

# MM5 系集降水預報之校驗

簡芳菁<sup>1</sup>、蕭育琪<sup>1</sup>、周仲島<sup>2</sup>、林沛練<sup>3</sup>、楊明仁<sup>3</sup>、洪景山<sup>4</sup>、鄧仁星<sup>4</sup>、林慧娟<sup>5</sup>

<sup>1</sup>國立台灣師範大學地球科學系 <sup>2</sup>國立台灣大學大氣科學系

<sup>3</sup>國立中央大學大氣科學系 <sup>4</sup>交通部中央氣象局 <sup>5</sup>交通部民用航空局

## 摘要

本文針對台灣大學、中央大學、台灣師範大學、中國文化大學、中央氣象局及民用航空局在 2000 年及 2001 年梅雨季的 12-24 小時、24-36 小時 MM5 系集預報的降水產品，利用全台 343 個自動雨量站之降雨觀測資料，以 ETS 值及 BIAS 值進行校驗，藉以評估此系集降水預報系統的預報能力，並試著找出最適合台灣地區的系集降水預報組合方式。

個別來看，六單位中以 NTU 的表現最佳，CCU 次之，可見就 MM5 的模擬而言，以 Grell 積雲參數化法與 Resiner 1 的微物理過程的組合，及 Kain-Fritsch 積雲參數化法與 Goddard 微物理過程的組合最適合台灣地區梅雨季之降水預報。整體而言，以系集平均方式產生的降水預報得分約在第二、三名之間，並非最佳之預報。

比較 2001 年各權重方式與系集平均的結果發現權重方式確實能提升降水預報能力，在 B 時段以系集 weight1 的預報成績最佳，C 時段則次於系集 weight2。系集 weight1 係利用各模式在 A 時段的預報成績以決定 B、C 時段各模式的權重，可見模式在 A 時段的表現與 B 時段的相關性較高，不過一旦模擬時間增長至 C 時段，系集 weight1 的預報能力便開始下降。系集 weight2 係利用 2000 年各模式的預報成績以決定 2001 年的權重，其結果在 B、C 時段皆有不錯的預報得分，可見依過去各物理組合表現予以權重的方式亦能提升降水預報之能力。

## 一、前言

近年來，由於電腦科技的進步，使得中尺度氣象預報模式在預報的網格解析度以及預報長度上皆有顯著的進展，MM5 模式（全名為 The fifth generation PSU/NCAR Mesoscale Model）為目前台灣地區廣為作業及研究單位使用的中尺度數值預報模式之一。從過去眾多 MM5 模式研究的成果顯示此模式的發展與應用已漸趨成熟，不但可適用於學術研究，亦可使用於每日例行的氣象預報。

然而，就每日的降水預報來看，MM5 模式的預報結果仍然有很大的改進空間。雖然數值模式在初始場選定之後，可透過反覆的運算，逼近大氣運動方程式的解，但由於大氣現象為非線性的系統，因此選定不同的初始場，隨著預報時間的演化，可能導致預報值不可忽略的誤差。因此為了提高數值預報的可信度，可以利用系集預報(ensemble forecast)的觀念，製造多個差異性不大的初始場以進行模式積分，再從中抽取有用的訊息，如此可以減低對任何單一初始場的依賴程度，以降低誤差。另外一種常被採用的系集預報方法則是變動模式的物理過程以獲得系集成員(ensemble member)之預報，因為模式的物理過程及參數化方法有其不確定性，不同的物理參數化方法會導致不同的預報結果（例如：Yang et al., 2000），因此，若能考慮所有可用的物理方法加以組合，便能降低此一不確定性。

民國 89 年及 90 年的梅雨季，國內的氣象作業及學術研究單位即利用前述變動物理過程的觀念，以 MM5 進行系集降雨預報。參與的單位包括有台灣大學（以下簡稱 NTU）、中央大學（以下簡稱 NCU）、台灣師範大學（以下簡稱 NTNU）和中國文化大學（以下簡稱 CCU）四所大學，加上中央氣象局（以下簡稱 CWB）、民用航空局（以下簡稱 CAA）二個政府單位。本文的目的即是利用這兩年 MM5 系集預報的降水產品進行校驗，以評估此預報系統的預報能力，並探討合適的系集降水預報組合方式，以獲取最佳之預報。因為各單位的預報總時間長短不一，因此選取民國 89 年 5 月 20 日至 6 月 20 日（以下簡稱爲 2000 年）及民國 90 年 5 月 10 日至 6 月 20 日（以下簡稱爲 2001 年）的預報數據資料，分析兩年梅雨期間的降雨預報，進行系集預報之分析校驗。

## 二、資料與校驗方法

本文使用的觀測資料為中央氣象局在全台 343 個自動雨量站的時累積雨量。我們將每日 0000UTC 及 1200UTC 前 12 小時的時雨量加總形成 12 小時累積雨量，接著以 MM5 模式的網格點為中心，將周圍 15km 見方所有測站的資料取算數平均，所得的值代表該網格點的觀測降水。

六個參與單位使用的預報模式皆為 MM5 中尺度數值模式，且網域的設定一致，皆有二個，分別

是外層的粗網格解析度為 45km，內層細網格的解析度為 15km，垂直方向有 23 層，本文即針對內層網格（15km）的降水預報進行校驗。六個單位之間最大的不同在於各模式在積雲參數化法及微物理過程上採用不同的物理設定，整理如表一所示。

表一、各單位 MM5 的物理設定表。參與的六個單位：NTU 為台灣大學，NCU 為中央大學，NTNU 為台灣師範大學，CCU 為中國文化大學，CWB 為中央氣象局及 CAA 為民用航空局。

編號	單位簡稱	積雲參數法 (Cumulus)	微物理過程 (Microphysics)
1	NTNU	Kain-Fritsch	Simple Ice
2	CCU	Kain-Fritsch	Goddard
3	CAA	Kain-Fritsch	Resiner 1
4	NTU	Grell	Resiner 1.
5	NCU	Betts-Miller	Resiner 1
6	CWB	Anthes-Kuo	Resiner 1

模式的初始場是取自中央氣象局全球模式的分析場作為猜測場 (first-guess field)，而為了改進初始場，我們另外執行一個客觀分析的步驟，把地面及高空觀測資料納入其中。預報啓始時間一天兩次，分別為 0000UTC 及 12000UTC，每一預報長度為 36 小時。

我們比較網格點上的模式降水及觀測降水，並使用列聯表 (Contingency Table) 來評估模式預報降水的的能力。根據列聯表，我們使用兩個延伸指標來校驗降水預報，一為 ETS 值，一為 BIAS 值 (Black 1994; Schaefer 1990)。

為了校驗不同降雨強度的預報準確度，我們沿用 Chien et al. (2002) 的八個降水門檻值分別為 0.3、2.5、5.0、10.0、15.0、25.0、35.0、50.0mm，根據不同的門檻值判斷是否有降雨。我們校驗的對象是 12 小時累積降水，因此將預報的長度分為 0~12 小時、12~24 小時、24~36 小時三個時段，分別稱之為 A 時段、B 時段、C 時段。由於模式在預報開始之後的 6~12 小時內為 spin-up 的階段，其降水預報一般較不可靠，因此，本文不分析 0~12 小時 (A 時段) 的預報降水。

計算 2000 年的系集降水預報時，我們僅採取系集平均 (系集 mean) 的方式，而為了進一步瞭解系集預報的成效，在 2001 年的系集降水預報中，則除了採用系集平均的方式之外，我們也針對各模式取不同的權重方式以產生系集預報之降水，檢驗是否可提升降水預報之能力。

其中，我們選取了 2 種權重方式，分別為系集 weight1、系集 weight2。系集 weight1 的權重方式是利用各模式在 A 時段的預報降水與觀測降水進行比

較，在全台每個網格點求取均方根誤差 (root mean square error, RMSE)，再根據 RMSE 值的高低予以排名次，第一名 (最低的 RMSE) 的權重較第二名多出兩倍，以此類推至最後一名的權重為  $2^0$  倍，再除以權重的總和 ( $2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5$ )，即可得到各單位的權重值，最後以此權重計算 B、C 時段之系集降水。

系集 weight2 則是根據 2000 年各模式 B 時段、C 時段的平均 ETS 值的排名以決定 2001 年各單位的權重，排序決定後，權重大小則同系集 weight1。也就是我們假設在 2000 年的降水預報中表現較佳者，在 2001 年應該也有較佳的預報準確度，因此利用各單位在 2000 年的表現，決定 2001 年的權重。

## 二、 降水預報校驗

以下我們分別討論 2000 年、2001 年 B 時段及 C 時段各單位及系集平均的降水預報結果，再深入討論 2001 年各系集權重的表現。

### (一) 2000 年各單位及系集平均之結果

圖 1a 為 2000 年 B 時段 (12~24h 累積降水) 根據不同降雨門檻值所求得的 ETS 值，比較各單位 ETS 值隨著門檻值的變化情形，首先觀察到 6 個單位的預報結果大致的趨勢相似，然而對於不同的門檻值各單位的 ETS 值高低排名各有不同，顯示各模式對於不同門檻值的預報能力會有變動，因此僅選取任一模式來預報降水似乎都不是最好的。不過在所有單位中，NTU 表現似乎最為穩定，得分在許多門檻皆為最高。另外，每一個模式也都呈現對中、大雨 (25.0mm 及 35.0mm) 有比小雨較好的預報成績。系集 mean (編號 7 之折線) 的 ETS 值在 10.0mm 的門檻值以下，排名為第 4 或 5 名，平均約為 0.24；在 10.0mm 的門檻值以上除了 50.0mm 的門檻值之外，ETS 值排名躍升至第 1 名，平均約為 0.29。顯示在較大的降雨時，以系集平均方式所得之降水預報可以略優於個別模式之預報。

從 2000 年 B 時段之 BIAS 值 (圖略) 可以發現 NCU 的折線在門檻值 15.0mm 以上與其他單位有較大的差異，BIAS 值隨著門檻值增大而快速增加至 2.0 以上，其餘各單位的 BIAS 值則分佈在 0.5~1.5 之內。另外，系集 mean 對於門檻值較小的降水預報高估，平均值約為 1.3，較大門檻值的 BIAS 值則接近 1，換句話說，系集預報過度預報小雨的降水次數，對於中、大雨的降水次數預報則較接近觀測次數。至於前述各模式對中、大雨預報能力高於小雨的情形 (圖 1a) 似乎與過去的經驗不同 (參考 Chien et al., 2002)，此結果可能與 2000 年中、大雨發生次數偏少有關係。雖然 ETS 值較不受樣本多寡及分佈的影響，不過從 BIAS 的分佈來看，中、大雨門檻值接近

1,這與一般皆小於 1(低估)的情況不同,故推測 2000 年中、大雨發生次數偏少,導致模式低估的情況不再,因此 ETS 值提昇。

要判斷降雨預報是否準確,需分成兩個部分討論,一為降水得分(ETS),另一為降水次數(BIAS)。因此,由 BIAS 的結果我們得知,系集預報對於中、大雨的降水次數預報不錯,再配合圖 1a,在 15.0~35.0mm 的 ETS 值皆大於 0.25,可見降雨量亦有不錯的預報,可見系集預報與個別單位類似,對於 2000 年 B 時段的中、大雨預報結果有相當不錯的成績。

2000 年 C 時段(24~36h 累積降水)的 ETS 值(圖 1b)顯示,ETS 從小雨的 0.25 左右一路下滑至大雨的 0.05 附近,其中又以 NTU 及 NCU 的預報表現最好。系集 mean 的表現排名則為第 2 或 3 名,顯見各單位所預報的降雨量不同,取算數平均之後所得的系集預報,其 ETS 值排名居中上的可能性較大。

從 2000 年 C 時段的 BIAS 值(圖略)可見 NCU 的折線在大雨的 BIAS 值仍和 B 時段一樣明顯高估,平均約為 1.5,其餘各單位的 BIAS 值則分佈在 0.5~1.5 之內,較 2000 年 B 時段 BIAS 值低,顯示模式之降水較為低估。而系集 mean 的結果顯示對於門檻值較小的降水預報高估,平均值約為 1.4,隨著門檻值的增加而逐漸下降至 0.6,而最佳表現的門檻值為 25.0mm。

系集平均的 BIAS 值通常在小雨高於 1,在大雨則低於 1,因為對小雨門檻而言,只要任一系集成員出現錯誤的預報(預報過多的降水),即使其餘成員皆預報正確,平均之後也容易出現高估降水的情況。對於大雨的門檻也是類似,只是變成低估。

## (二) 2001 年各單位及系集平均之結果

圖 2a 為 2001 年 B 時段各單位及系集平均的 ETS 值,圖中各單位的折線趨勢一致,是 2000 年、2001 年內的所有時段 ETS 值折線分布最規則的,僅只在數值上有些許的差異。其中 NTU 的表現又優於其他各單位。整體的趨勢除了 0.3mm 的門檻值之外,ETS 值隨著門檻值的增加而下降,這樣的分布表現出模式對於大雨預報能力不足的現象,在 2.5~10.0mm 的門檻值之內的 ETS 值平均超過 0.2。而系集 mean 的折線顯示 ETS 值有中上的預報成績,對於 2.5~25.0mm 的門檻值而言,排名第二。

從 2001 年 B 時段的 BIAS 值(圖略),首先發現 NCU 的 BIAS 值趨勢仍然不同於其他單位,對中、大雨普遍高估,BIAS 值平均約為 1.3,NTU 的 BIAS 值則皆維持在 1 附近,配合其 ETS 之得分,顯見 NTU 在 2001 年 B 時段之表現相當不錯。可見 Grell 積雲參數法及 Resiner 1 的微物理過程似乎頗適合於台灣地區梅雨季的降水預報。而其他單位的 BIAS 值分布則較為零散,尤其在大雨門檻皆有明顯低估的現象。而系集 mean 的 BIAS 值在門檻值 5.0mm 之下及

25.0mm 以上皆有明顯的偏差,對於小雨的部分,BIAS 值約為 1.3,模式預報高估降雨發生的次數,而在大雨的部分,預報的降雨次數平均為觀測降雨次數的一半,為明顯的低估。

圖 2b 為 2001 年 C 時段各單位及系集平均的 ETS 值,與圖 2a 比較,我們發現各單位在 10.0mm 以下門檻值的預報能力在 C 時段明顯低於 B 時段,與 Chien et al.(2002)的結論相同,這是因為隨著預報時間的增加,MM5 模式預報能力下降所致。除了 NCU 的 ETS 值在中、大雨門檻有較高得分之外,其他各單位的 ETS 值隨著門檻值的增加逐漸降低,顯示大部分模式對於大雨的預報能力不足。系集 mean 在門檻值 10.0mm 以下的表現最佳,10.0mm 以上則除了 50.0mm 的門檻值之外,表現僅次於 NCU。

2001 年 C 時段的 BIAS 值與 B 時段差異不大,除了 CCU 的趨勢隨著門檻值增加而向上增加之外,其他單位僅只是排名的小變動而已,而 NCU 依然在預報大雨次數時明顯高估。系集 mean 的趨勢亦與 B 時段的系集 mean 相去不遠,不過在大雨及小雨預報的偏差皆較 B 時段為小,最佳預報門檻值為 10.0mm。NCU 雖然在圖 2b 中的表現最佳,然而在 BIAS 中卻發現有明顯高估大雨次數的趨勢,可見,NCU 對於 C 時段中、大雨的預報 ETS 得分較高,應與過度預報降水發生次數有關。

## (三) 2001 年系集權重之結果

從以上 2000 年及 2001 年 B 時段、C 時段的結果可見系集平均的 ETS 值表現多為中上,並非最佳預報。因此,為了從現有系集成員的降水預報中提升預報能力,我們在 2001 年嘗試使用系集 weight1、系集 weight2 二種權重方式,期找出最佳的預報組合,以提升系集預報之技術。

我們首先探討 2001 年 B 時段系集 weight1 與各單位的 ETS 值分布(圖 3a),與圖 2a 相較,可以發現系集 weight1 的成績不僅在排名上明顯優於系集平均及個別單位,其 ETS 在 0.3~15.0mm 門檻值間皆高於 0.2,這樣的結果頗符合我們的假設,即針對各單位在全台 141 個網格點上的 RMSE 值排名再予以權重,可得到準確度較佳的系集降水預報。

系集 weight1 降水的 BIAS 值隨著門檻值的增加而逐漸下降(圖略),此結果依然表現出模式對小雨預報高估、大雨低估的情況。不過與系集 mean 比較,系集 weight1 對大雨門檻值的偏差明顯較小,同時根據圖 3a,我們也得到系集 weight1 的 ETS 值高於系集 mean 的結果,因此,整體而言,系集 weight1 的結果優於系集平均。

圖 4a 為 2001 年 B 時段系集 weight2 與各單位的 ETS 值,與圖 3a 比較可見系集 weight2 的預報能力不如系集 weight1,不過,與圖 2a 相較,其得分仍然高於系集 mean 的結果。同時在 10.0mm 門檻以

上，系集 weight2 的 ETS 亦是高於個別系集成員的表現，在 10.0mm 以下，則僅次於 NTU，位居第二名。系集 weight2 的預報能力較 weight1 差的原因可能是由於 2001 年各模式 B 時段、C 時段的預報能力與 2000 年的相關並不如與同一模擬 A 時段預報能力之相關明顯。不過，若與系集平均的結果相較，系集 weight2 的結果還是比較好的，可見採用系集 weight2 的方式仍然是一可行之方向。

與系集 weight1 相較，系集 weight2 的 BIAS 在中間門檻偏離 1 較遠(圖略)。配合 ETS 的結果，我們可知系集 weight1 的表現應是優於系集 weight2 的。

從 2001 年 C 時段系集 weight1 與各單位的 ETS 值(圖 3b)，可見系集 weight1 對於 0.3mm~25.0mm 的門檻值有不錯的預報能力，其 ETS 值皆接近 0.2，對於 25.0mm 以上的門檻值，預報能力急速下降至 0.07 左右。系集 weight1 的表現除了在小雨門檻略遜於系集平均(圖 2b)的結果之外，在門檻值 15.0mm~35.0mm 則可明顯提升預報之得分。

2001 年 C 時段系集 weight1 與各單位的 BIAS 值(圖略)顯示，系集 weight1 除了對 10.0mm 以下的門檻為高估之外，對 10.0mm 以上的門檻則預報降水次數非常接近觀測值，配合圖 3b，我們發現系集 weight1 的降雨預報在 15.0mm~35.0mm 門檻之間有相當不錯的結果。

圖 4b 為 2001 年 C 時段系集 weight2 與各單位的 ETS 值，從系集 weight2 的折線可見其 ETS 值除了 50.0mm 門檻值之外皆略小於 0.2，50.0mm 門檻值的 ETS 值下降至 0.1 左右，與系集 weight1 (圖 3b) 頗為相似；然而系集 weight2 在門檻值 35.0mm 以上的 ETS 值得分高於系集 weight1。因此，對 2001 年 C 時段而言，在中、大雨的門檻值系集 weight2 的預報能力較系集 weight1 佳。

2001 年 C 時段系集 weight2 與各單位的 BIAS 值(圖略)顯示，在所有門檻值當中，5.0mm 及 15.0mm 的 BIAS 值最接近 1，而其餘門檻值的 BIAS 值皆高於 1，可見 2001 年 C 時段系集 weight2 預報對於降水次數普遍高估，平均 BIAS 值約為 1.2。

綜合比較 2001 年 B 時段系集平均(系集 mean)、系集 weight1、系集 weight2 的 ETS 值，可以發現對於 2001 年 B 時段，系集 weight1 為最佳的預報方式，系集 weight2 次之，而系集平均所得到的 ETS 值最低，顯示利用 A 時段在各網格點的預報能力取權重之方式能大幅提高預報能力；同時，系集 weight2 也較系集 mean 好，可見根據過去各單位之降水預報表現而調整各單位的權重，以得到系集降水預報的想法是可行的。

對於 2001 年 C 時段而言，在 10.0mm 以下的門檻值系集 weight1 與系集 weight2 的 ETS 值相似，其預報能力皆不如系集 mean 的結果；在 15.0mm 以上

的門檻值，預報能力則以系集 weight2 表現最好，系集 weight1 次之，系集平均表現最差。因此，整體而言，2001 年 C 時段應以系集 weight2 的預報能力最佳。

從以上的討論，我們可得到以下三點結論，一、雖然系集 mean 對於 2001 年 C 時段的小雨有較佳的預報能力，然而，配合 2001 年 B 時段的結果，我們認為以權重方式所得到的預報能力依然優於系集平均的結果；二、系集 weight1 對於 2001 年 B 時段的預報能力最高，不過對於 C 時段的預報能力則略遜於系集 weight2。顯見利用 A 時段的預報能力來決定系集權重是一個不錯的方法，不過當預報時間增長至 C 時段時，此種方法的預報能力即逐漸下降。換句話說，在 A 時段預報較好的模式我們可預測它在 B 時段亦會有不錯之成績，但對更長的模擬(C 時段)則並不能保證仍能持續有好的表現；三、系集 weight2 在 2001 年 C 時段的預報能力最高，且在 B 時段亦有不錯的成績，顯示在 2000 年預報較佳的單位在 2001 年的預報能力亦優，可見我們可以參考過去各物理組合的表現，再賦予權重以產生系集降水預報，如此可提升降水之預報能力。而在 B 時段則因為與 A 時段較為靠近，模式表現好壞相關性較高，因此系集 weight2 的表現並不如系集 weight1。

#### 四、討論與總結

本文針對民國 89 年(2000 年)及 90 年(2001 年)梅雨季期間，台灣大學、中央大學、台灣師範大學、中國文化大學、中央氣象局及民用航空局共六個單位，使用 MM5 模式獲得的系集預報降水產品進行校驗，以評估此預報系統的預報能力，並找出最適合台灣地區的系集降水預報組合方式，期能提升未來中尺度的降水預報能力。我們利用 2000 年 5 月 20 日至 6 月 20 日及 2001 年 5 月 10 日至 6 月 20 日兩個梅雨季的 0-12 小時、12-24 小時、24-36 小時的模式預報降水資料，配合中央氣象局全台 343 個自動雨量站每日 12 小時累積雨量資料，以列聯表計算降水預報的 ETS 及 BIAS，分析檢驗系集降水預報的準確度。

綜合 2000 年及 2001 年系集 mean 的 ETS 值分析結果可見，系集預報對於 0.3mm 門檻的 ETS 值接近 0.2，在門檻值 2.5mm~10.0mm 的預報能力最高，ETS 值可達 0.2 以上，至於中、大雨的預報能力則兩年之間有較大的差異，2000 年對於中、大雨的預報能力不錯，因此 2000 年平均的 ETS 值高達 0.29，而 2001 年的預報能力則隨著門檻值的增加而逐漸下降至 0.05。因此，整體看來，2000 年的模式預報能力應優於 2001 年。比較 B 時段與 C 時段的結果，發現 B 時段的 ETS 值高於 C 時段，這是因為隨著預報時間的增加，MM5 模式預報能力下降所致，這與 Chien

et al.(2002)的結果相似。一般而言，系集平均的結果在所有模式中排名約為第二、三名，並非最好的。

再配合 2000 年及 2001 年系集 mean 的 BIAS 值，我們發現，整體而言模式過度預報小雨的降水次數，BIAS 平均值約為 1.2，而低估大雨的降水次數。BIAS 值隨著門檻值的增加漸小於 1，在 10.0mm 門檻值的 BIAS 值接近於 1。綜合 ETS 及 BIAS 的結果，可見系集平均對於小雨及大雨門檻值預報能力較低，因為當任一單位在小雨（大雨）門檻值的預報值有明顯錯誤而遠大（小）於其他單位時，經過平均之後的系集預報結果很容易產生較大的偏差，因此導致系集 mean 的 ETS 值下降。BIAS 值隨著門檻值的增加而逐漸下降的原因與上述原因相似。

若以個別單位來看，我們發現，整體而言以 NTU 的預報得分最高，其次，NCU 及 CCU 兩單位也有不錯的成績。雖然在 ETS 值表現上 NCU 較 CCU 略勝一籌，不過，由於 NCU 對於降水次數明顯高估，因此 CCU 的表現應較 NCU 好。由此可見 Grell 積雲參數化法及 Resiner 1 的微物理過程的組合最為適合台灣地區梅雨季之降水預報（即 NTU），而 Kain-Fritsch 積雲參數化法及 Goddard 微物理過程的組合亦有不錯的預報能力（即 CCU）。因此，我們建議未來有關台灣地區梅雨季之 MM5 降水模擬應儘量採用上述兩種物理組合方式。

由於 2000 年及 2001 年系集平均在各系集成員的排名成績僅屬中上，因此為了進一步提升系集預報的成效，我們在 2001 年的實驗中增加 2 種權重方式以產生系集降水預報。系集 weight1 係依據各模式在 A 時段降水預報的表現以決定 B、C 時段的權重，系集 weight2 則利用 2000 年各模式在 B、C 時段降水預報的 ETS 高低以決定 2001 年 B、C 時段之權重。整體結果顯示 2001 年兩種權重方式的預報成果皆優於系集 mean 的預報結果。其中，2001 年 B 時段以系集 weight1 的預報成績最佳，而 C 時段則以系集 weight2 略優於系集 weight1。可見 A 時段與 B 時段的模式表現相關性頗高，故利用 weight1 的權重方式可以在 B 時段得到不錯的成績，不過當預報時間增長至 C 時段時，此種方法之預報能力即逐漸下降，此時，以系集 weight2 的得分最高。因此若能以 A 時段模式降雨預報的表現而賦予權重，以決定系集降水，應至少能提升 B 時段系集降水的預報技術。至於系集 weight2 則不但在 C 時段表現最好，在

B 時段亦有不錯的成績，顯示依據過去各物理組合的表現而賦以權重的方式，亦能提升降水之預報能力，且預報能力較系集 weight1 持久。

綜而言之，我們建議未來 MM5 系集降水預報可採用系集 weight1 或系集 weight2 的方式，以獲得系集之降水預報，以期提升在台灣地區梅雨季的降水預報能力。若其結果能持續得到較佳的預報成績，則進一步建議中央氣象局將來可以在每日的降水預報上使用這兩種權重方式以得到每日最佳之系集降水預報。系集 weight1 的處理方式必須在各模式模擬結束之後，馬上檢驗其 A 時段降水預報的成績，以決定權重，故執行上必須掌握時效。以目前電腦的處理速度及自動雨量站觀測資料回傳之速度觀之，應至少可以在 B 時段前~1 小時（即模式初始時間+1h）內完成，並發佈 B、C 時段之系集權重降水預報。至於系集 weight2 則因參考過去同一物理模式之表現以決定權重，故執行上比較沒有時間壓力，不過必須確定每一年個別模式都使用相同之物理設定。

## 致謝

本研究在國科會永續會研究計劃 NSC90-2625-Z-003-001 支助下完成。感謝中央氣象局提供研究期間所需之資料，使得本文得以順利完成。

## 參考文獻

- Black, T. L., 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Weather and Forecasting*, **9**, 265-278.
- Chien, F.-C., Y.-H. Kuo, and M.-J. Yang, 2002: Precipitation forecast of the MM5 in Taiwan area during the 1998 Mei-yu season. *Weather and Forecasting*, **17**, 739-754.
- Schaefer, J. T., 1990: The critical success index as an indicator of warning skill. *Weather and Forecasting*, **5**, 570-575.
- Yang, M.-J., F.-C. Chien, and M.-D. Cheng, 2000: Precipitation parameterization in a simulated Mei-Yu front. *Terrestrial, Atmospheric, and Oceanic Sciences*, **11**, 393-422.

下頁圖序：

1a	1b
2a	2b
3a	3b
4a	4b

圖 1：2000 年(a) B 時段、(b) C 時段各單位及系集平均之 ETS 得分
圖 2：2001 年(a) B 時段、(b) C 時段各單位及系集平均之 ETS 得分
圖 3：2001 年(a) B 時段、(b) C 時段各單位及系集 weight1 平均之 ETS 得分
圖 4：2001 年(a) B 時段、(b) C 時段各單位及系集 weight2 平均之 ETS 得分

