

運用氣象局新一代海氣耦合模式發展測站及水庫集水區 統計降尺度預報系統

Using TCWB1T1.1 Develop Stations and Reservoir Watershed Statistical Downscaling Forecast System

林昀靜、李清騰、李思瑩、張庭槐

Yun-Ching Lin, Ching-Teng Lee, Szu-Ying Lee, Ting-Huai Chang

中央氣象局氣象科技研究中心

Meteorology Research and Development Center, Central Weather Bureau, Taiwan

摘要

氣象局的降尺度作業化預報系統在2017年以及2019年分別以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(TCWB1T1.0)建置，今年將針對氣象局新一代海氣耦合模式(TCWB1T1.1)，運用直接內插統計降尺度法到氣象局測站的溫度、雨量降尺度預報結果，評估在事後預報期間及預報期的月與季降尺度預報能力，同時亦建置測站溫度、雨量的降尺度預報作業化系統。另外，也嘗試針對石門水庫及翡翠水庫集水區使用氣象局新一代海氣耦合模式(TCWB1T1.1)進行雨量的降尺度預報發展，並校驗在事後預報期間的預報結果，結果顯示此兩個集水區的降尺度預報有一定的預報能力。

關鍵字：氣候模式、統計降尺度

1. 前言

過去氣象局在 2016 年完成針對氣象局第二代二步法氣候預報系統(TCWB2T2)降尺度法到 16 個局屬測站溫度、雨量的月與季降尺度預報技術校驗，2017 年開始產製作業化預報。2018 年第一代海氣耦合模式(TCWB1T1.0)上線，同年完成評估降尺度預報技術得分，並在 2019 年開始有作業化的降尺度預報產品。

今年氣象局完成建置新一代海氣耦合模式(TCWB1T1.1)預報系統，並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、雨量降尺度預報流程建立，本研究將評估測站降尺度在事後預報期間及預報期的預報技術得分，同時也利用此模式預報系統的預報輸出針對石門水庫及翡翠水庫集水區進行雨量的降尺度預報發展。

2. 資料

2.1 模式資料

氣象局新一代海氣耦合模式(TCWB1T1.1)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 氣象局局屬測站資料

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。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。

2.3 集水區測站資料

本研究使用的集水區為石門水庫及翡翠水庫集水區(如圖 1 所示)，從圖中可以看出在石門水庫集水區內共有 13 個測站，而在翡翠水庫集水區內則有 5 個測站，但為了能夠校驗在事後預報期間模式降尺度到集水區的預報能力，因此選擇在 1982-2011 年間有完整資料的測站，最後挑選出石門水庫集水區以石門站(21C050)、翡翠水庫以坪林 4(01A450)為此兩個集水區的代表測站。

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。

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

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

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 測站降尺度事後預報技術校驗 (1982-2011 年)

在事後預報期間(以 1982-2011 年 1-12 月為初始場) TCWB1T1.1 預報模式降尺度到 16 個測站的溫度、雨量月與季預報技術得分，其中溫度與雨量的月降尺度預報技術得分結果如圖 2 及圖 3 所示，x 軸為降尺度目標月份，y 軸為 GSS 值，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，是根據 16 個測站的平均 GSS 所計算。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，溫度在 4-5、7-8、2 月的預報技術得分都很高；而雨量則是在 10 月及 12 月的預報技術較其它月份高，其中 10 月的預報技術得分更是可以達到 0.3。

圖 4 及圖 5 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，說明與前述同。從圖 4 中可看出溫度的降尺度季預報在全年的表現都不錯；而雨量則是在 9-11 月以及 2-4 月這兩個季有不錯的預報技術，其中又以 SON 的預報技術得分可以達 0.3 以上。

4.3 測站降尺度預報技術校驗 (2012-2018 年)

在預報期間的預報技術校驗，以 2012-2018 年 1-12 月為初始場計算在這 7 年間 TCWB1T1.1 的降尺度三分類預報命中率。溫度的測站降尺度月預報命中率如圖 6 所示(根據 16 個測站的平均命中率所計算)，TCWB1T1.1 的預報命中率在 6 月的表現較佳，命中率可達 0.8 以上。雨量的測站降尺度月預報命中率則是全年的預報表現都差不多(如圖 7 所示)。在溫度的測站降尺度季預報命中率除了在 OND 的命中率較低之外，其餘各季節的表現都不錯，命中率達 0.4 以上，最佳的季節可達 0.7 以上(如圖 8 所示)，而在雨量的部分則是季與月的表現差不多，全年的命中率皆在 0.3-0.5 左右(如圖 9 所示)。

4.4 水庫集水區雨量降尺度預報發展

水庫集水區的降尺度預報是利用直接內插法降尺度到集水區的邊界範圍，詳細的預報流程圖如圖 10 所示，利用 1982-2011 年的事後預報資料降尺度到水庫的集水區邊界，再利用此結果建立歷史的事後預報盒鬚圖分布，根據預報期的模式降尺度結果與歷史事後預報分布比較，即可得知模式在預報期的降尺度預報類別，如圖 11 所示，以翡翠水庫 2020 年 2 月為初始場預報 6 個月的集水區降尺度預報為例，圖中 x 軸為預報月份，y 軸為雨量值，灰色為 1982-2011 年事後預報期的降尺度歷史分布，藍色為預報分布，這兩個盒鬚圖分布的最上端為雨量最大值、最下端為雨量最小值，中間為 75%、50%、25% 的百分位值。

為了評估 TCWB1T1.1 運用此降尺度方法在水庫集水區的預報能力，計算在事後預報期間的 GSS ，計算 GSS 時的觀測資料石門水庫以石門站(21C050)、翡翠水庫以坪林 4(01A450)為此兩個集水區的代表測站，預報技術得分計算結果如圖 12-13 所示，x 軸為降尺度目標月份，y 軸為 GSS 值，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。從預報技術得分結果來看翡翠水庫以及石門水庫在夏季的預報能力較不足，但在秋冬季預報結果不錯(除了 11 月以及 1 月外)，甚至有些月份的預報技術得分可以高達 0.4，顯示出此方法運用在水庫集水區也具有一定的預

報技術。未來將運用此方法發展全臺灣更多的水庫集水區降尺度預報。

5. 結論

氣象局新一代海氣耦合模式(TCWB1T1.1)運用到測站以及水庫集水區降尺度預報，目前測站的降尺度預報系統已經完成作業化的流程建置以及預報技術校驗。根據校驗結果，溫度的降尺度預報能力比雨量好，但雨量在特定的月份卻也有不錯的預報表現。目前此預報系統會每個月會定期產出 16 個測站的溫度、雨量月與季預報產品供作業中心參考。水庫集水區的降尺度預報系統還在發展階段，但根據石門水庫以及翡翠水庫的事後預報校驗結果來看，顯示出此方法有一定的預報技術，因此未來將持續發展，並應用到全臺灣更多的水庫集水區降尺度預報。

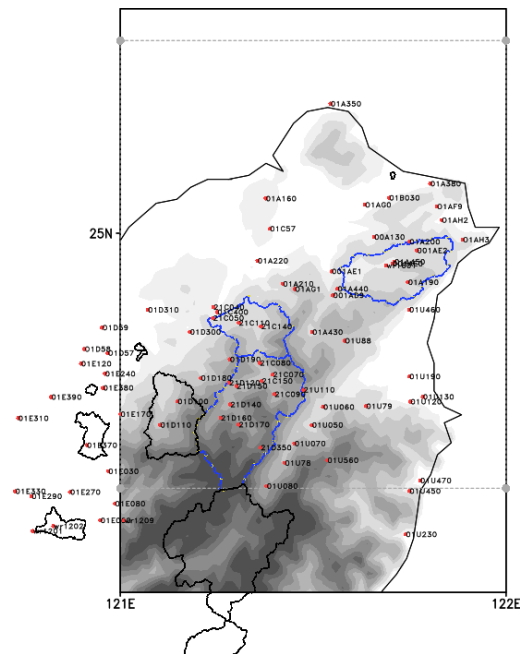


圖 1 石門水庫及翡翠水庫集水區

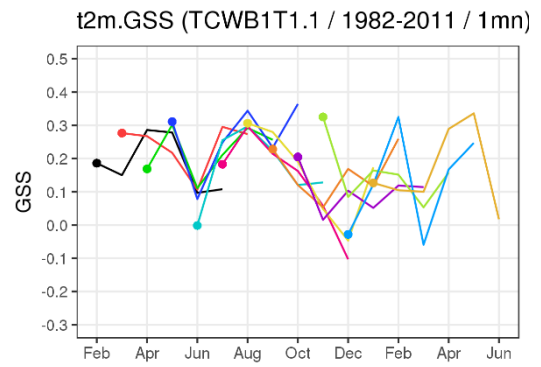


圖 2 測站溫度的月降尺度事後預報技術得分

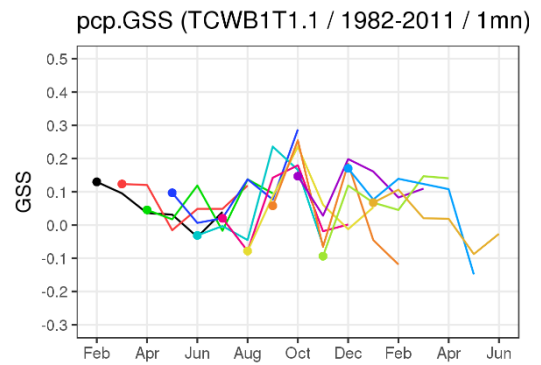


圖 3 測站雨量的月降尺度事後預報技術得分

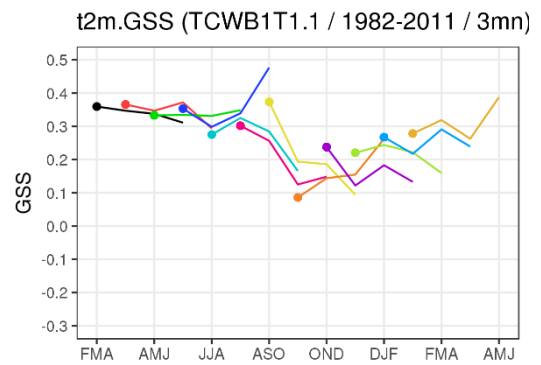


圖 4 測站溫度的季降尺度事後預報技術得分

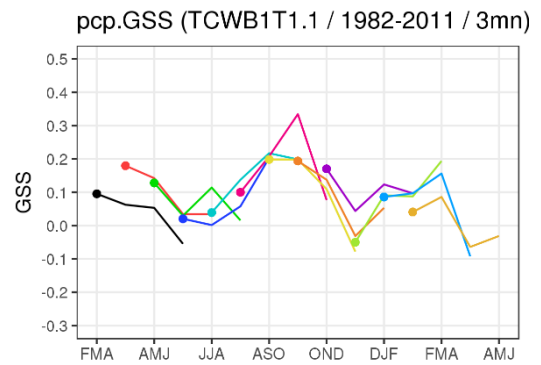


圖 5 測站雨量的季降尺度事後預報技術得分

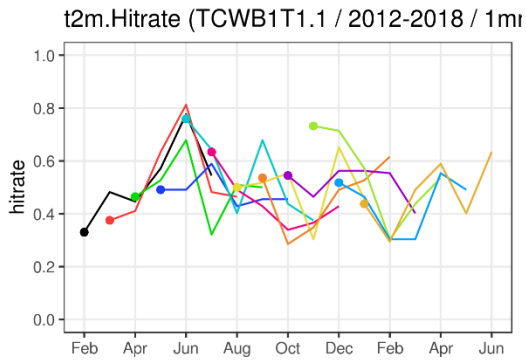


圖 6 測站溫度的月降尺度預報命中率

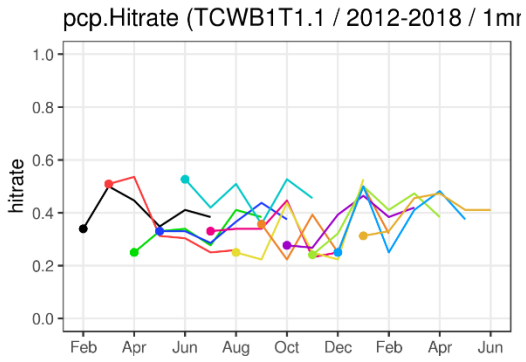


圖 7 測站雨量的月降尺度預報命中率

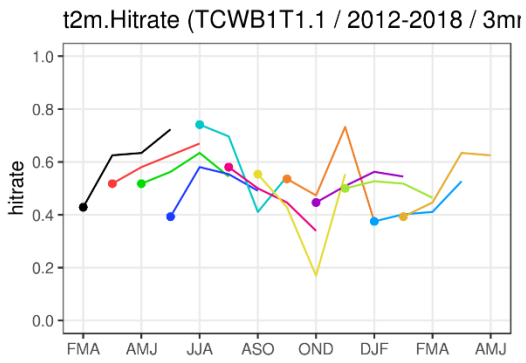


圖 8 測站溫度的季降尺度預報命中率

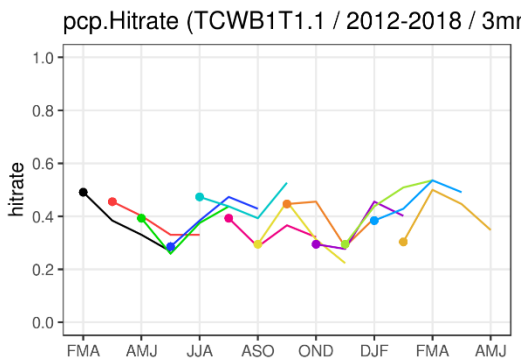


圖 9 測站雨量的季降尺度預報命中率

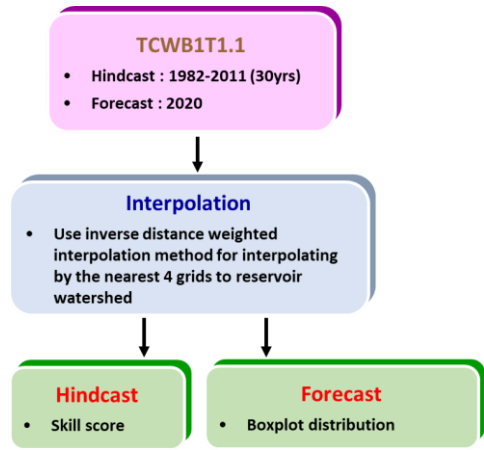


圖 10 水庫集水區雨量降尺度預報流程圖

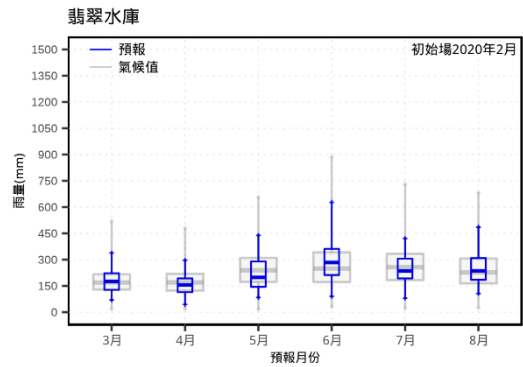


圖 11 翡翠水庫 2020 年 2 月的水庫集水區預報產品

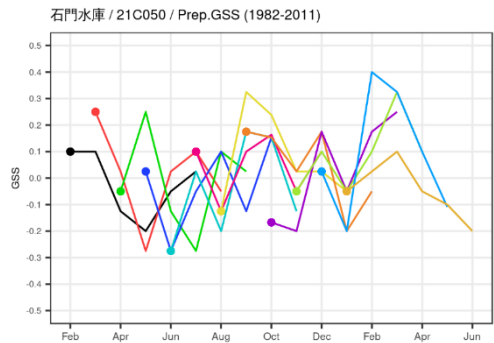


圖 12 石門水庫雨量月降尺度事後預報技術得分

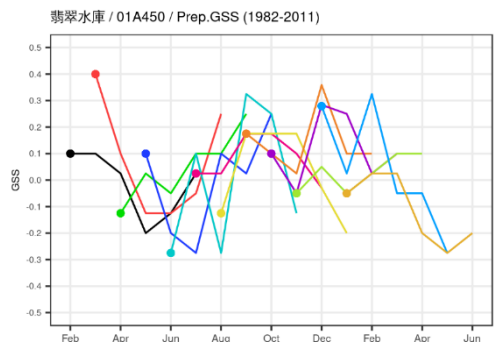


圖 13 翡翠水庫雨量月降尺度事後預報技術得分

Using TCWB1T1.1 Develop Stations and Reservoir Watershed Statistical Downscaling Forecast System

Yun-Ching Lin, Ching-Teng Lee, Szu-Ying Lee, Ting-Huai Chang

Meteorology Research and Development Center, Central Weather Bureau, Taiwan

Abstract

The CWB operational statistical downscaling forecast systems were established by using TCWB2T2 and TCWB1T1.0 on 2017 and 2019. This year the new operational statistical downscaling forecast system is developed by using TCWB1T1.1, and evaluated the hindcast and forecast skills on stations temperature and precipitation downscaling results. Using TCWB1T1.1 develop statistical downscaling forecast on Shihmen and Feitsui reservoir watershed areas is the other research topic this year, and also evaluate the hindcast skill on watershed precipitation downscaling. The results show that the hindcast skills of downscaling precipitation on these two watershed areas are skillful.

Key words: climate model, statistical downscaling