

氣象局第二代氣候預報系統之季節預報能力評估

李清騰、盧孟明、胡志文

中央氣象局 科技中心

摘要

本文根據客觀的評量方法得到來評估氣象局第二代(TCWB2T2)二步法短期氣候預報系統的預報能力，並且加入北美多模式預報系集(North American Multi-Model Ensemble)一併分析。分析結果得到，經過多模式系集平均(NMME)比其它單一氣候模式無論是在溫度、雨量均有較高的預報能力，若把 TCWB2T2 加入 NMME(NMMET)則預報能力略有提高。比較各個氣候模式得到，TCWB2T2 模式的預報能力介於各個氣候模式中，不同預報變數、不同區域，各個模式均有不同的預報能力。另外檢驗夏季季風指數，模式都具有預報技術，且預報能力差異不大，但在冬季季風指數中，則是以 TCWB2T2 表現較好。

一·前言

中央氣象局第二代兩步法全球氣候預報系統(TCWB2T2)目前已進行準作業系統之月與季預報，二步法的預報架構是先用統計或動力方法預測全球海面溫度(SST)，再將預測的 SST 作為大氣模式下墊面條件驅動全球動力氣候模式預測大氣未來狀態(胡等 2008)。短期氣候預報系統中所使用的大氣模式為中央氣象局全球數值天氣預報模式(CWB Global Atmosphere Model)與德國馬普研究院(Max-Planck-Institute for Meteorology)的 ECHAM5 模式兩組大氣模式，解析度分別為 T119L40(水平方向約為 110 公里,垂直方向 40 層)與 T42L19(水平方向約為 300 公里,垂直方向 19 層)；海溫預報方面除了有氣象局全球海溫最佳化預報系統(OPGv2-SST; 童雅卿, 2012)產品之外，也使用美國環境預測中心(NCEP)氣候預報系統(CFSv2)的全球海溫預測資料(CFSv2-SST; Saha et al., 2010)。兩組大氣模式與兩組海溫預測資料交錯搭配出四種組合，每一種組合每個月產出 30 組 280 天的預測結果，也就是說每月有 120 組長達 280 天的預測結果作為加工產出月與季預測產品的原料，樣本數量越多越能製作有統計意義的產品。

本文除了分析中央氣象局二步法短期氣候預報之外，也加入了北美多模式系集成員(North American Multi-Model Ensemble; NMME, Kirtman et al., 2014)來一併分析，藉了解氣象局模式的預報能力為何，此文章主要針對歷史預報結果(1982 年-2011 年)的溫

度、雨量以及季風指數與環流特徵進行技術評量。

二·資料與分析方法

(一) 資料

大尺度環流場所使用的觀測資料為 1982-2011 年 ERA interim reanalysis (Berrisford, 2011; ERAinterim)資料，資料格點數為 480x241，空間解析度為 0.75 度。此外也採用 NCEP Climate Forecast System Reanalysis(Saha et al., 2010; CFSR)資料，資料格點數為 360x180，空間解析度為 1 度。全球雨量觀測場資料則是使用 Global Precipitation Climatology Project (GPCP, Adler et al., 2003)，資料格點數為 144x72 格點數，空間解析度為 2.5 度。

事後預報實驗資料共 30 年(1982-2011)，預報系統是採用中央氣象局(CWB)全球氣候模式與 ECHAM5 模式搭配兩組不同的海溫邊界條件(OPGv2-SST 與 NCEP-CFSv2-SST)組成的四組預報結果，全部共 120 個系集成員。模式輸出產品中將全部預報產品組合成平均值，又稱多模式系集平均(MME)，是最基本的評量產品。此外，在 NMME 的各個氣候模式總共有七種，包括 CMC1-CanCM3、CMC2-CanCM4、COLA-RSMAS-CCSM4、GFDL-CM2p1-aer04、GFSL-CM2p5-FLORB01、NASA-GMAO-062012、NCEP-CFSv2，每個氣候模式中有各自的系集成員數目，所以在進行多模式平均(Multi-Model Ensemble)之前，先將各個氣候模式做系集數目平均，而後再做多

模式平均，並且將 TCWB2T2 模式也一併加入計算，簡稱 NMMET。由於各個觀測場資料、各模式預報資料解析度都不相同，所以此研究將全部資料內插成全球經緯向共 360x180 格點數(空間解析度為 1 度)的網格資料。

三·全球溫度與雨量預報分析

圖1顯示初始場12月預報冬季(DJF)、2月預報春季(MAM)、5月預報夏季(JJA)、8月預報秋季(SON)的溫度與觀測場之距平相關係數空間分佈圖，圖中百分比數字代表在全球範圍內有多少百分比的網格點數有通過95%的統計檢定，L代表陸地上網格點數通過統計檢定的百分比數，O代表海洋網格點數通過統計檢定的百分比數。圖中明顯看到主要高相關區域都集中在赤道中、東太平洋、印度洋與大西洋，以冬季、春季的表現最好，夏季最差。另外NMME與NMMT的相關係數的空間分佈特性與TCWB2T2一致，都呈現出在中、東太平洋地區有高相關係數值的特徵。從全球的百分比數來看，TCWB2T2在四個季節的表現為65.8%、70.6%、56.8%、59.6%，NMME則是68.5%、82.2%、72.6%、73.6%，顯示出NMME比TCWB2T2有較高的預報能力，若加入TCWB2T於NMME的系集預報結果中(NMMET)，則百分比數為69.4%、82.6%、72.9%、74%，顯示出把TCWB2T2模式併入NMME的多模式系集平均之中，可略提高NMME在溫度上的預報能力。

圖2顯示初始場12月預報冬季(DJF)、2月預報春季(MAM)、5月預報夏季(JJA)、8月預報秋季(SON)的雨量與觀測場之距平相關係數空間分佈圖。圖中TCWB2T2、NMME、NMMT都呈現出高相關係數值區域只在赤道中、東太平洋，赤道印度洋與大西洋，中、高緯度地區無預報能力，冬季的表現最好，夏季最差，此外從百分比來看，海洋上具有統計意義的百分比數明顯高於陸地許多，代表模式對於陸地上的降雨預報仍有待加強。從全球百分比數來看，TCWB2T2在四季的表現為28.8%、23.7%、19.4%、24.8%，NMME則是34.1%、32.3%、28.6%、31.7%，顯示NMME的降雨預報能力略高於TCWB2T2，然而NMMET顯示的百分比數為34.7%、32.5%、28.4%、32.1%，代表把TCWB2T2加入NMME的多模式系集平均，對於雨量

預報能力則無明顯提高。

為了進一步了解溫度、雨量在各個初始月份的季節預報能力，所以分別計算 1-12 個月初始場預報第一季溫度、雨量與觀測場之距平相關係數所得到之全球統計顯著性之網格點數百分比數值 (如圖 3 所示)，圖中 X 軸代表各個模式，模式包括有 NMME、NMMET、TCWB2T2、CMC1_CM3、CMC2_CM4、NCAR_CCSM4、GFDL、GFDL_FLOR、NASA_GMAO、NCEP_CFSv2，Y 軸代表百分比數值。從百分比數來看，無論是溫度或雨量都以 NMMET 的表現最好，其次是 NMME。而在各個氣候模式中可以看到，溫度表現以 TCWB2T2、CM3 與 CFSV2 表現一致，但 CCSM4 與 GFDL 表現較差。另外雨量方面，各個氣候模式的預報能力一致。

四·全球五大區域預報能力

將全球區域分成五大區域來探討模式對於此區域的溫度、雨量預報能力，五大區域分別為非洲(AF;0-50°E, 30°S-30°N)、印度洋(IO;50°E-110°E, 30°S-30°N)、西太平洋(WP;110°E-180, 30°S-30°N)、東太平洋(EP;180-80°W, 30°S-30°N)以及大西洋(AO;80°W-0, 30°S-30°N)。圖4顯示各個模式的1-12個月初始場預報五大區域內第一季溫度與觀測場之距平相關係數所得到之全球統計顯著性之網格點數百分比數值，圖中可以看到在五大區域內NMME與NMMET都表現不錯，尤其是在EP區域，1-12月的預報結果都有不錯的預報技術。各個氣候模式的表現，不同區域有不同的預報能力，TCWB2T2只有在IO區域內的預報技術較其它模式低，其它區域的預報能力則与其它模式相似，值得注意的是，AF區域的預報能力在不同季節表現有明顯差異，但NMME與NMMET的預報能力在不同季節表現較一致，顯示出多模式系集平均的預報能力較單一模式穩定。

圖5顯示各個模式的1-12個月初始場預報五大區域內第一季雨量與觀測場之距平相關係數所得到之全球統計顯著性之網格點數百分比數值，圖中顯示在這五大區域的預報能力差異較大，雨量表現較好是在WP、EP區域，IO與AO區域表現中等，AF區域表現最差，同樣也是NMME與NMMET比其它氣候模式有較高的

預報能力。從各個氣候模式的預報表現方面，在不同的區域，每個模式表現也不盡相同，不過TCWB2T2與其它模式都有相似的預報技術，甚至在某些區域的預報能力比其它模式較高，例如WP與AO區域。

五·夏季季風指數與冬季季風指數預報能力

本文採用的夏季季風指數WPSHI (Wang et al., 2008年; Wang et al., 2001)與西北太平洋副高指數WPSH(Wang et al., 2013)，WNPMI的定義如下 $WNPMI=U850(5-15^{\circ}N,100-130^{\circ}E)-U850(20-30^{\circ}N,110-140^{\circ}E)$ ，WPSH的定義是將3個月(JJA)季節平均在 $15^{\circ}N-25^{\circ}N, 115^{\circ}E-150^{\circ}E$ 範圍內平均的850毫巴重力位高度場(H850)所得到。另外在冬季季風指數部份，採用SMH(Chang and Lu, 2012)與NPI(Trenberth and Hurrell 1994)三種，指數定義如下：SMH指數： $SMH=SLP(40-60^{\circ}N,70-120^{\circ}E)$ ，NPI指數： $NPI=SLP(30-65^{\circ}N,160^{\circ}E-140^{\circ}W)$ 。由於NMME的氣候模式中就只有CMC1_CM3、CMC2_CM4CM3有提供低層風場資料，所以本文只針對TCWB2T2與CMC1_CM3和CMC2_CM4CM3兩個氣候模式來看季風模式能力。在夏季季風指數中，三個模式都表現不錯，無論是指數的相關係數值或是三分類的GSS預報技術得分都顯示出模式是具有預報能力，兩種夏季季風指數，三個模式的預報能力也略有不同。但在冬季季風指數中，反而只有NPI季風指數具有預報能力，而且TCWB2T2明顯優於其它模式，但對於SMH指數而言，三個模式都沒有預報能力。

六·結論與討論

本研究評估氣象局第二代(TCWB2T2)二步法短期氣候與北美多模式(NMME)之事後預報實驗結果的預報能力。根據全球相關係數的網格點數通過統計檢定的百分比來看，NMMET與NMME有較高的預報技術，而在各個單獨的氣候模式中，TCWB2T2的預報技術介於中間，每個預報模式在不同季節，不同區域，預報能力也不相同。在季風指數表現方面，夏季

季風指數，TCWB2T2、CM3與CM4都具有預報技術，TCWB2T2略低於其它兩著模式，但在冬季季風指數模式，則是TCWB2T2有較高的預報技術。

七·參考文獻

- 胡志文，蕭志惠，童雅卿，任俊儒，鄭凱傑，黃文豪，施宇晴，施景峰，莊穎叡，賈愛玫，2008：中央氣象局動力統計氣候預報系統簡介。天氣分析與預報研討會論文彙編，253-258。
- 童雅卿，2012：第二代全球海溫預報系統之發展與測試，天氣分析與預報研討會論文彙編，A3,76-81。
- Adler, R. F., and Coauthors, 2003: The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *J. Hydrometeor.*, **4**, 1147–1167.
- Berrisford, P., Dee, D., Poli, P., Brugge, R., Fielding, K., Fuentes, M., Kållberg, P., Kobayashi, S., Uppala, S., Simmons, A., Oct. 2011. The ERA-Interim archive Version 2.0. ERA Report Series 1, ECMWF, Shinfield Park, Reading.
- Chan, J., and M.-M. Lu, 2012: Intraseasonal Predictability of Siberian High and East Asian Winter Monsoon in Recent Decades, *J. Climate*, **25**, 1773-1778。
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., ... Wood, E. F. (2014). The North American multimodel ensemble: Phase-1 seasonal-to-interannual prediction; phase-2 toward developing intraseasonal prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **95**(4), 585-601. DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1
- Saha, Suranjana, and Coauthors, 2010: The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **91**, 1015.1057. doi: 10.1175/2010BAMS3001.1
- Trenberth, K. E., and J. W. Hurrell, Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Clim. Dyn.*, **9**, 303–319, 1994.

Wang, B., W. Renguang, and K.-M. Lau, 2001: Interannual variability of the Asian summer monsoon: contrasts between the Indian and the Western North Pacific-East Asian Monsoons. *J. Climate*, 14, 4073–4090.

monsoon and tropical storm predictions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110.8, 2718-2722.

Wang, B., Z. Wu, J. Li, J. Liu, C.-P. Chang, Y. Ding, and G. Wu, 2008: How to measure the strength of the East Asian summer monsoon. *J. Climate*, 21, 4449-4463.

Wang, B., Xiang, B., and Lee, J. Y., 2013: Subtropical High predictability establishes a promising way for

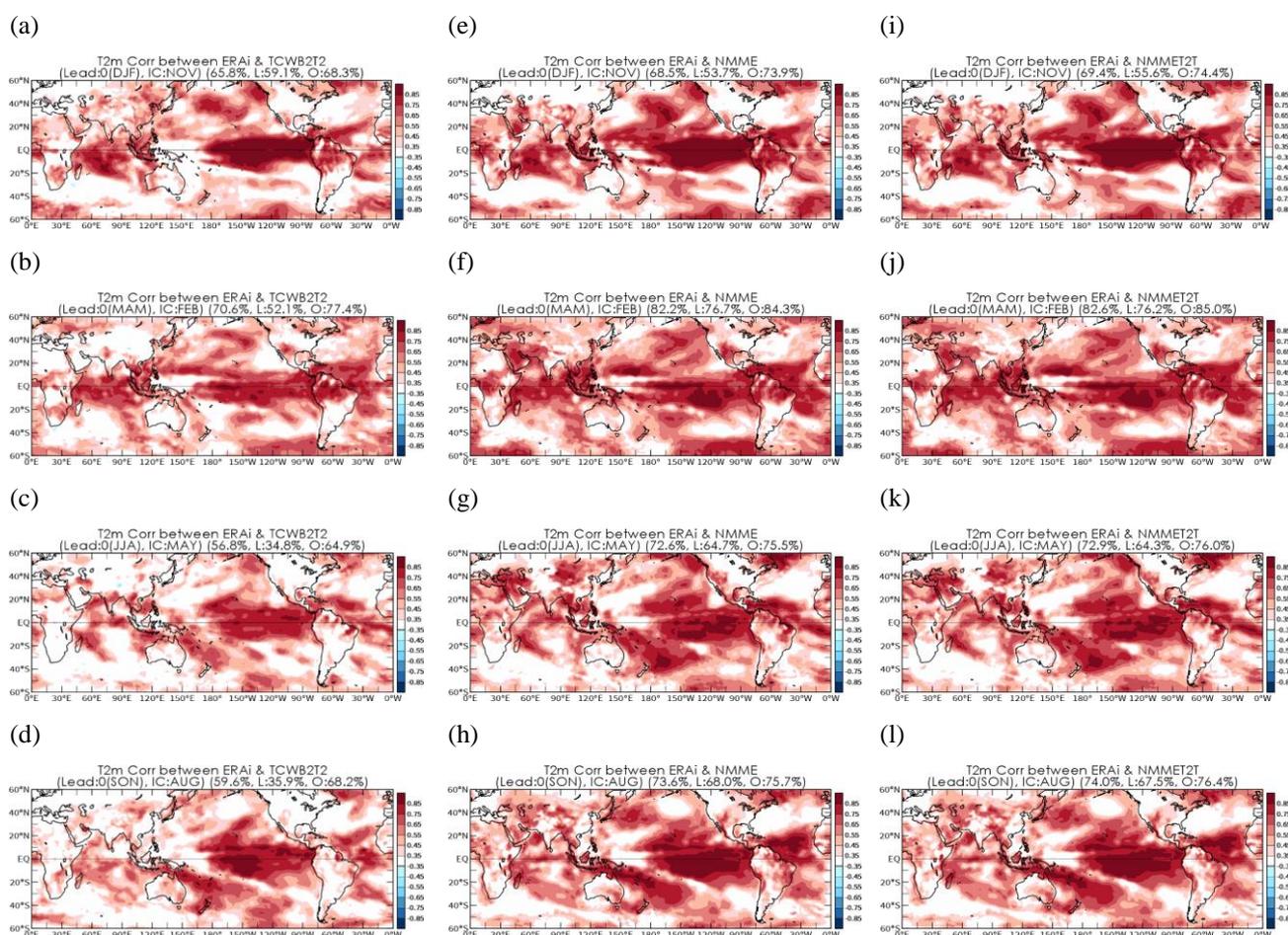


圖1. TCWB2T2(a,b,c,d)、NMME(e,f,g,h)、NMMET(i,j,k,l)以初始場11月預報第一季(JJA)、2月預報第一季(MAM)、5月預報第一季(JJA)、8月預報第一季(SON)溫度分別與觀測值之距平相關係數分佈圖，圖中X軸代表經度，Y軸代表緯度，圖中只顯示相關係數值有達95%的統計檢定，右上角數字代表全球多少的網格點數百分比通過95%的統計檢定，L代表陸地上的網格點數通過統計檢定百分比數值，O代表海洋上格點數通過統計檢定百分比數值。

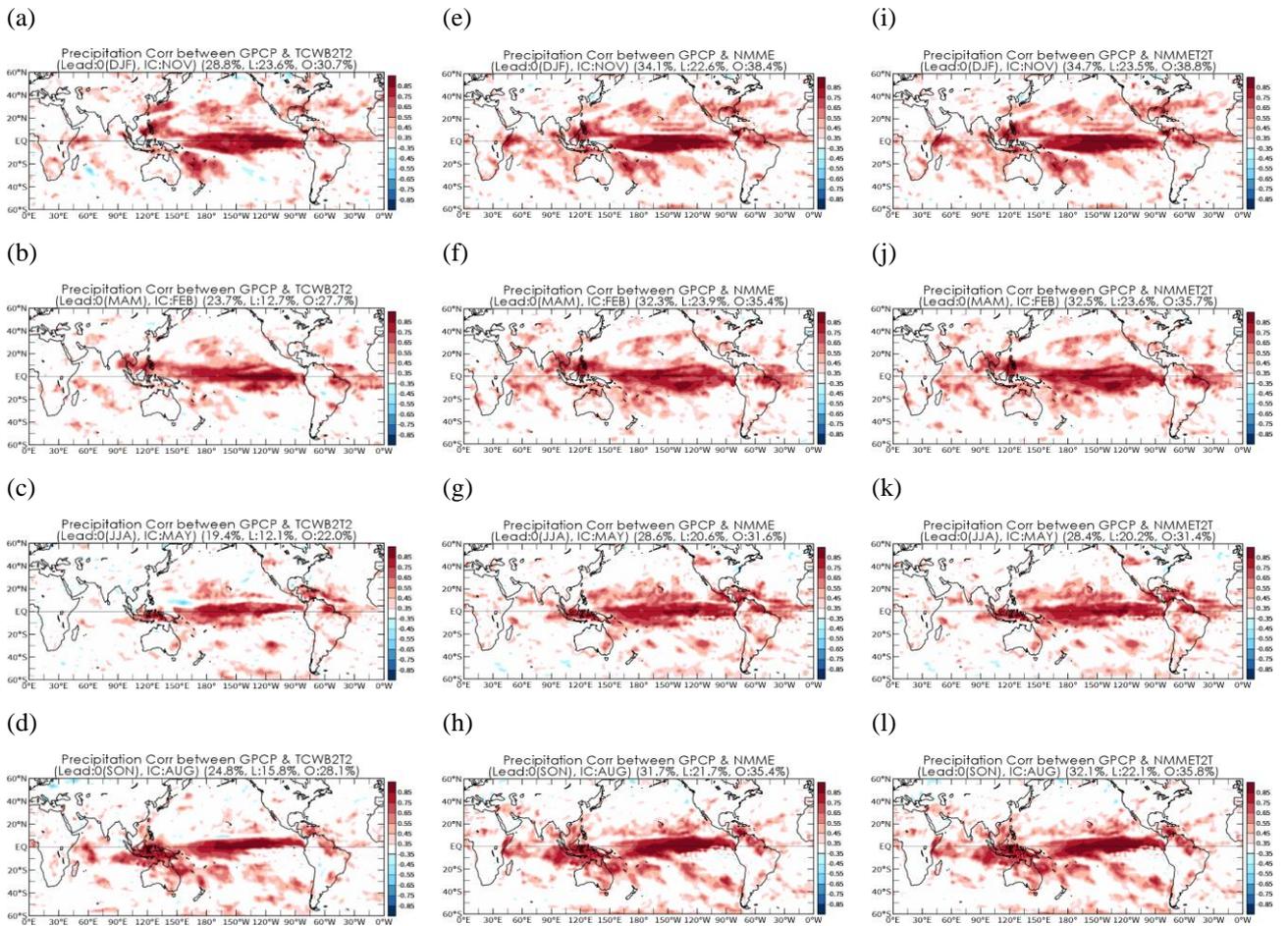


圖2. 同圖1，但為TCWB2T2(a,b,c,d)、NMME(e,f,g,h)、NMMET(i,j,k,l)以初始場11月預報第一季(JJA)、2月預報第一季(MAM)、5月預報第一季(JJA)、8月預報第一季(SON)雨量與觀測值之距平相關係數分佈圖。

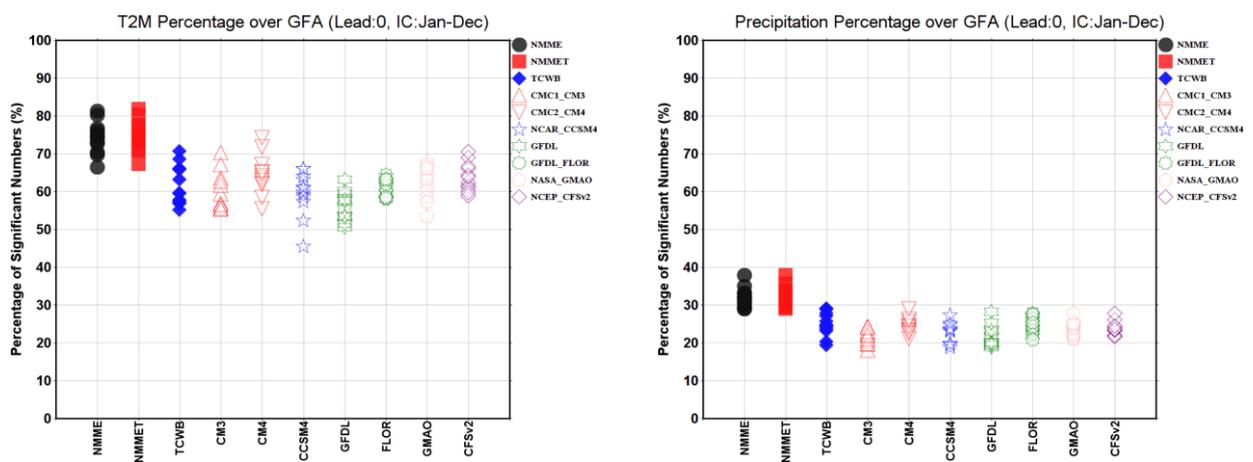


圖3. 初始場1-12月預報第一季溫度(左)、雨量(右)分別與觀測值的全球距平相關係數值通過95%的統計檢定的網格點數百分比，圖中X軸各個模式，Y軸百分比數值，各個模式分別為NMME、NMMET、TCWB2T2、CMC1-CanCM3、CMC2-CanCM4、COLA-RSMAS-CCSM4、GFDL-CM2p1-aer04、GFDL-CM2p5-FLORB01、NASA-GMAO-062012、NCEP-CFSv2。

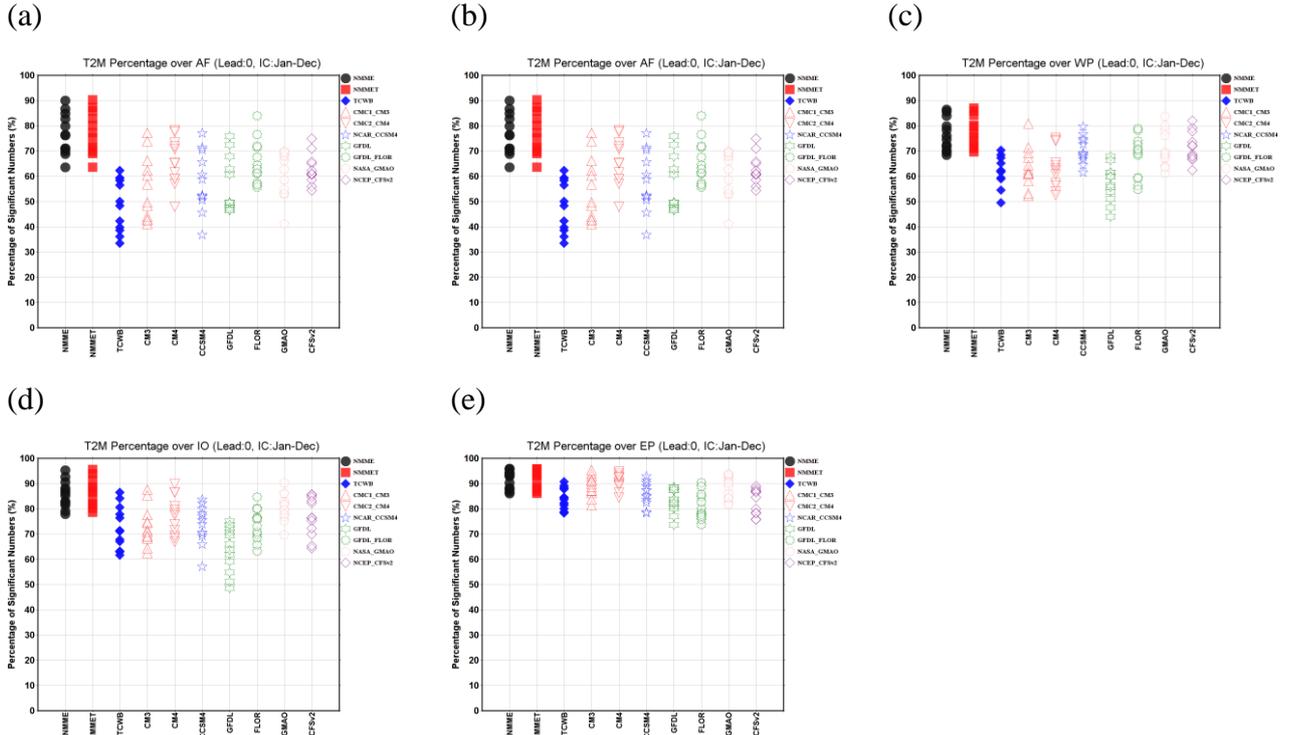


圖4. AF(a)、IO(b)、WP(c)、EP(d)、AO(e) 五大區域的初始場1-12月預報第一季溫度分別與觀測值的全球距平相關係數值通過95%的統計檢定的網格點數百分比，圖中X軸代表各個模式，Y軸代表百分比數值。

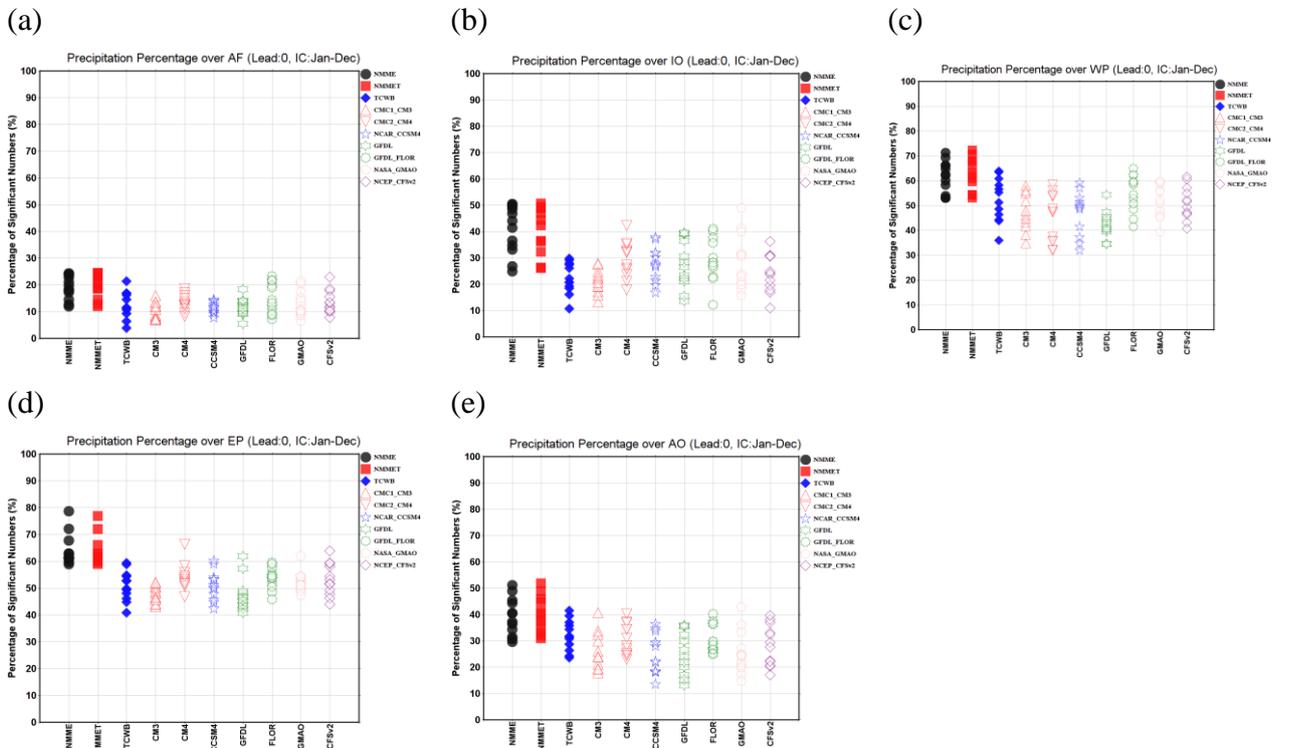
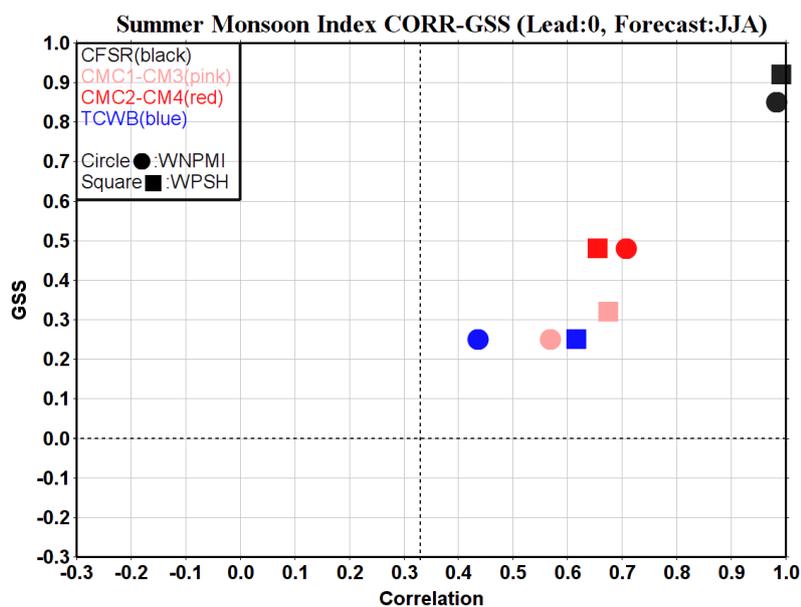


圖5. 初始場 1-12 個月預報第一季溫度(左圖)、雨量(右圖)與觀測場之距平相關係數所得之全球統計顯著性之網格點數百分比數值以及全球空間平均相關係數值，圖中 X 軸代表 TCWB2T2，Y 軸代表 TCWB2T1。

(a)



(b)

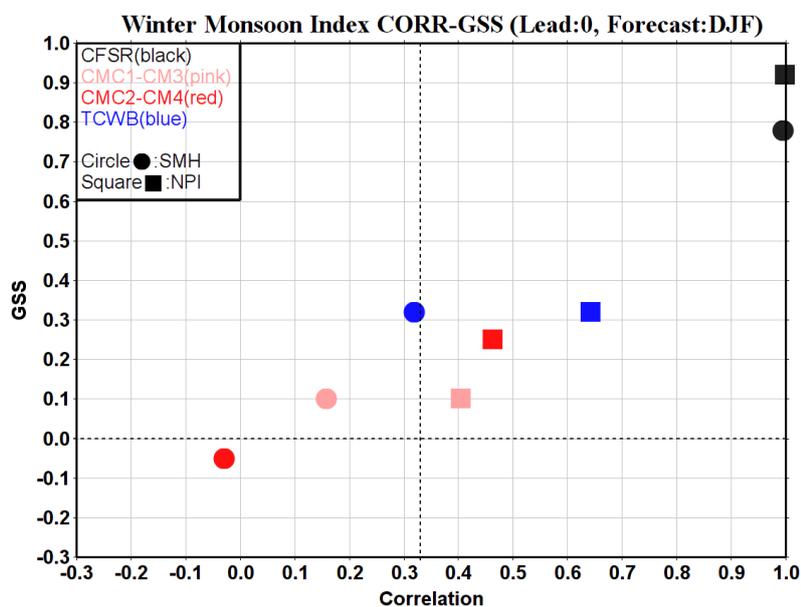


圖6. CFSR觀測場(黑色)、TCWB2T2(藍色)、CMC1-CanCM3(粉紅色)、CMC2-CanCM4(紅色)以5月為初始場預報夏季季風指數(上圖)以及以11月為初始值預報冬季季風指數分別與觀測值之相關係數與GSS分佈圖,上圖中夏季季風指數為WNPMI(●)與WPSH(■)指數,下圖冬季季風指數為SMH(●)與NPI(■)指數,圖中X軸代表相關係數值,Y軸代表GSS值,圖中點線代表若相關係數值與GSS值大於此數值則具有的預報技術。