

行政院所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

參加「第 8 屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會」並進行短期交流研習 心得報告

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：陳孟詩科長

派赴國家/地區：美國

出國期間：108 年 8 月 25 日至 8 月 31 日

報告日期：108 年 10 月 30 日

摘要

美國氣象局現正致力開發新一代天氣預報模式系統，為促進新版模式順利由測試開發階段轉移到上線作業，並提供模式開發者與使用者交流的平臺，美國環境模擬中心舉辦「第 8 屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會」，討論全球模式系集預報系統、系集產品的應用、展期預報及應用、國際交流合作等議題。

中央氣象局 (以下簡稱氣象局) 目前正與美國環境預測中心密切進行技術合作，全力開發涵蓋天氣至氣候尺度的無縫隙統合預報系統。此行觀察到美國氣象局發展新一代天氣預報模式系統的歷程，模式改版上線前均經過全面而完整的評估流程。建議氣象局可以和學界進行更緊密的合作，由氣象局提出作業需求，學界協助提供科學創新的支持，共同形成合作團隊，以加速模式從發展到上線的進程；同時定期舉辦模式使用者研討會，讓使用者有機會可以直接面對研發人員給予回饋，研發人員也可以直接面對使用者了解其需求，充分溝通交換意見以達成共識，如此才能產製符合使用者需求的產品，提供完善的氣候服務。

目 次

| | |
|---------------|---|
| 一、 目的..... | 1 |
| 二、 過程..... | 1 |
| 三、 心得及建議..... | 9 |

附錄 1、研討會議程

附錄 2、研討會論文發表

附錄 3、活動照片

一、目的

美國氣象局現正致力開發新一代天氣預報模式系統 (Next Generation Global Prediction System, 以下簡稱 NGGPS), 新版全球模式 FV3 已於 108 年 6 月 12 日正式上線, 未來預報系統將以此模式為核心, 由單一決定性預報發展至系集預報, 以涵蓋預報不確定性, 同時與海洋模式進行耦合發展氣候預報系統, 以達成無縫隙預報的目標。

為促進新版模式順利由測試開發階段轉移到上線作業, 並提供模式開發者與使用者交流的平臺, 美國環境模擬中心 (Environmental Modeling Center, 以下簡稱 EMC) 訂於 108 年 8 月 27 日至 8 月 29 日舉辦「第 8 屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會 (The 8th NCEP Ensemble Users Workshop)」, 討論主題包括全球模式系集預報系統、系集產品的應用、展期預報及應用、國際交流合作等。

氣象局目前正與美國環境預測中心 (National Center of Environmental Prediction, 以下簡稱 NCEP) 密切進行技術合作, 全力開發涵蓋天氣至氣候尺度的無縫隙統合預報系統。參加此研討會可了解全球模式系集預報系統發展現況與未來規劃, 探討在現有科技能力下將預報時間延長之可行性, 並積極尋求未來可能的國際合作機會, 同時研習最新的系集模式後處理技術, 並了解其應用層面, 以產製符合使用者需求的產品, 提供完善的氣候服務。

二、過程

陳員本次出國研習期間除參加「第 8 屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會」發表張貼論文「An Introduction to Week-2 Forecast Guidance of Temperature Extremes of Central Weather Bureau」外, 同時也拜會美國氣候預測中心 (Climate Prediction Center, 以下簡稱 CPC) 以及與環境模擬中心相關人員進行技術交流。行程安排及工作摘要如下表:

| 日期 | 工作摘要 |
|---------------------|---------------------------|
| 108年8月25日 | 啟程赴美 |
| 108年8月26日 | 與美國環境預測中心人員進行技術交流 |
| 108年8月27日 至8月29日 | 參加「第8屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會」 |
| 108年8月30日 至31日 | 自美國返回臺北 |

(一)、技術交流

1. CPC 小組討論

為因應氣象局發展展期預報的需求，透過 CPC 監測作業組 Dr. Zengzhen Hu 安排，邀請 CPC 預報作業組 Dr. Daniel Harnos 介紹 CPC 第 3 至 4 週展望及熱帶災害展望，監測作業組組長 Dr. Wanqiu Wang 亦抽空陪同參與討論。

CPC 目前每週發布 1 次 3 至 4 週展望，提供溫度及雨量 2 分類 (高溫/低溫、多雨/少雨) 機率預報。進行預報作業的過程中，首先回顧目前的氣候狀態，包括聖嬰現象 (El Niño and Southern Oscillation, 以下簡稱 ENSO)、季內振盪 (Madden and Julian Oscillation, 以下簡稱 MJO)、平流層增暖 (Sudden Stratospheric Warming, 以下簡稱 SSW)、北極振盪/北大西洋振盪 (Arctic Oscillation/North Atlantic Oscillation, 以下簡稱 AO/NAO) 以及邊界條件 (如土壤濕度、海平面溫度、海冰/雪蓋) 的影響。對單點預報來說，須考慮第 2 週展望和前一報 3 至 4 週展望的一致性，同時參考動力模式預報指引 (CFSv2、ECMWF、JMA、SubX 計畫模式) 和統計模式預報指引 (線性複迴歸、建構類比法)，預報變數包含氣溫、雨量、500hPa 高度場的距平和機率，另外也會參考各預報指引過去的預報表現 (以 Heidke 技術得分來評估)，之後再使用大氣科學研究大學聯盟 (University Corporation for Atmospheric Research, UCAR) 發

展的 GEMPAK 軟體中的 NMAP 套件產製 3 至 4 週展望。

熱帶災害展望亦為每週發布 1 次，但 6 至 11 月期間每週針對太平洋至大西洋會加報 1 次。預報時段涵蓋未來 2 週，提供溫度及雨量 3 分類 (高溫/正常/低溫、多雨/正常/少雨) 機率預報。預報流程會先考慮 MJO、ENSO 等大尺度環境，及國家颶風中心 (National Hurricane Center, NHC)、聯合颱風警報中心 (Joint Typhoon Warning Center, JTWC) 發布的熱帶氣旋生成展望，並參考 CFSv2 和 ECMWF 模式的降雨預報指引、在 MJO 影響下的降雨形態、ECMWF/CFSv2 及氣象局提供的 NCEP GEFS 之 TC tracker 結果，另外也會參考各預報指引過去的降雨預報表現 (以 Heidke 技術得分來評估)，之後再使用 ArcGIS 軟體產製熱帶災害展望。

2. EMC 小組討論

由於今年 5 月 Dr. Yuejian Zhu 來臺訪問時，氣象局長期預報課曾提出 GEFS 模式第 2 週預報在華南地區相較於其他模式 (ECMWF、CFSv2) 有偏暖的預報誤差，因此 EMC 系集預報組的 Dr. Bo Cui 針對此問題進行分析以探討原因。

Dr. Yuejian Zhu 認為近地面氣溫是模式診斷場而非預報場，同時模式採取的陸表參數化不同可能也是原因之一。Dr. Bo Cui 說明 GEFS 模式採取的預報偏差校正包括校正近期預報偏差及歷史預報偏差，第 1、2 週預報採用近期預報偏差校正的比例分別為 60%、20%，顯示第 2 週以上預報需要有歷史預報來校正預報偏差，但近期預報和歷史預報計算偏差所使用的分析場並不完全相同，前者使用的模式初始分析場解析度較低，比後者使用的 NCEP GDAS 分析場要暖，也比歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 模式的初始分析場要暖。換句話說，GEFS、ECMWF 近地面氣溫的模式初始分析場與 NCEP GDAS 分析場就已存在差異，然而目前並沒有足夠好的觀測資料來驗證這些分析場何者較為接近真實。

因此，造成 GEFS 預報偏暖誤差原因可能包括偏差校正的分析場不同以及陸表參數化不同，一致使用更接近實際觀測的分析場以及改善陸表參數化則是未來可以努力的方向。

(二)、第 8 屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會

為促進新版模式順利由測試開發階段轉移到上線作業，EMC 每 2 年舉辦 1 次系集模式使用者研討會，提供模式開發者與使用者交流的平臺，今年為第 8 屆。以下摘錄與氣象局長期預報業務發展較相關的重點：

1. NCEP 系集模式回顧與展望

NOAA/NWS/OSTI (Office of Science and Technology Integration) 的 Dr. Yuan Xue 提到系集的設計是用來模擬初始條件和模式不確定性的預報誤差來源，初始條件不確定性來自 singular vector 或 breeding vector 及資料同化，模式不確定性來自隨機方案、擾動參數以及多模式系集，因此利用再預報來估計系集的特性 (信賴度、準確度及模式偏差)。美國目前正發展整合預報系統，也就是以 NGGPS 為核心，整合資料同化，發展小時尺度的預警系統、日尺度的速報系統、週尺度的天氣預報系統、月尺度的季內預報系統、年尺度的季節預報系統，前 2 者為區域尺度、後 3 者為全球尺度，產品均包括耦合系集、再分析及再預報。

一般而言，多模式系集的表現優於單一模式，但基於資源上的考量，多數作業中心多採取單一模式系集的策略，最主要的目的就是為了加速模式發展。初步評估 NAEFS (多模式系集) 預報技術優於 GEFS (單一模式系集)，但 GEFS 可望在未來幾年迎頭趕上。季內預報系統新版模式 (GEFSv13) 預計 2023 年上線，採用 FV3 大氣模式、MOM6 海洋模式、CICE5 海冰模式、WW3 波浪模式、GOCART 氣溶膠模式完全耦合，每週進行資料同化，同時具有 20 年以上

的再分析和再預報資料，提供未來 45 天預報。季節預報系統新版模式 (SFSv1) 預計 2024 年上線，採用完全耦合及資料同化，具有 30 年以上的再分析和再預報資料，提供未來 15 個月預報；模式發展將會著重在耦合資料同化、大氣-海洋-海冰-陸地交互作用、平流層過程、模式不確定性及邊界層參數化，並採取學術研發單位和作業單位共享資源、共同發展的策略。對於系集議題而言，需要多少系集成員、採用同一初始時間或不同初始時間產生系集的策略目前尚未有定論。

NOAA/NWS/NCEP/EMC 的 Dr. Xiqiong Zhou 介紹 NCEP GEFS 的發展。GEFSv1 1992 年上線，於 1994 年開始提供 16 天預報迄今，期間不斷改進系集預報技術以涵蓋不確定性，同時提高模式水平解析度和垂直解析度，並增加系集成員，預計 2020 年 GEFSv12 上線，提供 35 天預報。若以評估北半球 500hPa 高度場來代表 GEFS 預報能力，2000 至 2018 年由 6 天進步到 10 天，但 GEFS 仍存在一些問題有待克服，包括夏季時模式在美國本土有偏暖偏乾的預報誤差、熱帶氣旋強度預報太弱、路徑預報不夠涵蓋所有不確定性等。

GEFSv12 與 v11 的不同在於 v12 為非靜力模式、熱帶氣旋未採取重新定位、水平解析度由 50 公里提高到 25 公里、預報時間由 16 天增加到 35 天、系集成員由 21 個增加到 31 個，海洋作用力的海溫由固定改為變動，物理過程考慮水氣和臭氧光化學反應，同時加入了更多微物理過程，代表模式的不確定性則由 STTP (stochastic total tendency perturbation) 改為 SPPT (stochastically perturbed physics tendencies) 加上 SKEB (stochastic energy backscatter) 方案。目前規劃 10 天以內預報解析度為 0.25 經緯度，每 3 小時輸出 1 次；10 天以上至 35 天預報解析度為 0.5 經緯度，每 6 小時輸出 1 次。2020 年上線時一併提供 30 年的再預報資料，包括每天 5 個成員的 16 天預報，以及每週 11 個成員的 35 天預報。

評估 GEFsv12 的預報能力，2017-2018 年熱帶氣旋 7 天內路徑預報除了東太平洋外，在大西洋和西北太平洋 GEFsv12 預報誤差均較 GEFsv11 來得小，強度預報誤差則在所有洋面均有改善。美國本土的 9 天內定量降水機率預報能力已經和 ECMWF 相當，且大幅減少夏季的偏暖誤差。若跟 GEFsv11+ (SubX 計畫版本) 比較，GEFsv12 (FV3 版本) 在 MJO 的預報技術較優。

2. 全球系集預報系統

ECMWF 的 Dr. Simon Lang 介紹該中心的系集預報，ECMWF 的 15 天中期預報模式共有 51 個成員，水平解析度約 18 公里，垂直共 91 層，與 NEMO 海洋模式、LIM2 海冰模式、WAM 波浪模式耦合，初始場採用 9 公里水平解析度、垂直 137 層的資料同化，並加入 ORAS5 海洋資料同化及波浪資料同化，初始擾動場透過 EDA (ensemble of data assimilation) 和 SV (singular vector) 產生，模式偏差由 SPPT (stochastically perturbed physics tendencies) 來表示，每週同時進行兩次水平解析度約 36 公里的 15-46 天展期預報。至於 2-7 個月的季節預報則使用 SEAS5 模式，水平解析度亦約 36 公里。

若以 2018 至 2019 年春季中緯度 850hPa 溫度預報技術來比較各主要作業中心模式預報能力，15 天內預報以 ECMWF (歐洲) 最優，其次依序為 CMC (加拿大)、JMA (日本)、NCEP (美國)、UKMO (英國)。使用 ERA5 做為初始資料的 4 週預報表現普遍比使用 ERA-interim 初始資料來得好。

3. 展期預測與應用

NOAA/NWS/NCEP/CPC 的 Dr. David Dewitt 回顧展期預報。目前 CPC 展期預報產品除了第 2 週、第 3 至 4 週展望之外，還包括全球熱帶災害展望 (Global Tropics Hazards and Benefits Outlook) 及第 2 週災害展望 (Week-2 Probabilistic Hazards Outlook)，因此需要第 6 至 35 天的系集預報系統。此系集

預報系統須包括至少 20 年、5 個成員的再預報資料，再預報和即時預報所使用的邊界條件（如土壤濕度、上層海洋溫度、海冰等）必須一致；預報系統更新時必須針對 CPC 產品所需要的變數（氣溫、雨量）以及影響展期預報的遙相關（ENSO、MJO、AO、NAO、PNA、SSW）進行預報技術評估。根據評估，目前模式已知的預報誤差包括 CFSv2 模式對 ENSO 的誤報、展期模式對熱帶地區雨量強度及分布預報有系統性誤差、CMIP5 模式在熱帶也有 double ITCZ 的系統性誤差。

NOAA/NWS/NCEP/CPC 的 Dr. Emerson LaJoie 針對 NAEFS 模式第 2 週即時預報及參與 SubX 計畫模式的第 3 至 4 週再預報資料，進行北美地區預報技術評估。在第 2 週預報方面，ECMWF (歐洲) 模式預報表現較 GEFS (美國) 和 ECCO (加拿大) 好，但經過偏差修正的 NAEFS (多模式系集) 比 ECMWF (單一模式系集) 好。利用再分析資料進行校正 (calibration) 的預報指引比只經簡單偏差修正 (bias correction) 的預報指引獲得較高的預報技術。在第 3-4 週預報方面，SubX 多模式系集預報表現最好，在個別模式中 GEFS 表現最好。未來可以進一步努力的方向包括利用再分析資料進行校正、多模式的整合技術等。

NOAA/NWS/NCEP/EMC 的 Dr. Wei Li 比較 GEFSv11+ 和 GEFSv12 在展期預報的表現，兩版本的差異在於對流參數化、微物理過程、系集成員數以及 GEFSv12 海溫加入了日變化。經過 1 年即時預報的評估結果，GEFSv12 MJO 的可預報天數比 GEFSv11+ 多 3 天，改善了 MJO 傳播速度太慢的問題，但仍然比實際觀測慢，然而振幅卻有偏強的誤差。評估 11 年再預報的模式表現，經偏差修正後可提升 MJO 可預報天數達 5 天，GEFSv12 MJO 可預報天數比 CFSv2 多 2 天，NAO 和 PNA 可預報天數則比 CFSv2 多 3 天。

NOAA/NWS/NCEP/EMC 的 Dr. Hong Guan 說明 GEFS 再分析及再預報資

料目前的產製進度。為符合水文單位應用需求，GEFSv12 再預報資料預計產製 30 年，但分成初始分析場和擾動設定不同的 2 個時期 (1989 至 1999 年及 2000 至 2018 年)，再分析資料則由 NOAA/ESRL/PSD (Earth System Research Laboratory's Physical Sciences Division) 產製 1999 至 2019 年。目前遇到的挑戰包括電腦資源可能不足以達成於 2019 年底完成所有再預報資料產製的任務，須尋求雲端計算資源的解決方案，以及需要充足的儲存空間以存取大量資料。

4. 產品發展和使用者意見回饋的討論

目前美國氣象局所使用的大氣系集預報系統包括負責 2 天預報 3 公里解析度的 HREF (High Resolution Ensemble Forecast system)、3.5 天預報 16 公里解析度的 SREF (Short-Range Ensemble Forecast system)、16 天預報 25 公里解析度的 GEFS (Global Ensemble Forecast System)，未來規劃將由 GEFS 取代 SREF，但遭受到許多 SREF 使用者的質疑，認為 GEFS 目前無法充分描述對流尺度和邊界層熱力過程，未能滿足劇烈天氣及航空氣象的需求，同時尚未解決 3 天以內預報無法涵蓋所有不確定的問題。為回應 SREF 使用者的質疑，NOAA/NWS/NCEP/EMC 的 Dr. Jacob Carley 認為在 GEFS 取代 SREF 前應經過詳細評估，並提出幾項建議：

- (1) 結合 GEFS 和 HREF：由 GEFS 產製目前 SREF 的產品，或是 HREF 延長預報時間以涵蓋 SREF，希望能減少 SREF 下架的衝擊。
- (2) 透過 NOAA Testbeds 的機制評估 GEFS 和 HREF 是否可以取代 SREF。

NOAA/NWS/NCEP/SPC (Storm Prediction Center) 的 Dr. Isreal Jirak 則對系集產品發展的分工合作提出了幾點想法：

- (1) NOAA/NWS/NCEP/EMC 負責發展最好的系集模式，進行模式診斷，輸出最常用的層場，同時只要提供基本的系集結果 (平均、散度、機率) 即可，

不需進行統計後處理。

- (2) NOAA/NWS/NCEP 下其他各中心根據自身的任務需求發展統計後處理產品，例如風暴預測中心 (Storm Prediction Center, SPC) 發展雷陣雨、劇烈天氣預報，航空天氣中心 (Aviation Weather Center, AWC) 發展能見度、雲幕高度預報，天氣預測中心 (Weather Prediction Center, WPC) 發展雨量 and 雪量預報。
- (3) NOAA/NWS/OSTI/MDL (Meteorological Development Laboratory) 負責發展上述各中心未涵蓋的統計後處理 (例如偏差修正、誤差校正) 產品。
- (4) NOAA 其他實驗室及學界共同參與上述各單位的合作發展。

三、心得與建議

此次出國研習期間與 CPC 和 EMC 技術人員進行交流討論，並參加第 8 屆 NCEP 系集模式使用者研討會學習新知，獲益良多。研習心得與建議如下：

(一) 觀察美國氣象局發展 NGGPS 的歷程，其清晰的邏輯性思維、實事求是的科學精神與嚴謹的工作脈絡非常值得我們學習。EMC 主任 Dr. Brian Gross 提到模式成功發展的關鍵因素包括：

1. 建置整合預報系統 (Unified Forecast System)：由團隊共同合作發展海氣耦合、全面的地球模擬系統，預報範圍涵蓋局地至全球，預報時間由小時延伸至季節。此預報系統不但呼應天氣企業 (Weather Enterprise) 的概念，同時也支援 NOAA 數值天氣預報作業的應用。更重要的是，所有決策的形成，全部透過充分的討論、詳細的評估而取得共識，完全公開透明且基於客觀事實。
2. 執行策略實行計畫 (Strategic Implementation Plan)：由 EMC 和 NOAA 的工作夥伴共同主導，訂定近期行動計畫並據以執行，以達成階段性目標。

3. 成立地球預測創新中心 (Earth Prediction Innovation Center)：透過團隊合作的能量，加速從研發應用到作業、再由作業回饋給研發的過程，甚至是以作業的需求來驅動研發的主題，研發的成果可以進一步應用到作業。整合預報系統可以做為學界研究的模式選擇之一，而學界開發的整合預報系統也可以成為未來可能的作業模式。在合作團隊的形成過程中，必須對各自所扮演的角色及責任有共同的認知，地球預測創新中心扮演協助研發單位的角色而非取代，彼此之間的關係是合作而非競爭。

氣象局全球模式發展的歷程也類似美國氣象局，策略上採取和 EMC 及中央研究院環境變遷中心技術合作，共同發展無縫隙整合系集預報系統，同時訂定階段性目標及行動方案據以執行。主要差別在於美國模式發展過程中，不管是選取動力核心、物理參數化方案，甚至到需要多少系集成員才能涵蓋預測的不確定性……等，任何改變的前後均會進行詳細的評估，確保有充分的證據支持才會進行改版，因此對於每一階段預報技術的提升，很清楚地知道是因為增加模式解析度，還是改善資料同化系統或是物理參數化。即使是多模式系集預報，也會透過評估來決定所有模式都採用，還是只選取其中幾個模式。每一個決定背後都可以說出它的道理，不會出現知其然而不知其所以然的情形。

以與 EMC 系集預報組交流討論的過程為例，當我們使用者提出問題 (GEFS 模式氣溫預報有偏暖誤差)，EMC 系集預報組非常重視，即使工作相當繁忙，但仍抽空立即針對可能的原因實際進行測試，而不是只憑臆測或想當然耳。每一個研究課題只為解決一個問題，目標單一而清楚，最後獲得結論，知道模式未來可以進一步改進的方向。科學的進步其實就是一點一滴累積在平日紮實的研究基礎上。

所有模式改版上線前均應經過全面而完整的評估流程。受限於資源不足，研發人力有限，氣象局需要花更長的時間，才有辦法對氣候模式進行全面而完整的

評估。建議氣象局可以跟學界進行更緊密的合作，由氣象局提出作業需求，學界協助提供科學創新的支持，共同形成合作團隊，以加速模式從發展到上線的進程。

- (二) NCEP 舉辦系集模式使用者研討會是為了促進新版模式順利由測試開發階段轉移到上線作業，同時提供模式開發者與使用者交流的機會。在研討會中無論是 NCEP 轄下各作業中心或是美國氣象局各區域中心，均分享各自使用系集模式預報產品的經驗，並提出對系集模式的需求 (或願望清單)。

以 SREF 未來將被 GEFS 取代的討論為例，SREF 使用者提出目前 GEFS 仍然無法讓他們放心使用的理由，將促使 GEFS 模式發展者進一步改善模式，以滿足使用者需求。此外，美國同樣也存在著不同單位的工作有可能重複的情形，藉由溝通平台把握機會，公開進行意見交流與討論，釐清彼此之間的工作權責與範疇，以避免資源的浪費。

透過系集模式使用者研討會，類似這樣的問題可以有機會在公共場合多方交換意見，並充分進行討論以達成共識，進而形成決策。每個人都清楚工作方向與目標以及自身工作價值，在工作中可以得到成就感。建議氣象局可以舉辦類似的使用者研討會或論壇，讓產品使用者可以有機會直接面對產品發展者給予回饋，產品發展者也可以直接面對產品使用者並了解其需求，之後的發展就會走在正確的道路上，不會迷失方向。

- (三) GEFSv12 模式預計於 2020 年第 4 季上線，此模式空間解析度為 25 公里，共有 31 個預報成員，可提供未來 35 天預報。30 年再預報資料預計於 2019 年底產製完成，提供每週一次 11 個成員的 35 天預報。除了氣象局目前正在發展的 GEPS 模式外，此模式未來將會是提供展期預報的主力。建議氣象局透過與 EMC 的合作取得再預報資料，先行評估此模式對影響臺灣的大尺度氣候系統 (如東亞季風) 及颱風的展期預報能力，進一步利用再預報資料進行偏差修正、降尺度等統計後處理，發展適用於臺灣地區的加值型產品，及早因應 GEFSv12 模式上線所需的作

業調整。

附錄 1、研討會議程

8th NCEP Ensemble Users Workshop Agenda

Day 1 (Tue Aug 27)

8:00 - 8:30 Refreshment/Registration

Session 1: Introduction/logistics; NWS roadmap; NCEP ensemble models review

Chair: Vijay Tallapragada

08:30 - 08:45 1.1 Opening remarks (**Brian Gross**; NCEP/EMC director)

08:45 - 09:00 1.2 Introduction and logistics - **Walter Kolczynski** (EMC/IMSG)

09:00 - 09:20 1.3 NWS roadmap - **Yan Xue** (OSTI; Invited)

09:20 - 09:50 1.4 NCEP Global Ensemble Forecast System - **Xiaqiong Zhou** (EMC/IMSG)

09:50 - 10:00 1.5 NCEP Global Wave Ensemble Forecast System - **Henrique Alves** (EMC)

10:00 - 10:30 Break

Session 2: Global ensemble forecast systems: ECMWF and NOAA partners

Chair: Jack Kain

10:30 - 11:10 2.1 ECMWF Global Ensemble Forecast System - **Simon Lang** (Invited; ECMWF)

11:10 - 11:30 2.2 CMC Global Ensemble Forecast System and Application - **Stéphane Gagnon** (CMC)

11:30 - 11:50 2.3 Navy S2S coupled ensemble system - **Justin McLay** (NRL)

11:50 - 12:00 2.4 Air Force Global Ensemble Forecast System - **Evan Kuchera** (557th Weather Wing)

12:00 - 01:30 Lunch break and posters

Session 3: Ensemble products and application for weather - Part I

Chair: Jason Levit

01:30 - 02:00 3.1 Overall Center's Review - **Dave Novak** (Invited; WPC)

02:00 - 03:30 NCEP Center + JTWC Overviews

02:00 - 02:15 3.2 WPC - **Bruce Veenhuis**

02:15 - 02:30 3.3 OPC - **Joseph Sienkiewicz**

02:30 - 02:45 3.4 AWC - **Brian Pettegrew**

02:45 - 03:00 3.5 SPC - **Israel Jirak**

03:00 - 03:15 3.6 NHC - **Eric Blake**

03:15 - 03:30 3.7 JTWC - **Matt Kucas**

03:30 - 04:00 Break

Session 4: Panel discussion on model development

Discussion topics: See below

04:00 - 05:30 Panelists: Vijay Tallapragada (EMC) - Lead, Jacob Carley (EMC), Matt Rosencrans (CPC), Eric Blake (NHC), Ernie Wells (OWP), Israel Jirak (SPC), Partha Mukhopadhyay (IITM)

Adjourn for day

Workshop group dinner at 6:15 pm - Franklins, 5123 Baltimore Ave Hyattsville, Maryland

Day 2 (Wed Aug 28)

Session 5: Ensemble products and application for weather - Part II

Chair: James Nelson

08:30 - 09:00 5.1 Overall NWS fields products review - *Jeff Craven* (MDL; Invited)

09:00 - 10:00 NWS Region Overviews

09:00 - 09:10 5.2 Eastern Region - *Josh Watson*

09:10 - 09:20 5.3 Southern Region - *Greg Patrick*

09:20 - 09:30 5.4 Central Region - *Greg Mann*

09:30 - 09:40 5.5 Western Region - *Matthew Jeglum*

09:40 - 09:50 5.6 Alaska Region - *Gene Petrescu*

09:50 - 10:00 5.7 Pacific Region - *Bill Ward*

10:00 - 10:30 Break

Session 6: Ensemble applications from community - Part I

Chair: Kathryn Gilbert

10:30 - 11:00 6.1 Overview community development of products - *Brian Colle* (Invited; Stony Brook U.)

11:00 - 11:15 6.2 A Near-Median Density Index: An Order Statistics Approach to Assessing Ensemble Uncertainty; *Keith Brill* (WPC/IMSG)

11:15 - 11:30 6.3 The Spread of Tropical Storm Tracks in NCEP's Global Ensemble model - *Frank Colby* (UMass-Lowell)

11:30 - 11:45 6.4 The Testing of an Ensemble Based Canonical Tool For Prediction in the Day 8-10 Forecast Period at the Weather Prediction Center - *Mike Bodner* (WPC)

11:45 - 12:00 6.5 Tracking and Usage of Ensemble Model Heavy Precipitation Objects at the Weather Prediction Center; *Michael Erickson* (WPC)

12:00 - 1:30 Lunch break and posters

Session 7: Ensemble application from community - Part II

Chair: Yuejian Zhu

01:30 - 02:00 7.1 The MOGREPS Ensemble Systems - *Ken Mylne* (UK Met Office; Invited)

02:00 - 02:15 7.2 Impact Based Forecast for the Canadian Armed Forces: from a deterministic to a probabilistic approach - *David Dégardin* (MSC)

02:15 - 02:30 7.3 Enabling Better Decisions via The Weather Company's Probability Forecast Platform - *James Belange* (Weather Company - IBM)

02:30 - 02:45 7.4 Predictability of the Meiyu front rainbelt position for the 30 June to 4 July 2016 extreme rainfall period - *Jie Ma*, (CMA/NMC)

02:45 - 03:00 7.5 The Use of Multi-Model Ensemble Clustering in The Weather Prediction Center's Extended Range Forecast Experiment - *Bill Lamberson* (WPC/IMSG)

3:00 - 3:15 Break

Session 8: Panel discussion on product development and user feedback

Discussion topics: see below

03:15 - 04:15 Panelists: Jason Levit (EMC) - Lead, Kathy Gilbert (WPC), Israel Jirak (SPC), Danny Sims (FAA), Bill Myers (Global Weather Corporation)

Adjourn for day

Day 3 (Thu Aug 29)

Session 9: S2S prediction and applications

Chair: Matthew Rosencrans

08:30 - 09:00 9.1 S2S overview - **Dave DeWitt** (CPC; invited)

09:00 - 09:20 9.2 CPC Review - **Emerson Lajoie** (CPC)

09:20 - 09:35 9.3 GEFS review for subseason - **Wei Li** (EMC)

09:35 - 09:50 9.4 Seasonal Forecasts: A Shift Towards Probabilistic at the Weather Company, an IBM Business - **Michael Ventrice** (Weather Company - IBM)

09:50 - 10:05 9.5 Update of GEFS Reanalysis/Reforecast - **Hong Guan** (EMC)

10:05 - 10:30 Break

Session 10: S2S prediction and applications

Chair: Mark Fresch

10:30 - 11:00 10.1 Review of National River Forecast Services - **Ernie Wells** (NWS Hydrologic Services Branch)

11:00 - 11:15 10.2 Forecast Informed Flood Management: Folsom Dam Reservoir Operations - **Brett Whitin** (California/Nevada RFC)

11:15 - 11:30 10.3 The importance of an ensemble forecast for the New York City's Water Supply – a shift in the operational decision making approach - **Adao Matonse** (NYC Dept Environmental Protection - Bureau of Water Supply)

11:30 - 11:45 10.4 Ensemble Streamflow Predictions for Risk Based Reservoir Operations of Lake Mendocino in Mendocino County, California - **Chris Delaney** (Sonoma Water)

11:45 - 12:00 10.5 Enhancing Ensemble Streamflow Forecasting Through an Integrated Multimodel System - **Sanjib Sharma** (Penn State)

12:00 - 01:30 Lunch and Posters

Session 11: National/international collaboration - Part I

Chair: Yuejian Zhu/Zoltan Toth

01:30 - 02:00 11.1 National ESPC overview - **Dave McCarren** (Office of the Oceanographer of the Navy; Invited)

02:00 - 02:20 11.2 High-resolution GEFS T1534 ensemble prediction system for better prediction of extremes - **Parthasarathi Mukhopadhyay** (IITM)

02:20 - 02:40 11.3 The development and operational implementation of GRAPES global ensemble prediction system at CMA - **Xiaoli Li** (CMA)

02:40 - 03:00 11.4 Ensembles: Dynamically or Statistically Generated? - **Zoltan Toth** (GSD)

03:00 - 03:30 Break

Session 12: National/international collaboration - Part II

Chair: Huiling Yuan

3:30 - 3:50 12.1 Wave ensemble verification; **Benoit Pouliot** (ECCC)

3:50 - 4:10 12.2 Probabilistic Precipitation Calibration Using Two-parameter Ensemble Model Output Statistics; **Xiang Su**, (NCAR visitor)

4:10 - 4:30 12.3 Overview of data access to ensemble products from Canadian Meteorological Center; **Benoit Archambault**, (CMC)

4:30 - 4:50 12.4 The Impact of Major Changes of CMA Global Ensemble on GRAPES; **Jing Chen**, (CMA/NWP Center)

[Adjourn the workshop](#)

Posters

P1. WPC The Application of Ensembles and Fuzzy Clustering to Enhance Winter Weather Predictability - **Mike Bodner** (WPC)

P2. Performance analysis on Extended-Range Ensemble Prediction over middle and lower reaches of Changjiang River in Meiyu period;- **Yong Li** (CMA/NMC)

P3. Bias correction of ensemble precipitation forecasts in the improvement of summer streamflow prediction skill - **Huiling Yuan** (Nanjing University)

P4. The Generation of Site-Specific Guidance Based on the Ensemble Forecast - **Chaoping Chen** (Sichuang Observation Station, CMA)

P5. An Introduction to Week-2 Temperature Extremes Forecast Guidance of Central Weather Bureau - **Hui-Ling Chang** (CWB)

附錄 2、研討會論文發表

An Introduction to Week-2 Forecast Guidance of Temperature Extremes of Central Weather Bureau

Hui-Ling Chang¹, Yun-Jing Chen¹, Meng-Shih Chen¹, Ching-Teng Lee¹, Jen-Her Chen¹, Hann-Ming Henry Juang², Tony Liao³

1. Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan 2. Environmental Modeling Center, NCEP, NWS, NOAA
3. Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, Colorado University in Boulder

e-mail: lingo@cwbc.gov.tw (Hui-Ling Chang)

Introduction

This study applied statistical post-processing techniques in week-2 forecasts of temperature extremes in order to provide more reliable, skillful, and practical forecast guidance for users in Taiwan. Ensemble Kernel Density Model Output Statistic (EKDMOS) technique (Glahn et al. 2009) was used to perform bias correction and downscaling for National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Global Ensemble Forecast System (GEFS). For operational week-2 forecast guidance of temperature extremes at the Central Weather Bureau (CWB), one product is daily probabilistic forecasts of temperature extremes, and the other one is providing daily information on the most likely regions and the less likely but still possible areas of temperature extremes in week 2.

Forecast and Observation Data

Forecast data :
NCEP GEFS 20 members
(2.5 deg * 2.5 deg)

Observation : 252 stations
(auto + manned stations)

Training period : 2012 – 2015
Forecast period : 2016 – 2019

Winter (Nov – Apr)
Summer (May – Oct)

Figure 1. Meteorological stations (red dots) used for the EKDMOS.

Methodology

Ensemble Kernel Density MOS (EKDMOS)

1. Error histogram → error PDF (normal distribution) → forecast PDF of each member
2. Apply every member with equal weight to compose the final forecast PDF → forecast probability of temperature extremes.

Different stations have different error PDFs and thus different forecast PDFs.

Figure 2. Schematic diagram illustrating how to produce probabilistic forecasts of daily minimum temperatures being less than a threshold using the EKDMOS.

Temporal Relaxation (Chang et al. 2017)

A temporal relaxation of one day

Figure 3. Schematic diagram for a temporal relaxation of 1 day, which means a temporal shift of 1 day is an acceptable tolerance for week-2 forecasts of temperature extremes.

Operational Week-2 Forecast Guidance of Temperature Extremes

Daily probabilistic forecasts of cold extremes

Figure 3. Daily probabilistic forecasts of daily minimum temperatures (T_{min}) being less than a threshold ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$) during week 2 in winter. This threshold could be a specific temperature value or a percentile, and it is adjustable based on users' requirements. In addition, this kind of product for daily maximum temperatures (T_{max}) exceeding a threshold is also provided in summer.

Daily forecast guidance of cold extremes

Figure 4. Daily forecast guidance of cold extremes ($T_{min} < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) during week-2 in winter. The pink shading shows the most likely regions for cold extremes, and the blue one shows the less likely but still possible areas of cold extremes. In addition, this kind of product for warm extremes is also provided in summer.

Results from Verification

Reliability Diagram

Figure 5. Reliability diagrams at various forecast lead times for the ensemble MOS (blue) and the EKDMOS (red) for cold extremes between 2016 and 2018.

Relative Operating Curve (ROC)

Figure 6. ROC curve and area under ROC curve (AUC) at various forecast lead times for the ensemble MOS (upper) and the EKDMOS (lower) for cold extremes from 2016 to 2018.

Performance Diagram

Figure 7. Performance diagram for the forecast guidance of cold extremes without (red numbers) and with (blue numbers) a temporal relaxation of one day. Different numbers indicate different forecast lead times (day).

- Compared with the ensemble MOS, the EKDMOS provides higher reliability and better discrimination for probabilistic forecasts of cold extremes.
- Under a temporal relaxation of one day, the forecast guidance of cold extremes displays moderate accuracy, a high probability of detection, a moderate success ratio, and an acceptable degree of over-forecasting (Bias : 0.99-1.6).

Conclusions and References

- Compared with the ensemble MOS, the EKDMOS has higher reliability and better discrimination for probabilistic forecasts of cold extremes.
- Under a temporal relaxation of one day, the forecast guidance of cold extremes displays moderate accuracy, a high probability of detection, a moderate success ratio, and an acceptable degree of over-forecasting.

Glahn, B., M. Peroutka, J. Wiedensfeld, J. Wagner, G. Zylstra, B. Schmalzsch, and B. Jackson, 2009 : MOS Uncertainty Estimates in an Ensemble Framework. *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 246-268.

Chang, H., B. Brown, P. Chu, Y. Liao, and W. Wang, 2017: Nowcast Guidance of Afternoon Convection Initiation for Taiwan. *Wea. Forecasting*, **32**,1801-1817.

附錄 3、活動照片



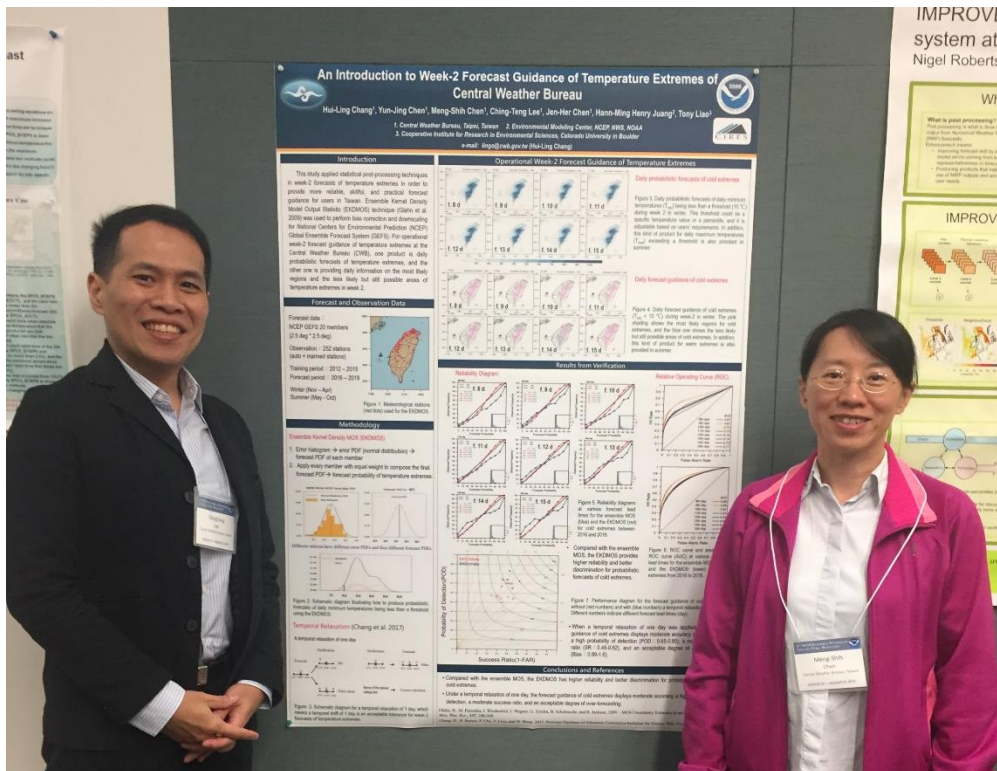
與 CPC 人員進行技術交流，上排由左至右分別為 Dr. Zengzhen Hu、Dr. Wanqiu Wang 及 Dr. Daniel Harnos。



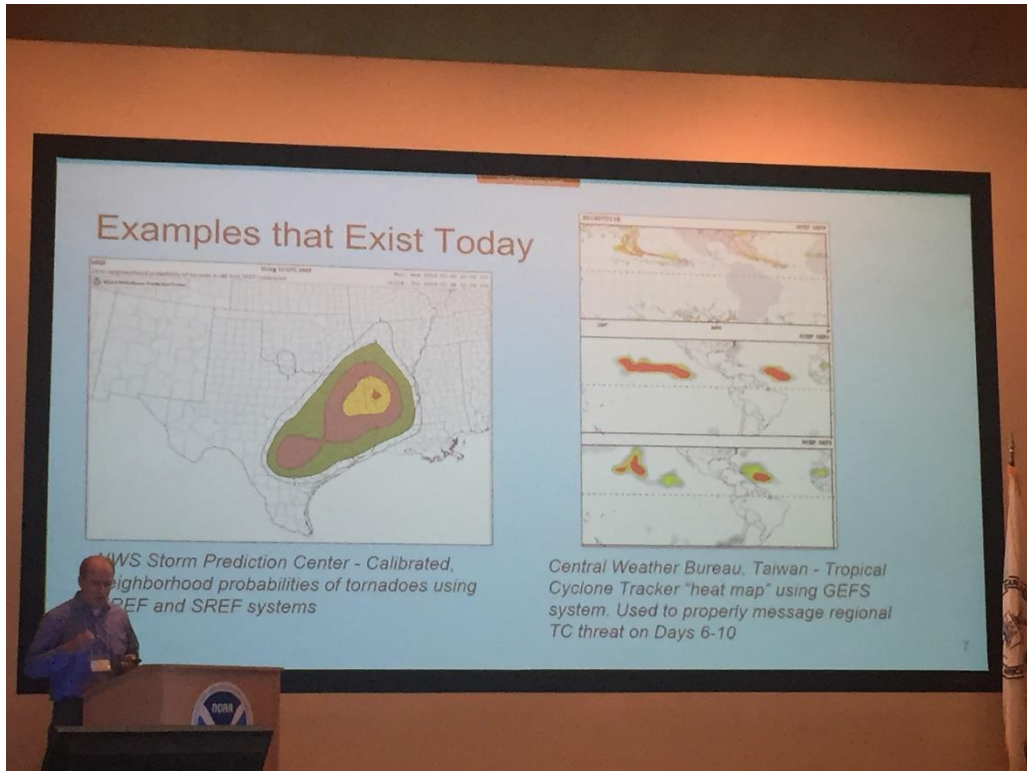
與 CPC 人員進行技術交流，上排由左至右分別為 Dr. Wanqiu Wang、Dr. Zengzhen Hu 及 Dr. Emerson LaJoie。



與 EMC 人員 Dr. Yuejian Zhu 進行技術交流。



與李清騰博士於「第 8 屆美國環境預測中心系集模式使用者研討會」發表張貼論文。



美國氣象局南方區域中心 Dr. Greg Patrick 在演講中提到氣象局發展的 CWB TC tracker 系統 (<http://tafislx2.cwb.gov.tw/NcepGens/>)。