

臺灣冷季格點化氣溫預報偏差改進策略初探

Preliminary Study on the Improvement Strategies of Gridded Temperature Forecasts Bias in Taiwan's Cold Season

林定宜 (Lin, Ting-I)

中央氣象局預報中心

Meteorological Forecast Center, Central Weather Bureau

摘要

本文探討了2019年至2020年間冷季不同天氣型態的重要歷史個案，主要的用意是將冷季天氣物理過程與格點氣溫預報互相連結，並由校驗找出官方預報偏差較大的好發區域，使預報員在操作「圖形化預報資料編輯系統」(Graphical Forecast Editor, GFE)時能更明瞭模式指引/偏差值的可能原因。研究結果顯示，氣溫預報除了憑藉模式指引之外，預報員還必須運用主觀的經驗來修正溫度預報，否則會有意外的巨大誤差。此研究亦可做為格點氣溫預報偏差的改進策略參考。

關鍵字：圖形化預報資料編輯系統(GFE), 偏差修正(BC), 網格分析值(GT), 預報指引, 系集預報系統(EPS), 時間延遲(LAG), EC 全球模式 9km 解析度(ECP1XP1)

Abstract

This article explores important historical cases of different weather patterns in the cold season from 2019 to 2020. The author's intention is to link the physical processes of the cold season weather with the gridded temperature forecasts, and verify the areas where the official forecasts have large deviations, which the forecaster can better comprehend the possible reasons for the deviation of the model guidance when operating the "Graphic Forecast Editor (GFE)". The research results show that in addition to relying on model guidance, forecasters must use subjective experience to correct temperature forecasts, otherwise there will be unexpectedly huge errors. This research can also be used as a reference for strategies to improve the gridded temperature forecasts bias.

Keywords: Graphic Forecast Editor(GFE), Bias Correction(BC), Ground Truth(GT), Model Guidance, ensemble prediction system(EPS), time-lagged(LAG), ECP1XP1

一、前言：

當前天氣預報作業上，資訊系統雖已取代了大部分的人工主觀過程，然而預報員的學識和經驗仍具有不可取代之存在價值，主觀預報能與數值天氣預報相輔相成，數值模擬先提供了穩定的資料，預報員再依據對天氣過程之經驗進行細微的彈性調整。由於冷季天氣過程的原理和方法歷經悠久驗證已臻成熟，本研究試以冷季典型天氣過程與格點氣溫預報互相連結，欲找出一些修正偏差之原則！現今的

預報作業環境中，精緻化格點預報已成為天氣預報作業的主流，在此過程中圖形預報編輯系統(GFE; Graphical Forecast Editor)能在有限時間之內將所選定的模式導入編輯系統，但面對眾多的模式指引資料要如何分析處理和進行決策，則是在引進GFE之後所要面臨的重點工作。預報員需要有效率的處理格點資料以完成預報產品，除了要參考最佳模式組合指引之外，必須需依據最近模式誤差或歷史相似天氣型態所產生的偏差等主觀經驗予以調整優化格點溫度預報，否則可能會產生意外的巨大誤差！

本研究使用美國Boise預報作業室開發之校驗系統—BOIVerify，校驗各家模式對臺灣地區各類天氣型態之氣溫預報偏差，模式的誤差來源可能包括模式本身系統性誤差、模式解析度、觀測資料，及對輻射參數化、雲物理參數化等之設定，經回歸修正模式，得到「BC(Bias Correction)」資料，成為天氣預報的參考依據(MASS, Clifford F., et al., 2008)，接著透過GFE編輯工具導入系集預報的概念，實證經驗上系集預報有時能優於單一模式預報，但易有不確定性表現，不同的天氣型態往往也須使用不同的產品組合想法，由於受限於觀測資料和數值模式運算方程，較佳的天氣預報應該涵蓋客觀模式的不確定性與傳統的主觀確定性預報，預報員應依據學養經驗自行組合及編修最適合的模式，調整成最佳的官方預報場。一些大氣中的細微物理過程在模式中往往無法完全呈現出來，因而預報員主觀調整對於改善預報品質是相當重要的程序(Jeffrey T. Davis., 2004)。

二、研究思維及方法

(一)研究思維：

選擇近年重要天氣個案，以24小時官方預報為校驗基準，若GFE官方格點預報誤差於某縣市平地或山區(定義為海拔500米以上之氣象站)偏暖或偏冷誤差超過攝氏1.5度以上，且上述誤差面積大於該縣市之平地或山區達面積1/2時，定義為「氣溫預報誤差『熱區』(好發區)」即「格點溫度預報待改善區域」。研究中並將「熱區」進行8種系集或單一模式和官方預報做0、12、24、36、48及72hr之「平均誤差」校驗分析，以了解不同天氣過程發生時，使用何種預報指引較佳，而後依據不同天氣型態所產生的氣溫誤差，進行主觀策略調整，以優化氣溫格點預報。

本研究對模式校驗採用循環(cycle)時間排程，包括00Z、06Z、12Z及18Z等時程點的資料，模式與官方預報若符合12、24、36、48及72hr等時間點，即進行主要模式預報指引、官方預報和真值(GT)之溫度格點平均誤差校驗分析，相關流程請參考圖1。



圖1 主要模式預報指引(8種)暨官方預報於誤差熱區格點內高、低溫之平均誤差計算流程圖。

(二)天氣型態分類方法：

不同的天氣型態常會造成不同特徵的格點溫度偏差。2010年謝等曾發表「臺灣地區成霧預報指引之建立」，其依據綜觀環境特徵，將天氣型態歸類為東北季風類、高壓出海類、高壓迴流類、鋒前類、鋒面類(含S類、N類)及呂宋低壓類等6類。本研究中主要所參考之天氣型態是以該文獻定義為基礎，並衡酌實務需求加以調整。

調整後之冷季溫度天氣型態個案包括：

- 1.旋生鋒前型
 - (1)鋒面前雲量較多型
 - (2)鋒面前雲量較少型
- 2.鋒後東北季風增強型
- 3.東北季風+南方雲系北移型
- 4.(強烈)大陸冷氣團/寒流+華南雲雨區東移(濕冷型)
- 5.(強烈)大陸冷氣團或寒流(由濕漸轉乾型)
- 6.高壓出海型
 - (1)中心於30度N以南出海
 - (2)中心於30度N以北出海
- 7.高壓迴流型
- 8.東風波(或呂宋低壓)型

三、資料來源與蒐集

研究格點氣溫校驗的資料來源使用美國Boise預報作業室開發之校驗系統—BOIVerify，以校驗各家模式之預報數值之良窳。蒐集統計參數是以「平均格點誤差」為校驗依據，所校驗之模式預報指引為近年預報員使用頻率較高的高、低溫預報指引，歸納計有8種(圖2)。

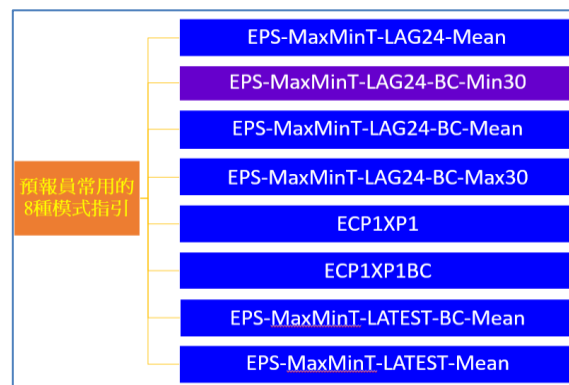


圖2 近年預報員使用頻率較高的高、低溫度模式預報指引。

四、研究結果與發現：

經由八種冷季典型個案研究，歸納結果如下：

(一)旋生鋒前型

1. 鋒面前雲量較多型：高溫北部偏暖

實例：2019年10月28日入秋首波鋒面(圖3~5)

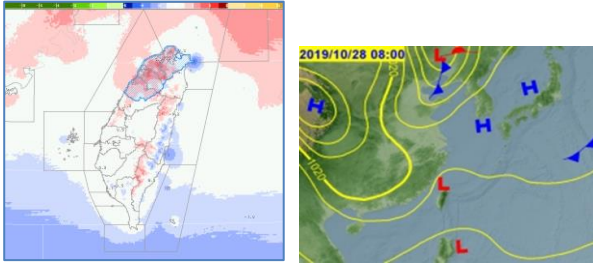


圖3 2019年10月27日06Z官方預報28日Tmax誤差圖，28日因鋒面前雲量多，桃竹苗顯著偏暖。

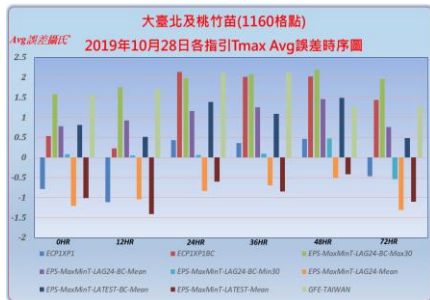


圖5 鋒面前雲量多，高溫指引誤差Avg時序圖，以EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Min30表現較佳。

2. 鋒面前雲量較少型：高溫偏冷

實例：2019年12月1日：高溫偏冷(圖6~8)

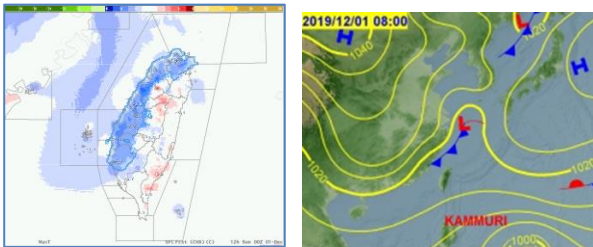


圖6 2019年12月1日東北季風南下前Tmax誤差 圖7 2019年12月1日00Z地面圖

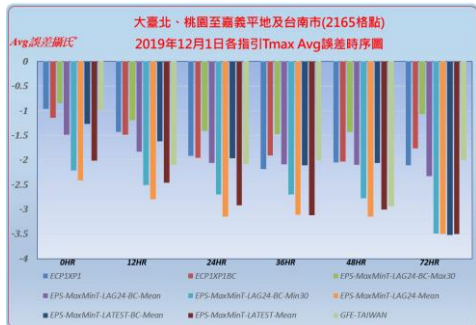


圖8 鋒面前雲多，各預報指引高溫誤差 Avg 時序圖，以EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30表現較佳。

(二)鋒後東北季風增強型：高溫偏暖

實例：2019年10月29日(圖9~11)

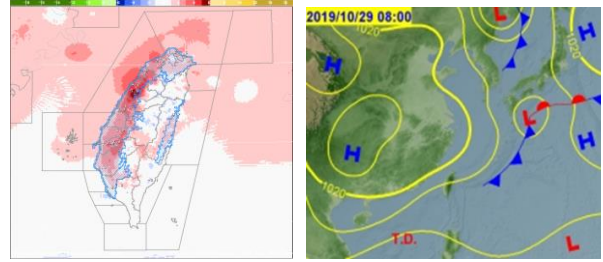


圖9 2019年10月28日06Z 圖10 2019年10月29日00Z 官方預報29日Tmax 誤差圖 地面圖，29日因鋒後雲量多與冷空氣較強，斜線區顯著偏暖。

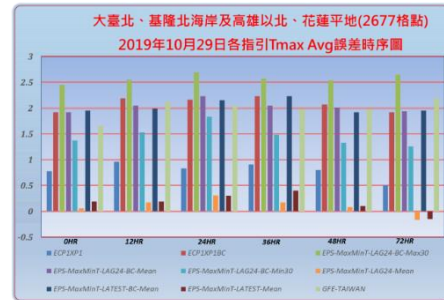


圖11 鋒面後雲量多，各指引高溫誤差Avg時序圖，其中以EPS-MaxMinT-LAG24-Mean及EPS-MaxMinT-LATEST-Mean表現較佳。

(三)東北季風+南方雲系北移型(本例為熱帶氣旋殘留雲系)：上滑高架對流(overrunning)，高溫偏暖。

實例：2019年12月29日東北季風+南方雲系北移(巴達維亞風殘留雲系)(圖12~14)

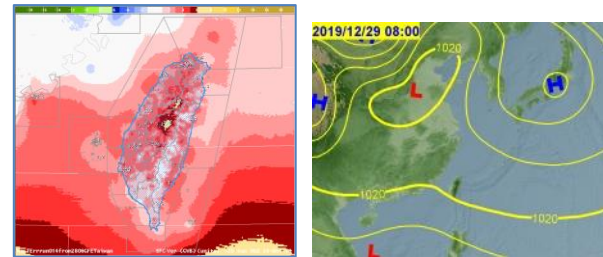


圖12 2019年12月28日06Z 圖13 2019年12月29日00Z 官方預報29日Tmax 誤差 地面圖，因全臺陰雨，並顯著偏暖。

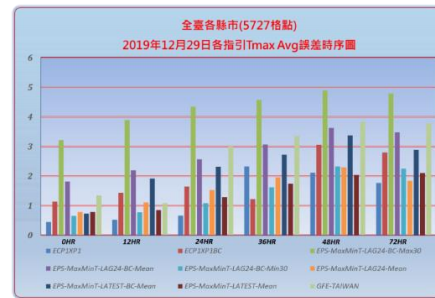


圖14 上滑高架對流，全臺雲多下雨，各預報

指引高溫 Avg 誤差時序圖，以 ECPI 表現最佳。

(四) (強烈)大陸冷氣團/寒流+華南雲雨區東移(濕冷型)：高、低溫均偏高。

實例：2020年1月28日強烈大陸冷氣團南下+華南雲雨區東移(圖15~17)。

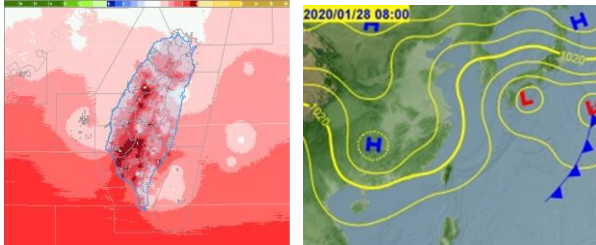


圖15 2020年1月27日06Z 圖16 2020年1月28日00Z
官方預報28日Tmax誤差 地面圖
圖，因全臺大多陰雨，
斜線縣市區域顯著偏暖。

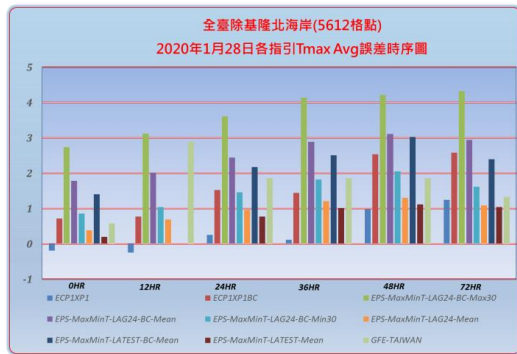


圖17 強冷空氣加上水氣豐沛，全臺大多陰雨，
各指引高溫 Avg 誤差時序圖，以 ECPI 與
EPS-MaxMinT-LATEST-Mean表現較佳。

(五)冷氣團或寒流(由濕漸轉乾)：中南部高溫偏高。
實例：2019年12月7日大陸冷氣團(臺北13.8度)由濕慢慢轉乾，因雲開較慢，高、低皆預報偏暖(圖18~20)。

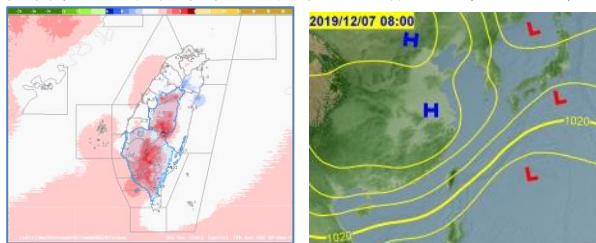


圖18 2019年12月6日 圖19 2019年12月7日00Z
06Z官方預報7日Tmax 地面圖
誤差圖，由濕轉乾，
雲開速度較預期為慢，
斜線區高溫偏暖。

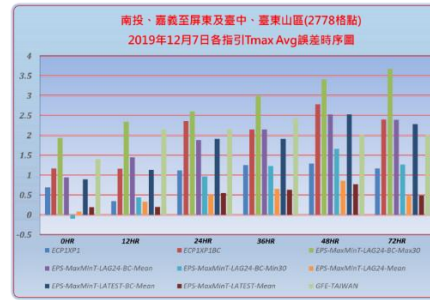


圖20 水氣轉乾較慢，導致中南部各指引普遍
偏高；Tmax Avg 誤差時序圖，以
EPS-MaxMinT-LATEST-Mean與
EPS-MaxMinT-LAG24-Mean表現較佳。

(六)高壓出海型：

1. 中心於北緯30度以南出海，高、低溫皆偏冷。

實例：2019年10月4日高溫偏低及5日低溫亦偏低(圖21~26)。

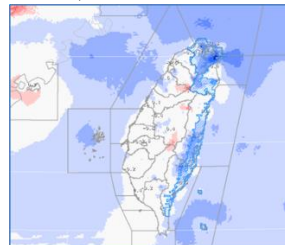


圖21 2019年10月4日高
溫誤差熱區圖，斜線區
顯著偏低。

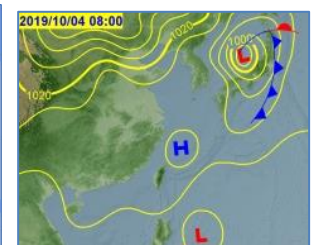


圖22 2019年10月4日00Z
地面圖

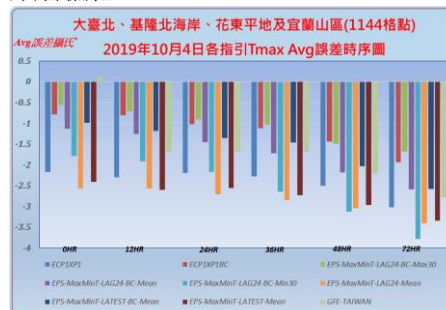


圖23 高壓出海型(中心於30° N以南出海)
以 EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30 表現最佳

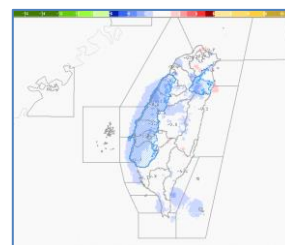


圖24 2019年10月05清晨
Tmin誤差熱區(苗栗平地
至臺南市平地及宜蘭山區)



圖25 2019年10月5日00Z
地面圖

清晨東北風仍稍強，近地層因混合作用，致使輻射冷卻降溫不明顯，造成苗栗至臺南平地及宜蘭山區

低溫低估現象。

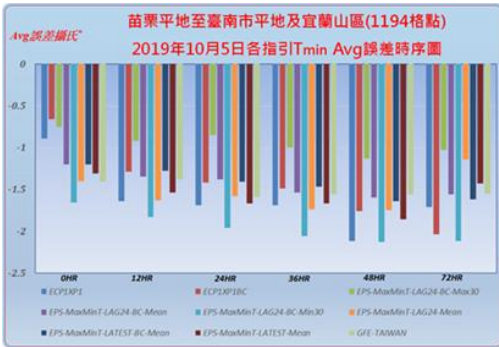


圖26 2019年10月05清晨Tmin及各預報指引誤差時序圖

2. 高壓中心於北緯30度以北出海：高溫偏冷，低溫偏暖。

實例：2020年1月2日大陸冷氣團減弱，高壓出海轉東風(圖27~31)。

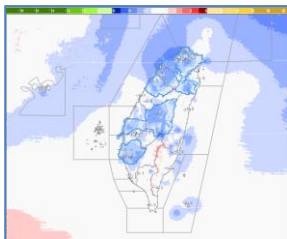


圖27 2020年1月2日高溫誤差熱區圖，大陸冷氣團減弱，高壓出海轉東風，斜線縣市範圍Tmax斜線區誤差熱區明顯低估。

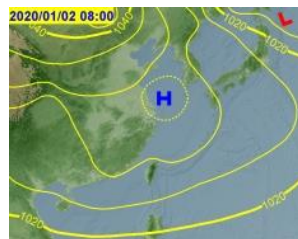


圖28 2020年1月2日00Z地面圖

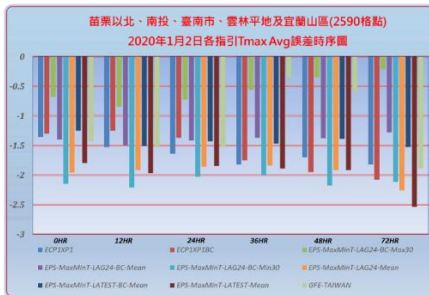


圖29 高壓出海型(中心於30° N以北出海)以EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30表現最佳

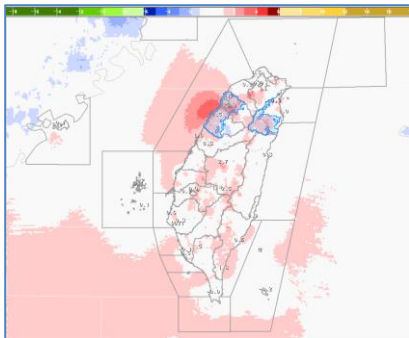


圖30 2020年1月1日06Z 官方預報2日Tmin誤差圖，2日因雲量較少，清晨輻射冷卻效應明顯，斜線範圍低溫明顯高估，新竹寶山清晨僅7.6度。

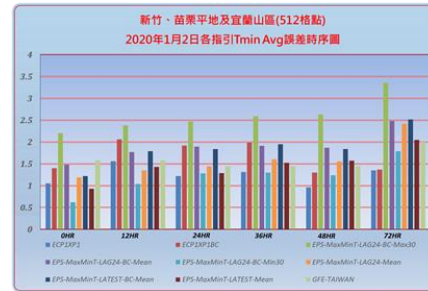


圖31 風小雲量少，各指引低溫誤差Avg時序圖，以EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Min30表現較佳。

(七)高壓迴流型：高溫偏低；低溫誤差不大(圖32~34)

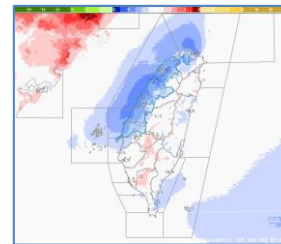


圖32 2020年1月7日高溫誤差熱區圖，高壓迴流轉偏南風斜線縣市Tmax顯著低估。

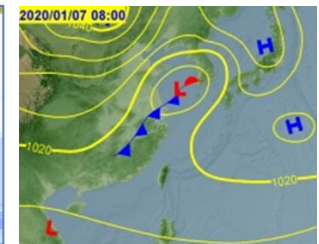


圖33 2020年1月7日00Z地面圖

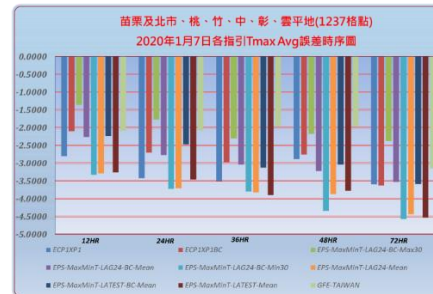


圖34 高壓迴流型以EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30表現最佳

(八) 東風波(或呂宋低壓)型：花、東高溫偏暖。

實例：個案：2019年9月27日東風波(圖35~37)

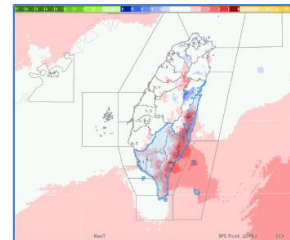


圖35 2019年9月26日06Z 官方預報27日Tmax誤差圖，花東及南部雲量多且下雨，斜線縣市高溫高估。



圖36 2019年9月27日00Z地面圖

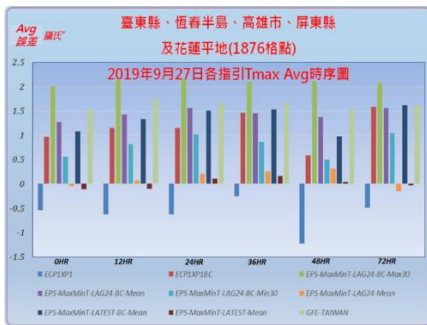


圖37 花東水氣偏多，導致花東及中南部大多較預報指引偏高；T_{max} Avg 誤差時序圖以EPS-MaxMinT-LATEST-Mean與EPS-MaxMinT-LAG24-Mean表現較佳。

五、總結

冷季陸地高、低溫度預報指引誤差與天氣型態息息相關，一般而言，高溫預報調整需求多於低溫，預報員在發布氣溫預報之前，須參照數值模式資料、考慮中小尺度氣溫變化因素，如熱島效應、海陸風效應等，還必須重視雲量分布、水氣條件、風向、風速變化、日照率、冷暖空氣抵達的快慢、氣象站地方特性、以及當時的實際氣溫等因素加以調整。此外，進行格點高低氣溫預報更新時宜遵循以下原則：

(一)使用最新網格分析值(GT)做調整：使用工具 T_{update}_byOBS(通常選取氣溫更新區間約6-8小時)。

(二)若有明顯系統影響(如冷氣團南下帶來冷平流大於日夜變化，或預期降雨時間較長)，可選定目標區開始降溫至最低溫時刻，視何種模式降溫趨勢最好，使用內插法讓溫度呈現線性降溫趨勢，再調整其他區域氣溫，使其他區域呈現日夜變化的形式。

(三)冷季時低溫編輯若偏濕，可依據系集預報BC T_{min30}指引，濕度中性時宜用如系集BC T_{mean} 或系集BC T_{min+mean}指引，若預期輻射冷卻效應強時，低溫須用系集BC T_{min30}，甚至應再往下主觀微調。

(四)預報冷季高溫之編輯應注意冷、暖空氣抵達時間及雲量多寡。天氣轉換時掌握冷空氣抵達時間尤其重要，若不確定性高，宜先用BC T_{mean}；冷空氣甫南下時，預報T_{max}低的指引仍不夠冷，可傾向用系集BC T_{min30}，甚至預報員須主觀向下調整(特別是西半部沿海空曠地區、北部及東北部地區應往下調，但中南部地區的降溫時間則較為延後)；而當東北風轉東風時，或高壓迴流天氣轉趨回暖時，尤其是臺灣西半部地區高溫預報常追不上實際回溫幅度，因此預報T_{max}可傾向使用系集BC T_{max30}，甚至主觀再向上微調(謝等, 2019)。

(五)有關冷季相應天氣系統個案對翌日高溫預報調整策略之總結請參考表1及表2。

臺灣冷季精緻化相應天氣系統次日高溫預報調整策略參考表		
影響臺灣之天氣系統及官方預報誤差狀況	最佳預報模式指引	建議24小時預報主觀調整趨勢與原則
1. 旋生鋒前型： 雲量較多型： 高溫偏暖 雲量較少型： 高溫偏冷	EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Min30 EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30	可直接使用最佳預報模式指引 根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向上微調 0至1.5度
2. 鋒後東北季風增強型： 高溫偏暖	EPS-MaxMinT-LAG24-Mean EPS-MaxMinT-LATEST-Mean	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向下微調 0至0.5度
3. 東北季風+南方雲系北移型： 高溫偏暖	EPS-MaxMinT-LAG24-Mean EPS-MaxMinT-LATEST-Mean EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Min30	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向下微調 0至0.5度
4. (強烈)大陸冷氣團/寒流 濕冷型(華南雲雨區東移)： 高溫偏暖 濕轉乾： 高溫偏暖	ECP1 EPS-MaxMinT-LATEST-Mean EPS-MaxMinT-LAG24-Mean	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向下微調 0至1.0度 根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向下微調約 0.5度
5. 高壓出海型 30°N以北： 高溫偏冷、低溫沿海及近山區偏暖 30°N以南： 低溫偏冷	EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30 EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向上微調 0.5至1.0度 根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向上微調 0.5至1.0度
6. 高壓迴流型： 高溫西部偏冷	EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向上微調 1.5至2.0度
7. 東風波(或呂宋低壓)型： 花、東高溫偏暖	EPS-MaxMinT-LATEST-Mean EPS-MaxMinT-LAG24-Mean	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向下微調 0至0.5度

表1 臺灣冷季相應天氣系統針對次日高溫陸地預報建議調整策略表

臺灣冷季精緻化相應天氣系統次日低溫預報調整策略參考表		
影響臺灣之天氣系統及官方預報誤差狀況	最佳預報模式指引	建議24小時預報主觀調整趨勢與原則
1. 旋生鋒前型： 雲量較多型： 誤差不大 雲量較少型： 誤差不大	EPS-MaxMinT-LATEST-BC-Mean EPS-MaxMinT-LATEST-BC-Mean	使用最佳預報模式指引 使用最佳預報模式指引
2. 鋒後東北季風增強型： 誤差不大	EPS-MaxMinT-LATEST-BC-Mean	使用最佳預報模式指引
3. 東北季風+南方雲系北移型： 低溫偏暖	EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Min30	使用最佳預報模式指引
4. (強烈)大陸冷氣團/寒流 濕冷型(華南雲雨區東移)： 低溫偏暖 濕轉乾： 低溫偏暖	EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Min30 EPS-MaxMinT-LATEST-BC-Mean	使用最佳預報模式指引 使用最佳預報模式指引
5. 高壓出海型 30°N以北： 低溫沿海及近山區偏暖 30°N以南： 低溫偏冷	ECP1 EPS-MaxMinT-LAG24-BC-Max30	根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向下微調 1.0至1.5度 根據最佳模式預報指引，並考慮系統強度及移動速度，將誤差熱區向上微調 0.5至1.0度
6. 高壓迴流型： 誤差不大	EPS-MaxMinT-LATEST-BC-Mean	使用最佳預報模式指引
7. 東風波(或呂宋低壓)型： 誤差不大	EPS-MaxMinT-LATEST-BC-Mean	接使用最佳預報模式指引

表2 臺灣冷季相應天氣系統針對次日低溫陸地預報建議調整策略

六、參考文獻：

謝明昌等、鄭師中、黃椿喜、謝旻耕，2010：臺灣地區成霧預報指引之建立，臺灣警察專科學校警專學報，民國99年10月，第四卷第八期：143-162頁。

謝佩芸、顏增璽編，GFE1(陸地預報攻略)，2019年8月。

Editor MASS, Clifford F., et al. "Removal of Systematic Model Bias on a Model Grid." Weather and forecasting 23.3 (2008): 438-459.

Jeffrey T. Davis., 2004: Bias Removal and Model Consensus Forecasts of Maximum and Minimum Temperatures Using the Graphical Forecast Editor. NWS Office.