

CWB 2nd Week日均溫MOS系集預報模式開發之技術探討(I)

李柏宏

賈新興

陳孟詩

王嫻蘭

陳重功

羅存文

中央氣象局預報中心

中央氣象局預報中心

摘要

本文主要呈現中央氣象局，二週系集動力統計降尺度溫度預報之技術發展。所使用的統計降尺度方法，主要是延續本局短、中期 MOS 模式的定量溫度預報作為開發之技術基礎，並引用 NCEP 的 GEFS 預報產品進行模式開發，以期能提升與激發 GEFS 模式預報的最大預報潛勢，達到最佳的預報作業指引功能。文中闡明 MOS 模式的開發推演論述，與預報模式之結構討論，並藉由前進選擇變數法選取各預報時段之預報因子。另外以平均絕對誤差、技術得分、偏差，評比控制組與系集平均各別建立之 MOS 模式，預報台北站均溫的差異。經由初步的探討，在目前 MOS 模式二週預報的發展上，可能傾向使用控制組資料建立 MOS 模式，M1 方式進行預報的方向持續發展。

關鍵字：統計降尺度，MOS 定量溫度預報、系集模式預報資料、長期預報。

一、前言

在實際天氣預報作業上，以 Glahn 和 Lowry (1972) 發展的 MOS (model output statistic) 模式，與 Klein 等 (1959) 發展的 PP (perfect prog.) 模式，這兩種方法最被廣為使用。而 MOS 模式與 PP 模式在觀念上最主要的差異在於，MOS 模式使用特定的動力數值預報模式之各個預報時段的模擬大氣環流場的歷史資料，來了解各別預報時段的大氣環流場與特定區域地面天氣變數 (surface weather variables) 的相關情形；PP 模式則使用長期的客觀分析場來了解影響特定區域地面天氣變數的相關大氣環流因素，並建立起迴歸相關方程 (陳等，2000)。在 1989 年，Carter 等經由長期的分析，顯示出 MOS 模式比 PP 模式具有更準確的預報能力；而 Vislocky 和 Fritsch 在 1997 年，觀察到 MOS 模式的預報技術穩定度優於作業預報員，尤其當拉長超前預報時間時，預報技術穩定度上的差異更為顯著 (Baars 和 Mass，2005)，而 MOS 模式在中尺度的應用上也被證實具有相當的實用價值 (Hart 等，2004)。另外，MOS 模式具有自動修正動力數值預報模式，所產生的預報偏差與系統性的誤差的特性 (Dallavalle，1988)。

在中央氣象局的 MOS 模式發展上，主要使用中央氣象局的 LAFS (Limited Areal Forecast System) 動力數值預報產

品，進行相關的天氣預報作業，相關的探討文獻有陳和羅等 (2005)、陳和羅 (2001，2003，2009)。而近年來，為了考量動力數值預報模式初始場資料的不確定性，各國的預報作業中心分別發展出系集數值預報模式 (ensemble forecasting system)，系集數值預報模式是藉由產生些許的擾動至初始場 (initial state)，在產生出的這些初始場下，對未來的天氣進行超前預報 (Toth 和 Kalnay，1993)，而系集數值預報模式也被應用在 MOS 模式中，如 Daniel 等，2007、David 等，2009、Bob 等，2009。

本文主要是延續本局短、中期 MOS 模式的定量溫度預報，作為模式開發之技術基礎並引用 NCEP (National Centers for Environmental Prediction) 的 GEFS (Global Ensemble Forecast System) 系集預報產品進行二週 MOS 模式溫度預報之技術發展，文中並以台北測站均溫作為代表站，呈現技術發展的結果。本文的架構如下，第二章說明資料來源、MOS 模式建立和預報方式，第三章為資料分析，第四章為結論。

二、資料來源和研究方法

(一) 資料來源

本文使用台北觀測站2009至2010年冬季日均溫度資料，而冬季定義為每年的1月、2月、12月。另外使用2009至2010年，NCEP所發展之GEFS系集預報資料。GEFS系集預報資料中包含20個系集成員及單一控制組(Control Run)，格點尺度為2.5度x 2.5度，並由起始(00)後每12小時超前預報至384小時，預報長度達15天。層場變數方面，採用海平面氣壓場、850百帕溫度場、850百帕東西風場、850百帕南北風場、250百帕東西風場、250百帕南北風場、500百帕高度場、700百帕高度場、700百帕相對濕度場、累積雨量場，此10個大氣層場資料。

此外，台北測站之預報方程中的預報因子，均由10個大氣層場資料鄰近台北測站之4個網格資料，內插至台北觀測站位置產生。

(二) 研究方法

1. MOS模式

MOS模式主要是在各個相對應的超前預報時段，藉由多元迴歸模型(multiple regression model)建立動力數值預報模式資料和觀測資料(如溫度、降雨量、風速、風向)間的統計相關性。其中，觀測資料稱為反應變數(dependent variables)，而數值模式預報層場資料則稱為解釋變數(independent variables)。

令觀測資料 y_{ij} 為在數值模式超前預報時段 j 所對應的觀測資料；而 x_{ijk} 為第 k 個層場之格點內插值，且其超前預報時段為 j 其中， $i = 1 \cdots N(j)$ 、 $j = 1 \cdots J$ 、 $k = 1 \cdots K$ 。 $N(j)$ 代表在超前預報時間 j 時的樣本個數。 J 代表超前預報時間長度，即 $j = 1$ ，為超前12小時預報； $j = 2$ ，為超前24小時預報，以此規則至 $j = J$ 、 K 則代表所採用的層場個數。

則各個超前預報時段多元迴歸模型為，

$$y_{ij} = \beta_{j0}x_{ij1} + \beta_{j1}x_{ij2} + \cdots + \beta_{jK}x_{ijK} + \varepsilon_{ij} \quad ,$$

$\varepsilon_{ij} \sim (0, \sigma^2)$ ， ε_{ij} 為一平均數為0、變異數為 σ^2 的白噪音(white noise)。

模型中的參數 $\beta_j = (\beta_{j0}, \beta_{j1}, \dots, \beta_{jK})$ 則使用最小平

方法(least squares method)進行估計。

在建立多元迴歸模型的過程中，必需選出一些對反應變數有影響的解釋變數，而選擇的解釋變數越多，多元迴歸模型的解釋度會愈高，但解釋變數過多會產生過度擬合(over fitting)的問題；另外，若解釋變數間存在共線性(multicollinearity)時，會造成迴歸參數 β_{sj} 的估計量變異較

大。而經常被使用來選擇有影響力的解釋變數和合適的解釋變數個數的方式有，前進變數選擇法(forward selection procedure)、後退變數選擇法(backward selection procedure)、逐步變數選擇法(stepwise selection procedure)，本研究採用前進變數選擇法，作為MOS模式技術開發工具。

2. MOS模式之預報方式

在建立MOS模式後，考慮兩種預報方式。第一種方式是將20個系集成員預報資料分別帶入所建構的MOS模式，並將得到之20個MOS模式預報值平均，作為MOS模式系集預報值；第二種方式則為傳統的MOS模式預報方式。以下文中稱第一種MOS模式預報方式為M1，而第二種MOS模式預報方式為M2。

三、資料分析

本章探討使用2009年1月、2月、12月和2010年1月、2月，五個月的GEFS控制組資料和系集平均(ensemble mean)資料，與台北測站此五個月的冬季日均溫資料，分別建構MOS模式。並使用2010年12月的台北測站日均溫資料進行預報校驗，觀察以這兩種方式建置MOS模式，與採用兩種預報方式(M1、M2)的差異。校驗準則使用平均絕對誤差(mean absolute error; MAE)，平均絕對誤差計算方式為，假設觀測資料為 o_i 、模型推估值為 f_i ，其中

$i = 1 \cdots n$ ，則，

$$\text{平均絕對誤差} = \frac{\sum_{i=1}^n |o_i - f_i|}{n}。$$

在比較方法預報能力上，使用技術得分(skill scores)作為評斷準則。技術得分的計算方式為，假設兩個不同模型的MAE，分別為 $MAE1$ 和 $MAE2$ ，則技術得分的計算方法為，

$$\text{技術得分} = \frac{MAE1 - MAE2}{MAE1} \times 100\%。$$

另外，也觀察不同方式預報之偏差(bias)狀況，偏差

$$bias = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - f_i)}{n}$$

的計算方式為，

圖一呈現兩種建立MOS模式與兩種預報方式之校驗結果和技術得分變化，觀察圖一(a)，使用M1預報方式之MAE，除了在超前預報第3、4、7、8天和M2預報方式相差不大外，其餘超前預報天數上，都較M2之預報方式較佳，相對應之技術得分也是呈現相同的結果。圖一(b)和圖一(a)的結果相似，M1預報方式除了在超前預報第3和4天，MAE都較M2之預報方式較佳，技術得分也較高。圖一(c)比較控制組和系集平均資料建立MOS模式，採用M1預報方式的差異，除了超前預報第10天外，使用控制組資料或系集平均資料建立的MOS模式MAE相差不大。圖一(d)則比較控制組和系集平均資料，採用M2預報方式的差異，除了在超前預報第10天，控制組資料所建立之MOS模式MAE都較小。因此由圖一(a)、(b)、(c)、(d)觀察，使用控制組或系集平均資料，採用M1的預報方式所得之MAE大多較小，並且MAE的增長較為穩定，而M2的預報方式所得之MAE增長較快，尤其從超前預報第8天後的變化較大。而採用M1或M2之預報方式，在控制組資料下建立之MOS模式表現則較佳；同樣的，MAE的增長較為穩定。圖二呈現兩種建立MOS模式與兩種預報方式之預報偏差變化，圖二(a)、(b)、(c)、(d)中，在超前預報1至8天都呈現冷偏差(cold bias)，在9至15天則呈現暖偏差(warm bias)，其中以控制組資料建立之MOS模式和M1方式進行預報之偏差度較小。觀察圖三，兩種建立MOS模式與兩種預報方式和觀測值之相關係數，在超前預報第1至8天，相關係數都維持在0.6以上，而超前預報第8天後，相關係數下降的非常快，採用M1之預報方式，大致維持在0.35至0.5之間，而採用M2之預報方式，超前預報第9至12天維持在0.2至0.4，但在超前預報第13至15天，則維持-0.2和0.2之間。

歸納上述探討，以控制組資料建立之MOS模式和M1方式進行預報的校驗結果較佳，和觀測值的相關係數也較其餘三種方式來的高且變化穩定。

四、結論

藉由GEFS系集預報產品，文中呈現MOS模式二週溫度預報之技術發展過程，文中也描述MOS模式的建

立方式，和兩種MOS模式的預報方法，並以預報台北測站均溫作為結果的呈現。

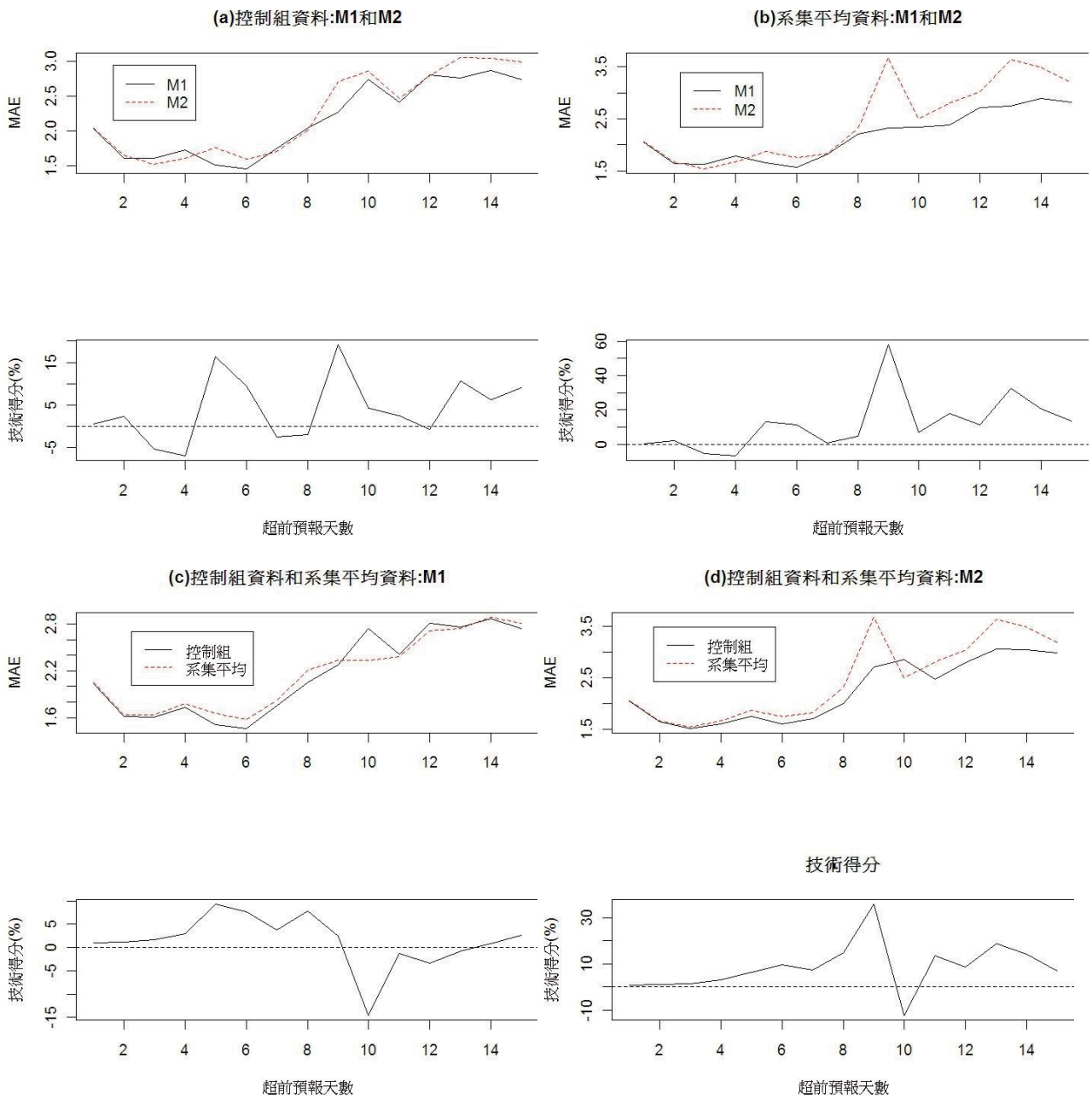
在台北測站均溫預報校驗上，分別以平均絕對誤差、技術得分、偏差，此三種校驗準則進行發展結果的評估。校驗的結果顯示，以控制組資料建立MOS模式，並輔以M1方式進行預報的校驗結果較佳，而其相關係數在超前預報第1至8天大致維持在0.6以上，而在超前預報第8天後，相關係數大致維持在0.35至0.5之間；MAE變化上，在超前預報1至8天介於1.5至2度間，在超前預報9至15天則介於2至3度，並且MAE的增長狀況也相對穩定；預報偏差方面，偏差的幅度也較小，維持在1度以內。

因此經由初步的探討，在目前MOS模式二週預報的發展上，可能傾向使用控制組資料建立MOS模式，M1方式進行預報的方向持續發展。

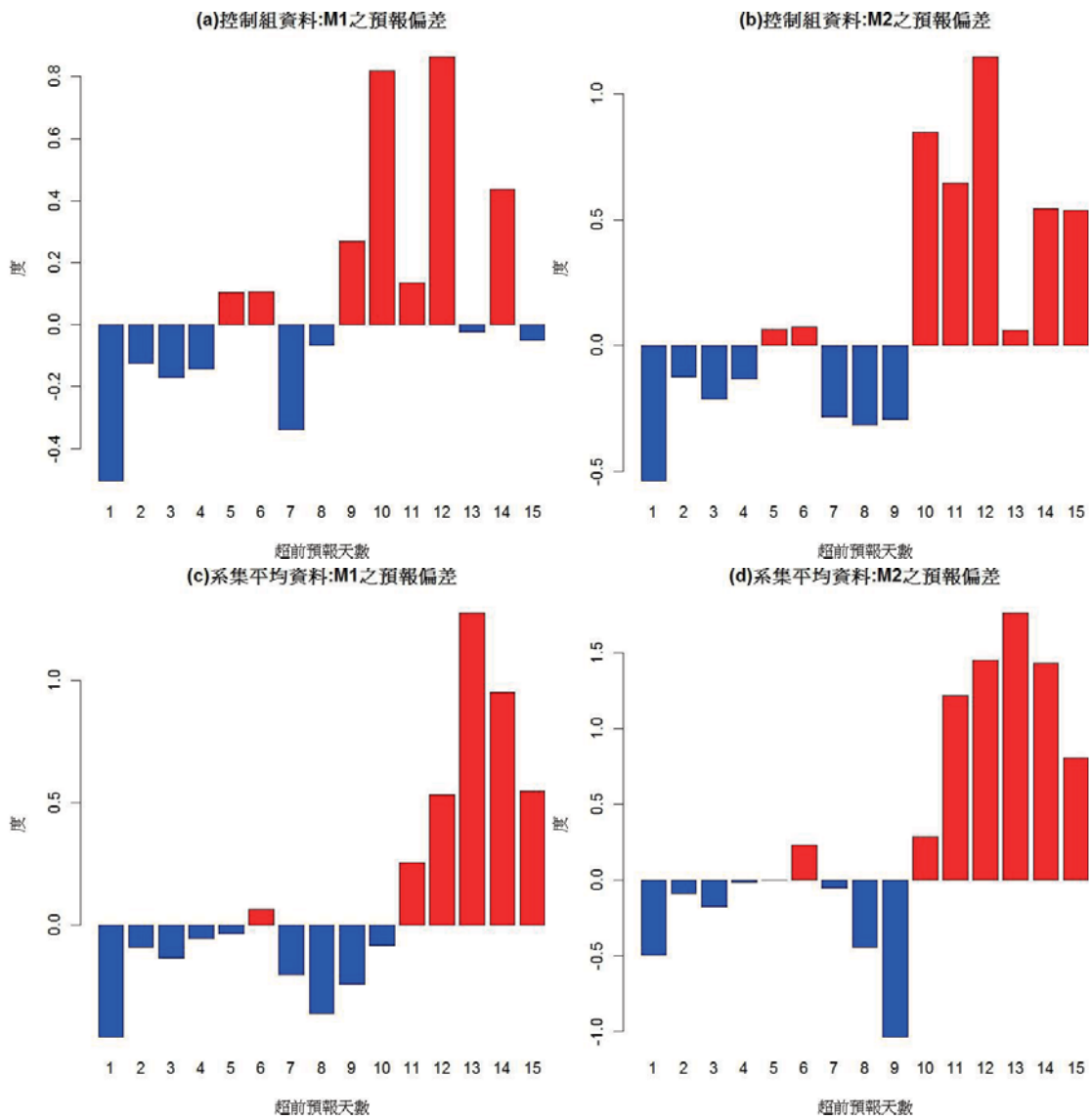
五、參考文獻

1. 陳重功、羅存文、王惠民、賀介圭，2000，中央氣象局統計預報系統的發展，氣象學報，43，18-33。
2. 羅存文與陳重功，2001，87年度最高/低溫度統計預報成果分析，氣象學報，43，12-27。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. Caren Marzban, Scott Sandgathe, Eugenia Kalnay, 2006: MOS, Perfect Prog and Reanalysis, Monthly Weather Review, Volume 134, Issue 2, pp. 657-663.
7. Vislocky, R. L., and J. M. Fritsch, 1997: Performance of an advanced, MOS system in the 1996-97 national collegiate, weather forecasting contest. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2851-2857.
8. Toth, Z., and E. Kalnay, 1993: Ensemble forecasting at NMC: The generation of perturbations. Bull. Amer. Meteor. Soc., 74, 2317-2330.

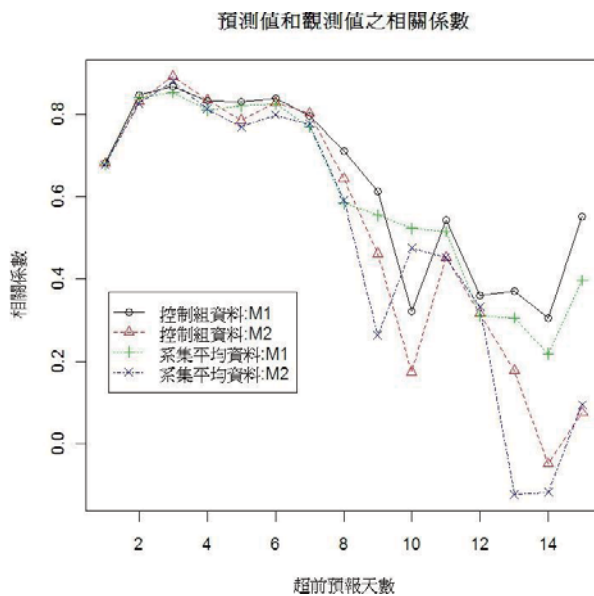
9. Baars, J. A., and C. F. Mass, 2005: Performance of National Weather Service forecasts compared to operational, consensus, and weighted model output statistics. *Wea. Forecasting*, 20, 1034–1047.
10. Hart, K. A., W. J. Steenburgh, D. J. Onton, and A. J. Siffert, 2004: An evaluation of mesoscale-model-based output statistics (MOS) during the 2002 Olympic and Paralympic winter games. *Wea. Forecasting*, 19, 200–218.
11. Daniel S. Wilks, Thomas M. Hamill, 2007: Comparison of Ensemble-MOS Methods Using GFS Reforecasts, *Monthly Weather Review*, Volume 135, Issue 6, 2379-2390.
12. David A. Unger, Huug van den Dool, Edward O’Lenic, Dan Collins, 2009: Ensemble Regression, *Monthly Weather Review*, Volume 137, Issue 7, 2365-2379.
13. 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.



圖一、兩種建立MOS模式與兩種預報方式之平均絕對誤差和相對應之技術得分，在不同超前預報天數上的變化。



圖二、在不同超前預報天數下，兩種建立MOS模式與兩種預報方式之偏差變化。



圖三、在不同超前預報天數下，兩種建立MOS模式與兩種預報方式和觀測值之相關係數變化。