積雨量 (mm)

要降水外，其餘之主要降水都和鋒面在台灣地區附近有關。

由此日累積雨量之資料中，若不考慮時降水率，達豪雨（日雨量大於 130mm）的計有 7 日，達大雨（日雨量小於 130mm 但大於 50mm）的計有 15 日（表二）。而其中以 6 月 5 日在大武（46754）所觀測到日雨量 325mm 最多，5 月 17 日在梧棲（46777）及 6 月 4 日在大武也都有約 250mm 之日累積雨量。

按照降水預報校驗表，針對中央氣象局之預報，在不分地區與不分豪、大雨而只考慮日雨量是否大於 50mm 之有較大雨量做預報校驗，其結果如表三。由表三可見，此期共 61 天中，有 23 天日雨量大於 50mm，預報則認為有 24 天，相當一致。而 24 天中，19 天有降水，預報正確率達 85%，前估（POD）值為 0.83、後符（POA）為 0.79、TS 得分 0.68、ETS 為 0.53。

若將表三進一步對豪雨與大雨分別列

表二 1997 年 5 及 6 月台灣地區豪（大）雨發生日期與中央氣象局豪（大）雨特報之發佈。

	日 期
豪 雨	5 月 17、19 6 月 4、5、12、14、22
大 雨	5 月 6、7、22、23 6 月 2、3、6、10、11、13、15、 16、20、22、28、30
大雨特報	5 月 1、6、16、17、18、23 6 月 2、6（下午）
豪雨特報	5 月 7、8、9、19、22 6 月 3、4、5、10、11、12、13、 14、15、16、30

表三 1997 年 5 及 6 月間，中央氣象局對有較大降水（>50mm）之預報校驗。

	預 報 較 大 雨	
	是	否
觀測降水較大雨	19	4
	5	33
T=61	C=9	BIAS=1.04
PC=85 %	POD=0.83	POA=0.79
TS=0.68	ETS=0.53	

計,即只當預報有豪雨而觀測也有豪雨時才屬正確預報。預報大雨結果卻降豪雨、或不及大雨程度,以及預報豪雨而結果未達豪雨雨量時,皆為不正確之預報。如此考慮“定量”預報能力,其校驗結果如表四,預報正確百分比為 69%、前估 0.69、後符 0.38、TS 得分 0.32。和表三相較,預報能力顯著下降。此結果顯示中央氣象局對 1997 年梅雨期豪(大)雨之預報,在較大區域、定性上已有相當不錯之預報能力,但在定量上則仍有改善的空間,其 ETS 僅為 0.17。

表四 同表三,唯為對豪(大)雨之預報校驗。

		預 報 豪 或 大 雨	
		是	否
觀 測 豪 或 大 雨	是	9	4
	否	15	33
T=61		C=5.1	BIAS=1.85
PC=69%		POD=0.69	POA=0.38
TS=0.32		ETS=0.17	

對在主要之降水事件中,預報降水量偏小的個案主要是發生在 6 月下旬,其中也包括在 6 月 28 日彼得颱風過後之西南氣流所造成之降水。表四之資料同時也顯示,中央氣象局對此期豪(大)雨之預報,前估大於後符,過去十幾年之預報結果也都有這樣的現象(陳等, 1991)。而在此期預報雨量偏大之個案主要發生在 6 月 10 日至 6 月 16 日之間,值得一提的是,若校驗係採用有更高空間解析的自動雨量站觀測資料時,因為更小尺度之局部地區也許會有較大雨量,其校驗結果會稍有不同,將使前估降低而使後符提高。

同段時間在嘉義、台南和阿里山三地區之 12 小時累積雨量分佈如圖 2。由圖可見此些地點之降水現象有非常明顯之日夜變化,以日間

(00 至 12UTC)之雨量較明顯,和陳與楊(1988)分析所見之氣候特徵一致。圖 1 所示之主要降水時段在嘉南地區也有或多或少的降水,其中以 5 月 19 日在阿里山 12 小時累積雨量達 156mm 為最多,其次為 6 月 14 日在嘉義所測得之 130mm。台南地區在此期間,則以 6 月 12 日之 12 小時累積降水 72mm 為最多。而由圖 2 也可見雖嘉義、阿里山和臺南各地相距並不遠,但對主要之降水事件中,在三地都同時有大雨之個案並不多,而是有相當大的差異,可見這些較大降水之空間尺度都相當小,集中在局部地區。

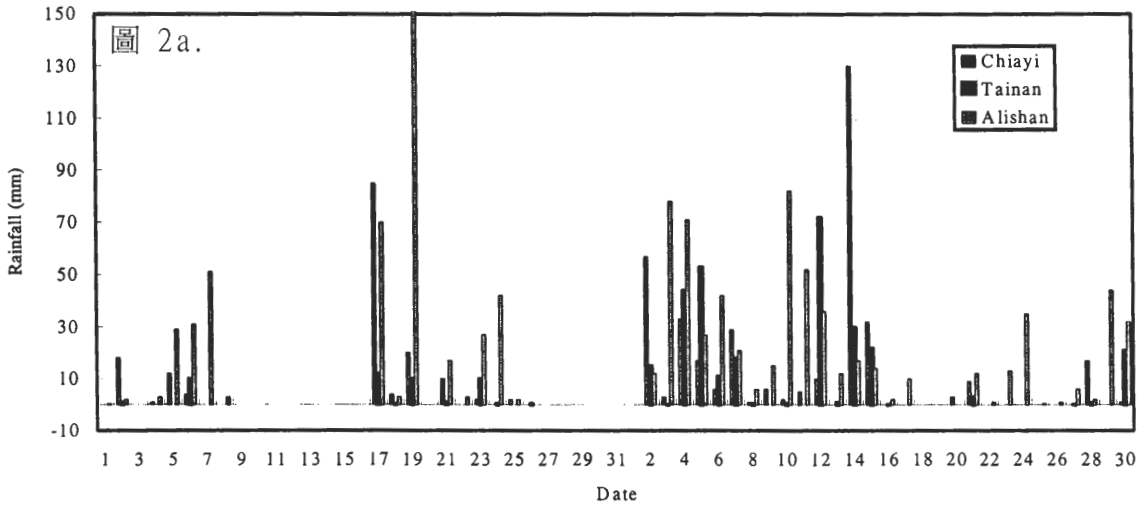
(二)模式 12-24 小時累積降水預測之校驗

圖 2 顯示,在嘉南地區梅雨期之降水情形有很明顯之日夜變化,因此在預測校驗上也將此期之模式預測降水分為在 00UTC 與 12UTC 觀測所得兩組。在 00UTC 觀測所得 12 小時累積雨量係其前一天 12UTC 至 24UTC 間之降水,而在 12UTC 觀測所得 12 小時累積雨量則係當日 00UTC 至 12UTC 間之降水。於後為方便討論所稱某日之降水,皆以觀測所得之時間為準,因此其和降水之實際發生日期可能有所差異。

圖 3 顯示 1997 年 5 及 6 月在嘉義模式預測和觀測所得 12 小時累積降水量,圖中模式預測值為模式由觀測時間前 24 小時開始執行預測,而在執行 12 至 24 小時之累積降水結果,而值則包含粗網格組(CA)及細網格組(FA)兩結果。由圖 3a 與 3b 相較,也可明顯看到模式預測降水亦能反映降水之日夜變化,夜間(00UTC 觀測所得)之降水明顯較日間(在 12UTC 觀測所得)為少。

以夜間之降水預報(圖 3a)情形而言,從 5 月 2 日到 6 月 30 日共 60 個案,在嘉義之總累積雨量為 103mm,其間嘉義主要在 5 月 19

00-12UTC Accumulated Rainfalls at Chiayi (May and Jun, 1997)



12-24UTC Accumulated Rainfalls (May and Jun, 1997)

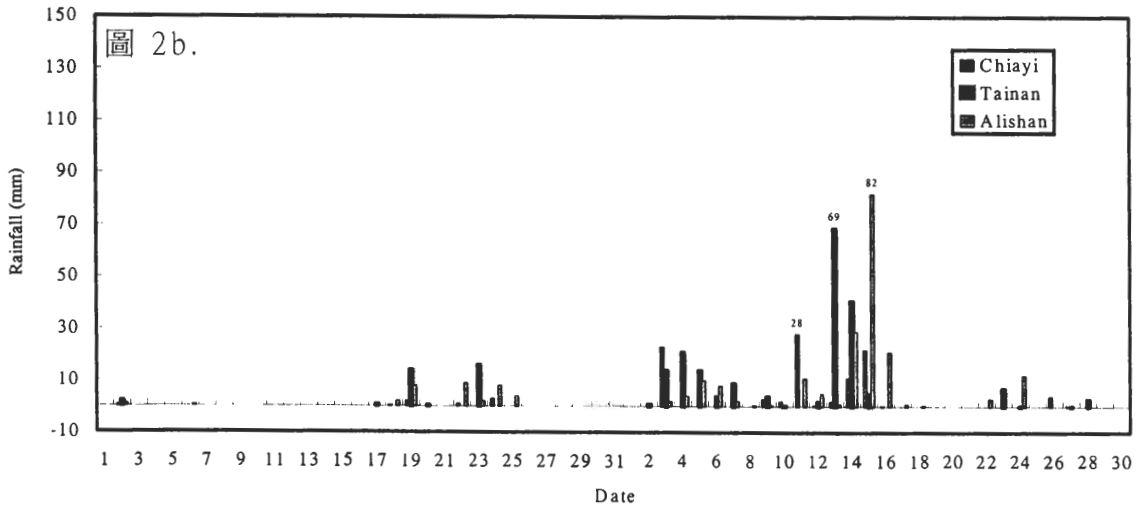


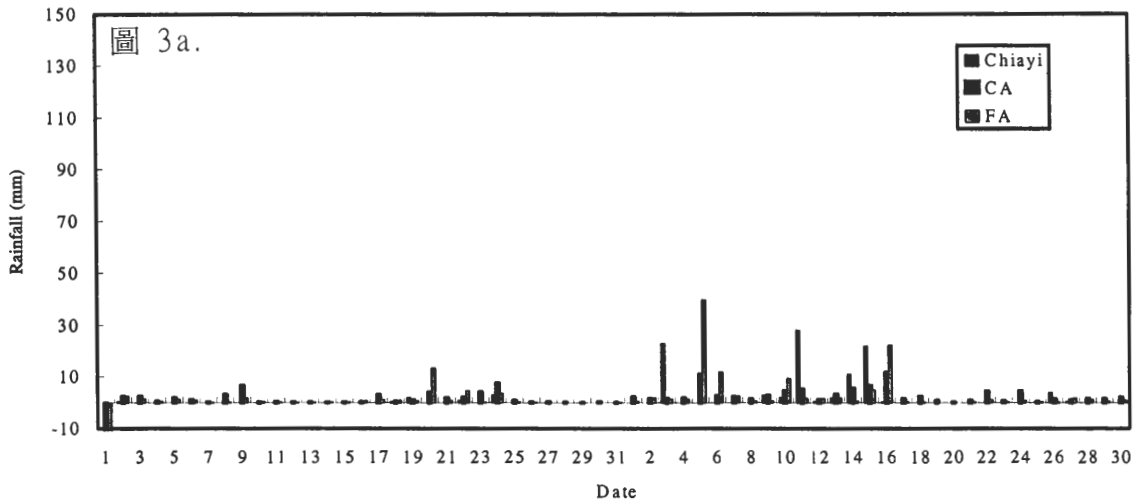
圖 2 1997 年 5、6 月嘉義、臺南及阿里山於 (a) 12UTC 及 (b) 00UTC 觀測之 12 小時累積降水量 (mm)。

日至 5 月 24 日間、6 月 3 日至 6 月 15 間之夜晚有比較明顯降水，但降水量皆不大，最大值 28mm 發生在 6 月 11 日（為 6 月 10 日 12UTC 至 24UTC 之降水）。

在觀測無降水時模式都會有微弱之降

水，這種情形也發生在模式對其它地區之降水預測結果上。除此而外，模式大致能掌握大氣較穩定或較不穩定之特性，在前述觀測有較明顯降水時段，CA 和 FA 都有較明顯降水。若以 3mm 以下模式預測降水視之為無降水時，模式降水預

12-24UTC Accumulated Rainfalls at Chiayi (May and Jun, 1997)



00-12UTC Accumulated Rainfalls at Chiayi (May and Jun, 1997)

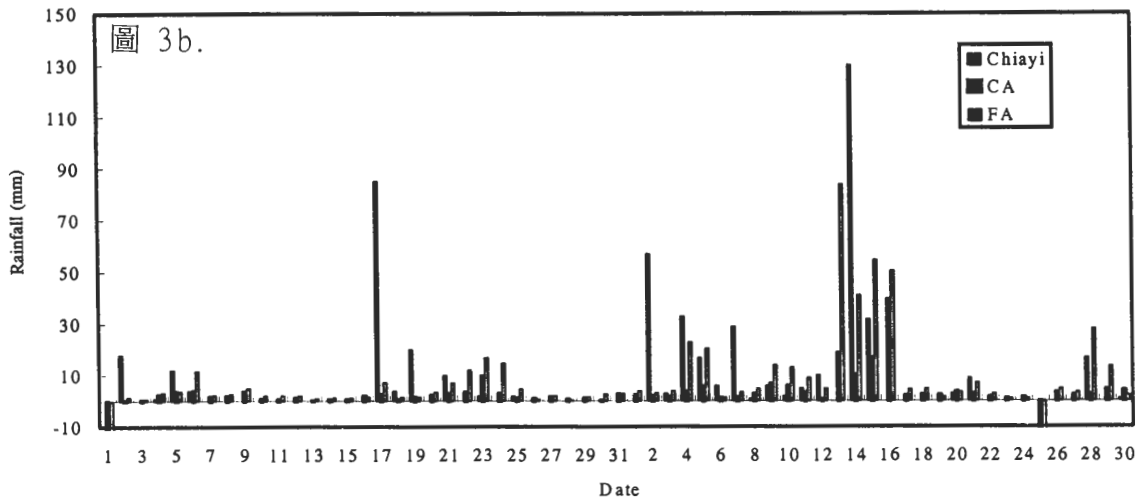


圖 3 1997 年 5、6 月嘉義 (a) 00UTC 與 (b) 12UTC 之觀測與模式 12-24h 預測之 12 小時累積降水量 (mm)。圖中降水量負值表資料缺，CA 與 FA 分別表示 CA 與 FA 格組之預測結果。

測之校驗結果列如表五。CA 格組對是否降水之正確百分比 (PC) 約為 72%、偏離系數 (BIAS) 為 0.94、前估 (POD) 0.44、後符 (POA) 0.47、預兆得分 (TS) 為 0.29、公正預兆 (ETS) 得分 0.15。FA 格組之預測結果，則和 CA 格組之結果相近。而這些結果和表四所列中央氣象局對全省 1997 年梅雨季豪(大)

雨定量降水預報之成績相仿，只不過表四中 POD 較 POA 為大而模式預測結果則為 POA 較 POD 較大。若和以往中央氣象局在南部地區非颱風所造成之豪(大)雨預報之校驗結果(陳等, 1991) 做比較，其 PC 值為 77%、POD 為 0.77、POA 為 0.36、TS 為 0.33、ETS 為 0.12，模式預測之 ETS 值稍高。

對日間之降水(圖 3b)，從 5 月 2 日至 6 月 30 日共 59 個案(缺對 6 月 25 日之預測)，總累積降水量為 519mm。FA 預測結果總降水量略多為 536mm，但 CA 預測結果則明顯偏少，只有 216mm。在定性上，模式降水預測也能大致顯示天氣之穩定與不穩定性。由表五顯示，CA 格組之預測結果和夜間之預測結果相近，TS 為 0.38、ETS 為 0.15。但 FA 格組之預測則有所改善，POD 已提高到 0.81，TS 和 ETS 也都上升，分別為 0.55 與 0.25。但 BIAS 也提高到 1.30，顯示模式除了雨量有高估外，降水次數也高估。

在日間由於降水量較大，若再以 20mm 之降水量當界點以區分是否有較大降水，則在此期間共有 6 次較大降水，CA 格組對此之預測能力偏低，6 次皆未正確預測而又有一次預測超過 20mm 但實際上並未發生。FA 格組則有三次正確預測將有較大雨量，POD 為 0.50、POA 為 0.43、TS 為 0.30、ETS 也有 0.25。預測能力雖不錯，然而預測降水量與觀測降水量之相關係數仍不高，只有 0.29。由觀測降水量與預測降水量之散佈情形(圖 4)，可見有四次觀測與預測有比較大差異，此四個案分別為 5 月 17 日及 6 月 2 日有大於 50mm 降水而模式低估，而 6 月 13 日及 6 月 16 日則無降水但模式有大於 50mm 降水高估。若去除此四個案，則降水量觀測與預測之相關係數可提高為 0.65，超過 20mm 之較大雨量預測校驗之能力 ETS 值也提高到 0.47。

臺南地區降水之特性和嘉義相近(圖略)，不過臺南地區日、夜間之總降水量差異較少，夜間總降水量為 228mm，日間總降水量則為 338mm。模式預測降水中 CA 仍然偏少，日夜間各約少 100mm；而 FA 則偏多，約多四至五分之一。

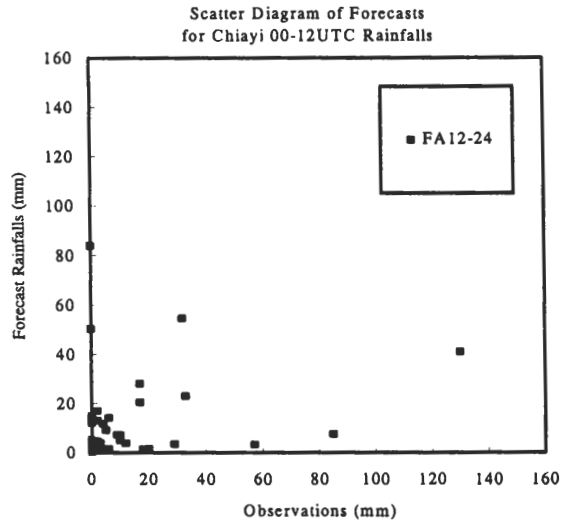


圖 4 1997 年 5、6 月嘉義之日間觀測(橫軸)與模式 FA 格組 12-24h 預測(縱軸)之 12 小時累積降水量散佈圖。

對臺南是否降水之預測(表五)，CA 格組之預測能力和對嘉義之預測能力相似，夜間 TS 為 0.34、ETS 為 0.11；FA 格組之預測能力則更好，夜間 POD 為 0.76、POA 為 0.64、TS 為 0.53、ETS 為 0.34，日間 POD 為 0.77、POA 為 0.69、TS 為 0.57、ETS 為 0.32。對超過 20mm 之日間較大降水預測，臺南地區在校驗期間，共有 6 個案超過 20mm 降水，CA 之預測能力仍不理想，6 個案皆未正確預測；FA 之預測能力則和對嘉義地區者相近而稍好，有三個案正確預測，POD 為 0.50、POA 亦為 0.50、TS 為 0.33、ETS 為 0.28。若扣除有較大預測差誤的三個案(6 月 12 日低估，6 月 13 日及 6 月 16 日高估)，則 FA 對降水與否與較大降水預測之 TS 及 ETS 值分別為 0.56、0.33 與 0.50、0.47，觀測與預測降水量之相關係數也達 0.52。

在阿里山地區之降水(圖 5)，基本上和嘉義及臺南有比較大差異，在夜間總雨量(227mm)和臺南(228mm)相似，但兩次(25 次)則較嘉義(16 次)和臺南(21 次)多。差

表五 模式 12-24 小時預測降水之校驗結果（各代碼之說明請見本文及表六）。

大於 0 mm		觀測降水(mm)	預測降水(mm)	個案數	X	Y	Z	W	C	PC	POD	POA	BIAS	TS	ETS	相關係數
夜間 降水	BNG4	103	145	60	7	9	4	40	2.9	78	0.44	0.64	0.69	0.35	0.24	0.08
	CNG4	103	140	60	7	9	8	36	4	72	0.44	0.47	0.94	0.29	0.15	0.28
	FNG4	103	149	60	5	11	3	41	2.1	77	0.31	0.63	0.5	0.26	0.17	-0.01
	BNN4	228	200	60	16	5	7	32	8.1	80	0.76	0.7	1.1	0.57	0.4	0.18
	CNN4	228	133	60	9	12	8	31	5.9	67	0.43	0.53	0.81	0.31	0.13	0.27
	FNN4	228	267	60	16	5	9	30	8.8	77	0.76	0.64	1.19	0.53	0.34	0.16
	BNS4	227	95	60	5	20	2	33	2.9	63	0.2	0.71	0.28	0.19	0.09	0.24
	CNN4	227	98	60	7	18	3	32	4.2	65	0.28	0.7	0.4	0.25	0.12	0.32
	FNN4	227	92	60	4	21	2	33	2.5	62	0.16	0.67	0.24	0.15	0.06	0.18
日間 降水	BDG4	519	376	59	17	10	10	22	12.4	66	0.63	0.63	1	0.46	0.19	0.25
	CDG4	519	216	59	13	14	7	25	9.2	64	0.48	0.65	0.74	0.38	0.15	0.12
	FDG4	519	536	59	22	5	13	19	16	69	0.81	0.63	1.3	0.55	0.25	0.29
	BDN4	338	333	59	20	6	10	23	13.2	73	0.77	0.67	1.15	0.56	0.3	0.14
	CDN4	338	227	59	12	14	9	24	9.3	61	0.46	0.57	0.81	0.34	0.11	0.1
	FDN4	338	439	59	20	6	9	24	12.8	75	0.77	0.69	1.12	0.57	0.32	0.15
	BDS4	1082	311	59	24	15	6	14	19.8	64	0.62	0.8	0.77	0.53	0.17	0.03
	CDS4	1082	200	59	17	22	4	16	13.9	56	0.44	0.81	0.54	0.4	0.11	-0.01
	FDS4	1082	421	59	27	12	8	12	23.1	66	0.69	0.77	0.9	0.57	0.16	0.05

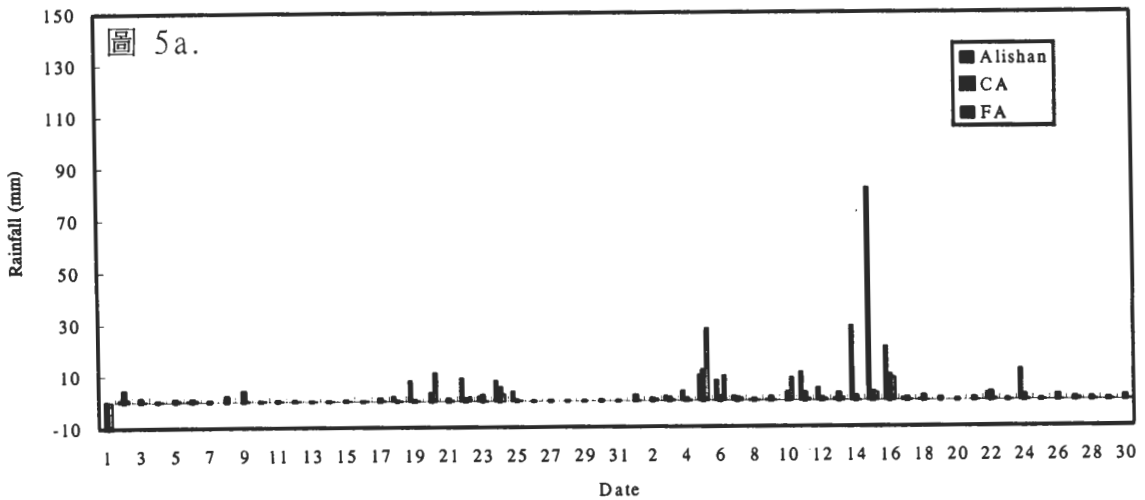
大於 20 mm		觀測降水(mm)	預測降水(mm)	個案數	X	Y	Z	W	C	PC	POD	POA	BIAS	TS	ETS
夜間 降水	BNG4	103	145	60	0	3	1	56	0.1	93	0	0	0.33	0	-0.01
	CNG4	103	140	60	0	3	0	57	0	95	0	NaN	0	0	0
	FNG4	103	149	60	0	3	2	55	0.1	92	0	0	0.67	0	-0.02
	BNN4	228	200	60	0	3	1	56	0.1	93	0	0	0.33	0	-0.01
	CNN4	228	133	60	0	3	0	57	0	95	0	NaN	0	0	0
	FNN4	228	267	60	0	3	1	56	0.1	93	0	0	0.33	0	-0.01
	BNS4	227	95	60	0	3	0	57	0	95	0	NaN	0	0	0
	CNS4	227	98	60	0	3	0	57	0	95	0	NaN	0	0	0
	FNS4	227	92	60	0	3	1	56	0.1	93	0	0	0.33	0	-0.01
日間 降水	BDG4	519	376	59	2	4	2	51	0.4	90	0.33	0.5	0.67	0.25	0.21
	CDG4	519	216	59	0	6	1	52	0.1	88	0	0	0.17	0	-0.01
	FDG4	519	536	59	3	3	4	49	0.7	88	0.5	0.43	1.17	0.3	0.25
	BDN4	338	333	59	1	5	2	51	0.3	88	0.17	0.33	0.5	0.13	0.09
	CDN4	338	227	59	0	6	1	52	0.1	88	0	0	0.17	0	-0.01
	FDN4	338	439	59	3	3	3	50	0.6	90	0.5	0.5	1	0.33	0.28
	BDS4	1082	311	59	0	18	3	38	0.9	64	0	0	0.17	0	-0.05
	CDS4	1082	200	59	0	18	1	40	0.3	68	0	0	0.06	0	-0.02
	FDS4	1082	421	59	0	18	5	36	1.5	61	0	0	0.28	0	-0.07

別更大的的是日間之降水，阿里山之總降水量高達 1082mm 約為嘉義之兩倍，為臺南之五倍；兩次 39 次超過總日數之半，較嘉義（27 次）、臺南（26 次）為頻繁，其中超過 20mm 之較大降水次數也多達 18 次約為其餘兩地之三倍。

由於阿里山和嘉義相距不遠，在預報模式裡兩者在格點之配置，不論是 CA（60 公里解析）或 FA（20 公里解析）皆係在相鄰之格點，因此模式之降水預測值和在嘉義之預測值相似，而使得預測結果和實際之降水情形比較時有

明顯低估的現象，預測能力偏低（表五）。以 CA 而言，模式在夜間總降水量僅 98mm，約為實際的一半，而對夜間降水與否之預報 POD 也僅為 0.28、BIAS 為 0.4、TS 為 0.25、ETS 為 0.12。FA 之預測則差，總降水量 92mm、ETS 僅為 0.06。對日間降水之預測，CA 總降水量為 200mm，FA 為 421mm，雖皆明顯偏少，但預測能力已較夜間有所改善，CA 之 POD 已提高到 0.44、POA 為 0.81、TS 為 0.40，而 FA 之 POD 為 0.69、POA 為 0.77、TS 為 0.57，但因

12-24UTC Accumulated Rainfalls at Alishan (May and Jun, 1997)



00-12UTC Accumulated Rainfalls at Alishan (May and Jun, 1997)

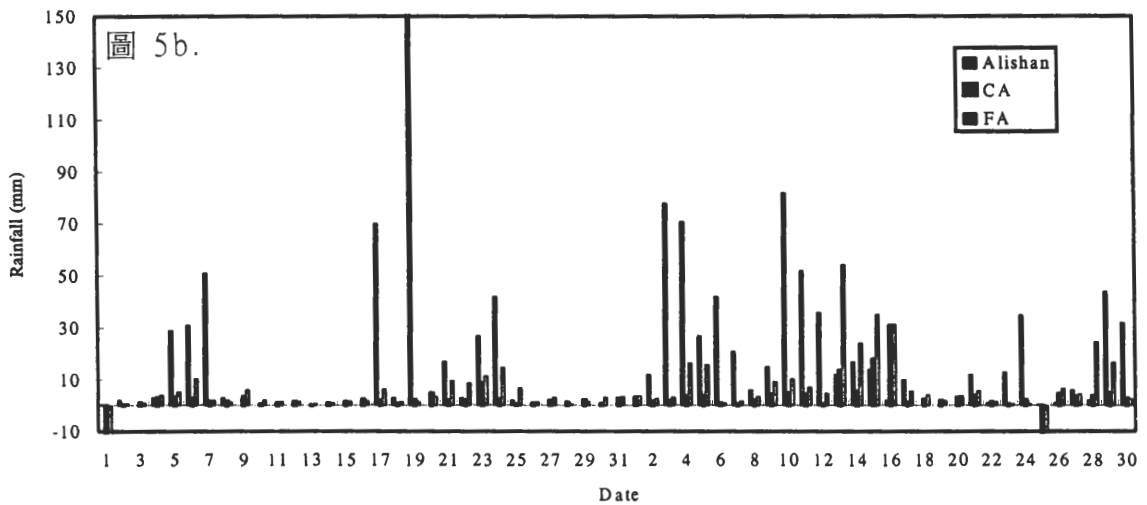


圖 5 同圖 3，唯為阿里山之觀測與模式 12-24h 預測之 12 小時累積降水量。

降水較頻繁，TS 雖高但 ETS 則分別僅為 0.13 及 0.16，與嘉義和臺南地區比較明顯為小。

對阿里山超過 20mm 之較大降水，模式則完全沒有預測能力，在 18 次發生大於 20mm 降水個案中，不論 CA 或 FA 都沒有正確預測，使得 POD 及 POA 皆為 0，而 ETS 則為負值。

在表五中除 CA 和 FA 之預測校驗結果外，也列示 CA 和 FA 之平均結果（以 CF 或 B

表示），由於 CA 或 FA 之中若有一預測明顯不好時，如圖 3a 中 5 月 20 日與 6 月 5 日 FA 有較大之降水高估，而 6 月 22 日與 6 月 24 日 CA 都有較明顯高估，CA 和 FA 平均之結果可望減低差異。

由表五可見當 CA 和 FA 相近並有初步預測能力，CF 之結果會較 CA 或 FA 單一之預測為好，但若 CA 明顯較 FA 不好時則 CF 之結果並不比 FA 單一之預測為好。舉例而言，對嘉義

夜間降水與否之預測，CA 與 FA 兩者相近 ETS (TS) 分別為 0.15 (0.29) 與 0.17 (0.26) 而 CF 則提高到 0.24 (0.35) 而 PC 也分別由 72 % 與 77 % 提高為 78 %。相同的情形發生在臺南夜間降水的預測，CF 之 ETS/TS/PC 分別由 CA 與 FA 之 0.13/0.31/57 % 與 0.34/0.53/77 % 提昇至 0.40/0.57/80 %。但在阿里山降水之預測，由於 CA 與 FA 之預測能力都差，因此平均之結果並不會改善預測能力，而在嘉義和臺南之日間降水預測則因 FA 明顯較 CA 好，CA 與 FA 之平均結果，並未較單一採用 FA 為佳。

(三)其它時段累積降水預測之校驗

在前一節所討論之模式預測降水量，係以觀測降水時間前 24 小時開始預測，模式 12-24 小時間之累積降水量。對應於同一時間觀測之降水量，除了前述之預測結果外，另外也包含有由觀測時間前 12 小時開始預測，而在 00-12 小時之累積降水量，以及由觀測時間前 36 小時開始預測，而在 24-36 小時之累積降水量等。於後我們將進一步討論這些不同時段之降水量預測情形。為方便於描述我們對不同之預測將以四位文數字之代碼表示：第一位表不同之模式格組如 CA、FA 或 CA 與 FA 之平均分別以 C、F 或 B 表示；第二位表觀測時間，N 表 00UTC，D 表 12UTC；第三位則表示地點，G/N/S 分別表示嘉義、台南與阿里山；第四位表預測開始離觀測之時間，如 '2' 表在觀測之前 12 小時所做之預測，'4' 與 '6' 則分別表在觀測之前 24 小時與 36 小時所做之預測，詳見表六。

以嘉義地區對應於各日 00UTC 所觀測之 12 小時累積降水量，模式 FA 格組在 00-12 小時、12-24 小時以及 24-36 小時預測之 12 小時累積降水量如圖 6。由圖可見從不同之初始場、經不同時間對同一預測目標之模式預測結果間有相當程度的差異。如對 6 月 5 日 00UTC 所觀測

表六 代碼之含意。

第 1 位數表 模式格組	C:CA 格組之預測結果
	F:FA 格組之預測結果
	B:CA 與 FA 格組預測之平均 (或稱 CF) 結果
第 2 位數表 日 / 夜間	N:00UTC 之觀測結果，即為夜間 (Night time) 降水
	D:12UTC 之觀測結果，即為日間 (Day time) 降水
第 3 位數表 地區	G:為嘉義地區
	N:為台南地區
	S:為阿里山地區
第 4 位數表 預測時間	2:為對校驗前 12 小時開始之 00-12 小時預測結果
	4:為對校驗前 24 小時開始之 12-24 小時預測結果
	6:為對校驗前 36 小時開始之 24-36 小時預測結果
	M:為前三項之平均 (Mean) 結果
	S:為前三項中取 (Select) 相接近二項之平均結果
	T:為 4 與 6 兩 (Two) 者之平均結果

之 12 小時累積降水量之預測，由 6 月 4 日 12UTC 開始所做 00-12 小時之累積降水 (FNG2) 很少，由 6 月 4 日 00UTC 開始所做 12-24 小時之累積降水量 (FNG4) 則超過 40mm，而由 6 月 3 日 12UTC 開始所做 24-36 小時之累積降水量 (FNG6) 則約為 20mm。另外，如對 6 月 15 日 00UTC 之降水量預測，FA 00-12 與 FA 24-36 兩結果較相近，且較 FNG4 之結果明顯為多，而對 6 月 16 日 00UTC 之降水量預測則是 FNG4 與 FNG6 結果將相近。事實上，圖 6 三種降水量預測，若以 FNG4 之結果分別與 FNG2 及 FNG6 之結果做比較，其散佈情形如圖 7。圖中 60 個案中，有相當多降水量少的個案，在散佈圖上是聚集與重疊在左下角附近。FNG2 之預測結果與 FNG4 之預測結果，也有相當多個案在散佈圖上是分置於兩軸附近，此表示兩者之相關性很差，事實上其相關係數僅 0.06。對 FNG6 之預測結果與 FNG4 之預測結果則有比較多個案在散佈圖上是座落於對角線附近，顯示此兩者之相關性較高，但也因仍然有不少點離對角線較遠而使相關係數僅約為 0.42。

12-24UTC Accumulated Rainfalls at Chiayi (May and Jun, 1997)

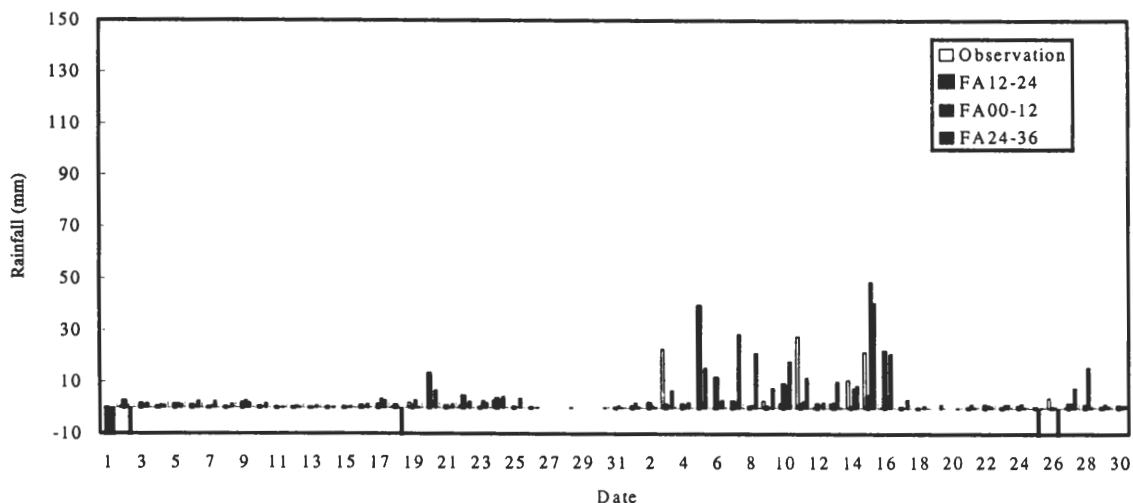


圖 6 如圖 3a，唯為嘉義之觀測與模式 FA 格組 00-12 小時、12-24 小時與 24-36 小時之預測結果。

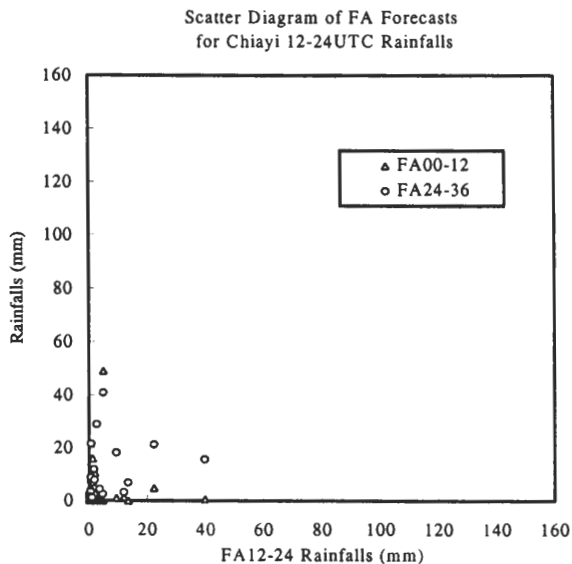


圖 7 1997 年 5、6 月對嘉義夜間 12 小時累積降水 FA 格組 12-24 小時預測 (橫軸) 與 FA 格組 00-12 小時、24-36 小時預測 (縱軸) 之散佈圖。

表七 模式 00-12 小時、12-24 小時及 24-36 小時預測總降水量及模式 00-12 小時與 24-36 小時預測降水對模式 12-24 小時預測降水之相關性 (代碼之說明請見表六)。

		個案數	預測降水(mm)	12-24h預測降水	相關係數
夜間降水	CNG2	59	92	140	0.42
	CNG6	57	203	136	0.46
	FNG2	59	133	149	0.06
	FNG6	57	253	145	0.42
	CNN2	59	82	133	0.48
	CNN6	57	238	129	0.42
	FNN2	59	188	267	0.12
	FNN6	57	463	257	0.23
	CNS2	59	50	98	0.34
	CNS6	57	152	92	0.37
	FNS2	59	69	92	0.05
	FNS6	57	186	90	0.39
日間降水	CDG2	59	119	216	0.34
	CDG6	59	241	216	0.77
	FDG2	59	193	536	0.31
	FDG6	59	514	536	0.23
	CDN2	59	118	227	0.47
	CDN6	59	224	227	0.73
	FDN2	59	153	439	0.29
	FDN6	59	487	439	0.24
	CDS2	59	129	200	0.33
	CDS6	59	199	200	0.79
	FDS2	59	182	421	0.35
	FDS6	59	415	421	0.2

表七綜合對各不同地區 (嘉義、臺南與阿里山)，不同觀測時間 (00UTC 或 12UTC) 和不同之預測時段 (00-12、12-24、24-36 小時)

做一些比較。表中是以 12-24 小時預測之結果為主，以比較 00-12 小時和 24-36 小時預測之結果

中累積總降水量之比和相關係數大小。由表七可見 CA 與 FA 兩格組其 00-12 小時預測所得總降水量不論在那一地區 (G/N/S) 日或夜間, 皆較 12-24 小時所得之結果為小。對 00UTC 觀測 (夜間) 之總累積降水, 這種隨預測時間增長而有較大總降水量的情形更持續到 36 小時。而對 12UTC 觀測 (日間之降水), 12-24 小時與 24-36 小時預測結果之總降水量則相當接近。

對於初始 12 小時預測降水量偏少的現象也可由圖 6 看到, 這可能是和預測模式初始時水汽分佈和大氣尚在調節過程等因素有關。而對夜間之降水 24-36 小時預測比 12-24 小時預測要多的現象, 或許是因為在 24-36 小時預測的狀況時, 白天是在模式預測之 12-24 小時, 因此其較不穩時可以在模式中得比較成熟的發展, 並將此結果延續到夜間, 而使得夜間有比較明顯降水; 反之, 若在 12-24 小時之預測時, 白天是在模式預測初始之 12 小時, 就如前述, 模式尚未能在其預測之初期對降水等不穩定有充分之發展, 以致到了夜間時, 白天時之不穩定機制消失或減弱後, 模式就不容易再有比較明顯降水。

表七中 CA 格組由不同初始時間之預測結果之相關係數一般較 FA 格組之結果大, 此顯示較粗解析度模式預測結果對初始場以及預測時間之長短較不敏感, 而較細解析度模式之預測結果則會因不同初始場等而使結果有較明顯之差異。在表七中可見 CA 格組預測裡, 24-36 小時與 12-24 小時之預測結果相關性有較 00-12 小時與 12-24 小時之預測結果相關性更高, FA 格組對 00UTC 之預測也有這種現象, 這顯示模式大致在預測 12 小時之後才比較穩定。在對 12UTC (日間) 降水 FA 格組之預測, 可能因為模式之預測降水量較大, 在沒有足夠多的個案數下, 若其中有一預測降水而另一預測不降水時, 就會使相關係數明顯減小。

由於表七所列, 各不同時段之預測結果間之相關性都不是很高, 因此各預測皆有其特性, 而和 12-24 小時之預測不盡相同。圖 8 為各不同時段預測之降水量與觀測降水量之相關係數以及預測校驗之 ETS 值。由圖可見對阿里山地區, 00-12 與 24-36 小時之預測結果和觀測降水之相關性比較高, 且和 12-24 小時之預測有很大差距。由阿里山地區各種預測與 00UTC 觀測降水量之散佈情形 (圖 9a) 可見事實上在此期間有一次大於 80mm 降水, FNS2 (FA 00-12) 對此個案有約 35mm 之降水, 而其餘日期降水都很小而集中在原點附近, 因此使得相關係數較高。FNS6 (FA 24-36) 對此個案之預測結果和 FNS2 相近, 但較小降水個案在原點附近分佈比較零散, 因此相關性稍小。

CNS2 預測降水量與觀測降水量之相關係數也約達 0.9 (圖 8a), 然而由圖 9a 可見 CA 00-12 小時對阿里山地區夜間降水之預測大部分結果在散佈圖上是在橫軸附近, 相關性雖高, 但強度嚴重偏小。圖 8 也顯示 FDN2、FDN6 對臺南 12UTC 之降水預測與觀測有比較大相關性, 圖 9b 顯示 FDN6 對幾個比較大降水的個案都有相當不錯的預測結果, 但也因 FDN6 對沒有降水的個案也有較多次高估, 而使得其 ETS 值為 0.27, 較 FDN4 為小。至於 FDN2 預測結果與觀測值之相關性雖較 FDN4 之結果好, 但降水量低估而使其 ETS 值也較 FDN4 為小。因此相關係數之大小和預測校驗 ETS 之大小並不一定是一致的, 有需要兩者同時考慮。

綜合而言 00-12 小時之預測與 12-24 小時之預測兩者比較, 前者和觀測之相關性較高, 但 ETS 值卻較低, 未來似可以嘗試將 00-12 小時之預測結果乘上某一值 (如 2 倍) 以觀察其 ETS 值是否會提高。而在 24-36 小時之預測與 12-24 小時之預測兩者比較上, 前者則對夜間降水普偏

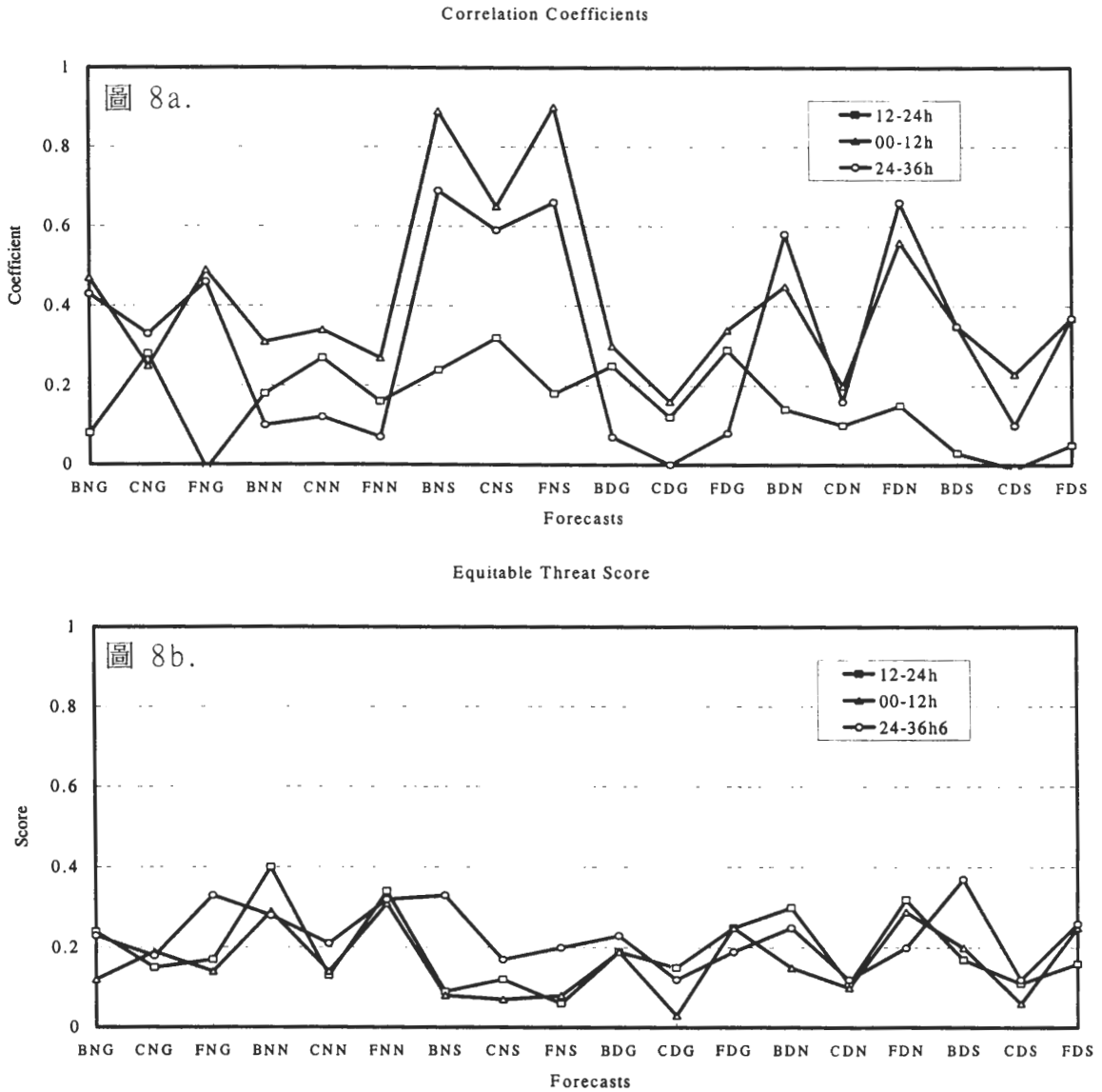


圖 8 各預測（代號說明見表六前三碼）之降水量與觀測降水量之（a）相關係數與（b）ETS 值。

較後者為好，但對日間之降水預測則互有優劣。

(四)時延系集預測結果之校驗

上一節討論到，不同時段對同一觀測降水之預測各有其特性和優劣。為進一步了解這些結果在不同組合下之系集預測是否會對降水之預測能力有所改善，因此嘗試分別以 00-12 小時、12-24 小時以及 24-36 小時預測結果之平均、前述三者選較相近兩者之平均及 12-24 小時與 24-

36 小時兩預測結果之平均等三種系集預測進行其降水量預測校驗。

圖 10 為這些系集預測結果與觀測降水量之相關係數和對預測是否降水之 ETS 值。圖中是將日間與夜間降水分別統計，而各預測結果是取對嘉義、臺南和阿里山三地預測結果之平均。上一節所討論對降水之預測，00-12 小時預測結果和觀測有較高相關性，且 24-36 小時預測結果

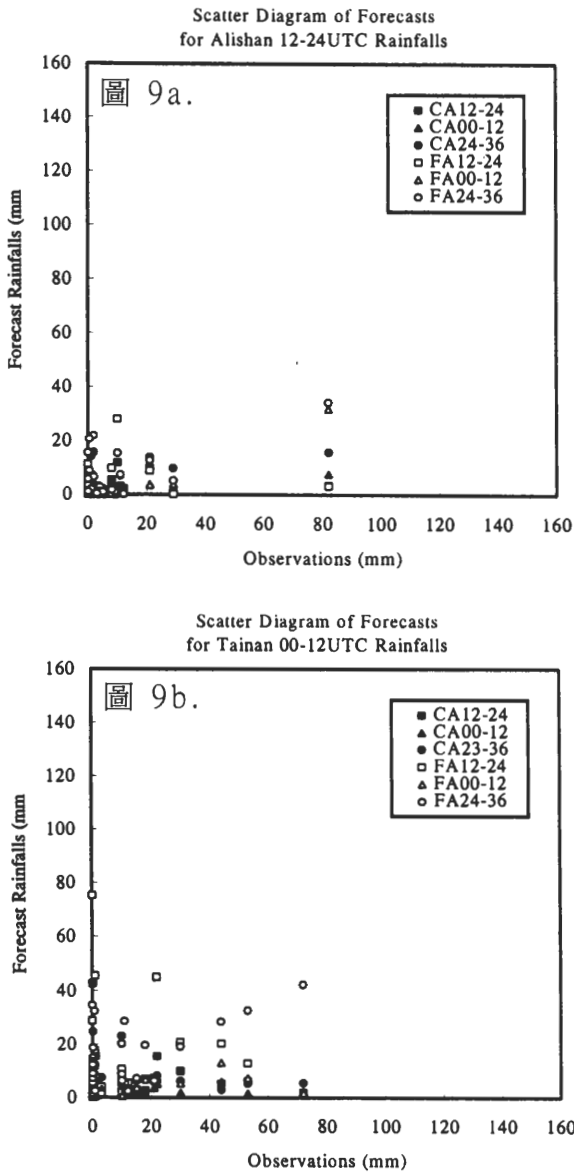


圖 9 (a)阿里山夜間與 (b)臺南日間降水各預測(縱軸)與觀測(橫軸)之散佈圖。

和觀測值之相關性較 12-24 小時預測結果和觀測值之相關性為高之現象可以很清楚的在圖 10a 中看到。同時夜間降水預測之相關性較日間降水預測之相關性高以及 FA 較 CA 為好等也很清楚的在圖 10a 中顯示。

在第二節中我們曾經討論到對 12-24 小時之預測中,結合 CA 與 FA 之預測結果(稱 CF),

對夜間之降水預測會較單純只採用 FA 之預測結果為好,但對日間降水預測則以單純採用 FA 之預測結果為好,這種結果也很清楚的顯示在圖 10b 中。然而,在圖 10 可見 CF 之預測結果並不一定全都較 FA 為好,這或許是在大部分情況下,FA 明顯較 CA 好的緣故。也因為此,本節於後之討論,如未特別提及,是以 CA 及 FA 之結果為主。

對各時延系集預測與觀測值之相關性比較(圖 10a),其中對夜間降水以三時段降水中取最接近二時段預測結果之平均為最好,其相關係數和單獨採用 00-12 小時預測結果之相關係數相近,約為 0.52。對日間降水則以直接用三時段降水之平均為最好,其相關性仍然較單獨採用 00-12 小時預測結果為小,相關係數為 0.37。

對是否降水之預測校驗 ETS 值中,FA 預測較 CA 預測為好,以及對夜間降水預測裡,24-36 小時預測結果較 12-24 小時預測或 00-12 小時預測都要好,而對日間降水各預測互有優劣的情形,在圖 10b 中都很清楚的顯示。各時延系集預測之結果,三種系集預測結果對日間降水之預測校驗 ETS 值都較單純只用某一時間預測之結果要好,其中尤以三時段預測結果之平均為最好,而對夜間降水的預測校驗 ETS 值,則以 12-24 小時預測和 24-36 小時預測兩者平均為最好,三時段預測結果之平均則居次。

對大於 20mm 之較大降水預測,其預測校驗 ETS 值如圖 10c。在先前之討論中,由於在夜間發生較大降水之次數較少,嘉義、臺南和阿里山在二個月中只發生三次,因此討論較大降水時僅注意日間發生與預測情形。以 CA 格組之預測而言,夜間都未有超過 20mm 之降水,因此其 ETS 值為 0.0。FA 格組 12-24 小時之預測裡,則因為有 20mm 之降水但卻發生在錯誤的時間

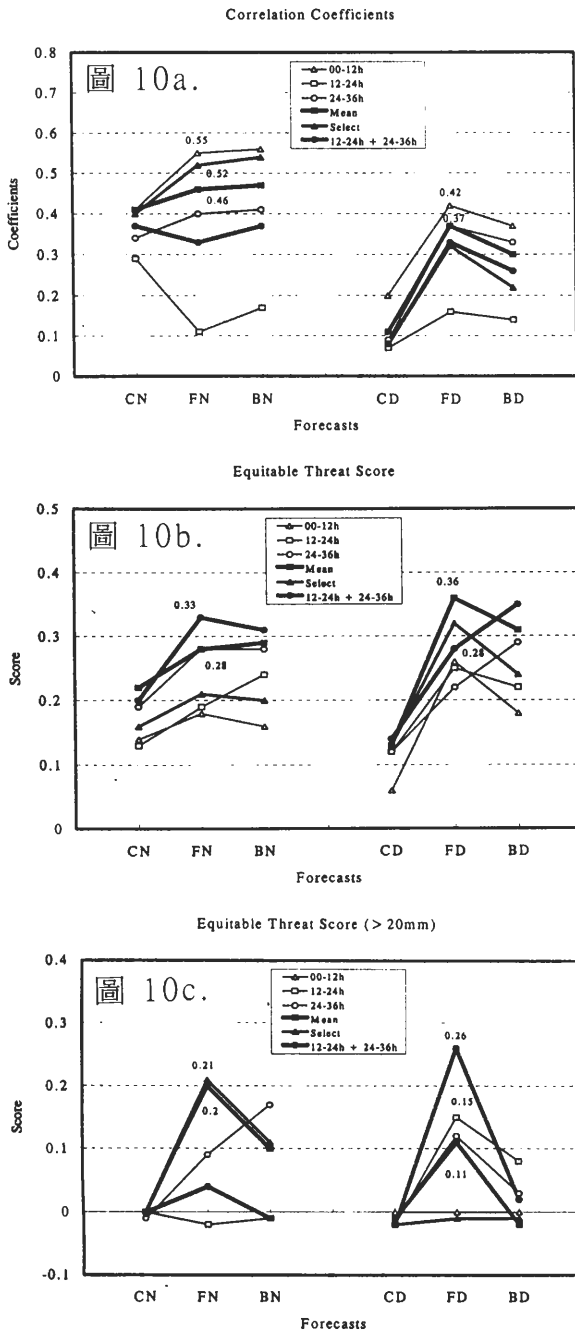


圖 10 各降水預測(代號之說明見表六前二碼)在嘉南三地點之平均 (a) 與觀測值之相關係數, (b) 預測是否降水之 ETS 值, 與 (c) 預測是否有較大降水(>20mm)之 ETS 值。

使得其 ETS 值為負值。FA 格組 00-12 小時與 24-36 小時之預測, 在嘉義和阿里山發生大於 20mm 降水中各有一次預測成功, 但 24-36 小時

之預測中有其它較多降水高估的情形, 以致是以 00-12 小時之預測 ETS 值最高, 約為 0.2。各時延系集預測之結果裡, 三時段平均和三時段取較相近兩者之平均 ETS 值相近, 也和使用單一時間中, 最好的一種結果相近。

對日間較大降水之預測裡, 以 FA 格組 12-24 小時之預測結果為最佳, 其 ETS 值約為 0.15。各時延系集預測之結果則以 12-24 小時預測和 24-36 小時預測兩者平均為最佳, 其預測校驗 ETS 值約為 0.26。

綜合以上之討論, 可見以時延系集預測結果, 在大部分情況都較採用單一時段之預測為優。其中對是否降水之預測, 可用 FA 格組 00-12 小時、12-24 小時以及 24-36 小時預測結果三者之平均, 其預測校驗 ETS 值對夜間降水約為 0.28, 對日間降水約為 0.36。對大於 20mm 之較大降水發生與否之預測, 夜間時由於目前個案數太少可能比較不具代表性, 對日間時, 由於 FA 格組 00-12 小時預測之降水量偏少, 因此是以 FA 格組 12-24 小時和 24-36 小時之預測兩者平均為最好, 其 ETS 值約為 0.26。

四、結 論

豪(大)雨是促成本省地區發生氣象天然災害中最主要的氣象因素, 主要之豪(大)雨則發生在梅雨期和受颱風侵襲或影響之時。本文主要在探討中央氣象局有限區域預報模式於梅雨期時, 預測嘉南地區降水之情形, 期在增進對模式預測特性之了解後, 能對提升嘉南地區定量降水預報有所助益。

在模式降水預測之校驗上, 我們選用嘉南地區嘉義、臺南和阿里山等三個中央氣象局所屬之觀測站所觀測得之 12 小時累積降水量為比較

之依據，這些觀測值於每日 00UTC 與 12UTC 可由中央氣象局數值預報作業系統中之觀測電碼資料上即時解譯而得。而模式之輸出則含 60 公里解析之粗格組資料 (CA)，與 20 公里解析之較細網格組資料 (FA)。各格組在格點上之降水量則是以四點平均之方式簡單的內插到觀測資料點上以供比對。

我們發覺，1997 年 5 月及 6 月在嘉南地區共有 5 至 6 期比較顯著的降水，但我們也可見雖然嘉義、臺南和阿里山三地區間相距並不遠，但各地降水之發生與降水量大小相當參差，可見各降水系統之空間尺度相當小，這或許是造成不易準確做到定量預報的主要原因。而由觀測之資料也顯示，1997 年梅雨期在嘉南地區之降水，在日間之降水量多於在夜間之降水量，在山區之降水量多於在平地地區之降水量，和氣候特徵 (陳與楊，1988) 相似。

中央氣象局對 1997 年梅雨季之豪 (大) 雨預報，在大區域定性上之成績相當不錯，其預兆得分 (Threat Score, 簡稱 TS) 為 0.68，公正預兆得分 (Equitable Threat Score, 簡稱 ETS) 為 0.53。但相同的預報在更定量上做校驗則遠較定性預報成績為差，其 TS 值為 0.32，ETS 值為 0.17。

模式預測降水量之校驗，則顯示中央氣象局有限區域預報模式，不論是 CA 或 FA 格組之結果，都有能力顯示降水之日夜變化以及定性上區分大氣是屬於較不會降水之穩定大氣或是較易降水之不穩定大氣。因此是可以配合謝等 (1994) 綜觀類型法以研判天氣之演變。然而我們也發現，不論 CA 或 FA，在許多無降水的個案裡也都會在 12 小時累積降水裡有約 3mm 微量系統性偏差。這種系統性偏差，值得模式發展人員進一步探討其發生原因，從而得以改善。

對預報模式兩種不同解析格組之預測降水量裡，在大部分情形是以較高解析度的 FA 格組預測結果較好。但兩格組之預測降水量一般都有在前 24 小時隨預測時間增長而增大的現象，也就是說，對同一預測目標之預測，由前 24 小時開始所做 12-24 小時預測之結果要較由前 12 小時開始所作 00-12 小時預測之結果多，對夜間之降水這種隨預測時間增長而增大的現象持續到 36 小時，而對日間之降水 24-36 小時預測之結果和 12-24 小時預測之結果在總降水量方面則十分相似。以不同開始時間所做之降水量預測中，CA 格組之降水量間有比較大的相關性，尤其是 12-24 小時與 24-36 小時之預測結果間之相關係數可達 0.7 以上。FA 格組之各預測降水量間則相關係數較小，顯示較高解析度模式之預測結果有對初始情況和運算時間比較敏感的現象。

以 FA 格組 12-24 小時對嘉義、臺南與阿里山三地區降水與否之預測，其平均 ETS 值在夜間為 0.19，在日間為 0.25。而對比較大降水 (大於 20mm) 發生與否之預測，其 ETS 值則約為 0.15。這結果和中央氣象局豪 (大) 雨定量預測之能力相當。在 Schneider et al.(1996)之報告也顯示美國國家環境預測中心 (NCEP) 之 Eta 中尺度預報模式 (50 層水平 29 公里解析)，12-36 小時預測結果對夏季是否有降水預測之 ETS 值約為 0.3，而對日雨量是否有大於 0.5 英寸降水預測之 ETS 值即小於 0.2。而事實上，前述 FA 格組之 12-24 小時在嘉南地區之預測中，對阿里山地區降水之預測相當不好，若僅考慮嘉義和臺南兩地對日間是否發生有較大降水之預測，其 ETS 值將近 0.26。

對部分之預測我們也發現使用 FA 與 CA 兩平均結果之預測要較各單一使用 CA 或 FA 結果之預測要好。但可能是 FA 之預測普遍的優於

CA，且有一段差距，因此這樣組合的成效並不明顯，有比較多的情況此組合結果較單純使用 FA 之結果略差。

用 00-12 小時、12-24 小時以及 24-36 小時之降水預測所組成所謂時延系集預測之結果則顯示在大部分之情況都較僅使用單一時間所預測結果為佳，其中又以使用前述三者之平均為最穩定。以此種時延系集預測之結果，對夜間是否降水預測之 ETS 值為 0.28，對日間是否降水預測之 ETS 值 0.36。而對日間是否發生大於 20mm 降水之預測則因為 0-12 小時預測之降水量偏少而以採用 12-24 小時與 24-36 小時之預測降水量平均值最好，其 ETS 值為 0.26。

綜合而言，以上研究之結果可以讓模式預測之使用者在應用這些成品時能有深一層的認識，知道其系統性誤差和優劣點以確實發揮其功效。我們也認知，由於二個月的資料個案數相當有限，部分之結果或許在有更多個案時會有所差異，因此需要有更多的校驗，目前我們正在進行梅雨期台灣其它地區以及華南地區之降水預測校驗，同時也擴展校驗工作到其它季節，以期瞭解模式對這些預測是否也和現有結果之特性相同。最後我們也認為由校驗得知模式預測的一些缺點與預測失敗的個案也值得進一步詳細探究，以期了解促成失敗的原因加以改善。另外，如資料和模式初始化，以及高聳地形在模式之處理等方面也造成模式預測的一些誤差，若能進一步將這些部分加以改善，則其預測結果將更有使用價值，而 CA 和 FA 兩者使用相同之動力、物理與初始條件，唯一之差別僅在解析度，其在降水預測上之能力卻有相當之差異，因此值得進一步去探究在台灣地區這樣的複雜地形下，在梅雨期活躍的中小尺度天氣系統裡，數值預測模式解析度之重要性。

致 謝

本文是在國家科學委員會研究計畫 NSC85-2621-P052-004 及 NSC86-2621-P052-002 資助及中央氣象局之支持下完成。特別感謝中央氣象局氣象資訊中心潘琦小姐協助模式預測和觀測等降水資料之存取和有幫助的討論，以及國家科學委員會嘉南地區定量降水研究群各研究人員在研究期間提供有激發性的討論和建議，而兩審查者之建議，使本文更清晰完整。

參考文獻

- 王時鼎、顏清連、陳泰然與謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及其預報研究。國家科學委員會防災科技研究報告 74 ~ 51 號，152 頁。
- 丘台光、謝信良與林民生，1993：梅雨季中尺度對流系統預報作業化之研究。國家科學委員會防災科技研究報告 82 ~ 39 號，37 頁。
- 吳宗堯與陳泰然，1987：台灣地區中尺度實驗計畫。國家科學委員會科技研究報告 76-19 號，133 頁。
- 吳宗堯與謝信良，1989：現有颱風預報研究成果作業化之研究（二）。國家科學委員會防災科技研究報告 78 ~ 29 號，147 頁。
- 吳宗堯、謝信良、喬鳳倫、陳正改與黃清芬，1981：曾文水庫集水區降水特性分析及颱風降水預報之研究。大氣科學，8，1-18。
- 林雨我與徐晉准，1988：侵襲台灣颱風之降雨分布研究。氣象學報，34，196-215。
- 陳泰然，1988：台灣梅雨研究的回顧。科學發展月刊，16，239-266。
- 陳泰然與楊進賢，1988：台灣梅雨期豪雨之時空分佈特徵。大氣科學，16，151-162。
- 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）。國家科

- 學委員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：台灣地區現階段豪（大）雨預報能力。大氣科學，19，177-188。
- 葉天降、林淑卿、李尙武、陳雯美、張偉正與彭順台，1994：中央氣象局第二代有限區域預報系統之建置與現況。天氣分析與預報研討會論文彙編，1994 年 11 月 24 至 26 日，台北，中央氣象局，11 ~ 20。
- 蔡清彥，1994：嘉南地區氣象防災實驗計畫規劃研究。國家科學委員會防災科技研究報告 82 ~ 44 號，35 頁及附圖。
- 劉復誠，1987：現行豪雨預報技術之評估與改進研究。中央氣象局研究報第 154 號，70 頁。
- 謝信良，1996：嘉南地區定量降水預報整合型計畫—總計畫（二）。國家科學委員會，專題研究計畫報告 NSC 85-2621-P052-002，161 頁。
- 謝信良，林雨我、陳清得與溫嘉玉，1994：台灣地區梅雨季豪（大）雨預報研究成果作業化研究。國家科學委員會防災科技研究報告 82 ~ 52 號，76 頁。
- 謝信良，王時鼎、鄭明典與葉天降，1997：台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究。侵台颱風路徑、強度與風力預報之應用研究（二）中央氣象局專題研究報告 CWB85-1M-01，382 頁。
- Black, T.L., 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Weather and Forecasting*, 9, 265-278。
- Brier, G.W., and R.A. Allen, 1951: Verification of weather forecasts. *Compendium of Meteorology*, Amer. Meteor. Soc., 841-848。
- Chen, C.-S., B.J.-D. Jou, and T.-C. Chen Wang, 1993: TAMEX overall scientific achievements and results. Proceedings, International Workshop on Mesoscale Research and TAMEX Program Review. Apr. 26-30 1993, Taipei, 226-238。
- Donaldson, R. J., R.M. Dyer and M.J. Krauss, 1975: An Objective evaluation of techniques for predicting severe weather events. Preprints: 9th Conference Severe Local Storms, Norman, Oklahoma, Amer. Meteor. Soc., 321-326。
- Kuo, Y.-H., and G.T.-J. Chen, 1990: The Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX): An overview. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 71, 488-503。
- Mason, I., 1989: Dependence of the Critical success index on sample climate and threshold probability. *Aust. Meteor. Mag.*, 37, 75-81。
- Schaefer, J. T., 1990: The critical success index as an indicator of warning skill. *Weather and Forecasting*, 5, 570-575.
- Schneider R.S., N.W. Junker, M.T. Eckert, and T.M. Considine, 1996: The performance of the 29km meso Eta model in support of forecasting at the Hydrometeorological Prediction Center. Preprints, 11th Conference on Numerical Weather Prediction, Norfolk, Virginia, August 19-23, 1996. AMS, J111-J114。
- Wang, S.-T., and S.-L. Shieh, 1985: Rainfall predictions of typhoon invading Taiwan. Proceedings, ROC-Japan Joint Seminar on Multiple Hazards Mitigation, Taipei, 861-872。

The Characteristics and Model Forecast Evaluations of Rainfalls in Chiayi-Tainan Area during 1997 Meiyu Period

Tien-Chiang Yeh

Central Weather Bureau

(**Manuscript received 5 November 1997 ; in final form 6 February 1998**)

ABSTRACT

Heavy rainfall forecast is the most important and challenging task of weather forecast in Taiwan area. Heavy rainfalls in the area often end up with floods and disasters. A term works focus on the improvement of the quantitative precipitation forecast in Chiayi-Tainan area has been carried out since 1995. This study, with the same purpose of improving rainfall forecasts, investigates the opportunity of applying the outputs of the Limited Area Forecasting Model, Central Weather Bureau (CWB) to do rainfall forecast in Chiayi-Tainan area.

Current version of the Limited Area Forecasting Model, CWB includes a coarse resolution mesh (CA) of grid distances 60 km and a fine resolution mesh (FA) of grid distances 20 km. Evaluations of the model predicting rainfalls are in the data period of May and June (so call meiyu period) 1997. The model predicting 12h accumulated rainfalls are interpolated into the location and compared with the observations at three CWB stations of Chiayi, Tainan, and Alishan in Chiayi-Tainan area

Our results show that the rainfall intensity in Chiayi-Tainan area have very clear diurnal variations during 1997 meiyu period. The model predicting rainfalls are able to catch such a phenomenon. More detail evaluations show that the performance of FA rainfall predictions is better than that of CA. By applying time lag averaging 'ensemble forecast' can generally improve the forecast. The equitable threat score (ETS) of predicting rainfall events by using the mean of three 12h forecasts is about 0.28 (night time) and 0.36 (daytime). And, the ETS of predicting greater than 20mm rainfall events for limited number of daytime cases is about 0.26.

Key words: Rainfall, Forecast evaluation.