

二步法動力氣候預報系統系集預報診斷分析

¹ 鄭凱傑¹ 胡志文¹ 施宇晴¹

1. 中央氣象局 氣象科技研究中心

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)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(Climat Forecast System)系統及所預報的海表面溫度。

本文中將二步法動力氣候預報系統各組大氣模式/海表面溫度共 40 組做簡單算術平均所得到之系集預報結果和觀測資料作校驗分析，觀測資料包含 NOAA CAMS_OPI(Climat Anomaly Monitoring System and OLR Precipitation Index)降水資料、NCEP Reanalysis-2 的兩米溫度以及 NOAA 全球最佳化海溫(OISST, Optimum Interpolation Sea Surface Temperature), 從 2006 年一月開始至 2010 年底的預報進行滾動季平均(seasonal running mean)做診斷分析，方法考慮距平空間相關係數(Anomaly pattern correlation coefficients)與誤差均方根(Root mean square error)以及預報技術得分(skill score)等方法，針對 5 種不同區域(熱帶、南半球、北半球、亞洲及東亞-西北太平洋區)為對象進行診斷，期能瞭解本模式系集預報在過去五年間預報結果的優劣。

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(Climat 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。

每月作業預報從 2006 年一月開始實施至今，累積了一定時間長度的預報結果，因此希望藉由本次的診斷分析，了解此預報系統對於不同季節與不同區域的預報能力。

本文以 2006-2010 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 (20°S-20°N, 0°-360°E)、南半球 (90°S-20°S, 0°-360°E)、北半球(20°N-90°N, 0°-360°E)、亞洲(0°-50°N, 40°E-160°E) 及東亞-西北太平洋區 (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) 計算距平空間相關係數(Anomaly pattern correlation coefficients)、誤差均方根(Root mean square error)、Gerrity Skill Score(GSS) 以及用於降水場的 Equitable Threat Score(ETS)等數種技術得分(Skill Score)，針對 2 米溫度、降水及海溫三項變數進行診斷分析，期能瞭解「二步法動力氣候預報系統」於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(Climat Anomaly Monitoring System and OLR Precipitation Index)降水資料、NCEP Reanalysis-2 的兩米溫度以及 NOAA 全球最佳化海溫(OISST, Optimum Interpolation Sea Surface Temperature) 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

第二節為各季節預報的技術得分結果，第三節為系集預報與觀測比較後的校驗結果，第四節為小結。

二、系集預報技術得分

圖 2 為 2 米溫度場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)亞洲地區的預報，以 GSS 大於零標記之機率預報圖，其中各年夏天的預報均是以海洋上的結果優於陸地，而各年之間的預報偏低(Below)、正常(Normal)或偏高(Above)的能力也有所不同；比較了其它季節的結果(圖略)，也顯示在 2 米溫度場的技術得分在海洋上的結果明顯優於陸地。

圖 3 為降水場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)亞洲地區的預報，以 ETS 大於零標記之機率預報圖，各年間夏季的技術得分表現結果均是相當的零散；也比較了不同季節(圖略)的結果亦和夏季同樣並無特別的規律性。

圖 4 為海溫場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)的預報，以 GSS 大於零標記之機率預報圖，其中 2008 年 20N-20S 太平洋中到東部大範圍的偏低(Below)機率預報結果最為明顯，其它各年間的表現就較為零散；另外不同季節(圖略)的技術得分表現也是各年間有所不同。

三、系集預報校驗

本節中利用距平空間相關系數(Anomaly pattern correlation coefficients, ACC)與誤差均方根(Root mean square error, RMSE)針對預報的 2 米溫度、降水以及海溫與觀測資料做運算所得到的結果。

圖 5 為 2 米溫度場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)預報各區域平均的 ACC 圖，其中以 2010 年的熱帶地區(TP)相關係數約 0.6 為最高，亞洲地區(ASIA)則都是負相關的情況，其它區域則是逐年都有正有負相關的情況發生；同時比較了其它季節在各年間的結果(圖略)，發現熱帶地區(TP)除了在 2009 年夏季呈現負相關的情況，其餘各季節均為正相關，為各區域中表現最好的，其次為東亞-西北太平洋地區(EA_WNP)也有好的正相關，甚至在 2010 年春天的相關係數高於 0.8。

圖 6 為降水場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)預報各區域平均的 ACC 圖，可明顯看出這五年夏季還是以熱帶地區均為正相關的結果最好，其它區域如 2010 年的東亞-西北太平洋地區有超過 0.4 的正相關，但在其它年此區域的相關性就沒有這麼好；同時比較了其它季節的結果(圖略)，以區域來分都是熱帶地區的表現最好，以季節劃分來看則是冬季的預報結果較好而夏季最差。

圖 7 為海溫場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)預報各區域平均的 ACC 圖，其中在 2008 和 2010 年各

區域均為正相關，這五年中北半球(NH)和南半球(SH)平均的相關性也都為正相關，但在其它的區域各年的結果則有正有負；同時也比較了其它季節海溫的結果(圖略)，以區域來看，熱帶地區(TP)雖然在 2009 年夏季為負相關，但是在其它各年與不同季節都有良好的正相關，以季節來看，則是春季和冬季的結果優於夏秋兩季。

圖 8 為 2 米溫度場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)預報各區域平均的 RMSE 圖，其中以熱帶(TP)及東亞-西北太平洋(EA_WNP)區域平均的誤差較小；同時也比較了其它季節的結果(圖略)，熱帶地區(TP)在各年與不同季節誤差均為最小的區域，而北半球(NH)除了冬季誤差在 0.5 附近之外，其它季節均大於 1。

圖 9 為降水場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)預報各區域平均的 RMSE 圖，綜合夏季和其它季節的結果(圖略)，明顯的看出南半球(SH)在各年與不同季節時的誤差都是最小，但此區域的節氣和其它區域相反，因此其它四個節氣相同的區域，則是以北半球(NH)的誤差最小，另外三個區域隨不同季節都有顯著變化。

圖 10 為海溫場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏)預報各區域平均的 RMSE 圖，綜合夏季和其它季節的結果(圖略)，各區域的表現均在 0.5 以下，相較於 2 米溫度和降水場的結果，海溫預報表現相對的穩定了許多。

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，各項結果將建立圖庫，未來將呈現於氣候資訊網頁中，供使用者參考預報系統的預報能力即可預報度。

分析 2006-2010 年四個季節的系集預報結果，2 米溫度場在海洋上的預報結果明顯優於陸地；以季節而言模式預報結果在夏季表現不佳，春季及冬季部份區域相對較佳；以區域而言模式在熱帶區域(TP)表現明顯高於其他各分區，東亞-西北太平洋區(EA_WNP)在春季不論 2 米溫度或降雨皆有較好的表現，而夏季 2 米溫度的結果雖然均呈現正相關性但還是明顯的遜於春季的結果；海溫的系集預報以季節來看是冬季的結果優於其它季節，以區域的表現來看則是熱帶區(TP)明顯優於於其他地區。

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. Kornblueh, 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.

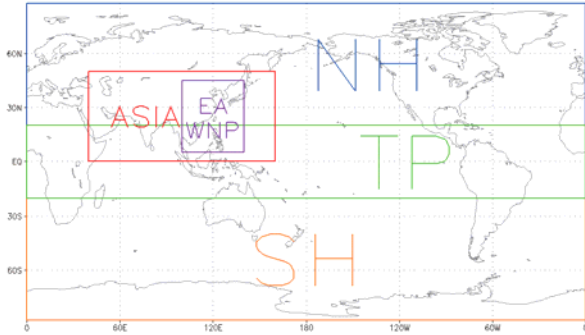


圖 1、「二步法動力統計氣候預報系統」所分析的區域，分別為：北半球(NH, 20°N-90°N, 0°-360°E)，南半球(SH, 90°S-20°S, 0°-360°E)，熱帶(TP, 20°S-20°N, 0°-360°E)，亞洲(ASIA, 0°-50°N, 40°E-160°E)，東亞-西北太平洋(EA-WNP, 5°N-45°N, 100°E-140°E)。

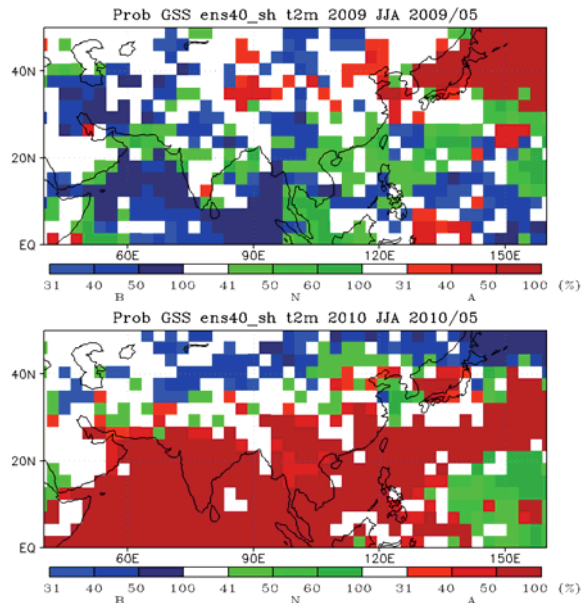
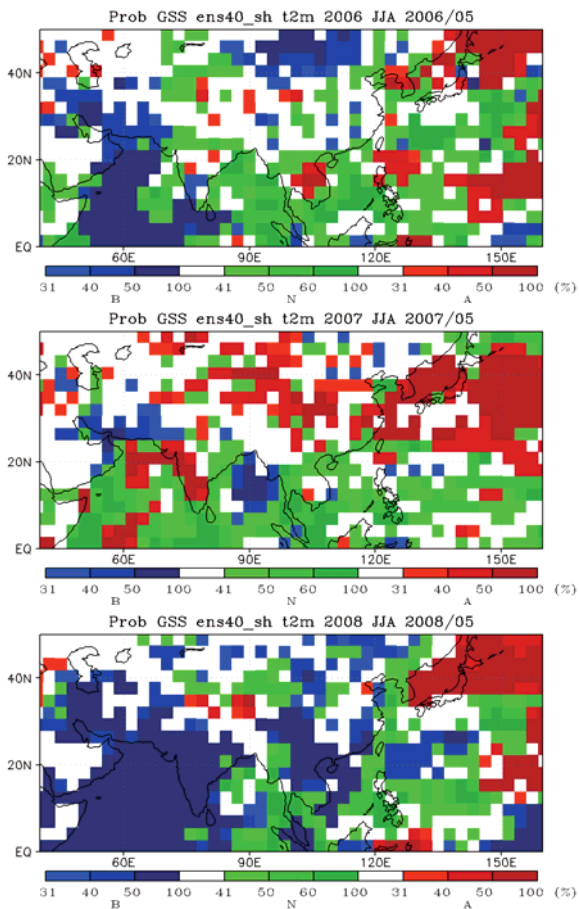
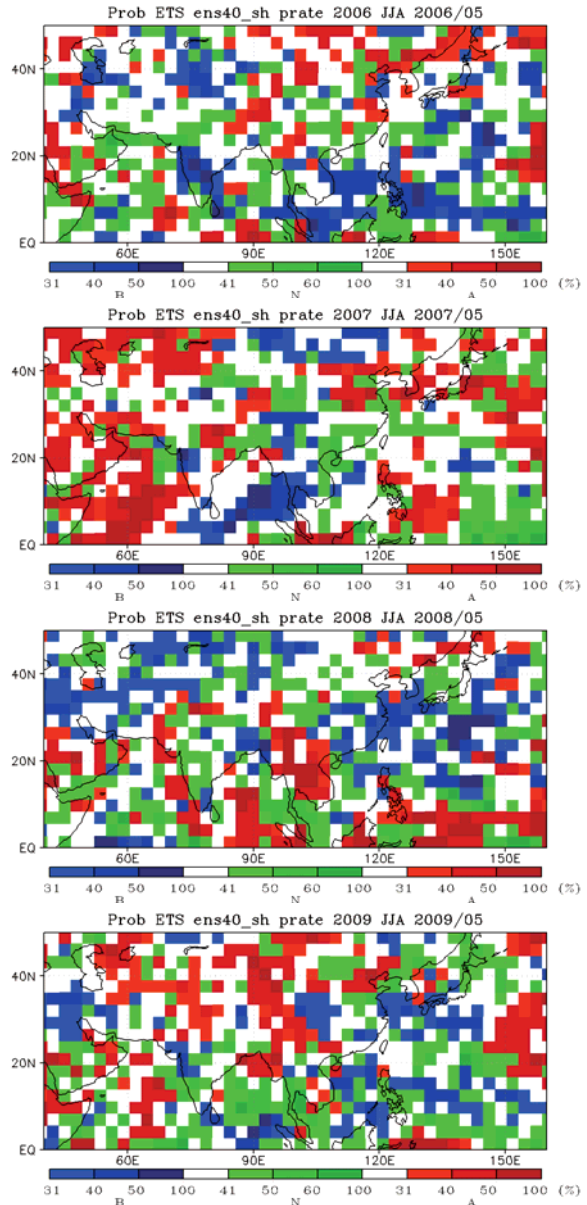


圖 2、2 米溫度場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA)亞洲地區的預報，以 GSS 大於零標記之機率預報圖。



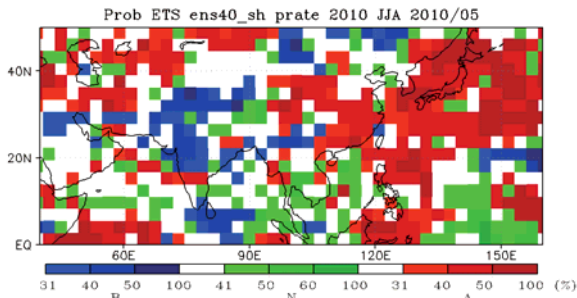


圖 3、降水場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA) 亞洲地區的預報，以 ETS 大於零標記之機率預報圖。

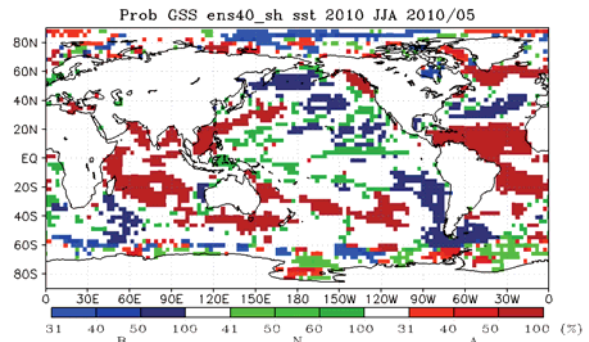


圖 4、海溫場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA) 的預報，以 GSS 大於零標記之機率預報圖。

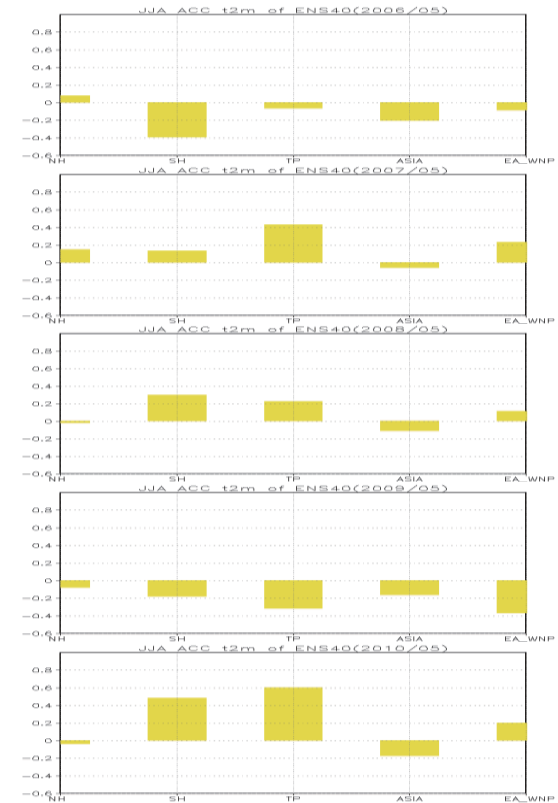
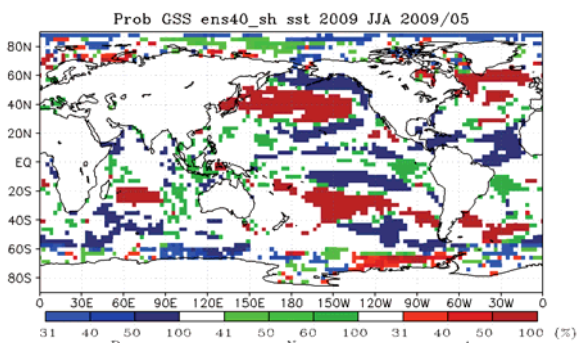
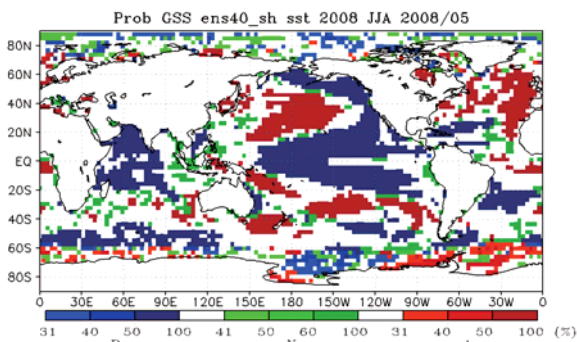
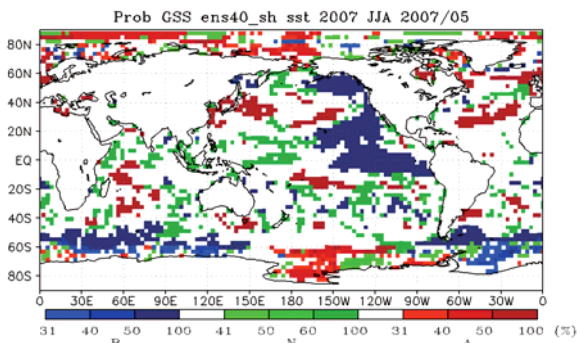
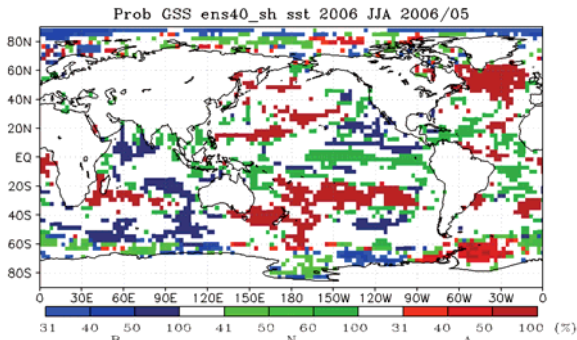
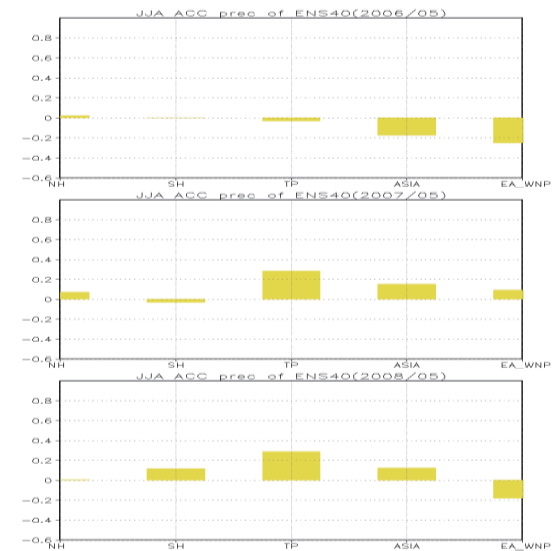


圖 5、2 米溫度場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏) 預報各區域平均的 ACC 圖。



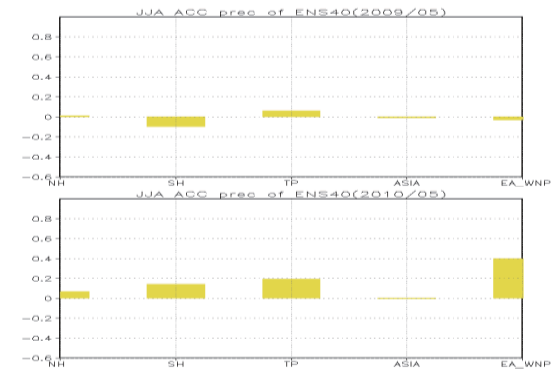


圖 6、降水場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA) 預報各區域平均的 ACC 圖。

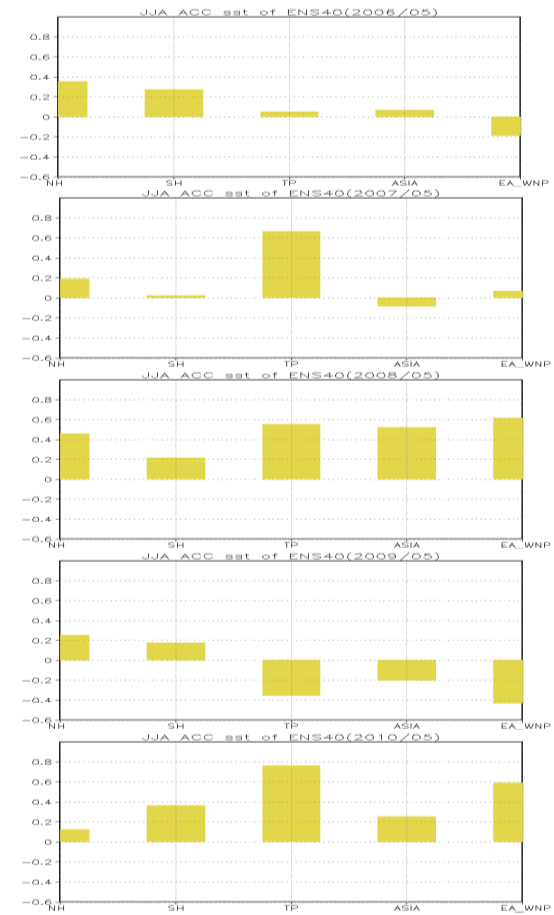


圖 7、海溫場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA) 預報各區域平均的 ACC 圖。

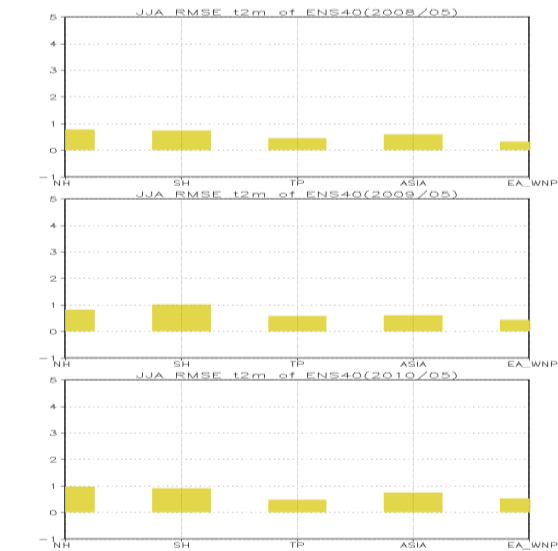
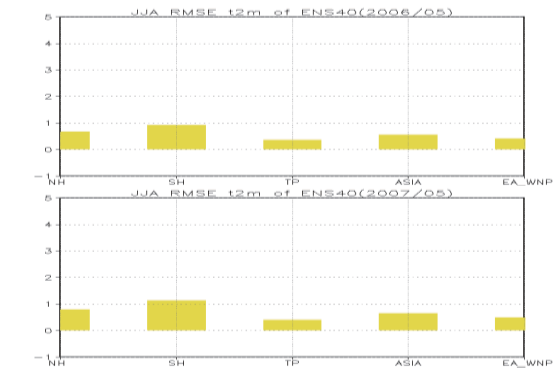


圖 8、2 米溫度場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA)預報各區域平均的 RMSE 圖。

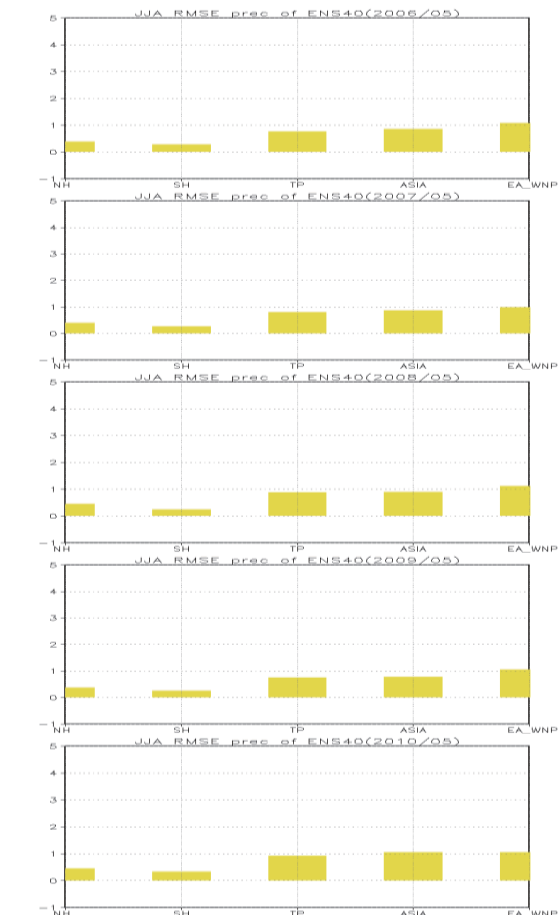


圖 9、降水場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA) 預報各區域平均的 RMSE 圖。

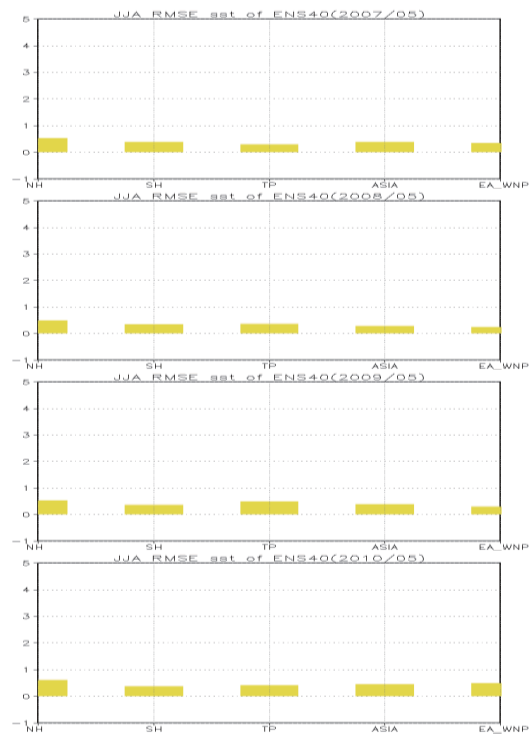


圖 10. 海溫場 2006-2010 年 5 月起始之第 2 季(夏 JJA) 預報各區域平均的 RMSE 圖。

。