

出國報告（出國類別：參加研討會）

**參加「第 41 屆氣候診斷與預測研討會
(NOAA 41th Climate Diagnostics and
Prediction Workshop)」報告**

服務機關：中央氣象局

姓名職稱：曾建翰技正

派赴國家：美國

出國期間：105 年 10 月 2 日 至 10 月 14 日

報告日期：105 年 12 月 13 日

摘要

本次赴美主要是參加美國海洋暨大氣總署（NOAA）舉辦的第 41 屆氣候診斷與預測研討會，同時順道參訪美國 NOAA 轄下國家天氣氣候預測中心（NCWCP）下的環境模式中心（EMC）。往年該研討會常根據過去一年內發生的重大氣候事件或是大尺度環流異常事件提出報告與分析結果，常是後續研究分析或是作業工作的開端。而此報告與分析結果提醒氣象社群有什麼是以往力有未逮之處與未來的應對方法，研討會提及過去一年，最大的氣候事件是 2015/16 的強聖嬰事件，這個聖嬰事件修正了以往對聖嬰的理論看法。會議中亦揭櫫未來研究方向，如資料數據科學中的統計方法等，此外，提及再分析的氣候資料能有助於科學家複習反思過去所做的分析結論。

EMC 是美國國家數值天氣預報模式的作業單位，許多業務規劃及作業執行可供氣象局參考。長久以來雙方都有在某個研究主題上進行交流。此次訪問 EMC，主要在提升雙方的交流深度，從以前的特定主題，擴大到整個數值天氣預報模式作業的交流，涵蓋資料同化、動力核心、物理過程、系集預報及統計後處理技術的探討。同時，回應 EMC 的邀請，加入其未來新一代全球模式（Next Generation Global Prediction System, NGGPS）的研究社群。

目錄

一、目的.....	1
二、過程.....	3
三、研討會與參訪情形.....	4
四、心得與建議.....	13
五、參考文獻.....	15
六、附錄.....	18

圖表說明

圖 1: (a)是從 Sarachik and Cane (2010)書中所擷取的歷史 ENSO 統計資料。(b)是 NOAA/CPC (2016)所公布的資訊。

一、目的

氣候診斷與預測研討會 (Climate Diagnostics and Prediction Workshop, 簡稱 CDPW), 是美國海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, 簡稱 NOAA) 1975 年時鑑於氣候相關議題的重要與日俱增, 乃結合學界人士於 1976 年在華府舉辦第 1 次研討會, 距今已經 41 年 (Ropelewski and Arkin, 2016)。從 1970 年代末期開始, 近代氣象學術理論開始成熟, 從準地轉理論到次地轉理論, 平均流場和擾動的不穩定理論重新架構了天氣系統中的溫帶氣旋與噴流, 以及赤道地區的不同尺度波動 (Boyd, 1976; Rhines and Holland, 1979; Simmons and Hoskins, 1978)。之後, 氣象中的氣候學大致脫離傳統地理學門中的氣候學, 開始從物理方程式著手瞭解環流變化。加上 1970 年代末期數值天氣預報技術快速發展, 許多大氣現象可被數學模式模擬 (Branstator, 1985a 與 1985b), 多思維理論模型可經由模式驗證 (Molteni *et al.*, 1993), 整個氣候學的發展進入全新的時代 (Buizza *et al.*, 2005; ECMWF, 2012)。從 1990 年代末開始, 氣候變遷的議題再度被提出與重視, 加上各種遙測技術成熟, 氣象界開始結合不同領域研究, 探討氣候變遷對人類社會的衝擊。我國中央氣象局 (以下簡稱氣象局) 為全球氣象預報作業中心之一, 近年內該局內皆會派遣同仁參加氣候診斷與預測研討會, 一方面獲取近期氣候研究的最新發展與現階段氣候變化趨勢, 另一方面也是藉由參加國際會議凸顯我國在國際事務上的關注與努力。

國內於 1980 年代末 1990 年代初開始發展數值天氣預報系統, 同時國內開始形成氣候研究團隊。氣象局內的氣候相關工作也相繼推動, 除關心長期預報與水資源農業議題外, 近年也注意到氣候變遷對臺灣社會的衝擊, 該局派職參加此次研討會主要的目的在檢視局內的相關工作成果與瞭解國際間未來的趨勢。以此次研討會揭曉的主題為例, 分別是聖嬰南方震盪事件 (El Niño and the Southern Oscillation, 簡稱 ENSO)、高風險的極端氣候事件(如乾旱、熱浪、極端天氣和熱帶氣旋等)、極區的氣候變異、多模式與模式系集預報結果診斷、和風險管理。雖說 ENSO 與極區主要氣候的變異現象地理位置距離臺灣很遠, 但是 ENSO 影響颱風的生成位置與路徑已經是氣象界不爭的

事實，其造成的結果，隨各 ENSO 事件不同，對臺灣也有不同的影響，以今(2016)年為例，7 月上旬過後至 8 月沒有颱風經過臺灣。從 9 月開始，颱風頻頻經過臺灣，而至 11 月中旬西太平洋上仍有許多颱風生成。而 2016 年初，臺灣北部有些低海拔(800 公尺以下)的山區因北極震盪造成的寒流過境，出現百年記錄來第二次的降雪。這些例證顯示臺灣無法自外於這些氣候事件，而此次研討會的最後主題就是希望建立一個風險管理的機制。

氣象局發展數值天氣預報及相關氣象現代化的業務已經 30 年，一直希望能將天氣的預報延展到 2-4 週，甚至未來的季預報。這當中除了數值預報的氣候模式發展外，另一個課題是模式輸出產品的診斷、校驗，傳統的統計方法需要再加入新思維，或是利用極端的大氣環流型態(如聖嬰現象)來加以驗證。不可諱言，美國在這方面的研究仍是首屈一指，藉由參加研討會，可以獲取到許多先進的作法與應該關注的氣候議題。

此次赴美，同時訪問美國海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 轄下國家天氣氣候預測中心 (National Center for Weather and Climate Prediction, 簡稱 NCWCP; 舊時稱 National Center for Environmental Prediction, NCEP) 的環境模式中心 (Environmental Modeling Center, 簡稱 EMC)。NOAA/NCWCP(NCEP)/EMC 為美國數值預報模式的作業中心，其發展的模式擔負作業任務，提供給 Weather Prediction Center (WPC) 對外發佈氣象預報使用。於今(2016)年 5 月，EMC 與氣象局在臺北舉辦了首次研討會，雙方同意在今後加強技術交流合作。同時，因應美國啟動的下一代全球預測系統計畫 (Next Generation Global Prediction System, NGGPS)，氣象局將參加後續 NGGPS 相關研討會，瞭解未來全球模式動力核心 (dynamic core) 的最新發展。從全球最好的模式作業中心，歐洲中期預測中心 (European Center for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 於 2016 年 4 月舉辦模式不確定性 (model uncertainty) 研討會 (ECMWF, 2016)，揭櫫未來動力核心的發展主軸應為：(1) 等面積投影網格 (equal area mapping)，以因應模式解析度提升時，經緯網格在極區高緯度地區過度密集，造成計算浪費與假的計算誤差擾動；(2) 運用時間間距長的時間積分格式，

如 semi-Lagrangian 格式，因應未來 2 至 4 週預報發展；(3)非靜力平衡模式 (non-hydrostatic)，以因應模式解析度提升至 5km 以下時，大氣中的聲波應該被納入考量。本次訪問 EMC 期間，在動力核心議題上，氣象局表達將逐步瞭解並投入研發。同時，氣象局長久以來與 EMC 進行資料同化與系集預報相關合作，亦將持續推動。此外，預計邀請處理模式中物理過程的專家與預報輸出結果驗證的專家，來臺進行技術與經驗交流。

二、過程

職於 2016 年 10 月 2 日至 14 日期間訪美，首先抵達緬因州參加研討會，再轉往華府參訪 EMC。職從 10 月 2 日由桃園機場出發，經美國舊金山入關，轉機至芝加哥，在轉機至緬因州的 Bangor 機場，抵達 Bangor 時為當地晚間 10 時 30 分，經一晚休息後，參加 10 月 3 日至 6 日為期 4 天的氣候診斷與預測研討。參加研討會的詳細過程將於第三節中介紹。

10 月 7 日離開緬因轉往華府，於下午 4 時抵達華府，與 NOAA 轄下的氣候預測中心 (Climate Prediction Center, 簡稱 CPC) 楊錫鏗博士會談，主要討論今年 2016 年氣象局與 NOAA/EMC 和 NOAA/CPC 的一些相關合作議題與未來規劃。10 月 8 日至 9 日週末放假，利用時間參訪華府地區博物館。10 月 10 日美國哥倫布紀念日，公家機關放假，但是學校未放假，故拜訪氣象局顧問，馬里蘭大學大氣海洋系教授 Dr. Daryl Kleist。Dr. Kleist 以前曾是 NOAA/EMC 的正式聯邦研究人員，後於 2015 年取得馬大教職，同時承攬 NOAA/NCWCP(NCEP)/EMC 的研究計畫。Dr. Kleist 提到於 10 月 12 日於 EMC 內部舉行資料同化的討論會議，他是主持人負責報告 EMC 的工作，而我負責介紹氣象局的資料同化相關工作。同時，於 12 日在馬大拜會 Prof. Eugenia Kalnay 和 Prof. Kayo Ide。Prof. Kalnay 是氣象耆老，專精數值模式與資料同化，曾任 EMC 主任。Prof. Ide 是混合 (hybrid) 系集與變分資料同化的專家。期所發展之技術經過 Dr. Kleist 在 EMC

的實際作業中執行相當的成功，稱為 hybrid Grid point Statistical Interpolation (簡稱 hybrid GSI)，或稱 ensemble variational(EnVar)等，目前氣象局採用 EMC 的 3D EnVar hybrid GSI。

10 月 11 日至 12 日訪問 EMC，感謝 EMC 系集預報組長朱躍建博士代為申請訪問文件與識別證明。從 2001 年 911 事件後，要進入美國政府機關都要有完整文件並通過像是機場的安全檢查後方可進入。訪問 EMC 的議程表請見附錄，基本上除了熱帶氣旋組的模式成員未能見到外，大致見到 EMC 全球模式組和部分區域模式組的人員並一起討論相關工作議題。參訪 EMC 的詳細過程，將於第三節中介紹。

10 月 13 日一早搭機離開華府，於 14 日下午 5 時抵達日本東京，於 14 日晚間 8 時返抵桃園，結束訪美行程。

三、研討會與參訪情形

(一) 研討會過程

此次氣候診斷與預測研討會於 2016 年 10 月 3 日至 6 日舉行，為期 4 日，在美國緬因大學舉行。共計有 66 篇論文，其中關於 2015 與 2016 年間 ENSO 的論文共有 17 篇，詳細議程如附錄所示。在研討會閉幕時，主持人之一 Dr. Mike Halpert，稱這次研討會可能是聽最多 ENSO，或是怪獸 ENSO(" Monster ENSO")，甚或是哥吉拉 ENSO(" Godzilla ENSO")最多的一次研討會，但是這正反應出 2015/16 年的 ENSO 不同以往，可以想見後續的研究會非常多。研討會中另一主軸是 2-4 週的預報，這方面的技術在最近數值預報模式能力提升及海氣耦合模式納入考量後，逐漸被重視。最後，較創新的議題是：今年有兩篇文章是與機器學習有關，主因是配合大數據的研究潮流 (Alpaydin, 2010; Bishop, 1995 與 2001; Hastie and Friedman, 2008; Hsieh, 2009)。美國政府鼓勵資訊領域人員跨足研究氣象資料，所以，就他們的認知，提出一些架構和概念想法。當然，

現階段因應氣候的專題，就個人來看研究成果非常初步，整體而言還距離歐洲國家的一些研究成果很遠。主要的核心技數應是：機器學習或類神經網路須與數值模式交混（hybrid）在一起，才能發揮潛力。如果只是拿來當成一個工具，想看看大氣中的潛在資訊，效果有限。理由不難得知，機器學習是利用許多統計工具分離來自幾種獨立源頭的資料，或是應用非參數（non-parametric）方式估計資料屬性。但是，背後的假設是這些獨立源頭彼此沒有交互作用，或是假設數個非高斯分佈的氣象場量合併後成為高斯分佈的氣象場量，再探究性質。簡言之，機械學習系統做了一些假設，但是大氣真的是這樣運作嗎？光是描述交互作用，大氣中的不穩定理論中就有數種可能；低緯度亦可與高緯度天氣系統互相作用。所以，ECMWF 和一些歐洲國家建議數值模式合併機器學習一起看問題，似乎為較佳的方式。最後，資料同化的技術最近 10 年有顯著的進步，以往無法同化的資料，可以運用現今的同化方法處理，產生新的再分析資料。這也是最近 NOAA 提出名稱為 NCEP reanalysis 3 資料的由來。由目前為止的品質來看，對歷史上 1997/1998 和 2009/2010 的 ENSO 分析，比以往的資料多出一些訊息，值得繼續追蹤探討（Whitaker and Hamil, 2012）。

研討會第一天早上，全都在介紹 2015/16 的聖嬰，從多模式的系集預報，到海溫 nino3.4 的指數，以及 850 hPa 和 200 hPa 風場的偏差值和北美洲的降水等，所有資料顯示，2015/16 的聖嬰，在一些指數和環流型態上都和以往有顯著不同（Clarke, 2008; Sarachik and Cane, 2010），海溫明顯偏高而且持續與 1997/98 的聖嬰類似。北美洲降水的分布卻和以往有顯著的不同，原本預期加州旱災可以稍微減輕，但實際狀況沒有。美國中部也不若以往的聖嬰一般，有明顯的降雨偏少，整體而言，美國降水稍多，但僅只是稍多（NOAA/CPC, 2016）。

圖 1a 是從 Sarachik and Cane (2010)書中所擷取的 1980-2009 年以前 ENSO 事件造成的北美洲降水分佈統計，而圖 1b 是從 NOAA/CPC (2016)公布的 2015/16 強聖嬰事件北美洲的資料，期間為 2015 年 12 月至 2016 年 11 月，圖 1b 中顯示 2015/16 的北美降水，可以看出非常大的不同。

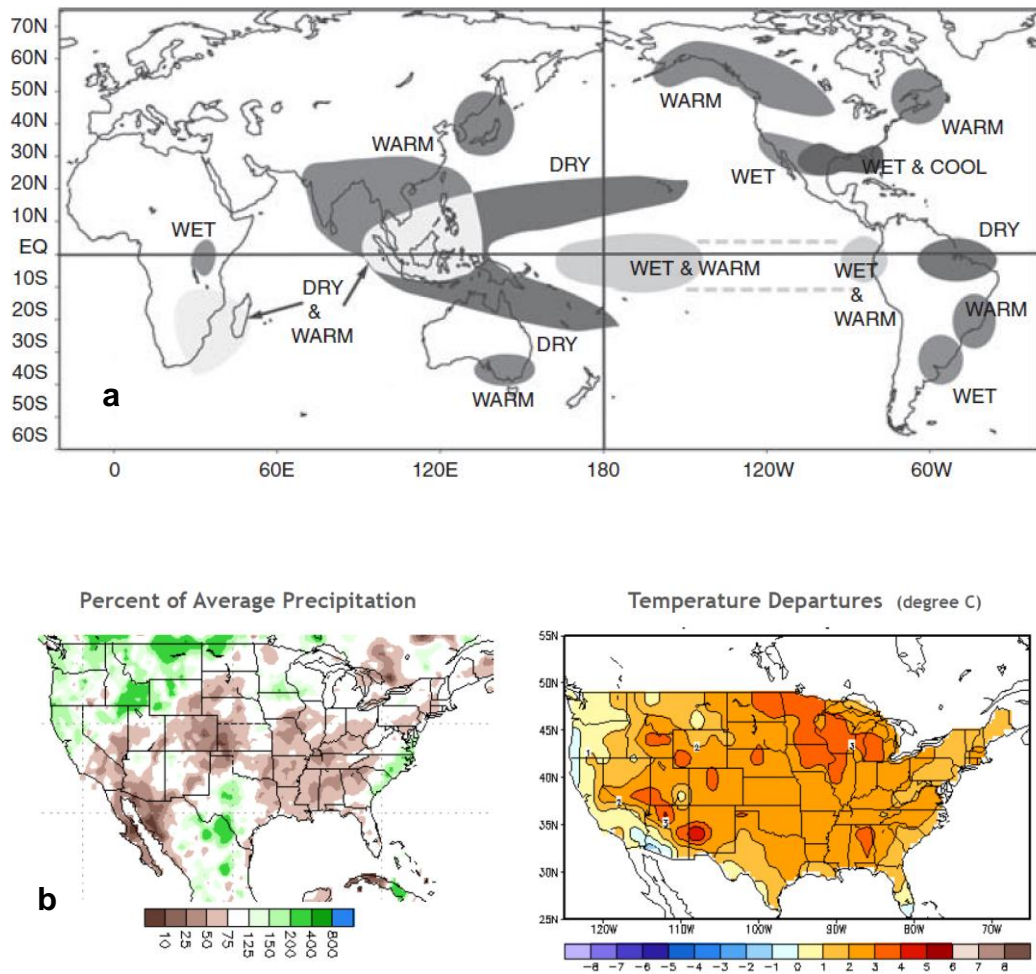


圖 1: (a)從 Sarachik and Cane (2010)書中所擷取的歷史 ENSO 統計資料。(b)是 NOAA/CPC (2016)所公布的資訊。

圖 1a 顯示北美地區在 ENSO 發生時，整個美國南部是偏濕而且偏涼的天氣型態。原本加州政府期待 2015/16 年的 ENSO 能為加州帶來降水，減緩旱災。但是，從圖 1b 的 NOAA/CPC 公布資料來看，2015/16 的聖嬰造成整個美國地區都偏暖，加州與美國南方整個是偏乾的情形，致使加州的旱災仍在持續（美國加州旱災從 2011 開始迄今仍未解除）。

研討會第一天（10 月 3 日）的下午探討多模式系集在北美洲氣候預報上的一些表現，多模式的資訊來源是 NMME (North American Multi-Model Ensemble)，主要是使用

EMC 模式、加拿大模式、美國海軍模式。針對的問題是北美洲溫度、降水預測的可預測度探討。目前的趨勢是透過統計型態校正，將預報延伸到 3-4 週的定量降水估計或是溫度的機率預報。必須注意的是，這方面的技術仍在持續建立，而數值模式雖有長足進步但是仍是不能滿足 3-4 週預報的需求，總結來說，美國氣候研究社群一直在尋找較佳的短期氣候預報模式，因為由目前的 EMC 全球模式所主導 2-4 週的預報結果，氣候團隊覺得不夠完善。

研討會的第二天上午（10 月 4 日），探討主題再度回到 ENSO，探討的重點和第一天有些不同，主要在強調 ENSO 的一些動力與物理機制探討。數篇文章不斷提出反思，我們真的瞭解 ENSO 嗎？其和海溫的關係是這麼線性相關的嗎？垂直的溫度梯度，風切的變化真是我們瞭解的嗎？為何在 2014 上半年，所有的模式都預測即將有一個聖嬰現象形成，但是所有的模式都預測錯誤，直至 2014 年 11 月，整個海溫、大氣環流如戲劇化變化，沛然莫之能禦，我們有了歷史紀錄以來少見第一第二強(端賴看那種指數)的 2015/16 聖嬰。預報失準是一個問題，接下來聖嬰建立後，所預計可能造成的衝擊也部分失準。有些地方預期的乾旱並無發生，反而造成水患，雖然大氣環流的型態與以往聖嬰發生時大同而小異，但是這些小異造成非常顯著的衝擊，和社會中對氣候預報的期許有明顯落差。其中有 Princeton 大學的學者提出像是 Self Organization Map 的統計分群法，嘗試將以往的 ENSO 分類再細分，從中在擷取有用資訊。

研討會第二天下午會議主題回到目前多模式系集相關的一些合作議題，探討該如何校正與發展，一些區域的資訊整合之重要性也被提及。另外，許多新的診斷工具被提出，如多尺度的降水校驗以及濕過程熱力效應和系集迴歸等。隨後，進行海報論文的討論。這次海報中有氣象局陳雲蘭技正發表的 MJO 季內震盪對副熱帶東亞沿海地區降水的影響 (An analysis of the MJO influence on the rainfall in subtropical coastal areas of East Asia) 文章，是她這次訪美 4 個月的工作成果。其中，Dr. Whitaker 帶領的再分析資料團隊發表了 3 篇關於用最新的混合系集變分資料同化所做的再製資料分析，個人覺得很有興趣。從初步氣候上統計而言，再分析資料的品質都比以往的要好，但是也有一

些中高層的溫度分佈與觀測衛星的數據差距反而增大。Dr. Whitaker的團隊成員告訴我，他們還正在找原因。Dr. Jeffery Whitaker目前是NOAA下地球系統研究實驗室(Earth System Research Laboratory, 簡稱ESRL)的研究員，他帶領的團隊主要負責系集卡爾曼濾波器資料同化、系集變分資料同化等議題。利用新的同化技術重新製作過去氣候的再分析資料是他的團隊發展資料同化之外的附加價值工作。此外，他的團隊成員如Dr. Philip Piegion也正在研發模式中隨機物理擾動趨勢過程用於系集資料同化與長期系集預報的可預測度。職於去年訪問EMC時，曾與Dr. Whitaker一起參加遠距會議，並承Dr. Piegion幫忙瞭解隨機物理過程原理。這次，參加氣候研討會，很高興見到Dr. Whitaker本人，交換一些意見。

第三天(10月5日)的研討會主題注重世界各地今年來的一些極端事件。從北美的熱浪、緬因和新罕不夏州的近十年的變化到新英格蘭的冷事件。此外，有中國的乾旱，加州長達5年的乾旱、非洲澳洲的乾旱事件等。另外，大氣環流中的大氣長河、中尺度對流胞與大尺度環流的交互作用等也被提及。報告資料顯示氣候的變化與大西洋颶風的強度與生成個數的相關仍有待進一步研究，總結而論，從強度上與以往30年並無不同，生成總數也無明顯差異，但是細微檢視來看，生成的時間較以往延遲。生成的個數偏向集中某個時間，然後又跳往另一個時間。有人呼應和太平洋今年出現的颱風情形相似，但是會場中並無滿意的理論詮釋出現。

第四天(10月6日)的研討會主題是關於極區的一些變化事件，包含海冰的位置變化，環流狀況的改變等。這些極區的變動，透過中緯度的動力反應，間接可能造成過去10年來，北半球有著與以往不同的冬天。北極震盪雖說很早(80年代末)就被探討，但是近2-3年的北極震盪常常事先無任何徵兆，往往相當快速地就從正相位變成負相位，一些反應似乎有加快的趨勢。第四天的下午，有一些新的統計分群方法被提出，以及NCEP reanalysis 3再分析資料小組的領導Dr. Whitaker親自說明再分析資料的現況與以往的比較等，希望大家在往後使用上給予更多意見。不過似乎從事氣候預報及診斷的人員對這個資料的興趣沒有這麼大，我自己本身有做一些資料同化的工作，我深

知用新方法分析後的分析場一定比以前的好，因為通過 5 天預報的驗證就可得知。但是，對氣候的診斷分析我不敢斷言。而氣候團隊似乎只在乎，這個資料是否與他們之前得到的結論相違背，而現況看起來是有一些違背，而這是氣候團隊最不希望看到的。最大的爭論點在 MJO，發生於赤道附近的 30-60 季內震盪，新資料顯示的 MJO 不若以往明顯。

（二）餐訪美國環境模式中心

美國環境模式中心（Environmental Modeling Center, EMC）隸屬於 NOAA 轄下 National Center for Weather Climate Prediction, NCWCP（舊稱 National Center for Environmental Prediction, NCEP）的一個最大作業中心，成員約 200 名，負責 NOAA 的全球模式、區域模式和颶風模式的作業預報。其中，全球模式組是最大分組，成員約有 150 名，也可以說從 NOAA 成立數值預報模式團隊分組以來，全球模式預報作業就是其核心任務，負責發佈北美和全球的大氣環流預測。氣象局從發展數值模式以來，一直都有與 EMC 的成員作點式的接觸，如物理參數化的積雲，或是邊界層、輻射等。從 2012 以來，因 EMC 混合系集變分資料同化的上線，取得重大改進，氣象局開始密集邀請資料同化組的 Dr. David Parrish, Dr. Daryl Kleist, 和吳婉淑博士來臺訪問交流，從 2012 迄今已經連續 4 年，其中氣象局也於 2014 年完成混合系集變分資料同化的正式上線，由北半球 Anomaly Correlation 得分來看，明顯提升氣象局全球模式的準確率。於 2016 年 5 月，於氣象局舉行與 EMC 合辦的研討會，會中結論將：(1)加強雙方交流，延續以往的資料同化與系集預報等議題；(2)美方邀請我方加入 Next Generation Global Prediction System（NGGPS）的相關發展議題。其中，NGGPS 是美國未來 5 年積極推動的事物，每一年的預計目標都已經標列清楚。氣象局在發展全球模式的時程上，與

全世界作業中心都遭遇一樣的問題，就是隨著模式解析度愈來愈高，傳統的經緯網格在高緯度地區有嚴重失真的現象，同時，高緯度地區過密的網格分佈造成計算資源浪費，可說是又失真又浪費資源在運算。所以，全世界作業中心，都在規劃下一代的動力核心，基本精神就是設計一種網格能忠實呈現地球球面。同時，因模式解析度提升，以往在垂直方向上被忽略不計的垂直速度必須加回，如此伴隨著聲波將被模式解析。但是聲波處理不好，常造成假的計算誤差，造成模式崩解。最後一項重點是，水平解析度提升，是否能藉由時間上的積分時步距加長，增加計算效率，較佳的時間積分格式在未來將一併考量。當然，動力核心的考量只是第一步，隨後，物理過程和資料同化將加入動力核心中變成完整的作業模式。EMC 於 2016 年 6 月，決定採用地球物理流體動力實驗室（Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL）的 FV-3 模式為其未來動力核心，相關工作將陸續推動於未來 5 年內全部完成。

氣象局未來發展將借鏡 EMC 的經驗，這也正是為何派職此次順道拜訪 EMC 的主因。主要是瞭解未來 EMC 的相關物理和資料同化工作的相關推動，因為氣象局模式中資料同化幾乎是完全移植 EMC 的系集變分 Grid point Statistical Interpolation (GSI)，而物理部分也有 80% 相似。而氣象局的動力核心與 EMC 原本就有些不同，但是如果 EMC 換成 FV-3 後，EMC 的作法會是如何因應是氣象局數值天氣預報團隊感興趣的地方。此外，延續 5 月研討會的結論，氣象局希望與 EMC 持續交流，並藉此達加入 NGGPS，希望 EMC 能持續給予支持。

訪問 EMC 期間，EMC 系集預報組長朱躍建博士幫忙安排申請短期訪問證件進入，並與 EMC 五個主要工作小組、副主任 Dr. Michael Ek 和全球模式組組長 Dr. Vijay Tallapragada 會談。我準備了小型簡報，簡介氣象局全球模式的工作與各個組別交流工

作經驗。EMC 五個工作小組分別是：(1)模式物理組；(2)資料同化組；(3)模式診斷組 (diagnostic)；(4)模式評估校驗組(evaluation and verification)；(5)系集預報組。其中，模式評估校驗組的工作可供氣象局借鏡，這個小組不只是檢討 EMC 的模式結果，同時檢驗全球各作業中心的模式預報結果。這個小組當西太平洋有颱風發生時，也會檢視氣象局的颱風預報，但是他們取得資訊僅限於臺灣官網。有鑑於雙方未來合作，我們分享了氣象局內部使用的數值預報產品網頁，EMC 的校驗組非常高興能拿到較完整的氣象局模式預報結果。同時，這個小組也鼓勵我們多去使用 EMC 官網上的一些評估校驗資訊。

模式診斷組的組長為莊慧亞博士，莊博士畢業於臺大大氣科學系旋即赴美深造，於 1999 年於 Pennsylvania State 取得博士學位後就進入 EMC 工作迄今。她立即分享了模式診斷組的相關分析套件，她希望未來兩邊在比較一些模式結果時能有一致的平台。雖說是小細節，但是比較上可更公平。舉例說，EMC 喜歡將全球切成緯度 20-80，正負 20 度，以及全球範圍。這沒有什麼一定要非如此做的理由，如歐洲中心就特別喜歡作 30-90 緯度範圍的校驗，但只是在往後交流討論上，能有一致的測試基準，溝通上，或是對問題的釐清上，有很大助益。這次訪問，謝謝莊博士提供全套軟體，回臺後將裝置進入氣象局系統中測試。

資料同化組與系集組從 2012 年來與氣象局有密切接觸，這次 EMC 很有興趣氣象局這方面的工作規劃與進展。我表達氣象局會進行系集四維變分資料同化，同時採用不同尺度的同化分析，增進同化效率。此外，氣象局採用 ECMWF 的奇異向量產製擾動，目前已經加入至 2-4 週的預報，未來將配合隨機物理擾動過程進行一系列測試。我們分享了奇異向量與隨機物理擾動過程配合良好，也由此推想為何 ECMWF 迄今仍保留

奇異向量計算。對於此點 EMC 的同仁表示認同，並表示期望看到氣象局的奇異向量與 EnKF 一起配合的成果。

與副主任 Dr. Ek 會談，說明氣象局未來想借重 EMC 在模式物理過程的經驗，並希望他能於 2017 年訪問臺灣。同時，請他轉告於我們訪問期間正好出差的 EMC 主任 Dr. Michael Farrar 氣象局想加入美國 NGGPS 的團隊。Dr. Ek 表明，加入 NGGPS 沒有問題，增加雙方在物理部分的交流他一定支持。對於訪臺，他則客氣說要問過長官與尊重同仁意見後，他會考慮。

全球模式組的組長 Dr. Tallapragada 從擔任 HWRF 組長時就常常訪問臺灣，與臺灣颱風模式小組和颱風中心有密切交流。他本人於 2016 年 7 月開始接任全球模式組組長工作，對於我們的到訪他非常高興，他說他對臺灣很熟悉，一些相關配合交流工作他會持續推動。除 NGGPS 外，他強烈建議我們加入物理測試平台的社群，對雙方交流的實際執行層面，他指出美方人員來臺不是問題，合作開研討會都屬可行，問題是氣象局人員要短期（6 個月至 1 年）進入 EMC 需進一步瞭解可能性。因為美國公務機關近期因為安檢層級升高，非持有美國綠卡的人員，進入 EMC 都會非常麻煩。另外，目前 EMC 的高速電腦計算資源不敷使用，能否負擔接納他國訪客會是議題。這兩點都不是他這個層級能幫上忙，建議我們學日本的方式，將訪問 EMC 的時間增長，因為增長時間表達氣象局強烈的合作交流意願，同時，申請進入 EMC 的文件非常費工耗時，而花了那麼多的精神，只待 3-6 個月，對 EMC 的行政團隊而言，成本效益不高。另一方式是透過與馬里蘭大學合作，因為馬大有一個地球物理實驗室就在 EMC 隔壁，雙方可以藉馬大交流意見。我們表達這點意見將會帶回給氣象局長官參考，以進一步商討未來合作實際執行的細節。

四、心得與建議

這次參加第 41 屆氣候診斷與預測研討會與訪問 NOAA 環境模式中心的最大感想是，美國的氣候社群與模式團隊的研發精神值得敬佩。整個社群充滿活力，以氣候社群因應大數據的潮流為例，研討會中至少有 6 篇文章引用新數據科學的統計方法，其中 2 篇是資訊領域的研究團隊提出。雖說資訊團隊的人謙虛聲稱，這兩個題目是被美國政府所逼而做，但是可看出美國從政府到學術界願意花時間精力整合新的技術來看氣候資料。所要完成的工作有遠大目標，希望未來任何領域的人都能從中取得氣候資訊，簡而言之，美國政府結合學界及一些產業，整合現有的所有數據資料庫，以演算法，特別是統計機率演算，從這些現有資料庫中取得資訊，當擷取某一氣候事件時，相照對應的時間點，會有哪些相關農業、經濟和醫療資訊也會被篩選。當然，演算法的精神不止於僅限於時間的相關搜尋，而一些因果，或是不容易有直覺相關的資訊也會被擷取。值得一提的是，不是建立一個超大的資料庫，而是建立一個演算機制，類似於 google 搜尋的功能，擷取資訊。

回到數值天氣預報模式方面，EMC 的模式團隊將面對新的動力核心轉換，將自己擅長的物理過程與資料同化嵌入，整個過程預計 2-3 年完成，後續尚需 2-3 年進行平行測試，期間不只動用 EMC 內部團隊，同時結合 NOAA 的地球系統研究實驗室團隊及部分馬里蘭大學老師的研究團隊，同時，美國也邀請世界各氣象單位，如我國氣象局加入 NGGPS 社群，整體的研究動量相當大。

從自身是氣象與資訊專業背景認知，氣象發展的核心能力應該有三項，分別是統計機率模式、數值預報模式和遙測。其中，遙測可視為廣義的觀測測量技術，舉凡觀測站觀測儀器，到雷達衛星都算。這部分是結合電機電子通訊，儀器檢校與氣象專

業知識。統計機率模式是分析擷取氣象資料的基礎學問，預報的校驗，統計迴歸模式到相應現今機器學習的機率模式都是應該要熟悉完備的工作項目。數值預報模式是氣象中的實驗室，除天氣預測外，一些理論的驗證可從中得到測試，使理論更加完整。不管從那個角度看，這三個核心能力，氣象局都應該加強，目標當然是有更好的氣象預報。再從細節來看，以自身所屬的全球預報模式團對而言，應該有診斷及校驗的小組，尤其是模式的診斷。目前，診斷的工作是由資料同化、動力核心或是物理小組自行診斷。好處是小組內改了什麼東西，馬上可以知道好壞，缺點是缺乏對整體表現和模式長期統計的驗證。這部分的工作，已經反應給氣象局全球預報模式團隊組長及組員知道，預計未來將有診斷任務的小組出現。

美國 NOAA 下轄的單位，如地球系統研究實驗室 (ESRL)，或是 EMC，或是 CPC，長久以來一直和氣象局有點的合作。以 EMC 為作業任務的方向來看，建議與 EMC 應該要有更深的交流互動。而有密切的合作的前提是，氣象局必須要有明確的發展目標，要能提升技術能力，要能回饋貢獻給氣象社群。舉例來說，氣象局全球預報模式資料同化的團隊因為使用 hybrid GSI 系集變分資料同化，使用不同的動力核心所做出的預報結果明顯優於以往，在這方面，EMC 就顯示了高度興趣。同時，同化團隊也發現 EMC 同化模組中的一些問題與小缺失，EMC 方面更是給予肯定。在 Dr. Kleist 的幫忙下，氣象局取得 EMC 的最新同化模式的版本控管帳號 (subversion account, 或簡稱 SVN account)，可與 EMC 一同更新模組，並參與研發工作。另一方面，於 2016 年派往 EMC 系集預報小組的同仁也取得系集組的 SVN 帳號，未來希望能繼續此方式，取得物理組和動力核心組的相應帳號。

五、參考文獻

- Alpaydin, E., 2010: *Introduction to Machine learning*. The MIT Press, 537pp.
- Berner, J., G. J. Shutts, M. Leutbecher, and T. N. Palmer, 2009: A spectral stochastic kinetic energy backscatter scheme and its impact on flow-dependent predictability in the ECMWF ensemble prediction system. *J. Atmos. Sci.*, **66**, 603-626.
- Bishop, C. H., B. J. Etherton, S. J. Majumdar, 2001: Adaptive sampling with the ensemble transform Kalman filter. Part I: Theoretical Aspects. *Mon. Wea. Rev.*, **129**, 420-436.
- Bishop, C. M., 1995: *Neural network for pattern recognition*. Oxford Press, 482pp.
- Boyd, J. P., 1976: The noninteraction of waves with the zonally averaged flow on a spherical Earth and the interrelationships of eddy fluxes of energy, heat and momentum. *J. Atmos. Sci.*, **33**, 2285-2291.
- Branstator, G., 1985a: Analysis of general circulation model sea-surface temperature anomaly simulations using a linear model. Part I: Forced solutions. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 2225-2241.
- , 1985b: Analysis of general circulation model sea-surface temperature anomaly simulations using a linear model. Part II: Eigenanalysis. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 2242-2254.
- Buehner, M, P. L. Houtekamer, C. Charette, H. L. Mitchell, B. He, 2010: Intercomparison of variational data assimilation and the ensemble Kalman filter for global deterministic NWP. Part I: Description and single-observation experiments. *Mon. Wea. Rev.*, **138**,1550-1566.
- Buizza R., J. Tribbia, F. Molteni and T. Palmer, 1993: Computational of optimal unstable structures for a numerical weather prediction model. *Tellus*, **45A**, 388-407.
- M. Miller, and T. N. Palmer, 1999: Stochastic representation of model uncertainties in the ECMWF ensemble prediction system. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **125**, 2887-2908.

- , P. L. Houtekamer, Z. Toth, G. Pellerin, M. Wei, and Y. Zhu, 2005: A comparison of the ECMWF, MSC, and NCEP global ensemble prediction system. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 1076-1097.
- Clarke, A. J., 2008: *An introduction to dynamics of El Nino and the southern oscillation*. Academic Press, 324pp.
- ECMWF, 2012: *IFS DOCUMENTATION - Cy37r2 Operational implementation 18 May 2011 Part 5: Ensemble prediction system*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Shinfield Park, 25pp.
- ECMWF, 2016: *Model Uncertainty Workshop*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Shinfield Park, 51pp.
- Hastie, T., R. Tibshirani, and J. Friedman, 2008: *Elements of statistical learning: Data mining, inference and prediction*. Springer-Verlag Press, 464pp.
- Hamill, T. M., J. S. Whitaker, M. Fiorino, and S. G. Benjamin, 2011a: Global Ensemble Predictions of 2009's Tropical Cyclones Initialized with an Ensemble Kalman Filter. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 668-688.
- , J. S. Whitaker, D. T. Kleist, M. Fiorino, and S. G. Benjamin, 2011b: Predictions of 2010's tropical cyclones using the GFS and ensemble-based data assimilation methods. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 3243-3247.
- Hoskins, B. J., M. E. McIntyre, and A. W. Robertson, 1985: On the use and significance of isentropic potential vorticity map. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **111**, 877-946.
- Houtekamer, P. L., and H. L. Mitchell, 1998: Data assimilation using an ensemble Kalman filter technique. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 796-811.
- Hsieh, W. W., 2009: *Machine learning method in the environmental sciences - Neural network and kernels*. Cambridge University Press, 349pp.
- Leith, C. E., 1974: Theoretical skill of Monte-Carlo forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, **102**,

409-418.

Leutbecher, M. and T. N. Palmer, 2008: Ensemble forecasting. *J. Comp.Phys.*, **227** 3515-3539.

Molteni, F., and T. N. Palmer, 1993: Predictability and finite-time instability of the northern winter circulation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **119**, 269-298.

-----, R. Buizza, T. N. Palmer and T. Petroliagis, 1996: The ECMWF ensemble prediction system: methodology and validation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **122**, 73-119.

NOAA/CPC, 2016: *ENSO: recent evolution, current status and prediction*. NOAA, 32pp.

Palmer, T. N., R. T. N., G. J. Shutts, R. Hagedorn, F. Doblas-Reyes, T. Jung, and M. Leutbecher, 2005: Representing model uncertainty in weather and climate prediction. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **33**, 163-193

-----, F.-J. Doblas-Reyes, A. Weisheimer, G. J. Shutts, J. Berner, and J. M. Murphy, 2009: Towards the probabilistic Earth-System Model, *arxiv.org*: 0812.1074.

Parrish, David F., John C. Derber, 1992: The National Meteorological Center's Spectral Statistical- Interpolation Analysis System. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1747-1763.

Rhines, P. B. and W. R. Holland, 1979: A theoretical discussion of eddy-driven mean flow. *Dyn. Atmos. Oceans*, **3**, 289-325.

Ropelewski, C. and P. Arkin, 2016: Advances in climate analysis and monitoring: reflections on 40 years of climate diagnostics and predictions workshops. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* doi: 10.1175/BAMS-D-16-0012.1, in press.

Sarachik, E. D. and M. A. Cane, 2010: *The El Nino-southern oscillation phenomenon*. Cambridge University Press, 384pp.

Shutts, G. J., 2005: A kinetic energy backscatter algorithm for use in ensemble prediction systems. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 3079-3102.

-----, 2006: Upscale effects in simulations of tropical convection on an equatorial

beta-plane. *Dynamic of Atmospheres and Oceans*, **42**, 30-58.

-----, and T. N. Palmer, 2007: Convective forcing fluctuations in a cloud-resolving model: Relevance to the stochastic parameterization problem. *J. Clim.*, **20**, 187-202.

Simmons, A. and B. Hoskins, 1978: The life-cycles of some nonlinear baroclinic waves. *J. Atmos. Sci.*, **35**, 414-432.

Tolth, Z. and E. Kalnay, 1993: Ensemble forecasting at NMC: the generation of perturbations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **74**, 2317-2330.

-----, E. Kalnay, S. M. Tracton, R. Wobus, J. Irwin, 1997: A synoptic evaluation of the NCEP ensemble. *Weather and Forecasting*, **12**, 140-153.

Tomkins, A. M. and J. Berner, 2008: A stochastic convective approach to account for model uncertainty due to un resolved humidity variability. *J. Geo. Res.*, **113**, 148-227.

Whitaker, J. S. and T. M. Hamill, 2012: Evaluating methods to account for system errors in ensemble data assimilation. *Mon. Wea. Rev.*, **140**, 3078-3089.

六、附錄

(一) CDPW 研討會議程如下：

Program for the 41st Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop Orono, Maine, October 3-6, 2016

Monday, October 3, 2016

07:00 - 09:00 Registration

08:45 - 09:00 Welcoming Remarks - CPC and University of Maine

09:00 - 09:20 Keynote: Contemporary Challenges in Short-Term Climate Forecasting David DeWitt, Climate Prediction Center

Session 1: The 2015-16 El Nino Chair: Mike Halpert

09:20 - 09:40 Evolution of the 2015-16 El Nino (INVITED) Mike McPhaden, NOAA/PMEL

09:40 - 10:00 The 2015-16 El Nino and What's Next Michelle L'Heureux and the CPC/IRI ENSO Forecast Team, CPC/NCEP/NWS/NOAA

10:00 - 10:20 Monitoring and Diagnosis of the 2015/2016 Super El Nino Event Bing Zhou, Xie Shao, Beijing Climate Centre, CMA

10:20 - 10:40 Anatomy of the 2015-2016 El Nino Episode Agniv Sengupta (a), Sumant Nigam (a), Stephen Baxter (b), Alfredo Ruiz-Barradas (a), (a) Department of Atmospheric and Oceanic Science, University of Maryland, College Park, (b) NOAA/Climate Prediction Center, College Park, Maryland

10:40 - 11:10 Break

Session 2: The 2015-16 El Nino (continued) Chair: Zeng-Zhen Hu

11:10 - 11:30 The 2015-16 El Nino Event from Onset to Impact A.M. Chiodi and D.E. Harrison, UW JISAO/NOAA PMEL

11:30 - 11:50 Did the big El Nino of 2015-16 leave the expected footprint in the US? Klaus Wolter, Andrew Hoell, and Marty Hoerling, University of Colorado-Boulder & NOAA-ESRL-PSD

11:50 - 12:10 Evolution of Winter 2015/16 Atmospheric and Terrestrial Anomalies over North America: El Nino Response and Role of noise Mingyue Chen, and Arun Kumar, CPC/NCEP/NWS/NOAA

12:10 - 12:30 Why the 2015/16 El Nino failed to bring excessive precipitation to California? Bor-Ting Jong, Mingfang Ting, and Richard Seager, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University

12:30 -14:00 Lunch

Session 3: Climate Modeling, MME, Prediction & Predictability I Chair: Dan Collins

14:00 - 14:20 NMME Real-Time vs. Historical Predictability (INVITED) Ben Kirtman, University of Miami -RSMAS/CIMAS

14:20 - 14:40 Do Statistical Pattern Corrections Improve Seasonal Climate Predictions in NMME Models? Tony Barnston and Michael Tippett, Int'l Research Inst for Climate & Society (IRI), Columbia Univ

14:40 - 15:00 Long-Range Prediction using the North American Multi-Model Ensemble (NMME) and Climatological Observations for Maritime Prediction and Analysis Support Service (COMPASS) Alison O'Connor(a), Zac Bathen (a), Ben Kirtman(b), Ray Bell(b), and Joe Gorman(a), Charles River Analytics(a), University of Miami(b)

15:00 - 15:20 Nonstationarity in the magnitude and seasonality of extreme precipitation over U.S. Climate Regions Shaleen Jain (1) and Nirajan Dhakal (2), (1) Department of Civil and Environmental Engineering, University of Maine; (2) Environmental and Health Sciences Program, Spelman College

15:20 - 15:50 Break

Session 4: Climate Prediction & Predictability I (continued) Chair: Jon Gottschalck

15:50 - 16:10 Predictability of Week 3-4 Average Temperature and Precipitation over the Contiguous United States Timothy DelSole and Laurie Trenary, George Mason University

16:10 - 16:30 A New Method for Determining the Optimal Lagged Ensemble Laurie Trenary, Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies and George Mason University

16:30 - 16:50 Sub-seasonal Precipitation and Temperature Skill and Predictability using the Extended Range NCEP Global Ensemble Forecasting System Christopher Melhauser, Wei Li, and Yuejian Zhu, NOAA NCEP EMC/MSG

16:50 - 17:10 Estimation and correction of the GFS systematic errors Kriti Bhargava, Eugenia Kalnay, Jim Carton and Fanglin Yang, University of Maryland

17:30 - 20:00 Ice Breaker

Tuesday, October 4, 2016

07:30 -09:00 Registration

Session 5: ENSO Chair: Michelle L'Heureux

08:30 - 08:50 The NOAA El Nino Rapid Response Field Campaign Robert Webb (and many others), NOAA OAR Physical Sciences Division

08:50 - 09:10 A re-examination of the relationship between ENSO and the "short rains" of East Africa Sharon E. Nicholson, Florida State University

09:10 - 09:30 Remarkable increase in global sea surface temperature in 2014 and 2015: how was it related to El Nino and decadal variability? Yusuke Urabe, Tamaki Yasuda, Hitomi Saitou, Kazuto Takemura Yoshinori Oikawa and Shuhei Maeda, Climate Prediction Division, Japan Meteorological Agency / Meteorological Research Institute

09:30 - 09:50 Atmospheric Secular Mode and Its Possible Impact to Recent El Nino Teleconnection Peitao Peng and Arun Kumar, CPC/NCEP/NWS/NOAA

09:50 - 10:10 North American wintertime temperature anomalies: the role of El Nino diversity and differential teleconnections Mussie T. Beyene & Shaleen Jain, University of Maine

10:10 - 10:40 Break

Session 6: ENSO (continued) Chair: Arun Kumar

10:40 - 11:00 Interaction between the Indian Ocean Dipole and ENSO Associated with Ocean Subsurface Variability Hui Wang, Arun Kumar, and Raghu Murtugudde, CPC/NCEP/NWS/NOAA and the University of MD

11:00 - 11:20 Distinct patterns of Tropical Pacific SST Anomaly and Their Impacts on North American Climate Yuanyuan Guo and Mingfang Ting, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University

11:20 - 11:40 Does Vertical Temperature Gradient of the Atmosphere Matter for El Nino Development? Zeng-Zhen Hu, Bohua Huang, Yu-heng Tseng, Wanqiu Wang, Arun Kumar, Jieshun Zhu, and Bhaskar Jha, CPC/NCEP/NWS/NOAA

11:40 - 12:00 What is the variability in US west coast winter precipitation during strong El Nino events? Arun Kumar, CPC/NCEP/NWS/NOAA

12:00 - 13:40 Lunch

Session 7: Climate Modeling, MME, Prediction & Predictability II Chair: Ben Kirtman

13:40 - 14:00 Multi-Model Seasonal Forecasting at Environment and Climate Change Canada (INVITED) Bill Merryfield and Marko Markovic, Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Environment and Climate Change Canada

14:00 - 14:20 Subseasonal-to-Seasonal Science and Prediction Initiatives of the NOAA MAPP Program Heather Archambault, Dan Barrie, and Annarita Mariotti, NOAA Climate Program Office

14:20 - 14:40 Improved climate prediction services for Australia Robyn Duell, David Jones, Oscar Alves, Andrew Watkins, Australian Bureau of Meteorology

14:40 - 15:00 Status of Week 3-4 activities at the Climate Prediction Center Jon Gottschalck, NOAA / Climate Prediction Center

15:00 - 15:30 Break

Session 8: Climate Modeling, Prediction & Predictability II (continued) Chair: Kirk Maasch

15:30 - 15:50 Assessment of Ensemble Regression to Combine and Weight Seasonal Forecasts from Multiple Models of the NMME Dan Collins, NOAA/NCEP Climate Prediction Center

15:50 - 16:10 Calibration and Combination of CHFP precipitation forecasts over South America using Ensemble Regression Marisol Osman and Carolina Vera, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera (CIMA-CONICET/UBA)

- 16:10 - 16:30 Validation and calibration of multi-scale catchment rainfall forecasts for use by reservoir managers in East Africa Emily E Riddle, NCAR
- 16:30 - 16:50 Moist thermodynamical changes (heat stress) in the 21st Century using Weather Research and Forecast model Jonathan R Buzan, Purdue University
- 17:00 - 20:00 Poster Session

Wednesday October 5, 2016

08:00 - 09:00 Registration

Session 9: Prediction, Attribution & Analysis of High Impact Extreme Climate Events Chair: Bradfield Lyon

- 08:30 - 08:50 Enhancing Resilience to Heat Extremes: Forecasting Excessive Heat Events at Subseasonal Lead Times (Week-2 to Week-4) Augustin Vintzileos, University of Maryland -ESSIC/CISC-MD
- 08:50 - 09:10 Assessing Temperature Record Trends in Maine and New Hampshire Chris Kimble, NOAA/NWS Gray, Maine
- 09:10 - 09:30 A New Dataset to Analyze Extreme Events in New England, Muge Komurcu, Massachusetts Institute of Technology
- 09:30 - 09:50 February 2015: A Month to Remember in New England for Record Cold Corey Bogel, NOAA/NWS/Caribou Forecast Office
- 09:50 - 10:10 Prediction and Predictability of Atmospheric Rivers Duane Waliser, JPL/Caltech
- 10:10 - 10:40 Break

Session 10: Extreme Climate Events (continued) Chair: Muthuvel Chelliah

- 10:40 - 11:00 Relative Impacts of Mitigation, Temperature, and Precipitation on 21st-Century Megadrought Risk in the American Southwest (INVITED) Toby Ault, Cornell University
- 11:00 - 11:20 Causes of Extreme Ridges that Induce California Droughts Haiyan Teng, NCAR and Grant Branstator
- 11:20 - 11:40 Monitoring and Prediction System for Flash Droughts over the United States Kingtse C. Mo, Climate Prediction Center and Dennis P. Lettenmaier
- 11:40 - 12:00 Storm Tracks and their Influence on High Impact Weather in the Southern Hemisphere Winter Katherine E. Lukens and E. Hugo Berbery, University of Maryland, CICS-MD
- 12:00 - 12:20 A Global Perspective on the Seasonal Prediction of Drought and Pluvials by the NMME During 2015-16 Bradfield Lyon, University of Maine
- 12:20 - 13:50 Lunch

Session 11: Extreme Climate Events (continued) Chair: Shaleen Jain

- 13:50 - 14:10 Understanding the Role of Land-Atmospheric Interaction in the NCEP Coupled Forecast System (CFS) on Drought Forecast for the 2011 and 2012 US Droughts Rongqian Yang and Mike Ek, EMC/NCEP/NWS and IMSG
- 14:10 - 14:30 Attribution and Prediction of China Droughts across Scales Xing Yuan, RCE-TEA, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China
- 14:30 - 14:50 Three-Dimensional Structure of Synoptic Waves over West Africa based on Empirical Orthogonal Functions Yuan-Ming Cheng, Chris D. Thorncroft and George N. Kiladis, University at Albany, State University of New York, Albany, NY
- 14:50-15:10 Is the Active Atlantic Hurricane Era over? Muthuvel Chelliah, CPC/NCEP/NWS
- 15:10 - 15:40 Break

Session 12: Climate Services Chair: Marina Timofeyeva

- 15:40 - 16:00 Consultation with industry to improve Australia's climate prediction services Robyn Duell, Alison Cook, Jeff Sabburg, Helen Bloustein, Andrew Watkins, David Jones, Australian Bureau of Meteorology
- 16:00 - 16:20 The Influence of Teleconnection Patterns on MCS Initiation Locations within the United States Corn Belt Elisabeth Callen, Iowa State University
- 16:20 - 16:40 Application of seasonal rainfall forecasts to inform the implementation of drought contingency triggers in selected water supply reservoirs in Texas, John Zhu, Texas Water Development Board
- 16:40 - 17:00 Delivering NOAA's Climate Information at Regional Scales, Examples on ENSO and Drought Ellen Mecray, NOAA Regional Climate Services Director, Eastern Region
- 17:30 - 20:30 Banquet

Thursday October 6, 2016

08:00 - 09:00 Registration

Session 13: Arctic Climate & Linkages to Lower Latitudes Chair: Sean Birkel

- 08:30 - 08:50 Influence of the recent high-latitude atmospheric circulation change on summertime Arctic sea ice (INVITED) Qinghua Ding, Axel Schweiger, Michelle L'Heureux, David Battisti, Nathaniel Johnson, Eduardo Blanchard Wigglesworth, Qin Zhang, Kirstin Harnos, Ryan Eastman, Eric Steig,

University of California, Santa Barbara

- 08:50 - 09:10 Arctic Change Influence on Mid-latitude Weather (INVITED) Judah Cohen, AER/MIT
- 09:10 - 09:30 Inhibition of Arctic summer sea-ice melting and East Asian spring rainfall increase by western-central Pacific heating Song Yang, Sun Yat-sen University, China Chudi Hu, Zhenning Li, Qigang Wu, Bian He, Junwen Chen, Kaiqiang Deng, Tuantuan Zhang and Chengyang Zhang
- 09:30 - 09:50 Verification of experimental sea ice forecasts at the NCEP Climate Prediction Center Thomas Collow, INNOVIM, LLC, Wanqiu Wang and Arun Kumar, NOAA CPC
- 09:50 - 10:10 Climate Scale Outlooks of Spring River Ice Break-up in Alaska Richard I. Thoman Jr, NOAA/NWS/Alaska Region
- 10:10 - 10:40 Break

Session 14: Arctic Climate & Linkages to Lower Latitudes (continued) Chair: Richard Thoman

- 10:40 - 11:00 Recommendations on Categorizing Arctic Air Mass Intensity/Coverage and Improving the Monitoring of Arctic Source Regions Across The Northern Hemisphere Victor Nouhan, National Weather Service Forecast Office, Caribou, Maine
- 11:00 - 11:20 Seasonal Prediction Skill of Northern Extratropical Surface Temperature Driven by the Stratosphere Liwei Jia, Xiaosong Yang, Gabriel Vecchi, Richard Gudgel, Thomas Delworth, Stephan Fueglistaler, Pu Lin, Adam A. Scaife , Seth Underwood and Shian-Jiann Lin, Princeton University/GFDL
- 11:20 - 11:40 Advancing NOAA NWS Arctic Program Development Marina Timofeyeva, Fiona Horsfall, Jenna Meyers, Michael Churma, and Richard Thoman, NOAA NWS
- 11:40 - 12:00 Climate Drivers of Tundra Vegetation Greening/Browning in the Arctic Uma Bhatt, University of Alaska Fairbanks
- 12:00 - 13:30 Lunch

Session 15: General Session: Climate Diagnostics, Prediction & Analyses Chair: Stephen Baxter

- 13:30 - 13:50 Cluster analysis of tropical modes Carl Schreck, Cooperative Institute for Climate and Satellites -North Carolina (CICS-NC)
- 13:50 - 14:10 Systematic errors in surface marine air temperature observations and their impact on the MERRA2 atmospheric reanalysis increments James A Carton and Kriti Bhargava, University of Maryland

- 14:10 - 14:30 Prototype new NOAA reanalyses for climate applications -20CR version 3 and a replacement for NCEP/NCAR reanalysis version 1 (R1x) Jeff Whitaker, NOAA Earth System Research Lab
- 14:30 - 14:50 Rediscovering the MJO Extratropical Response: Streamfunction as a Preferred Variable for Subseasonal Teleconnection Analysis Stephen Baxter, NOAA/NWS/NCEP/CPC
- 14:50 Workshop Adjourn

(二) 訪問 EMC 的議程¹

Visiting agenda for CWB visitors

11-12 October 2016

Oct. 11:

9:00 - 9:30am Meet in lobby for security check in

9:30 - 10:00am Meet EMC Directors, Dr. Mike Farrar (on travel), Dr. Mike Ek

10:00 - 10:30am Meet Vijay Tallapragada

10:30 - 11:00am **General discussion - room 2155 (Dr. Tseng will have 10-15 minutes introduction for CWB's expectation of future collaboration)**

11:00 - 12:00am **round table discussion with model development group - room 2155 (Lead: Vijay)**

12:00 - 1:30pm Lunch break

1:30 - 3:00pm **round table discussion with MEG team - room 2155 (Lead: Geoff. M and Glenn)**

3:00 - 3:30pm afternoon break time

3:30 - 4:00pm **open for reservation** room 2155

4:00 - 4:30pm **open for reservation** room 2155

End of first day

Oct. 12

¹ 由 EMC 系集組組長朱躍建博士提供

9:00 - 9:30am Meet in lobby for security check in

9:30 - 10:00am **open for reservation** room 2155

10:00 - 11:00am **round table discussion with EnKF(DA) development group - room 2155**

(Lead: Daryl)

11:00 - 11:30am **Attend WPC/CPC daily briefing - 4th floor media room (POC: Yuejian)**

11:30 - 1:30pm Lunch out with Ensemble team (welcome to participate)

1:30 - 3:00pm **round table discussion with ensemble team - room 2554-2555 (Lead:**

Yuejian)

3:00 - 3:30pm Afternoon break

3:30 - 4:00pm Meet SK Yang (CPC) Room 2554-2555 or SK's office in 4th floor

4:00 - 4:30pm **open for reservation**..... Room 2554-2555

End of visiting