

2018年梅雨季NCEP GEFS 與CWB GEPS CMOS 及 DMOS預報模式日均溫預報評比分析

羅存文¹ 張惠玲² 陳昀靖¹ 周柿均¹
氣象科技中心¹ 氣象衛星中心²
中央氣象局

摘要

為提升第二週統計預報的預報能力，本文中應用本局動態系集統計預報模式 (Dynamic Model Output Statistic ; DMOS) 的開發，與原先傳統的統計預報模式 (Conventional Model Output Statistic ; CMOS) 進行 1~15 天日均溫預報指引比較。藉由本局 (CWB) 全球系集預報系統 (Global Ensemble Prediction system ; GEPS) 的預報產品與美國國家環境預報中心 (NCEP) 全球系集預報系統 (Global Ensemble forecast system ; GEFS) 系集動力數值預報模式所提供的 384h 超前預報產品經由線性迴歸法 (linear regression) 方法進行測站 1 天~15 天日均溫預報指引。

本研究使用 2018 年梅雨季 (5 月~6 月) CWB GEPS DMOS 與 NCEP GEFS DMOS 台北測站逐日 24~384 小時 (1 天~15 天) 預報產品進行評估，比較兩種預報指引對逐日溫度預報表現，並與傳統 MOS(CMOS) 預報產品進行比較。

關鍵詞：MOS、DMOS、系集預報。

一、前言

本局科技中心統計預報研發小組對於動力統計預報指引模式的開發，已有應用於多組動力數值模式上的經驗，並已落實到每日的預報作業支援上，供給預報作業必要的輔助參考。近年來，數值模式由決定性 (Deterministic) 預報，轉型成系集 (Ensemble) 預報形式，統計預報研發小組動力統計預報也嘗試由決定性統計預報跨足至二週系集統計預報之開發應用。

由於 NCEP GEFS 動力系集預報產品的儲存量甚巨，且本局以往均侷限於 10 個預報場量，但為了能深入瞭解 NCEP 全球模式應用於台灣地區未來二週透過 MOS 模式，對地面測站溫度的預報能力。統計預報研發小組引用與 NCEP GEFS 具備相同模式物理、參數條件等的 NCEP GFS 數值模式產品來建立 MOS 模式，預報作業時引入 GEFS 的系集預報因子，以產製

出台灣區域所需的預報指引。(蔡孟峰等 2014；羅存文等 2014)

美國 NCEP GEFS 的系集動力數值預報模式產品，其系集成員共 20 組，另加上一組控制組，每次預報作業均產出 21 組未來 2 週的預報指引。為配合本局全球系集模式 CWB GEPS 的發展，統計預報研發小組也積極配合，105 年起預報作業時也引入本局全球系集模式 CWB GEPS 的系集預報因子，產製出另一組預報指引 (CWB GEPS CMOS)。

因傳統 MOS 預報模式建立，必須儲存至少 2 至 3 年的數值模式預報資料以及觀測資料，除了相當耗費資源空間，且當數值模式更新時會面臨樣本數不足的問題。為了解決此狀況統計預報研發小組嘗試加入動態系集統計預報方法，此方法僅需待約 60 個預報作業日，即可啟動統計預報作業程序。

因此本研究主要在比較 NCEP GEFS 及 CWB

GEPS DMOS 與 傳統 MOS(CMOS)預報能力差異程度。

二、資料與研究方法

(一)、CMOS

本文在建模期間採用NCEP GFS(00Z及12Z)的完整預報輸出場量產品(Deterministic run forecast products)，所使用到的網格點解析度為(2.5°*2.5°)，共採取了10個點，各類型的變數均以鄰近測站的4個格點變數量內插至測站上，日間的預報時段為00Z36h、00Z60h..... 00Z372h，而夜間則為12Z24h、12Z48h.....12Z384h各時段各自建立一組迴歸方程，共15/16組。模式建立資料期限起始於2009年12月至2013年11月止。各預報模式採逐月建立方式，但資料截取範圍起自前一個月的16日，至後一個月的15日，當年該月共取約60筆資料樣品；目的在於穩定當月可能因季節性天氣系統變化，所形成的預報不穩定。

在預報時則分別代入NCEP GEFS(00Z及12Z)及CWB GEPS(00Z)的系集預報產品，將所對應時段之各個系集成員的相對應變數，代入預報方程中以取得各自的預報指引值。二組系集產品均為一組控制組(Control run)及加上20組系集預報成員(Ensemble member)的預報產品，每次預報產生21組預報指引。

(二)、DMOS

本研究在建模及預報期間採用NCEP GEFS(00Z)及CWB GEPS(00Z)的系集預報產品。模式建立僅使用系集平均，不同與傳統MOS，動態系集統計預報模式資料期限為最靠近建模時間的30筆資料，最多不超過60天，至少須包含有24筆有效資。本研究NCEP GEFS的網格點解析度為(2.5°*2.5°)，CWB GEPS的網格點解析度為(0.5°*0.5°)。預報時則是代入相同的數值預報產品，同樣包含一組控制組及20組系集預報成員的預報產品代入預報方程式，每次預報各產生21組預報指引。二組預報的預報時段為

00Z36h、00Z60h..... 00Z372h。

本文中主要探究的被預報元為全臺共108個測站2018年梅雨季(5月~6月)1~15天逐日均溫。因本局產品僅有00Z有21組系集產品，所以本文僅討論預報時段為00Z36h、00Z60h..... 00Z372h預報產品。

(三)、研究方法

研究中DMOS及CMOS所採用的統計預報模式，主要仍是以MOS方法為主，動力統計模式中應用複式迴歸，以向前選取(Forward Selection)方式選取預報因子建立預報方程，詳細的描述見於Neter *et al.* (1983)的書籍中，因考量預報因子間共線性問題，容易產生預報結果不穩定的狀況，本研究中訂定被選取的預報因子間相關係數不得超過0.4。

三、校驗方法

(一)、量化校驗

本研究分析以108個各測站20組系集預報產品系集平均做為預報值，與測站觀測值來進行各項目的量化評比。本研究所採用的量化校驗各項統計值公式如下：

(1)平均誤差 (Mean error;ME)

$$\text{Mean error} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)$$

(2) 方均根誤差值(Root Mean Square Error; RMSE)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2}$$

(3)平均絕對誤差值(Mean Absoulage Error; MAE)

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|$$

(4) 相關係數(Correlation coefficient,r)

$$\text{Correlation coefficient} - r = \frac{\sum (F_i - \bar{F})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum (F_i - \bar{F})^2} \sqrt{\sum (O_i - \bar{O})^2}}$$

其中， F_i 為第*i*個個案的模式預報值，為20組系集預報成員產出的預報指引的平均值； O_i 為第*i*個個

案的測站觀測值，N 為個案數。

(二)、系集校驗

為評估系集預報離散度是否足夠，足以涵蓋所有可能生的機率，在進行系集預報系統校驗時，本研究採系集離散度-預報能力關係(spread-skill relationship)來評估。在本研究中，以計算各預報時間的系集平均之方均根誤差(RMSE)做為量測預報誤差的標準，並計算系集散度(ensemble spread; SPRD)做為量測散度之標準，並將系集散度及 RMSE，呈現於同一張圖上，用以檢視離散度是否合理。

四、校驗分析

本節對 CWBGEPS CMOS、NCPFGEPS CMOS、CWBGEPS DMOS 與 NCPFGEPS DMOS 4 個模式於 2018 年梅雨季全臺測站逐日溫度預報結果進行評比。

(一)、量化校驗

圖 1 至圖 2 分為 4 種逐日預報模式梅雨季全臺 108 個測站的 ME、Cor、MAE 及 RMSE 各項統計值平均狀態。其中從平均誤差可以看出，NCPFGEPS DMOS 模式在第 7 天至第 13 天的預報為暖偏差(warm bias)外，其他均呈現冷偏差(cold bias)現象，顯示這 4 種模式大部均有預報不足的現象。同時由圖 3 至圖 6 的各模式的平均誤差分布情形來看，可以看出 NCPFGEPS DMOS 除向前預報 1 天時全臺各地大部份為冷偏差外，向前預報 5 天、10 天及 15 天則大部份地區為暖偏差，預報愈多天時暖偏差愈明顯，另外 3 個預報模式每個預報時段大部份地區為冷偏差，NCPFGEPS DMOS 的表現與另外 3 個預報模式較為不同。由圖 1 的 Cor 顯示這 4 種模式第 1 天至第 12 天的預報均呈正相關，第 13 天至第 15 天的預報有少數呈現負相關外，DMOS 在向前預報 9 天後的 Cor 即使為正相關但也表現不理想，顯示在梅雨季 CMOS 在 Cor 的表現仍較 DMOS 表現較為理想。由圖 2 的 MAE 及 RMSE 來看，第 1 天至第 15 天的向前預報，可以看出以 NCEPGEFS CMOS 表現最好，即使預報至第 15 天 MAE 仍可以維

持在 2°C 以下。第 1 天至第 7 天的向前預報，另外 3 個預報模式表現差異不大，但第 8 天以後的預報，CWBGEPS CMOS 表現雖不如 NCEPGEFS CMOS，但沒有像 CWBGEPS DMOS 及 NCEPGEFS DMOS 的 MAE 高速成長，顯示在梅雨季 CMOS 在 MAE 的表現仍較 DMOS 表現較為理想。

(一)、系集校驗

由圖 7 及圖 8 看本局 GEPS 模式不論套用至 CMOS 模式或是 DMOS 模式均呈現出系集離散度不足的現象；而 NCEP GEFS 套用至 CMOS 模式或是 DMOS 也是有相同的狀況均為離散度不足，不過 NCEP GEFS 的表現較本局的 GEPS 模式表現較佳。

由圖 5 及圖 6 顯示系集日均溫度預報的 Spread 與 RMSE 的相關係數都不高，代表兩者不具有良好的線性關係，顯示系集散度可以無法反應預報的不確定性和預報誤差。

五、結論

總評比而論在第 1 天至第 7 天預報 4 種預報模式的表現差異不大，超過第 8 天的預報 DMOS 的預報誤差成長趨快，CMOS 的預報誤差雖然也持續成長但相較於 DMOS 卻表現相當穩定。CMOS 模式 NCEPGEFS 模式如同預期表現較本局 GEFS 模式為佳，應源自於建模時期使用與 NCEP GEFS 物理、參數條件相等的 NCEP GFS 模式有關。之前礙於資料收集不完全只能先建立 NCEP GFS 模式預報方程。但是本局 GEPS 模式開發已有段時間，且 NCEP GEFS 所儲存累積的資料已有一定的量，今年將嘗試使用這兩組較高解析度 NCEP GEFS(1.0°*1.0°)及 CWB GEPS(0.5°*0.5°)數值預報模對 CMOS 預報模式做更新，預報時也分別代入相同數值預報模式資料至預報方程，產出預報指引。NCPFGEPS DMOS 模式今年也將嘗試套用較高解析度 NCEP GEFS(1.0°*1.0°)數值預報模，進行模式更新。期待模式更新後能提升預報能力。

本研究這次只使用 2018 年梅雨季一季的逐日溫度做討論，尚不能對 CMOS 與 DMOS 下定論，雖然隨著預報時間的增加，CMOS 與 DMOS 的表現也愈來愈不理想，從目前的資料分析顯示出 CMOS 表現相對較 DMOS 為穩定，不過也顯示出 CMOS 及 DMOS 仍有待改進的地方。

參考文獻

- Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983 :
Applied linear regression models · Richard D. ,
Irwin INC. , Homewood , Illinois , 547pp .
- Whitaker, J. S., and A. F. Loughe, 1998: The relationship
between ensemble spread and ensemble mean skill.
Mon. Wea. Rev., 126, 3292-3302.
- 羅存文與陳重功，2003：2001 年最高/低溫統計預報結果分析，氣象學報，45，33-50。
- 陳重功、羅存文、施佩君與賀介圭，2005：統計預報模式相位調整預報評比，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，157-162。
- 陳重功、羅存文與賀介圭，2006：MRF JMA MOS 與 GFS MOS 六月份測試模式之特性比較，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，2-58 - 2-62。
- 陳重功與羅存文，2009：中央氣象局 LAFS MOS 2000~2003 年冬季最高/低溫度之預報回顧與評比，氣象學報，48，1-16。
- 陳重功、羅存文、李柏宏、賈新興、陳孟師與王嫵蘭，2011：CWB 2nd Week 日均溫 MOS 系集預報模式開發-(II)測試評比，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，370 - 375。
- 李柏宏、賈新興、陳孟師、王嫵蘭、陳重功與羅存文，2011：CWB 2nd Week 日均溫 MOS 系集預報模式開發之技術探討(I)，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，364 - 369。
- 陳重功、羅存文、陳孟師與王嫵蘭，2012：CWB 2nd Week 日均溫 MOS 與 MMS 系集統計預報模式測試評比，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，279 - 284。
- 蔡孟峰、陳孟詩、陳重功與羅存文，2014：中央氣象局第二週 NCEP GFS MOS 日均溫度預報模式開發探討，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，A2-42。
- 羅存文、陳重功、蔡孟峰與陳孟詩，2014：NCEP GFS 與 GEFS MOS 第 1 和 2 週平均溫度預報評比分析，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，臺灣，臺北，A2-51。

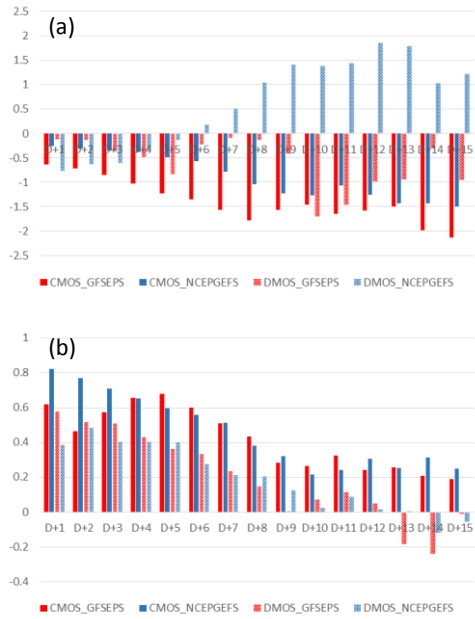


圖1. 2018年梅雨季全臺測站CWBGEFS CMOS、NCEPGEFS CMOS、CWBGEFS DMOS與NCEPGEFS DMOS 4種預報模式日平均溫度測試校驗比較。(a)平均誤差(b)相關係數。

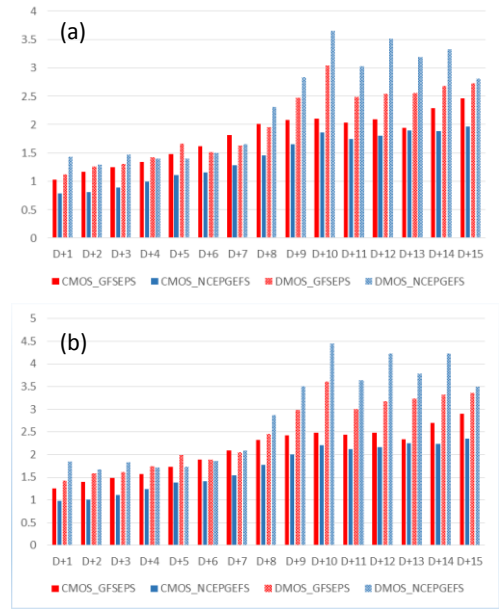


圖2. 2018年梅雨季全臺測站CWBGEFS CMOS、NCEPGEFS CMOS、CWBGEFS DMOS與NCEPGEFS DMOS 4種預報模式日平均溫度測試校驗比較。(a)絕對平均誤差 (b)方均根誤差值。

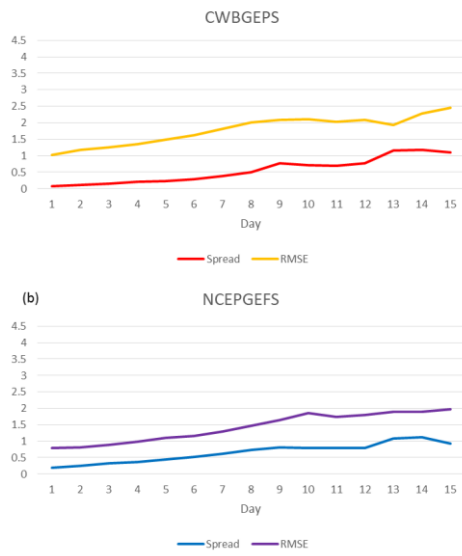


圖7. CMOS預報模式預報向前預報1-15天RMSE與Spread比較圖 (a)CWBGEFS 模式(b)NCEPGEFS 模式

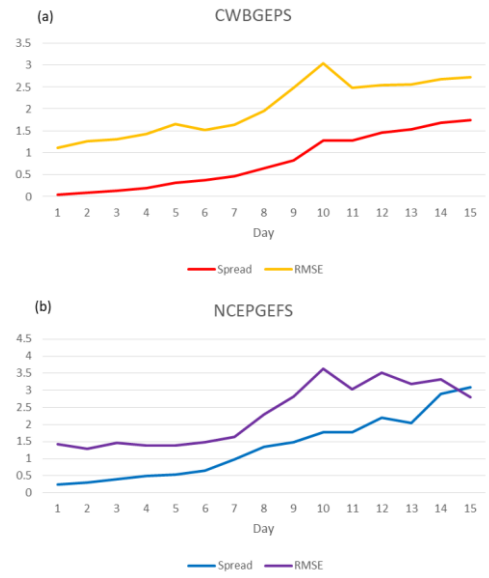


圖8. DMOS預報模式預報向前預報1-15天RMSE與Spread比較圖 (a)CWBGEFS 模式(b)NCEPGEFS 模式

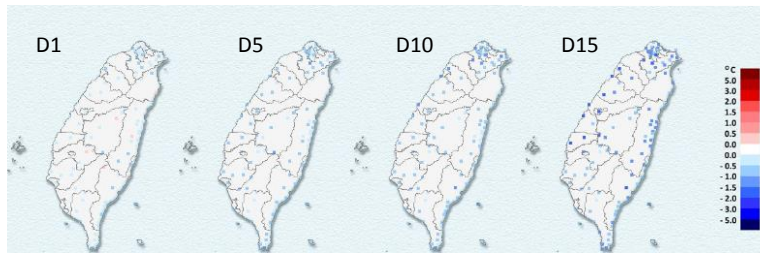


圖3. 2018年梅雨季全臺測站CWBGEFS CMOS預報模式向前預報1、5、10及15天平均誤差分布情形。

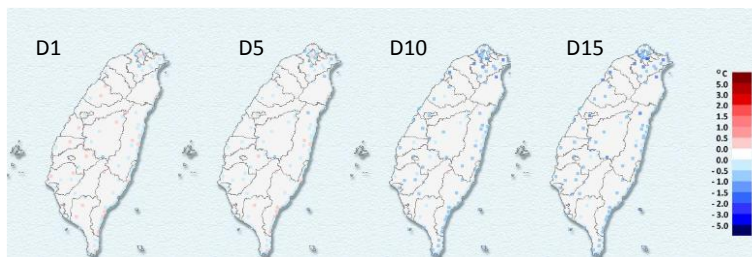


圖4. 2018年梅雨季全臺測站NCEPGEFS CMOS預報模式向前預報1、5、10及15天平均誤差分布情形。

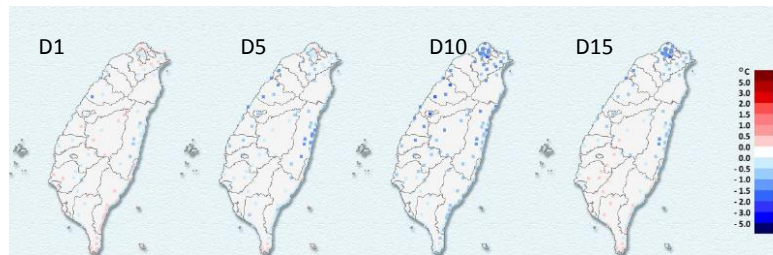


圖5. 2018年梅雨季全臺測站CWBGEFS DMOS預報模式向前預報1、5、10及15天平均誤差分布情形。

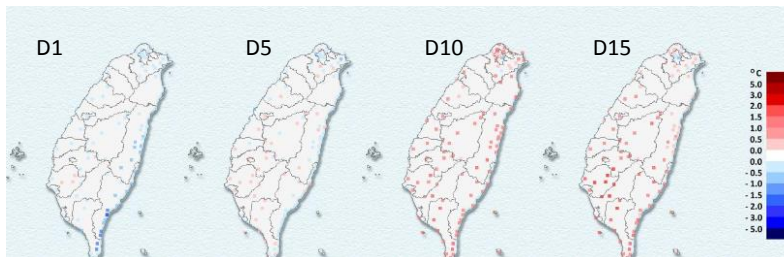


圖6. 2018年梅雨季全臺測站NCEPGEFS DMOS預報模式向前預報1、5、10及15天平均誤差分布情形。