

二步法動力氣候預報系統之系集預報校驗

鄭凱傑¹ 胡志文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)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 e 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 e 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)，自 2006 年開始逐月進行校驗，校驗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)，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)為對象進行校驗分析，期能瞭解本模式之系集預報的技術能力。

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」，「二步法動力統計氣候預報系統」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 e 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 個系集預報成員組成系集預報。

本文中以 2006 年 2 月-2009 年 2 月，期間每月下旬 40 個預報成員的系集預報結果，與觀測資料包含 NOAA CAMS_OPI(Climat e 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)，分析區域分為熱帶 (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) 利用距平空間相關係數(Anomaly pattern correlation coefficients)與誤差均方根(Root mean square error)進行預報能力校驗，期望能瞭解「二步法動力統計氣候預報系統」之系集預報於不同季節及區域的預報能力，校驗結果將建立圖庫，未來將與「二步法動力統計氣候預報系統」事後系集預報技術得分圖庫資料共同呈現於網頁中，供使用者參考預報系統的預報能力及可預報度，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每月系集預報結果，校驗所使用的觀測資料皆插分至 T42 水平解析度以便與預報結果做計算；後文中將以模式的 2 到 4 個月(Lead2-Lead4)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。本文在第二節主要探討最近兩個季節的系集預報校驗結果，第三節為進行每月預報從 2006 年以來的系集預報校驗結果綜觀分析，第四節為小結。

二、冬春兩季系集預報校驗結果

圖 2 為海溫 08-09 年冬季與 09 年春季系集預報與觀測場的距平相關係數各區域平均值，其中南半球以及東亞-西北太平洋在兩個季節的表現都有超過 0.4 和 0.6，北半球和亞洲地區則是春季優於冬季，變化較大的熱帶地區由 0.6 降到 0.2 附近，明顯變差。圖 3 為 2 米溫度 08-09 年冬季與 09 年春季系集預報與觀測場的距平相關係數各區域平均值，整體而言相關係數以熱帶地區表現較佳，其他地區則變動較大甚至

呈現相反的情況，圖 4 為降水 08-09 年冬季與 09 年春季系集預報與觀測場的距平相關係數各區域平均值，在冬季與春季，熱帶、亞洲和東亞-西北太平洋都有超過 0.4 的表現，北半球則是由 0.3 降到 0.1 附近，南半球由冬季的 0.1 到春季的 0.2。

圖 5 為海溫 08-09 年冬季與 09 年春季系集預報與觀測場的誤差均方根各區域平均值，總體而言，冬春兩季北半球明顯差距甚大，南半球冬季約 0.5 到了春季大約 1.4 左右，其他各區域則在兩個季節都是在 1 以下(誤差均方根結果越趨近於 0 越好)。圖 6 為 2 米溫度 08-09 年冬季與 09 年春季系集預報與觀測場的誤差均方根各區域平均值，其中冬季熱帶地區的表現較好，大約在 1 附近，其餘區域在兩個季節都是大於 1 的情況。圖 7 為降水 08-09 年冬季與 09 年春季系集預報與觀測場的誤差均方根各區域平均值的結果，整體來看在冬季和春季北半球和南半球都低於 1，熱帶、亞洲和東亞-西北太平洋區域則是大於 1 的表現，變化幅度則是以東亞-西北太平洋區域較為明顯。

三、系集預報結果綜觀分析

每月系集預報是由 2006 年 1 月為初始資料開始向後預報七個月，本段將分析每月的第二季與觀測資料運算後每個區域隨時間變化的結果。

圖 8 為 2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域海溫與觀測場之距平相關係數隨時間變化的結果，熱帶地區平均而言表現較其他區域好，亞洲和東亞-西北太平洋則是在 2006 年與 2008 年 8-10 月的表現較差。圖 9 為 2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域 2 米溫度與觀測場之距平相關係數隨時間的變化，平均來說還是以熱帶地區的表現較好，而在 2007 年 7 月之前的第二季預報呈現較為零亂，7 月後各區域除了南半球在 2007 年 12 月-2008 年 5 月外，其它走向趨勢一致性不錯。圖 10 為 2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域降水與觀測場之距平相關係數隨時間的變化，如同海溫與 2 米溫度皆以熱帶地區整體的趨勢表現較好，幾乎皆為正值，而東亞-西北太平洋區域的波動幅度最大，其它區域的表現則介於兩者之間。

圖 11 為 2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域海溫與觀測場之誤差均方根隨時間的變化，很明顯的在北半球隨時間到了冬季誤差值會到達高峰，南半球則是夏季，其他區域的誤差皆介於 0-1 之間。圖 12 為 2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域 2 米溫度與觀測場之誤差均方根隨時間的變化，和海溫相似的北半球和南半球各自接近冬季和夏季誤差會達到明顯的高峰，熱帶地區則較於其他區域誤差大致都在 1 附近，而亞洲與東亞-西北太平洋區域隨時間變化的趨勢相近，大致上是由秋季到冬季期間誤差會達到高峰。圖 13 為 2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域降水與觀測場之誤差均方根隨時間的變化，在降水方面和海溫及 2 米溫度相反的是北半球和南半球

的誤差反而較小，大致上都在 1 附近，熱帶地區則是在 1.5-2 之間，而東亞-西北太平洋和亞洲區域則是隨時間的波動最大，在接近夏季時誤差值會達到高峰。

四、小結

本文以「二步法動力統計氣候預報系統」每月預報 40 個系集預報成員所組合成的系集預報結果區分 5 區域分析預報系統海溫、2 米溫度及降雨與觀測資料來計算距平相關係數與誤差均方根，各項結果將建立相關圖庫，未來將與「二步法動力統計氣候預報系統」事後預報資料共同呈現於網頁中，供使用者參考預報系統的預報能力即可預報度。

分析每月系集預報的結果，在校驗最近的兩個季節(冬季與春季)，距平相關係數的結果海溫與降水皆在正值，而 2 米溫度隨季節改變其變動也正負不一；均方根誤差的結果海溫以北半球的誤差最大。2 米溫度在兩個季節大約都在 1-3 之間的誤差範圍。降水方面則是在冬季和春季的表現都很相似。

最後一部份吾人將 2006 年以來的系集預報結果利用時間序列的方式來分析，距平相關係數方面，除了在熱帶的整體表現都是較好的之外，其他區域隨時間沒有明顯一至的變化呈現出來；在均方根誤差方面，海溫在北半球和南半球的誤差會隨時間達到明顯的高峰，其他區域則沒有明顯的起伏。2 米溫度在熱帶地區沒有明顯的起伏，其他區域則是隨時間會有較規律的趨勢。降水在北半球和南半球誤差起伏較小，而在東亞-西北太平洋區域的誤差變動最大。

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. Kornblüeh, 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.

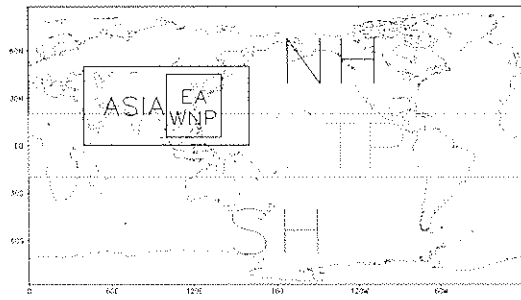


圖 1、「二步法動力統計氣候預報系統」所分析的區域，分別為：北半球(NH, 20°N-90°N, 0°-360°E)，南半球(SH, 90°S-20°S, 0°-360°E)，熱帶(TP, 20°S-20°N, 0°-360°E)，亞洲(ASIA, 0°-50°N, 40°E-160°E)，東亞-西北太平洋(EA-WNP, 5°N-45°N, 100°E-140°E)。

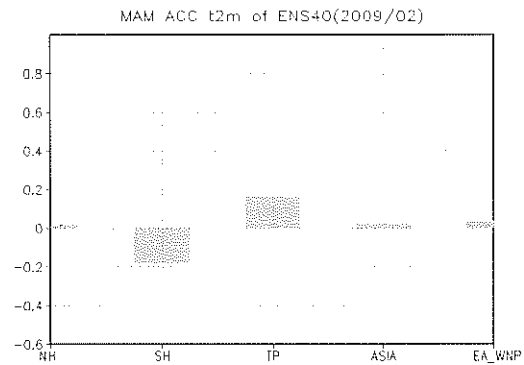
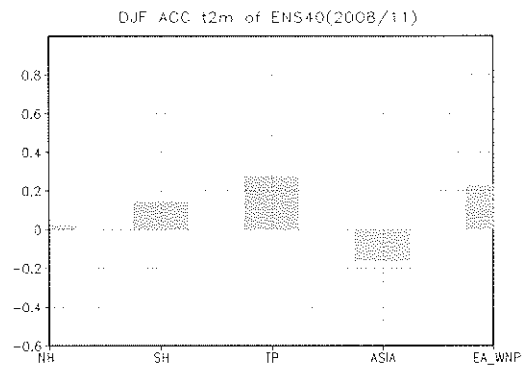


圖 3-2 米溫度 2008 年 11 月(圖上)及 2009 年 2 月(圖下)第 2 季預報(DJF 即冬季, MAM 即春季)與觀測場之距平相關係數各區域平均值。

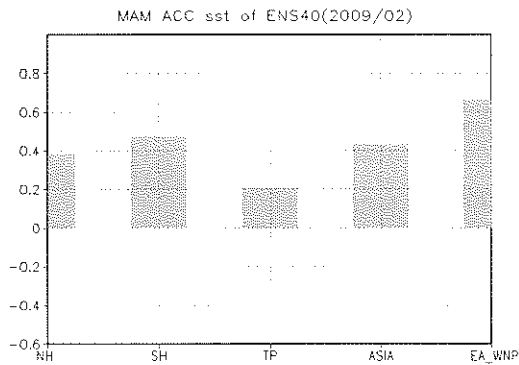
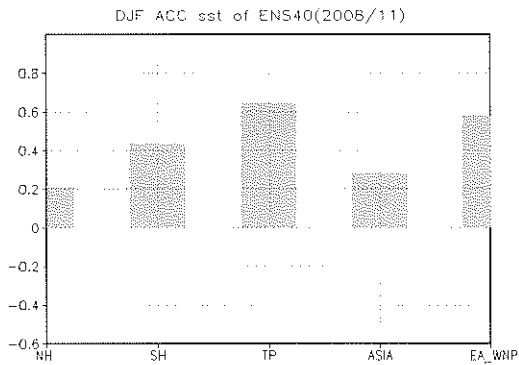
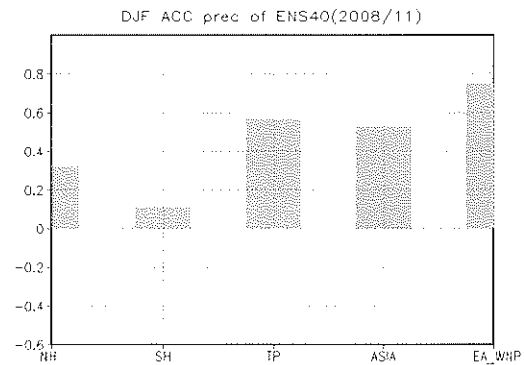


圖 2、海溫 2008 年 11 月(圖上)及 2009 年 2 月(圖下)第 2 季預報(DJF 即冬季, MAM 即春季)與觀測場之距平相關係數各區域平均值, 各區域的定義如圖 1。



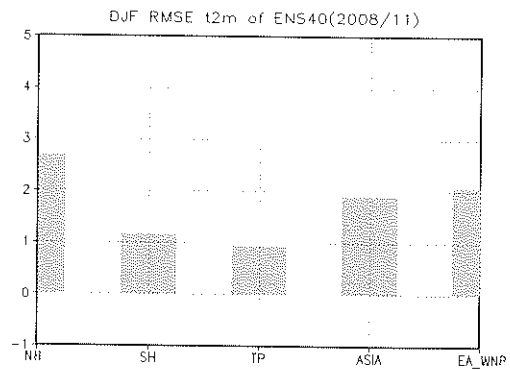
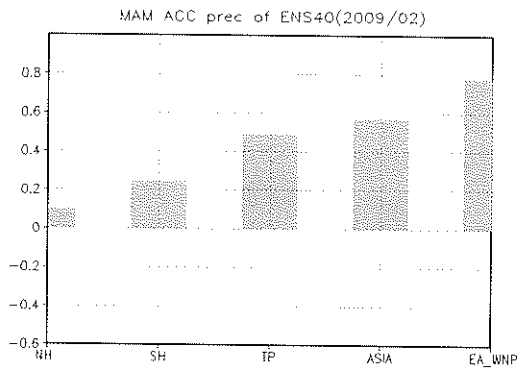


圖 4、降水 2008 年 11 月(圖上)及 2009 年 2 月(圖下)第 2 季預報(DJF 即冬季, MAM 即春季)與觀測場之距平相關係數各區域平均值。

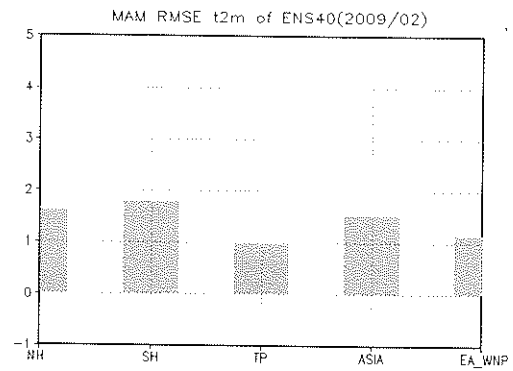
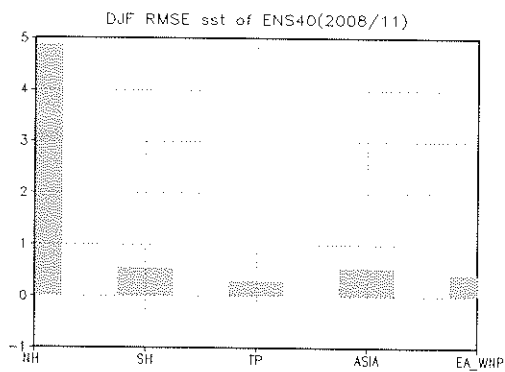


圖 6、2 米溫度 2008 年 11 月(圖上)及 2009 年 2 月(圖下)第 2 季預報(DJF 即冬季, MAM 即春季)與觀測場之誤差均方根各區域平均值。

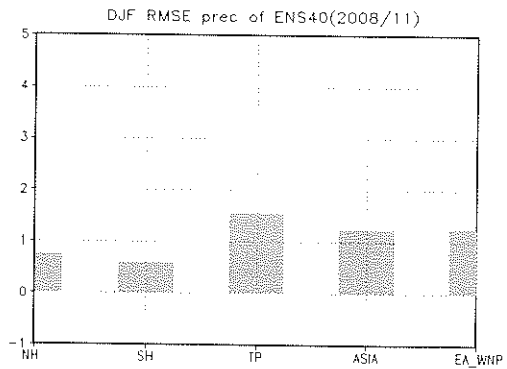
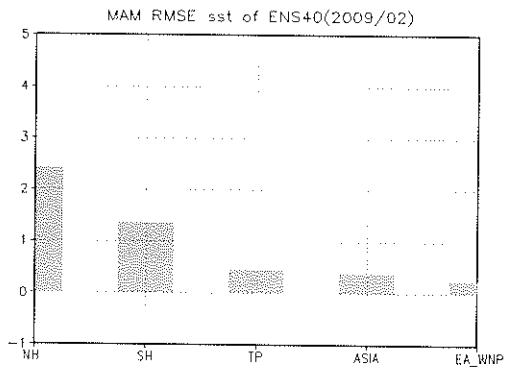


圖 5、海溫 2008 年 11 月(圖上)及 2009 年 2 月(圖下)第 2 季預報(DJF 即冬季, MAM 即春季)與觀測場之誤差均方根各區域平均值。

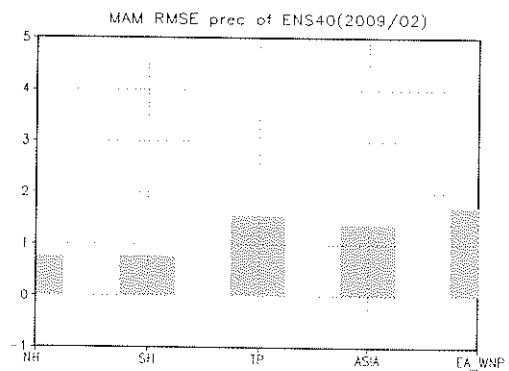


圖 7、降水 2008 年 11 月(圖上)及 2009 年 2 月(圖下)第 2 季預報(DJF 即冬季, MAM 即春季)與觀測場之誤差均方根各區域平均值。

水與觀測場之誤差均方根。

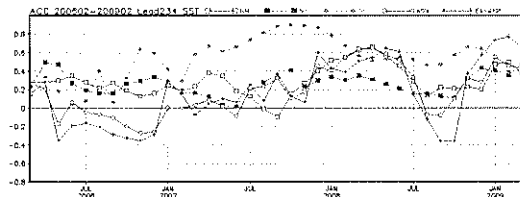


圖 8、2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域海溫與觀測場之距平相關係數。

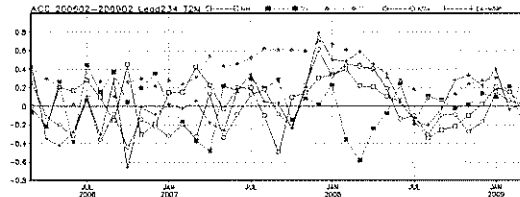


圖 9、2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域 2 米溫度與觀測場之距平相關係數。

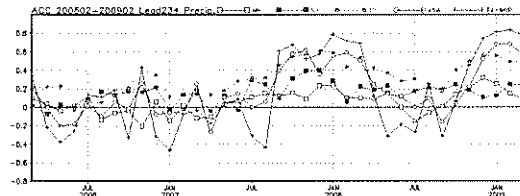


圖 10、2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域降水與觀測場之距平相關係數。

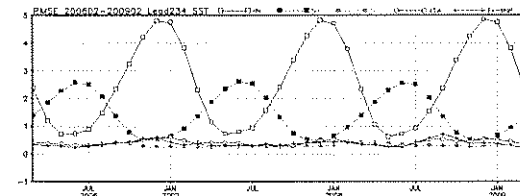


圖 11、2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域海溫與觀測場之誤差均方根。

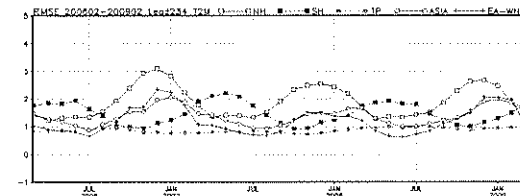


圖 12、2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域 2 米溫度與觀測場之誤差均方根。

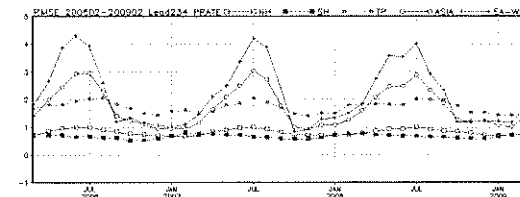


圖 13、2006 年 2 月-2009 年 2 月第 2 季預報各區域降