

系集動力統計預報第二週溫度三分類機率預報 之開發與評比

陳昫靖¹ 陳孟詩² 陳重功³ 羅存文³ 王志嘉³
預報中心¹ 第三組² 科技中心³

摘要

本局短中期NCEP-GEFS MOS(Model Output Statistics)模式所產出之系集溫度預報指引對於第二週系集週平均溫度的趨勢具有一定之預報能力。而不確定性的呈現方式，經由三分類機率報之型式更能有效突顯與提升系集預報的價值。因此本研究以MOS模式為基礎建立了第二週三分類機率預報模式藉此掌握模式之不確定性。

本文以GSS(Gerrity Skill Score)、RPSS(Rank Probability Skill Score)以及CRPSS(Continuous Rank Probability Skill Score)等技術得分評估此機率預報模式的預報能力。研究中針對冬季進行評估，其結果顯示出此模式對於冬季第二週溫度之三分類機率預報有一定的預報技術。然而模式在季節轉換時期以及極端個案中的表現仍有提升之空間，因此統計預報技術的提升仍仰賴各個數值模式的進步。

關鍵字：MOS、三分類預報

一、前言

Glahn和Lowry，1972發展的MOS(model output statistic)模式，被廣為使用於實際天氣預報作業上。MOS模式能夠找出動力數值模式各個預報時段模擬的大氣環流與特定地區地面天氣變數的相關性，並且MOS模式可以自動修正數值模式預報之系統性誤差(Dallavalle，1988)，因此具有找出動力數值模式中長期預報之潛在參考價值的特性。

近年來，因動力數值模式具有不確定性，各國預報作業中心紛紛發展出系集數值預報模式(ensemble forecasting system)，藉由給予不同些微擾動之初始場來進行預報，Daniel等，2007、David，等2009以及Bob等，2009也將系集數值預報應用於MOS模式中。

中央氣象局現行之MOS模式採用NCEP(National Centers for Environmental

Prediction)的GEFS(Global Ensemble Forecast System)為基礎來建立迴歸方程(陳等，2011)，而此MOS模式在第二週之預報在冬季對於週尺度之溫度變化趨勢有不錯的預報能力(陳等，2014)。並且研究指出NCEP-GEFS MOS之系集平均又比NCEP-GFS MOS來的更加穩定(陳等，2014)，但單從系集平均仍無法完整表達出模式在第二週預報之不確定性。張等，2011以及馮等，2014應用貝氏模型平均法(Bayesian Model Averaging, BMA)於台灣測站之溫度預報中，其結果發現預報之PDF具有不錯的預報能力且能有效表達出模式之不確定性。

因此本文以本局之NCEP-GEFS MOS為基礎建立三分類機率預報流程，藉此掌握模式之不確定性並突顯出系集預報的價值。

二、資料來源和研究方法

(一) 資料來源

本文使用中央氣象局利用 NCEP – GEFS 系集預報資料發展的 MOS 模式之冬季日均溫系集預報(陳等, 2011)。其系集包含了 20 個系集成員以及單一控制組(Control Run)。此模式之預報長度達 15 天, 而本文將取以 2015/12/01 至 2016/02/29 為初始場, 預報時段為第 8 至第 14 天之預報。

此外, 本文使用了 1981 年至 2010 年中央氣象局之人工觀測站(表一)之日均溫資料, 作為三分類之氣後背景值。2016/01/09 至 2016/03/14 之日均溫資料則用來作為此模式較驗之依據。

(二) 研究方法

1. 三分類週平均溫度之正常值範圍

在此以 1/9 號為範例陳述週平均溫度之正常值範圍計算流程。首先取以 1/9 號為中心前後 3 天(1/6 至 1/12)為第一天之週平均。因此每年有(1/6~1/12 至 1/12~1/18)共 7 比週平均溫度, 而 1981 年至 2010 年會有 7*30 共計 210 筆週平均溫度。

接著再將 210 筆週平均溫度依溫度高低排名, 取其第百分之三十筆及第七十筆溫度資料即可得到 1/9 號之週平均溫度之正常值上下界。

2. 三分類機率預報之計算

以 1/1 號為例, 取第 8 天至第 14 天之預報(1/09~1/15)之日均溫預報並將之平均, 可得 21 筆系集週平均溫度預報。而其溫度三分類正常值範圍則是以 1/9 號所算出之上下界溫度做為門檻。

接著本文利用貝氏模型平均法(Bayesian Model Averaging, BMA)之概念, 其式如下:

$$p(y|D) = \sum_{k=1}^K p(M_k|D)p(y|M_k, D)$$

其中 $p(y|M_k, D)$ 為各成員利用已知資料 D 估計 y 發生之條件機率密度函數。在此假設每個成員所對應之實際觀測溫度之機率密度函數

為常態分佈。也就是說, 假設某個成員為最佳預報, 則實際觀測溫度之機率分布為以此成員預報之溫度值為中心的常態分佈曲線。而 $p(M_k|D)$ 系集成員之後驗機率, 此機率須滿足 $\sum_{k=1}^K p(M_k|D) = 1$ 之條件, 可視為權重值。由此可知, BMA 是將每個不同成員依照其預報能力給定不同權重值後, 再將每個成員的機率密度函數依不同的權重加以合成。

而本文使用的資料為單一模式之系集預報, 每個成員的預報表現相當, 因此所給定的權重是一致的。將各個成員之 PDF 合成之後即得到 BMA 後的機率分布。如圖(一)所示, 黑色虛線為各個成員成以權重後之 PDF, 紅線為合成後之 PDF, 而藍線則為正常值之上下界。因為 PDF 之面積總和為 1, 低於正常值溫度的面積即為偏冷之機率, 在正常值範圍之面積為正常之機率, 而高於正常值範圍以上之溫度面積為偏暖之機率。

三、模式表現分析

(一) 校驗方法

1. Gerrity Skill Score, GSS

GSS 為評估預報對於三分法之命中程度, 此技術得分透過得分矩陣給予加分或扣分。若某次觀測為偏低, 而模式預報給為偏低時, 則給予正分。但是若模式預報為偏高時, 則給予負分。若 $GSS=1$, 則為完美預報, GSS 介於 0~1 之間代表此預報模式有預報能力, 若 GSS 小於 0 則代表此模式沒有預報能力。

2. Rank Probability Skill Score, RPSS

RPSS 為評估模式三分類機率預報之技術得分, 其示如下:

$$RPSS = 1 - RPS/RPS_c$$

其中

$$RPS = \sum_{n=1}^k (Y_n - O_n)^2$$

Y_n 為預報之累積機率, O_n 為觀測之累積機率。 RPS_c 為氣候值之 RPS。RPSS=1 時為完美預報,

介於 0~1 之間代表有預報技術，若小於 0 則代表沒有預報技術。

3. Continuous Rank Probability Skill Score, CRPSS

CRPSS 為評估機率模式是否有預報能力之技術得分，其示如下：

$$CRPSS = \int_{-\infty}^{\infty} [P(x) - O(x)]^2$$

其中

$P(x)$ 為 機 率 預 報 之 CDF(Cumulative Distribution Function) ，

$$O(x) = \begin{cases} 0, & x < xa \\ 1, & x > xa \end{cases}$$

xa 為 觀 測 值，當 CRPSS 等 於 1 時 為 完 美 預 報，大 於 0 時 代 表 有 預 報 技 術，若 小 於 0 代 表 沒 有 預 報 技 術。

(二)分析結果

圖(二)為台北、台中、高雄以及花蓮四個代表站 MOS 預報之第二週週平均之系集平均溫度以及其對應之觀測週平均溫度之散佈圖，由圖(二)可看出大致上 MOS 之系集平均可掌握住溫度偏冷或偏暖的趨勢，然而對於較為極端的情況較不易掌握，因此由散佈圖可看出，在極端低溫時溫度報的不夠低以及高溫時預報溫度不夠高之情形。

圖(三)為 2015/12/01 至 2016/02/29 這段時間內，NCEP –GEFS MOS 第二週溫度三分類機率預報之個測站的 GSS·RPSS 以及 CRPSS。由圖(三)可知，各個測站的 GSS 皆大於零，代表 MOS 之系集平均對於三分類預報具有預報能力。

MOS 預報之系集平均溫度雖然能掌握週平均溫度之變化趨勢，但是 GSS 小於 1 就代表使用系集平均進行三分類預報無法每次都精準命中，且由圖(二)得知系集平均較難以掌握住較冷或較熱之個案。因此，藉由 BMA 之方法可表現出模式之不確定性，並用機率預報之方式呈現。在系集平均有能力掌握溫度變化

趨勢的情況下，MOS 之系集預報加上 BMA 所提供之三分類機率預報就具有相當的可信度，且機率預報在較冷或較熱的情形下，也可涵蓋單從系集平均所掌握不了資訊。由圖(三)可以看到各測站之 RPSS 皆大於零，也證明了此模式所提供之三分類機率預報具有預報能力。接著，圖(三)顯示出各測站之 CRPSS 皆大於零，代表 BMA 所做出來之機率密度函數具有預報價值。

最後，圖(四)以及圖(五)分別為各測站之 RPSS 以及 CRPSS 隨時間的分布，其結果顯示在大多數情形下，此機率預報模式之技術得分大於零，代表模式具有穩定之表現。

四、結論

本文利用氣象局現行之 NCEP – GEFS MOS 搭配貝氏模型平均法建立了第二週溫度三分類機率預報模式，藉此掌握模式之不確定性。研究指出此機率預報模式在冬季時，各個測站都具有預報能力，且有穩定的表現。

然而，由圖(四)及圖(五)可看出在二月份時，被扣分的次數增加。此外，圖(六)為此模式對於 2016/01/24 之極端寒冷個案之預報，結果顯示雖然有預報出偏冷的趨勢，但是其 PDF 卻沒涵蓋到實際觀測之溫度。代表模式在季節轉換期以及對於極端個案之預報仍有改善空間，因此，提升數值模式之預報能力以及如何從數值模式中尋找更穩定的預報因子來增進 MOS 二週預報為未來改進之方向。

五、參考文獻

陳重功、羅存文、李柏宏、賈新興、陳孟師與王嫻蘭，2011：CWB 2ndWeek 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。

張語軒、張庭槐與吳蕙如，2011：“貝式模型平均於溫度機率預報之應用”。氣象學報，49(1)，19-38。

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，103 年天氣分析與預報研討會。

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，103 年天氣分析與預報研討會。

馮智勇、劉家豪、林佑蓉、蔡雅婷、陳雲蘭，2014：
“應用 BMA 發展多模式 MOS 策略溫度機率預報”，103 年天氣分析與預報研討會。

Bob Glahn, Matthew Peroutka, Jerry Wiedenfled, 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.

Dallavalle, J. P., 1988: An evaluation of techniques used by the National Weather Service to produce objective maximum /minimum temperature forecasts. Preprints, Eighth Conf. on Numerical Weather Prediction, Baltimore, MD, Amer. Meteor. Soc., 572– 579.

Daniel S. Wilks, Thomas M. Hamill, 2007: Comparison of Ensemble-MOS Methods Using GFS Reforecasts, Monthly Weather Review, Volume 135, Issue 6, 2379-2390

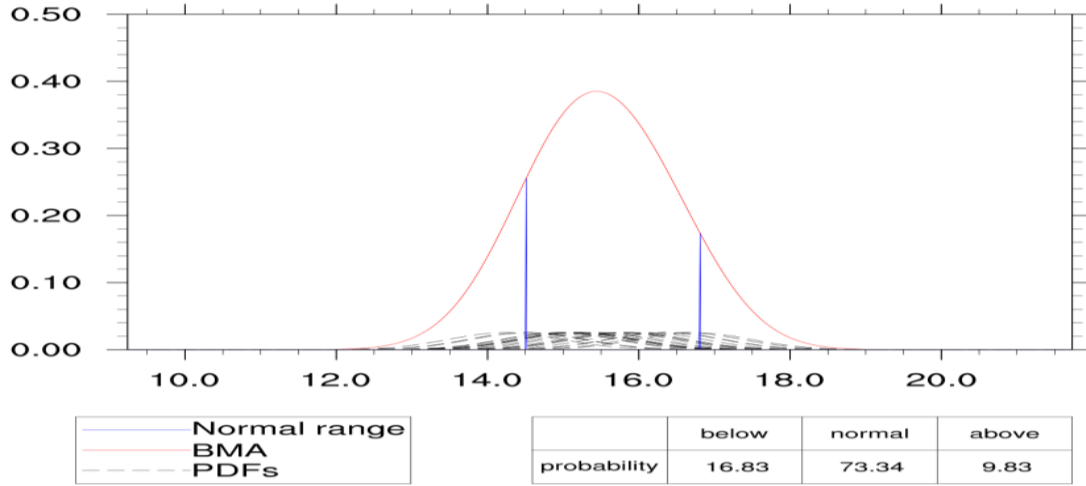
David A. Unger, Huug van den Dool, Edward O’Lenic, Dan Collins, 2009:Ensemble Regression, Monthly Weather Review, Volume 137, Issue 7, 2365-2379.

Glahn, H. R., and D. A. Lowry, 1972: The use of model output statistics (MOS) in objective

weather forecasting. *J. Appl. Meteor* , **11**, 1202–1211.

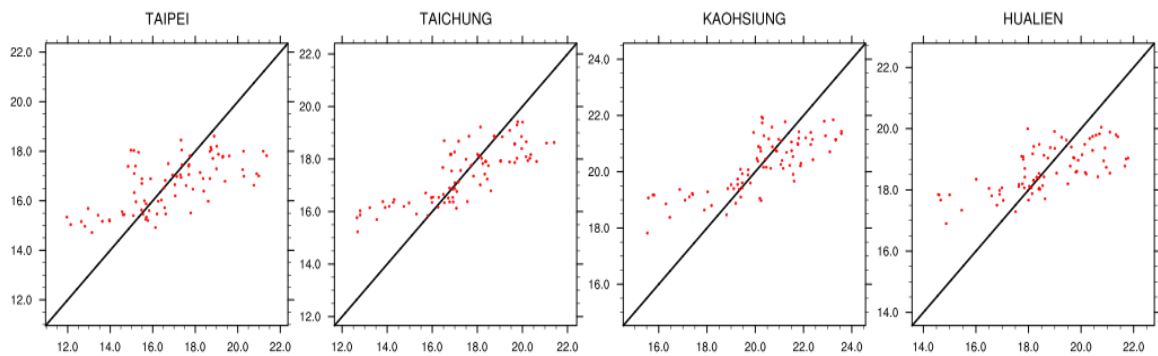
	測站名稱
1.	彭佳嶼
2.	基隆
3.	宜蘭
4.	蘇澳
5.	鞍部
6.	竹子湖
7.	淡水
8.	臺北
9.	新竹
10.	台中
11.	梧棲
12.	日月潭
13.	阿里山
14.	玉山
15.	嘉義
16.	台南
17.	高雄
18.	花蓮
19.	成功
20.	台東
21.	大武
22.	恆春
23.	蘭嶼
24.	澎湖
25.	東吉島

表一、本研究選用之測站名稱



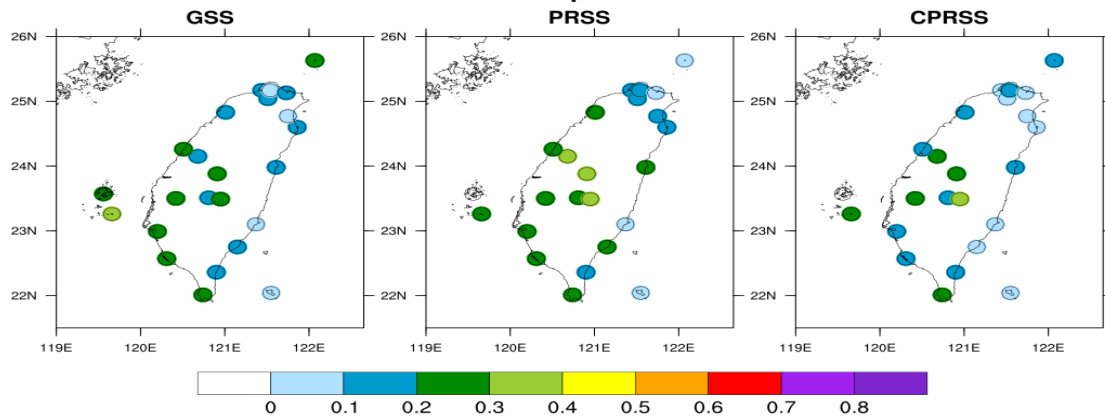
圖一、三分類機率預報之範例，紅線為 BMA 後之 PDF，藍線為溫度正常範圍之上下界，黑線為各個系集成員乘以權重後之 PDF，表格為三分類之機率。

MOS vs OBS Week2 Temp Scatter

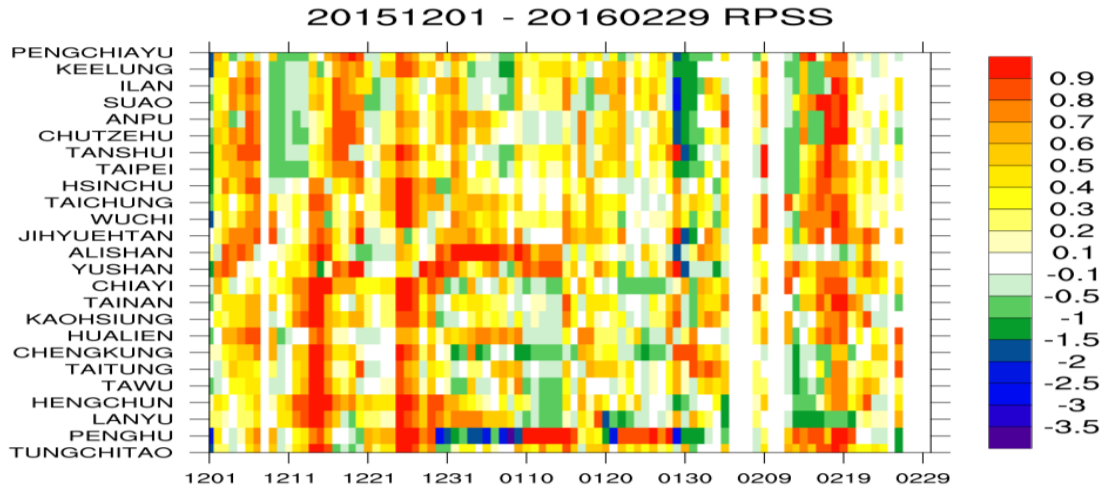


圖二、臺北、台中、高雄以及花蓮測站之 MOS 預報第二週系集平均之週平均溫度與觀測之週平均溫度散佈圖。其中，縱座標為 MOS 預報溫度，橫坐標圍觀測之溫度。

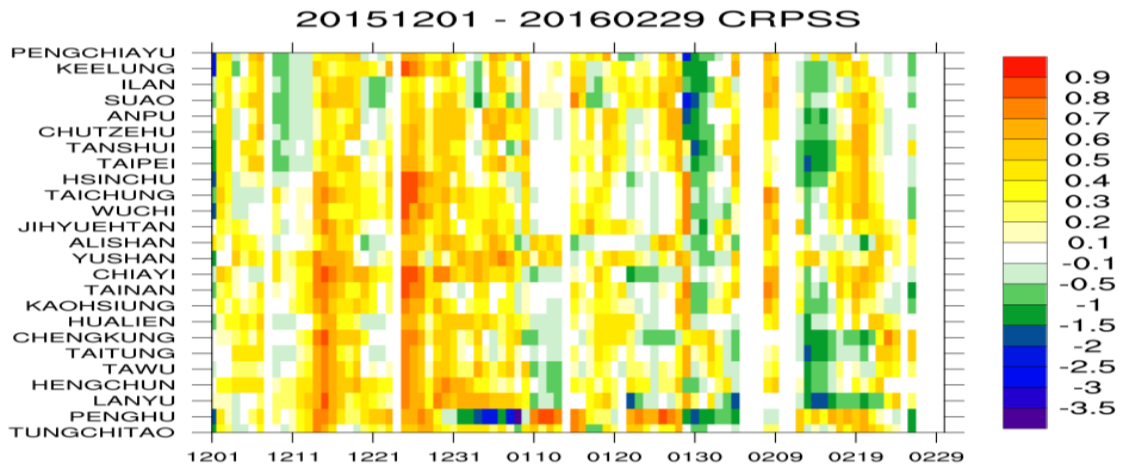
NCEP-GEFS MOS Temp 2nd Week Skill Score



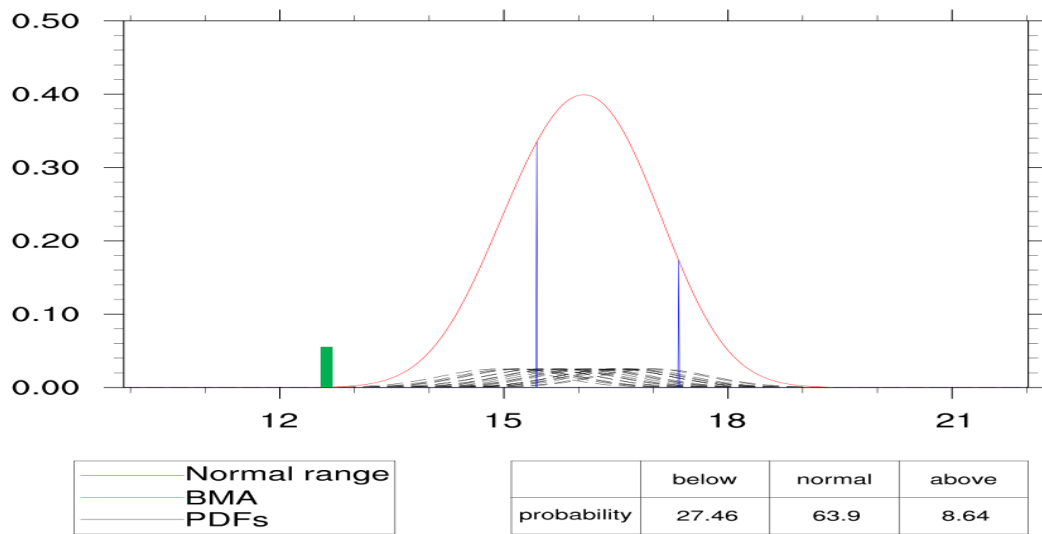
圖三、台灣各測站於 2015/12/01 至 2016/02/29 間 NCEP-GEFS MOS 第二週溫度三分類預報以及機率預報之技術得分。分別為 GSS、RPSS 以及 CRPSS



圖四、NCEP-GEFS MOS 個測站第二週溫度三分類機率預報 RPSS 技術得分於各個時間之表現。



圖五、同圖四但為 CRPSS



圖六、同圖一，但為台北測站以 2016/01/13 為初始場預報 2016/01/21 至 2016/01/27 之溫度週平均三分類機率預報，其中綠線為觀測之週平均溫度。