

NCEP GFS與GEFS MOS第1和2週平均溫度預報評比分析

羅存文
科技中心

陳重功

蔡孟峰
預報中心

陳孟詩
第三組

中央氣象局

摘 要

本文主要呈現中央氣象局在第 1、2 週動力統計降尺度溫度預報之技術發展的測試校驗情形。NCEP GFS 的單一預報 MOS 日均溫度與 GEFS 的系集 MOS 預報成員之平均日均溫度，進行第 1 及第 2 週的週平均的評比。兩組預報模式的主要作業預報測試約起自今年 1 月，文中以針對 2、3 及 4 月(春季)的預報校驗為主，各組預報模式均進行逐日 00Z 與 12Z 的預報作業產製，而各別第 1 及第 2 週的週平均(7 日)值(預報及觀測)，以中間第 4 日日期為標示日期。在預報能力上，第 1 週較第 2 週更具預報參考價值；逐日的預報變化趨勢，第 1 週的預報準確性相較極佳，然第 2 週的平均值亦能顯示出其預報的參考性。第 2 週基本上，台北測站觀測約以 17°C 為界，高過的溫度預報不足，低於此溫度的則預報過度；雖然 GFS MOS 模式的建模較 GEFS 的模式在統計量上為優，但獨立作業預報時，GEFS 的系集預報週平均分布卻顯得較 GFS 的分布集中，MOS 模式的預報穩定性相較較高。因此，預報指引仍受存在理論應用與模式結構等的未確定因素所影響，仍有賴各式模式的進步方能更上一層樓。

關鍵詞：MOS、系集預報。

一、前言

本局動力統計預報的二週日均溫預報指引 MOS 模式的開發，主要應用美國 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，每次作業均產製出 21 組未來二週的預報。近年與預報中心長期預報課共同跨足於二週的系集統計預報之開發應用(見李等，2011 及陳等，2011)，對該模式在台灣地區於二週的 MOS 預報基礎開發建置有初步的體認。亦同時檢視預報趨勢調整(見陳等，2012)的評估，對第二週而論，並未達到明的確改進。

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，其主要目的以預報人員的預報作業需求考量，而其中最貼近測站溫度的是 850 百帕的溫度(850T)。為詳盡深入瞭解

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。擬設計引用與 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，以產制台灣區域所需的預報指引。

因此本研究主要在於比較，以 GEFS MOS(850T) (以 850T 為主要預報因子)與 GFS MOS(Free) (以完整預報因子庫進行預報因子自由選取的建模程序)，用以考核 2 組數值模式的第 1 與 2 週的統計預報能力差異程度。由於 2 組 MOS 預報模式作業均啟始於 2014 年 1 月，本研究僅以 2014 年春季(2、3、4 月)的預報產品進行研究分析與探討。

二、資料與研究方法

(一)、資料

本文中採用 NCEP GFS(00Z 及 12Z)的完整預報輸出場量產品(Deterministic run forecast products)，及 GEFS(00Z)的系集預報 10 組場量產品，計有一組控制組(Control run) 及加上 20 組系集預報成員(Ensemble member)的預報產品。2 組數值模式的預報時效均為 00Z024h 至 372h 及 12Z036h 至 384h，每 12h 的預報產品輸出間隔。模式建立資料期限起始於 2009 年 12 月至 2013 年 11 月止。由於本研究是在探討 2014 年春季(2~4 月)的獨立預報檢測分析。

所使用到的 NCEP GFS 與 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。所收集的動力數值模式預報變數，GEFS 系集模式計有海平面氣壓(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；而 GFS 模式則為完整全部的預報場量變數。本文中主要探究的被預報元為台北測站(46692，測站海平面高 5.3 公尺)的日平均溫度。

(二)、研究方法

研究中所採用的統計預報模式，主要以 MOS 為主，動力統計模式中應用複式迴歸，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)的書籍中。MOS 以的 00Z36h、60h、、372h、/12Z24h、48h、、384h 各時段各自建立一組迴歸方程，共 15/16 組。再將所對應時段之各個系集成員或原預報組的相對應變數，代入預報方程中以取得各自的預報指引值。

研究中所採用的第 1 與 2 週的預報指引週平均值，主要定義為各個預報啟始(00/12Z)預報的第 2~8 天超前預報，此 7 天的平均預報值為 1 週的週平均值，同理 9~15 則為第 2 週預報平均值。在對應至週

平均觀測時，以 7 天中的第 4 日為週平均值的代表標定日期定義觀測與預報的對應基準。文中的各月預報校驗評比，主要以各月的 1 日至該月最後一日為各月校驗圍，但同時亦進行探討若以各月 MOS 模式預報作業應用的範圍(該月 13 日至下個月 12 日)進行校驗的情形比較。

文中分析所統計估算量有：迴歸方程的 R^2 (Explained Variance)、平均預報偏差狀態的 Bias、預報準確度的 MAE(Mean Absolute Error)與相關係數(Correlation)等基礎分析運算來進行各項目的量化評比依據。

三、GFS 與 GEFS MOS 模式比較

本研究以中央氣象局現行作業測試的 NCEP GFS 與 GEFS MOS 的 MOS 模式進行預報特性比較。GEFS 引用 00Z 的控制組之 10 組場量變數為選取預報因子範圍建置 MOS 模式，因此預報作業時會產制出 2 組預報產品，分別為控制組的 MOS(GEFS-00Z)-Ctr 與系集平均組的 MOS(GEFS-00Z)-EnsM。而 GFS 則預報產制出 MOS(GFS-00Z)與 MOS(GFS-12Z)2 組預報指引。

圖 2 為台北測站春季 MOS 模式的 R^2 的各預報時段變化。圖 2a. 為 GFS-00Z 的 1 月(黑線)、2 月(藍線)、3 月(綠線)及 4 月(紅線)的逐預報時段的 R^2 分布。顯見整體上，GFS-00Z 的 MOS 模式 R^2 分布隨著月份的增加，會漸次的提升模式對台北測站的日均溫度變異度詮釋能力。尤其以 252h 至 372h 間最為突顯，原 1 月份由約 0.28 降至 0.14，而至 3、4 月時約呈現緩降情勢，平均值在 0.35 附近。此意含第 2 週的模式預報能力春季比冬季為優。同樣由 060h 至 180h(為第 1 週)亦與上述的一致趨勢，但程度上並沒有比第 2 週的情形顯著。

圖 2b. 則為台北測站 3 月的 MOS GFS-00Z(綠斷線)、12Z(綠實線)與 GEFS-00Z(綠點線)等模式的 R^2 隨各時段的分布。由於 GEFS MOS 模式建模受限於僅引用 10 組預報場量，未能充分詮釋測站的日均溫度觀

測變異；而相較於 GFS 的情形，因具備完整的預報因子場量。圖中顯示出很均勻的差異變化，由預報的第 1 日至第 15 日，GFS 的 R^2 均較 GEFS 的 R^2 形勢高出約 0.2 的詮釋能力。

建模期間的 MAE 的上述圖 2a 與 2b 的案例，均與 R^2 的趨勢成相對應的反比呈現，此處未另附圖說明。

四、春季預報分析

本節對於 GFS 與 GEFS 模式春季預報的特性進行比較，表一為 4 種模式案例的 2~4 月之第 1 週的 Cor、MAE、bias 各項統計值。其中明顯的呈現出 GFS 模式組的各項數表現皆較 GEFS 的為佳，主要因素可能源於 GFS 的前 180h 的模式解析度比 GEFS 高約 2 倍；因此具備較高的預報品質。而表二所呈現的與第 1 週的形式是一致的，但各項統計結果顯示 GFS(00Z) 的 2、3 月的 Cor. 是最弱的，3 組的各月 Cor. 值雖不及第 1 週的表現，但均約處於 0.7 上下。MAE 部份以 GFS 的表現較 GEFS 的為佳，而 GFS(12Z) 的預報準確性最優；但 3 月的預報確能力卻是比 2 月、4 月差。Bias 部份除 GEFS 的 4 月的值略高於 1，其餘各組的值均未超過 1；且數值多為負(冷)偏差，4 月較多暖偏差。整體而言，由表一、二可察覺 GFS(12Z) 應具備較優的預報能力。

圖 3a 及 b 分別代表 GFS(00Z) 的第 1 及 2 週的預報與觀測散布趨勢；圖中綠實點是 2 月的分布，綠虛圈為 3 月的，橘十字是代表 4 月分，黑斷線為預報、測試的對稱線。圖 4a 及 b 則為 GEFS(00Z)-EnsM(系集預報平均)相同於圖 3a 及 b 案例。圖中所呈現的散布情境，與表一與二的統計量的特徵是一致的，但同為第 1 週與第 2 週 2 組模式的分布表現卻有不同的狀態。第 1 週 GFS 的分布散度較 GEFS-EnsM 的集中；但在第 2 週則顯出 GEFS-EnsM 的預報分散度比 GFS 的集中，雖然沒有預報與觀測的對稱性比 GFS 差。意味著透過系集化處理，有提升預報、觀測的對應性，

即強化準確對應性。

由 2 組模式的第 1 及 2 週的分布狀況皆顯現出，約在 17°C 觀測值以下多為預報過量，而高於此值則多預報不足的情形。

五、結論

本研究之目的主要在於驗證以 NCEP GFS MOS (Free) 與 GEFS MOS(850T) 的模式，進行預報作業測試的 2014 年春季校驗評比。總評比而論 GFS(12Z) 的統計量化狀況是最佳的，但深入預報散布特徵分布時，卻發覺 GEFS 第 2 週的散布之對應性比 GFS 第 2 週的好許多。圖 5 為採取 GFS 與 GEFS 相對比重混成的平均預報值的觀測對應分布，呈現的情境介於二者的中間，即中和二者的特點，由分布可見 2、3 月的趨勢可應用旋轉的調整，以得到更好的預報；而 4 月則顯得比 2 組模式皆有更值得信賴的預報參考價值。

研究亦對各月份的模式預報與各月份模式的預報的差異，進行探討。圖 6a 及 b 分別是 3 及 4 月的第 2 週的該月(1 日至月底/圓實點)的布，及該月 13 日至下個月 12 日的預報(圓圈-紅色)散布，實點代表該月前 12 日為上個月的模式預報，加上該月模式的其餘預報；而圓圈則是代表完整的單一月份之模式預報。結果顯示，3 月對稱的趨勢略有改進，而 4 月則反而是單一模式預報的對應程度顯得很差。上述結果意味著可能建模月份的後端延伸範圍需調整，或單純的顯示 2014 年 4 月的年際變化度與建模的不一致。

第 2 週區域性預報的預報能力提升，透過本研究的探討，雖未有實質的改進方向或方法，但亦足見以目前的分析顯出其深具可觸及的預報潛能，只待去詮釋與表達出來。

參考文獻

Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983 :
Applied linear regression models · Richard D. ,
Irwin INC. , Homewood , Illinois , 547pp .

直直陳重功、羅存文、李柏宏、賈新興、陳孟師與王嬾蘭，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、王嬾蘭、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、陳孟師與王嬾蘭，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。

表一、NCEP GFS 與 GEFS 之台北測站 2014 年 2、3、4 月 MOS 日均溫度預報第 1 週的各項統計校驗評比值

Week-1	GFS		GEFS(00Z)	
	00Z	12Z	EnsM	Ctr
Feb-cor	0.93	0.91	0.83	0.83
Mar-cor	0.92	0.93	0.87	0.83
Apr-cor	0.91	0.93	0.91	0.89
Feb-MAE	1.25	1.24	1.44	1.46
Mar-MAE	1.46	1.34	1.87	1.90
Apr-MAE	0.90	0.70	0.58	0.64
Feb-bias	0.35	0.25	0.68	0.67
Mar-bias	-0.57	-0.40	-0.35	-0.44
Apr-bias	-0.12	-0.02	0.10	0.06

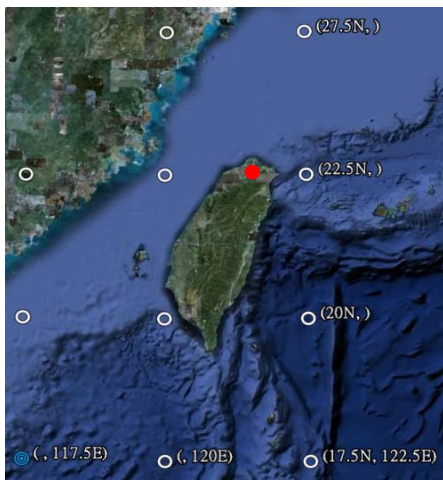


圖1. NCEP GFS與GEFS引用之格點分布，共10個格點，左下角之藍色圓圈，僅供指示參考經度，紅點為台北測站位置。

表二、同表一，但為第二週之案例校驗評比。

Week-2	GFS		GEFS(00Z)	
	00Z	12Z	EnsM	Ctr
Feb-cor	0.68	0.72	0.72	0.72
Mar-cor	0.50	0.67	0.69	0.69
Apr-cor	0.78	0.77	0.72	0.72
Feb-MAE	1.60	1.53	2.10	1.98
Mar-MAE	2.01	1.66	2.00	1.87
Apr-MAE	1.20	0.99	1.17	1.21
Feb-bias	0.11	-0.26	0.55	0.80
Mar-bias	-0.56	-0.35	-0.35	-0.57
Apr-bias	-0.55	-0.31	-1.04	-0.96

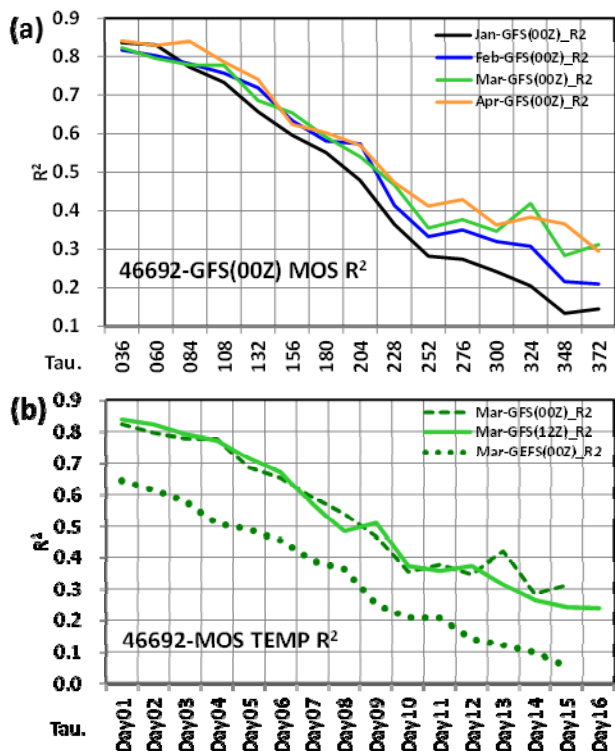


圖2. NCEP GFS與GEFS MOS日均溫度模式的 R^2 逐時段分布，(a)為GFS(00Z)的1至4月之逐月變化，(b)為GEFS(00Z)與GFS(00Z)、(12Z)的比較。

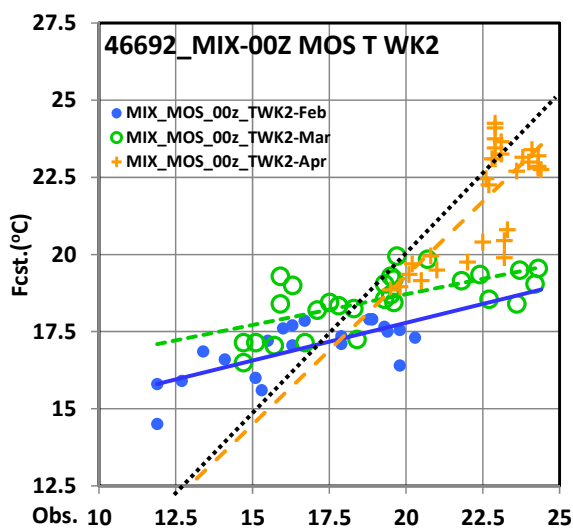


圖5. 台北測站2014年2~4月的NCEP GFS(00Z) MOS與GEFS(00Z) Ensemble MOS之第2週的預報平均值與相對應觀測值對比。

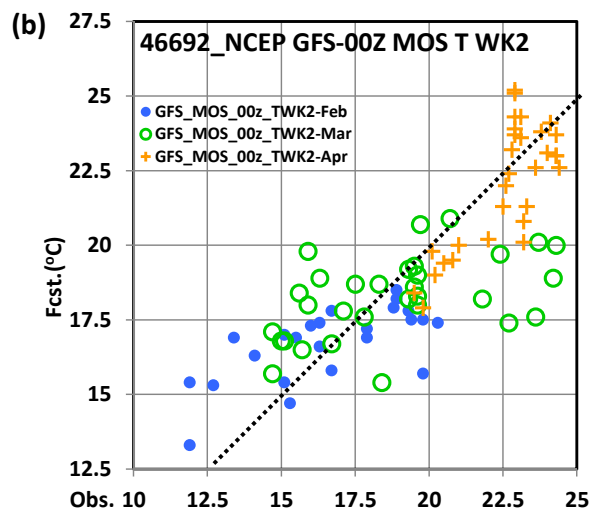
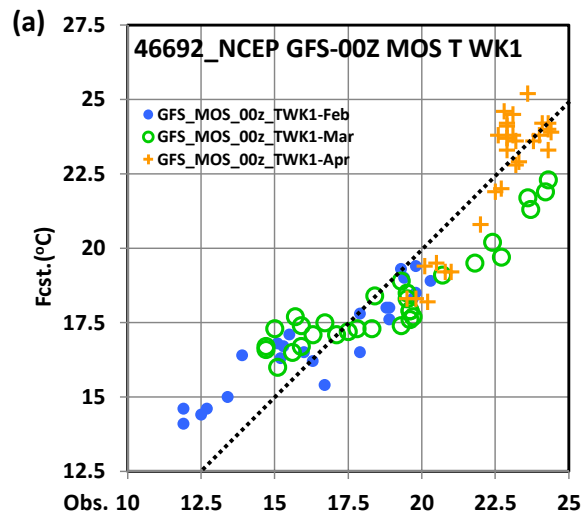


圖3. 台北測站之NCEP GFS(00Z) MOS日均溫度預報的2014年2~4月逐日預報週平均之預報與觀測對應分布；(a)為第1週、(b)為2週的情形。

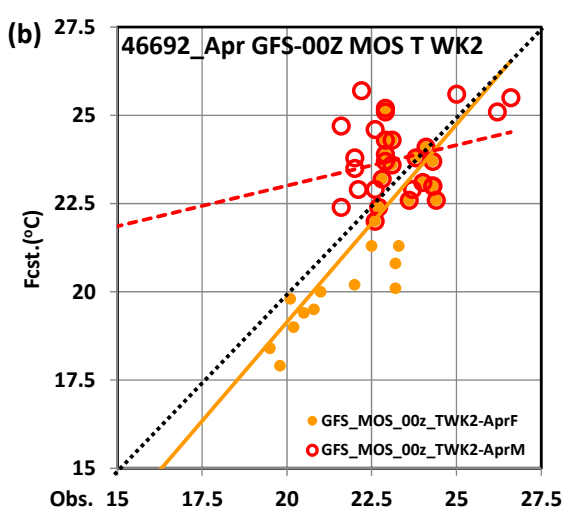
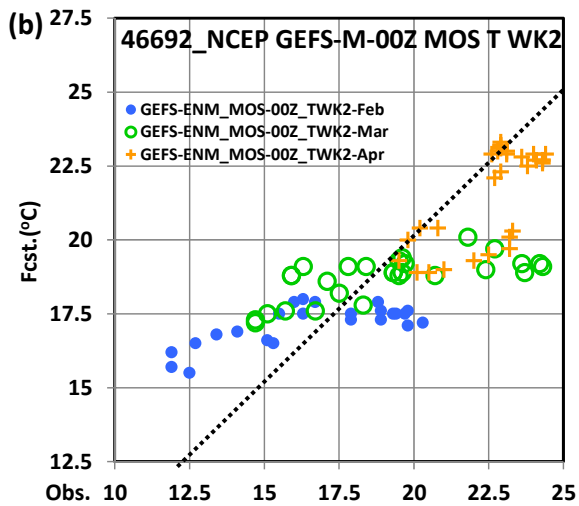
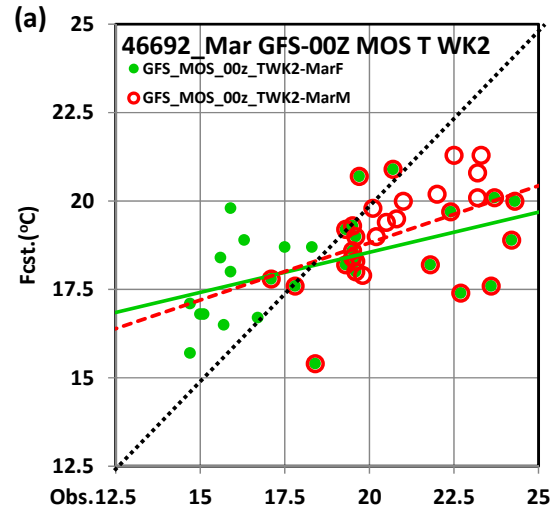
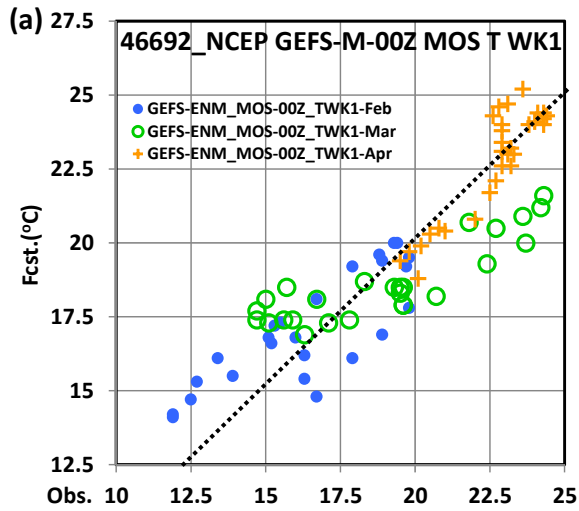


圖4. 與圖3同，但為NCEP GEFS(00Z) Ensemble MOS預報平均值；(a)第1週、(b)為第2週。

圖6. NCEP GFS(00Z) MOS日均溫度第2週預報平均的該月期間與該月模式預報期間與觀測對比分布情形，(a)為2014年3月，(b)為2014年4月。