

二步法動力氣候預報系統 102 年預報回顧與校驗

¹ 鄭凱傑¹ 胡志文¹ 施宇晴¹

1. 中央氣象局 科技中心

摘要

中央氣象局為執行「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，建立發展二步法動力統計氣候預報系統，選定中央氣象局全球模式(Global Forecast System, GFS) (胡等, 2002)以及由德國 Max Planck Institute for Meteorology 所發展的 ECHAM(Roeckner 等, 2003)全球模式為系集預報成員，動力模式之邊界條件則選定中央氣象局所發展之最佳化海溫預報(CWB/OPGSST)及美國 NCEP/CFS_v2(Climate Forecast System version 2)系統所預報的海表面溫度進行模擬。

本文中針對民國 102 年整年度氣候預報系統包含月與季預報結果之回顧，並利用觀測資料對亞洲地區兩米溫度以及降水預報進行校驗，且討論本系統實際參與本局長期預報科每月機率預報結果之校驗分析，希望藉由年度預報結果的回顧分析達到了解本系統預報能力以及未來可改進的方向。

一、前言

中央氣象局自民國 91 年起進行為期 8 年的「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，發展先用統計或動力模式預報海表面溫度的變化，再使用大氣環流模式將所預報的海表面溫度做為下邊界條件進行大氣狀態預報的「二步法動力統計氣候預報系統」。「二步法動力氣候預報系統」規劃建立每月 2 次的系集預報系統，選定中央氣象局全球模式(Global Forecast System, GFS) (胡等, 2002)及由德國 Max Planck Institute for Meteorology 所發展的 ECHAM(Roeckner 等, 2003)全球模式為系集預報成員，模式的水平解析度為 T42 (128X64 水平網格)，垂直方向 GFS 為 18 層，ECHAM 則為 19 層；動力模式之海溫邊界條件則選定中央氣象局所發展之最佳化全球海溫預報(CWB/OPGSST)所預報的海表面溫度及美國 NCEP/CFS(Climate Forecast System)系統，每次預報大氣模式與海溫預報可組成 4 個預報模組，分別是 GFS/OPGSST、GFS/CFS、ECHAM5/OPGSST、ECHAM5/CFS，每個模組有 10 組預報，每組預報時間長度為 7 個月，每次預報由 40 個系集預報成員組合成系集預報。

為瞭解 4 種大氣/海表面溫度組合於季節預報之特性及預報成效，工作小組設計類似 SMIP/HPF (the Seasonal prediction Model Inter-comparison Project/Historical Forecast Project) 的事後預報實驗，比照「二步法動力氣候預報系統」氣候預報作業的規劃，以不同的初始時間，逐年系集模擬 1981-2005 年各月，每月上旬及下旬 2 次、每次 4 組大氣/海表面溫度組合的系集預報，建立事後預報資料庫，其結果為動力氣候預報作業之平均氣候場。

本文以 102 年 2、5、8 及 11 月各月下旬 40 個預報成員的系集預報針對春夏秋冬四季區分熱帶

(TP:20°S-20°N, 0°-360°E)、南半球 (SH:90°S-20°S, 0°-360°E)、北半球 (NH:20°N-90°N, 0°-360°E)、亞洲 (ASIA:0°-50°N, 40°E-160°E) 及東亞-西北太平洋區 (EA_WNP:5°N-45°N, 100°E-140°E) 等 5 個區域 (如圖 1) 依據世界氣象組織 (World Meteorological Organization) 所建議長期預報的標準化校驗系統 (Standardised Verification System for Long-Range Forecasting, SVS for LRF) 距平空間相關係數 (Anomaly pattern correlation coefficients) 等方式，針對 2 米溫度和降水進行診斷分析，期能瞭解「二步法動力氣候預報系統」於民國 102 年不同季節及區域的預報能力，提供未來氣候預報作業參考。

本文中分析的資料皆為 40 個系集預報成員所組合成的系集預報結果，校驗所使用的觀測資料為 NOAA CAMS_OPI (Climate Anomaly Monitoring System and OLR Precipitation Index) 降水資料、NCEP Reanalysis-2 的兩米溫度月平均資料；後文中將以模式的 2 到 4 個月預報結果平均所得到的季平均 (下面將稱為第 2 季預報) 為重點。文中所提之春季為每年 3-5 月、夏季為 6-8 月、秋季為 9-11 月、冬季則為 12 月至次年 2 月。本文在第二節介紹 102 年度各月份預報的回顧，第三節為系集預報校驗結果與實際參與長期科每月預報的成果分析，第四節為小結。

二、102 年預報回顧

圖 2 為 2 米溫度距平場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季 (春夏秋冬) 亞洲地區的預報結果，綜觀四個季節預報唯一共同之處在赤道至 25N 西太平洋菲律賓海及南海附近均為正溫度距平；而在春夏秋三個月印度的 2 米溫度距平亦為正距平的分布，冬季則為負距平；除上述提到的特徵外，吾人關心的台灣附近的預報則分為春夏為正距平，秋冬為負距平的結果。

圖 3 為降水場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(春夏秋冬)亞洲地區的預報，在不同季節預報結果也不盡相同，在吾人最關心的台灣附近預報春季和夏季為正降水距平，秋季及冬季則為負降水距平的預報。

三、系集預報校驗與實際參與長期預報成果分析

本節中前半段利用預報與觀測的距平(anomaly)結果比較以及距平空間相關系數(Anomaly pattern correlation coefficients, ACC)做為校驗方法針對預報 2 米溫度以及降水與觀測資料做運算所得到的結果來討論；後半段簡介本系統實際參與長期預報課每月預報討論的成果分析。

圖 4 為 2013 年觀測的 2 米溫度距平場，依序由上至下為春夏秋冬四個季節的結果，和圖 3 比較之下可以得知，春季本系統預報和觀測在熱帶西太平洋、台灣、南海和菲律賓一帶的正溫度距平是一致的；夏季本系統預報和觀測在熱帶西太平洋、中國東北、韓國和日本一帶的正溫度距平是一致；秋季本系統預報和觀測在熱帶西太平洋、青藏高原和印度中南部一帶的正溫度距平是一致；冬季本系統預報和觀測在熱帶西太平洋、中國東北、俄羅斯東部和韓國一帶的正溫度距以及印度和阿拉伯半島的負溫度距平的結果一致。

圖 5 為 2013 年觀測的降水距平場，依序由上至下為春夏秋冬四個季節的結果，和圖 4 比較之下可以得知，春季本系統預報和觀測在 5N-15N 的西太平洋、台灣、南海和菲律賓一帶的正降水距平以及日本、韓國、西亞和阿拉伯半島附近的負降水距平是一致的；夏季本系統預報和觀測在台灣、中國東南、印度洋和印度南部一帶的正距平是一致的；秋季本系統預報和觀測在熱帶西太平洋、菲律賓和南海附近的正距平是一致；冬季本系統預報和觀測在熱帶西太平洋、菲律賓和南海附近的正距平以及西北太平洋、台灣和中南半島東部附近的負距平結果一致。

圖 6 為 2 米溫度場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(春夏秋冬)預報各區域平均的 ACC 圖，綜觀來說，不同季節在不同分區本系統表現皆不相同，以亞洲地區為例，春季的相關性幾乎為零，夏冬兩季雖為正相關性但其數值最高也只有 0.2 左右，秋季則為負相關性的結果；而在四個不同季節都有正相關性的區域僅有熱帶地區。

圖 7 為降水場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(春夏秋冬)預報各區域平均的 ACC 圖，綜觀四個季節和 2 米溫度場的結果相似只有熱帶地區均為正相關；在亞洲與東亞西北太平洋區春秋冬三個季節表現都不錯為正相關，且在冬季兩個區域的正相關性均大於 0.5，而在夏季兩區域也都同樣為負相關性的結果。

最後，本系統每月都會參與本局長期課的預報討論，提供本系統的產品做為長期預報的參考，圖 8 為本預報系統完整的流程圖，除了在前面章節提到的系集預報結果外，為提供台灣地區附近的相關預報，系集預報的結果經過統計降尺度的處理還有另外一組動力降尺度的預報，成為兩組針對台灣附近的參考預報。

圖 9 至 12 為 102 年動力降尺度與統計降尺度預報四個季節氣溫和雨量對台灣四分區的機率預報，可由圖表中看到不同季節對不同分區的機率預報結果；圖 13 至 16 為 102 年動力降尺度與統計降尺度預報四個季節氣溫和雨量對台灣四分區的機率預報的校驗結果，比較動力和統計降尺度的機率預報校驗，可明顯看出統計降尺度所提供的台灣四分區機率預報結果優於動力降尺度的結果。

四、小結

本文以「二步法動力氣候預報系統」每月例行的 40 個系集預報成員所組合成的作業系集預報結果區分 5 區域分析 2 米溫度、降雨與海溫的技術得分，以及與觀測資料計算的校驗結果，各項結果均有建立圖庫，呈現於氣候資訊網頁中，供使用者參考預報系統的結果。

本次回顧了 102 年度的預報，且初步校驗預報的結果；以亞洲(ASIA)的角度來看，102 年度降水預報在春、秋、冬三個季節均優於 2 米溫度預報的結果；而熱帶區域(TP)不論 2 米溫度或降雨皆為正相關性較好的表現；實際參與長期預報所提供動力與統計降尺度機率預報的結果，在不同季節中似乎都是統計降尺度的機率預報結果較好；動力和統計降尺度的校驗結果排名雖然皆在後段班，但還是有其一定程度上的參考價值。

參考文獻：

- 胡志文、馮欽賜、汪鳳如、陳建河、鄭明典，2002：中央氣象局全球模式之氣候特徵：東亞夏季季風。《大氣科學》，30，99-116。
- Roeckner E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornbluh, E. Manzini, A. Rhodin, U. Schlese, U. Schulzweida, and A. Tompkins, 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description. *Max Planck Institute for Meteorology Rep. No. 349*. 140pp.

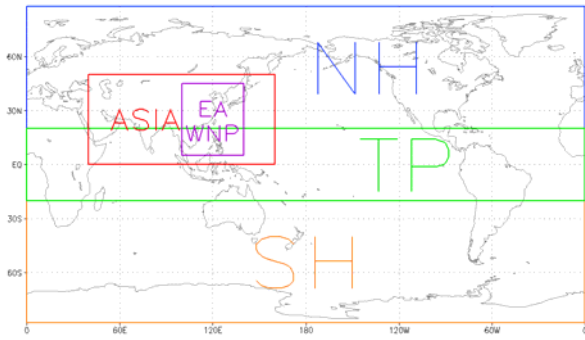


圖 1、「二步法動力統計氣候預報系統」所分析的區域，分別為：北半球(NH, 20°N-90°N, 0°-360°E)，南半球(SH, 90°S-20°S, 0°-360°E)，熱帶(TP, 20°S-20°N, 0°-360°E)，亞洲(ASIA, 0°-50°N, 40°E-160°E)，東亞-西北太平洋(EA-WNP, 5°N-45°N, 100°E-140°E)。

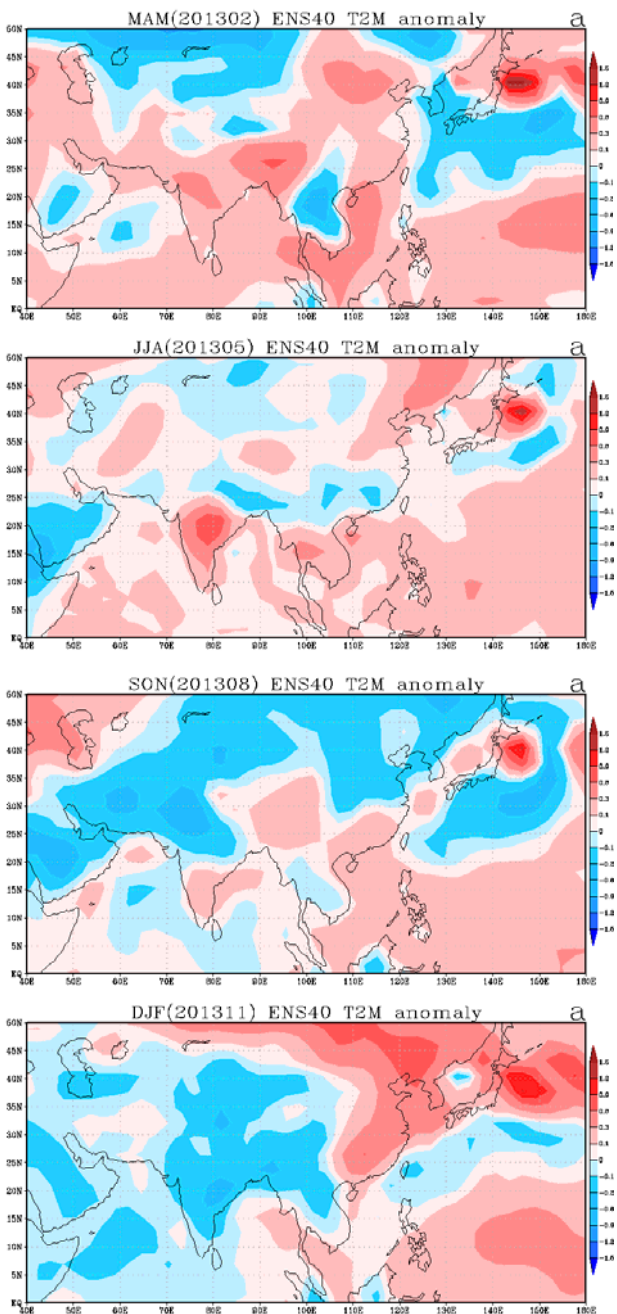


圖 2、2 米溫度距平場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(依序為春夏秋冬)亞洲地區的預報。

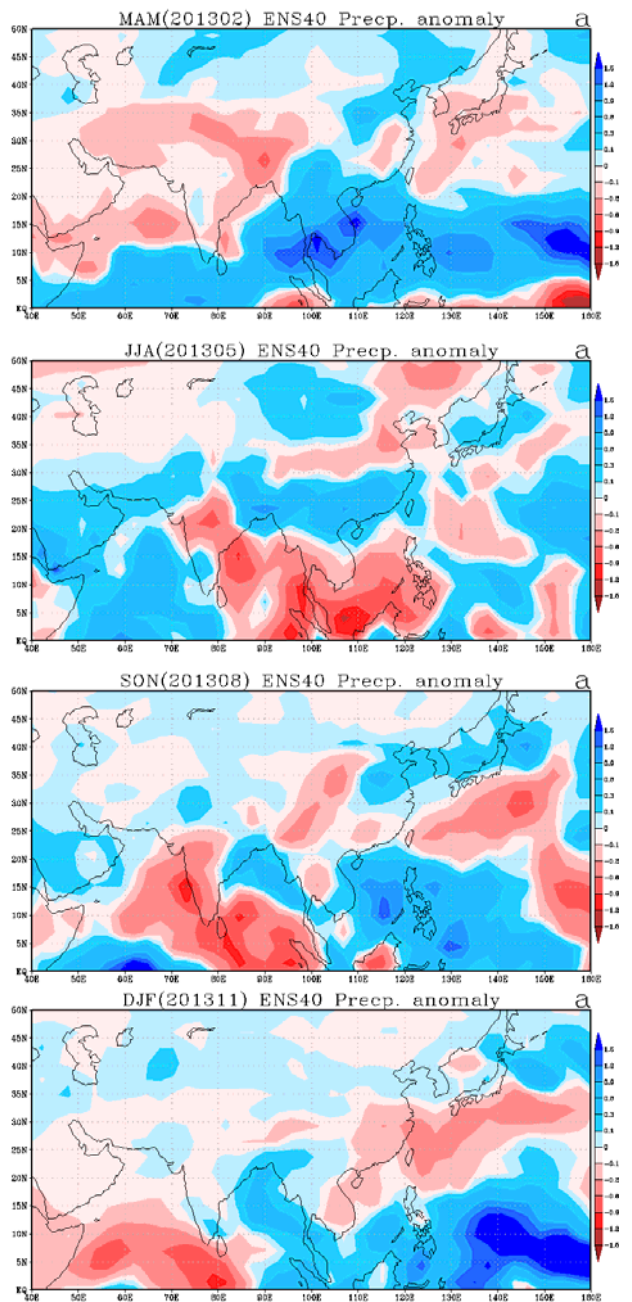
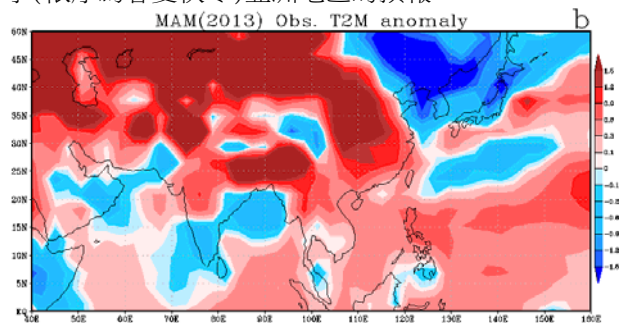


圖 3、降水距平場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(依序為春夏秋冬)亞洲地區的預報。



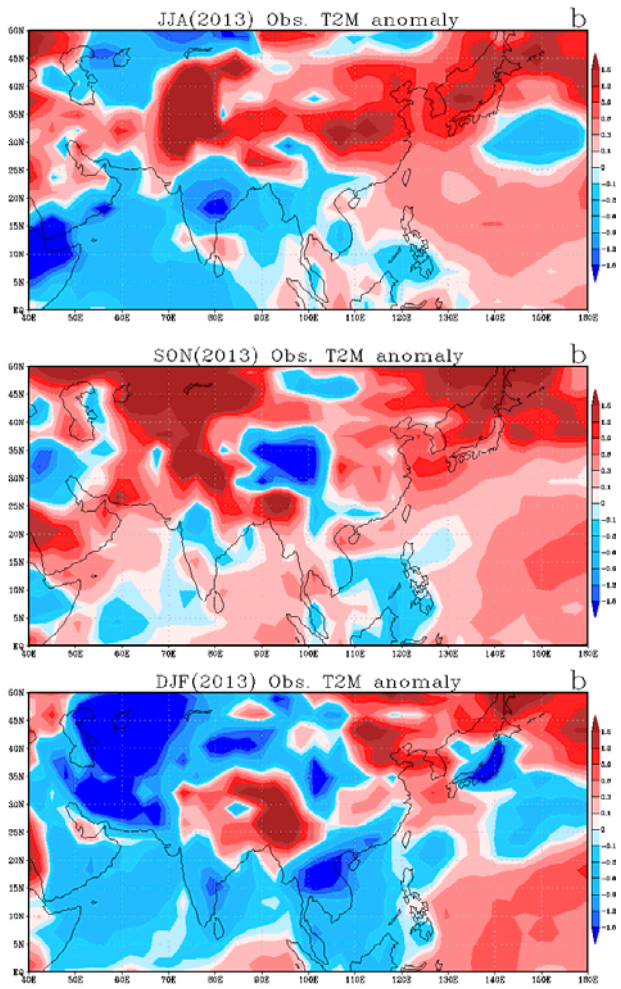


圖 4、2013 年觀測之兩米溫度距平場，依序為春夏秋冬四個季的結果。

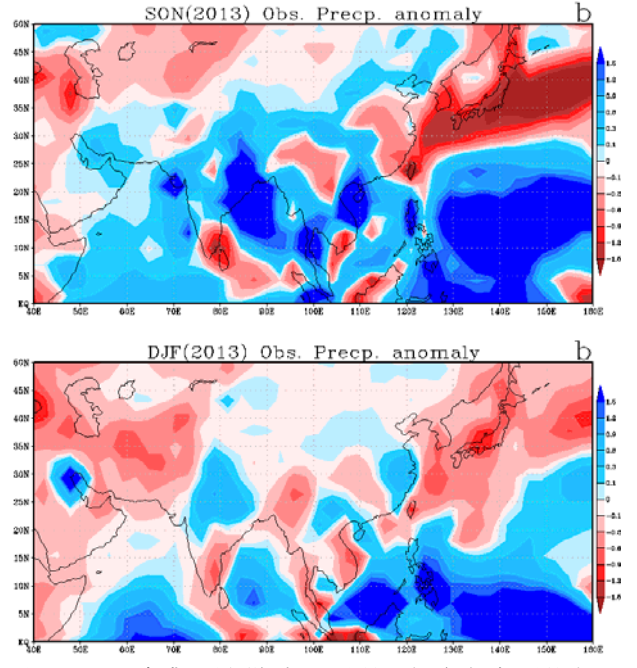
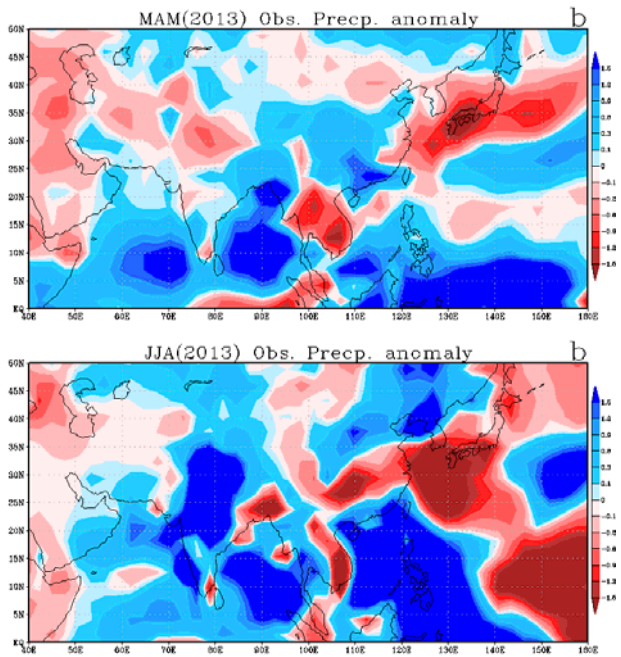


圖 5、2013 年觀測之降水距平場，依序為春夏秋冬四個季的結果。

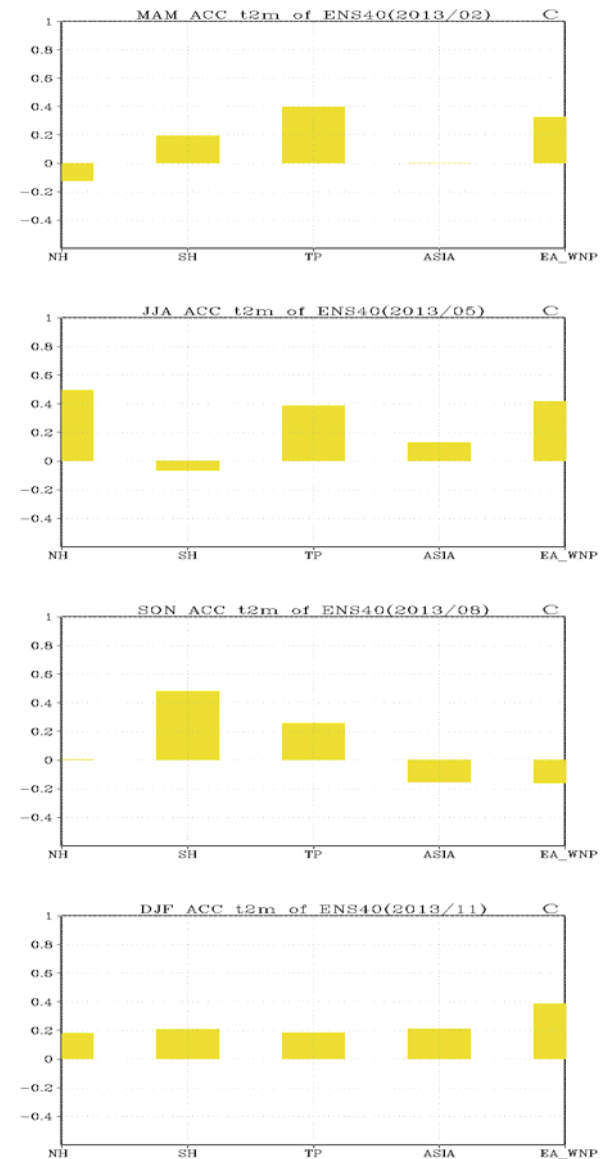


圖 6、2 米溫度場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(依序為春夏秋冬)預報各區域平均的 ACC 圖。

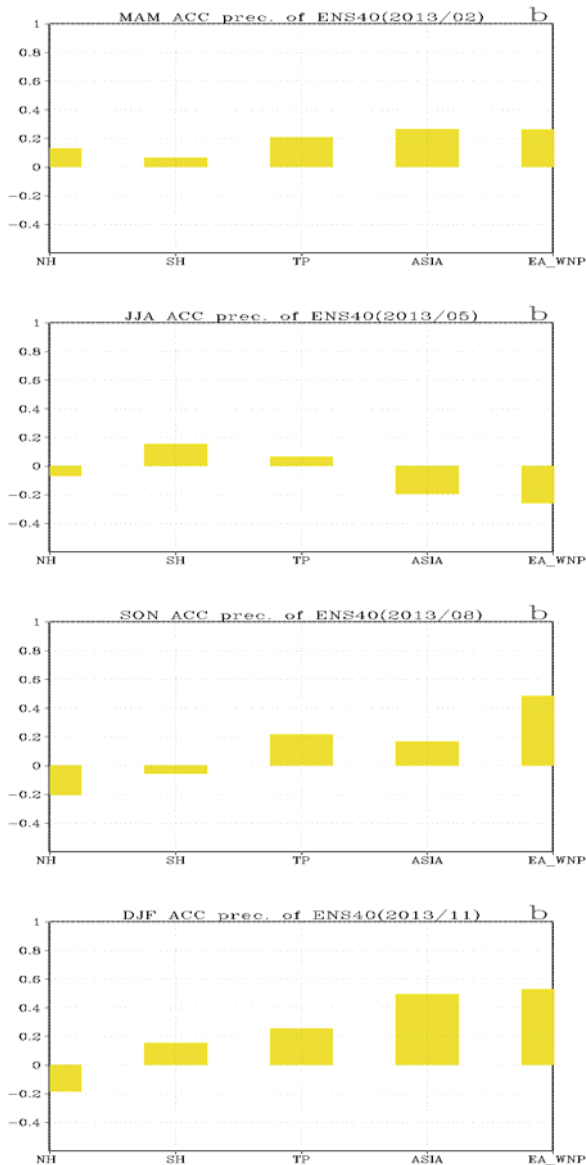


圖 7、降水場 102 年 2、5、8 及 11 月起始之第 2 季(依序為春夏秋冬)預報各區域平均的 ACC 圖。

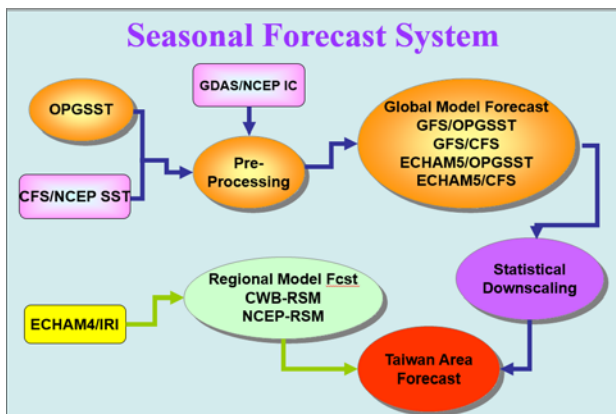


圖 8、二步法動力氣候預報系統完整流程圖。

預報員	地區	03月				04月				05月						
		-	:	o	+	-	:	o	+	-	:	o	+			
氣溫預報																
統計降尺度	北部	20	:	40	:	40	10	:	70	:	20	20	:	60	:	20
	中部	30	:	40	:	30	10	:	60	:	30	10	:	70	:	20
	南部	20	:	50	:	30	20	:	60	:	20	10	:	50	:	40
	東部	20	:	50	:	30	20	:	60	:	20	10	:	70	:	20
	雨量預報															
北部	20	:	70	:	10	30	:	40	:	30	30	:	50	:	20	
中部	20	:	70	:	10	20	:	60	:	20	20	:	50	:	30	
南部	30	:	60	:	10	20	:	40	:	40	30	:	50	:	20	
東部	30	:	60	:	10	20	:	60	:	20	20	:	50	:	30	

圖 9、102 年 2 月起始之第 2 季(春)氣溫和雨量之統計降尺度對台灣四分區的機率預報。

預報員	地區	06月				07月				08月						
		-	:	o	+	-	:	o	+	-	:	o	+			
氣溫預報																
動力降尺度	北部	40	:	50	:	10	30	:	40	:	30	20	:	60	:	20
	中部	40	:	40	:	20	30	:	60	:	10	30	:	40	:	30
	南部	30	:	50	:	20	20	:	70	:	10	30	:	40	:	30
	東部	20	:	60	:	20	40	:	40	:	20	30	:	50	:	20
	雨量預報															
北部	30	:	20	:	50	20	:	50	:	30	20	:	50	:	30	
中部	20	:	50	:	30	20	:	30	:	50	30	:	40	:	30	
南部	10	:	50	:	40	10	:	30	:	60	30	:	30	:	40	
東部	20	:	20	:	60	10	:	40	:	50	30	:	30	:	40	
氣溫預報																
統計降尺度	北部	20	:	60	:	20	10	:	60	:	30	10	:	60	:	30
	中部	30	:	50	:	20	10	:	60	:	30	30	:	40	:	30
	南部	40	:	40	:	20	30	:	50	:	20	20	:	50	:	30
	東部	20	:	60	:	20	10	:	50	:	40	40	:	40	:	20
	雨量預報															
北部	20	:	50	:	30	30	:	50	:	20	20	:	60	:	20	
中部	20	:	50	:	30	10	:	70	:	20	20	:	60	:	20	
南部	20	:	50	:	30	20	:	60	:	20	20	:	60	:	20	
東部	20	:	60	:	20	20	:	50	:	30	20	:	60	:	20	

圖 10、102 年 5 月起始之第 2 季(夏)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報。

預報員	地區	09月				10月				11月						
		-	:	o	+	-	:	o	+	-	:	o	+			
氣溫預報																
動力降尺度	北部	10	:	20	:	70	50	:	20	:	30	10	:	60	:	30
	中部	10	:	30	:	60	40	:	30	:	30	10	:	60	:	30
	南部	0	:	30	:	70	40	:	40	:	20	20	:	50	:	30
	東部	10	:	20	:	70	50	:	40	:	10	30	:	40	:	30
	雨量預報															
北部	30	:	40	:	30	40	:	40	:	20	50	:	30	:	20	
中部	40	:	40	:	20	40	:	40	:	20	40	:	30	:	30	
南部	30	:	40	:	30	40	:	30	:	30	50	:	20	:	30	
東部	20	:	40	:	40	50	:	20	:	30	20	:	60	:	20	
氣溫預報																
統計降尺度	北部	30	:	50	:	20	20	:	60	:	20	20	:	60	:	20
	中部	30	:	50	:	20	50	:	30	:	20	20	:	60	:	20
	南部	30	:	50	:	20	30	:	60	:	10	20	:	60	:	20
	東部	30	:	50	:	20	20	:	60	:	20	20	:	50	:	30
	雨量預報															
北部	20	:	60	:	20	30	:	50	:	20	40	:	40	:	20	
中部	20	:	60	:	20	20	:	60	:	20	20	:	40	:	40	
南部	10	:	70	:	20	30	:	60	:	10	20	:	50	:	30	
東部	30	:	60	:	10	30	:	60	:	10	30	:	40	:	30	

圖 11、102 年 8 月起始之第 2 季(秋)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報。

預報員	地區	12月				01月				02月				
		-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	
氣溫預報														
動力降尺度	北部	20	50	30	10	50	40	10	70	20				
	中部	30	30	40	20	50	30	20	70	10				
	南部	30	50	20	10	60	30	30	60	10				
	東部	40	50	10	10	50	40	20	70	10				
雨量預報														
動力降尺度	北部	70	10	20	20	50	30	40	40	20				
	中部	50	30	20	20	50	30	30	50	20				
	南部	50	30	20	30	40	30	30	50	20				
	東部	70	20	10	40	40	20	40	40	20				
氣溫預報														
統計降尺度	北部	20	50	30	20	60	20	50	30	20				
	中部	30	50	20	30	50	20	40	40	20				
	南部	20	50	30	20	70	10	40	40	20				
	東部	20	60	20	20	60	20	50	40	10				
雨量預報														
統計降尺度	北部	20	50	30	10	60	30	20	60	20				
	中部	20	50	30	10	60	30	30	50	20				
	南部	20	60	20	10	60	30	20	50	30				
	東部	10	60	30	20	60	20	30	60	10				

圖 12、102 年 11 月起始之第 2 季(冬)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報。

溫度	季候報校驗表												總分			
	一個月				二個月				三個月							
	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	
統計降尺度 (12)	-0.04	0.03	-0.02	0.01	-0.01	-0.12	-0.21	0.03	-0.04	-0.09	-0.05	-0.05	0.05	-0.02	-0.02	-0.04
官方 (13)	0.03	0.08	0.20	-0.01	0.07	-0.04	0.02	0.19	0.01	0.03	0.09	0	0.17	0	0.06	0.05
官方 (7)	0.01	0.02	0.21	0.06	0.07	0.06	-0.02	0.17	0.05	0.06	0.17	0.06	0.17	0.17	0.14	0.08
官方 (13)	0.03	0.01	0.25	0.08	0.08	-0.01	-0.01	0.21	0.03	0.05	0.15	0.01	0.19	0.02	0.09	0.07
官方 (13)	0.03	0.04	0.22	0.08	0.09	0	-0.01	0.22	0.04	0.05	0.09	0	0.17	0	0.08	0.07
官方 (11)	0	0	0.16	0.05	0.05	0.08	0.03	0.17	-0.02	0.06	0.08	0.03	0.16	-0.03	0.06	0.06
官方 (12)	0.02	0.03	0.20	0.07	0.08	-0.01	0	0.18	0.04	0.05	0.12	-0.03	0.20	-0.03	0.05	0.06
官方 (11)	-0.03	-0.01	0.15	-0.02	0.02	0.08	-0.02	0.16	-0.03	0.04	0.13	0.03	0.22	0.16	0.13	0.06
動力降尺度 (13)	0.03	0.03	0.19	0.06	0.07	-0.06	-0.06	0.15	0.03	0.01	0.13	0.04	0.16	0.04	0.09	0.05
統計降尺度 (13)	0.06	-0.02	0.18	0.06	0.07	0.01	0.01	0.18	0.01	0.04	0.09	0.05	0.18	0	0.07	0.06
動力降尺度 (12)	-0.23	-0.18	-0.17	0.03	-0.13	-0.01	-0.06	-0.16	-0.07	-0.07	-0.01	-0.24	-0.10	0.06	-0.07	-0.09
官方 (11)	0.28	0.28	0.28	0.09	0.18	0.28	0.09	0.28	0.28	0.18	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.20

圖 13、102 年 2 月起始之第 2 季(春)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報校驗結果。

溫度	季候報校驗表												總分			
	一個月				二個月				三個月							
	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	
動力降尺度 (13)	-0.26	-0.24	-0.35	-0.02	-0.21	-0.18	-0.25	-0.38	-0.22	-0.28	-0.23	-0.20	-0.16	-0.01	-0.15	-0.21
統計降尺度 (12)	0.03	0.09	0	0.02	0.04	0.11	-0.02	0.07	0.09	0.08	0.15	0.08	0.10	0.12	0.11	0.07

圖 14、102 年 5 月起始之第 2 季(夏)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報校驗結果。

溫度	季候報校驗表												總分			
	一個月				二個月				三個月							
	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	
動力降尺度 (12)	-0.10	-0.15	-0.15	0.07	-0.07	-0.24	-0.48	-0.48	-0.20	-0.34	-0.33	-0.20	-0.15	-0.02	-0.16	-0.18
統計降尺度 (11)	0.08	0.12	0.08	0.08	0.09	0.18	0.03	0.17	0.07	0.11	0.14	0.11	0.10	0.09	0.11	0.10

累積雨量	季候報校驗表												總分			
	一個月				二個月				三個月							
	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	
動力降尺度 (12)	-0.16	-0.07	-0.25	-0.16	-0.16	-0.16	-0.25	-0.08	-0.01	-0.13	-0.04	-0.05	-0.23	-0.27	-0.14	-0.14
統計降尺度 (11)	-0.06	-0.15	-0.10	-0.01	-0.08	-0.03	-0.05	-0.10	-0.13	-0.07	0.04	-0.16	0.01	-0.15	-0.07	-0.08

圖 15、102 年 8 月起始之第 2 季(秋)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報校驗結果。

溫度	季候報校驗表												總分			
	一個月				二個月				三個月							
	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	
動力降尺度 (9)	-0.34	-0.17	-0.34	0.24	-0.12	-0.28	-0.40	-0.63	-0.31	-0.43	-0.46	-0.27	-0.34	-0.06	-0.21	-0.25
統計降尺度 (8)	0.13	0.14	0.17	0.17	0.15	0.24	0.12	0.07	0.25	0.17	0.25	0.07	-0.02	0.27	0.15	0.16

累積雨量	季候報校驗表												總分			
	一個月				二個月				三個月							
	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	MNI小計	
動力降尺度 (9)	-0.35	-0.13	-0.27	-0.17	-0.22	-0.18	-0.18	0.06	0.12	-0.06	-0.06	0.06	-0.08	-0.21	-0.06	-0.13
統計降尺度 (8)	-0.05	-0.22	-0.09	0.04	-0.09	-0.08	-0.13	-0.26	0.03	-0.10	0.12	-0.28	0.15	-0.12	-0.06	-0.09

圖 16、102 年 11 月起始之第 2 季(冬)氣溫和雨量之動力降尺度與統計降尺度對台灣四分區的機率預報校驗結果。