

# 區域氣候動力模式對梅雨期降水之模擬與預報應用

蕭志惠<sup>1</sup> 莊漢明<sup>2</sup>  
氣象科技研究中心<sup>1</sup> 美國國家環境預報中心<sup>2</sup>  
中央氣象局

## 摘要

本報告係以美國國家環境預報中心(NCEP)區域波譜模式(RSM)針對東亞地區春夏轉換及台灣梅雨時期所做之短期氣候降水的模擬實驗，其目的在建立區域氣候動力模式之氣候及系統性誤差之資料，此相關資料的建立將成爲未來動力降尺度在月或季預報時的重要參考。並嘗試用此有限的資料探討未來模式結果的預報應用。

實驗中爲去除全球氣候動力模式之系統性誤差，以中央氣象局全球預報系統中之分析場作爲區域模式之初始值及背景場。在未來將逐步建立配套之全球預報模式及整合後之氣候及系統性誤差資料值。

在1997至2001年三至六月期間區域波譜模式對於降水量的模擬大多是明顯偏多的情形。不論是以較小範圍之台灣地區或較大範圍之東亞地區來看，模擬之區域平均月降水量約爲氣象局測站或全球降水分析資料(GPCP)的2倍。爲探討對定量降水的模擬能力，在此將日降水量(mm/day)分爲小雨( $R < 1.0$ )、中雨( $1.0 < R < 10.0$ )、大雨( $10 < R < 20$ )及豪雨( $20 < R$ )四個等級，結果顯示台灣地區及東亞地區模擬降水之平均低估/正確/高估百分比爲12/39/49及9/35/56，誤差得分(bias score)爲0.58及0.49。

若以模式降水量有2倍偏多的誤差對模擬結果作修正，則降水量預報正確率在台灣地區及東亞地區均大幅提升，分別提升到46%及55%，模擬出現豪大雨的次數也明顯減少，預報誤差得分成爲0.84及0.92。由此可見模式系統性誤差及氣候狀態是預報應用時相當重要的參考資料。

## 一、前言

完整的區域氣候動力預報系統包含了特定區域的高解析度氣候動力預報及降尺度的分析。但有鑑於全球氣候模式無法無限量提高解析度的缺點，區域氣候動力模式之嵌入成爲增加有限區域解析度的重要工具。

區域氣候動力預報的困難在於預報本身同時包含了全球氣候模式及區域氣候模式之預報誤差。以台灣地區爲例，首先需考慮到所用之全球氣候模式是否在台灣或東亞地區具有預報能力，而後建立相關的模式預報系統性誤差資料，下一步才能去思考如何去除整合後預報模式之系統性誤差及增加模式的預報能力。模式預報系統性誤差的訊息需有賴於對全球及區域模式經過長時間之氣候模擬(如連續十年)，並涵蓋各類型的系統(如乾、濕年)等，始能具有普遍性。

在本報告中爲簡化預報系統的複雜度及增加對區域氣候模式特性之了解，在此假設全球氣候預報之結果是完美的，亦即以中央氣象局全球預報系統中之分析場作爲區域模式之初始值及背景場。資料包括每12小時

一次之標準定壓面U、V、T、Q及海溫，及地表變數之氣候值等。

所使用之區域波譜模式(Regional Spectral Model, 簡寫爲RSM)是由美國國家環境預報中心(National Center for Environmental Predictions)的全球波譜模式(Global Spectral Model)爲提高天氣預報區域解析度發展而成的(Juang and Kanamitsu, 1994)。簡單的說，波譜模式具有高於傳統格點模式的正確計算能力，且預報變數在積分過程中採用隨時間變之擾動法，克服了一般有限區域模式在長時間積分時遭遇到的邊界不連續及氣候偏移(climate drift)等問題，因此成爲本局發展短期氣候動力預報系統之重要參考模式。在本實驗中所用的RSM是1997年版，解析度爲水平30公里垂直28層，並針對東亞地區梅雨季降水特性增加了濕對流調節過程。

## 二、實驗設計

實驗期間爲1997年至2001年每年的3至6月。每個實驗均是以3月1日00Z爲初始時間，做4個月的長期積分。全球

背景場的資料在每年稍有不同：1997、1998及1999年取自T79解析度之分析場，每12小時輸入區域模式一次；2000年及2001年取自T120之解析度，但2000年每24小時輸入一次，2001年則12小時一次。全球背景場之選取差異是由於部份資料在儲存時發生錯誤以及時間上的考量所造成，並無特殊的意義。

在本報告中主要分為二個區域來做降水的校驗。如圖1所示，圖1的範圍為區域波譜模式的積分範圍，粗線框框為東亞地區(115°E-125°E, 20°N-30°N)，細線框框則代表台灣地區。在台灣地區內，模式降水為所有框框內格點的平均，將與中央氣象局在本島上21個測站降水觀測資料之平均做比較。在東亞地區則與GPCP，解析度為1°×1°，在粗線框框內之平均做比較。以上均以區域平均日降雨量(mm/day)為基本的比較變數，共計有604個模擬日降水資料。

### 三、實驗結果

#### 1. 降水之月及年際變化

首先進行的是月總降水量的校驗。表1及表2分別為台灣地區平均各年月之觀測與模擬月降水量。在20個月中，僅有2001年6月的模擬降水量是低於觀測值，其餘都是高於觀測值。從20個月總降水量來估計，模擬降水量為觀測值的2.32倍。其中1997年4月及2000年5月單月降水，甚至可達觀測之5倍以上。就平均之各月降水量變化趨勢來看，由三月到六月觀測資料顯示是逐漸增加的趨勢。模擬降水在五月明顯偏多而六月較少，因此五月至六月的降水趨勢與觀測相反。就年際變化來看，觀測資料1997及1998年是5年中較濕的年，1999年是較乾的年，在模擬也正確顯示出相同的排序。

表3及表4則為東亞地區之情形。在東亞地區所有的月份降水同樣都是偏多的，模擬之總降水量約為觀測的2.19倍。三到六月的降水量，不論分析或模擬都顯示逐月增加的變化趨勢。除2000年是模擬降水明顯偏多的一年外，其餘各年亦是反應出相對乾溼年的正確分佈。

#### 2. 定量降水之模擬能力

為了探討模式定量降水的模擬能力，在此將日降水量(mm/day)分為小雨( $R < 1.0$ )、中雨( $1.0 < R < 10.0$ )、大雨( $10 < R < 20$ )及豪雨( $20 < R$ )四級。表5為台灣地區在各年月之模擬正確日數。

就台灣地區單一月份來講，模擬正確率最高的是2001年6月，30天中有16天的模擬是正確的。正確的16天中有14天是中雨、及各1天的大雨及豪雨。有趣的是模式低估降水的日數百分比是逐月遞增、高估降水日逐月遞減，總平均之正確百分比為39%，低估及高估百分比分別為12%及49%，高估降水的日數普遍偏多。按年來看，1998年之模擬正確率高達50%，而且每個月的表現都很好；表現較差的是2000及1997年，其共同點是四月的降水都模擬過強。

表6為各級降水的模擬準確率。台灣地區模擬降水發生頻率最多的是中雨，在20個月中出現339天，實際中雨發生天數有227天，但其正確率僅39.53%。成功率最高的是實際發生天數最多但模擬出現日數最少的小雨，成功率高達69.12%。誤差得分(Bias Score)為0.58，顯示模式對降水有高估的情形。

表7與表8則分別為東亞地區在各年月之模擬正確日數及各級降水的模擬準確率。就東亞地區來看，模擬最好的年是1999年，較差的是1998及2000年；但不論是最好或最差年，百分比均低於台灣地區。總平均之正確百分比為35%，低估及高估百分比分別為9%及56%，可見東亞地區高估降水量的情形非常普遍。

GPCP分析之降水發生次數最多的是中雨，其次為小雨及大雨，模擬結果則集中於中雨及大雨。其中模擬成功率最高的小雨，在20個月的模擬中僅出現30天，但成功率有66.67%；模擬中發生頻率最高的中雨在20個月中出現274天，實際中雨發生天數有329天，成功率亦不差有52.55%；對豪雨的掌握則明顯偏弱。東亞地區之誤差得分(Bias Score)為0.49，顯示模式對降水的高估但又無法掌握到豪雨系統的時間是重要的關鍵。

### 四、預報應用

由觀測或分析降水量與模擬結果的校驗顯示：模擬之降水有普遍高估的情形，而且平均之高估率在2倍以上。看到此結果，我們除了仍需要繼續改進區域氣候模式外，當務之急是思考如何提高目前結果的使用價值。在此提出一種最簡單的應變方法，即是依據模擬之降水平均高估率約2倍之特徵，先將模擬降水量減半再作預報或應用。表9、表10相當於表5、表6但為台灣地區修正後之統計資料，表11、表12相當於表7、表8為東亞地區修正後之統計資料。

修正後的模擬正確率在台灣地區增加率到46%，而且高估(34%)及低估(21%)所佔比率較接近且均低於正確率。在降水強度方面，小雨的模擬成功率雖稍減，但卻大幅提高了大雨及豪雨的預報能力，分別由18.48%增至30.16%及35.24%增至58.14%。就災害防治的觀點，提高豪大雨之預報能力實值的經濟效益遠大於中小雨之預報，因此修正後的預報結果較具有應用價值。

修正後的東亞地區，在6月模擬不佳的1998年亦提高到有50天的正確日數，20個月的平均正確日數增加至55%，高估的比率則降低到25%，模擬的可信度大幅提升。對定量降水預報的貢獻主要在大雨及中雨，模擬出現豪雨的機會大減，成功率也就相對降低。但不論是台灣地區或東亞地區，誤差得分均較修正前趨近，可見定量降水預報之準確率確實可以有效的提升。

然而在此所用的修正法，僅是依據1997至2001年五年積分所歸納出的，若能增加模式的實驗個數目前能得到更

具代表模式系統性誤差的修正值。這也就是為何在前言中提到，在未來模式作業化運作前必需先收集至少十年積分資料的原因。

## 四、討論

本報告是中央氣象局研發動力區域氣候預報系統的初步成果報告。在報告中除了探討目前區域動力模式對春夏季東亞及台灣氣候的可預報度外，並藉由降水量的校驗提出未來可能的預報應用方向。

初步的結果顯示：NCEP-RSM對於1997至2001年3至6月期間的降水模擬，不論是台灣地區或東亞地區，在平均月降水變化趨勢及乾濕年分佈上都有不錯的表現。但在總雨量上，模擬量明顯高於觀測或分析值，平均有約2倍的差距。

台灣地區的降水模擬略優於東亞地區，豪大雨日數明顯高估及小雨日數低估是共同的現象。但小雨預報成功的比率卻是最高，在二區域內分別可達69.12%及66.67%，其次在東亞地區的中雨預報也有52.55%的成功率。

從災害防治的觀點來看，提高豪大雨之預報能力的價值經濟效益遠大於中小雨之預報，加上先前得到模式誤差資訊，在此以模擬降水量減半的方式修正預報結果。結果顯示各項指數，如預報正確率百分比、中到大雨及台灣地區豪雨之日數、及預報誤差得分等都有大幅的改進。其中台灣地區豪雨之日數預報之正確率高達58.14%，對於梅雨期間災害天氣發生之頻率有相當可信的預警作用。

東亞地區降水預報能力的提升是均勻分布於各年及各月，每年月之預報正確日數均在50%以上。此時預報誤差得分提高到0.92，顯示雨量高估的情況獲得改善，中到大雨的預報正確率明顯增加。

當然本報告是假設在完美全球預報模式的情況下，整合後預報系統誤差情況將更為複雜。資料的一致性、實驗期時間長度的不足等，也是本報告不盡完美的地方，都仍需繼續改進。

## 參考文獻

- Juang, H.-M.H. and M. Kanamitsu, 1994: The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **122**,3-26.

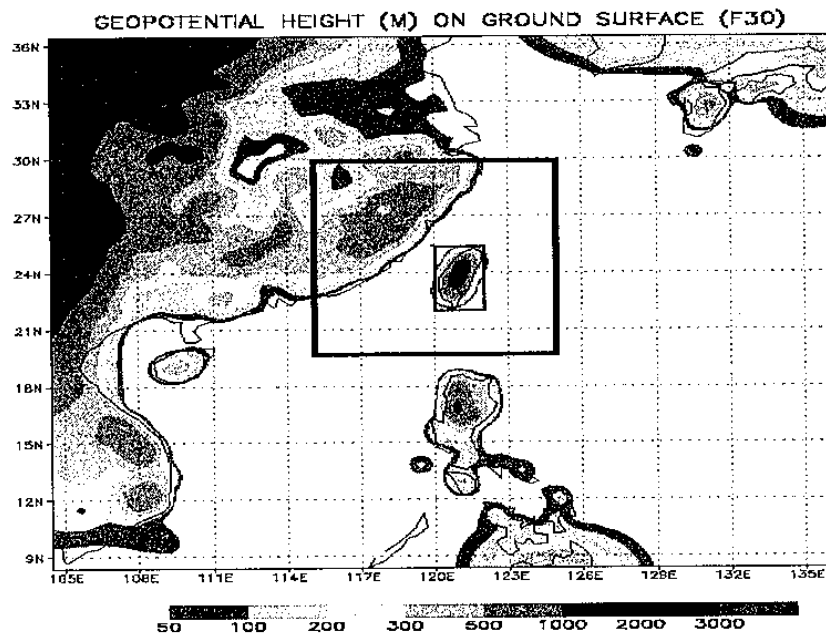


圖 1. 區域氣候模式及降水校驗範圍

表1.

台灣地區平均之 CWP 測站月總降水量 (單位: mm)					
	三月	四月	五月	六月	總降水量
1997	145.23	59.34	191.00	540.19	935.76
1998	162.27	213.28	233.52	448.89	1057.96
1999	103.00	72.59	276.88	294.95	747.42
2000	92.35	235.00	62.66	256.70	646.71
2001	90.27	139.25	383.57	287.48	900.57
平均	118.62	143.89	229.53	365.64	857.68

表2.

台灣地區平均之 RSM 模擬月總降水量 (單位: mm)					
	三月	四月	五月	六月	總降水量
1997	242.62	306.32	521.41	706.99	1777.34
1998	245.26	246.14	542.27	674.20	1707.87
1999	256.89	150.69	629.80	298.81	1336.19
2000	189.34	643.11	366.05	443.45	1641.95
2001	276.42	341.04	591.85	241.97	1451.28
平均	242.11	337.46	530.28	473.08	1582.93

表3.

東亞地區平均之 GPCP 分析月總降水量 (單位: mm)					
	三月	四月	五月	六月	總降水量
1997	113.05	109.05	164.32	275.29	661.71
1998	137.74	160.13	198.96	352.29	849.12
1999	101.13	125.61	223.42	217.06	667.22
2000	88.44	184.56	87.94	263.93	624.87
2001	199.35	203.50	248.04	343.49	994.38
平均	127.94	156.57	184.54	290.41	759.46

表4.

東亞地區平均之 RSM 模擬月總降水量 (單位: mm)					
	三月	四月	五月	六月	總降水量
1997	235.37	276.03	242.63	424.83	1178.86
1998	316.26	258.59	488.46	530.15	1593.46
1999	305.85	258.47	448.91	275.53	1288.76
2000	210.34	437.65	333.98	493.31	1475.28
2001	363.32	453.21	423.91	402.86	1643.30
平均	226.23	336.79	387.58	425.34	1435.93

表5.

台灣地區 RSM 模擬之正確及高低估日數					
	三月	四月	五月	六月	低估/正確/高估百分比
1997	14	4	9	12	17/38/62
1998	15	15	15	15	16/50/35
1999	14	12	13	9	13/40/47
2000	10	8	12	10	3/33/64
2001	13	10	10	16	12/40/48
低估/正確/高估百分比	3/43/54	9/33/58	15/37/47	20/41/39	12/39/49

表6.

台灣地區 RSM 模擬之得分 (降水單位: mm/dav)					
RSM	0<R<1.0	1.0<R<10.0	10.0<R<20.0	20.0<R	總數
CWR					
0<R<1.0	47	165	22	9	243
1.0<R<10.0	19	134	41	33	227
10.0<R<20.0	1	22	17	26	66
20.0<R	1	18	12	37	68
總數	68	339	92	105	
模擬正確率	69.12%	39.53%	18.48%	35.24%	

誤差得分=0.58

表7.

東亞地區 RSM 模擬之正確及高低估日數					
	三月	四月	五月	六月	低估/正確/高估百分比
1997	13	13	10	5	12/34/54
1998	10	9	8	9	11/30/60
1999	8	13	16	14	9/42/49
2000	12	7	7	11	8/31/61
2001	8	11	15	11	7/37/55
低估/正確/高估百分比	6/34/60	7/35/57	8/36/55	16/34/50	9/35/56

表8.

東亞地區 RSM 模擬之得分 (降水單位: mm/dav)					
RSM	0<R<1.0	1.0<R<10.0	10.0<R<20.0	20.0<R	總數
GPCP					
0<R<1.0	20	94	27	4	145
1.0<R<10.0	9	144	128	48	329
10.0<R<20.0	1	28	40	36	105
20.0<R	0	8	11	6	25
總數	30	274	206	94	
模擬正確率	66.67%	52.55%	19.42%	6.38%	

誤差得分=0.49

表9.

修正後 台灣地區 RSM 模擬之正確及高低估日數					
	三月	四月	五月	六月	低估/正確/高估百分比
1997	18	8	8	12	25/38/37
1998	18	17	12	12	27/49/24
1999	16	17	9	10	21/43/36
2000	16	11	15	9	11/43/47
2001	20	16	15	18	18/57/25
低估/正確/高估百分比	9/59/32	15/46/39	27/38/35	31/41/28	21/46/34

表10.

修正後 台灣地區 RSM 模擬之得分 (降水單位: mm/day)					
RSM \ GPCP	0<R<1.0	1.0<R<10.0	10.0<R<20.0	20.0<R	總數
0<R<1.0	80	153	8	2	243
1.0<R<10.0	41	153	24	9	227
10.0<R<20.0	3	37	19	7	66
20.0<R	3	28	12	25	68
總數	127	371	63	43	
模擬正確率	62.99%	41.24%	30.16%	58.14%	

誤差得分=0.84

表11.

修正後 東亞地區 RSM 模擬之正確及高低估日數					
	三月	四月	五月	六月	低估/正確/高估百分比
1997	21	17	16	16	22/58/21
1998	14	15	16	15	25/50/26
1999	15	18	15	19	19/55/26
2000	15	16	17	14	15/52/33
2001	14	22	22	18	17/63/21
低估/正確/高估百分比	14/53/33	15/59/26	17/55/27	30/55/15	19/55/25

表12.

修正後 東亞地區 RSM 模擬之得分 (降水單位: mm/day)					
RSM \ GPCP	0<R<1.0	1.0<R<10.0	10.0<R<20.0	20.0<R	總數
0<R<1.0	42	99	4	0	145
1.0<R<10.0	22	259	47	1	329
10.0<R<20.0	3	66	34	2	105
20.0<R	0	19	6	0	25
總數	67	443	91	3	
模擬正確率	62.69%	58.47%	37.36%	0%	

誤差得分=0.92