

氣象局第二代氣候預報系統之季風指數預報能力評估

李清騰、盧孟明、胡志文

中央氣象局 科技中心

摘要

本文討論了氣象局第一代(TCWB2T1)與第二代(TCWB2T2)二步法短期氣候預報系統的多模式多組預報系集平均(MME)在夏季、冬季、全年的第一季預報能力，分析結果顯示 TCWB2T2 無論是在溫度、雨量以及季風指數都明顯優於 TCWB2T1 的預報結果，其中溫度的改進幅度最為明顯。TCWB2T2 模式對於東亞與西北太平洋大尺度季風指標不論是冬季或夏季都能提供有技術的預報產品，然而熱帶以外的風場模式不論在冬季或夏季預報表現都比較差。

一．前言

中央氣象局第二代兩步法全球氣候預報系統(TCWB2T2)在2016年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表面溫度(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ECHA5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。

本文主要針對中央氣象局第一代(TCWB2T1)與第二代(TCWB2T2)二步法短期氣候預報系統的溫度、雨量以及季風指數與環流特徵進行技術評量。

二．資料

校驗預報使用的大尺度觀測資料以1982-2011年ERA interim reanalysis (ERAinterim) (Berrisford, 2011)資料為主，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 (CFSR) (Saha et al., 2010)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。

事後預報資料有30年(1982-2011)的回溯性預報結果，預報流程與模是均與作業性預報設計完全相同。本報告比較第一代與第二代預報系統的多模式多組預報系集平均(MME)預報水準，更詳細的不同預報組合的差異和技術水準評比因篇幅限制未納入討論。由於各個觀測場資料與模式預報資料解析度不相同，因此將將各資料全部內插成全球360x180格點數，空間經緯解析度為1度的網格資料。

三．溫度與雨量預報分析

3.1 夏季預報技術

圖1顯示以5月為初始值預報第一季(JJA)的溫度(T2m, 2-meter air temperature)、雨量相對於由1982-2011年事後預報的預報平均的距平值與觀測分析場(ERAinterim、GPCP)距平值在每一格點上計算的時間序列相關係數空間分佈圖，圖上括號中百分比數字為相關係數通過95%的統計顯著性檢定的網格點占

全球網格點數量的百分比。圖1a與1b顯示最高相關係數值都集中在赤道中太平洋至東太平洋區域，統計顯著的相關係數格點百分比在TCWB2T2有56.0%，優於TCWB2T1的41.4%。圖1c與1d的雨量達統計顯著的相關係數比例遠小於溫度，高相關區域只集中在赤道中、東太平洋地區。TCWB2T2有19%格點通過統計檢定，略高於TCWB2T1的15.3%。

3.2 冬季預報技術

圖2顯示以11月為初始值第一季(DJF)的預報溫度、雨量與觀測分析場距平值的相關係數空間分佈圖。最高相關係數和夏季類似仍集中在赤道中太平洋至東太平洋區域，但TCWB2T2 (TCWB2T1)有64.4% (28.8%)格點通過統計檢定，均優於夏季，同樣TCWB2T2優於TCWB2T1。雨量結果也與夏季類似，達統計顯著的相關係數比例遠小於溫度，高相關區域只集中在赤道中、東太平洋地區。TCWB2T2 (TCWB2T1)有27.9% (23.8%)格點通過格點通過統計檢定，TCWB2T2些微優於TCWB2T1。

3.3 全年預報技術

圖3顯示分別以1-12月為初始場預報第一季溫度、雨量與觀測場之統計顯著的相關係數格點百分比，X(Y)軸的紅色數字為TCWB2T2(TCWB2T1)的百分比而藍色數字為TCWB2T2(TCWB2T1)的全球格點相關係數的平均值，初始場的月份標示在圖上。圖3a和3b都顯示出相關係數和格點百分比都在對角線下方，表示TCWB2T2優於TCWB2T1，溫度的改進幅度(圖3a)明顯優於雨量(圖3b)。

四·東亞夏季季風指數預報能力

臺灣氣候屬於東亞與西北太平洋季風氣候系統，模式必須對季風系統有相當的預報能力才有機會產出可用的臺灣氣候變化預報。為評估模式系統的季風預報能力，本文採用了幾個季風指數。夏季季風指數有WPSHI (Wang et al., 2008年; Wang et al., 2001)、WYI(Webster and Yang, 1992)、西北太平洋副高指數(WPSH; Wang et al., 2013)，各指數定義分別是:WNPMI=U850(5-15°N,100-130°E)- U850(20-30°N, 110-140°E)，WYI=U850-U200 averaged over 0-20°N, 40°E-110°E，WPSH=H850(15°N-25°N, 115°E-150°E)

的6至8月(JJA)平均值。

在計算季風指數之前，先檢視預報系統對於定義季風指數的變數場量的預報能力。圖4顯示TCWB2T2和TCWB2T1以5月為初始值預報第一季H850、U850、U200與觀測分析場距平值的相關係數空間分佈圖，圖中看到對於H850 TCWB2T2高相關區域優於TCWB2T1，相關係數較高的區域集中在赤道東太平洋、西太平洋以及東亞地區。但在U850與U200的預報表現(圖4c-f)則是TCWB2T2與TCWB2T1差異不大，U850的顯著相關出現在太平洋上，U200的顯著相關區域則以低緯度的熱帶和副熱帶區域為主。

圖5顯示TCWB2T2、TCWB2T1以5月為預報初始場的WNPMI、WYI與WPSH指數第一季預報與觀測分析場的相關係數值與預報技術得分(GSS, Gerrity Skill Score)分佈圖，並且以CFSR觀測分析場代表完美模式(perfect model)預報。CFSR的計算結果顯示WPMI與WPSH指數的相關係數達0.99，表示CFSR與ERAinterim差異很小，但是WYI的相關係數僅有0.69，GSS也不高(0.32)，代表CFSR和ERAinterim對於垂直風切變化的掌握不盡相同，從U200的相關係數(圖略)也看到兩者在中、高緯度差異明顯。TCWB2T2模擬結果呈現出WPSH與WYI指數都優於TCWB2T1(圖5)。

五·東亞冬季季風指數預報能力

冬季季風採用了SMH(Chang and Lu, 2012)、LY(Li and Yang, 2010)與NPI(Trenberth and Hurrell 1994)三個指數，各個指數定義如下：

SMH指數: $SMH=SLP(40-60^{\circ}N,70-120^{\circ}E)$ ，LY指數:

$$LY = \left\{ \begin{array}{l} \left[U_{200}(30^{\circ}-35^{\circ}N,90^{\circ}-160^{\circ}E) - \right. \\ \left. U_{200}(50^{\circ}-60^{\circ}N,70^{\circ}-170^{\circ}E) \right] + \\ \left[U_{200}(30^{\circ}-35^{\circ}N,90^{\circ}-160^{\circ}E) - \right. \\ \left. U_{200}(5^{\circ}S-10^{\circ}N,90^{\circ}-160^{\circ}E) \right] \end{array} \right\} \times 0.5$$

NPI指數: $NPI=SLP(30-65^{\circ}N,160^{\circ}E-140^{\circ}W)$

圖6顯示TCWB2T2和TCWB2T1以11月為初始值的第一季預報與觀測分析場的SLP、U200、V200距平相關係數空間分佈圖，圖中明顯看到TCWB2T2模擬SLP高相關的東太平洋、北太平洋區域明顯優於

TCWB2T1，但兩個模式在U200與V200的表現相似，高相關區域只在太平洋區域。

圖7顯示CFSR、TCWB2T2、TCWB2T1以11月為初始場的第一季預報與觀測分析場在SMH、LY與NPI指數的相關係數與GSS得分值。從CFSR和ERAinterm計算的三個指數的相關係數高達0.99。而在模式表現方面，TCWB2T2模擬的三個冬季季風指數都明顯優於TCWB2T1。

六· 結論與討論

本文討論了氣象局第一代(TCWB2T1)與第二代(TCWB2T2)二步法短期氣候預報系統的夏季、冬季、全年預報技術以及東亞與西北太平洋季風指數的預報評比結果，發現TCWB2T2明顯優於TCWB2T1，並以溫度預報的改進最明顯。在風場方面並沒有發現TCWB2T2的預報表現明顯優於TCWB2T1。

七· 參考文獻

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。

Li Y., and S. Yang, 2010: A dynamical index for the East Asian winter monsoon. *J. Climate*, **23**, 4255–4262.

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.

Wang, B., and LinHo, 2002: Rainy Season of the Asian–Pacific Summer Monsoon. *J. Climate*, **15**, 386–398.

Wang, B., Xiang, B., and Lee, J. Y., 2013: Subtropical High predictability establishes a promising way for monsoon and tropical storm predictions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **110**, 2718–2722.

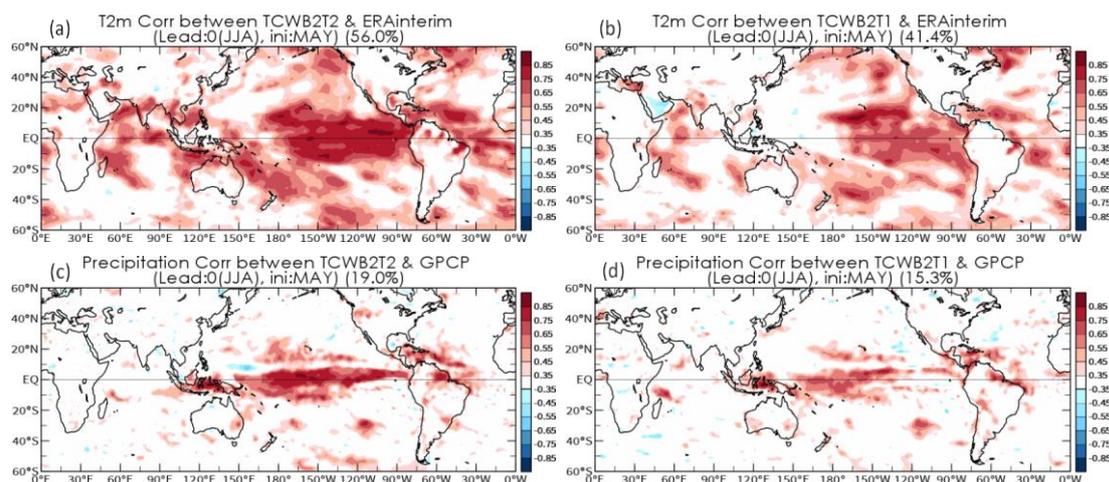


圖 1. TCWB2T1(左)、TCWB2T2(右)以初初始場 5 月預報第一季(JJA)溫度(a,b)、雨量(c,d)分別與觀測值之距平相關係數分佈圖，圖中 X 軸代表經度，Y 軸代表緯度，圖中只顯示相關係數值有達 95%的統計檢定，右上角數字代表全球多少的網格點數百分比通過 95%的統計檢定。

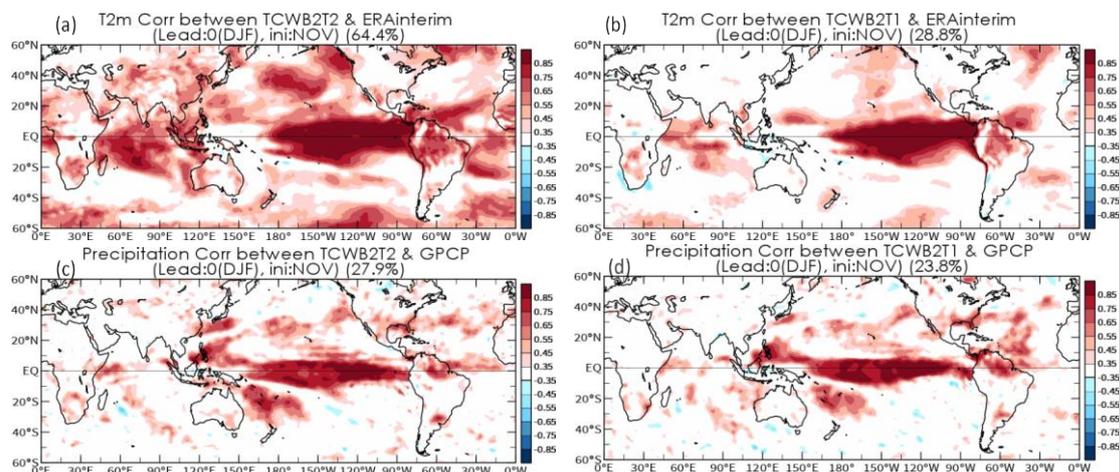


圖 2. 同圖 1，但為初初始場 11 月預報第一季(DJF)溫度、雨量與觀測值之距平相關係數分佈圖。

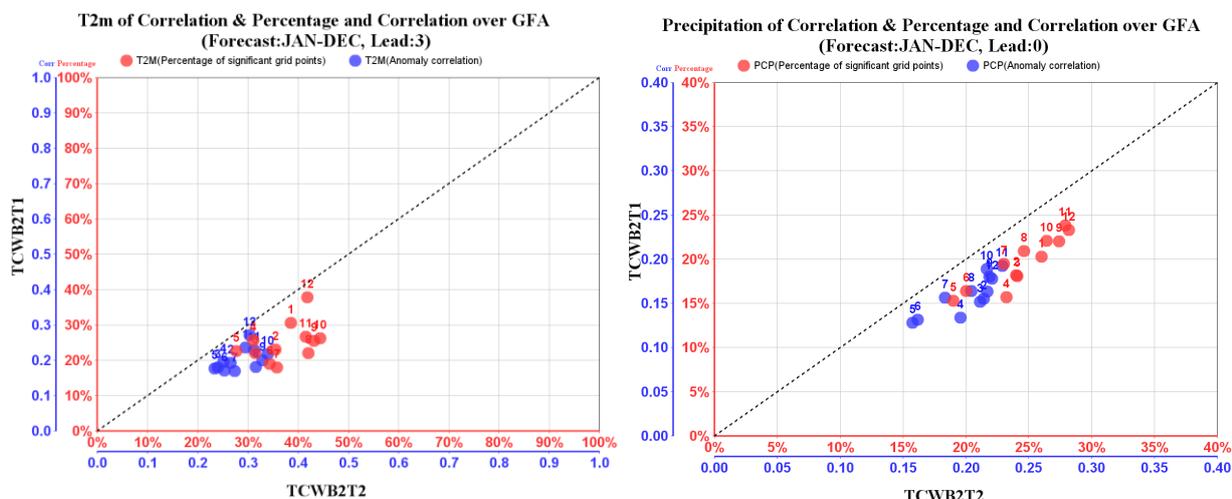


圖 3. 初始場 1-12 個月預報第一季溫度(左圖)、雨量(右圖)與觀測場之距平相關係數所得到之全球統計顯著性之網格點數百分比數值以及全球空間平均相關係數值，圖中 X 軸代表 TCWB2T2，Y 軸代表 TCWB2T1。

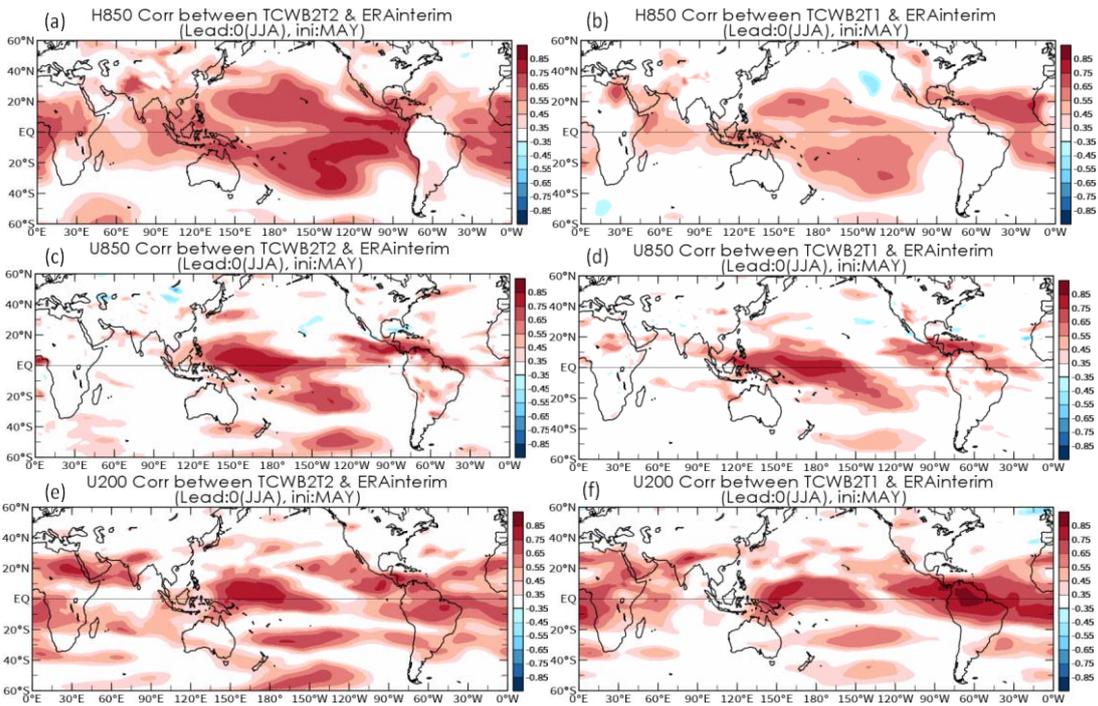


圖4. TCWB2T1(左)、TCWB2T2(右)以初初始場5月預報第一季(JJA)H850(a,b)、U850(c,d)、U200(e,f)分別與觀測值之距平相關係數分佈圖，圖中X軸代表經度，Y軸代表緯度，圖中只顯示相關係數值有達95%的統計檢定。

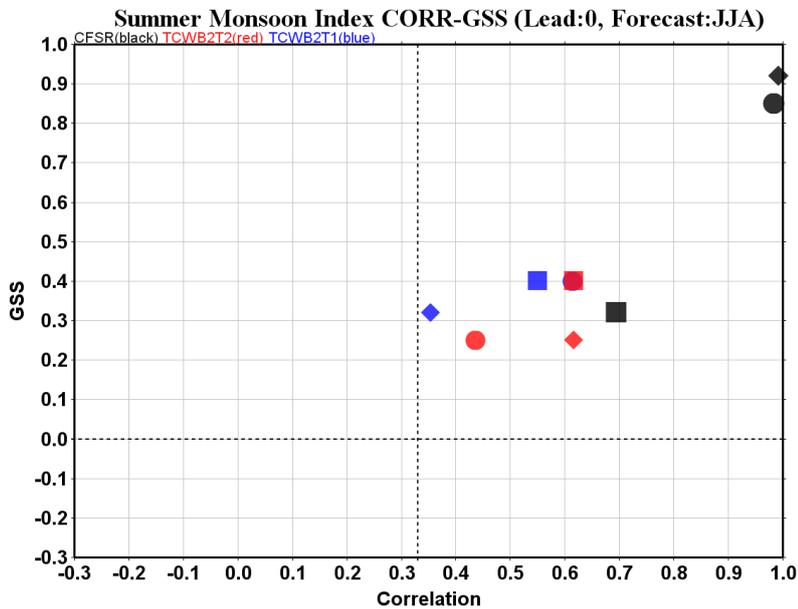


圖5. TCWB2T2和TCWB2T1以11月為初始值預報第一季WNPMI(●)、WYI(■)、WPSH(◆)指數與觀測值之相關係數與GSS分佈圖，圖中X軸代表相關係數值，Y軸代表GSS值，圖中黑色代表CFSR、紅色代表TCWB2T2、藍色代表TCWB2T1，圖中點線代表若相關係數值與GSS值大於此數值則具有的預報技術。

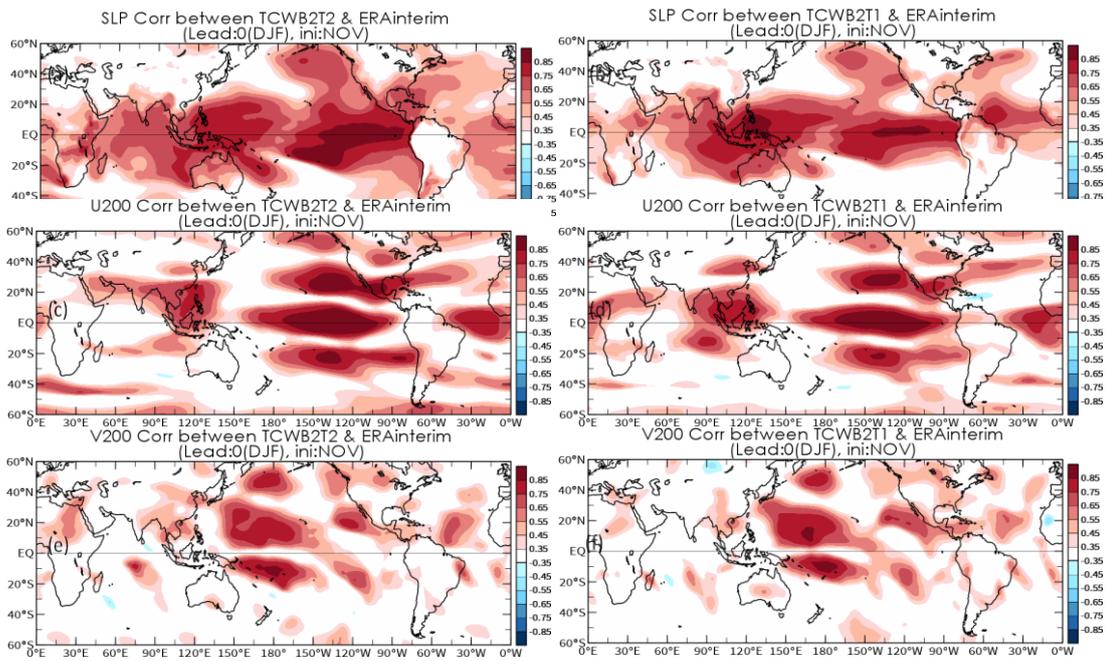


圖6. 同圖5，但為初初始場11月預報第一季(JJA)SLP(a,b)、U200(c,d)、V200(e,f)與觀測值之距平相關係數分佈圖。

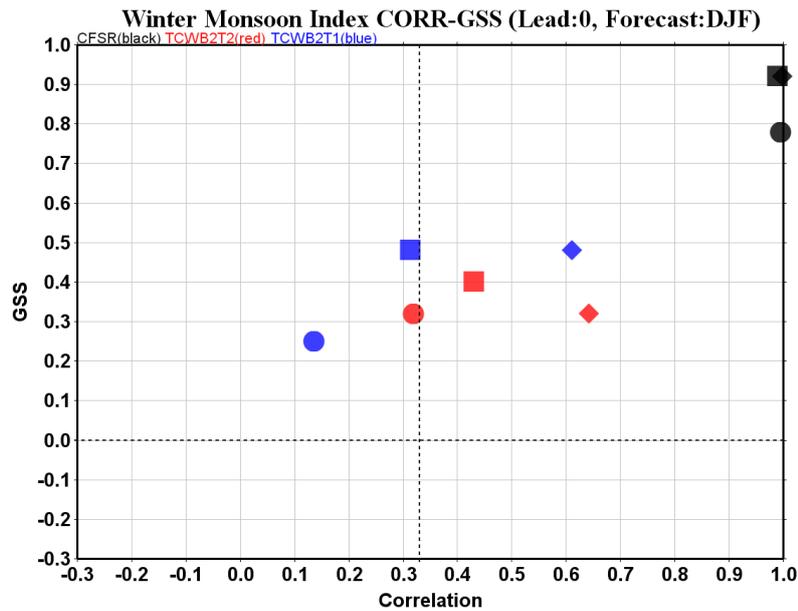


圖7. 同圖6，但為11月為初始值預報第一季SMH(●)、LY(■)、NPI(◆)指數與觀測值之相關係數與GSS分佈圖。