

氣象局第二代二步法氣候預報系統統計降尺度預報技術評估

林昀靜、李清勝、盧孟明

中央氣象局科技中心

氣象局第一代二步法氣候預報系統 (CWB-2tier-GFS-T42L18) 使用了以 SVD 為架構的統計降尺度方法，將全球模式的預報結果轉換成氣象局 9 個局屬測站的溫度和雨量預報。為改進統計降尺度的預報過程，氣象局發展的第二代二步法氣候預報系統嘗試採用 nSVD 以及直接內插兩種降尺度方法，應用於氣象局第二代二步法氣候預報模式中的 ECHAM5-GAMT42L19_CFSv2SST 及 ECHAM5-GAMT42L19_OPGSST 這 2 組模式預報輸出資料。本報告介紹以全年 1-12 月份為初始月份的 30 年事後預報對台灣 16 個測站的降尺度預報結果，以及建立的校驗系統和技術評估。整體而言，溫度的降尺度預報技術比雨量好。透過結果我們也發現預報技術得分沒有隨著領先月份的增加而降低，反而是與降尺度的目標月份有關。

一、前言

氣象局「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」，又稱五期計畫，在 2013 年根據目前作業化的統計降尺度法（即以 SVD 為架構的統計降尺度法）與 Hsu et al. (2012) 所發展的 STPM 統計降尺度法，延伸出一套整合了 STPM 中將預報因子隨時間演變的概念加入以 SVD 為架構的統計降尺度模式中，簡稱為 nSVD 統計降尺度法（資拓宏宇，2014）。

林與盧(2014)將氣象局第二代二步法月與季氣候預報系統（CWB 2-tier CFSv2）中 CWB-GAMT119L40_CFSv2SST 此組模式的事後預報輸出，以冬季月份（DJF）為初始場的 30 年事後預報結果建立校驗系統，並對台灣地區的 16 個測站的溫度及雨量做降尺度預報能力評估。結論表示因為只採用一組模式，且只有使用冬季三個月（DJF）初始場的預報結果來進行降尺度預報評估，得到的結果代表性有限。

本研究將以全年 1-12 月為初始月份的 30 年模式事後預報輸出資料，採用 nSVD 統計降尺度法及直接內插降尺度法應用於氣象局第二代二步法氣候預報模式中的 ECHAM5-GAMT42L19_CFSv2SST 及 ECHAM5-GAMT42L19_OPGSST 這 2 組模式，用以評估全年的降尺度預報技術。

二、資料

2.1 模式資料

本研究所採用的 CWB 2-tier CFSv2 的模式預報資料是大氣模式為 ECHAM5-GAMT42L19、海溫模式為 CFSv2 及 OPG2.0 的兩組預報模式，以 1-12 月份為初始月份的模式輸出資料於台灣地區 16 個測站溫度與雨量的降尺度預報。

在接下來的文章及圖說中將使用下述簡寫來代表上述 2 組不同的預報模式：

1. ec5-cfs : ECHAM5-GAMT42L19 的大氣模式加上 CFSv2 的海溫模式
2. ec5-opg : ECHAM5-GAMT42L19 的大氣模式加上 OPG2.0 的海溫模式

由於 ECHAM5-GAMT42L19 的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-GAMT119L40 相同，以方便在未來所做的後續降尺度分析。

CWB 2-tier CFSv2 的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（member）。每個系集個數都對 1982-2011 年共 30 年的事後預報結果，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。

nSVD 降尺度模式之大尺度預報因子包括：850-hPa 緯向風場 (U850)、經向風場 (V850)、垂直積分緯向水汽通量 (UQ)、經向水汽通量 (VQ)、海表面氣壓 (SLP)、500-hPa 高度場 (H500)、2 米氣溫 (T2M)、地表氣溫 (TG)。雨量使用的預報因子為：U850、V850、H500、SLP、UQ、VQ，而溫度所使用的預報因子為：U850、V850、H500、T2M、TG。

直接內插法採用的大尺度預報場溫度為 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、台北、基隆、花蓮、蘇澳、宜蘭、台南、高雄、嘉義、台中、大武、新竹、恆春、成功、台東、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。

三、統計降尺度模式

降尺度模式採用 2013 年所發展的 nSVD 模式，此一模式的優點在於將預報因子隨時間演變的概念加入目前作業化的 SVD 模式中。另外，本研究也使用直接內插法進行降尺度，將模式的格點預報資料內插到測站。

接下來簡介應用於氣象局第二代二步法氣候預報模式 (CWB 2-tier CFSv2) 的 nSVD 統計降尺度方法，以及直接內插降尺度法。

3.1 nSVD 統計降尺度法

nSVD 與現行作業系統氣象局第一代月與季預報系統 (CWB 2-tier CFSv1) 的統計降尺度方法 (SVD) 相似，但是考慮了預報因子隨時間的演變過程 (即除了空間資訊外，加上了預報因子的前期資訊)。例如：以 5 月為初始月份的降尺度預報，在做 7 月的降尺度預報時，採用了 6 月加上 7 月的資料進行 SVD 分析；若是季節預報，例如 SON 預報時，採用 JJA、JAS、ASO 及 SON 之數據進行降尺度預報。

在預報因子的選取方面是根據過去的研究結果，降水降尺度預報因子為：U850、V850、UQ、VQ、SLP 和 H500，氣溫降尺度預報因子為：U850、V850、T2M、TG 和 H500。預報因子空間範圍為：60°E-120°W，0°-50°N。

nSVD 降尺度流程與 SVD 流程類似，先將標準化的預報量 (predictand：台灣測站降水與氣溫) 與各大尺度預報因子 (predictor) 於訓練時期進行 leave-one-out 的 SVD 分析，再選取顯著相關之模態作為預報階段將採用之模態。為確保至少有一模態可用於降尺度預報，因此第一模態不管有沒有通過條件檢驗，均採用作為預報模態，其餘模態再根據上述顯著相關的條件進行挑選。最後加入預報期資料，根據訓練期的 SVD 結果與有意義的模態，重組後依比率調整到 SVD 分析前之強度水準，即可得到該預報因子之預報結果。

3.2 直接內插降尺度法

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

$k = 4$ 。

四、統計降尺度預報能力評估

4.1 預報技術得分 Gerrity Skill Score (GSS)

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 CWB 2-tier CFSv2 降尺度事後預報結果分析

在校驗流程的設計部份，以事後預報 30 年分成 10 個 3 年，用 27 年為訓練期預報 3 年的交叉預報方式建立校驗系統。例如要進行 1982-1984 年此 3 年的預報校驗，就利用其餘 27 年 (1985-2011 年) 當作訓練期，利用此訓練期建立多組系集預報結果，再利用這些系集預報結果建立氣候值分布，將預報期的降尺度預報分布與氣候值分布比較，最終可得預報屬於偏多、正常或偏少三分類的傾向。

以下將採用前述的 ec5-cfs 以及 ec5-opg 這 2 組模式輸出資料及上述的校驗方法，對 1-12 月為初始月份的 30 年事後降尺度預報結果作評估，並計算 nSVD 與直接內插降尺度的 GSS 預報技術得分。

圖 1 為溫度降尺度預報結果的預報技術，是根據

16 個測站的平均 GSS 結果，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 nSVD 降尺度的預報技術，圖(b)為直接內插降尺度法的結果。圖 2 與圖 1 同，只是是雨量降尺度的預報技術在不同月份的分布情形。

從 12 個初始月份的降尺度預報技術分來看，溫度在 5、7、12 月的預報技術都不錯，無論是用哪一種降尺度方法，而雨量則是在 3 月及 10 月有不錯的預報技術。因此可發現，本研究的降尺度預報技術得分與初始月份間的關係不大，反而是與降尺度的目標月份間的關係較好。

整體來看，溫度的降尺度預報結果比雨量好；從兩種降尺度方法來比較的話，直接內插降尺度法的預報技術得分比 nSVD 法的結果稍好。

4.3 降尺度預報技術指引

根據 16 個測站採用前述降尺度預報校驗流程，在事後預報 30 年的降尺度預報結果的 GSS 預報技術得分，可建立一套各測站在不同初始月份、不同領先月份的降尺度預報技術指引，提供未來在預報作業時的參考。

以下以 5 月份為初始月份根據 nSVD 降尺度法所建立的溫度、雨量月降尺度預報技術指引為例，結果如表 1 所示，橫軸代表預報領先的月份，縱軸為測站。在表上僅列出有預報技術的 GSS 得分值，即 GSS 大於 0 的部份，沒有列出值的部份就用空白來表示，也就是說此測站在此領先月份，根據過去事後預報 30 年的降尺度預報校驗結果沒有預報技術可言，因此應用到將來的預報作業時，對此測站在此月份的預報，本模式也不具有預報信心。

五、結論

本研究在今年利用氣象局第二代二步法氣候預報模式 (CWB 2-tier CFSv2) 的 2 組模式預報產品 (包含兩組海溫模式 CFSv2 及 OPG2.0 加上 ECHAM5-GAMT42L19 此組大氣模式)，以 1-12 月為初始月份的 30 年事後預報結果建立校驗系統，並對台灣地區的 16 個測站做降尺度預報技術評估，並建立降尺度預報技術指引，提供未來在預報作業時的參考。

在預報技術評估部份，整體而言，溫度的降尺度結果比雨量好，直接內插降尺度法的預報技術得分比 nSVD 法的結果稍好。而溫度在 5、7、12 月的預報技術都不錯，無論是用哪一種降尺度方法；雨量則是在 3 月及 10 月有不錯的預報技術。因此可發現，本研究的降尺度預報技術得分與初始月份間的關係不大，反而是與降尺度的目標月份間的關係較好。

氣象局第二代二步法全球氣候預報模式共有 4 組預報產品，包含兩組大氣模式 (CWB-GAMT119L40 與 ECHAM5-GAMT42L19) 加上兩組海溫預報資料 (CFSv2 及 OPG2.0)。目前已評估此氣候預報模式中的 ECHAM5-GAMT42L19_CFSv2SST 及

ECHAM5-GAMT42L19_OPGSST 這 2 組模式對 16 個測站的溫度及雨量降尺度預報技術；但尚未針對於 CWB-GAMT119L40 這組大氣模式加上兩組海溫的模式事後預報進行降尺度預報評估，因此本研究的結論尚不完整。

接下來的研究工作除了將完成上述兩組模式的降尺度預報技術評估外，也將採用 2012-2015 年各組模式的預報輸出場做降尺度預報測試，校驗在預報期模式的預報技術，並期望可以提供即時性的降尺度預報結果供預報作業參考。

六、參考文獻

Hsu, P.-C., T. Li, Y.-C. Lin, M.-M. Lu, and J.-Y. Lee, 2012: A spatial-temporal projection method for seasonal prediction of spring rainfall in northern Taiwan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 90, 179-190.

資拓宏宇股份有限公司工作報告, 2014: 103 年度「改進統計降尺度並開發以測站為目標之統計動力預報方法」期中進度報告。

林昀靜, 盧孟明, 2014: 氣象局第二代二步法氣候預報系統統計降尺度預報技術評估初步結果，天氣分析與預報研討會論文彙編, A3-9。

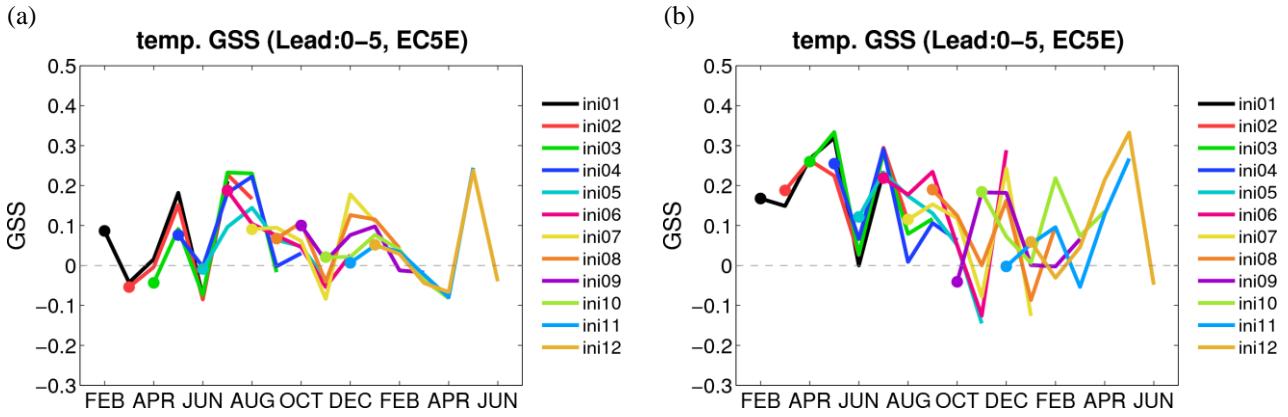


圖 1 溫度降尺度預報技術得分，不同顏色代表不同的初始月份在不同領先季節的預報技術得分，圖(a)為 nSVD 降尺度的預報技術，圖(b)為直接內插降尺度法的結果。

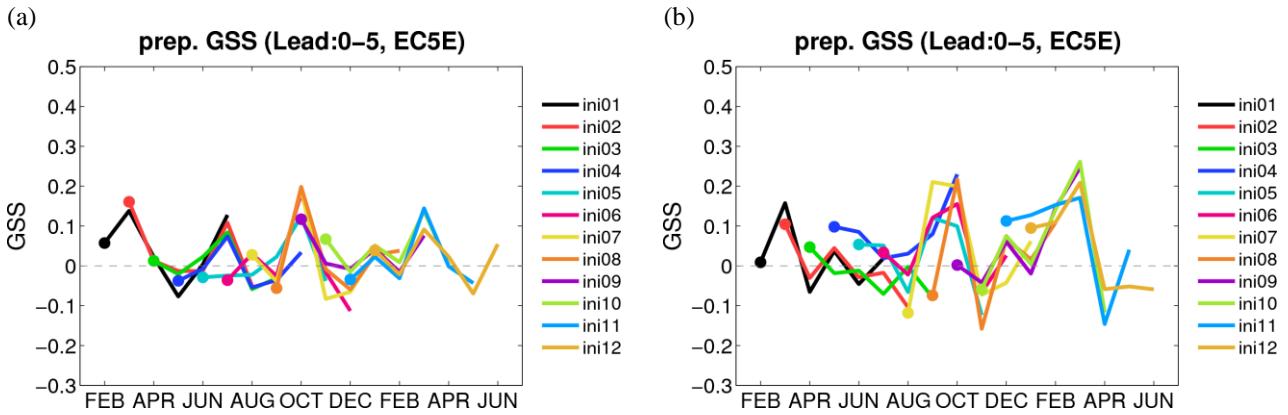


圖 2 雨量降尺度預報技術得分，不同顏色代表不同的初始月份在不同領先季節的預報技術得分，圖(a)為 nSVD 降尺度的預報技術，圖(b)為直接內插降尺度法的結果。

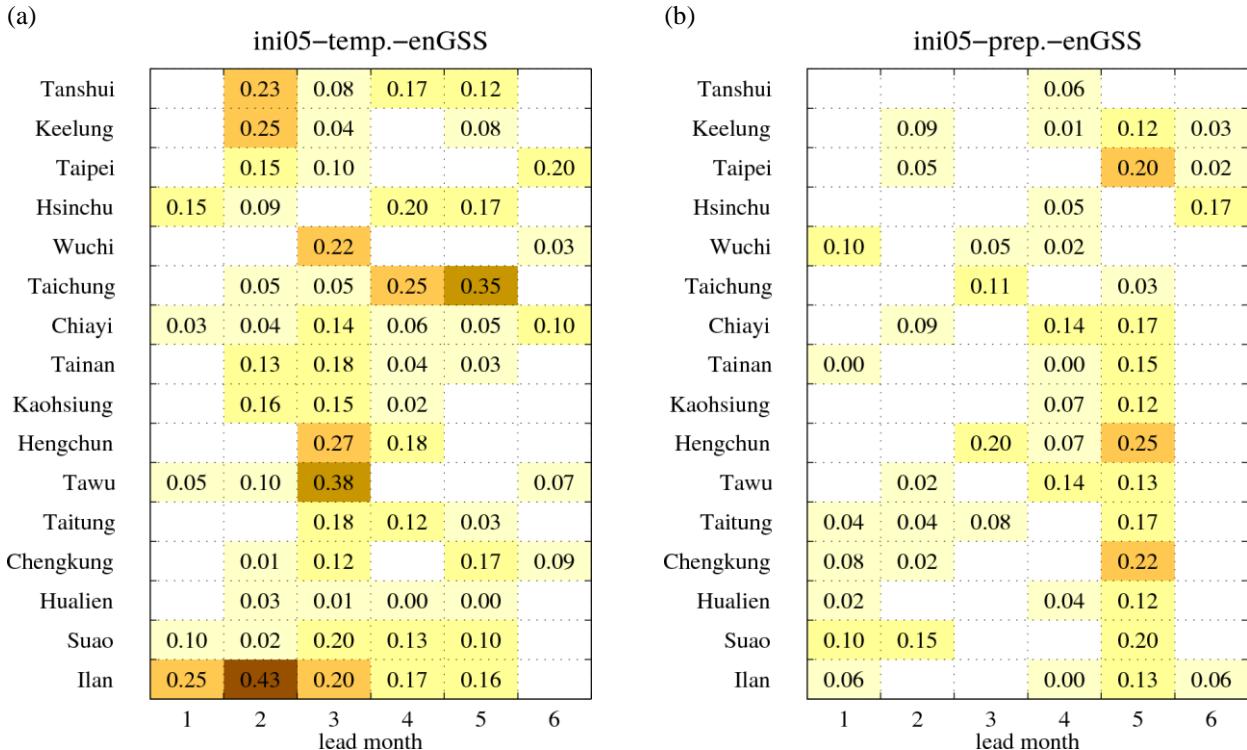


表 1 根據 nSVD 降尺度法以 5 月份為初始月份所建立的降尺度預報技術指引，橫軸代表預報領先的月份，縱軸為測站。其中，圖(a)為溫度、圖(b)為雨量。