

# CWB 2<sup>nd</sup> Week日均溫MOS系集預報模式開發-(II)測試評比

陳重功

羅存文

李柏宏

賈新興

陳孟詩

王嬾蘭

中央氣象局科技中心

中央氣象局預報中心

## 摘 要

隨著對氣象現象的瞭解與電腦運算能力的提升，動力數值天氣預報的能力也延伸至第 16 日(384h/小時)。因此對於第二週的預報需求亦由原先的定性預報，轉而要求能達到定量預報的目標。本文的第二週預報開發探討，採用 NCEP(National Center of Environment Prediction) GEFS(Global Ensemble Forecast System)系集動力數值模式的產品，進行對台北測站日平均溫度的 16 日超前預報之統計預報模式開發。

研討中對於 NCEP GEFS 系集動力模式的預報誤差，進行可調降之系統性預報誤差的瞭解。並探研分析系集動力統計模式的 2 種建模基礎的差別；主要的預報準確性評比階相近，僅系集預報平均之統計模式(MOS/Model Output Statistics)的系集預報散布度較單一控制組的情形，在 192h 以後加大到達約 2 倍。散度分布狀況比較近似 PP(Perfect Prog.)模式的狀態。並一步對於以控制組建模的 MOS 模式，進行系集預報的預報特徵分析，其間查驗出系集組的預報較比控制組的與觀測的對應性分布較佳，較集中。然而亦呈現出對於 7~10 日之後的綜觀預報訊息不明確，或應說是缺乏此一標地的預報能力，僅能提供此一時段區間的平均變化狀態之趨勢。

透過本文的評比探究，除了對於 NCEP GEFS 模式的預報特性有深入的理解外，亦同時思考到系集預報的應用形式的開發。由於系集預報的理念與動機，是出於對預報的不確定性來表達預報的可能布署範圍，在此瞭解下有效的使用系集預報產品來協助決策出更適切的客觀性預報。以此來滿足與提升預報的需求與服務品質。

關鍵詞：MOS、PP、系集預報。

## 一、前言

中央氣象局動力統計預報的預報指引項目開發，經歷短期(Short Range)的本局區域模式 CWB(Central Weather Bureau)-LAFS(Limited Areal Forecast System)、CWB-NFS(Non-hydrostatic Forecast System)及日本區域模式 JMA(Japan Meteorological Agency)-RFS 的 PP、MOS 及 MMS(Muti-tau MoS/見陳等，2005)等統計模式發展(見於羅與陳，2003、陳等，2009)。主要的支援預報指引項目，由最基本的日/夜間最高/低溫度、降水機率，至每 3 小時間隔的正點溫度、風速與風向預報指引，更近而進行日/夜(半日)定

量降水分類與降水量的預報指引的研發。在中期(Medium Range)預報的發展上，則是應用了本局的 CWB-GFS(Global Forecast System)及 JMA-GFS，2 組中期動力數值預報模式開發出相對應之統計預報產品；主要以逐日(由 24h~192h/8 日)的最高/低溫度與降水機率預報指引為主。期間對於 2 組全球動力數值模式的降尺度至台灣地區的預報特性，有深入的研究與探討(見陳等，2006)。

鑑於動力數值模式的技術、運算能力與氣象觀測精與密等大幅度的快速進步，系集動力數值預報的運作已將預報的時效尺度推升至 384 小時，且對於預報的概念也提升至預報不確定性的議題上，擬藉由系集形式提供未來的可能預報發生的分布趨勢。當然

MDL(Meteorological Development Laboratory)仍在系集 MOS 預報上是居於領先的腳步。但由於全球在預報可信度上，能力尚仍評估止於 10 日為靠之上限。因此，更意味著至 16 日，尚有很大的一段空間需要填補。統計預報所能詮釋的亦僅上於，透過數值模式預報誤差的線性部份予以調降，間接的激發出模式的預報潛力。基本上，仍依重動力數值模式之優/劣來取決預報可信度。以下茲就本局在台灣地區第二週日均溫度之系集統計預報研發、測試結果進行逐步的論述。

## 二、資料來源與研究方法

### (一)、資料來源

本文中採用 NCEP GENS 的系集預報產品(00Z24h~384h)，共 20 組系集預報成員(Ensemble member)及加上一組控制組(Control run)預報產品。資料期限僅 2009 年與 2010 年完整的 2 年資料，由於本研究是在探討冬季(12、1 及 2 月)的模式特性，使用 2009 年 1 月、2 月、12 月及 2010 年 1、2 月，共 5 個月來建立統計模式，並用 2010 年 12 月進行獨立測試。

所使用到的 GEFS 模式的網格點(2.5°\*2.5°)分布見於圖 1 中所示的白色中空圓圈，共採取了 10 個點用以將測站鄰近測站的 4 個格點變數量內插至測站上。所收集的系集動力數值模式預報變數，計有海平面氣壓(MSLP：Mean Sea Level Pressure)、850mb 溫度(T：Temperature)、850mb 東西風(U)、850mb 南北風(V)、700mb 高度(H：Height)、700mb 相對濕度(Rh：Relative humidity)、500mb 高度、250mb 東西風、250mb 南北風與 12 小時累積雨量(TRSR：TeRrain Surface Rainfall)，共 10 組場量變數。

本計劃中被預報元是各個測站的日平均溫度，共採用了約 150 多站，分布全台地區。然本文中僅以台北測站為案例討論之代表。

### (二)、研究方法

研究中所採用的統計預報模式，包含 PP、MOS 兩種模式；所採用的天氣建立描述點：事件啓始(event begin)與事件結束(event end)。所以以下討論中共計運

用了  $PP_b$ (b：begin)、 $MOS_b$ (b：begin)及  $MOS_e$ (e：end)三種模式形式。模式中應用複式迴歸(Multiple Regression)，以向前因子選取(Forward Selection)方式建立預報方程，詳細的描述見於 Neter *et al.* (1983)的教學書籍中。對於在 MOS 模式建立時的第一個主要預報因子的選取，分為情況 1 為各個預報時段自由自預報因子庫中選取最佳的因子，情況 2 則為固定各個預報時段的第一個預報因子，皆為同一個最佳的因子。其目的為提升 MOS 模式的獨立預報的預報穩定度。

而 MOS 式的建立基礎，在本研討中採用了 2 種方式，分別為以歷史系集預報產品的平均值(EMMOS：Ensemble Mean MOS)，及以控制組歷史預報產品(CTMOS：ConTrol MOS)建立模式。再代人 20 個系集預報或控制預報產品，進行預報。

文中所採用的計算量有：迴歸方程的  $R^2$ (Explained Variance)，平均預報狀態的 Bias，預報準確度的 MAE(Mean Absolute Error)，與系集成員預報的分布散度之 Std.(Standard deviation)等運算。

## 三、模式基礎特徵分析

在開發 NCEP GEFS 日平均溫度統計預報指引的首要步驟，是先對 GEFS 模式進行基礎性的瞭解。表一所示的是台北日平均溫度與 10 個 GEFS 的場量數間的相對應各個預報時段的相關係數分布。表中呈現 850T 在相對於各個變數，在不同時段均與台北日均溫度，有著相對最佳的相關趨勢變化。其次是 500H。相關程度到 384h 時，均降到最低狀態，850T 及 500H 都只有 0.23 及 0.24 的相關值，其餘如 850V 與 250V 近乎是 0 值。約略可見 192h(第一週)以內的相關程度有相當的顯著性，192h 之後(第二週)的 GEFS 模式模擬的相關層次下調很多。

圖 2 所表達的是以模式因子自由選取方式，以 GEFS 控組之預報資料，所建立的  $PP_b$  與  $MOS_b$  隨時段變化的分布情形。較為淡灰陰影部份是 MOS 的 MAE 隨時段增加的變化(1.1°C/24h~2.5°C/360h)，而較深灰

部份則是呈現 PP 模式的 MAE 變化(1.1°C/Obj.、1.2°C/24h ~2.8°C/360h)。基本上 MOS 的預報能力比 PP 的為略優些，顯得該數值模式的控制組預報誤差中，屬於線性系統性誤差的成份比例並不高。圖中圓點代表建模的  $R^2$  分布，實心圓點是 PP 模式的建模解釋度，虛心圓點代表 MOS 模式在各個不同時段的建模詮釋程度。由圖中可見隨預報時段的增長，詮釋能力漸降，由最佳狀況約 0.81(Obj.及 24h)至最不佳時約為 0.1(360h)。

#### 四、MOS 建模比較

在 Glahn *et al.*(2009)的論文中討論提到，以 NCEP GEFS 系集預報平均所建立的 MOS 模式之預報能力，相較於以控制預報來建立的 MOS 模式為優。但其中 Glahn 所使用的資料組包含了兩個版本的 GEFS 模式產品，早先的版本是 11 個預報成員，接著改為 21 個預報成員模式。新、舊模式的銜接以每次最佳的前 11 組系集成員為新模式的銜接版本。

本文的討論主要以 MOS<sub>e</sub> 模式的基礎，進行用各個預報時段之系集預報平均(EN/Ensemble mean)與控制組(CT/Control run)，來建立各個預報迴歸方程的模式建模特徵比較。預報方程建立完成後，再將各個對應時段之各別系集成員產品代入，得到各個系集的台北日均溫度預報。再計算出各預報時段之預報偏差(Bias)，系集標準差(EnStd./Ensemble standard deviation)，進行兩組基礎模式的表現比較。

圖 3a 及 3b 分別為上述 2 組模式的建模與測試之 Bias，EnStd.隨預報時段的分布。對於 Bias 部份，格子長條代表 ENMOS，灰陰影長條代表 CTMOS，圖 3a 中顯示隨預報時段增加，2 組的變化幾乎是一致的且值也十分相近，但 ENMOS 較為低一些。圖 3b 則顯得較分歧，大致上 204h 前 ENMOS 的 Bias 值比較少些，之後則顯得反趨勢演化。但基本上圖 3a 與 3b 中的絕對值均在 0.4°C 以內。

圖中的 EnStd.分布，三角形代表 ENMOS 的情形，而空圓圈為 CTMOS 的分布情境。對於各時段的

系集成員預報分散程度，大致上 2 組在建模與測試是一致的，但 2 組間明顯地呈現出約在 228h 之後 ENMOS 的系集預報散度(EnStd.)隨時段增加而加大分散度(約由 1.5 提升至 2.5°C)，相對的 CTMOS 則維持在 1.0 至 1.5°C 的 EnStd.狀態。基於系集標準差的加大，代表預報的分散區間加大，雖然 2 組的 MAE 值分布相似。

#### 五、模式預報度分析

基於上一段的比較，本段所進行的分析選定以固定首要預報因子為 850T 之 CTMOS 模式案例來深入探討。

圖 4 為建模的各個預報時段的預報系集平均(空心圓圈)與單一控制組(實心圓點)的預報與觀測分布形勢，圖 a 為 CTMOS<sub>e</sub> 之 60h 預報分布，圖 b 為 204h、圖 c 為 252h，及圖 d 代表 372h 的分布。基本上 MOS 模式的預報隨預報時段加長，除預報與觀測的對應性降低至 372h 時已乎無關係，約略在達於 252h 時，已不易透露出預報度的提示效益。

圖 5a、b、c 及 d 則分代表測試資料期間的相對應於圖 4 建模的表現，二者的分布有很高的相似度。足證 MOS 模式的獨立預報穩定性，維持模式原有的預報特徵與詮釋能力。圖 6 為慎視圖 4 及 5 中所檢閱之 60h(黑虛線)、204h(灰線)、252h(灰虛線)及 372h(細黑線)等各組預報時段，在獨立測試案例中與觀測值(粗黑線)的逐日預報演化分布。其中圖 6a 為各預報時段的系集預報平均，圖 6b 則呈現單一控制組預報的情形。對 60h 的分布而言，圖 6a、b 中都顯示有著很好的預報能力，除 12 月 26 及 27 日的低溫情形，有預報強度不足之情勢。而 204h、252h 的情形，圖 6a 中顯示在第一波降溫的綜觀變化尚有明顯的預報變化，之後就僅顯示出隨天氣現象變化的趨勢而已；而 372h 的預報變化則僅提供出預報的趨勢。幾乎可說 NCEP GEFS 的第二週，在以內插至測站單點上的 MOS 模式應用而言是沒有足夠明確的綜觀預報信息存在。

#### 六、MOS 系集預報的應用

對於系集預報的使用，最主要的是 NCEP GEFS 系集預報目的在於提供預報的不確定性 (Uncertainty)。圖 7a 及 7b 提供簡易的系集預報產品的不確定性參考資訊運用，分別引用以 12 月 1 日及 10 日 12Z 為啓始的 2 個 GEFS 系集預報的對啓始後 15 日(24h~372h)的台北日均溫預報結果；圖中最粗黑的實線是實際日均溫度觀測值，黑虛線代表 MOS 系集預報的平均值，灰實線代表 PP 系集預報的平均值。圓圈為系集預報的預報極大值，圓點代表系集預報的預報極小值；只是黑色為 MOS 模式，而灰色 PP 模式的結果。基本上，在 MOS 與 PP 模式的系集預報平均值的表現上，大致上是一致且多是符合的。約略的均呈現出 7 至 10 日之內的預報平均有較高的預報度，此範圍之外，雖然 MOS 和 PP 的系集預報平均值仍維持一致的預報回應，但與觀測值多有偏離。此外，檢視系集預報的極值表現，7 至 10 日以內的上、下 2 個模式是近乎一樣的，在此範圍以上 2 個模式的系集預報極大值相當接近，而極小值部份則差距較大，通常 PP 模式預報的最低系集預報值較 MOS 模式的為低。但對於預報參考的上、下含蓋範圍區間而論，又似乎 PP 模式的第二週系集預報分布比 MOS 的更具預報參考的正確性與價值。

## 七、結論

系集預報的發展與應用，是現階段頗具挑戰性的議題。本局對於此領域的涉足，藉由長期預報對第二週預報的定量預報需求，進行初期的探究。系集預報帶出對於預報的事件發生的機率性與預報的不確定性的預報運用方向，某些程度上提升了預報的客觀性，且能更正確的掌握對相對應事物的決策準確性。

透過本文的對 NCEP GEFS 系集預報的計預報模式開發，約可體會到該動力系集模式對台灣地區第二週的預報能力尚十分缺乏參考性。似乎此動力系集模式的預報線性系統性誤差，在整體的模式預報誤差中並不是很重要的成份；亦即尚有很大的開發調整可處理。384 小時的預報已達於 Deterministic range 的上限，對實際預報作業的支援需求仍是不足的。因此，

如何藉由其他方式釋取出數值模式的預報潛能，或是說發覺/開發動力數值預報模式的潛能，成為投資與回報中，最需要的積極表現步驟了。

就 NCEP GEFS 系維模式的動力統計模式開發而言，下一步的目的是如何找出數值模式中第二週綜觀尺度變化信號。或許統計模式中採用大範圍的預報相關因子，可以納入更多的模式中的綜觀訊息。

## 參考文獻

- Bob Glahn, Matthew Peroutka, Jerry Wiedenfeld, John Wagner, Greg Zylstra, Bryan Schuknecht, Bryan Jackson, 2009: MOS Uncertainty Estimates in an Ensemble Framework, *Monthly Weather Review*, Volume 137, Issue 1, 246-268.
- Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983: *Applied linear regression models*. Richard D., Irwin INC., Homewood, Illinois, 547pp.
- 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集編*，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集編*，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。

表一、台北測站日均溫與 10 組 GEFS 場量預報相關值

Tau Pdr .	Obj	24h	96h	192h	288h	360h	384h
MSLP	-0.68	-0.66	-0.63	-0.47	-0.35	-0.31	-0.15
850T	0.87	0.84	0.78	0.65	0.42	0.32	0.23
850U	0.47	0.37	0.32	0.19	0.11	0.08	0.08
850V	0.55	0.56	0.60	0.30	0.04	0.16	-0.06
250U	-0.53	-0.53	-0.53	-0.49	-0.40	-0.28	-0.25
250V	-0.07	-0.04	-0.01	0.05	0.09	-0.09	-0.05
500H	0.66	0.66	0.64	0.53	0.33	0.23	0.24
700H	0.49	0.52	0.47	0.41	0.20	0.08	0.15
700R	-0.11	-0.03	-0.13	-0.16	-0.05	-0.09	-0.03
TRSR	NA	-0.33	-0.31	-0.13	-0.29	-0.15	-0.21

圖1.NCEP GEFS 2.5°\*2.5°格點分布-台灣

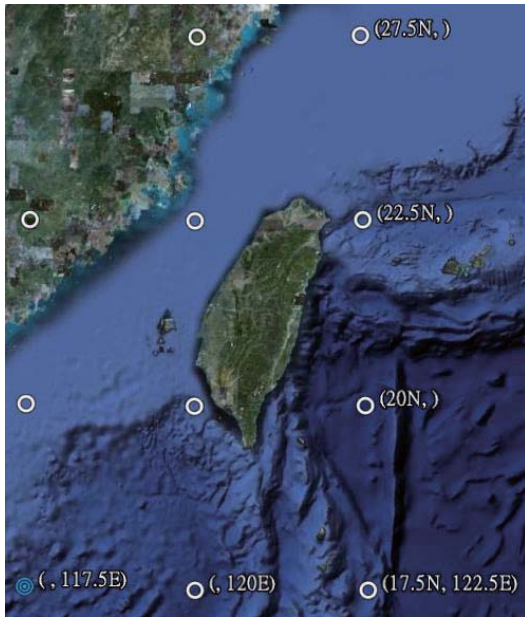


圖2.NCEP GEFS Ctr. MOS<sub>b</sub> vs.PP MAE-46692

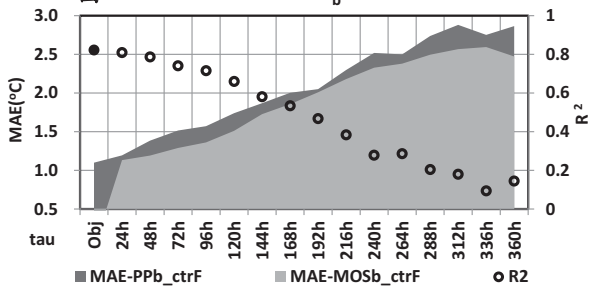


圖3a.NCEP GEFS ENMOS vs CTMOS-Fitting-46692

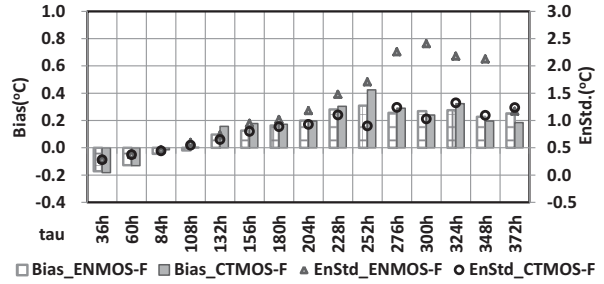


圖3b.NCEP GEFS ENMOS vs CTMOS-Varify-46692

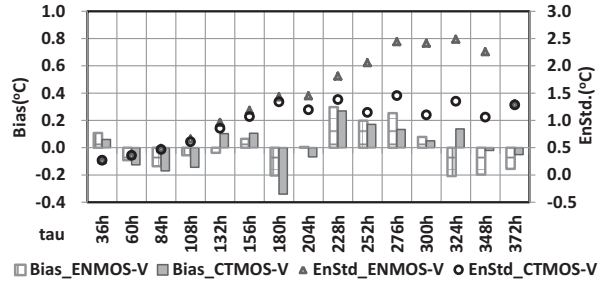


圖4a.MOS-060h-F

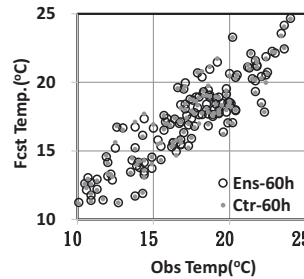


圖4b.MOS-204h-F

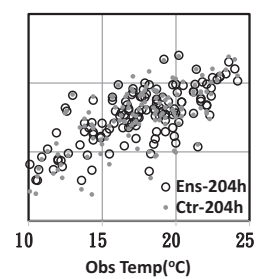


圖4c.MOS-252h-F

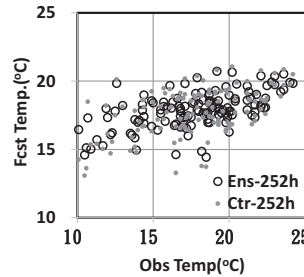


圖4d.MOS-372h-F

