

# 中央氣象局第二週NCEP GFS MOS日均溫度預報模式開發探討

蔡孟峰  
預報中心

陳孟詩  
第三組

陳重功  
科技中心

羅存文

中央氣象局

## 摘 要

因於系集預報預報產品的大量，及提升本局於第二週動力統計預報的預報能力，藉由本研究評估 NCEP GFS 與 GEFS 預報能力的差異。目的在於引用單一的 GFS 預報產品來建立 MOS(Model Output Statistic)模式，進而代入 GEFS 系集預報產品來產製系集統計預報模式作業。以克服降低儲存量與縮減前端資料傳輸時間，達到預報作業即時支援的效益。

研究中透過以台北測站冬季為例，建置與現行線上預報作業的 GEFS 日平均溫度 2 週預報相同的預報因子場量，及建模期間之 GFS 的 MOS 日平均溫度預報模式，進行 2 組模式建置的基本統計量評比；同時亦比較獨立預報測試。結果均顯示在相等的條件下，2 組模式建模特性與預報測試的情境是近於一樣。研究中更進一步測試完整建置的 GFS 日平均溫度 MOS 模式，和 PFP(Perfect Prog.)及 MDO(Model Direct Output) 2 組模式進行預報測試比較，顯示出冬季 NCEP GFS 模式在台灣地區的近地面層的溫度預報，具有極佳的線性系統性預報誤差特性，本質上深具預報作業參考的潛力。

而 NCEP GFS 及 GEFS MOS 模式的第 2 週預報能力，基本上以週平均為考量，具備預報的潛在參考價值。並透過 1、2 週的預報關係，提供確切的預報趨勢。然而提升數值模式的預報能力仍是最基本的不變主軸。

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，共產制出 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，並未有明顯的改進。

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。本研究設計引用與 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，GEFS 與 GFS 在相同 MOS 建模條件下，考核 2 組數值模式的統計預報能力差異程度。以期瞭解 GFS 是否有能力詮釋 GEFS 系集預報的不確定性。

## 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 00Z24h 至 384h，每 12h 的預報產品輸出間隔。資料期限起始於 2008 年 12 月至 2012 年 1 月止。由於本研究是在探討冬季的模式特性，而由圖 1 為近年台北測站之各月平均溫度與月的標準偏差分布，僅定義以 12 月及 1 月代表冬季。並以前 3 年(2008~2011)的資料建置模式，及 2012 的資料進行獨立預報檢測。

所使用到的 NCEP GFS 與 GEFS 模式的網格點(2.5°\*2.5°)分布見於圖 2 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 模式則為全部的場量變數。

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。所選取之資料期限與 NCEP GFS 及 GEFS 的一致。

## (二)、研究方法

研究中所採用的統計預報模式，主要以 MOS 為主，亦引用 PFP 及 MDO。動力統計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)的書籍中。PFP 模式以被預報事件的起端(00Z)為建模式的時間點。而 MOS 則以的 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。

文中所採用的統計估算量有：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)，及標準偏差(Standard Deviation)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

NCEP GFS 與 GEFS MOS 的模式比較，限定於固定在以 GEFS 所用之 10 組場量變數為選取預報因子範圍，所建置的模式。2 組 NCEP MOS 模式的主要預報因子，在各個預報時段皆為 850T。其中 GEFS 模式取用控制組(Control Run)的預報產品，來建立 MOS 模式。圖 3 為台北測站(站碼：46692)冬季建模分析，圖 3.(a)為模式預報方程的變方差詮譯度( $R^2$ )分布、(b)與(c)分別為建模與測試期間的 MAE 分布情形。其中綠線為 GEFS(850T) MOS，藍線為 GFS(850T)，2 組預報方程的主要預報因子，皆為 850T；而紅線代表完全預報因子自由選取方式的 GFS MOS 模式；所選取得的首要預報因子，在全部 2 週中 T2m(離地 2 公尺高的溫度)佔 95%，僅 2~3 組是近低層厚度差或 1000 百帕溫度。以下稱 GFS(Free)

圖 3.(a)中  $R^2$  的隨預報時段由近於 0.8 漸降至 0.5 時，GEFS 模式預報時段到達 180h，而相同的值(0.5)GFS 則延至 204h，略延長 24h。至 300h 時，GFS 的表現降至 0.1，且隨時段延伸降至更低值；而 GEFS 在 300h 時約 0.17，並隨時段增加仍處於 0.1 之上。圖中伴隨的紅線是 GFS(Free)，由於預報因子的充足，由 0.85(36h)的表現至 180h 時尚有 0.6，及至 300h 以後大致在 0.3~0.25 之間。相對應的 3 組模式的隨預報時段分布的 MAE，呈現在圖 3.(b)與(a)中的各別趨勢為相反的對應形勢；對 GFS(850T)與 GEFS(850T)大致由 1.1°C 漸加水至 2.5°C 的預報誤差量。GFS(Free)則大致在每個預報時段點，都提升了 0.25°C 的預報準確度。

圖 3.(c)是獨立預報測試的分布情形，GFS(850T)與 GEFS(850T)的各時段全程預報準確度，基本上顯得

十分一致，約略由  $1.0^{\circ}\text{C}$  漸增至  $2.25^{\circ}\text{C}$ ，比模式建模期表現的預報評估更準確約  $0.25^{\circ}\text{C}$ 。但 GFS(Free)的測試預報情形，卻較建模評估時顯得更加止穩定。由 36h 至 180h，MAE 由  $1.13^{\circ}\text{C}$  加速增加到  $2.0^{\circ}\text{C}$ ，比建模時在 180h( $1.75^{\circ}\text{C}$ )誤差加大了  $0.25^{\circ}\text{C}$ ，204h 之後(第 2 週)差值形成較大幅度振盪的增加，約在  $1.8^{\circ}\text{C}$  至  $2.5^{\circ}\text{C}$  的預報誤差範圍間。大致上，預報測試的分布第 1 週的預報誤差增加率較大，相較於建模時；第 2 週則呈現相對於 1 週為十分緩增的平緩情形，突顯出 1 及 2 週存在明顯的預報能力差異特徵。

在預報測試時，引用 GEFS 的控制組預報(圖 4 中的斷線)與各系集成員的預報(圖 4 中實線代表系集預報平均值)值，代入 GFS(850T)(紅色)及 GEFS(850T)(藍色)的報方程中，進行預報測試作業。圖 4 為報測試的控制組的預報與系集預報平均的(a)相關程度及(b)平均預報偏差，遼報時段的預報分布。由圖 4.(a)顯示在 132h 以內，控制組預報與系集預報平均的相關情形近於一致，由 0.88 漸降至 0.75。156h 之後系集預報平均的相關情形漸次優於控制組，在 204h 至 276h 間差異最劇，最大差異發生在 276h，各別是 0.38(系集平均)與 0.1(控制組)，324h 之後顯得缺乏預報的實際參考價值，甚至到頁相關趨勢。而大致上 GFS 較 GEFS 的表現略好些。預報誤差(MAE)的情形，大致與相關程度的形勢是呈反向的一致性。圖 4.(b)是 bias 的分布，GEFS 主要呈現出正偏差形勢，36h 至 108h 間，由  $-0.2^{\circ}\text{C}$  增至  $0.2^{\circ}\text{C}$ ，再由 108h 到 180h 時，約處於  $0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}$  之間變化；而 180h 到 276h 之間，呈現最大正偏差值  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，276h 之後逐漸降至  $0.1\sim -0.2^{\circ}\text{C}$  間。而 GFS 基本上與 GEFS 的隨時段演化形狀一樣，但主要顯示出負偏差的狀態，僅 180h~276h 間為正偏差，最大值為  $0.2^{\circ}\text{C}$ ，整體上變化多處於  $-0.6\sim -0.3^{\circ}\text{C}$  之間。在 bias 的分布上，各別模式的控制組與系集預報平均擊是一致的量值。形勢上，GFS 預報測試，偏預報不足，但 GEFS 則偏預報過度，但都僅於輕微的量值 ( $0.5\sim -0.6^{\circ}\text{C}$ )。

在冬季期間，寒潮侵襲是重要的預報能力檢視天

候。圖 5.1.與 5.2.為 2012 年 12 月 20 日及 27 日 00Z 的(a)GFS(850T)與(b)GEFS(850T)的 2 週預報案例，寒潮爆發於 12 月 30 日，台北測站溫度約達  $10^{\circ}\text{C}$ 。圖中各式標示見於圖說。整體而論，圖 5.1.中 GFS(850T)與 GEFS(850T)表現近擊一致，無論是控制組或系集平均值，均顯示出 1 週(36~180h)內的預報能力極優，但進入第 2 週的預報範圍，則僅顯出趨勢略為符合，但準確性極差。圖 5.2.為寒潮發生在 1 週時，基本上 2 組模式在 1 週的表現，仍能維持預報的參考性；但提前至 156h 開始至第 21 週末了，雖整週平均狀態與觀測值差異不深，但預報趨勢變化則是與觀測呈反相。另外，探究各預報時段的系集成員分散度(Standard Deviation)，20 日的案例 2 組模式均顯示，於 1 週系集預報散度皆較第 2 週低，27 日的案例雖維持相同的形勢，但散度均較 20 日的值低且平穩，並且兩週間的差異亦較輕微些。因此整體而論，GFS 與 GEFS 在第 2 週的表現是一致，引用 GFS 建模式用 GEFS 產品進行預報是可執行的方式。

#### 四、GFS MOS 模式分析

經由上述的 GFS 與 GEFS 模式預報特性比較結果，本節將延續對 GFS 的預報特徵進一步探究。主要比較 GFS 模式的 MDO(圖 6 中綠色線)的 T2M 值、PFP GFS(Free)(圖 6 中藍色線)與 MOS GFS(Free) (圖 6 中紅色線)的台北測站冬季獨立預報測試。圖 6 為 3 組模式預報的(a)相關程度及(b)bias 的逐預報時段演化分布情形。圖 6.(a)顯示 3 組模式的相關程度值，變化近擊一致，由約 0.88 的相關值漸降至 0.0。大致上 168h~240h 時段間變化平坦( $\sim 0.5$ )。由 168h 以下，略顯出 MDO 與 PFP 較 MOS 預報相關性高些。而圖 6.(b)若忽略 168h 的模式 bias，MOS 顯現出負 bias 值，變化平緩約集中於  $-0.4^{\circ}\text{C}$ 。PFP 的 bias 值由  $-0.^{\circ}\text{C}$  8 逐漸演化至  $+0.5^{\circ}\text{C}$ 。而 MDO 的 bias 值最大，由  $+0.5^{\circ}\text{C}$  漸增至  $1.5^{\circ}\text{C}$ 。MDO 與 PFP 的演化趨勢是一致的，而 MOS 模式的特性有效的降低 bias，較接近 un-bias，同時維持值的特性。

圖 7 為此 3 組模式的(a)2012 年 12 月 20 日與(b)27 日 00Z 的寒潮預報分布。基本上預報能力與上一節所

討論的情境是一致的。由圖中顯示出 MDO 在(a)中的第 1 週有相當高的預報參考性，但在(b)中則顯出預報過度的特徵。但由 2 個案例中可得知，對 NCEP GFS 而言，PPF 在冬季與 MOS 的表現相當，深具預報作業參考價值。

## 五、結論

本研究之目的主要在於驗證以 NCEP GFS 模式，代替 GEFS 模式建立台灣地區的日平均溫度 MOS 預報模式，進而引用 GEFS 的系集預報產品，進行 GFS 的系集 MOS 溫度預報指引產出支援預報作業之可行性評估。透過 GFS(850T)與 GEFS(850T)的模式基礎分析，當限定以相同的場量建置模式時，2 組模式的表現是一致的。而 GFS(Free)的表現則確實優於限定場量時的模式表現。

在使用單一數值模式所建置的 MOS 模式預報與代入系集成員的預報平均的統計項目比較中，證實當採用適當的系集預報產品時，預報呈現出較緩和的預報差異性；同時在預報趨勢、平均偏差，以至於準確度都具備較佳的結果。在冬季劇烈天候的預報掌握上，第 2 週雖仍不及於對逐日天氣有足夠的描述能力，但在週平均的預報層面，亦具備相當高的預報參考性。NCEP GFS 在預報時段 180h 前，較 GEFS 模式具備較細的運算解析度，然而相對於 GEFS，採用 GFS 實質上更加強化了第 1 週的預報掌握程度，同時由本研究中亦充分的顯示，以 GFS MOS 代入 GEFS 系集預報，並無造成第 2 週的預報力之負向影響。

研究中透過比較 GFS MOD、PPF 及 MOS 等模式的預報特性，證實 GFS 的在台灣附近之 T2m 冬季預報，具備相當穩定的線性系統性預報誤差，突顯出該數值模式在台灣地區的近地面溫度與低層厚度場，是有效的溫度預報參考指標。當然，提升數值模式的預報模擬能力是首要的重點；但同時更應深入考量統計預報作業，在顧及數值模式加速改進與資源需求相對急劇地擴大的情勢下，如何有效的協助落實預報作業及模式效益？是動力統計模式發展所面臨的重要挑

戰。

## 參考文獻

- Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983 : Applied linear regression models · Richard D. , Irwin INC. , Homewood , Illinois , 547pp .
- 陳重功、羅存文、李柏宏、賈新興、陳孟師與王嫵蘭，2011：CWB 2<sup>nd</sup> 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 2<sup>nd</sup> 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 2<sup>nd</sup> 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。

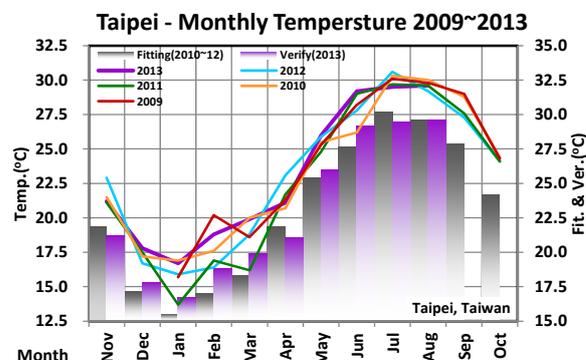


圖1. 台北測站最近5年(2009~2010)逐月之月平均溫度分布(曲線)；灰色長條代表模式建模(2009~2012)的各月平均，而紫色長條則為模式校驗各月平均。



圖2. 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。

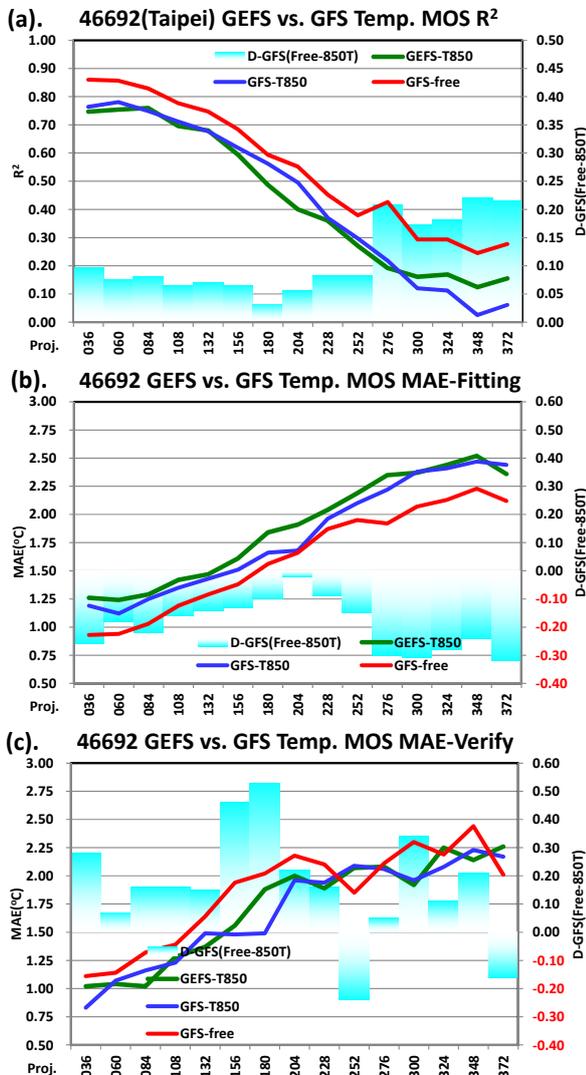


圖3. 台北測站的以850T為首要預報因子的NCEP GEFS與GFS MOS日平均溫度模式，及預報因子自由選取之NCEP GFS MOS 模式的各預報時段的(a).R<sup>2</sup>，MAE在(b).建模與(c).檢驗期間的分布。

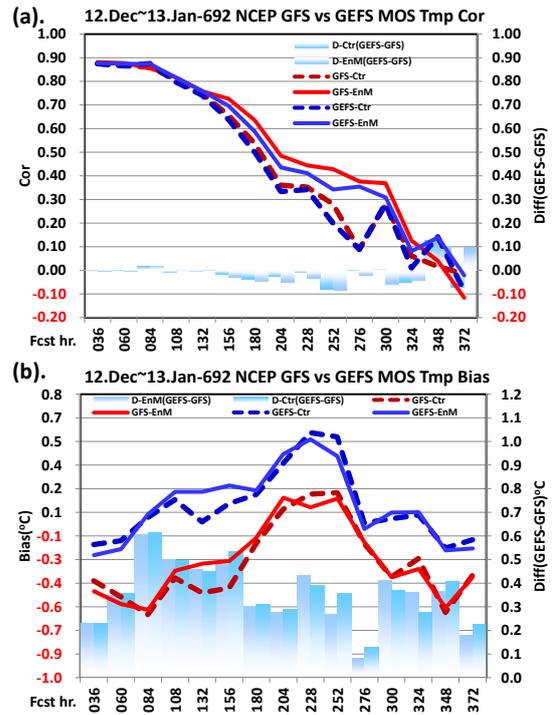


圖4. 台北測站的以850T為首要預報因子的NCEP GEFS與GFS MOS日平均溫度模式測試校驗比較，(a).相關程度，(b).bias之各預報時段間的分布。

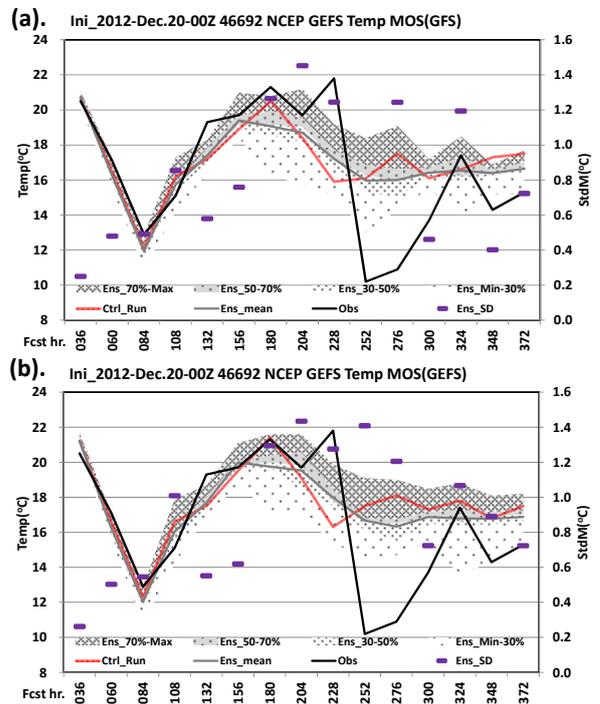


圖5.1. 台北測站2012年12月20日00Z的(a)GFS(850T)與(b)GEFS(850T)的2週系集預報分布。圖中黑線為觀測值、紅線為建模預報值、灰線為系集平均值，深淺陰影區域為系集成員預報範圍；紫色橫點為系集分布散度-std.)。

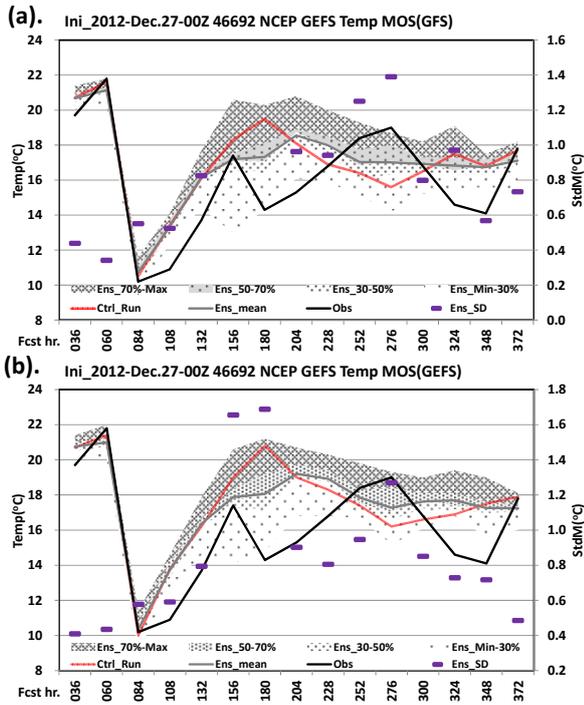


圖5.2. 同圖5.1.的案例，但為2012年12月27日00Z 的報案例。

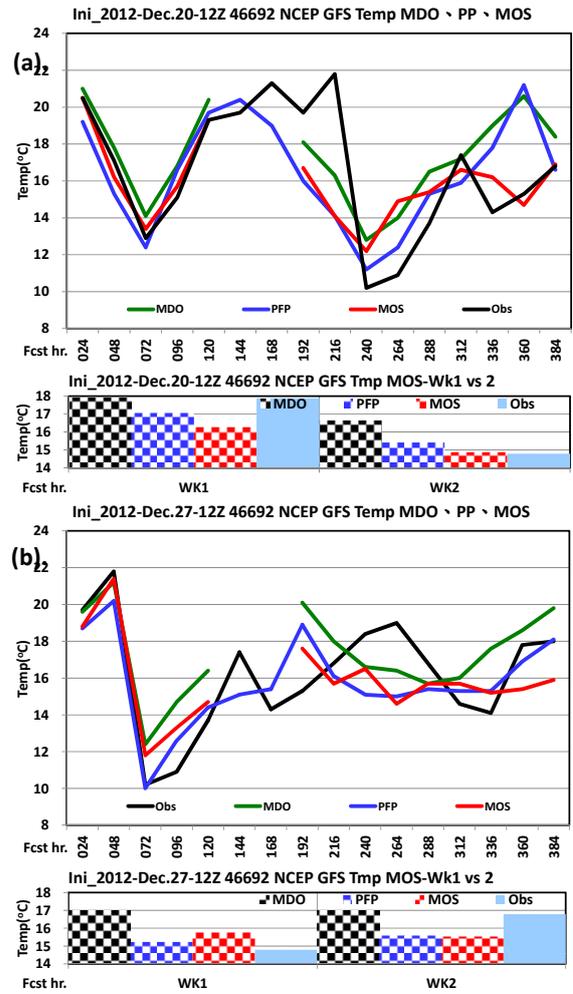


圖7. 台北測站的自由選取預報因子之NCEP GFS MOS(紅線)、PFP(藍線)日平均溫度模式與GFS T2M逐時段預報之 (a).2012年12月20日00Z與(b).21日00Z的案例。

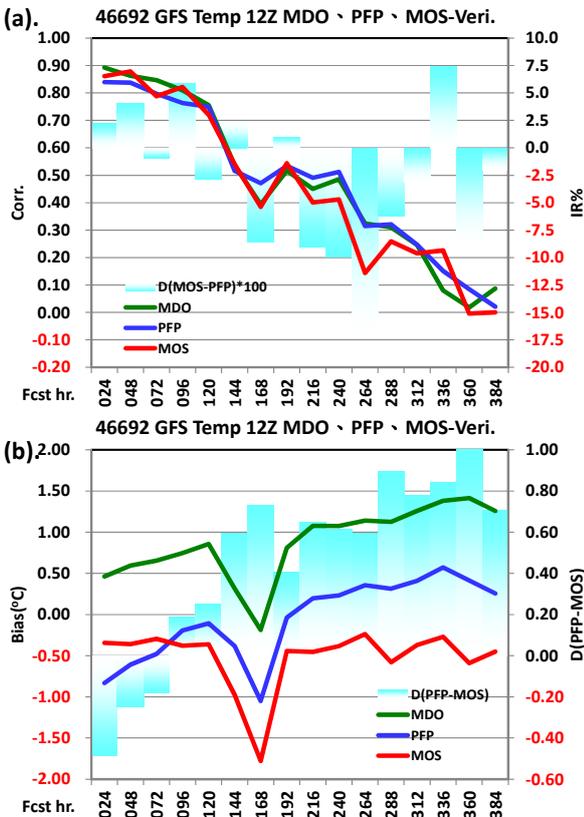


圖6. 台北測站的自由選取預報因子之NCEP GFS MOS(紅線)、PFP(藍線)日平均溫度模式與GFS T2M預報逐時段之 (a).相關程度，(b).bias的比較分布。