

統計預報模式相位調整預報評比

陳重功 羅存文 施佩君
中央氣象局 科技中心

賀介圭
中央氣象局 第三組

摘要

中央氣象局的區域統計預報模式(CWB LAFS MOS)，自 2002 年 12 月起採用多重預報時段(multiple taus)的預報模式架構(簡稱 MMS)，取代原先所採用的單一預報時段(tau time)，主要目的在於降低預報天氣系統移動過快(或過慢)現象，所形成的相位誤差。經由分析 2002 年 12 月至 2003 年 2 月的冬季案例顯示，在全部預報測站及預報時段的平均下，逐日最高溫度(Tmax)的 MMS 模式之 R^2 值較 MOS 模式的高出約 5.5%，而逐日最低溫度(Tmin)的案例則高出 1.8% 的模式變異解釋度比率。主要的預報因子均為 1000mb 的 LAFS 預報溫度；以全省 25 個測站為主，Tmax 部份佔 60%，而 Tmin 部份約為 40%。各個 tau 預報時段(12Z24h、00Z36h 至 12Z48h)均顯示出約 50% 的測站使用超前 12h 的主要預報因子，此現象隨預報時段的增加所佔比率由 45% 增加至 55~60%。

對於預報準 (MAE) 的分析部份，整體平均比較下 Tmax MMS 的預報 MAE 值相較於 MOS 的降低了約 12.5%，Tmin 部份調降了約 15%。在 Bias 部份 MMS 模式(Tmax 和 Tmin)調降 MOS 模式的偏暖預報狀態，約各別調降 0.4℃ 及 0.2℃，預報狀態更趨近 unbiased。而 MMS 模式相較於 MOS 模式的預報準確度的區域分布，Tmax 的案例部份，主要在於台灣北部區域，由新竹北上依著環繞中央山脈形式，經台北、宜蘭、蘇澳至花蓮；其中花蓮、宜蘭及蘇澳為最大的改進區域(約 23~27%)。Tmin 案例亦北部區域的狀況和 Tmax 的是一致的，然宜蘭至花蓮一帶的預報改進約為 20%；此外，Tmin 的另一個重要的預報改進區為恆春、台東地區分別為 26% 及 23%。

關鍵詞：MOS、MMS

一、前言

統計預報技術的應用在中央氣象局已邁入更新的階段，原先統計預報模式技術中，僅使用單一預報時段之數值預報所析出之預報因子(以下簡稱 MOS)。在羅與陳(2003)的預報分析報告中，由 LAFS MOS 逐日最高/低溫度預報指引分析，觀察到統計預報的預報誤差，實際顯著地反應出數值預報對天氣系統的移動速度與強度預報掌控程度，均明顯地反應在統計預報指引上。本研究經由預報技術方式調整，使用多組鄰近預報時段的值預報時段之預報因子(以下簡稱 MMS)，架構起統計預報模式，藉以調整由於數值模式預報造成的天氣系統移動速度落差。對於此種情形的探討研究，Jacks 與 Rao(1985)的研究中，即指出統計預報所使用的預報因子，會受數值模式的預報缺陷而影響。

本篇論文以下茲就 MOS 與 MMS 統計預報模式的模式的基本特徵及實際預報對比，進行各式統計項目的比較分析。

二、資料與研究方法

(一)、模式架構與資料

LAFS MOS 及 MMS 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 x 60 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。MOS 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。而 MMS 模式的建立資料期間，自 1996 年 12 月 1 日至 2001 年 11 月 30 日止，以 2001 年 12 月 1 日至 2002 年 11 月 30 日，進行預報模式預報校驗。本研究僅就 2002 年 12 月至 2003 年 2 月，此一冬季期間，兩組模式預報進行平行預報校驗評比分析。

MOS 統計預報模式的架構，在羅與陳(2003)的分析報告中已有詳盡的描述。MMS 模式的架構，以某指定預報時段，代入該數值預報產品時效及其前、後 12h 的產品組成預報因子資料庫。所以，建立 00Z 初始化的 36 小時預報方程時，引用 00Z24h、36h 及 48h 的數值預報產品析取出的預報因子(見圖 2)；在建立 12Z 初始化的 24 及 48 小時預報方程時，則分別引用 12Z12h、24h、36h 及 12Z36h、48h 的數值預報產品因子。由於 LAFS 的歷史預報產品資料，僅儲存至 48h 的預報時效產品，因此，無法在 12Z48 小時的預報時段中，納入 60h 的預報因子的影響。

(二)、分析方法

統計預報方程的建立，是應用 Forward 選取相關迴歸因子方式(Neter *et al.* 1983)，並加入預報因子間調降共線性的限制。對於最高/低溫度的統計預報結果，採用的分析方式計有：季平均絕對誤差(MAE/Mean Absolute Error)、偏差(Bias)，相對標準差比值($r_std/relative\ standard\ deviation$)與相關程度(Corr/Correlation)及不同統計預報模式間預報的對應預報誤差改進比率(IR/Improvement Rate)等運算。平均絕對誤差、偏差與預報誤改進率的運算公式，於羅與陳(2003)的報告中有清晰的描述。 r_std 此項為某特定預報的季 std 值除上該特定預報所對應的觀測季 std 值的百分比比例值；用以瞭解預報的相對振幅變化程度。

三、模式特徵分析

(一)、預報方程解釋變化度(R^2)分析

MMS 與 MOS 統計預報模式的預報方程之 R^2 的各項所有局屬測站平均值詳列於表一。隨著預報時段的增長，高/低溫度的兩組模式(MMS 與 MOS)的解釋變化度都呈現下降的趨勢。就整體的 R^2 值表現而言，逐日最低溫度的預報方程有較優於最高溫度的表現；但相較於最高與最低溫度間的 $IR_{R^2}^{(MMS\ vs.\ MOS)}$ 比值，則顯得最高溫度無論在各個預報時段或整體平而論，都比最低溫度的改進幅度大。其中改進比率最大的是 Tmax 00Z36h 的 6.68%，而最低的是 Tmin 12Z48h 的 0.55%。

(二)、MMS 模式主要預報因子分析

MMS 預報程式中重要預報因子以 1000mb 溫度為主，最高溫度三個預報時段約均佔了 60~70%，而最低溫度則約佔 40~50%的全部測站的第一個預報因子。其次重要的第一個預報因子，在最高溫度的預報程式中，925mb 的溫度在三個預報時段都佔了 24%的比重；對最低溫度的情形，低層厚度變化(1000~700mb)在前兩個預報佔~30%的比重，而第三個預報時段則由 925mb 及 850mb 溫度合佔近 40%。而 MMS 式最主要的預報因子相位分布，由表二可見，無論 Tmax 或 Tmin 均有 40~50%的第一預報因子是使用超前 12 小時的預報時效的產品。此一現象，亦隨著預報時段的增長而比重加重；即預報的時效越長，則越突顯出 LAFS 數值模式預報天氣系統的移動速度加快現象。

四、2003 年冬季預報評比

(一)、季平均預報比較

經由上述顯示 MMS 模式確實較 MOS 模式有更好的天氣變化的詮釋度。圖 3(a)為 Tmax 的 MOS 及 MMS 各時段 MAE 校驗分布，顯見 MMS 模式的預報整體調降 0.25°C，顯著提升 12.5%的預報準確度(即 $IR_{MAE}^{(MMS/MOS)}$)；最低溫度的案例見圖 4(a)，同樣的預報準確度調降約 2.5 °C，改進比率為 15%。預報季偏差校驗部份，最高溫度 MMS 模式顯著比 MOS 模式的暖偏差低了 0.25°C(見圖 3(b))，降低了模式的暖偏

差狀況；而最低溫度的情形則較最高溫度調降的更多，約達 0.40°C。三段平均偏差僅 0.25°C，近乎 un-bias 狀態(見圖 4(b))。

圖 3(c)所呈現的是 Tmax MOS 及 MMS 各時段預報的 correlation(斜線部份)及 r_std (框線部份)分布，由中顯示 corr.部份顯示 MMS 模式較 MOS 模式增加約 3%的預報趨勢程度，而 r_std 部份此兩組模式表現是一樣的，並沒有任何的顯著改善。最低溫度部份呈現圖 4(c)，MMS 模式預報的 corr.均值較 MOS 模式的提升約 4%，而 r_std 部份 MMS 的預報振幅變化度較 MOS 模式提升 3%，較為趨近於 1(指預報的 std.比較接近觀測的 std.變化程度)。

(二)、區域季 IR(MMS/MOS)分布

圖 5 所呈現的是各個氣象局測站的最高(框線部份)、最低溫度(斜線部份)的 MMS 模式預報 MAE 相對於 MOS 模式的改進比率值。圖中明顯的呈現最高溫度的 $IR_{MAE}^{(MMS\ vs.\ MOS)}$ 花蓮、東北部、北部至中部台中一帶，是主要的預報準確度提升區域，而橫跨中央山脈，全省中部以下至南端恆春地區，表現比較不顯著，在台東及台南地區有負值的情形出現。

對於最低溫度部份，則沒有明顯的整體區域存在，IR 值較突出的有基隆、宜蘭、新竹、台中、梧棲大武及恆春等測站，都有 15%以上的改進。而北部山區的竹子湖及鞍部卻是負值最大區域。對於冬季中、西部最顯著的夜間晴空輻射，形成的劇幅降溫現象，並無顯著的預報改進率呈現。

(三)、測站季內預報變化分布

經由上述整體性的對 MMS 與 MOS 模式預報進行綜觀的評比分析。本節將就實際逐日預報的變化是否有達到，透過 MMS 模式架構來改進天氣系統預報移動快、慢與天氣系統強、弱的調整呢？以下就最高/低溫度進行逐日預報與觀測進行對比分析，根據各測站 $IR_{MAE}^{(MMS\ vs.\ MOS)}$ 的分析結果，以最高 IR 值的測站為選取目標。就最高溫度以選取花蓮測站($IR=27%$)進行分析，最低溫度部份則選定台中測站($IR=33%$)為研究分析之標的。

圖 6(a)及(b)分別為花蓮測站 Tmax 觀測、MMS 模式(粗灰線)及 MOS(細斷線)模式預報及預報誤差(MMS:實圓點;MOS:虛圓點)分布情形。由圖 6(a)中顯出 MMS 模式預報的值較 MOS 模式所預報的更接近實際測值；在發生最高或最低記錄時，似乎並沒有明顯地發揮出預期的調整相位功能。查看圖上所配置天氣事件發生的記錄，顯見無論 MMS 或 MOS 模式預報都顯示在有天氣系統經過時，有嚴重的預報不足的現象。而由圖 6(b)各別模式預報誤差分布，顯見 MMS 的預報誤差，無論在有、無天氣系統經過測站時，均較 MOS 的預報誤差少些。

圖 7(a)及(b)則分別代表台中測站的 Tmin 預報及預報誤差分布狀況。圖中各式曲線及符號所代表意含與圖 6(a)及(b)是一致的。最低溫度分布的大致上表現情形，和最高溫度的趨勢是一致的，但在有冬季天氣

系統接近時，MMS 預報的結果亦較 MOS 預報的結果更趨近實際觀測值。唯獨在系統通過後的最低溫出現時，MMS 與 MOS 預報均無法表達出預報能力，主要源於數值模式無法模擬夜間晴空輻射的情形；所以圖 7(a)中數個劇烈降溫現象，均在預報能力掌控之外。

五、結論

本篇文章主要目的在於呈現出數值模式預報所存在的預報天氣系統移動快、慢，所形成的相位誤差問題，確實反應在統計預報的分布中。若採用單一的預報 τ 時段，則無法藉由 MOS 的技術有效的進行調整。

在本研究中，僅嚐試以前後間 12 小時的三組 τ 預報時段進行預報方程建。結果顯示預報情形確實較用單一 τ 時段有明顯的改進。但亦隨著不同地區特性，改進的比率也都不一樣。但整體而言，卻實有達到提升預報準確度的效果。

當然，如何能更有效、更精確的對不同統計預報時段需要多少的數值預報 τ 時段資料載入統計模式進行相位誤差的調整？又是另一個需要深入探究的區域，對於數值預報模擬特徵分析，與如何設計統計預報模式結構，都是需要重新研究的。冀望藉以達到最佳的預報成果。

參考文獻

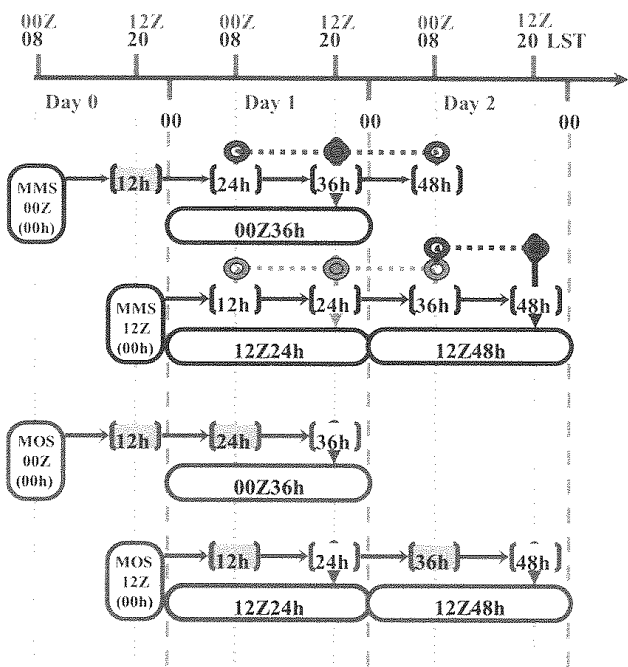
- Jacks, E., and S. T. Rao, 1985 : An examination of the MOS objective temperature prediction model. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 134-148.
- Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983 : Applied linear regression models. Richard D., Irwin INC., Homewood, Illinois, 547pp.
- 羅存文與陳重功, 2003 : 2001 年最高/低溫度統計預報結果分析。 *氣象學報*, **45**, p33-52。

表一、最高/低溫度的平均預報方程 R² 分布

R ²	測站平均	24h	36h	48h	預報平均
		(12Z)	(00Z)	(12Z)	
T _{max}	MMS	0.79	0.76	0.71	0.75
	MOS	0.75	0.71	0.68	0.71
	IR(%)	4.84	6.68	4.70	5.41
T _{min}	MMS	0.80	0.77	0.74	0.77
	MOS	0.77	0.76	0.74	0.76
	IR(%)	2.87	2.03	0.55	1.81

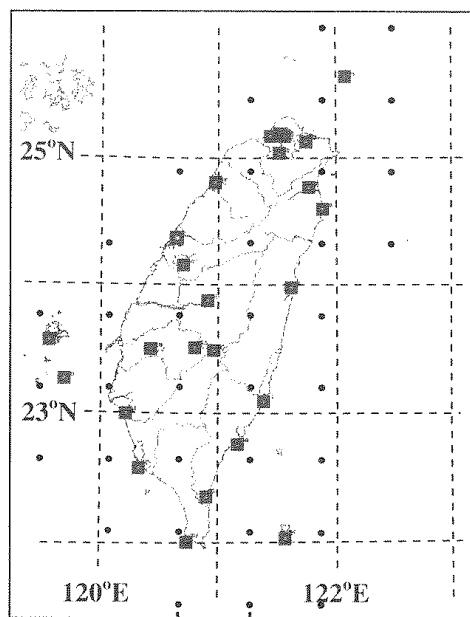
表二、MMS 模式最高/低溫度各 tau 時段因子分布比率

預報時段		12Z24h		00Z36h		12Z48h	
因子 tau		12h	24h	24h	36h	36h	48h
分布 (%)	T _{max}	44	56	40	60	56	44
	T _{min}	44	56	48	52	52	48



統計預報預報時效 (MMS vs. MOS)

圖 2. MMS 與 MOS 兩組統計模式所採用的 tau 時段分布



■ CWB 氣象觀測站
• LAFS 數值預報模 60km 網格

圖 1. MMS 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。

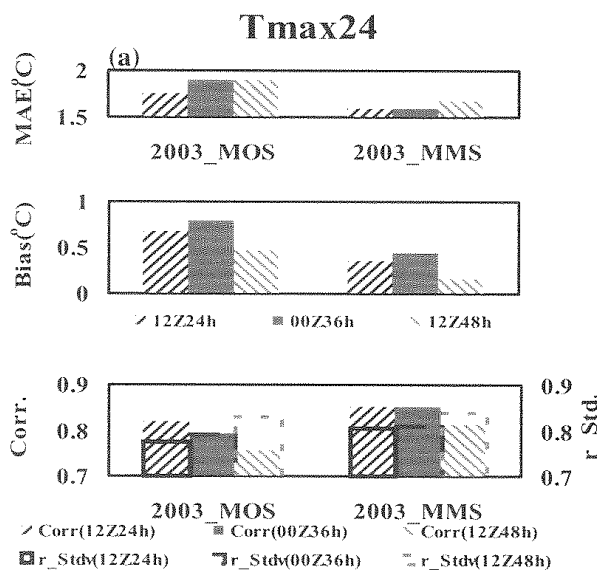


圖 3. 最高溫度 MMS 與 MOS 模式各段預報評估

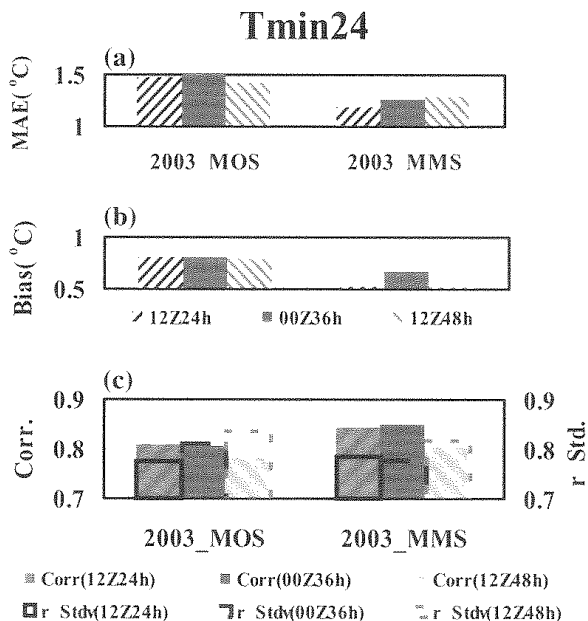


圖 4. 最低溫度 MMS 與 MOS 模式各段預報評估 (a) MAE、(b) Bias 及 (c) Correlation 及

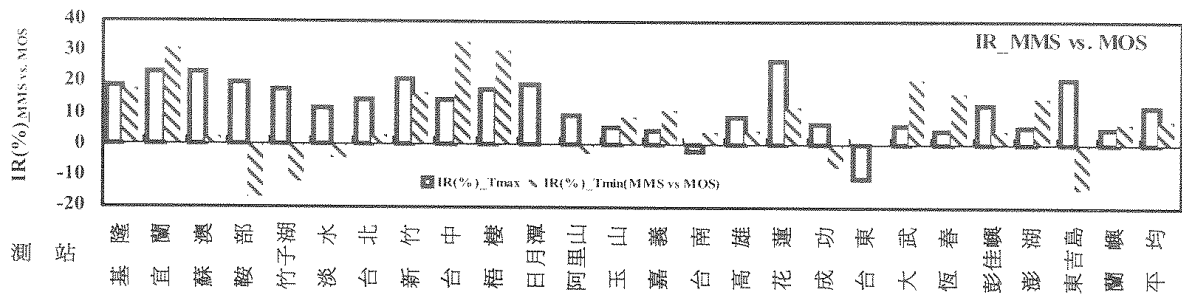


圖 5. 各個測站的最高/低溫度之 $IR_{MAE}(MMS \text{ vs. } MOS)$.

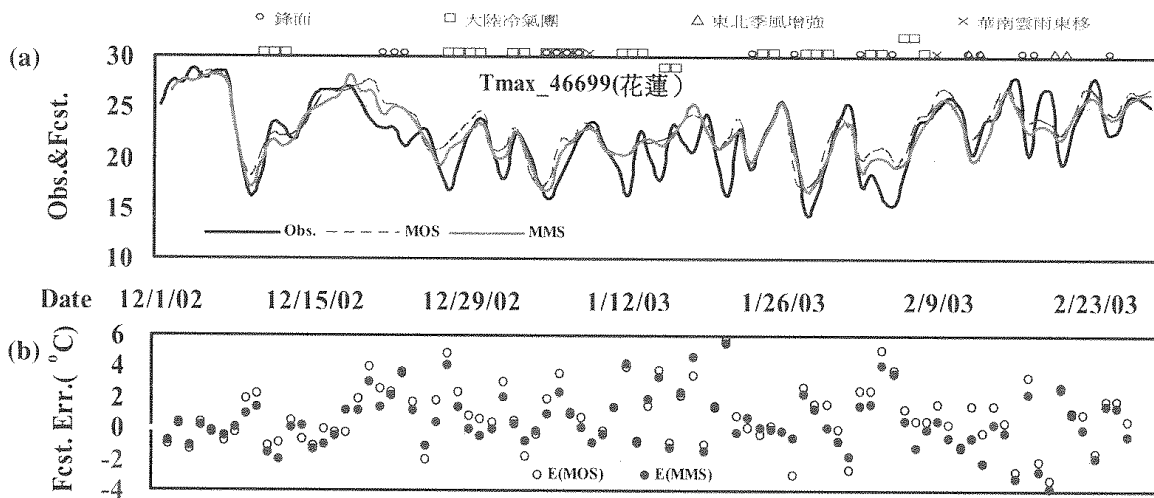


圖 6. 2003 年冬季花蓮測站最高溫度的 MMS 與 MOS 模式各段預報平均之評比 (a) MMS、MOS 及觀測資料分布, (b) 逐日預報誤差分布

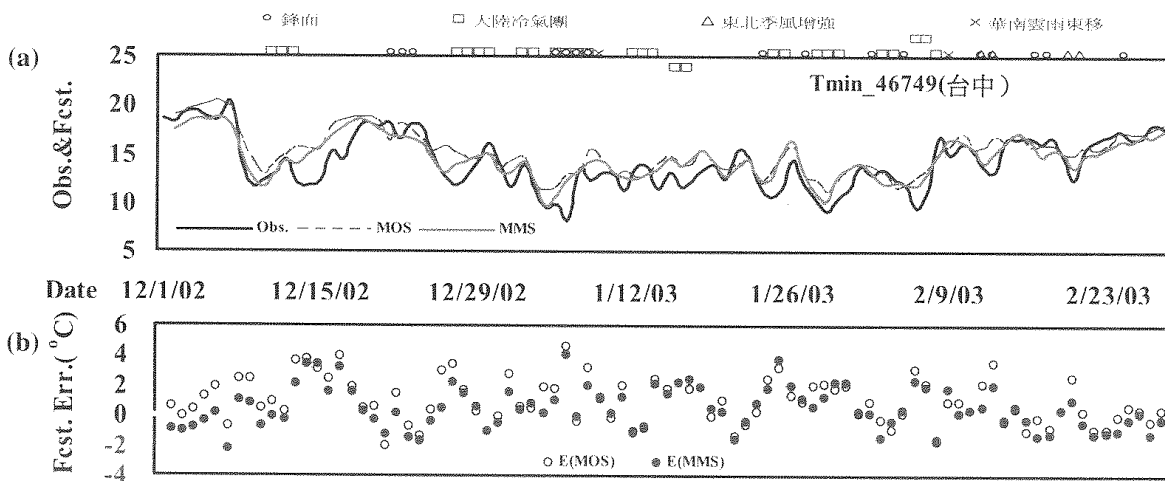


圖 7. 2003 年冬季台中測站最低溫度的 MMS 與 MOS 模式各段預報平均之評比 (a) MMS、MOS 及觀測資料分布, (b) 逐日預報誤差分布

The Phase Adjustment of CWB MOS Scheme

Jong – Gong Chern, Twen – Wen Lo, and Pei – Chun Shih
Research and Development Center
Central Weather Bureau

Jieh-Guei Ho
Applied Meteorology Division
Central Weather Bureau

Abstract

The previous CWB LAFS MOS scheme is based on single NWP forecasting tau time. However from our basic knowledge, the NWP forecast projections exists simulated weather system phase speed problems. The CWB statistical forecast scheme research joint more NWP forecast taus products to adjust the possible existed phase problem, which we named it MMS(Multiple MOS Scheme) scheme. In this study, the 2003 winter case is applied to explore this problem. The averaged R^2 (model explained variance) shows that MMS scheme is higher than MOS scheme about 5.5% improvement for case of daily maximum temperature; also shows 1.8% for case of daily minimum temperature. The predictor analysis of LAFS MMS shows that 1000mb temperature is the dominated major predictor, it occupied 60% for Tmax, and 40% for Tmin. In general, around 50% of the forecast stations of different forecast periods, show 12-hour leading forecasting tau time. The occupied percentage of leading predictor tau time (12-hour) is increasing with increasing forecast projections.

The forecast accuracy is examined in term of MAE, it shows that MMS scheme increases 12.5% accuracy in comparison with MOS scheme for the Tmax case, and it increases 15% for the Tmin case. Also the existed warm bias for MOS scheme are reduced as 0.4/0.2 °C for Tmax/Tmin by the MMS scheme, which more close to un-bias condition. From the geographic distribution point of view, the major improvement of MAE (MMS vs. MOS) for Tmax is dominated the northern part of Taiwan area, which surround the central mountain, and the maximum improvement is located around Ilan and Suao area ($IR_{MAE}^{MMS \text{ vs. } MOS}$: 23~27%); for the case of Tmin, two major center areas are showed in the map. One is located around Ilan to Hualian (~20%), another is located Taitung to Hengchun (~23%).

Key words: MOS, MMS