

# 應用 decaying average 方法進行地面 溫度預報偏差修正之研究

陳怡儒 洪景山

中央氣象局

(中華民國一〇六年一月二十日收稿；中華民國一〇六年四月六日定稿)

## 摘 要

數值模式預報無可避免地存在系統性偏差，如何計算模式之系統性偏差並修正之，成為數值天氣預報產品應用的重要課題之一。為此，本研究使用 decaying average 方法，針對中央氣象局區域模式之逐時地面溫度預報場，以中央氣象局 2.5 公里解析度之地面溫度分析場為真值，計算模式之系統性偏差並進行偏差修正及其效益。

首先進行權重之敏感度測試，結果指出，以權重係數 0.04 進行 decaying average 偏差修正會有最佳的修正效果，當權重係數為 0.04 時，約 60 天可涵蓋 90% 的誤差資訊。而在偏差修正效能分析上，模式預報的系統性偏差隨著日夜變化有所不同，大部分之預報時間為冷偏差，只在清晨與傍晚有些微暖偏差的情形，經由 decaying average 方法修正後，台灣地區地面溫度預報誤差由  $-0.43^{\circ}\text{C}$  修正至  $0.02^{\circ}\text{C}$ 、均方根誤差也下降約 16%。在預報與觀測差異分布上，不論平地或山區的冷、暖偏差，經由 decaying average 偏差修正後皆有顯著的改善。因此，使用 decaying average 方法除了可計算模式之系統性偏差以瞭解模式預報之誤差行為外，用於偏差修正更能有效提高模式預報能力。

關鍵字：系統性偏差、Decaying average bias correction

## 一、前言

基於模式初始場、動力或物理過程的設計等諸多因素，數值天氣預報無可避免地存在系統性偏差。對於作業及研究單位而言，如何能有效地計算並修正模式預報的系統性偏差，是模式產品應用必須要面對的一個議題。為了計算模式系統性偏差，往往必須儲存龐大的模式預報資料以及觀測或分析場資料，並運用適當的統計方法計算模式系統性偏差，此一系統性偏差除了可以瞭解模式的誤差行為並修正外，也可據以改善模式預報能力。

在各種模式系統性偏差估算方案中，最常見的為統計過去一段時間的平均預報誤差，Hacker and Rife (2007)使用七天的平均誤差定義為模式系統性偏差，Cheng and Steenburgh (2007)使用七天的平均誤差作為修正方法，針對兩公尺溫、濕度及十公尺風向、風速預報進行修正。許多研究人員也提出各種更複雜的模式系統性偏差估算方案來修正數值模式預報輸出結果，如 Gel et al. (2007) 使用 local observation-based (LOB) 及 classification and regression trees and the alternative conditional expectation (CART-ACE)方法來計算中尺度數值天氣預報模式的預報誤差。上述方法必須儲存一段時間的模式預報資料，不僅耗費儲存空間，在進行誤差修正時也必須讀取相當大的資料量，此將增加資料處理與計算的成本。此外，在平均預報誤差方法中，最接近與較遠離分析時間的預報誤差具有一樣的權重，這是其不足之處。

Glahn and Lowry (1972)發展出 Model Output Statistic (MOS)方法，透過迴歸建模，可在不同變數和網格系統間，計算模式的系統性偏差，進而進行偏差修正。Vislocky 和 Fritsch (1997)發現，

客觀的 MOS 的預報能力優於主觀的預報員，而 MOS 在 2002 年奧林匹克運動會預報應用上也被證明在溫度、相對濕度及風速預報上具有相當的參考價值(Hartet et al. 2004)；MOS 在後續發展出許多進階的設計，如：dynamical-MOS (Neilley et al. 2004)、updateable-MOS (Wilson and Valee 2002, 2003)及 ensemble-MOS (Wilks 2004)。但 MOS 方法必須儲存 2 至 3 年的數值模式預報資料及觀測資料量，除了相當耗費資源空間，且當數值模式更新時會面臨建模樣本數不足的問題。

Decaying average 是一個簡單的數學方法，應用卡爾曼濾波器的概念，設計出一個計算模式系統性偏差修正的後處理方法，由美國國家氣象局所開發，此法於 2006 年在美國國家環境預報中心 (National Centers of Environmental Prediction, NCEP)全球系集預報系統及加拿大氣象中心 (Canadian Meteorological Centre, CMC)之全球系集預報系統中正式上線使用(Cui et al. 2012)，並將偏差修正後的 NCEP 及 CMC 之系集預報組合成為北美系集預報系統(Zhu et al. 2012a; Zhu et al. 2012b)。使用 decaying average 方法計算模式系統性偏差時，越靠近分析時間的模式預報誤差權重越大，反之，越遠則權重越小。

本研究使用 decaying average 方法，針對中央氣象局區域模式之逐時地面溫度預報場進行系統性偏差修正，同時也探討模式的系統性偏差特性，並分析偏差修正後的預報效能。本研究第二節為研究方法，先介紹 decaying average 方法，再說明本研究使用資料及實驗設計，第三節為權重敏感度測試實驗，第四節則為系統性偏差特性分析及 decaying average 偏差修正效能分析，第五節為結論。

## 二、研究方法

### (一) Decaying average 偏差修正方法介紹

Decaying average 偏差修正是一個簡單的數學方法，使用 decaying average 方法計算模式系統性偏差時，越靠近分析時間的模式誤差權重越大，反之，越遠則越小，此一權重的分佈可經由一個參數調整。再者，decaying average 方法只需讀取一個系統性偏差值，即可涵蓋過去一段時間的模式預報誤差資訊，可以有效節省資料儲存空間及運算效能。Decaying average 偏差修正步驟如下：

1. 計算預報誤差(b)：模式預報場(f)減去對應的分析場或真值(a<sub>t</sub>)，

$$b = f - a_t \quad (1)$$

其中 b 和 f 為 i、j (格點) 和預報時間的函數，a 為 i、j 的函數，t 為分析場的時間。

2. 以 decaying average 法計算系統性偏差(B)：以權重係數控制前一個時間所算得的系統性偏差(B<sub>t-1</sub>)和當下的預報誤差(b)所占的比重，

$$B = (1 - w) \times B_{t-1} + w \times b \quad (2)$$

其中，w 為權重係數，B、B<sub>t-1</sub> 和 b 為 i、j、初始時間和預報時間的函數。

3. 偏差修正：當下的模式預報場(f)減去 decaying average 算出的系統性偏差(B)，得到新的預報場(F)，

$$F = f - B \quad (3)$$

其中 F、f 和 B 皆為 i、j、初始時間和預報時間的函數。

使用 decaying average 方法計算模式系統性偏差時，權重係數扮演一個非常重要的角色，以

該係數控制系統性偏差(B)和預報誤差(b)所占的比重；因此，將前述公式(2)展開後，由過去 n 個個案時間之預報誤差(b)與權重係數(w)間之關係，可推導出系統性偏差(B)在過去一段時間內各個時間之預報誤差所占的比例，舉例如下：

$$B_1 = (1 - w)B_0 + wb_1$$

$$B_2 = (1 - w)B_1 + wb_2 = (1 - w)wb_1 + wb_2$$

$$B_3 = (1 - w)B_2 + wb_3 \\ = (1 - w)^2 wb_1 + (1 - w)wb_2 + wb_3$$

$$B_4 = (1 - w)B_3 + wb_4 \\ = (1 - w)^3 wb_1 + (1 - w)^2 wb_2 + (1 - w)wb_3 \\ + wb_4$$

……依序推導至 B<sub>n</sub>，

$$B_n = \frac{(1 - w)^{n-1} w}{1 - w} b_1 + \frac{(1 - w)^{n-2} w}{1 - w} b_2 + \dots \\ + \frac{(1 - w) w}{1 - w} b_{n-1} + \frac{w}{1 - w} b_n \quad (4)$$

圖 1 為 decaying average 方法所計算之系統性偏差中，連續 200 個個案的預報誤差所占的比例，即公式[4]中 b<sub>1</sub>~b<sub>n</sub> 的係數 (以底線表示)，橫軸由左至右為過去至當下的個案時間。圖中顯示，當權重等於 0.1 時，距離最近 50 天之預報誤差所占比重較大，50 天以後預報誤差的比重皆小於 0.001，隨著權重減小至 0.02 時，過去一段時間之誤差所占比重隨時間衰減較慢，約需 180 天以上才會使誤差所占比例降至 0.001。假設所有預報誤差(b<sub>1</sub>~b<sub>n</sub>)皆為 1 的情況下，可知模式的系統性偏差為 1，公式(4)中 b<sub>1</sub>~b<sub>n</sub> 皆以 1 代入，即可計算出各個時間的系統性偏差 (即 B<sub>1</sub>~B<sub>n</sub>)。圖 2 中顯示，較大的權重(w = 0.1)只需約 50 天，decaying average 所算得的系統性偏差即趨近於 1，即可算出系統性偏差為 1，反之，若使用較小的權重(w = 0.02)，則需 200 天 decaying average 的系統

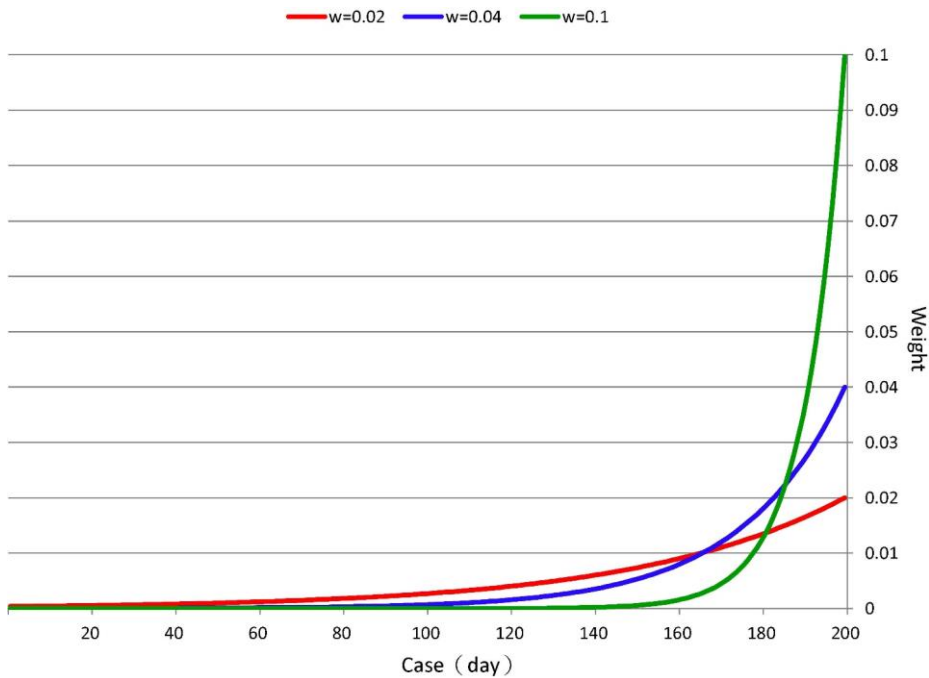


圖 1 以 decaying average 方法所計算的系統性偏差中，預報誤差所占的比重。橫軸由左至右為過去至當下之個案時間，單位為天，第 200 天為最靠近分析的時間；紅線、藍線及綠線分別為權重 0.02、0.04 及 0.1。

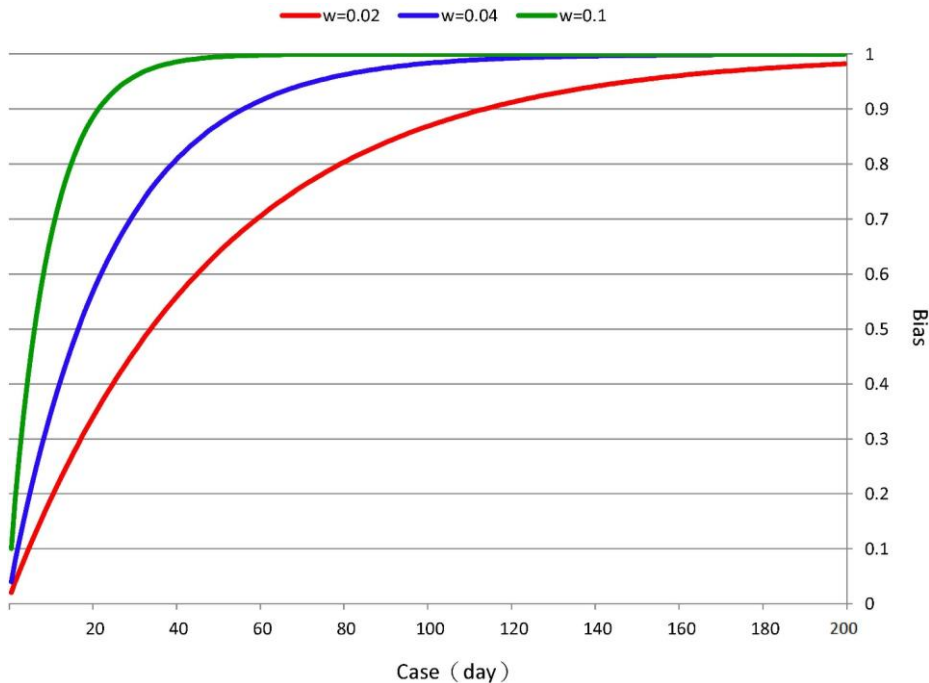


圖 2 在 decaying average 方法，假設預報誤差皆為 1 時系統性偏差(B)隨時間的變化；橫軸由左至右為過去至當下之個案時間，單位為天，第 200 天為最靠近分析的時間；紅線、藍線及綠線分別為權重 0.02、0.04 及 0.1。

性偏差才會趨近於 1。因此，當權重較大時，愈接近分析時間之預報誤差所占比重就愈大，過去一段時間之誤差所占比重隨時間衰減越快，而當權重較小時，接近分析時間的系統性偏差所占比例則較小，過去一段時間之誤差所占比重隨時間衰減越慢。在實際應用上，我們雖然不知道模式真正的系統性偏差，但顯見的是，較大權重所計算的模式系統性偏差(B)詮釋了較短時間內模式預報誤差的行為，但究竟多大的權重才能得到最佳的修正效果，這有賴於使用真實的資料進行敏感度實驗，據以評估不同權重的偏差修正效益。

## (二) 使用資料及實驗設計

本研究使用中央氣象局作業之區域數值預報模式之地面溫度預報，進行 decaying average 系統性偏差修正實驗。本實驗以中央氣象局之 2.5 公里解析度的地面溫度分析場做為真值(ground truth, GT)，進行模式預報誤差的計算。GT 使用通用克利金法 (Kitanidis 1993, 李和林 2010)，針對台灣地區所有的地面溫度觀測進行客觀分析，所得到之地面溫度分析場，為中央氣象局所提供的最佳地面溫度分析產品 (顧等, 2011)。

中央氣象局作業之區域數值預報系統，水平為三層巢狀網格，解析度分別為 45、15、5 公里，模式範圍如圖 3 所示，本研究使用 5 公里解析度模式的逐時地面溫度預報場進行實驗，5 公里解析度的模式預報先進行水平線性內插至 GT 網格 (圖 4)，再參考模式預報之地面溫度、模式地形、溫度遞減率及 GT 之地形高度，進行垂直方向的高度修正 (顧等, 2011)，可得到經高度修正後之地面溫度預報場，以此為控制組 (簡稱 OP)，OP 使用 GT 之地面溫度分析場為真值，以 decaying average 方法計算模式之系統性偏差，進而對 OP 做系統性偏差修正，將修正後的地面溫度場做為

對照組 (簡稱 BC)。實驗期間為 2015 年 7 月 7 日至 2015 年 10 月 27 日，每日 00 UTC、06 UTC、12 UTC 及 18 UTC 的模式 72 小時預報進行實驗。本研究將 2015 年 7 月 7 日至 9 月 30 日定義為訓練期，並對 2015 年 10 月 1 日至 10 月 27 日之陸地格點進行偏差修正效能分析。

## 三、權重敏感度測試

在使用 decaying average 方法計算模式系統性偏差時，權重係數控制過去一段時間之系統性偏差(B)和預報誤差(b)所占的比例，由公式(2)可看出，較大的權重，預報誤差所占比例就愈大，系統性偏差所占比例就愈小，而當權重較小時則反之。為評估在各個預報時間下能有最佳的修正效果，將針對權重係數進行敏感度測試及分析。本實驗將權重由 0.01、0.02 依序增加至 0.1，將 2015 年 7 月 7 日 00 UTC 至 2015 年 10 月 27 日 00 UTC 共 113 天之 72 小時預報進行 decaying average 之系統性偏差的計算，並以 2015 年 10 月 1 日 00 UTC 至 10 月 27 日 00 UTC 共 27 天，針對台灣陸地格點，評估使用不同權重將控制組 OP 進行 decaying average 偏差修正，以平均誤差 (Mean Error, ME)及均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)進行偏差修正之效能評估。平均誤差及均方根誤差公式如下：

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i - a)}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - a)^2}{n}}$$

其中，f 為模式預報場，a 為真值(GT)，n 為個案時間；RMSE 及 ME 為格點及預報時間的函數。

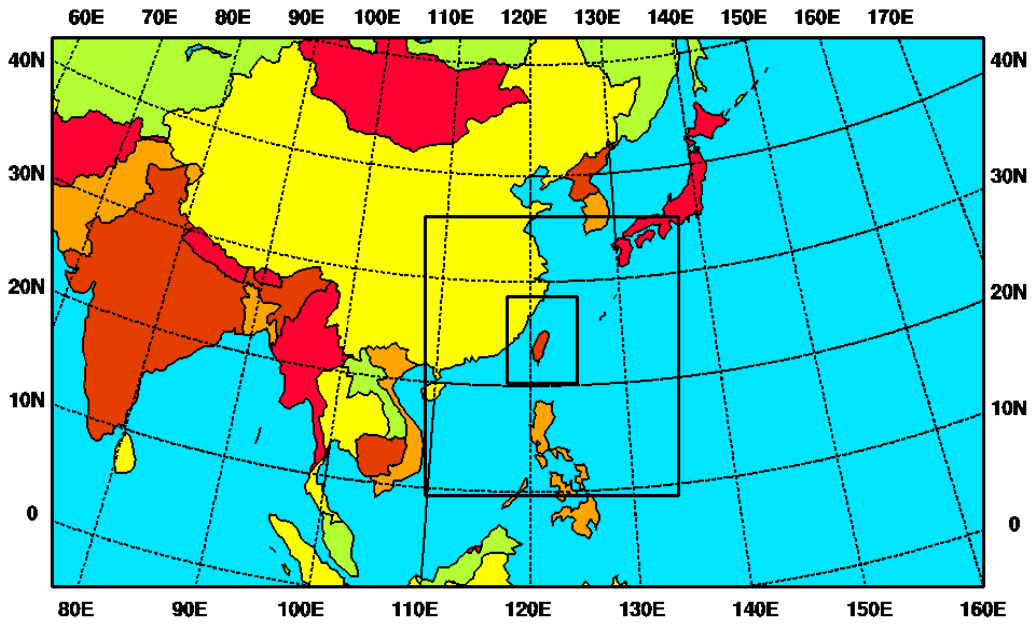


圖 3 中央氣象局作業之區域數值預報模式範圍，三層巢狀網格解析度分別為 45、15、5 公里。

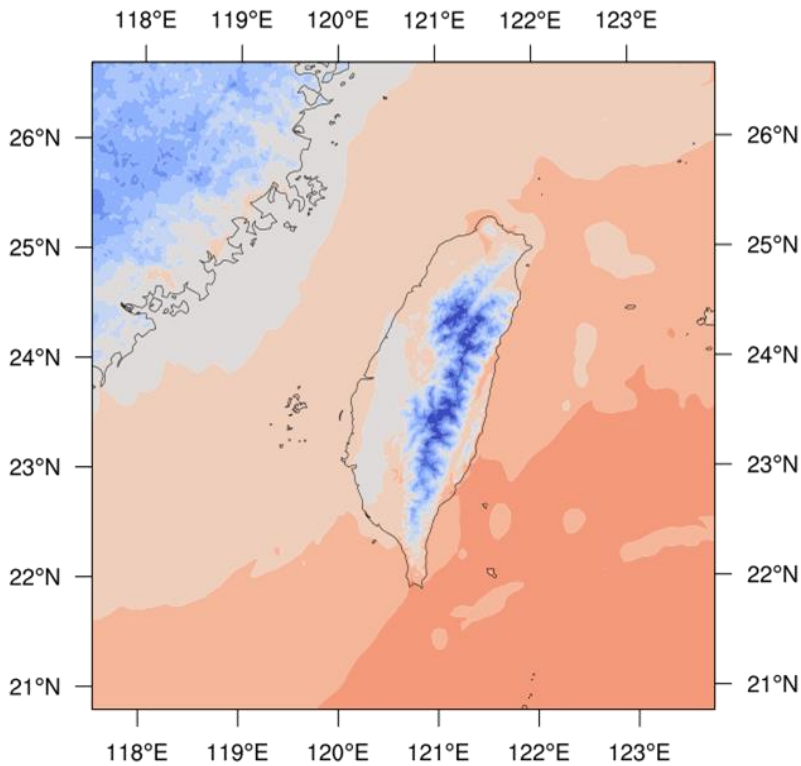


圖 4 GT 之網格範圍，網格間距為 2.5 公里。圖中色階為 2016 年 10 月 27 日 00 UTC 之地面溫度分析場。

使用 *decaying average* 方法修正模式之系統性偏差，除了對 ME 產生影響外，也可能偏差修正而改變預報準確度，進而改變修正後的 RMSE。圖 5 為 27 個個案針對所有初始時間為 00 UTC 之 1 至 72 小時地面溫度預報場(OP)，及以不同權重進行 *decaying average* 偏差修正，並將陸地上網格點平均後之 ME。圖中顯示，OP 逐時地面溫度預報在大部分預報時間有明顯的冷偏差，最冷可達  $-0.9^{\circ}\text{C}$ ，只有在 17 LST、07 LST 及 08 LST 模式有些微暖偏差的情形，這意味著模式預報的系統性偏差有明顯的日夜變化。將 OP 以不同權重進行 *decaying average* 偏差修正可看出，OP 冷偏差最為嚴重的白天及夜間，經修正後皆有約  $0.4^{\circ}\text{C}$  至  $0.7^{\circ}\text{C}$  的改善，隨著權重變大，不同權重實驗間之差異減小，因此無法進一步凸顯偏差修正的效果；使用較大的權重係數( $w > 0.05$ )，會使得原先冷偏差的狀況轉變為暖偏差。將 1 至 72 小時預報的 ME 進行平均(圖 6)可看出，OP 地面溫度預報之 ME 超過  $-0.4^{\circ}\text{C}$ ，經由 *decaying average* 方法以不同權重修正後皆改善冷偏差的情形，但當權重較大時，則由冷偏差轉變為暖偏差。

針對陸地格點 RMSE 的平均(圖 7)可看出，OP 與不同權重修正實驗相比有較大的 RMSE，在清晨與黃昏出現極小值，與 ME 在 17 LST、07 LST 及 08 LST 有些微暖偏差的結果一致；除了日夜變化外，RMSE 也會隨著預報長度而有增加的趨勢。經由 *decaying average* 方法修正後皆可降低 RMSE，但在夜晚期間(17 至 07 LST)修正的效果比白天(07 至 17 LST)來的顯著。對 RMSE 而言，不同的權重係數在白天和晚上的效果不一樣，晚上期間， $w$  由 0.01 增加至 0.03 其修正效果隨之增加，但  $w > 0.04$  後則沒有顯著的差別。但在白天期間，隨著權重係數增加 RMSE 則反而增

大，這情形在 49 至 57 小時預報間更為顯著。在 54 至 72 小時預報期間，*decaying average* 偏差修正仍然可以得到比 OP 更小的 RMSE，但不同權重間的差異不大，但對 ME 而言，在這段期間不同的權重仍可以有不同程度的改善(見圖 5)，顯見不同的 *decaying average* 權重參數對系統性偏差(ME)的修正較為敏感，但對預報準確度(RMSE)的影響則較不敏感。

若將 1 至 72 小時預報 RMSE 之平均可看出(圖 8)，未修正前 OP 之 RMSE 達  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，經由 *decaying average* 方法修正後，隨著權重增大，RMSE 值會先明顯的降低，在  $w > 0.04$  之後則緩慢增加。比較不同權重測試實驗之 RMSE 及 ME 結果(如表 1 所示)，本研究認為，權重係數 0.04 可以得到最佳的結果。在權重係數為 0.04 的情形下，以圖 2 為例，30 天累積的誤差即可涵蓋全部誤差的 70%，若要涵蓋全部誤差的 90%，則約需要 60 天。本研究後續之校驗與分析結果將以權重係數為 0.04 做為 *decaying average* 偏差修正所使用的權重值。

## 四、系統性偏差特性分析及實驗結果

### (一) 系統性偏差特性分析

以實驗期間 2015 年 7 月 7 日至 2015 年 10 月 27 日共 113 天，將不同初始時間(00、06、12 及 18 UTC)之 1 至 72 小時預報，將權重係數設為 0.04，以第二節所述計算模式系統性偏差方法之公式(1)及公式(2)，計算地面溫度預報之 *decaying average* 系統性偏差，並分析其隨著個案時間及預報時間的變化。由前節權重敏感度測試結果可知，當權重係數等於 0.04 時，*decaying average* 方法所計算的系統性偏差約 60 天可涵蓋

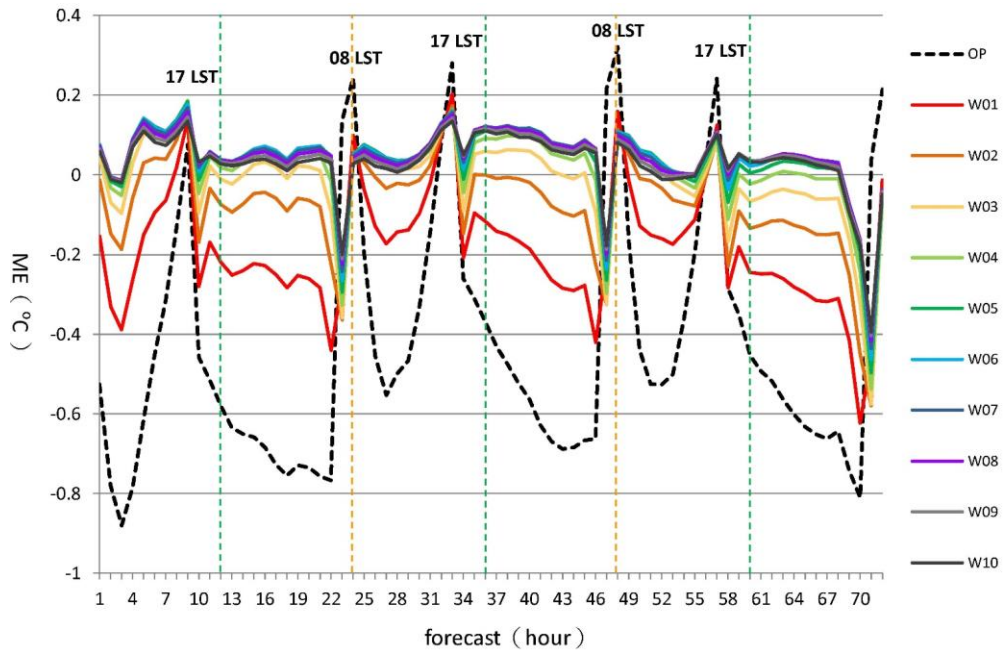


圖 5 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 天，初始時間為 00 UTC 之地面溫度預報場(OP)及不同權重之偏差修正結果，取陸點平均之 ME，單位為  $^{\circ}\text{C}$ 。圖中橫軸為預報時間 1 至 72 小時，橘色虛線為 08 LST，綠色虛線為 20 LST，黑色虛線為 OP，彩色實線為權重 0.01 至 0.1。

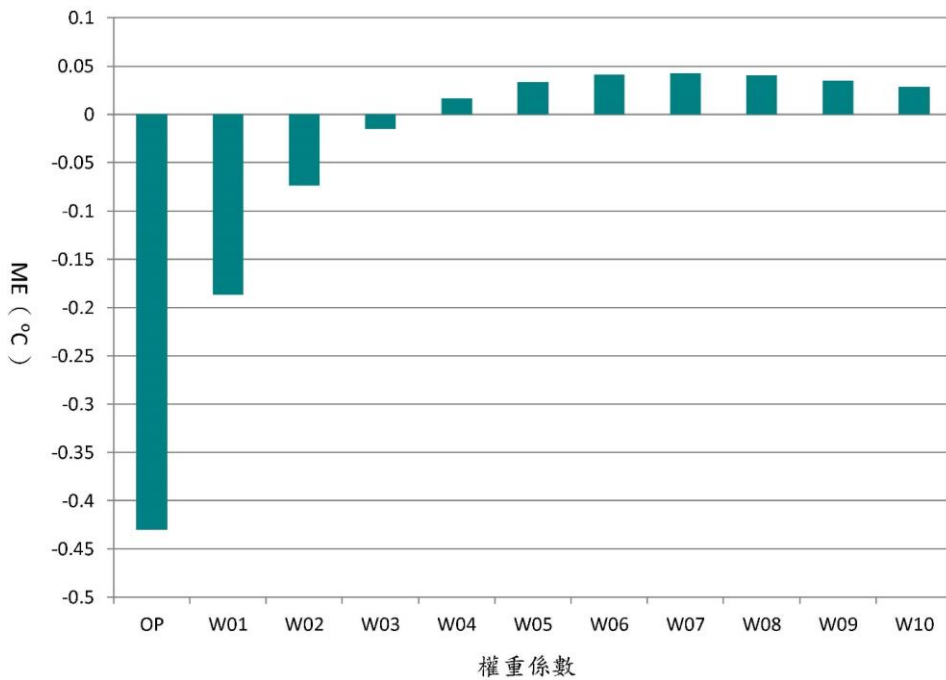


圖 6 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 天，初始時間為 00 UTC 以不同權重測試下陸點及預報時間平均之 ME，單位為  $^{\circ}\text{C}$ 。圖中橫軸為 OP 及權重為 0.01 至 0.1 共 11 組實驗。



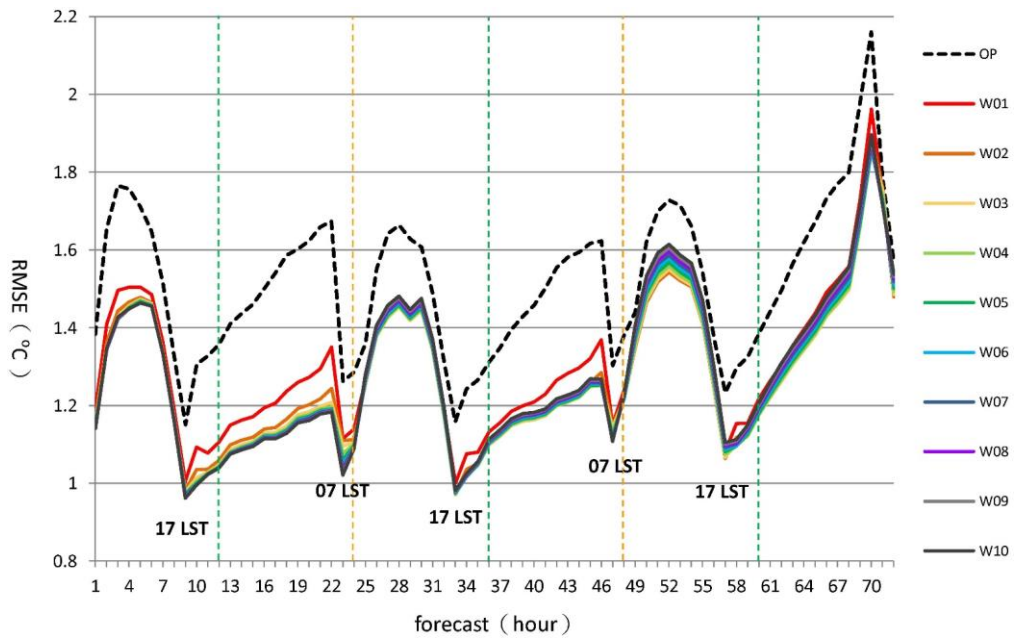


圖 7 同圖 5，但為 RMSE。

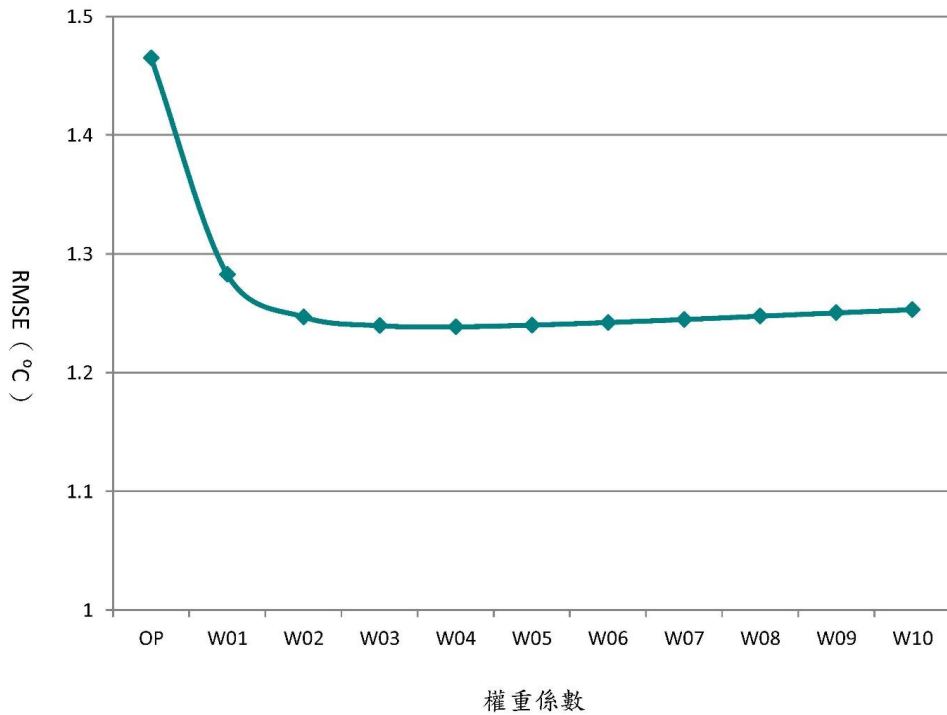


圖 8 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 天，初始時間為 00 UTC 以不同權重測試下陸點及預報時間平均之 RMSE，單位為 °C。圖中橫軸為 OP 及權重為 0.01 至 0.1 共 11 組實驗。

表 1 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 個個案，初始時間為 00 UTC，OP 與不同權重測試實驗對陸點及預報時間 72 小時平均之 RMSE 及 ME。

	OP	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07	W08	W09	W10
<b>RMSE</b>	1.465	1.283	1.247	1.241	1.239	1.240	1.242	1.245	1.248	1.251	1.253
<b>Mean Error</b>	-0.430	-0.186	-0.073	-0.015	0.016	0.033	0.040	0.041	0.040	0.035	0.029

90% 的誤差資訊；因此在圖 9 中，橫軸個案時間前 60 天可視為 decaying average 方法之訓練期，本節主要針對 60 天後之個案進行系統性偏差分析。結果顯示，不同初始時間的系統性偏差差異不大，以 00 UTC (圖 9(a)) 為例，由於 decaying average 的系統性偏差會隨個案時間而改變，因此不同個案時間有不同的系統性偏差。而由縱軸的預報時間可看出，系統性偏差隨著日夜變化而有所不同，大部分之預報時間為冷偏差，只有在 17 LST (9、33 及 57 小時預報)、07 LST 及 08 LST (22、23、47、48、71 及 72 小時預報) 模式有些微暖偏差的情形。以海拔高度 500 公尺為界，進一步分為平地 and 山區以探討系統性偏差特性，以初始場為 00 UTC 之系統性偏差為例，平地及山區之冷、暖偏差特性與全台平均相似，平地地區系統性偏差較小而山區偏差較大，尤其山區在日間及夜晚的冷偏差情況特別明顯 (圖 10)。

綜合權重敏感度測試實驗及系統性偏差特性分析結果顯示，不同模式初始時間 (00、06、12 和 18 UTC) 對地面溫度預報之系統性偏差特性影響不大，因此後續實驗將針對初始時間為 00 UTC 之個案，以權重 0.04 進行 decaying average 偏差修正，並對其修正結果做進一步分析。

## (二) decaying average 偏差修正之效能分析

針對 2015 年 10 月 1 日 00 UTC 至 10 月 27

日 00 UTC 共 27 個個案之 OP 和 BC 在不同預報時間的地面溫度預報與觀測比較 (圖 11)，結果顯示，OP 的地面溫度預報有冷偏差，其中山區的冷偏差更為顯著。經 decaying average 偏差修正後的溫度預報和觀測，不論是平地或山區都幾乎一致。圖 12(a) 之 ME 可看出，OP 逐時地面溫度之預報誤差有明顯的日夜變化，在大部分預報時間有明顯的冷偏差，只有在清晨 (07 LST) 與傍晚 (17 LST) 有些微暖偏差的情形，此結果與圖 5 及圖 7 類似。經過 decaying average 偏差修正後，72 小時平均之 ME 由  $-0.43^{\circ}\text{C}$  改善為  $0.02^{\circ}\text{C}$ ，絕對誤差改善程度達  $0.41^{\circ}\text{C}$ 。但值得注意的是，07 LST 經偏差修正後，ME 由 OP 的暖偏差轉為 BC 的冷偏差，此一現象不僅反映出模式的誤差行為會有日夜變化的趨勢，而因應不同的誤差特性，decaying average 的偏差修正效益也有所不同。而全台 72 小時平均之 RMSE 經修正後也由  $1.46^{\circ}\text{C}$  降至  $1.24^{\circ}\text{C}$ ，改善程度達 16%。圖 12(b)、(c) 顯示，模式在山區的溫度預報誤差 (ME 和 RMSE) 較平地大，特別是山區的誤差日夜變化更為顯著。經偏差修正後，平地 and 山區的 ME 相近，但山區的 RMSE 仍大於平地。

上述為陸地格點 RMSE 及 ME 的平均，將 27 個個案平均之第 24 至 47 小時預報 (對應 08 LST 至隔日 07 LST) 的地面溫度預報誤差可看出 (圖 13)，OP 的預報誤差只有清晨與傍晚為暖偏差，

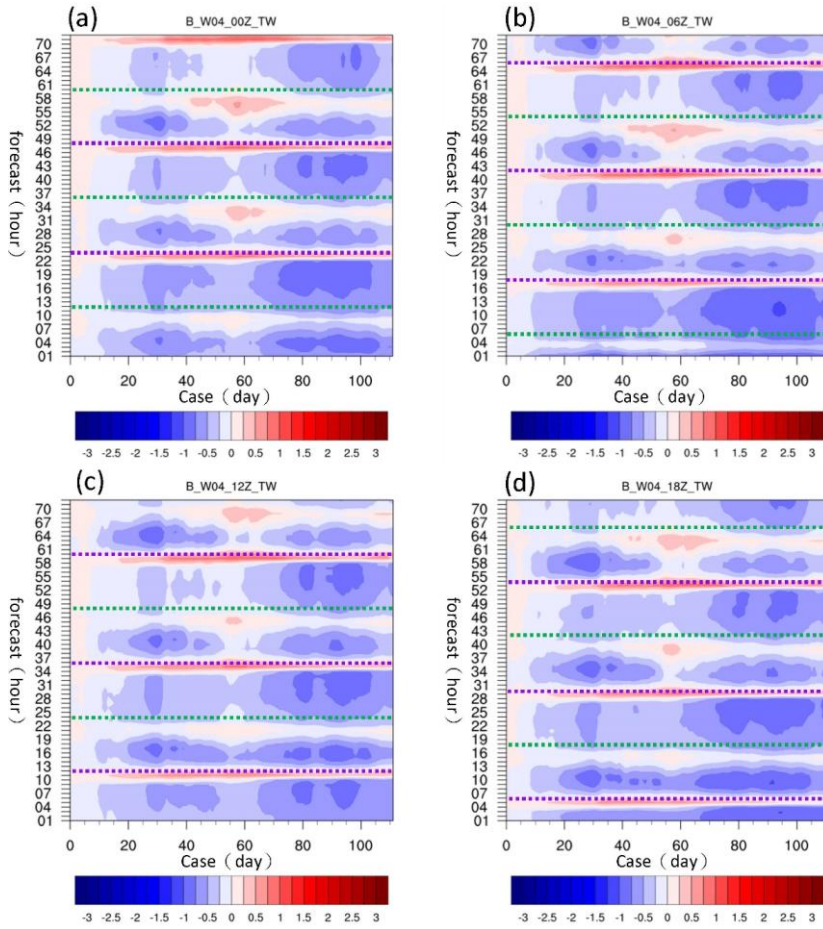


圖 9 台灣地區地面溫度預報隨個案時間與預報時間之系統性偏差(B)。 (a)、(b)、(c)和(d)分別為初始時間 00、06、12 及 18 UTC。橫軸為個案時間 2015 年 7 月 7 日至 10 月 27 日共 113 天，縱軸為預報時間 1 至 72 小時，紫色虛線為 08 LST，綠色虛線為 20 LST。

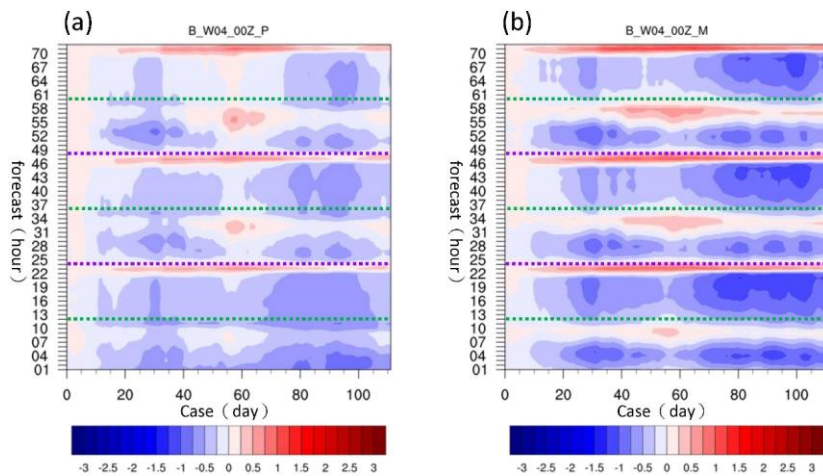


圖 10 同圖 9，但為初始時間 00 UTC 之(a)平地和(b)山區。

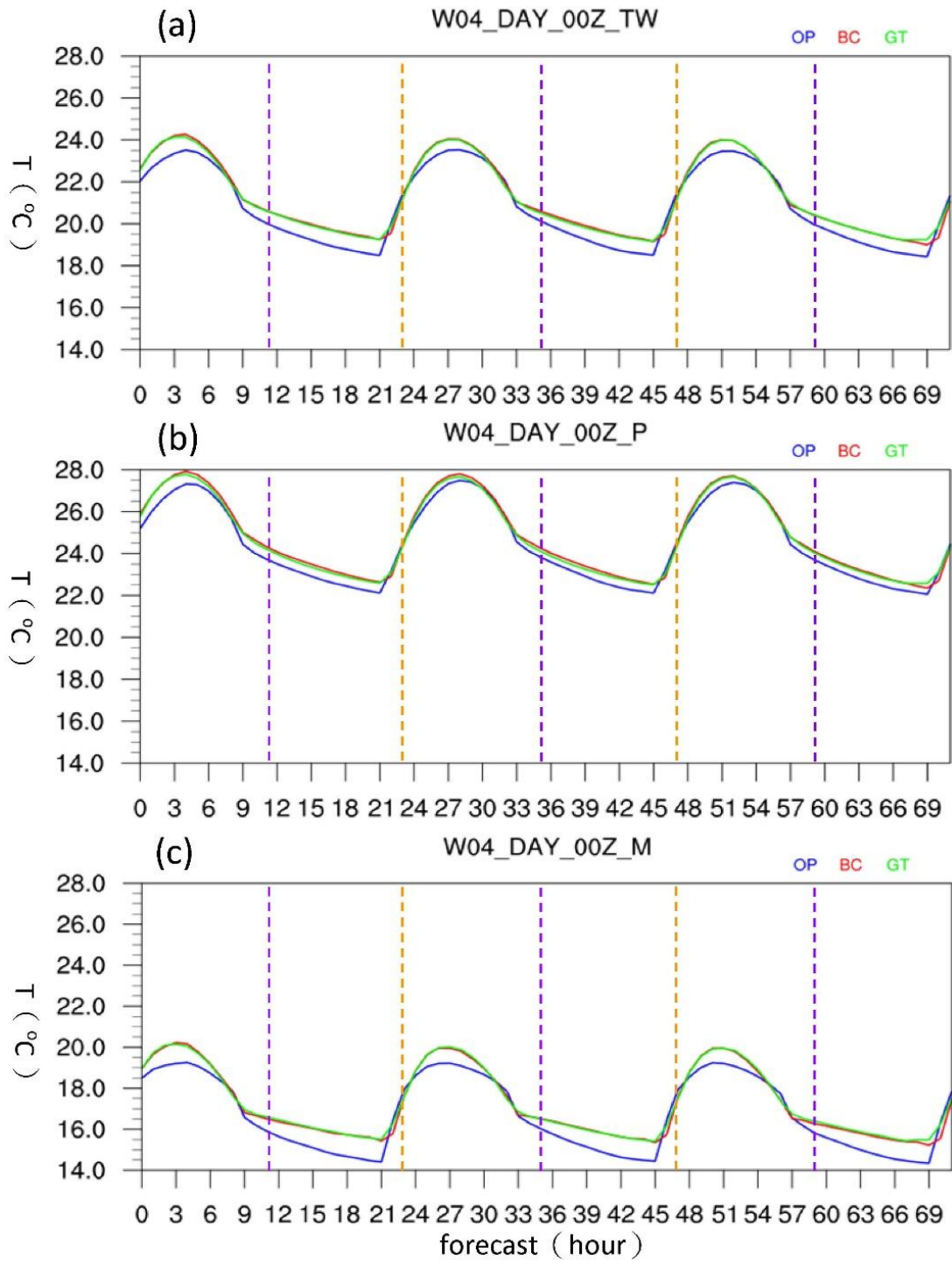


圖 11 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 天平均之 OP、BC 及 GT 隨預報時間之溫度變化。(a)為全台平均，(b)和(c)分別為平地和山區平均。圖中橫軸為預報時間，橘色虛線為 08 LST，紫色虛線為 20 LST，藍線為 OP，紅線為 BC，綠線為 GT。



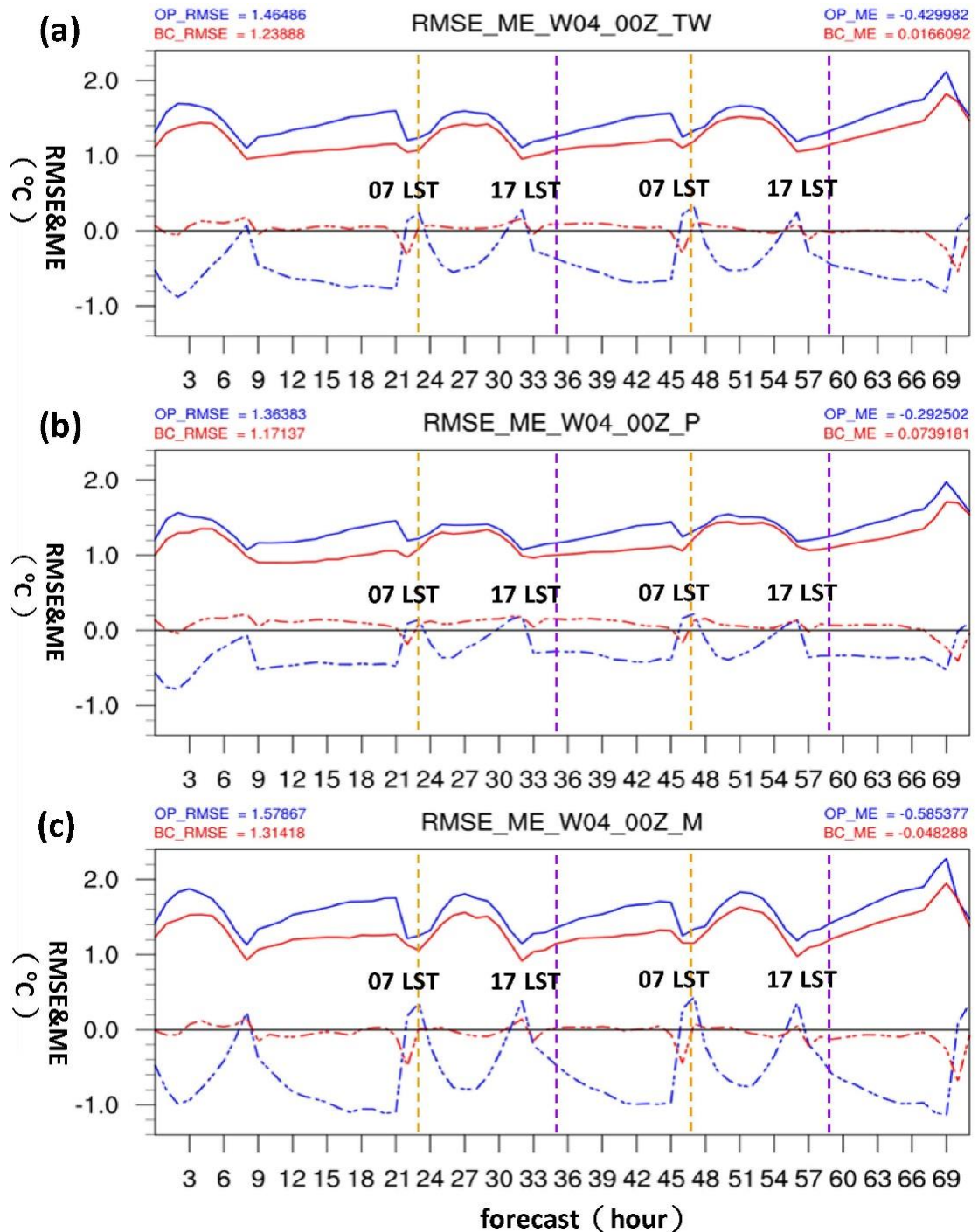


圖 12 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 天平均，溫度隨預報時間之 RMSE 和 ME。(a)為全台平均，(b)和(c)為平地  
 和山區平均。圖中橫軸為預報時間，橘色虛線為 08 LST，紫色虛線為 20 LST，實線為 RMSE，虛線為 ME；  
 藍線為 OP，紅線為 BC。

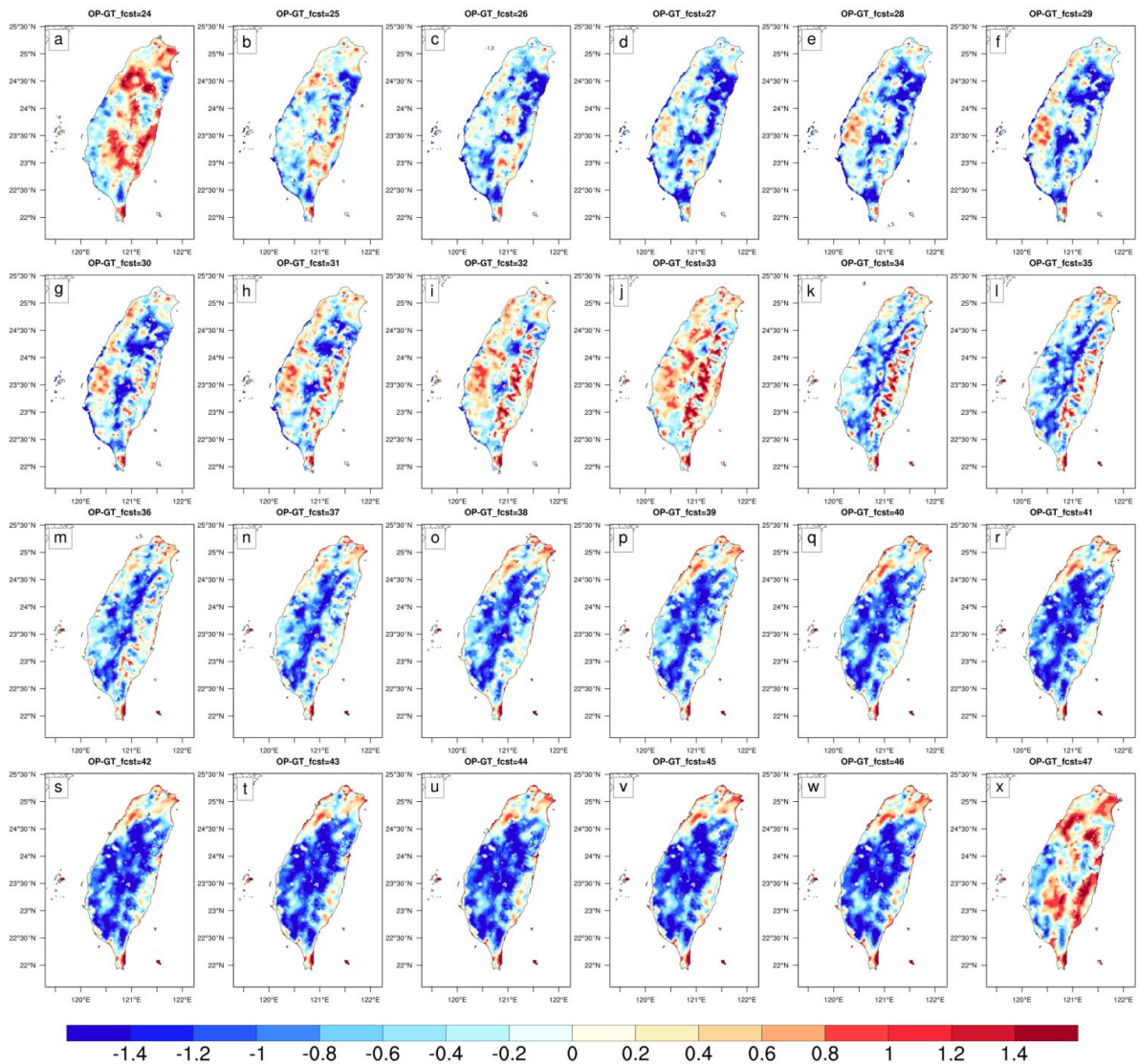


圖 13 2015 年 10 月 1 日至 27 日共 27 天平均，OP 之地面溫度預報誤差。(a)至(x)分別為第 24 至 47 小時之逐時預報（對應 08 LST 至隔日 07 LST）。

其餘時間皆為冷偏差，尤其山區冷偏差的情形特別明顯；經 decaying average 偏差修正後可看出，BC 之地面溫度預報誤差皆明顯降低，尤其山區的冷偏差經修正後皆有顯著的改善（圖 14）。

使用 decaying average 偏差修正方法，只需儲存前一個時間的系統性偏差值即可涵蓋過去一段

時間的誤差資訊，相當節省儲存空間外，也可明顯縮短讀取資料及計算時間，增加運算效能。整體而言，模式之地面溫度預報在不同預報時間的冷、暖偏差，因使用 decaying average 方法可快速且有效的修正模式系統性偏差(ME)，並提高模式的預報準確度(RMSE)。

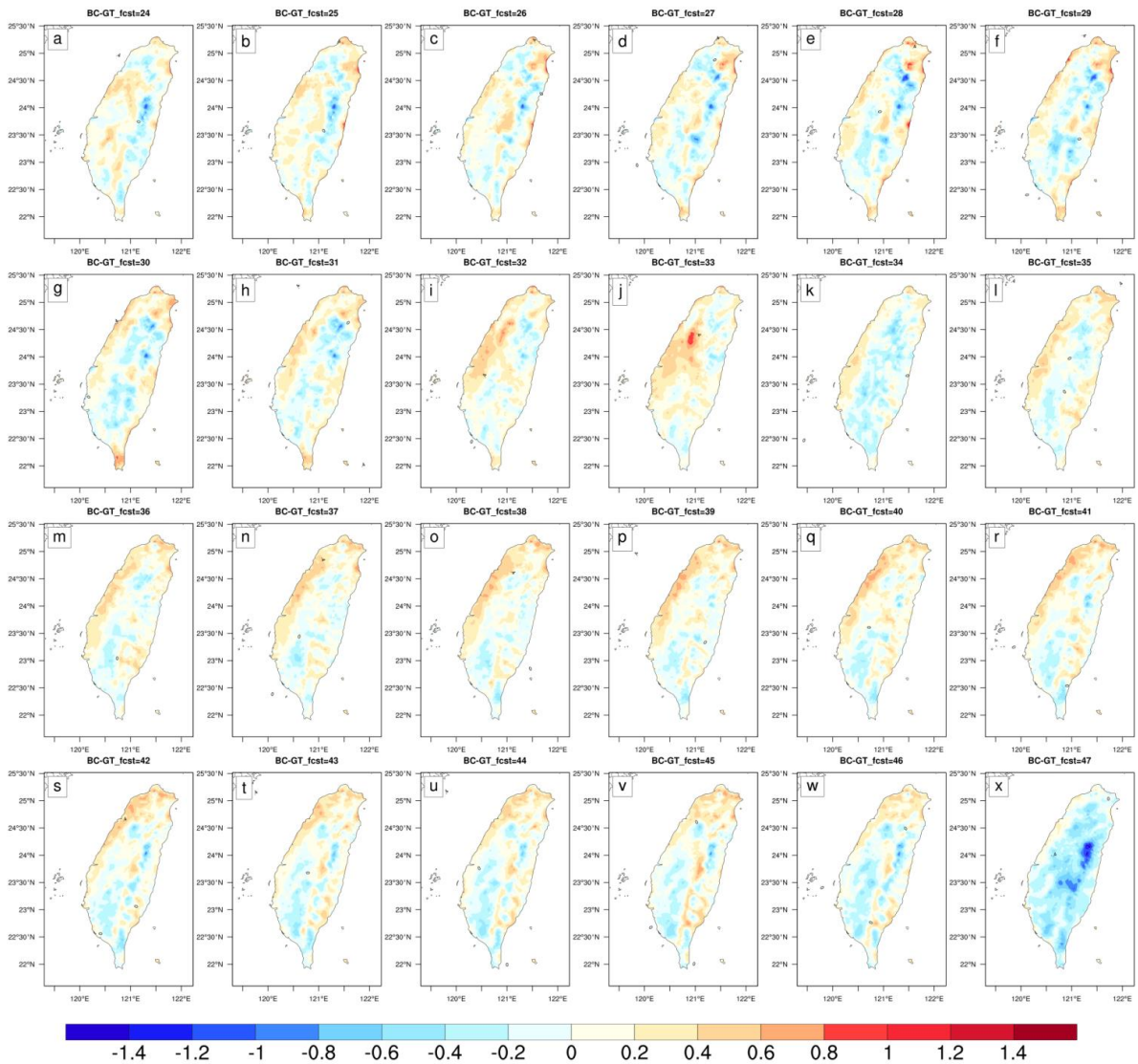


圖 14 同圖 13，但為 BC 的結果。

### 五、結 論

Decaying average 是一個簡單的數學方法，可以經由權重係數來控制過去一段時間之系統性偏差和預報誤差所占的比例，再者，decaying average 方法在計算模式系統性偏差時，只需儲存前一個時間的誤差以及當下的資料，亦可以有效節省資料儲存空間。本研究使用 decaying average 偏差修

正方法，將中央氣象局區域模式之逐時地面溫度預報場，以中央氣象局之 2.5 公里解析度地面溫度分析場為真值，進行系統性偏差修正。權重之敏感度測試結果指出，不同的 decaying average 權重參數對系統性偏差(ME)的修正較為敏感，但對預報準確度(RMSE)的影響則較不敏感。以權重係數 0.04 進行 decaying average 偏差修正會有最佳的修正效果，當權重係數為 0.04 時，約 60 天可

涵蓋 90 % 上的誤差資訊。

本研究之分析指出，地面溫度預報之系統性偏差有顯著的日夜變化，大部分預報時間為冷偏差，只有在清晨與傍晚有些微暖偏差的情形，而山區的日夜變化較平地區域更為明顯。分析亦指出，因應不同的誤差特性，decaying average 的偏差修正效益也有所不同，舉例來說，decaying average 偏差修正皆能有效移除模式的系統性偏差，但是在清晨時段經 decaying average 偏差修正後則得到冷偏差的結果。

Decaying average 偏差修正之效益，3 天平均的 RMSE 由 1.47°C 降至 1.24°C，改善程度達 16%，ME 則由 -0.43°C 改善為 0.02°C，絕對誤差改善程度達 0.41°C。模式在山區的溫度預報誤差 (ME 和 RMSE) 較平地大，特別是山區的誤差日夜變化更為顯著。經偏差修正後，平地和山區的 ME 相近，但山區的 RMSE 仍大於平地。總的來說，decaying average 方法不僅兼顧計算和儲存的效率，更能有效應用於地面溫度預報的偏差修正，以使數值天氣預報產能獲得更有效益的應用。

## 六、致 謝

本研究在中央氣象局氣象資訊中心提供之計算支援以及發展小區域災害性天氣即時預報系統計畫支援下完成。

## 參考文獻

李天浩、林忠義，2010：評估四種聯合克利金法整合雷達和雨量站觀測估計降雨空間分佈的誤差特性，*中國土木水利工程學刊*，**22**，23-41。

- 顧欣怡、王信凱、鄭安孺、高慧萱、陳怡彤、呂國臣，2011：高解析度網格點氣象分析系統。*交通部中央氣象局 100 年天氣分析與預報研討會論文彙編*，236-259。
- Cheng, W. Y. Y., and W. J. Steenburgh, 2007: Strengths and weaknesses of MOS, running-mean bias removal, and Kalman filter techniques for improving model forecasts over the western United States. *Wea. Forecasting*, **22**, 1304-1318.
- Cui, B., Z. Toth, Y. Zhu, and D. Hou, 2012: Bias Correction for Global Ensemble Forecast. *Wea. Forecasting*, **27**, 396-410.
- Kitanidis, P. K., 1993: Generalized covariance functions in estimation. *Mathematical Geology*, **25(5)**, 525-540.
- Gel, Y. R., 2007: Comparative analysis of the local observationbased (LOB) method and the nonparametric regression-based method for gridded bias correction in mesoscale weather forecasting. *Wea. Forecasting*, **22**, 1243-1256.
- Glahn, H. R., and D. A. Lowry, 1972: The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *J. Appl. Meteor.*, **11**, 1203-1211.
- Hacker, J., and D. L. Rife, 2007: A practical approach to sequential estimation of systematic error on near-surface mesoscale grids. *Wea. Forecasting*, **22**, 1257-1273.
- 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.
- Neilley, P.P., W. Myers, and G. Young, 2002:, "Ensemble Dynamic MOS", 16th Conference on Probability and Statistics in the Atmospheric Sciences, AMS Conference, 102-106..
- 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.
- Wilson, L. J., and M. Valle'e, 2002: The Canadian updateable model output statistics (UMOS) system: Design and development tests. *Wea. Forecasting*, **17**, 206-222.
- , and M. Valle'e, 2003: The Canadian updateable model output statistics (UMOS) system: Validation against perfect prog. *Wea. Forecasting*, **18**, 288-302.
- Xie, Y. F., S. Koch, J. McGinley, S. Albers, P. Beringer, M. Wolfson, and M. Chan, 2011: A Space-Time Multiscale Analysis System: A Sequential Variational Analysis Approach. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 1224-1240.
- Zhu, Y., B. Cui, and Z. Toth, 2012a: December 2007 upgrade of the NCEP Global Ensemble Forecast System (NAEFS).
- , Z. Toth, R. Wobus, M. Wei, and B. Cui, 2012b: May 2006 upgrade of the GEFS and first implementation of NAEFS systems.

# **Bias Correction of Surface Temperature Prediction by Using the Decaying Average Algorithm**

**Yi-Ru Chen    Jing-Shan Hong**

**Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan**

(manuscript received 20 January 2017 ; in final form 6 April 2017)

## **ABSTRACT**

The unavoidable model systematic bias was existed due to the model initial condition, model physics and numerical schemes, etc. So, how to calculate and correct bias becomes an important issue to extensively use the numerical weather prediction products. This paper is to study the performance of using the decaying average algorithm to correct the systematic bias of the hourly surface temperature prediction from the operational regional model in Central Weather Bureau.

First of all, the sensitivity of the weighting coefficient in decaying average show that the coefficient of 0.04 resolves the 90% of the whole model errors in 60 days and results in the best correction effect of the systematic bias. The characteristics of the model systematic bias involved with a remarkable diurnal cycle, which is cold bias in most of the time, and is warm bias in early morning and evening. By applying the decaying average bias correction, the bias of the surface temperature is corrected from  $-0.43^{\circ}\text{C}$  to  $0.02^{\circ}\text{C}$ , and the root mean square error improved up to 16%. This study shows that the decaying average algorithm is not only able to interpolate the model error behaviors, but also can effectively remove the model errors. In addition, its computing efficiency is especially powerful to apply in an operational purpose.

**Key Words: Systematic bias, Decaying average bias correction. doi: 10.3966/025400022017034501002**