

## 東亞與台灣區域氣候之降尺度模擬

李清騰<sup>1</sup>、吳明進<sup>2</sup>、陳世欽<sup>3</sup>

中央氣象局<sup>1</sup>

國立台灣大學大氣科學系<sup>2</sup>

美國農業部森林局<sup>3</sup>

### 摘 要

本文使用 NCEP/RSM 執行 NCEP 再分析資料之兩種解析度動力降尺度模擬東亞及台灣區域氣候，另外也使用新的 Diffusion scheme 來進行相同的模擬實驗。研究結果顯示出 RSM 大致可掌握降水變化趨勢，但五至八月間東亞區域之太平洋副熱帶高壓模擬偏強，造成大陸及台灣地區受到較強的南風情形。而新的 Diffusion scheme 則可改善因地形所造成的過大降水模擬，但海洋上降水模擬則更加偏少。另外夏季期間 RSM 此靜力模式無法正確模擬出颱風所造成的強烈低壓伴隨著反氣旋環流特徵以及大降水現象，使得夏季結果有明顯差異存在。由台灣地區模擬結果中，新的 Diffusion scheme 模擬結果明顯改善過大降水模擬，且降水量更符合實際觀測值，其年際變化之相關係數也相對提高，但夏季降水量的模擬反而呈現出更加偏少的情況，然而 RSM 對於夏季颱風在台灣地區所造成較大降水特徵無法有效的掌握。另外使用台灣地區單層巢狀之降尺度模擬，結果顯示出單層巢狀模擬的降水量明顯比兩層巢狀較少，且冬季期間明顯呈現出更好的降水分佈，但其它季節反而是有更大的差異，然而單層巢狀之降水隨時間變化趨勢則比兩層巢狀結果更接近實際觀測值之變化特性。

關鍵詞：台灣氣候模擬、區域氣候、區域波譜模式。

### 一、前言

一般而言，氣候的意義是為天氣的振動和地球表面影響的平均，區域氣候則是代表著在有限區域內長期的天氣變動平均。台灣地區處於東亞溫帶及熱帶的交會處，同時也位於大陸與海洋的緩衝區，使得台灣地區的氣候特徵明顯受到東亞季風環流的影響 (Chen and Chen, 2003)。王等(1984)將台灣氣候的降水月份主要分成 5 大類，分別為冬季(十二月至二月)、春季(三月至四月)、梅雨季(五月中旬至六月中旬)、颱風季(七月中旬至八月)以及秋季(九月至十一月)。在冬季降水特徵主要是由於大陸高壓的南下且伴隨著冷鋒經過台灣東北部地區，而造成在東北部沿岸地區迎風面上的降水(Chen and Huang,

1999)。然而在梅雨季期間，降水主要來自梅雨鋒面的影響。此梅雨鋒面引進的西南氣流以及梅雨鋒面上所伴隨著中、小尺度對流系統，會導致台灣地區強烈的降水(Li et al., 1997; Yeh and Chen, 1998; 陳等 2002; Yeh and Chen, 2004)。這種強降水受到台灣特殊地形與特殊風場的影響，顯示出局部環流與地形效應在降水強度扮演重要角色(陳與張, 2002)。夏季的較大降水主要來自颱風(王等, 1984)，而謝等(1998)分析 100 年颱風資料指出每年大約有 3.6 個颱風會侵襲台灣地區，並且造成大降水現象。

台灣地區由於地形錯綜複雜以及中央山

脈的走向關係，使得台灣地區的降水分佈基本上分成東、西兩個不同的氣候特性(Yeh and Chen, 1998)。Hsu and Chen (2002) 指出台灣區域氣候除了本身中央山脈的複雜地形外，大尺度的季風環流也是影響的主因之一，大尺度環流的改變會影響到局部地區的氣候變化。因此對於研究台灣區域氣候的同時，也應了解到全球綜觀環境的改變對區域氣候的影響，以及當區域氣候改變時對全球氣候的影響又為何。Liu et al. (1994) 利用區域氣候模式 (NCAR/RegCM; National Center for Atmospheric Research/Regional Climate Model) 模擬夏季亞洲地區之天氣特徵，此區域氣候模式之模擬結果對於大尺度之主要環流特性、降水及地面溫度均有相當程度的掌握，而且比大尺度更可以模擬出因複雜地形作用所造成的大降水。同樣在 Lee and Suh (2000) 也是利用此區域氣候模式 (NCAR/RegCM2) 模擬 10 年(1987-1996) 夏季亞洲季風之區域氣候特徵，研究結果顯示出此模式可正確的掌握大尺度的環流特徵，而且也可以正確的模擬出亞洲夏季季風的肇始及結束，但此模式對於掌握大尺度環流強度、每日降雨量多寡以及氣溫變化仍有改進的空間。

另外 Juang and Kanamitsu (1994) 及 Juang et al. (1997) 在美國國家環境預報中心 (National Centers for Environmental Prediction; NCEP) 發展了一套區域波譜模式 (Regional Spectral Model; RSM)。此區域波譜模式不同於一般定差方法的區域模式，而是使用 sine-cosine 級數函數的波譜方式，來進行區

## 二、模式介紹及觀測資料

本文使用 NCEP/RSM97V 區域波譜模式 ( Juang and Kanamitsu, 1994; Juang et al., 1997) 進行 1990 年至 2000 年 NCEP 再分析資料 (Kalnay et al. 1996) 之動力降尺度模

域性天氣系統的模擬計算。由於波譜模式應用到區域模式會遭遇到側邊界問題，作者解決方式則是將區域模式的解分成基本場(base) 及擾動場(perturbation)。而擾動在側邊界時強迫為零，在區域範圍內部則由模式的動力與物理來決定。另外波譜模式也較適合長時間的積分運算，所以波譜模式多用於氣候模擬及全球預報。Hong and Leetmaa (1999) 以 RSM 降尺度模擬美國地區 50km 解析度的區域氣候特徵，研究結果指出 RSM 可以當作區域氣候研究之有用工具之一。

台大大氣系區域/水文預報實驗室自 1992 年開始和美國 UCSD/SIO 密切合作進行區域氣候可預報度之研究，並引進 NCEP/RSM 區域氣候模式 (Juang and Kanamitsu, 1994; Juang et al., 1997) 做區域氣候之模擬和預報實驗。並從 1997 年 10 月開始應用快捷的通訊網路，收取 SIO-Climate Division ECPC 以 NCEP 所提供的海面溫度預報資料和全球初始場資料使用 NCEP/GSM 之全球預報資料，利用 NCEP/RSM 執行台灣地區區域氣候的預報。此短期預報實驗為每週執行一次，每次作 1 至 12 週的預報。

由於區域波譜模式的不確定性，此區域氣候預報的產品，並不能直接應用。因此建立一套完整的區域氣候的特徵則是必要之科學性評估。本文即採用 NCEP/RSM 進行 NCEP 再分析資料，且利用兩種不同 Diffusion scheme 進行模擬實驗，來探討東亞及台灣地區氣候的特徵以及區域波譜模式的預報度。

擬實驗(RSMs)，另外也利用 Juang et al. 在 2005 年所發展新的 Diffusion scheme (RSMp) 來執行相同的實驗。RSM 基本上包括兩部份，即高解析的區域波譜模式，巢狀於低解

析的全球波譜模式(GSM)，且 RSM 和 GSM 使用相同的模式結構、動力以及物理過程。RSM 和一般傳統的有限差分模式，不同在於 RSM 是讓全球模式所獲得的資訊，涵蓋整個區域模式範圍，而傳統的方法，只將全球模式資訊使用在近側邊界處。本模式採用追隨地勢的垂直 sigma 座標。垂直分佈上共有 28 層。在水平方面，全球模式是使用全球高斯網格，而區域模式是使用區域的高斯網格，即是將全球坐標投影至地圖坐標上。而在物理過程是則採取與 GSM 全球波譜模式相同之物理參數過程，包括(1) 輻射物理過程為 Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)發展的輻射參數化，其中包含了輻射與雲的交互作用、隨日夜變化的短波及長波輻射、並且考慮大氣中 CO<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 及水汽對輻射的作用等(Schwarzkopf and Fels, 1991; Chou et al., 1998,1999)。(2) 地表邊界層和行星邊界層的物理過程參數化，其中是使用 Monin Obukhov 理論公式計算動量、水汽及可感熱通量和地表溫度分佈等(Businger et al., 1971)以及 Two-layer soil model (Mahrt and Pan, 1984; Pan and Mahrt, 1987)和 Oregon State University Land-Surface Model。(3) 重力波平滑則是使用 GLAS 和 GFDL 的技巧。(4) 積雲參數化方面是使用 Simplified Arakwa-Schubert scheme (Grell,1993)。(5) 使用 ECMWF 的淺對流參數化。

### 三、東亞區域氣候之降尺度模擬

由表 1 顯示出各月之 NCEP 資料和 50km 解析度之 RSM(RSM1s)模擬結果的空間相關係數值，而新的 Diffusion scheme(RSM1p，表略)也是呈現出相同的特性。由表中明顯看到一月(表 1A.)的相關係數值可達 0.9 以上，而二至四月(表略)則和一月的結果相同，到了五月(表 1B.)、六月(表略)時，其低層風場及海平面氣壓場相關係數值

本研究範圍分為東亞地區 (101.3°E-141.2°E, 10.8°N-36.2°N) 50km 解析度(RSM1)和台灣地區 (117.7°E-125.16°E, 18.9°N-27.0°N) 15km 解析度(RSM2)的模擬實驗(如圖 1.所示)。另外東亞地區觀測降水資料使用 Global Precipitation Climatology Project (GPCP; Huffman et al., 1997)全球月平均降水資料以及 University of East Anglia's Climatic Research Unit (CRU TS2.0; Mitchell et al., 2004)全球月平均陸地降水資料，而在台灣地區則使用測站及自動雨量站之實際觀測降水資料。

RSM1(50KM)/RSM2(15KM) OROGRAPHY AND GRIDS

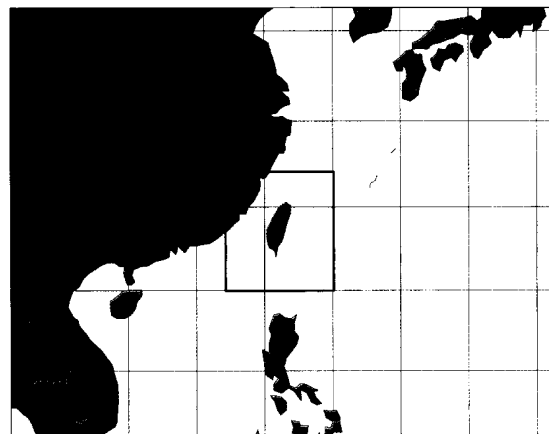


圖 1 RSM 模式設定之模擬範圍，其中大範圍為 RSM1(50 公里)及小範圍 RSM2(15 公里)之模擬範圍，兩者範圍均以台灣為中心點。圖中顏色則是代表地形高度。

明顯降至 0.45 及 0.75，代表此時太平洋副熱帶高壓模擬偏強，使得大陸至台灣地區受到較強的南風情形。而在六(表略)、七(表略)、八月(表 1C.)海平面氣壓場及低層風場的相關係數更低，這也代表了此時 RSM 模擬此月份颱風所造成的強烈低壓特性及反氣旋環流有明顯差異存在。另外在九至十二月(表略)，則和一月的結果相同。

(A) January RSM1s

P.C.	Q2m	T2m	u10	v10	SLP	HGT	U	V
SFC	0.99	0.99	0.97	0.91	0.99			
1000 hPa						0.99	0.98	0.87
850 hPa						0.88	0.98	0.93
700 hPa						0.99	0.99	0.97
500 hPa						0.99	0.99	0.97
300 hPa						0.99	0.99	0.99

(B) May RSM1s

P.C.	Q2m	T2m	u10	v10	SLP	HGT	U	V
SFC	0.99	0.98	0.89	0.45	0.75			
1000 hPa						0.89	0.86	0.26
850 hPa						0.98	0.94	0.77
700 hPa						0.99	0.99	0.92
500 hPa						0.99	0.99	0.98
300 hPa						0.99	0.99	0.99

(C) August RSM1s

P.C.	Q2m	T2m	u10	v10	SLP	HGT	U	V
SFC	0.95	0.97	0.88	0.59	0.37			
1000 hPa						0.74	0.70	0.45
850 hPa						0.93	0.85	0.5
700 hPa						0.97	0.95	0.77
500 hPa						0.98	0.99	0.92
300 hPa						0.97	0.99	0.97

表 1 一月(A)、五月(B)及八月(C)NCEP 在分析資料和 RSM1s 模擬結果之空間形態相關係數表，表中變數分別為地面 2 公尺濕度(Q2m)、地面 2 公尺溫度(T2m)、地面 10 公尺之東西向風場(u10)、地面 10 公尺之南北向風場(v10)、海平面氣壓(SLP)以及各個氣壓層之重力位高度(HGT)、東西向風場(U)及南北向風場(V)，其中各個氣壓層分別為 1000 hPa、850 hPa、700 hPa、500 hPa 以及 300 hPa。

由圖 2 顯示大陸地區及海洋地區的降水季節變化，GPCP 和 CRU 呈現出相同的變化趨勢，且六月有最大降雨量，但 NCEP 資料卻在七月，可是 RSM1s 及 RSM1p 大致可掌

握降水隨季節變化，且六月也有最大降水，但降水量則明顯偏多，而海洋上降水則偏少。圖 3 顯示出颱風日及非颱風日之海平面氣壓及 850 hPa 風場合成圖，在颱風日台灣地區附近有明顯強烈低壓存在且伴隨反氣旋環流特徵，但 RSM1s 及 RSM1p 模擬此低壓強度較弱，且反氣旋環流較不明顯，而在非颱風日 RSM1s 及 RSM1p 呈現出和 NCEP 相同的環流特徵，但太平洋副熱帶高壓模擬偏強。由颱風日及非颱風日之降水合成圖(圖 4.)顯示 RSM1s 模擬颱風造成的降水量在海洋上明顯偏少，而在台灣地區上的降水則較集中南部地區，但降水並非涵蓋全島地區。而 RSM1p 降水則更加偏少。但在非颱風日的 RSM1s 及 RSM1p 降水分佈和 NCEP 資料相似，且 RSM1p 比 RSM1s 更接近 NCEP 資料。由此可以得到 RSM 此靜力模式無法有效模擬出颱風之強烈低壓環流特性以及較大降水情形，但對於非颱風所造成的氣候特性則有相當程度的掌握。

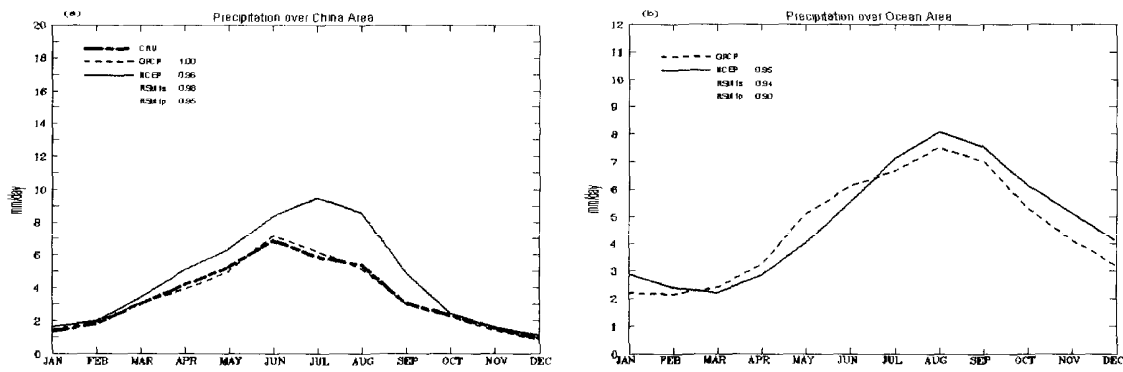


圖 2 大陸(a)及海洋(b)之區域平均降水之季節時間序列，圖中分別為 CRU 資料(粗點線、黑色)；GPCP 資料(粗點線、紅色)；NCEP(粗實線、紅色)；RSM1s(細點線、綠色)及 RSM1p(細實線、綠色)，圖左上方數值代表各時間序列資料和 CRU 的相關係數值。X 軸代表月份，Y 軸代表降水值，單位為 mm/day。

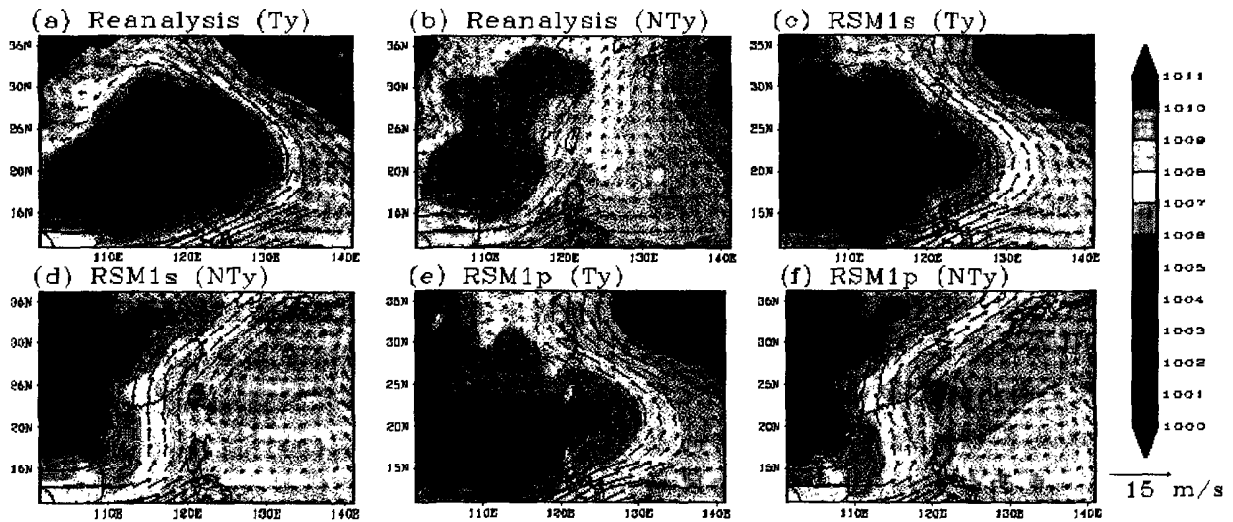


圖 3 1990 年至 2000 年八月之颱風日(a、c、e)及非颱風日(b、d、f)之海平面氣壓及 850 hPa 風場分佈圖，圖中分別為 NCEP 再分析資料(a、b)；RSM1s 的模擬結果(c、d)以及 RSM1p 的模擬結果(e、f)，圖中顏色代表氣壓值，箭頭代表風向，而氣壓值間距為 1 hPa，風場單位則為 m/s。

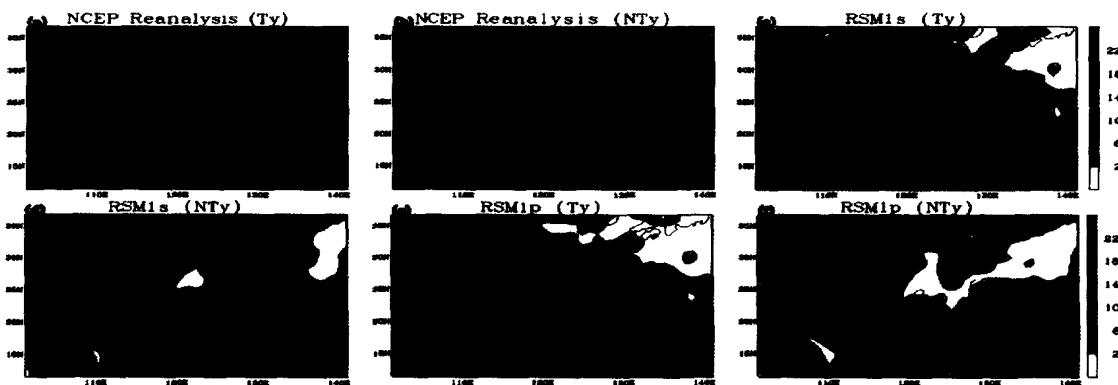


圖 4 同圖 3，但為 1990 年至 2000 年八月之降水分佈圖。圖中降水量間距為 4 mm。

### 四、台灣區域氣候之降尺度模擬

由一月之台灣區域月平均降水分佈圖(圖 5a.)及日降水時間序列相關係數之空間分佈圖(圖 5b.)，顯示觀測降水分佈只侷限在東北部沿岸，RSM1s 則在花蓮有較大降水發生，但 RSM1p 改善此過大降水模擬，且降水侷限在東北部地區。而兩者相關係數分佈都在西部有最大值，但東北部地區則偏低。另外 RSM2s 降水分佈明顯比 RSM1s 更接近觀測值，且相關係數也較高，但東北部降水量明顯偏多，且最大降水中心較靠近內陸。然而 RSM2p 降水分佈則更符合觀測值，且最大降水量明顯減少，而相關係數也有提高。二至四月也是呈現出相同的特徵(圖略)。五月的降水及相關係數分佈圖中(圖 6.)，此時觀測降水集中在中部山區，而 RSM1s 也在山區有最大降水發生，且呈現東北-西南走向，但相關係數較高值則出現在台灣沿岸地區，而山區相關係數較小。RSM1p 則在南部地區有最大降水發生，但山區降水不顯著，且相關係數較低。RSM2s 顯示全島降水量明顯偏多，且相關係數也偏低，代表 RSM2s 模擬此時降水分佈有明顯誤差存在。而 RSM2p 則改進 RSM2s 過大降水模擬，且相關係數明顯提高，但山區的最大降水中心不明顯。另外六至八月(圖略)也是和五月的結果相似。九月(圖略)、十月(圖 7.)之降水及相關係數分佈圖中，此時觀測降水主要發生在東半部地區，而 RSM1s 在宜蘭至花蓮一帶有明顯降水發生，但此區域相關係數偏低，而 RSM1p 有改善 RSM1s 的過大降水模擬，主要降水分佈也在東半部，但相關係數仍偏低，而西南部地區較小的降水量變化則有較高的相關係數。RSM2s 在山區有出現兩個最大降水中心，但最大降水位置較偏內陸地區，且降水量偏多，相關係數偏低。另外 RSM2p 的降水分佈明顯和觀測值相同，主要降水分佈也出現在東半部地區，且

也有兩個最大降水中心，而相關係數也在東半部有最大相關係數值，代表 RSM2p 模擬此時東半部的降水分佈及降水隨時間變化都有相當程度的掌握。另外十一月及十二月(圖略)也是呈現出和一月相同的結果。

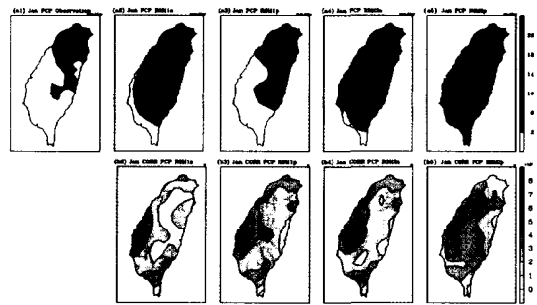


圖 5 1990 至 2000 年一月之台灣地區月平均降水分佈圖(a)及相關係數空間分佈圖(b)，圖中(1)為觀測值；(2)為 RSM1s；(3)為 RSM1p；(4)為 RSM2s；(5)則為 RSM2p 之模擬結果。圖(a)降水值間距為 4 mm。(b)為相關係數值間距則為 10%。

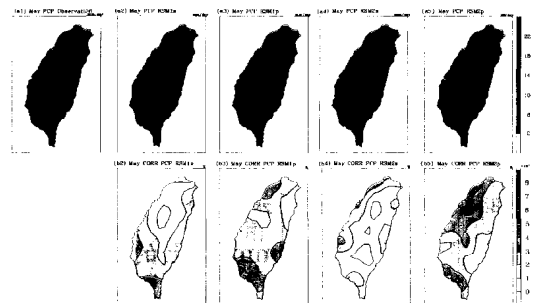


圖 6 同圖 5，但為 1990 至 2000 年五月之台灣月平均降水及相關係數空間分佈圖。

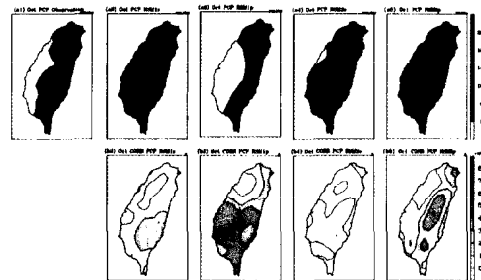


圖 7 同圖 5，但為 1990 至 2000 年十月台灣月平均降水及相關係數空間分佈圖。

由於夏季間的較大降水現象主要是來自颱風所造成的，所以在此也分析台灣地區颱風日及非颱風日之降水分佈特徵。由圖 8 顯示八月颱風日及非颱風日之台灣地區降水分佈，顯示出颱風日主要降水分佈集中在東半部及北部地區，且最大降水中心發生在山區。而 RSM2s 在山區有最大降水發生，但平地及海面上則明顯偏少。另外 RSM2p 最大降水發生在南部及北部地區，而降水量明顯偏少，這也代表了 RSM 模擬颱風所帶來的較大降水量及降水分佈有明顯差異存在。在非颱風日的主要降水分佈發生在南部地區，RSM2s 則在山區有最大降水，但 RSM2p 降水分佈和觀測值相似，最大降水也發生在南部地區，但降水量較少。由圖 9 顯示八月 1990 年至 2000 年全島平均之日降水累加頻率圖，顯示觀測中無雨日次數(降水量小於 1mm 以下)佔 49%，而 1-10mm 間的降水量有 25% 次數，大於 10mm 以上有 26% 次數，然而大於 100mm 有 4% 的次數，代表此時有發生降水次數佔全部次數的一半以上，而當中有超過一半以上的次數是發生較大降水情形。RSM1s 的降水次數變化曲線較劇烈，大約在 20mm 的降水量和觀測值相同次數，顯示出此時 RSM1s 模擬降水量介於 1-20mm 間的次數偏多，而大於 20mm 以上的次數則偏少。在 RSM2s 的降水次數變化曲線明顯和觀測值相似，但降水量大於 90mm 以上的次數也是有偏少的情形。另外在 RSM1p 及 RSM2p 也呈現出和觀測值相同的降水次數曲線之變化趨勢，但無雨日模擬偏多，較大降水次數偏少。由此更加顯示出 RSM 無法有效的掌握住颱風所帶來的較大降水情形。

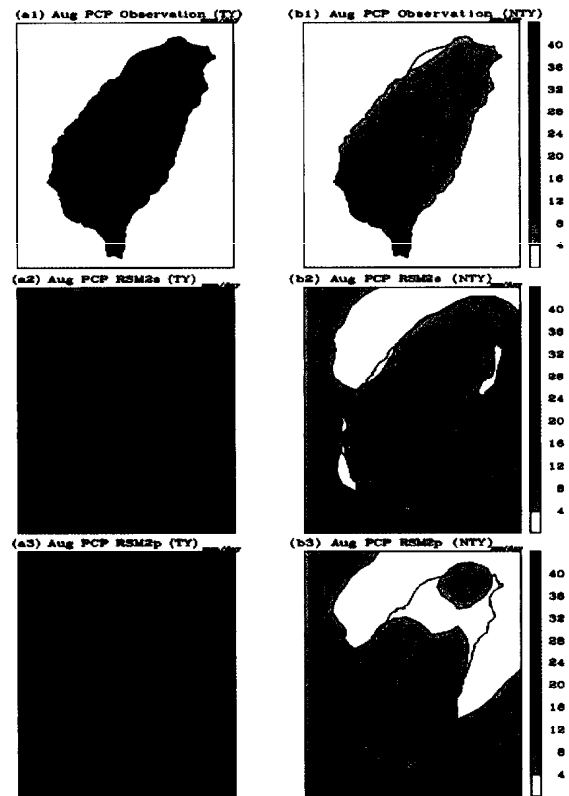


圖 8 八月之颱風日(a)及非颱風日(b)的台灣地區平均降水合成圖，圖中分別為觀測值(1)、RSM2s(2)及 RSM2p(3)，而降水量的間距為 4mm。

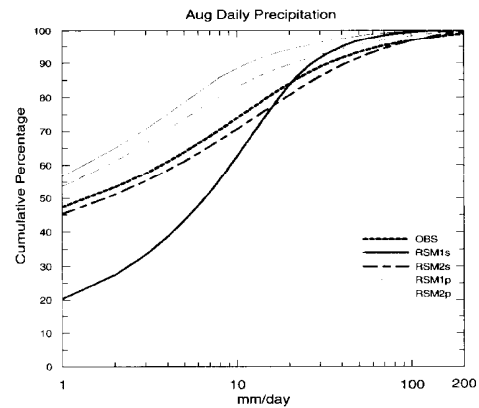


圖 9 八月台灣全島平均之日降水累加頻率圖，圖中分別為觀測值(粗點線、黑色)、RSM1s(粗實線、紅色)、RSM2s(粗點線、紅色)、RSM1p(細實線、綠色)及 RSM2p(細點線、綠色)，其中 X 軸代表降水量，單位為 mm/day，以對數座標表示，而 Y 軸代表降水次數之百分比(%)。

### 五、台灣地區之單層巢狀降尺度模擬

RSM2 的模擬結果是利用 RSM1 來當作初始場，但由於 RSM1 在夏季結果中有明顯差異存在，然而使用此模擬結果進行降尺度模擬則會造成更大的差異，若模式只使用單層巢狀(G2R)之降尺度模擬則是否會改進台灣地區模擬結果。由圖 10a 顯示出一月之月平均降水分佈，G2Rs 明顯比 RSM2s(圖 5a4.) 降水明顯偏少，但較大降水仍靠近內陸地區。而 G2Rp 的降水量模擬則比 RSM2p(圖 5a5.) 更接近觀測值。從相關係數圖(圖 10b.) 更可得到此時相關係數明顯提高，代表此時降水隨時間變化有相當程度的掌握。然而在十月之月平均降水圖中(圖 11a.)，G2Rs 降水分佈仍只出現在山區，但降水量比 RSM2s 較少，G2Rp 也是降水量模擬比 RSM2p 較少，但和觀測值的降水分佈相比則是比 RSM2p 有較大差異存在。由相關係數圖中(圖 11b.) 此時 G2Rp 比 RSM2p 有較高的相關係數值，且東半部地區有高達 0.6 以上。顯示出單層巢狀模擬降水分佈結果只在冬季有較符合實際觀測降水分佈及降水量模擬，但在其它季節則有更大差異存在，且降水量更加偏少。然而日降水隨時間變化趨勢則比兩層巢狀更接近實際觀測之降水變化特性。

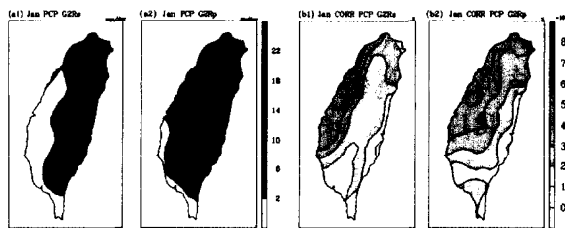


圖 10 1990 至 2000 年一月單層巢狀之模擬降水結果分佈圖(a)及相關係數空間分佈圖(b)。圖中(1)為 G2Rs; (2)為 G2Rp。圖 a 降水值間距為 4mm，圖 b 相關係數值間距為 10%。

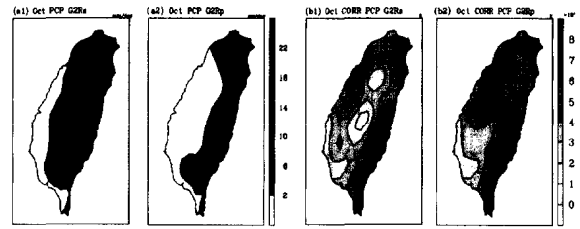


圖 11 同圖 10，但為十月之台灣月平均降水及相關係數空間分佈圖。

### 六、台灣地區降水模擬之技術得分評估

許多研究指出主要用來當作降水技術得分的方法是採用 NCEP equitable threat scores (ETS)。所以此研究也將使用 ETS 指標方法，來評估台灣地區 RSM 模擬降水技術得分評估。ETS 的方程式為  $ET = (H - CH) / (F + O - H - CH)$  (Schaefer, 1990)，其中 H 代表猜中的次數，F 和 O 分別代表預報及觀測降水有達到 threshold 的降水量之次數。在此選取 threshold 為 1-40mm 間的降水量，以 0.5mm 為間距。CH 代表隨機預報次數( $CH = F \times O / N$ ，N 為範圍內之所有網格點數)。若得到的 ET 值等於 0 代表隨機的降水預報技術 (random prediction)，而 ET 值為 1 則代表完美的降水預報技術 (perfect prediction)。另外使用 Bias score (BS)，來評估降水量的高估或低估。其方程式為  $BIAS = F / O$ 。若 Bias 值小於 1 則代表模式有偏乾的情形(Dry bias)，反之大於 1 則為偏濕(Wet bias)。由一月(圖 12.)之台灣地區 ETS 及 BS 曲線圖顯示，此時 G2Rp 和 RSM1p 都有較高的得分技術，但 RSM2p 則較低。而 BS 圖中除了 RSM1p 外，其餘皆為 Wet Bias 情形。由三(圖略)、四(圖略)、五月(圖 13.)之台灣地區 ETS 及 BS 曲線圖中，可以看到此時 G2Rs 及 G2Rp 比 NCEP 資料或是其它模擬結果有更高的降水模擬技術，但得分技術隨著降水量增加而降低。在 BS 圖中顯示，此時 G2Rs 及 G2Rp 皆 10mm 以下都靠近 BS 為 1



的線，但大於 10mm 以上則 G2Rs 偏濕，G2Rp 偏乾。這也代表了 G2Rp 在 10mm 以下有較高的得分技術，且 bias 的誤差也最小。另外由於六月至八月 ETS 及 BS 曲線圖呈現相似的結果，所以在此只顯示八月的分析圖。在八月之 ETS 及 BS 曲線圖中(圖 14.)，可見 G2Rs 及 G2Rp 在降水量 10mm 以下的得分技術顯著較其它資料有更高的得分技術。而 G2Rp 的得分技術一直維持在 0.2 以上，但 G2Rs 則在大於 20mm 以上的得分則降低些。而在 BS 圖中呈現出 G2Rs 較靠近 BS 為 1 的線，而 G2Rp 的 Dry Bias 較顯著。由此可見雖然 G2Rp 較其它模擬結果有較高的降水得分技術，但降水量卻為顯著偏乾。從十月 ETS 及 BS 曲線圖

中(圖 15.)可看到，此時 G2Rp 的得分技術遠超過其它資料。從 BS 圖中也得到此 G2Rp 為最靠近 BS 為 1 的線。由此顯示 G2Rp 能有效的掌握住台灣地區降水變化特徵。另外十一及十二月之 ETS 及 BS 曲線圖(圖略)也呈現出和一月的結果類似。

由 ETS 及 BS 的曲線圖分析結果中可以得到，G2R(單層巢狀之降尺度模擬)是比 RSM2(雙層巢狀之降尺度模擬)有較高的降水模擬技術得分。其中又以 G2Rp 的得分最高。顯示出 G2Rp 模擬日降水變化有相當程度的掌握。但降水量在冬季仍有出現偏濕情形，而在其它季節則為偏乾。

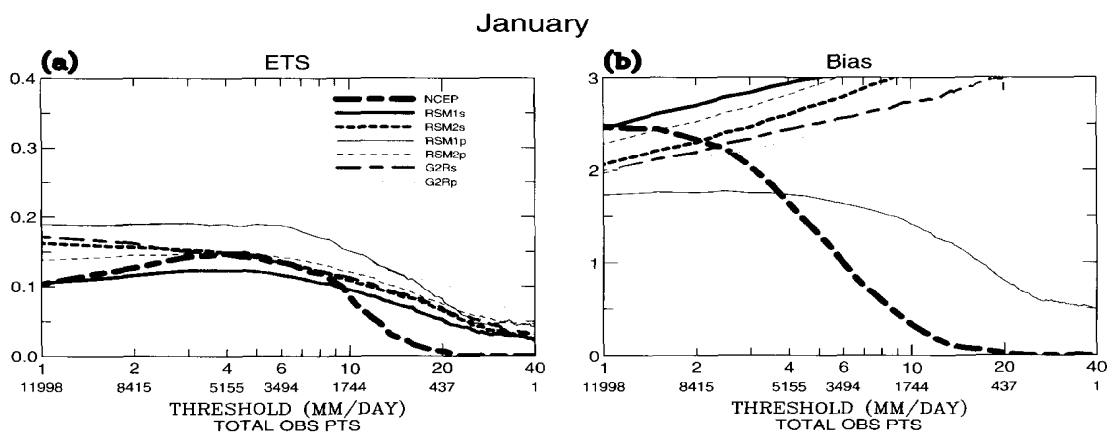


圖 12 台灣地區之一月 equitable threat (a) 和 bias score (b) 曲線圖。圖中分別為 NCEP 再分析資料(粗點線、黑色)、RSM1s(粗實線、紅色)、RSM2s(粗點線、紅色)、RSM1p(細實線、綠色)、RSM2p(細點線、綠色)、G2Rs(中點線、藍色)及 G2Rp(中點線、黃色)。X 軸為對數座標，單位為 mm/day，Y 軸則為數值大小，間距為 0.05。

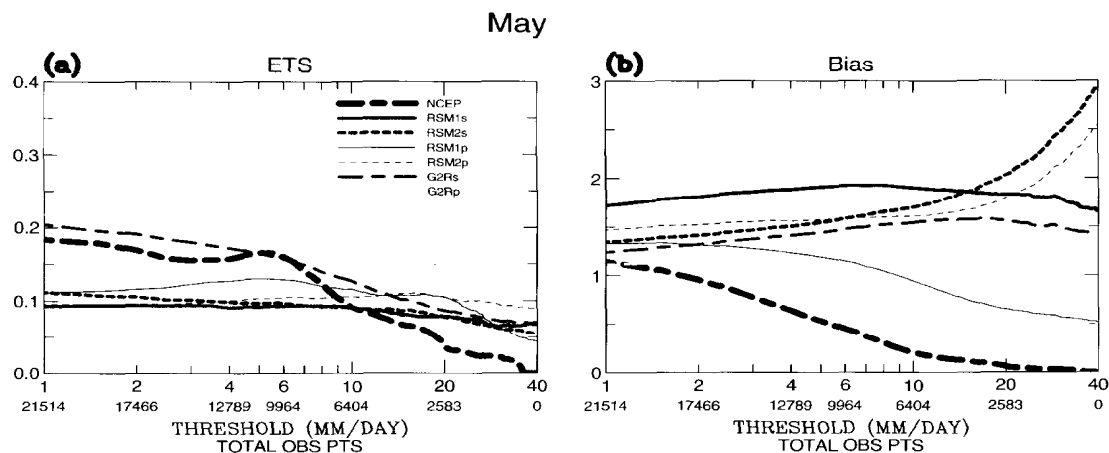


圖 13 同圖 12，但為五月之 equitable threat (a) 和 bias score (b) 曲線圖。

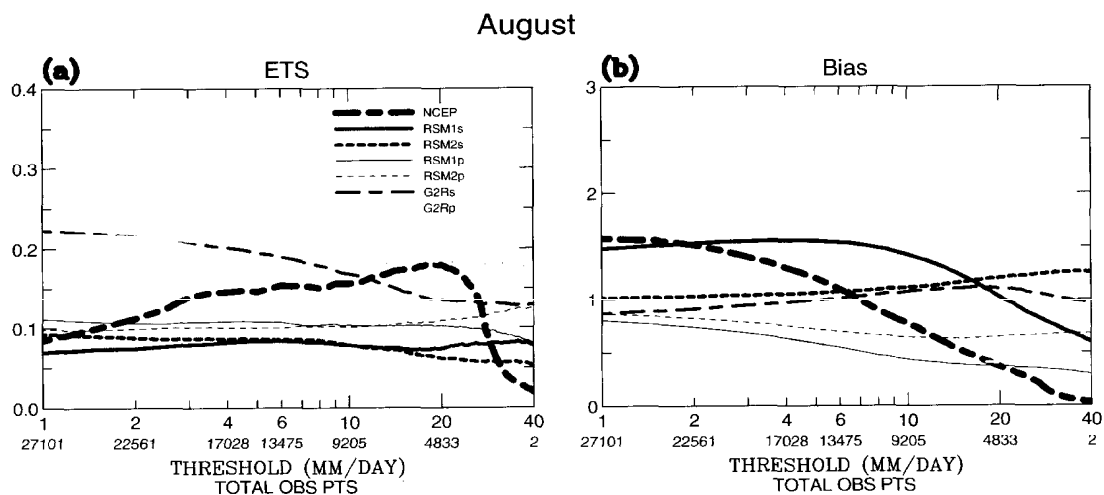


圖 14 同圖 12，但為八月之 equitable threat (a) 和 bias score (b) 曲線圖。

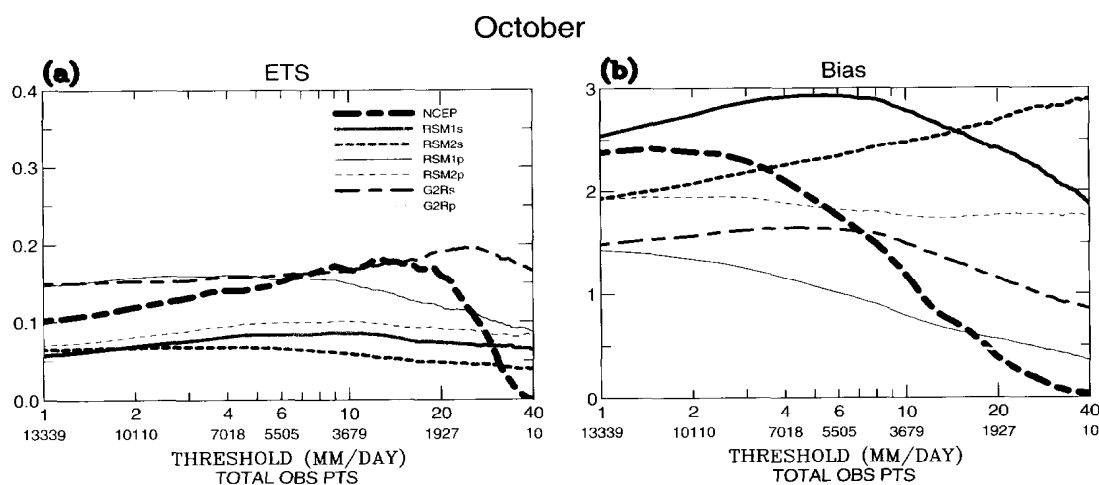


圖 15 同圖 12，但為十月之 equitable threat (a) 和 bias score (b) 曲線圖。

### 七、結論

本文使用大尺度 NCEP 1990 年 2000 年再分析資料作為初始場和邊界條件。區域模式則選用區域波譜模式(RSM)，分別執行兩種解析度 RSM1(50km)和 RSM2(15km)以及兩種不同之 Diffusion scheme (RSMs、RSMp)之模擬實驗。研究結果顯示出 RSM1 模擬大陸地區及海洋上降水變化趨勢和 GPCP 相似，但大陸地區降水量偏多，而海洋上則降水偏少。另外五至八月間模擬氣候場有較大差異存在，主要是 RSM 模擬太平洋副熱帶高壓偏強，造成大陸及台灣地區受到較強南風情形。而 RSM1p 則比 RSM1s 更能改進因地形作用所造成的過大降水模擬，但夏季的降水量模擬反而有更加偏少的傾向。由於夏

季颱風是造成較大降水的主要原因，但 RSM 此靜力模式無法有效的模擬出颱風所伴隨著強烈低壓環流特徵及大降水情形。然而在非颱風所造成的氣候環流特性及降水分佈則有相當程度的掌握。在台灣地區模擬降水分佈結果中，RSM2p 明顯比 RSM2s 更符合實際觀測，但夏季間降水量明顯偏少，且最大降水位置並不出現在山區。另外利用單層巢狀之模擬結果在冬季明顯比兩層巢狀更接近觀測降水分佈，但在其它季節則反而有較大差異存在，且降水量更加偏少。然而在降水隨時間變化趨勢中則比兩層巢狀結果更有相當程度的掌握。

## 參考文獻

- 陳泰然、王重傑、楊進賢，2002: 台灣梅雨季對流降水之時空分佈特徵。 *大氣科學*，**30**，83-98。
- 張子琦，2002: 梅雨季台灣中北部地區豪(大)雨之氣候特徵研究， *大氣科學*，**30**，171-186。
- 王時鼎、鄭俠、趙友夔，1984: 臺灣天氣變化之自然季節。 *大氣科學*，**11**，101-120。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1998: 百年侵台颱風路徑圖集及其應用-台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究(六)。 *中央氣象局專題研究報告 CWB86-1M-01*，1-497。
- Businger, A., J. C. Wyngaard, Y. Izumi, and E. F. Bardley, 1971: Flux-profile relationship in the atmospheric surface layer. *J. Atmos. Sci.*, **28**, 181-189.
- Chen, C.-S., and J.-M. Huang, 1999: A numerical study of precipitation characteristics over Taiwan Island during the winter season. *Meteor. Atmos. Phys.*, **70**, 167-183.
- Y.-L. Chen, 2003: The Rainfall Characteristics of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1323-1341.
- Chou, M.-D., M. J. Suarez, C.-H. Ho, M.M.-H. Yan, and K.-T. Lee, 1998: Parameterizations for Cloud Overlapping and Shortwave Single- Scattering Properties for Use in General Circulation and Cloud Ensemble Models. *J. Climate.*, **11**, 202-214.
- K.-T. Lee, S.-C. Tsay, and Q. Fu, 1999: Parameterization for Cloud Longwave Scattering for Use in Atmospheric Models. *J. Climate.*, **12**, 159-169.
- Dickinson, R.E., Errico, F. Giorgi and G. T. Bates; 1989: Regional climate model for the western United States, *Climate Change*, **15**, 384-422.
- Giorgi, F., 1990: Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *J. Climate*, **3**, 941-963.
- G. T. Bates, and S.J. Nieman, 1993: The multiyear surface climatology of a regional atmospheric model over the western United States. *J. Climate*, **6**, 75-95
- Grell, G. A., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 764-787.
- Hong, S. Y. and A. Leetmaa, 1999: An evaluation of NCEP RSM for regional climate modeling. *J. Climate*, **12**, 592-609.
- Hsu, H. -H., and C. -T. Chen, 2002: Observed and projected climate change in Taiwan. *Meteorology and Atmospheric Physics*, **79**, 87-104.
- Huffman, G.J., R. F. Adler, P. Arkin, A. Chang, R. Ferraro, A. Gruber, J. Janowiak, A. Mcnab, B. Rudolf, and U. Schneider, 1997: The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Datasets. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 5-20.
- Juang, H.-M.H., and M. Kanamitsu, 1994: The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 3-26.
- S. Hong, and M. Kanamitsu, 1997: The NMC nested regional spectral model. An update. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2125-2143.
- C.-T. Lee, F. Zhang, Y. Song, M.-C. Wu., Y.-C. Chen and S.-C. Chen, 2005: Applying

- Horizontal Diffusion on Pressure Surface to Mesoscale Models on Terrain-Follow Coordinates. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 1384-1402.
- Kalnay, E., M. and colleagues, 1996: The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Lee, D.-K. and M.-S. Suh, 2000: Ten-year east Asian summer monsoon simulation using a regional climate model(RegCM2). *J. Geophys. Res.*, **105**, 29565-29577.
- Li, J., Y.-L. Chen, and W.-C. Lee, 1997: Analysis of a heavy rainfall event during TAMWX. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 1060-1081.
- Liu, Y., F. Giorgi, and W. M. Washington, 1994: Simulation of Summer Monsoon Climate over East Asia with an NCAR Regional climate model. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 2331-2348.
- Mahrt, L., and H.-L. Pan, 1984: A two layer model of soil hydrology. *Bound.-Layer Meteor.*, **29**, 1-20.
- Mitchell, T. D., T. R. Carter, P. D. Jones, M. Hulme, and M. New, 2004: A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record(1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). *J. Climate*. (Submitted)
- Pan, H.-L., and L. Mahrt, 1987: Interaction between soil hydrology and boundary layer developments, *Bound.-Layer Meteor.*, **38**, 185-202.
- Schaefer, J. T., 1990: The critical success index as indicator of warning skill. *Wea. Forecasting.*, **5**, 570-575.
- Yeh, H. C., and Y.-L. Chen, 1998: Characteristics of Rainfall Distributions over Taiwan during the Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX). *J. Appl. Meteor.*, **37**, 1457-1469.
- G. T. J. Chen, 2004: Case study of an unusual heavy rain event over eastern Taiwan during the Mei-Yu season. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 320-337.