

2001 年最高/低溫度 MOS 與 Perfect prog. 統計模式預報評比

陳重功

羅存文

中央氣象局科技中心

摘 要

自民國 89 年 12 月 1 日起，中央氣象局啓用 LAFS (Limited Area Forecast System) Perfect prog. (PP)和 LAFS MOS (MOS/Model Output Statistics)統計預報模式，進行日常最高/低溫度預報指引作業。經校驗結果顯示，最高與最低溫度的各季預報準確度，MOS 模式的表現比 PP 模式為優；季偏差部份，除夏季兩組模式均為負(冷)偏差(Cold Bias)，其餘各季的 MOS 模式多為正(暖)偏差(warm bias)，而 PP 模式的最高溫度多為負偏差，最低溫度卻呈現正偏差。

由各季預報誤差的地理分布情形顯示出，中央山脈地形影響是造成分布趨勢的主要因素。除了夏季最高溫度的 PP 及 MOS 模式預報分布，呈現以中央山脈為預報誤差最大值區，並向兩側遞減；夏季最低溫度與冬季最高/低溫度兩組模式皆由西側自北至中部的最高預報誤差區，跨越中央山脈向東、南部遞減。在 MOS 預報誤差改進比率分布上，比率值大部份均為正。其中以冬季南部的最高溫度改進最大；而最低溫度在冬季橫跨台灣中段區域，呈現負的改進比率(即 PP 模式預報較 MOS 的為佳)。

關鍵詞：統計預報、MOS

一、前言

統計預報作業的發展在中央氣象局已邁入新的階段，不僅建立以本局 LAFS(60Km*60Km)為主的 PP 模式，並建立 LAFS 數值模式的 MOS 統計預報模式。PP 模式的預報特徵，在於忠實的反應出數值模式的預報誤差及預報狀態(Brunet *et al.*, 1988)。而 MOS 模式之所以能夠較 PP 模式提升預報的準確度，在於 MOS 模式的架構足以有效的消滅數值模式預報誤差中的模式系統性誤差和偏差 (Dallavalle, 1988)。

然而在 Jacks 與 Rao(1985)預報分析中，亦指出大多數的預報因子在於反應出數值模式的預報缺陷，因此對於並非由於數值模式系統性誤差造成的情形，MOS 模式亦無法有效的做到準確預報之掌控。

以下文中茲就預報準確度、平均偏差狀態、分布散度變化與預報趨勢等方面，進行各別統計預報模式之季節性預報評比分析。並進一步討論 PP 和 MOS 模式在冬、夏兩季，台灣地區預報準確度、平均偏差及 MOS 預報改進之區域分布特徵。

二、資料與研究方法

(一)、模式資料

LAFS PP 及 MOS 統計預報模式的各個測站之預報方程，係建構於 LAFS 數值模式的粗網格點(60 公里 x60 公里)上，臺灣地區共截取 36 個網格點(見圖一)。每個氣象局觀測站(共 25 站)均被鄰近的四個網格點所包括。模式建立資料期限起自 1994 年 12 月 1 日至 1999 年 11 月 30 日，並以 1999 年 12 月 1 日至 2000 年 11 月 30 日期間進行模式預報驗證。季節劃分以前一年 12 月至隔年 2 月份定為冬季，3 至 4 月代表春季，而 5、6 月則為梅雨季，7、8 及 9 月代表夏季，10、11 月則為秋季。

PP 統計模式的預報迴歸方程，係建立在 00Z 的客觀分析場上；應用於預報作業時，則分別代入 00Z 初始化的 24 小時的預報產品，及 12Z 初始化的 12、36 小時的預報產品，對各個測站進行不同超前時段的統計預報指引之運算。MOS 統計預報方程的建立，則以 00Z 初始化的 36 小時預報場產品，及 12Z 初始化的 24 及 48 小時預報場產品，各別建立起此三組不同時段的預報方程。

(二)、分析方法

迴歸方程的建立，應用 Forward 選取相關迴歸因子方式(Neter *et al.* 1983)。對於最高/低溫度的統計預報結果，採用的分析方式計有：各季的平均絕對誤差(MAE/Mean Absolute Error)、偏差(Bias)，標準差(Std/standard deviation)與相關程度(Cor/Cor -relation)等運算。平均絕對誤差與偏差的運算公式，於羅與陳(2001)的報告中有清晰的描述。

此外本文中計算了，在某特定期間 MOS 模式相較於 PP 模式的對應預報誤差改進比率(I.R. / Improvement Rate)；運算方式表示於下：

$$I.R. = \left[\frac{(MAE_{PP} - MAE_{MOS})}{MAE_{PP}} \right] * 100\% \dots\dots\dots (1)$$

公式(1)中的 MAE_{PP} ，代表某季的 PP 模式預報平均絕對誤差值，而 MAE_{MOS} 則代表相對應 MOS 模式的平均絕對預報誤差。

三、各季模式預報校驗分析

(一)、季平均絕對誤差(MAE)與偏差(Bias)

1. 最高溫度

表一所示的最高溫度部份，分別為 PP 及 MOS 模式的各季的季平均預報絕對誤差。兩組模式的預報誤差分布，均顯出冬、春季較梅雨、夏及秋季有較大的預報誤差量，且有隨著預報時段的延長，誤差量逐漸加大的情形。對 PP 模式而言，各個誤差值都較相對應的 MOS 模式的值為高。其中主要以冬季相差最劇，MAE 差距為 0.77°C，而冬季的 MOS 模式平均誤差為 1.75°C。春季的情形和冬季一致。在梅雨、夏及秋季各模式的誤差增加均趨於和緩；兩組 PP 與 MOS 間的差異，亦表現的十分平緩，差值約略在 0.4°C 以內。MOS 在此三個季節中的季誤差值均處於 1.4°C 附近。

表二的最高溫度部份為模式 PP 及 MOS 的各季預報偏度表現。除梅雨季外，PP 模式在各季均呈現負(冷)偏差(cold bias)的情形，其中以冬季的狀態最為甚，達到-1.37°C；梅雨季最佳，近乎沒有偏差。

MOS 模式各季的偏差情形，就表現的十分平穩(見表二)，均侷限於±0.5°C 之內。除了夏季呈現負(冷)

偏差狀態，其餘各季都顯為正(暖)偏差。

2. 最低溫度

PP 及 MOS 的最低溫度各季預季平均誤差分別於圖 5(a)、(b)及(c)，模式間均呈現出冬季預報誤差值最大，春季次之。冬季，PP 與 MOS 模式誤差值相近，都處於 1.5°C 附近。春季，PP 模式的預報誤差較 MOS 模式表現高出約 0.2°C。至於梅雨、夏及秋季的誤差值，兩組模式的各季平均誤差均在 1.0°C 左右，且各季彼此間差距亦都不顯著。

最低溫度各模式的各季平均偏差表現見表二。MOS 模式的表現，和最高溫度有著相同的分布，唯暖偏差的狀況較為嚴重些。PP 模式和最高溫度的情形相比較，顯出明顯的差異。除了夏季呈現出負(冷)偏差外，冬、春、梅雨與秋等季均呈現顯著的弱正(暖)偏差情形，和最高溫度的表現截然相反；其中尤以冬季的差異變化最劇。

3. MOS 統計模式預報評比

表一所列出的各季最高/低溫度的預報誤差改進比率(I.R.(%))。由表中明顯顯示出，最高溫度案例較最低溫度成效超越甚多。最高溫度的狀態，以冬季的 31%的改進率最高，以夏季的 10%為最少；最低溫度的分布，以春季和梅雨季的改進比率為最佳，分別為 14%和 13%。而秋季的比率最差僅-1%，意味著秋季 PP 模式預報的準確度尚略優於 MOS 模式的預報。所以，對 LAFS 數值模式而言，似乎 MOS 模式技術絕對優於 PP 模式技術，尚有待深入探究。

(二)、相關程度(Cor)與標準差(Std)

表三為最高溫度和最低溫度的各季各個報時段的預報與實際發生觀測的相關係數平均分布狀況。其中各季客觀分析場的相關程度，無論是在最高或是最低溫度，似乎均比 PP 和 MOS 模式的預報相關為高。

兩組模式間各季的預報相關評比，以秋季的相關最好，最低溫度的 MOS 模式可以達到 0.91，PP 模式亦有 0.90。而春季的相關表現則位居第二，相同的春、秋季最高溫度的相關值均較最低溫度為弱。冬季的評比居於第三，雖然在最低溫度的案例，兩組模式的值相同，但最高溫度則顯出 PP 模式的預報趨勢較 MOS

模式的為佳；且最高溫度的相關程度比最低溫度要好。夏季卻是預報相關趨勢最弱的季節，最高溫度的 PP 模式相關值為 0.60，最低溫度的 MOS 模式卻低到僅 0.43。梅雨季的預報趨勢情形，基本上 MOS 模式比 PP 模式好些，然相關數值僅處於 0.60 至 0.70 左右。

在預報幅度變化部份，表四所呈列分別為最高/最低溫度在兩組模式下，各個季節的季預報標準偏差值相對應於觀測標準偏差的比率值。PP 模式的預報幅度變化比 MOS 模式所預報的為大。冬、春季時，PP 模式的比率值均高過於 1.0，而 MOS 在此二季節比值僅較趨近於觀測的標準偏差值；夏季則兩組模式的比率值均不足 1.0，且為各季中預報幅度最不足的季節。梅雨季和秋季的表現，除最高溫度的 MOS 模式落差較大外，其餘都較接近觀測的變化狀況。

四、區域預報誤差分布特徵

(一)、最高溫度

1. 預報誤差與冷、偏差分布

圖 2(a)至(b)為 PP 模式冬、夏季，最高溫度的預報平均絕對誤差(黑色實線)與偏差(灰色虛線及正/負號)的區域性分布變化。而圖 2(c)及(d)則為 MOS 模式冬、夏季預報誤差與偏差之區域分布情形。冬季 PP 模式的誤差分布(圖 2(a))，北部地區最大誤差值出現在新竹沿岸海一帶，向東北部與中、南部減弱；最低誤差值處於台南、嘉義至南投一帶，及至恆春半島頂點誤差值回升達到最大值 4°C。圖 2(c)則顯示經過 MOS 修正後的預報效果，突顯出誤差的分布主要受中央山脈形成整體一致性的影響，最大值區域由北部延伸至中部中央山脈地區，順勢向花東地區沿伸，且誤差遞減梯度變大；向中部、南部則呈現緩和的遞減趨勢，至高雄和屏東沿海降為最小預報誤差區域。在預報偏差分布上，PP 模式顯示全省多呈現負(冷)偏差，僅中部地區為正(暖)偏差；經 MOS 模式修正後，全省多變為正偏差，僅侷限台北及宜蘭為負值區。

夏季，兩組模式的表現上(見圖 2(b)和(d))，以中央山脈為主要最大預報誤差區，並呈現向東、西側遞減的分布形式。偏差的分布情形，兩組模式均呈現出大部份為負偏差，正偏差則侷促於小部份區域。

基本上，這兩組模式尺度展現的分布差異，以冬季的表現最為明確，無論誤差量或分布均各有其模式的季節性特徵。然而在夏季時，誤差分布十分類似，差異僅著重於誤差量的明確改進。

2. MOS 預報誤差改進比率分布

圖 2(e)及(f)所展示為冬、夏季的 MOS 統計模式絕對誤差改進率(I.R.)分布情形。實線部份代表 MOS 模式優於 PP 模式，且圖中各線所示值的 10 倍即為實際誤差改進率(%)；虛線部份則表示 MOS 模式的預報表現比 PP 模式的誤差更大，即未達到 MOS 模式的修正目的。

由冬季(圖 2(e))的形勢顯出，以南部和東部沿岸的模式誤差改進率是最大，如恆春站即高達 70%，意即恆春站的 MOS 模式修正了 PP 模式的百分之七十的預報誤差，而花蓮、大武地區亦高達 50%。除日明潭、玉山及阿里山等中部山區為-10%外，其餘各地區約達到 20~30%的預報誤差改進率。夏季的改進分析(圖 2(f))明顯呈現出南、北部區域性的局部對峙分布。北部淡水、台北和新竹落在-20~-10%負值區，相對應的對峙最高值則出現在基隆(約 30%)。而南部地區，負值區含蓋大武和蘭嶼地區，其值約-30~-20%；對應最高值的地方為鄰近台東地區(值約 40%)，此二處雖為相近毗鄰區域，然而模式改進的反應卻截然不同。

(二)、最低溫度

1. 預報誤差與冷、暖偏差分布

圖 3(a)、(b)及 3(c)、(d)分別為最低溫度的 PP 及 MOS 模式的各季平均絕對預報誤差和冷、暖偏差的分布。冬季 PP 模式(圖 3(a))最大誤差值發生在台北盆地北面及東北部區域，沿著西岸延伸並逐漸向南和東遞減的趨勢。圖 3(c)為採用 MOS 模式的分布情形，和 PP 模式的分布趨勢十分近似，只是由北向南遞減的形勢更加均勻。偏差的分布上，此二組模式在全省各區均多呈現正偏差的現象，僅 PP 模式在北部地區出現負偏差。

夏季的表現和其他季節最大的差異，主要在於夏季兩組模式幾乎全部地區均為負偏差狀態，僅 PP 模式在南部恆春半島地區為明顯的正偏差。在預報誤

差的表現上，兩組模式最大誤差值區均侷促在、桃園、新竹至嘉義地區；花東地區及南部則為誤差較弱區域，大致以中央山脈為分界。

2. MOS 預報誤差改進率分布

圖 3(e)及(f)分別為，冬、夏季的季平均 MOS 預報誤差改進比率。很顯然的，冬季有近乎一半左右的區域是負的預報改進率值(圖 3(e)及(f)中虛線部份)。冬季東部的花蓮、台東一帶和苗栗、台中、彰化及南投北部地區均為負值區，即 PP 的結果較 MOS 預報為準確，其中台東站達到-30%；其餘正值區域，亦多僅處於約 10%左右，最大正值位於外島蘭嶼和彭佳嶼兩處(30%)。夏季(圖 3(f))除台南至成功一帶為大於 10%外，其餘雖然均為正，卻都僅落於 0 至 10%之間。

五、結論

在本篇文章分析中明顯的呈現出，無論是 PP 模式或 MOS 模式，以致於 I.R.比率的全台灣地區分布，都直接受到中央山脈嚴重的影響。基本上，MOS 模式較 PP 模式預報較為準確，以冬季的最高溫度最為突顯，預報改進率達 31%。對於冬季 LAFS 數值模式所導致的過冷現象，冬季的區域偏差分布，可以查驗處於東北季風季節時，負(冷)偏差多呈現在台灣的東北部或東部地區。而夏季則兩組模式都反應出，幾近全區域均呈現偏冷的狀態。

而冬季最低溫度負的 I.R.值區域主要的 MOS 模
MOS

LAFS

參考文獻

- Brunet, N., R. Verret, and N. Yacowar, 1988 : An objective comparison of Model Output Statistics and "Perfect Prog" systems in producing numerical weather element forecasts . *Wea. Forecasting* , 3 , 273-283 .
- Dallavalle, J. Paul, 1988 : An evaluation of techniques used at the National Weather Service to produce objective Maximum/Minimum temperature

forecasts . *The 8th conference on NWP*, Baltimore. Amer. Meteor. Soc. , 572-579 .

Jacks, E., and S. T. Rao, 1985 : An examination of the MOS objective temperature prediction model. *Mon. Wea. Rev.* , 113 , 134-148 .

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，2001：87 年度最高/低溫度統計預報成果分析。*氣象學報*，43，p12-28。

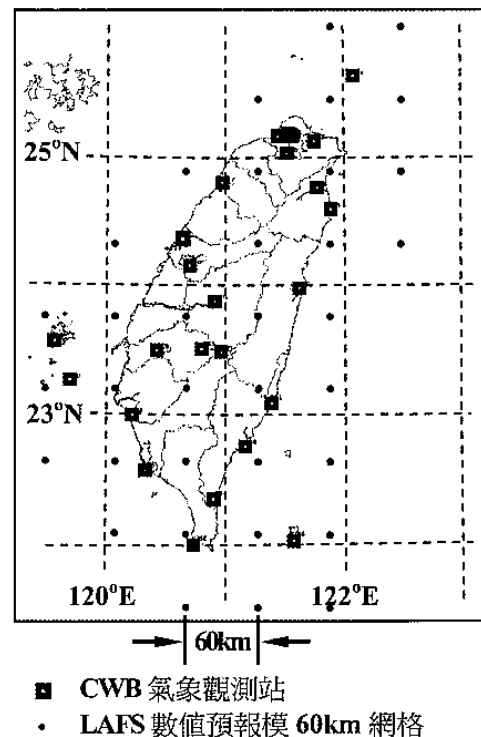


圖 1. PP 和 MOS 統計預報模式所採用的 LAFS 網格與中央氣象局測站分布。

表一、最高/低溫度季平均預報絕對誤差與系統誤差暨相對改進比率。

數值 模式	季節	冬	春	梅	夏	秋
		1202	0304	0506	0709	1011
最高溫	PP	2.52	2.25	1.62	1.54	1.67
	MOS	1.75	1.79	1.37	1.39	1.30
	系統誤差	0.77	0.46	0.26	0.15	0.36
	改進率(%)	31	21	16	10	22
最低溫	PP	1.51	1.36	1.05	1.01	1.03
	MOS	1.42	1.18	0.91	0.92	1.04
	系統誤差	0.08	0.18	0.14	0.08	-0.01
	改進率(%)	5	14	13	8	-1

表二、最高/低溫度的各季預報偏差。

項目	月份 差值	冬	春	梅	夏	秋
		1202	0304	0506	0709	1011
最高溫	PP	-1.37	-0.56	+0.01	-0.41	-0.37
	MOS	+0.42	+0.10	+0.19	-0.21	+0.32
最低溫	PP	+0.16	+0.27	+0.49	-0.33	+0.17
	MOS	+0.59	+0.60	+0.34	-0.16	+0.56

表三、最高/低溫度的 00Z 客觀分析資料、PP、MOS 模式各季的各時段預報相關係數分布。

模式	Corr 預報	季	冬	春	梅	夏	秋
		1202	0304	0506	0709	1011	
最高溫	Obj(00Z)	0.84	0.86	0.73	0.71	0.86	
	PP	0.78	0.77	0.63	0.60	0.83	
	MOS	0.74	0.78	0.71	0.56	0.85	
最低溫	Obj(00Z)	0.81	0.88	0.69	0.53	0.91	
	PP	0.71	0.86	0.62	0.47	0.90	
	MOS	0.71	0.89	0.68	0.43	0.91	

表四、最高/低溫度的 PP、MOS 模式各季平均的預報標準偏差相對實際觀測值的比值變化分布。

模式	Corr 預報	季	冬	春	梅	夏	秋
		1202	0304	0506	0709	1011	
最高溫	觀測值	3.02	3.38	2.46	2.10	2.90	
	Obj(00Z)	0.95	1.00	0.85	0.89	0.88	
	PP	1.31	1.22	0.90	0.91	1.17	
	MOS	0.90	0.94	0.77	0.64	0.86	
最低溫	觀測值	2.32	2.77	1.42	1.32	2.73	
	Obj(00Z)	0.91	0.97	0.97	0.70	0.88	
	PP	1.13	1.11	1.00	0.80	0.99	
	MOS	0.97	0.94	0.93	0.63	0.91	

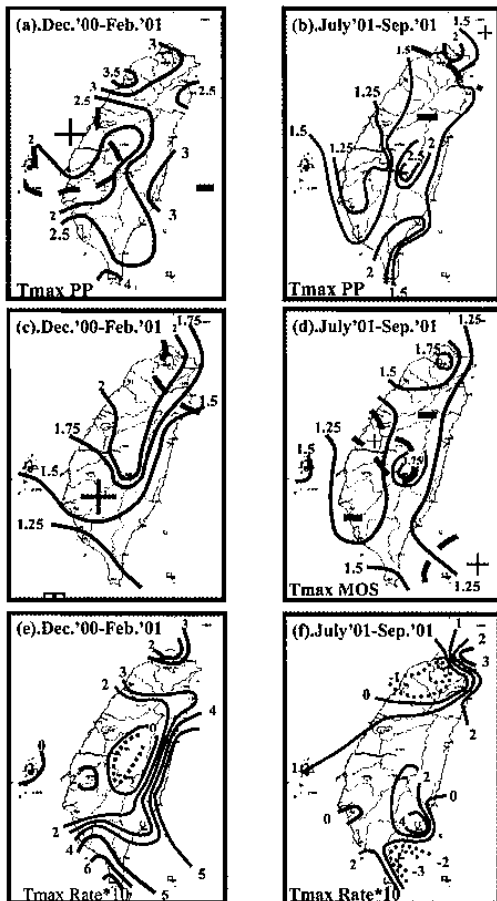


圖 2. 冬、夏季全省最高溫度 PP 模式((a.)~(b.))、MOS 模式((c.)~(d.))的各季平均絕對誤差和偏差的區域分布，與各季預報誤差改進率((e.)~(f.))的區域分布。

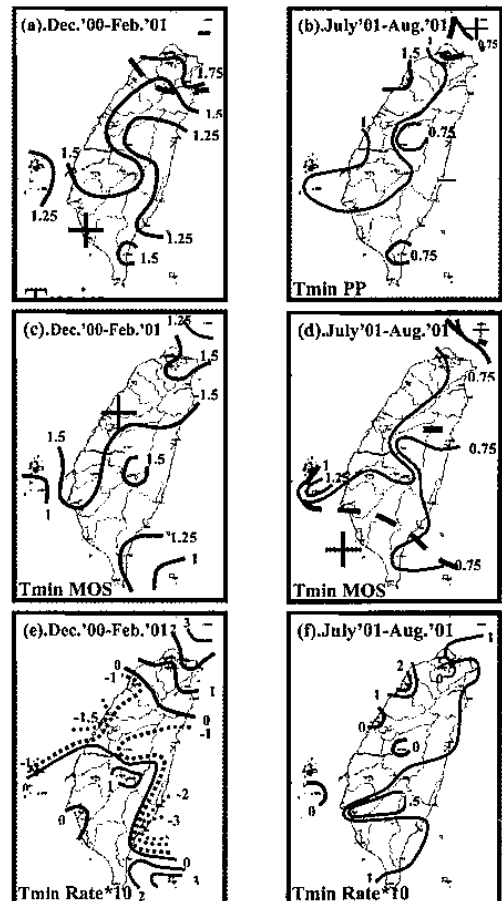


圖 3. 冬、夏季全省最低溫度 PP 模式((a.)~(b.))、MOS 模式((c.)~(d.))的各季平均絕對誤差和偏差的區域分布，與預報誤差改進率((e.)~(f.))的區域分布。

Statistical Forecast Guidance Analyses of Daily Maximum/Minimum Temperature During December 2000 – November 2001

Jonq – Gong Chern and Twen – Wen Lo
Research and Development Center
Central Weather Bureau

Abstract

Both LAFS(Limited Area Forecast System) PP(Perfect prog.) and LAFS MOS(Model Output Statistics) schemes were employed to daily forecast guidance of daily maximum/minimum temperatures in CWB(Central Weather Bureau) since December 1, 2000. According to the analyses of forecast results, MOS scheme has superior forecasting accuracy than PP scheme. Except the summer season, which was fully occupied by cold bias for all cases, warm bias was detected for the rest seasons' MOS forecast analyses; however, in the cases of maximum temperature of PP scheme were dominated by cold bias in most seasons, but warm bias appeared as the major pattern in the cases of minimum temperature.

The central mountain plays the major factor in effecting the differences of geographic distribution. Cases of maximum temperature for the summer year (mei-yu and summer seasons) in both PP and MOS schemes were distributed from larger forecast error in the central mountain area toward lower error areas for both eastern and western coastal regions of Taiwan. During the winter year, the features of geographic distribution were decreasing from the larger forecast error area in north-to-central west part of Taiwan to the eastern and the southern parts. In most of the cases, the MOS forecast I.R. (Improvement Rates) are positive; however, a large portion of negative I.R. in cases of the minimum temperature in fall and winter seasons located in the central portion of Taiwan. The result shows that the MOS scheme failed to reduce the systematic error which caused by NWP forecast.