

# 氣象局第一代海氣偶合模式統計降尺度預報技術校驗

## Evaluation of Statistical Downscaling Forecast Skill with CWB One-Tier Forecast System

林昀靜、李清騰、張庭槐

中央氣象局氣象科技研究中心

### 摘要

目前氣象局的月與季作業化氣候預報系統中，為了作業需求以及提供更多模式預報的參考性，因此在此系統中亦加入了氣象局第一代海氣偶合模式(TCWB1T1)的預報產品。本研究針對氣象局第一代海氣偶合模式(TCWB1T1)也使用了直接內插統計降尺度法，將模式的預報結果降尺度到氣象局 16 個局屬測站，並評估此 16 個測站溫度、雨量的月與季降尺度預報效果。

## 1. 前言

臺灣是位於亞洲大陸與太平洋交會的副熱帶氣候區域，在氣候上主要是受到太平洋的暖濕氣流以及亞洲大陸的環流系統影響。為了因應氣候預報作業的需求，使用全球氣候模式的預報產品對臺灣各測站進行預報，會因為臺灣空間尺度小、而氣候模式的解析度太粗，無法將全球模式預報結果直接應用於臺灣地區，因此需採用降尺度的方式將大尺度的氣候變化訊息映射到小區域、甚至是測站尺度的氣候變化。

常用的降尺度法有動力降尺度及統計降尺度兩種。其中，動力降尺度是透過提高氣候模式的解析度，以獲得更高解析度的模式資料，一般是在全球氣候模式的預報之後再嵌套一層高解析度區域氣候模式的降尺度預報，以全球氣候模式的模擬結果做為區域氣候模式的邊界條件，藉由提高局部地區解析度的方法來掌握區域環流及降水特徵(蕭與莊，2008)。而統計降尺度方法是建立全球氣候模式資料與區域觀測資料間的統計關係，透過大尺度氣候狀態與區域的物理特徵來描述區域氣候的資訊(陳等，2014；李，2011)，無論是在預報因子或是降尺度方法的選擇上，應視需求選擇最適合的，但在預報因子的挑選上應選擇具有穩定統計關係的，也就是需要有夠長時間的資料來建立此關係，當觀測與模式間擁有穩定的統計關係，其降尺度的結果也越可信。

中央氣象局為因應短期氣候預報的需求發展了動力統計氣候預報系統，第二代二步法氣候預報系統(TCWB2T2)在 2016 年開始進行作業化的預報測試，並從 2017 年 4 月開始，此模式(TCWB2T2)的測站降尺度預報開始上線作業化。氣象局第一代海氣偶合模式(TCWB1T1)從 2018 年開始進行準作業系統之月與季預報，並從 2019 年 3 月開始提供此系統的測站降尺度預報作業。

本研究將針對氣象局第二代二步法氣候預報系統(TCWB2T2)以及第一代海氣偶合模式(TCWB1T1)，運用直接內插統計降尺度法到氣象局 16 個局屬測站的降尺度預報結果，評估此 16 個測站溫度、雨量在事後預報期間及預報期的月與季降尺度預報效果。

## 2. 資料

### 2.1 模式資料

本研究所使用氣象局第二代二步法氣候預報系統(TCWB2T2)包含 4 組模式(兩組海溫模式 CFSv2 及 OPG2.0 加上兩組大氣模式 CWB-GAMT119L40 及 ECHAM5-GAMT42L19)的模式預報輸出資料。由於 ECHAM5 的兩組模式輸出解析度較粗，因此在做降尺度之前，先將此組模式內插到 T119 的解析度，與 CWB 的兩組模式相同，以方便後續的降尺度分析。

氣象局第一代海氣偶合模式(TCWB1T1)中的大氣模式是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。

由於模式是每天執行月與季預報輸出，為了配合作業化的預報時程，因此用來做降尺度的預報輸出場為當月 15 號以前的 30 天，例如：採用 5 月份為初始月份的模式輸出資料，所選用的模式輸出場就是 4/16-5/15 這 30 天的模式預報結果，將這 30 天的結果當作不同的系集個數(members)。每個系集個數都對分別進行 6 個月的降尺度預報；另外，為評估季節的降尺度預報能力，將大尺度的月平均資料進行三個月的季節平均，因此在季節的部份會有未來 4 個季的降尺度預報。

因為採用的降尺度方法為直接內插法，因此所選用的大尺度預報場：在溫度為 2 米氣溫(T2M)，雨量為降雨量(PCP)。

## 2.2 測站資料

測站資料使用氣象局 16 個局屬測站(不包含山區及外島測站，有淡水、臺北、基隆、花蓮、蘇澳、宜蘭、臺南、高雄、嘉義、臺中、大武、新竹、恆春、成功、臺東、梧棲)之月平均降水和溫度數據，時間長度為 1982-2011 年。為了建立降尺度季節預報，因此將測站資料也進行計算三個月的季節平均。

## 3. 統計降尺度方法介紹

直接內插法是最簡單的內插方法，此方法在統計上的誤差小，可以減小因為預報因子的挑選、統計計算方式等所帶來的誤差。不過此方法所有的預報能力都是來自全球預報模式，如果全球預報模式不能準確掌握大尺度環境場的變異，就不能掌握伴隨大尺度變化的臺灣小尺度變異。因此直接內插法是所有降尺度預報方法的最低門檻，也可用來作為估計預報技術高下的參考。

直接內插降尺度法就是用每個測站臨近的四個網格點資料內插到所要推估的目標測站，根據每個網格

點與目標測站間的距離，以距離平方反比法計算各網格點所對應的權重，當距離越近其權重就越大。

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^k Z_i \frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{d_i^2}}$$

其中， $Z_0$  是要內插的目標測站點， $Z_i$  是臨近的網格點資料， $d_i$  是目標測站點  $Z_0$  與網格點  $Z_i$  間的距離，因為本研究採用的是臨近的 4 個網格點，因此  $k = 4$ 。

距離的計算方式為

$$d = \cos^{-1}(\cos(a1) * \cos(b1) * \cos(a2) * \cos(b2) + \cos(a1) * \sin(b1) * \cos(a2) * \sin(b2) + \sin(a1) * \sin(a2) * r)$$

假設要計算距離的兩點的經緯度座標為  $(x1, y1)$ 、 $(x2, y2)$ ，先將經緯度座標轉換成弧度後再代入上述的公式中計算距離  $d$ 。其中  $r$  為地球半徑 6378km。

$$a1 = y1 * 2.0 * \pi / 360 \quad b1 = x1 * 2.0 * \pi / 360$$

$$a2 = y2 * 2.0 * \pi / 360 \quad b2 = x2 * 2.0 * \pi / 360$$

## 4. 降尺度預報技術評估

### 4.1 預報技術得分 Gerrity Skill Score

對於預報結果的校驗，常用的決定性預報校驗方法為 Gerrity Skill Score (GSS)。其計算公式如下：

$$GSS = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k P_{ij} S_{ij}$$

其中， $i$  為觀測分類的組數，(如將資料做三分類，偏高、正常與偏少，則  $i=3$ )， $j$  為預報分類的組數，通常  $i$  與  $j$  會相等， $P_{ij}$  為各分類的命中機率， $S_{ij}$  為得分矩陣。得分矩陣  $S_{ij}$  的計算如下：

$$S_{ii} = \frac{1}{2} \left( \sum_{r=1}^{i-1} a_r^{-1} + \sum_{r=i}^2 a_r \right)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \sum_{r=1}^{i-1} a_r^{-1} - (j-i) + \sum_{r=j}^2 a_r \right); 1 \leq i < 3, i < j \leq 3$$

$$\text{其中, } a_i = \frac{1 - \sum_{r=1}^i P_r}{\sum_{r=1}^i P_r}$$

乘上此得分矩陣  $S_{ij}$  的意義是透過得分矩陣對於命中或未命中的情況，依據模式預報結果與實際觀測結果給予加分或減分，例如實際觀測的類別是屬於偏少，若預報也為偏少類別，則給予較大的加分，但預報若屬正常或偏高類別則給予減分，又由於偏高是屬於完全相反的預報類別，因此給予較大的減分，而對於正常類別則是給予較小加減分。

最完美的預報得分  $GSS=1$ ，即完全命中，而  $GSS=0$  則表示無預報技術， $GSS$  值若小於 0，則表示其預報技術低於隨機預報。

#### 4.2 預報技術校驗

事後預報期間(以 1982-2011 年 1-12 月為初始場)TCWB2T2 與 TCWB1T1 的降尺度預報技術以  $GSS$  來評估。從溫度的測站降尺度月預報結果來看(如圖 1 所示)，圖 1 為 16 個測站的溫度月降尺度預報的預報技術(根據 16 個測站的平均  $GSS$  所計算)，不同顏色代表不同的初始月份在不同領先月份的預報技術得分，圖(a)為 TCWB2T2 降尺度的預報技術，圖(b)為 TCWB1T1 的預報技術得分。圖 2 與圖 1 同，只是是雨量月降尺度的預報技術在不同月份的分布情形。從這 12 個初始月份的月降尺度測站平均的預報技術得分來看，無論是用哪一種降尺度方法，溫度的月降尺度預報在 5、7-8、2 月的預報技術都不錯，雨量則是在 3 月及 10 月的預報技術較其它月份高。因此得知在某些特定月份的預報技術類似，顯示出本研究的降尺度預報技術得分與降尺度的目標月份間的關係不錯。

圖 3、圖 4 是溫度、雨量的降尺度季預報到 16 個測站的平均預報技術得分，說明與圖 1、圖 2 同。從圖中可看出 TCWB2T2 在秋季(SON、OND)溫度的預報技術偏低，而 TCWB1T1 對於溫度的降尺度季預報

則是全年的表現都不錯；雨量則是在 8-10 月以及 1-3 月這兩個季有不錯的預報技術。

在預報期間(以 2012-2017 年 1-12 月為初始場)TCWB2T2 與 TCWB1T1 的降尺度預報技術以三分類的命中率來計算。溫度的測站降尺度月預報命中率如圖 5 所示(根據 16 個測站的平均命中率所計算)，TCWB1T1 的命中率比 TCWB2T2 稍高，且在 6 月份的表現較佳。雨量的測站降尺度月預報命中率則是兩組模式的表現都差不多(如圖 6 所示)。在溫度的測站降尺度季預報命中率在夏季明顯的 TCWB1T1 比 TCWB2T2 高出許多(如圖 7 所示)，而在雨量的部分則是兩組模式的表現也都差不多(如圖 8 所示)。

## 5. 結論

根據氣象局第二代二步法氣候預報系統(TCWB2T2)以及第一代海氣耦合模式(TCWB1T1)，運用直接內插統計降尺度法到氣象局 16 個局屬測站的溫度、雨量降尺度預報技術校驗，在事後預報期間(以 1982-2011 年 1-12 月為初始場)TCWB1T1 與 TCWB2T2 的整體預報技術表現差不多，但溫度的降尺度預報技術得分以 TCWB1T1 稍高一些。在預報期(以 2012-2017 年 1-12 月為初始場)的降尺度預報技術，溫度的預報技術比雨量少好，溫度又以夏天的表現較佳。比較兩種模式在預報期的表現，在雨量部分兩種模式的表現差不多，但在溫度的預報技術則是 TCWB1T1 比 TCWB2T2 稍好。

目前氣象局的月與季測站降尺度預報，TCWB2T2 從 2017 年 4 月開始上線作業，TCWB1T1 在 2019 年 3 月起也開始上線作業，這兩組模式每個月定期產出測站溫度、雨量的月與季降尺度預報，並提供此預報產品給相關單位參考。

## 6. 參考文獻

李柏宏，2011：適用於推估臺灣日均溫度之統計降尺度方法。氣象學報，48(3)，59-71。

陳正達、朱容練、許晃雄、盧孟明、隋中興、周佳、翁叔平、陳昭銘、林傳堯、鄭兆尊、吳宜昭、卓

盈旻、陳重功、張雅茹、林士堯、林修立、童裕翔、楊承道，2014：臺灣氣候變遷推估研究。大氣科學，42(3)，207-252。

蕭志惠、莊穎睿，2008：臺灣地區氣候特徵之動力模式模擬與預報。天氣分析與預報研討會論文集編，303-308。

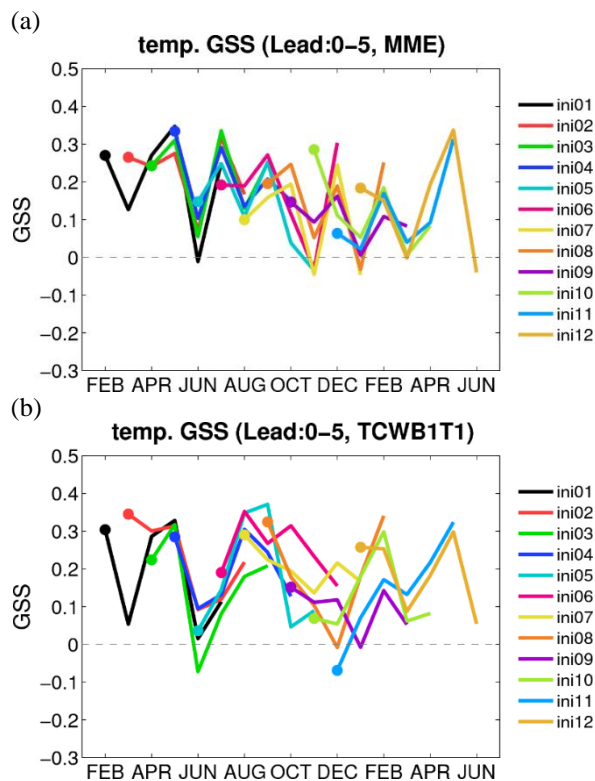


圖 1 事後預報期間以 1-12 月為初始月份測站溫度的月降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

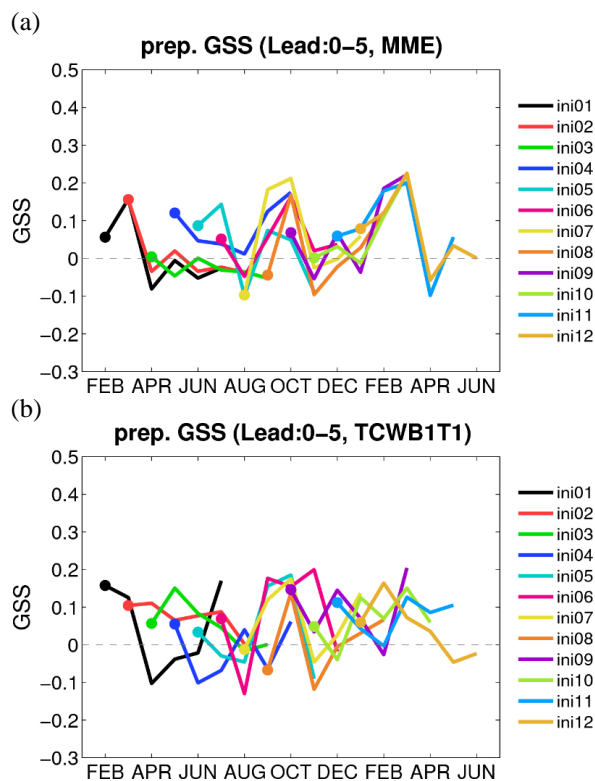


圖 2 事後預報期間以 1-12 月為初始月份測站雨量的月降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

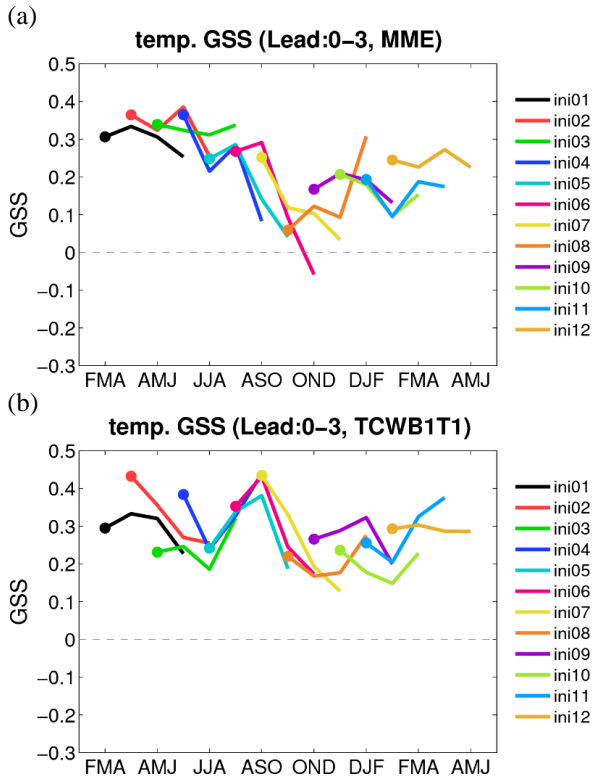


圖 3 事後預報期間以 1-12 月為初始月份測站溫度的季降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

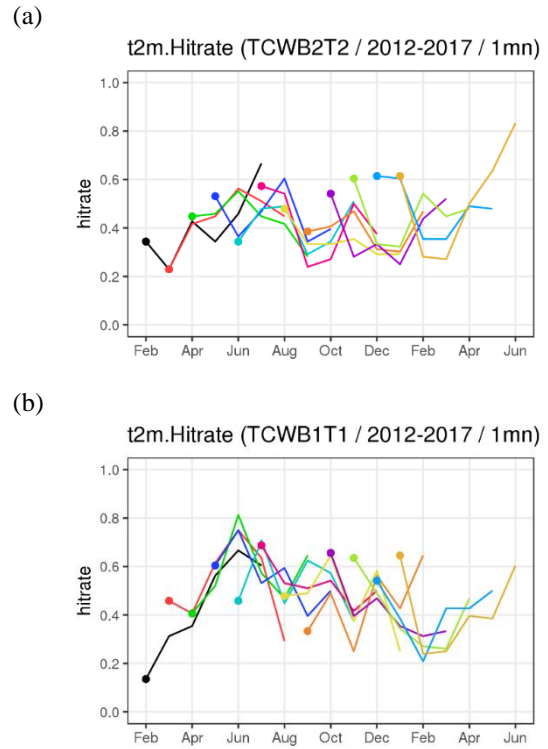


圖 5 預報期間以 1-12 月為初始月份測站溫度的月降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

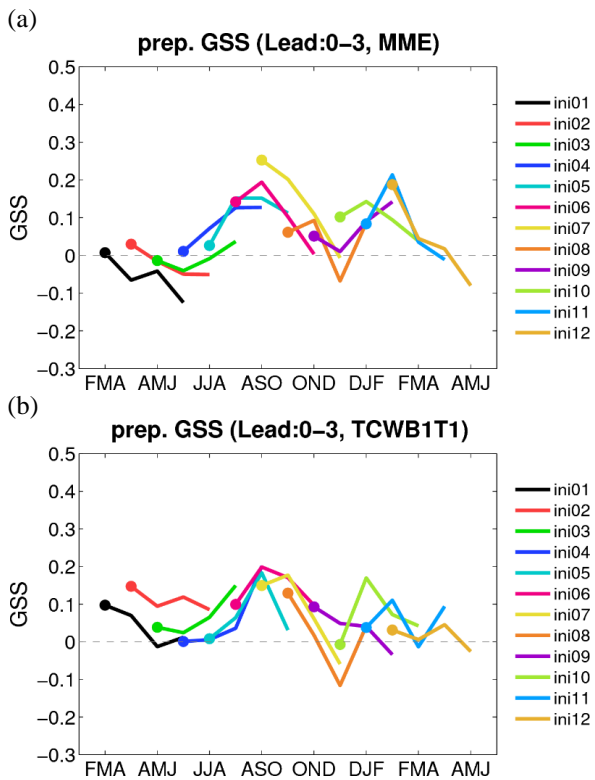


圖 4 事後預報期間以 1-12 月為初始月份測站雨量的季降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

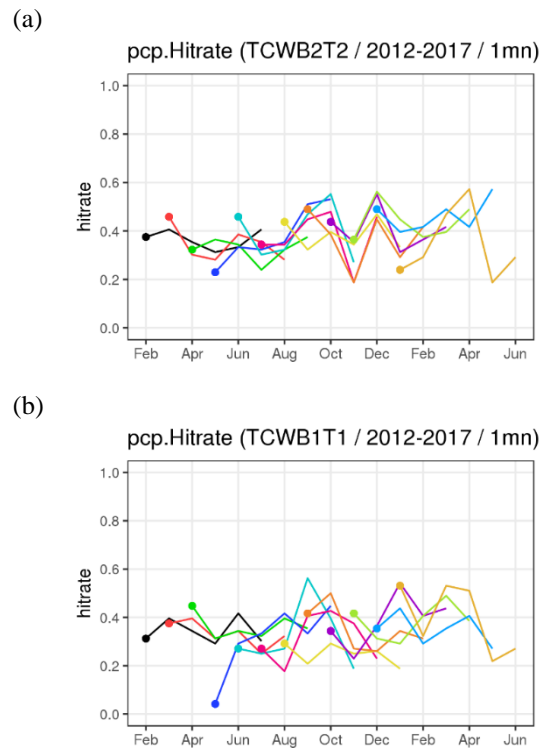
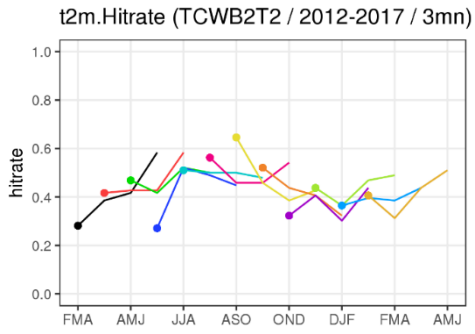


圖 6 預報期間以 1-12 月為初始月份測站雨量的月降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

(a)



(b)

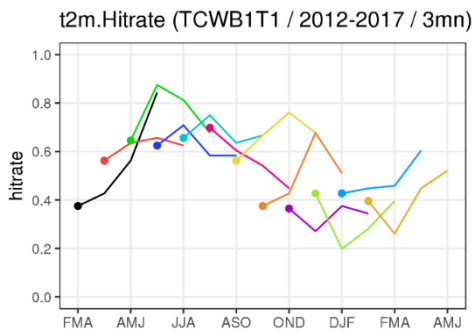
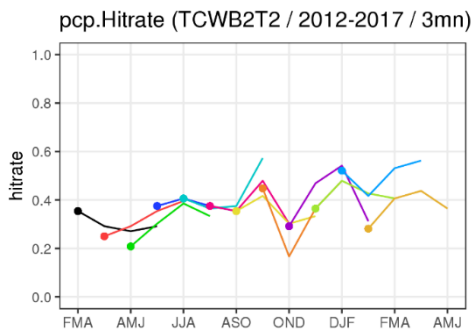


圖 7 預報期間以 1-12 月為初始月份測站溫度的季降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。

(a)



(b)

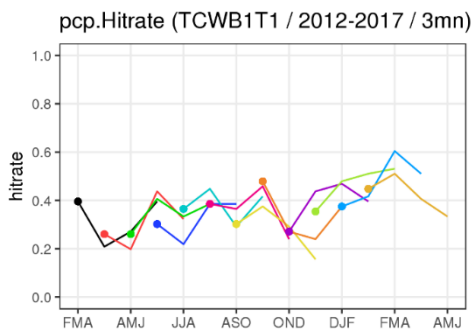


圖 8 預報期間以 1-12 月為初始月份測站雨量的季降尺度平均預報技術得分 GSS。(a)為 TCWB2T2，(b)為 TCWB1T1。