

氣象局氣候模式在季內尺度下的預報能力評估

李清騰、林昀靜、李思瑩、張庭槐、陳建河

Ching-Teng Lee¹, Yun-Ching Lin¹, Szu-Ying Lee¹, Ting-Huai Chang¹, Jen-Her Chen²

中央氣象局科技中心¹、中央氣象局資訊中心²

摘要

目前中央氣象局已有兩種氣候模式預報系統，分別是第二代二步法氣候模式(TCWB2T2)與第一代海氣耦合模式(TCWB1T1.1)的預報系統，本文將針對此兩組氣候模式加上美國氣象局環境預測中心(NCEP_EMG)的全球模式(GEFS)來評估模式在季內尺度(周尺度)下的雨量、溫度以及環流場的預報能力，研究結果顯示，溫度比降水有更高的技術得分，冬季比夏季有較好的預報能力。全球溫度在前二周都具有預報技術，但全球雨量具無預報技術，環流場在領先第一周都具有預報技術，領先第2-4周具只剩下低層風場(U850, V850)有預報能力。

關鍵字: 氣候模式、季內尺度、預報技術

一．前言

氣象局在「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」(2010~2015年)建置完成氣象局第二版二步法預測系統(TCWB2T2)與第一版一步法預測系統(TCWB1T1.0)。隨後氣象局在「氣象資訊之智慧應用服務計畫」(2016-2019年)建置完成新一代第二版一步法氣候預測系統(TCWB1T1.1)。

TCWB2T2 主要是以二步法架構的短期氣候預報系統，也就是先用統計與數值動力方法計算全球海表面溫度預測值，再以此海溫預測值作為全球數值動力模式的大氣下邊界條件進行7個月天氣預測，產出的預測資料經過統計運算處理成短期氣候預測產品。TCWB2T2 與 TCWB2T1.1 使用的數值預報模式最大差別在於全球天氣預報數值模式的更新和降低因預報初始場資料不一致而產生的預報誤差。

TCWB1T1.1 跟 TCWB1T1.0 主要差別在於物理參數化設定的不同，模式下邊界海陸格點處理的方法修正，整體模式動力架構的處理，模式初始場的誤差修

正以及模式氣候場隨時間更新，此 TCWB1T1.1 大幅改善 TCWB1T1.0 的誤差，並且提高整體的預報技術得分。

本文將針對 TCWB2T2 與 TCWB1T1.1，來評估氣候模式在季內尺度的預報表現，同時，也下載了 Subseasonal Experiment (SubX)計畫中的 EMC_GEFS 模式來一起加入評估。

二．海氣耦合模式簡介

中央氣象局所發展之一步法海氣耦合模式，大氣模式採用氣象局所發展之全球模式；海洋模式則是採用 GFDL 的 Module Ocean Model version 3(MOM3)模式。大氣和海洋模式一天耦合一次，海洋模式會藉由海面溫度會影響大氣模式，大氣模式也會藉由各種 heat flux 和 wind stress 影響海洋模式，大氣海洋交互作用的處理方式更符合實際狀況。

此大氣模式為 T119 之波譜模式，其東西方向水平解析度約為經度 1 度，南北方向之解析度依緯度而有所差異，垂直方向 40 層。模式使用物理參數法包括積

雲參數法為 New Simplified Arakawa-Schubert scheme, Noah 4 層土壤模式, 非局部邊界層參數法, 淺積雲參數法, 雲水預報決定網格尺度降水參數法, 重力波拖曳參數法及輻射參數法。大氣模式積分一天, 提供所預報之 momentum flux, sensible heat flux, latent heat flux, precipitation, solar radiation, long-wave radiation 等資訊給海洋模式使用。

海洋模式為 GFDL 的 Module Ocean Model version 3(MOM3)模式。其東西方向有 360 個格點, 南北方向為 202 個格點, 預報範圍限於南緯 70 度至北緯 60 度之間的海洋。海洋模式垂直 40 層, 最底層約在 5200 公尺。預報變數包括海流速度、海水溫度與鹽度, 採 c.g.s 制。海洋模式預報海面溫度, 當大氣模式之下邊界。因受限於預報範圍, 在南緯 70 度以南及北緯 60 度以南地區的海面溫度則用 OISSTv2 海面溫度之 30 年日平均資料來給定。

大氣模式初始資料採用 CFSR 之分析資料。海洋模式的初始資料由 NCEP MOM3 之分析資料內插而來。大氣模式預報一天後, 提供大氣預報資料給海洋模式, 海洋模式預報一天後, 提供海面溫度預報資料給大氣模式, 如此反覆, 可進行長時間積分。

本文主要針對現行作業化版本(R54), 修正物理參數化設定, 下邊界海陸格點處理方法, 模式動力架構、模式初始場與氣候場的改善, 新修改完後的版本簡稱 R60, 表 1 代表詳細的修改方法, 在物理參數化方面是採用不同的相對溼度門檻值設定, 除了最大最小值的差異外, 還有分布的不同以及海陸差異。下邊界則是海洋模式將海溫內插回大氣模式時, 兩個模式海點跟陸點差異, 會造成海溫誤差, 海陸格點修正方法能減少在海洋大陸區域的海溫誤差。動力部分則是在處理水平擴散時, 會將預報值透過細數調整向參考值接近, 若將參考值從參考大氣換成前一個預報時間, 會大幅減少預報值與參考值的差異。初始場與氣候場則是會隨著時間進行更新。

三．觀測資料與模式資料

大尺度環流場所使用的觀測資料為 ERA Interim (Berrisford, 2011)資料, 資料格點數為 480x241, 空間解析度為 0.75 度。全球雨量觀測場資料則是使用 NOAA CPC Morphing Technique (CMORPH; Joyce et al., 2004), 資料格點數都為 1440x480 格點數, 空間解析度為 0.25 度。海平面溫度則為 Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST-V5, Huang et al., 2017), 資料格點數為 180x89, 空間解析度為 2 度。

由於各個觀測場資料、模式預報資料解析度不相同, 所以此將觀測資料內插成模式的網格點數, 全球經緯向共 360x180 格點數(空間解析度為 1 度)的網格資料, 本文主要針對歷史預報期間(1995-2015 年)分析模式的季內尺度預報能力。

四．雨量、溫度預報技術得分評估

圖 1 顯示冬季期間(DJF) EMC、TCWB2T2 與 TCWB1T1.1 模式領先 1-4 周預報全球雨量與觀測場(CMORPH)之距平相關係數分佈圖, 圖中只顯示相關係數值達 95%的統計顯著性, 相關係數值為 0.2, 右上角數字代表全球有多少網格點的相關係數值大於 0.2 與大於 0.5 的百分比數值。圖中可明顯看到在領先第 1 周的預報結果中, 最高相關係數值集中在赤道太平洋區域, 其它海洋上如北太平洋、南太平洋、印度洋、大西洋都有預報能力, 但陸地上雨量的相關係數值明顯偏低, 整體的相關係數值大於 0.5 佔全球網格點比例在 EMC 模式有 32.9%、TCWB2T2 為 11.5%、TCWB1T1.1 是 9.7%。隨著領先預報時間拉長(領先第 2 至第 4 周), 相關係數值明顯降低許多。

圖 2 顯示冬季(DJF) EMC、TCWB2T2 與 TCWB1T1.1 模式領先 1-4 周預報全球溫度(T2M)與觀測場(ERA-interim)之距平相關係數分佈圖, 圖中看到領先第 1 周的預報結果中, 無論是哪個模式都有高達 0.95 以上的高相關係數值, 但在赤道西太平洋與印度洋的相關係數較低, 整體的相關係數值大於 0.5 佔全球網格比例都有 90%以上, 代表領先第 1 周的溫度預

報有很高的預報能力。隨著領先預報時間拉長，第 2 周仍有高達 75% 以上的全球網格點數大於 0.5 的相關係數值，但到了第 3 與第 4 周，高相關係數值也只出現在赤道中、東太平洋區域，此時大於 0.5 的相關係數值之全球網格比例只剩下 20-40% 之間，顯示模式在領先第 3 周之後溫度預報能力明顯降低。其它季節的距平相關係數分佈圖均和冬季的結果相似，但冬季有最高的相關係數值，故本文不需多加討論。

為了進一步了解各模式彼此之間的差異，將冬季雨量、溫度的距平相關係數做全球平均，可得到相關係數值隨領先預報時間之時間序列圖（圖 3），圖中 X 軸為領先第 1 至第 4 周與第 3-4 周平均的結果，Y 軸則是距平相關係數值。可以看到氣象局兩組氣候模式的趨勢變化都和 EMC 的結果相似，但相關係數值則略小於 EMC 0.1 的數值，代表氣象局氣候模式的預報技術表現變化都和 EMC 類似，但預報技術得分略低

五．環流場預報技術得分評估

首先將全球分成五大區域，分別是 AF(0-50°E, 30°S-30°N) 、 IO(50°E-110°E, 30°S-30°N) 、 WP(110°E-180°E, 30°S-30°N) 、 EP(180°W-80°W, 30°S-30°N)、AO(80°W-0, 30°S-30°N)範圍，同時也加入臺灣地區(110-130°E,10-30°N)來看這幾個區域內各環流場的預報技術。由於五大區域的表現都相似，所以只顯示 EP 的預報結果，圖 4 顯示 EP 區域範圍內 EMC 模式、TCWB2T2 模式與 TCWB1T1.1 模式在不同季節(DJF, MA, MJ, JAS, ON)與不同變數(PRCP, T2M, SLP, H850, H500, H200, U850, V850, U200, V200)在領先第 1 周至第 4 周的相關係數分佈圖。預報第 1 周結果中，三組模式除了雨量之外，其它變數都有大於 0.5 的高相關，尤其是低層風場(U850, V850)的相關係數特高，而高層 H200 的相關係數較低，以 EMC 的結果來看 DJF 與 MA 季節的相關係數值高於其它季節，同樣的結果也可以在氣象局兩組模式看到。領先第 2 周的相關係數圖中，只剩下 T2M、低層風場(U850, V850)在五個季節中都有較其它變數有較

高相關係數值，而且此三個變數的較高相關係數值可延續到領先 4 周的預報結果，顯示出模式預報的 T2M 與 U850、V850 較其它變數有較高的預報能力，而模式表現出最差的預報能力則是雨量。

圖 5 顯示臺灣區域範圍內 EMC 模式、TCWB2T2 模式與 TCWB1T1.1 模式在不同季節與不同變數在領先第 1 周至第 4 周的相關係數分佈圖。在預報第 1 周，三組模式除了雨量之外，模式變數 SLP、H850、U850、V850 在 DJF 與 MA 季節的相關係數值都高於其它季節，甚至比 T2M 有較高的相關係數值。在領先第 2 周的相關係數圖中，只剩下 SLP、H850 與低層風場(U850, V850)仍保有較高相關係數值，但在領先第 3 周的預報結果中，只剩下 EMC 模式的低層風場仍有較高的相關係數值，領先第 4 周的預報結果中，模式預報結果的相關係數值明顯偏低，代表臺灣區域中只有低層風場的預報能力可以達到領先 3 周。

六．結論

本文使用 EMC_GEFS、TCWB2T2 與 TCWB1T1.1 來分析第 1 至第 4 周模式在季內的預報能力，分析得到，預報技術得分隨著領先預報時間增加而明顯減少，第 1 周有最好的預報能力，但第 2 周開始預報技術就明顯降低，模式表現出溫度比降水有更高的預報技術得分，冬季比夏季有較好的預報能力，最高相關係數值集中在赤道太平洋區域，陸地上的雨量預報能力明顯偏低。氣象局的兩組模式的預報能力表現的變化趨勢都和 EMC 的結果相似，但整體的相關係數值則略小於 0.1。

分析各環流場變數得到，在領先第 1 周的預報，三組模式除了雨量之外，其它變數都有大於 0.5 的高相關，尤其 U850, V850 的相關係數相較於其它變數有高的係數值，高層 H200 的相關係數偏低，DJF 與 MA 季節的相關係數值高於其它季節。而在領先第 2 至 4 周的結果中，只剩下 T2M、低層風場(U850, V850)有較高相關係數值，代表出模式預報的 T2M 與 U850、V850 較其它變數有較高的預報能力，未來可利用此變

數透過統計方法來增加臺灣區域的預報能力。

六·參考文獻

Berrisford, P., Dee, D., Poli, P., Brugge, R., Fielding, K., Fuentes, M., Källberg, P., Kobayashi, S., Uppala, S., Simmons, A., Oct. 2011. The ERA-Interim archive Version 2.0. ERA Report Series 1, ECMWF, Shinfield Park, Reading.

Joyce, R. J., J. E. Janowiak, P. A. Arkin, and P. Xie, 2004: CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and

infrared data at high spatial and temporal resolution.. J. Hydromet., 5, 487-503.

Huang, B., Peter W. Thorne, et. al, 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5), Upgrades, validations, and intercomparisons. J. Climate, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1

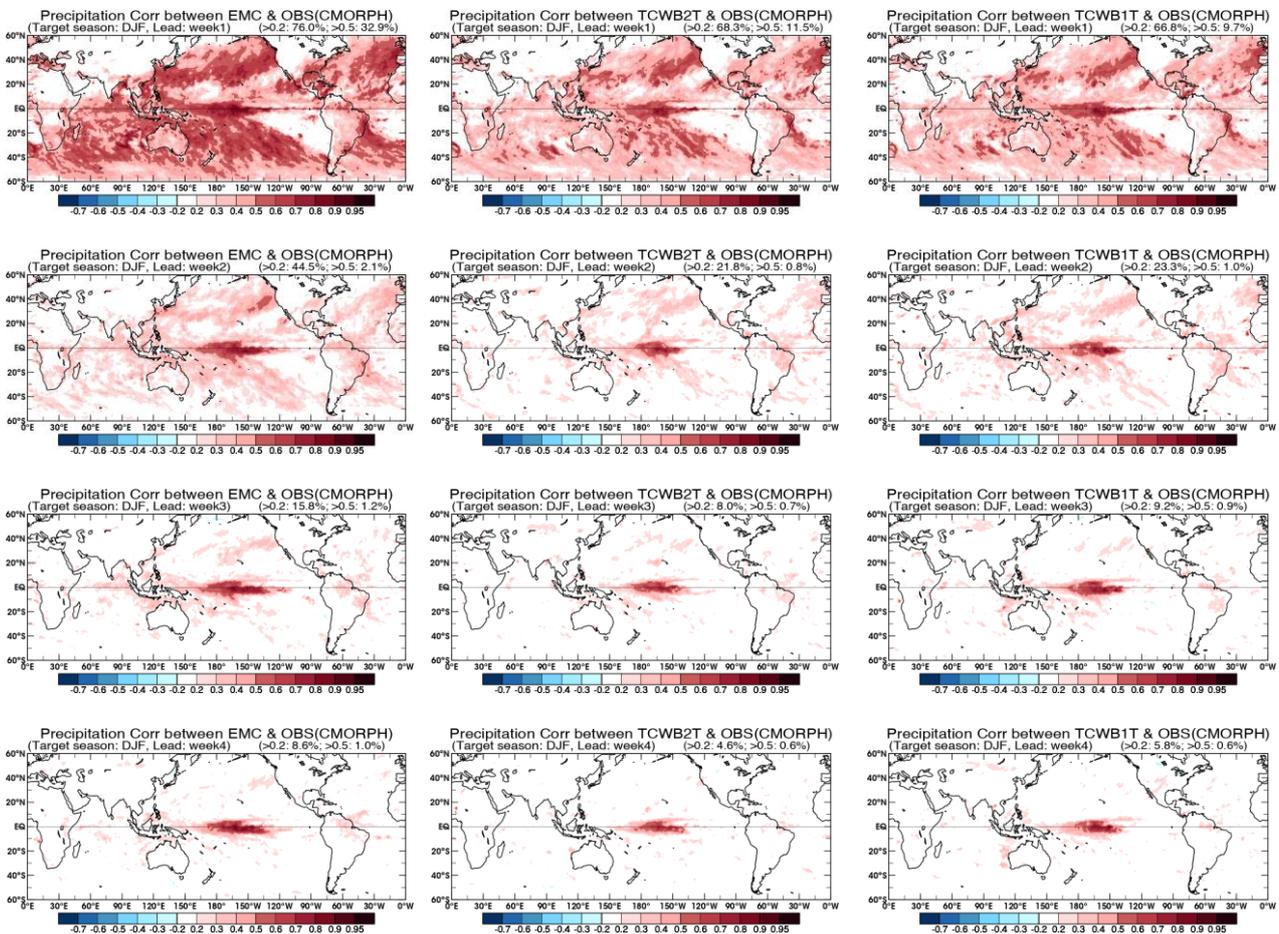


圖1. EMC(左圖)、TCWB2T2(中圖)、TCWB1T1.1(右圖)模式領先1-4周(由上而下)預報冬季DJF全球雨量與觀測場之距平相關係數分佈圖。圖中顏色部份代表相係數值有達95%的統計顯著性，右上角數字代表全球有多少網格點的相係數有大於0.2或0.5的百分比數值，X軸為經度、Y軸為緯度。

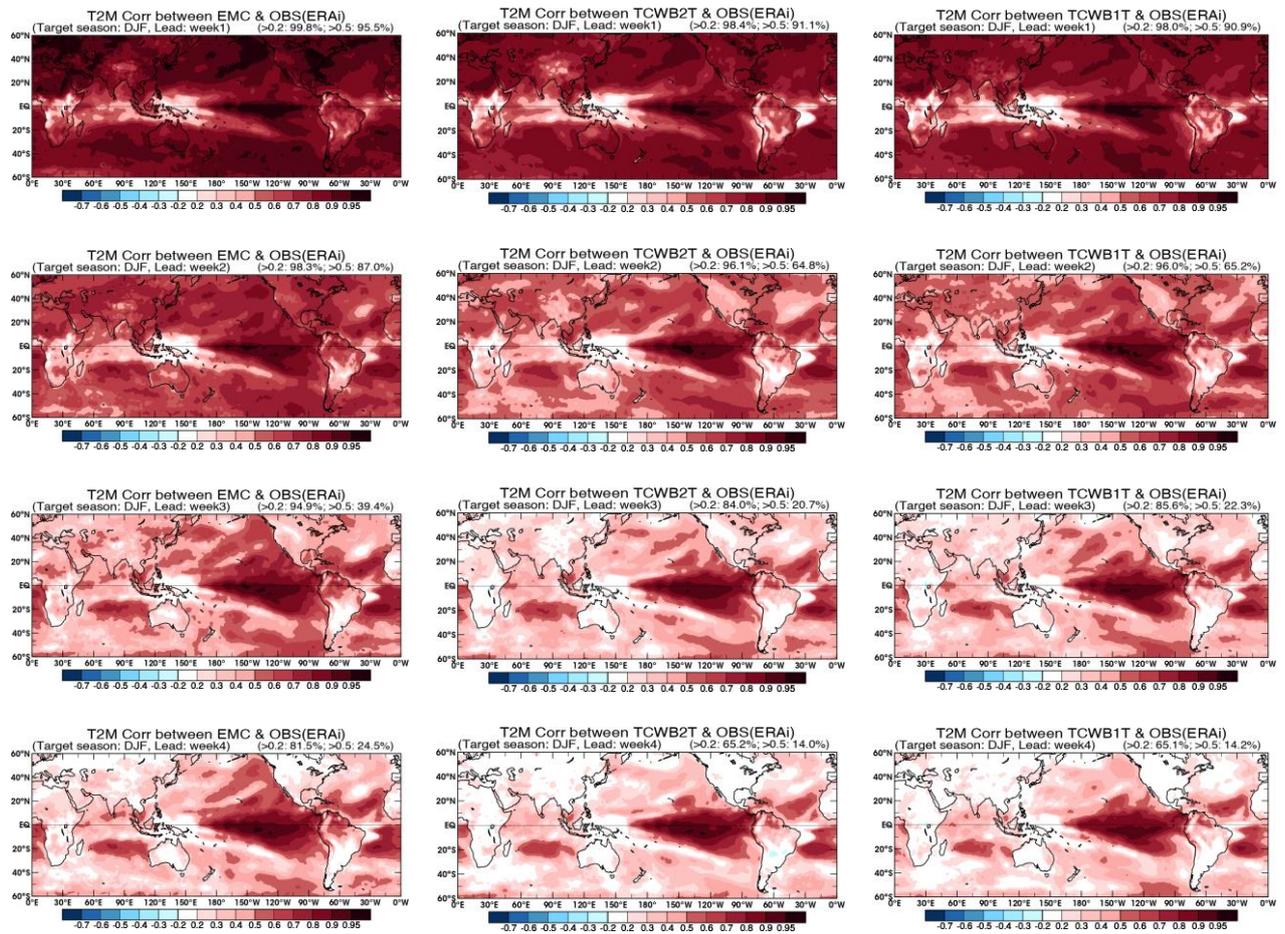


圖2. 同圖1，但為EMC(左圖)、TCWB2T2(中圖)、TCWB1T1.1(右圖)模式領先1-4周(由上而下)預報冬季DJF全球溫度與觀測場之距平相關係數分佈圖。

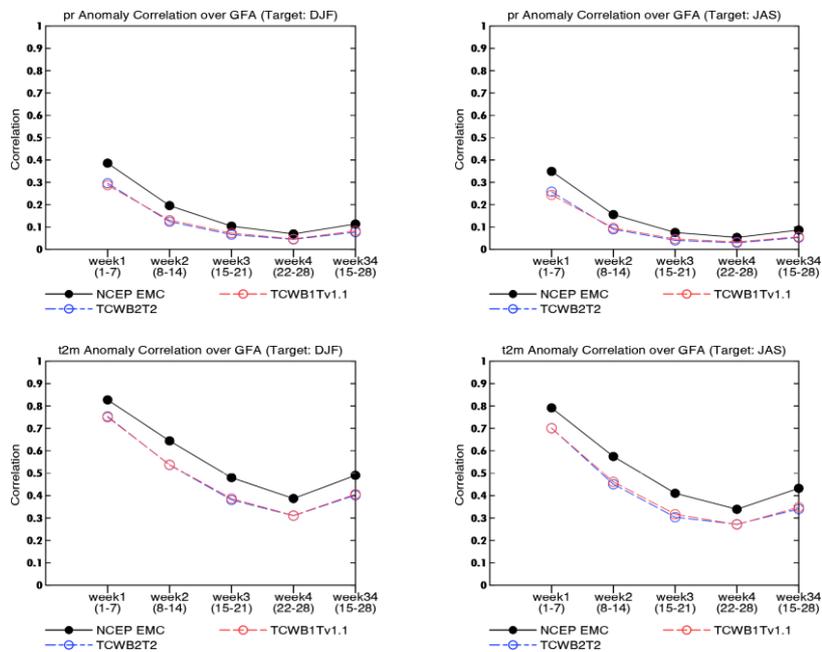


圖3. EMC模式(黑實線)、TCWB2T2(藍點線)、TCWB1Tv1.1(紅點線)領先1周預報冬季(左)、夏季(右)全球雨量(上圖)、溫度(下圖)隨領先時間之全球區域平均的相關係數時間序列圖。圖中X軸代表模式預報的領先時間、Y軸為距平相關係數值。

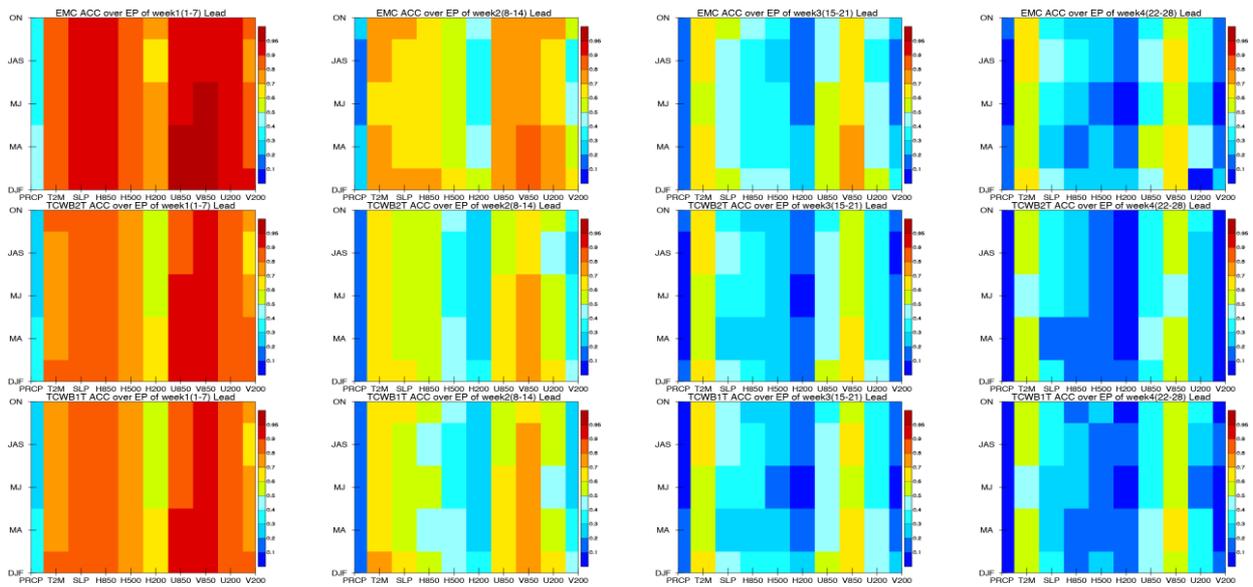


圖4. EMC模式(左)、TCWB2T2(中)、TCWB1Tv1.1(右)領先1-4周(由下至上)預報結果與觀測場在EP區域平均的距平相關係數分佈圖。圖中X軸代表模式的各個變數、Y軸為預報季節。

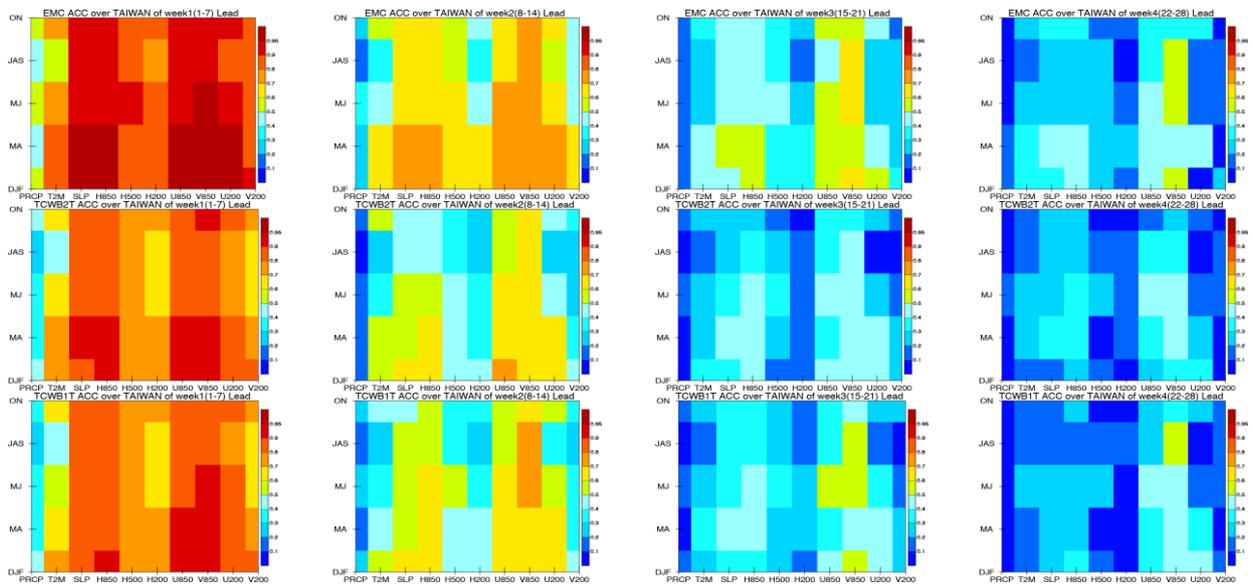


圖5. 同圖4，但為 EMC 模式(左)、TCWB2T2(中)、TCWB1Tv1.1(右)領先 1-4 周(由下至上)預報結果與觀測場在臺灣區域平均的距平相關係數分佈圖。