

出國報告 (出國類別：研究)

參加美國氣候預報中心季風訓練 (Monsoon desk)課程

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：羅資婷 技士

派赴國家：美 國

出國期間：101 年 8 月 21 日至 12 月 18 日

報告日期：102 年 3 月 6 日

摘要

美國氣候預報中心(Climate Prediction Center ; CPC)位於美國東岸馬里蘭州，該中心提供 2 週以上氣候預報，包括 8 至 14 天預報，月、季長期氣候展望，及各樣氣候相關監測(包含海洋、乾旱等)。CPC 於 2011 年開始開設季風訓練課程，提供世界各地氣候預報相關人員至該中心受訓並進行學術研究交流，每次訓練為期 4 個月，包含 30 多門季風相關課程，均由該中心人員講授。此行主要參加此訓練課程，並見習該中心短期氣候預報作業流程，在上課之餘，更與該中心 Dr. Jae schemm 合作，研習颱風 tracker 技術並研究季內尺度的颱風預報，獲益良多。

使用 2005 年 5 至 10 月颱風季 CFS hindcast 資料進行分析，可得 4-5 週後的颱風個數預報，於大西洋區域可得較為準確的結果，且無論是 1 個月的颱風總數，及季內尺度內每週的颱風個數總和，均與實際差異不大。西北太平洋的結果則與實際結果差異較大，但颱風季後期(9 至 10 月)的結果優於颱風季前期。從 hindcast 資料的分析，可以了解 CFS 模式對於颱風個數的掌握，未來在分析 CFS 模式預報資料內颱風個數的模擬結果時，可做適當的修正，有很大的幫助。

此次 4 個月的短期交流，不僅讓職在氣候預報各方面的知識與技術有很大的幫助，也讓職增廣見聞，與 CPC 的工作夥伴有更多的認識，是一趟收穫豐富的旅程。職也在這交流的過程中，感受到國際對於臺灣的友好，期許氣象局與 CPC 雙方都能因著這樣的交流中互相提升，且未來能持續此份友好關係，增進雙方的預報技術。

目次

一、	目的.....	4
二、	過程.....	5
三、	心得.....	6
四、	結論與建議.....	13
	附圖.....	17

一、目的

美國氣候預報中心(Climate Prediction Center; CPC)隸屬於美國海洋暨大氣總署(NOAA)，National Weather Service(NWS)下的國家環境預測中心(National Centers for Environmental Prediction; NCEP)，主要進行 2 週至年的氣候預報及監測。中央氣象局氣象預報中心長期預報課的工作項目亦為短期氣候監測，主要針對 2 週至月季長期時間尺度預報。CPC 於 2011 年開始，為了增進與國際間的交流與合作，開設季風訓練(Monsoon desk)課程讓世界各國氣候相關人員參加。由於業務內容相似，2012 年氣象局派職至 CPC 參加季風訓練課程，並參與各樣 CPC 預報會議，與預報人員交流及學習，與國際接軌並了解美國作業模式，以期對本局預報中心長期預報業務有所助益，並將所學經驗與同仁分享。

除了課程與會議之外，職更與 CPC 專精颱風季節預報的 Dr. Jae Schemm 博士學習，使用 CPC CFS(Climat Forecast System)模式資料，針對模式對於季內尺度颱風預報的能力進行研究。在此 4 個月的期間，學習美國偵測颱風的方法，並使用資料分析了大西洋及西北太平洋區域颱風的個數於模式中的表現以及其結果與實際的比較，此結果可提供給氣象局作為未來颱風預報的指引。此研究尚正在進行，未來可提供 CFS 模式對於季內尺度下颱風個數掌握的能力，對於未來颱風週尺度及月尺度個數預報有極大的貢獻。在如此的研究交流下，氣象局與美國氣候預報中心的合作關係將更緊密，此合作關係可提升臺灣在國際的能見度，增加國際資源，改善預報技術。

二、過程

職此次赴美行程及工作內容說明如下表：

日期	地點與相關工作內容
101/8/21-8/22	臺北→舊金山→馬里蘭州
101/8/23-8/24	由於CPC剛從camp springs市搬遷至college park市新館，在楊錫鏗(Sky)博士幫忙下，至新館熟悉工作環境
101/8/26	至CPC報到，由楊錫鏗博士介紹CPC組織及認識CPC工作夥伴，並與Dr. Jae Schemm見面，討論未來工作方向
101/8/27-12/14	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參與Monsoon desk課程，此課程約莫1週3-4堂，由楊崧老師規劃課程內容及安排課程時間。 2. 參與各預報討論會，包含每週1次季內震盪(MJO)討論會及Tropical hazard會議，每月1次的Monthly climate review, 海洋、乾旱監測等。 3. 至科羅拉多州參加CPC年度會議(10/22-10/25)及孟繁村博士帶領至NOAA下的ERSL單位參觀訪問。 4. 與Dr. Jae Schemm博士合作利用CFS模式hindcast資料研究颱風於模式季內尺度下的表現結果。 <ol style="list-style-type: none"> (1)學習CPC模式內偵測颱風的方法，使用Camargo and Zebiak(2002)提供的方法。 (2)處理模式資料、建置系統環境、修改程式。 (3)測試及比較單個初始條件於模式中的表現結果。 (4)以2005年為主要分析年份，分析5月至10月每天4個run，每個run包含45天的結果。 (5)將結果以週為單位做計算，分別可得到模式於第2週至第5週於每個月份的表現結果，比較大西洋及西北太平洋的颱風於模式中的表現。
101/12/17-12/18	馬里蘭州→舊金山→返回臺北

三、心得

初次到美國氣候預報中心(CPC)訪問，適逢 CPC 搬遷新館，剛到的時候人人都在適應新的環境，也感受到了大家對於新環境的興奮及期待。CPC 總共的工作人員約 90 人，其中 50 人為公務員(government)，40 人為計畫相關人員(contractor)。共劃分為兩個部門，一個為 development 部門，負責研究發展；另一個是 operational 部門，負責各預報作業的執行及改進。對於每一種預報產品及監測發布報告，均由一個專門 group 內人員每週或每月輪流製作，每一個 group 的人員部份為 development 部門，也有部分為 operational 部門，每個人不一定只參與一個 group。由於 CPC 工作人員較多，所以參與例行性工作的週期較長，可以有較多時間加強要改進或拓展的部分。在預報產品發佈以前，會開會討論，與會人員除了 CPC 內部工作人員外，其他研究單位與大學機構人員，亦可利用電話轉線直接參與討論，最後再發佈預報結果。

在這次的出國訪問過程中，可將學習心得分為四大部分，包含季風訓練課程、CPC 預報討論、CPC 年度會議及科羅拉多州訪問、季內尺度颱風個數預報研究，以下將針對各部分逐一心得分享。

(一)季風訓練課程

季風訓練課程每年有數次，參與一次完整課程的時間為 4 個月。職參與 2012 年 8 月開始的季風訓練課程，參與人員多來自非洲及亞洲，包含了非洲甘比亞、埃及、布吉那法索和中國北京、江蘇以及柬埔寨，可與世界各地而來的預報人員交流，並可針對各地季風環流及所遇到的預報問題進行討論。授課人員皆於 CPC 工作，針對其專精的部分安排課程內容。課程內容以英文講述，所以在上課的同時，也可以訓練英文聽力及口說。

課程內容涵蓋數類，第 1 類包含了 CPC 隸屬單位的組織介紹，CPC 使用的資料(包含降水資料、模式資料等)；第 2 類為預報相關主題，包含介紹預報作業

流程，從模式資料來源以及分析判讀，到最後做出預報結果，當中也讓大家了解過去校驗結果；第 3 類為海氣監測相關主題，包含了海洋、季內震盪、聖嬰現象、遙相關(北極震盪 AO 及太平洋年代際震盪 PDO 等)、平流層臭氧及乾旱等；最後一類課程內容最為豐富，包含各地的季風如亞洲季風、非洲季風及南美洲季風等，其中亞洲季風的部分囊括近期的研究進展，季風和聖嬰、青康藏高原的相關，以及比較 CFS 模式模擬季風的結果等。

在這些課程中，最讓職印象深刻的，是在季內震盪的課程中，講員除了介紹季內震盪的理論外，也針對 2008-2010 年各國模式模擬季內震盪的結果做校驗分析，除了 ECMWF 及 NCEP、UK 等模式外，中央氣象局的模式結果也在其中。雖然校驗的結果比起歐洲及美國等國家表現略遜一籌，但仍在 10 天內具參考價值。另外在資料介紹的部分也讓職對資料有進一步的認識，職學習到了要使用各種資料前，必須先了解此資料的優劣，使用上才不會有看到錯誤訊號的情形發生。舉例來說，在使用 CFSR 重分析資料時，要特別注意，在 1998 年過後，赤道東太平洋有 warm bias，1998 年前赤道東太平洋則有 cold bias，這是模式本身資料的問題。但若是沒有詳細了解資料，則會將此現象當作是大氣環境的改變。所以在使用 CFSR 資料時需要特別小心，CFSR 此資料較適合使用在研究較短時間尺度的大氣現象，在年代際或氣候變遷的尺度則不適合。

(二)CPC 預報討論

CPC 發布 2 週以上至月季尺度的預報，包含每天發布 6-10 天預報，每月發布月預報、季預報、乾旱監測及季內震盪預測等。針對海洋及乾旱部分，每月亦有討論會。每個會議均開放電話線上討論，有興趣的學者或相關研究人員可以打電話至專線，即可遠端參加會議，即使是不方便前來的人員，都可以參與討論。

在預報部分，CPC 很重視過去模式校驗結果，目前也積極研發校驗系統，可以針對每次的預報做校驗並討論。校驗結果可以提供與會者參考，並對預報結果做修正。目前美國在月季預報參考的模式，包含了統計模式 CCA、OCN 等，

並將各個統計模式做 consolidation，得到統計模式的綜合結果。在動力模式方面，參考 IRI、National Multi-Model Ensemble(NMME，包含 NOAA/NCEP, NOAA/GFDL, IRI, NCAR, NASA, and Canada's CMC 系集模式)以及 CFSv2 等模式。最後藉由統計及動力模式綜合結果得到預報結果。CPC 希望未來透過更多合作的方式，讓 National Multi-Model Ensemble 的成員更多，目前朝向 International Multi-Model Ensemble(IMME)的方向前進，希望透過國際合作的方式，讓各國家模式的結果透過如此的方式互相比較校驗，可以對彼此的模式更了解，透過互相討論了解改進的方向，此可加速各國模式的發展。

在 6-10 天預報方面，動力模式參考全球預報系集模式(Global Forecast System Ensemble)、歐洲 ECMWF 系集模式，以及加拿大系集模式(Canadian ensembles)。統計模式則參考 North American Ensemble Forecast System(NAEFS)與類比法(Analog)。除了模式資料，也會參考遙相關的結果，以美國來說，當北太平洋上有阻塞發生，下游的環流配置多半伴隨發生，所以當發現某系統出現一陣子，即可針對此系統與各環流發展的情況做遙相關分析，對於 6-10 天的預報有很大的幫助。

目前氣象局長期預報課在做月季預報時也與 CPC 相同，同時參考統計及動力模式，參考的模式資料來源也都大同小異。在月季尺度下，因為目前參考的動力模式多半來自於外國模式產出圖形，而不是原始模式預報資料，所以沒有辦法實際計算過去校驗的結果，在校驗部份較為薄弱。尤其目前預報仍較依賴動力模式，若動力模式表現不佳，預報結果也會不理想。所以校驗是很重要的參考，應需要針對此部分做更多的規劃。科技中心每月提供長期預報課本局模式的預報及校驗結果，也透過統計與動力降尺度，針對臺灣地區提供適當的預報建議，但模式仍在發展與改進中，需要更多的資源及人力，才能改進預報技術。未來若臺灣的模式成熟，也可申請加入 IMME，透過國際合作，增進模式改進的速度。

(三)CPC 年度會議及科羅拉多州訪問

CPC 每年均會舉辦 1 次年度會議，地點每年不同，1 年在東岸，1 年在西岸。2012 年 CPC 年度會議在科羅拉多州舉辦，2013 年則會在新館馬里蘭州。此年度會議與會人員包含 CPC 內部工作人員、研究單位人員、學校老師等一百多人。

會議內容主要涵蓋 2012 年的回顧，包含聖嬰、全球氣候、乾旱高溫、颱風、龍捲風等現象，逐一回顧探討。

在西北太平洋相關部分，探討 CFS 模式對於亞洲季風模擬的狀況，重點整理如下。在冬季季節預報部分，CFS 對於亞洲大陸北方區域模擬偏差較大，且冬季時對於 ENSO 反應出的訊號較能掌握，對於北極震盪的訊號的影響則無法模擬。另外在季風強度上，CFSv2 對於冬季季風的強度模擬偏弱，包含偏弱的東亞高空噴流及較淺的季風槽。在對流場的部分，赤道上的對流包括海洋大陸區域模擬與實際狀況較 CFSv1 相近，此改進了冬季季風的預報。在夏季季風的季節預報部分，CFSv2 仍舊有模擬太平洋副高偏弱的情形，但 CFSv1 在大陸偏冷的 cold bias 在 CFSv2 模式中有很大的改進，且在夏季季風指數(例如 Webster-Yang index)的部分也可模擬得很好。

除了研討會的部分，也至 NOAA 下的 Earth System Research Laboratory(ESRL) 參觀，看到了許多實驗室包括測量全球 CO² 的實驗室，以及 NOAA 太空觀測中心等。且經由孟繁村博士的幫忙，讓職和楊錫鏗博士除了參觀，也能夠與孟繁村博士的主管 Dr. Bill Bendel 見上一面，相談甚歡。此次的科羅拉多行內容非常豐富，讓職增廣見聞，也看到了科羅拉多州落磯山脈特殊的景觀，讓職永生難忘。

(四)季內尺度颱風個數預報研究

職此次前去 CPC 訪問，除了季風課程訓練外，利用課餘時間，與專精於颱風季節預報的 Dr. Jae Schemm 博士學習，主要利用 CFS 模式 45 天 hindcast 的資料，分析颱風於季內尺度的表現。

爲了了解季內尺度下模式中颱風表現的狀況，使用 CFS 45 天 hindcast 資料，此資料每 6 個小時 1 筆，時間上解析度夠，空間解析度則爲 1°x1°，雖然比

起許多高解析度模式此資料空間解析度較低，但因為此資料 1 天有 4 個 member，每個 run 有 45 天，member 數足夠，可利用多個 member 做 ensemble 分析，得到的結果未必比高解析度模式差，未來可將結果與其他高解析度模式比較。此 hindcast 資料長度為 1999 年至 2010 年共 12 年，每年均從 5 月至 10 月，因為資料量龐大，職於美國只針對其中 1 年 2005 年的 5 月至 10 月得到分析結果，未來可持續分析其他年份。

目前 CPC 偵測颱風系採用 Camargo and Zebiak (2002)提出的方法，其判斷條件如下：

1. 850 百帕相對渦度達到渦度背景值。渦度背景值為每個區域(例如：大西洋或太平洋)渦度標準差的 2 倍。
2. 在 7 x7 網格點中最大表面風速達到風速背景值。風速背景值為全球表面風速的平均與該區域風速標準差的總和。
3. 在 7 x7 網格點中海平面氣壓最小的地方。
4. 在 300 百帕，500 百帕以及 700 百帕 7 x7 網格點的平均溫度距平達到溫度距平背景值。溫度距平背景值為溫度距平的標準差。
5. 在 300 百帕，500 百帕以及 700 百帕 7 x7 網格點的平均溫度距平要為正值。
6. 300 百帕 7 x7 網格點的平均溫度距平要大於 850 百帕 7 x7 網格點的平均溫度距平。
7. 850 百帕 7 x7 網格點的平均風速要大於 300 百帕 7 x7 網格點的平均風速。

若找到滿足上述條件的網格點，繼續尋找時間點往前及往後符合的網格點並連結。當網格點滿足上面 7 個條件，且兩者距離小於 5.6°的經緯度，則視為同一個颱風的中心。(因時間解析度為每 6 小時 1 筆，所以距離為 5.6°的經緯度，若時間解析度為每日 1 筆，則距離為 8.5°)。如果此氣旋維持了 1.5 天以上，則定義為模式的熱帶氣旋。(若時間解析度為每日 1 筆，則須維持 2 天以上)

觀測資料選取 Unisys，並和模式的結果比對。但由於使用模式資料偵測出颱風的結果和觀測資料本身就有差異，所以職也嘗試使用 CFSR 重分析資料，比對

此再分析資料偵測出的颱風和實際上的差異。首先我們先比較觀測 Unisys 和使用 CFSR 資料偵測颱風的結果，繪製出 2005 年大西洋整年的颱風(圖 1)。圖 1(a)為 Unisys2005 年整年的颱風路徑，圖 1(b)則為使用 CFSR 資料偵測颱風所得到的整年颱風路徑。可發現兩者颱風路徑相似，雖然不是每個颱風偵測的位置都相同，颱風時間起始點和結束點也不是完全雷同，但整體來說颱風的位置和維持的時間長度均與實際差異不遠。

由於 CFSR 與觀測的結果相似，接下來我們將 CFSR 的結果當做是觀測來比對。選擇 2005 年 CFSR8/1-9/15 日所產出的結果與 CFS hindcast 單一 run(以 2005 年 8 月 1 日 run 出的結果)來比較，以 45 天(8/1-9/15)的颱風為基準。圖 2(a)-(d)為 8/1 00、06、12、18 每一個 run 的結果，圖中每一種顏色代表不同的颱風路徑，計算每個 run 的颱風數為 10、8、7、8，平均為 8.25 個。圖 2(e)為 CFSR 的結果，於 8/1-9/15 共有 9 個颱風，與 8.25 個相近。且若將 8 月和 9 月的個數分別計算，8 月模式資料平均為 5.5 個，CFSR 為 6 個；9 月模式資料平均為 2.75 個，CFSR 為 3 個，兩者亦接近，說明在個數上模式可模擬出與實際相似的結果。但若是比較路徑，由圖 2(a)-2(d)可發現模式中的颱風生成位置，多位於赤道大西洋東岸，生成後往西移動，接近美國陸地時多往東北方向移動，颱風生命期較長。與 CFSR 圖 2(e)比較，可發現，實際上於 2005 年 8/1-9/15 的颱風，多生成於赤道大西洋中部或西部，且生成於赤道大西洋西側的颱風，大部分均直接往美國本土移動，且因生成區域偏西，颱風較快遇到陸地，生命期較短。所以比較路徑及颱風生命期，模式模擬的結果較實際位置偏東，生命期較實際長，兩者差異較大。在強度方面，若計算模式中颱風的強度，可發現強度均不強，以美國颱風分級為標準，多為 tropical storm 及 category 1 的標準。但實際上颱風強度較強，2005 年 8 月有名的 Katrina 颱風，為 category 5 的強度，但在模式中僅模擬出 category 1 的強度。

若以西北太平洋颱風來看，也有類似的情形(圖 3)。比較 2005 年 8/1-9/15 CFSR 資料中選出的颱風(圖 3(c))及 2005 年 CFS hindcast 8/1 00 06 兩個 run 的結果(圖 3(a)-(b))可發現，在路徑上模式模擬出來的颱風路徑較為分散，不像大西洋生成

位置有偏東的情形，強度上來說也有模式偏弱的情形。另外，在個數上 CFSR 模擬出的颱風有 8 個，CFS hindcast 資料模擬出來則分別有 7 個和 9 個。此說明無論在太平洋或大西洋，個數上的模擬均與實際相似，但在強度及路徑上模擬出的結果與實際差異較大。

由上述分析中，可了解到 CFS 模式對於颱風個數的掌握佳，其他的部分則較差，所以接下來將針對個數的部分做更深入的分析。爲了要了解，颱風個數在季內尺度下的表現，統計 2005 年每個月 1 日至 5 日 00、06、12、18 每天 4 個 member 共 20 個 member 的個數，分別比較月尺度及季內尺度的結果於觀測及 CFS hindcast 模式中的表現。以 8 月份爲例，我們選取 8/1-8/5 共 20 個 member，分別針對月尺度(8/11-9/7)以及季內尺度(第 2 週：8/11-8/17，第 3 週：8/18-8/24，第 4 週：8/25-8/31，第 5 週：9/1-9/7)做統計分析。將 5 月至 10 月月尺度下的結果繪製出來，如圖 4。

從大西洋上每月颱風的颱風個數預報來看(圖 4(a))，模式幾乎在每個月的預報個數(紅色線)和觀測(藍色線)都很相近，除了 5 月份兩者有較大的差異。此結果說明，至少在 1 週前，即可預報未來 1 個月的颱風個數。但在太平洋的結果(圖 4(b))，則差異較大。從圖 4(b)可發現，模式於每個月的差異，均較大西洋大，且以 5-7 月的結果差異較大，觀測與模式模擬的個數差異大於 2 個，8-10 月的結果差異較小，觀測與模式模擬的個數差異小於 2 個。從過去的許多研究分析中，可發現太平洋的颱風模擬結果一直以來都較大西洋差，在此研究中也得到同樣的結果。

針對季內每週尺度的預報結果，也分爲大西洋(圖 5)和太平洋(圖 6)來比較。在圖 5 中，比較第 2 週到第 5 週(圖 5(a)-5(d))的結果，可發現第 2 週至第 5 週的結果中以 8-10 月第 2 週的結果較差。其中，第 4 週及第 5 週的表現佳，和觀測的差異小，此結果表示在 4 週甚至 5 週前即可模擬出每週的颱風生成個數，也就是在每個月初即可模擬 1 個月後至 5 週後單週颱風生成個數。且在圖 5(a)-5(d)，可發現觀測值與預報值於每個月的變化趨勢相同，此說明觀測與預報於每個月的

表現均相似。一直以來，各國均對颱風季節預報有較多的研究，此研究為第 1 次針對 CFS 模式季內尺度的颱風作分析，此結果讓職及 Dr. Jae Schemm 都很振奮，若提早對於颱風個數有準確的預報，對於颱風預報有很大的幫助，也可於颱風季提供給其他單位參考，可做提早準備。

太平洋(圖 6)的結果與月尺度預報相同，較大西洋差。且在週尺度下，在某些月份的預報差異較大，甚至會與觀測值有 3 個左右的差異。若以每個月仔細比較可發現，以 9 月份及 10 月份每週的個數與觀測差異較小，尤其在第 3 週及第 4 週表現最佳。且若以趨勢來看，第 4 週(圖 6(c))及第 5 週(圖 6(d))的觀測值與預報值在每個月變化趨勢為反向，此表示兩者差異大。以太平洋來看，晚夏的表現較可參考，未來可以深入探討原因，包括季風槽及太平洋副熱帶高壓的模擬是否與實際有差異等。雖然太平洋的結果與實際差異較大，但若針對所有的模式結果分析，可得到實際與模式的差異，若每年的每個月差異有一致性，即可得到模式的 bias，可調整未來實際的預報，得到較接近觀測的結果。

四、結論與建議

職此次赴美參加季風訓練課程，雖然僅有短短 4 個月的時間，但獲益良多。將所見所聞統整如下：

(一)課程方面：

- 1.在季內震盪方面，中央氣象局的模式結果在 10 天內具參考價值。
- 2.在使用 CFSR 資料時，要特別注意，在 1998 年過後，赤道東太平洋有 warm bias，1998 年前赤道東太平洋則有 cold bias，CFSR 此資料較適合使用在研究較短時間尺度的大氣現象，在年代際或氣候變遷的尺度則不適合。

(二)預報方面：

- 1.每個會議均開放電話線上討論，有興趣的學者或相關研究人員可以打電話至專線，即可遠端參加會議。此方式可節省交通時間，並能廣泛與學術界交流。

2. 季節預報目前朝向 International Multi-Model Ensemble(IMME)的合作方式前進，希望透過國際合作的方式，讓各國家模式的結果透過如此的方式互相比較校驗，可以對彼此的模式更了解。
3. 在 6-10 天預報方面，除了參考全球系集模式，遙相關分析可幫助預報員更了解大氣環流，提供重要的預報資訊。
4. 重視校驗結果，累積經驗，將對預報決策有重要的幫助。

在預報方面，氣象局可學習美國預報中心的方式，在開會的時候使用電話或視訊，讓更多關心氣候預報的研究人員或老師參與，此可幫助氣象局與外界更多的討論及溝通。另外應該加強預報校驗，針對各樣預報產品做更深入的校驗分析，此可提供預報做重要的參考依據。

(三)年度預報會議方面：

1. 在冬季季節預報部分，CFS 對於亞洲大陸北方區域模擬偏差較大，且冬季時對於 ENSO 反應出的訊號較能掌握，北極震盪(AO)的訊號則無法反應在模式中。
2. CFSv2 對於冬季季風的強度模擬偏弱，包含偏弱的東亞高空噴流及較淺的季風槽。在對流場的部分，赤道上的對流包括海洋大陸區域模擬與實際狀況較 CFSv1 相近，此改進了冬季季風的預報。
3. 夏季季風的季節預報部分，CFSv2 仍舊有模擬太平洋副高偏弱的情形，但 CFSv1 在大陸偏冷的 cold bias 在 CFSv2 模式中有很大的改進。

(四)季內尺度颱風個數預報研究方面：

1. 無論在太平洋或大西洋，個數上的模擬均與實際相似，但在強度及路徑上模擬出的結果與實際差異較大。在模式中，颱風的強度偏弱，在大西洋上，颱風生成位置偏東，生命期較實際長。
2. 在月尺度預報，至少在 1 週前，即可預報未來 1 個月的颱風個數。但預報結果

以大西洋較太平洋佳。

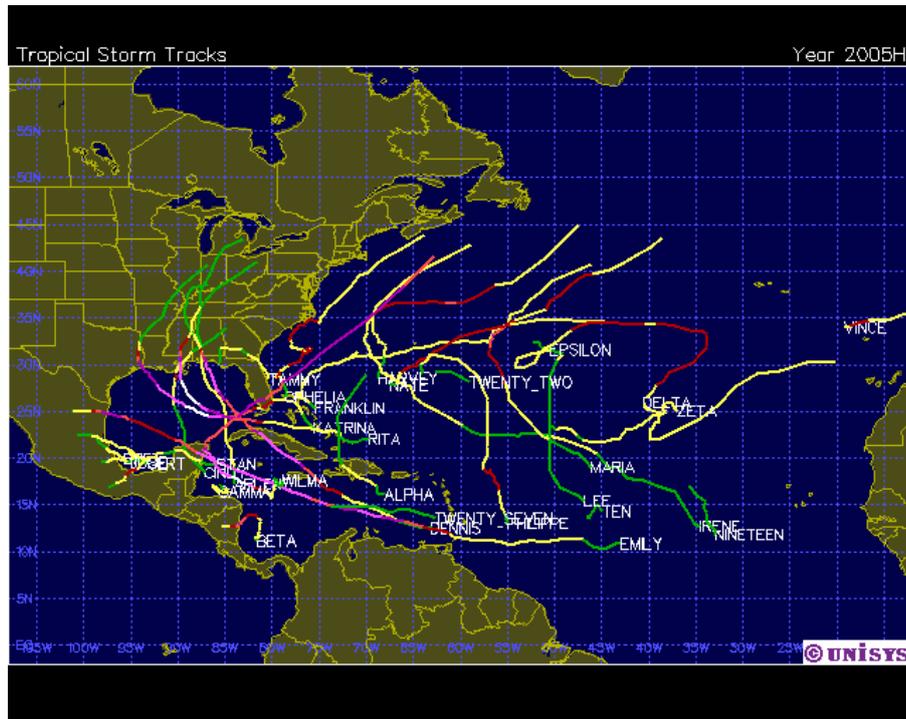
- 3.在大西洋的週尺度預報中，每個月初即可模擬 1 個月後至 5 週後單週颱風生成個數，若提早對於颱風個數有準確的預報，對於颱風預報有很大的幫助，也可於颱風季提供給其他單位參考，可做提早準備。
- 4.在太平洋的週尺度預報中，每個月仔細比較可發現，以 9 月份及 10 月份每週的個數與觀測差異較小，尤其在第 3 週及第 4 週表現最佳。未來可以深入探討原因，包括季風槽及太平洋副熱帶高壓的模擬是否與實際有差異等。雖然太平洋的結果與實際差異較大，但若針對所有的模式結果分析，可得到實際與模式的差異。若每年的每個月差異有一致性，即可得到模式的 bias，可調整未來實際的預報，得到較接近觀測的結果。

氣象局現在於每年 6 月均會發布颱風記者會，內容包含未來颱風季的西北太平洋颱風個數及侵臺颱風個數。若可在季內尺度颱風個數預報研究中針對太平洋部分有更多的了解，未來將有助於週尺度到月尺度的颱風個數預報。氣象局可提早了解颱風形成及影響的時間區段，有助於下游防救災單位提早準備。此季內尺度颱風研究尚在起步中，職於美國出差的期間只針對 2005 年做深入分析，建議未來將可針對所有 CFS hindcast 資料(1999-2010 年)做同樣的分析，可得到在此 hindcast 資料每週的氣候值，並可比較實際觀測值與模式預報的差異。當未來預報員使用 CFS 預報資料做季內尺度颱風預報時，此可幫助預報員在得到預報結果時修正模式的誤差。

職此次與 Dr. Jae Schemm 進行研究合作，受到 Dr. Jae Schemm 博士諸多幫忙，另外於美國氣候預報中心工作的楊錫鏗博士及洪夢白博士，也在各樣生活事務及工作上幫助職步上軌道，讓職在初到美國時無後顧之憂。除此之外，在美國工作的時候，也可感受到兩位博士及在美國氣候預報中心工作的臺灣人，對於臺灣氣象局與美國氣候預報中心的合作有很深的熱情，也願意對於兩邊的合作給予協助。回臺之前，在楊錫鏗博士幫忙下與美國氣候預報中心 Director Wayne

Higgins 見面，將雙方合作的成果與他分享，Wayne 也對兩邊合作表示高度的支持與鼓勵(圖 7)。未來氣象局應該要更珍惜這樣的機會，遴選適合的工作夥伴參與這樣的課程，此不僅可幫助參與課程的人員在知識上有更多的累積，也可藉此機會與美國預報中心有更多合作的機會。在此感謝在美國氣候預報中心幫助過我的每個人以及孟繁村博士，也謝謝氣象局的長官們願意給我學習的機會，讓我這一趟美國之旅充滿了美好的回憶。

(a)



(b)

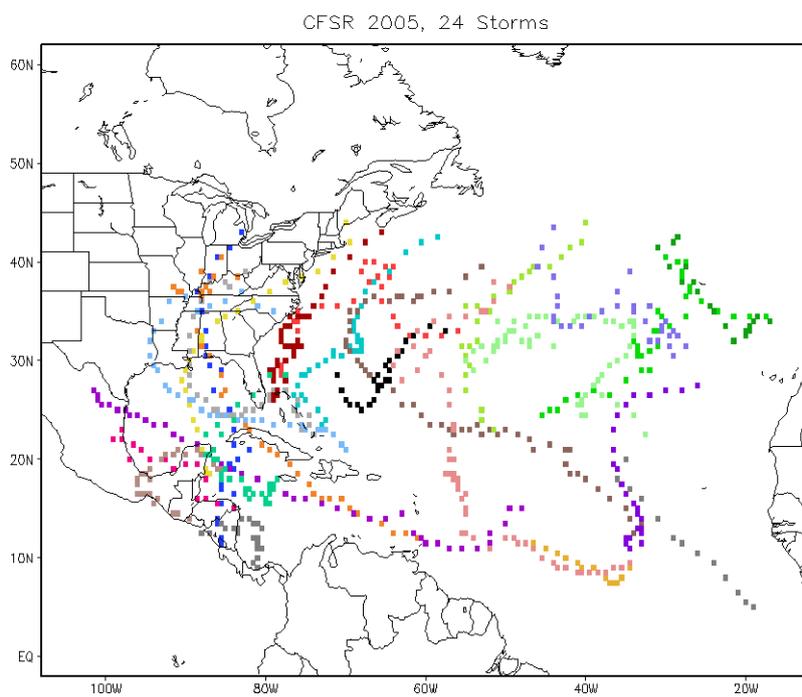


圖 1. (a)為大西洋 2005 年全年颱風路徑(資料來源：Unisys)；(b)為使用 Camargo and Zebiak (2002)的方法於 2005 年全年 CFSR 資料中偵測出來的颱風。

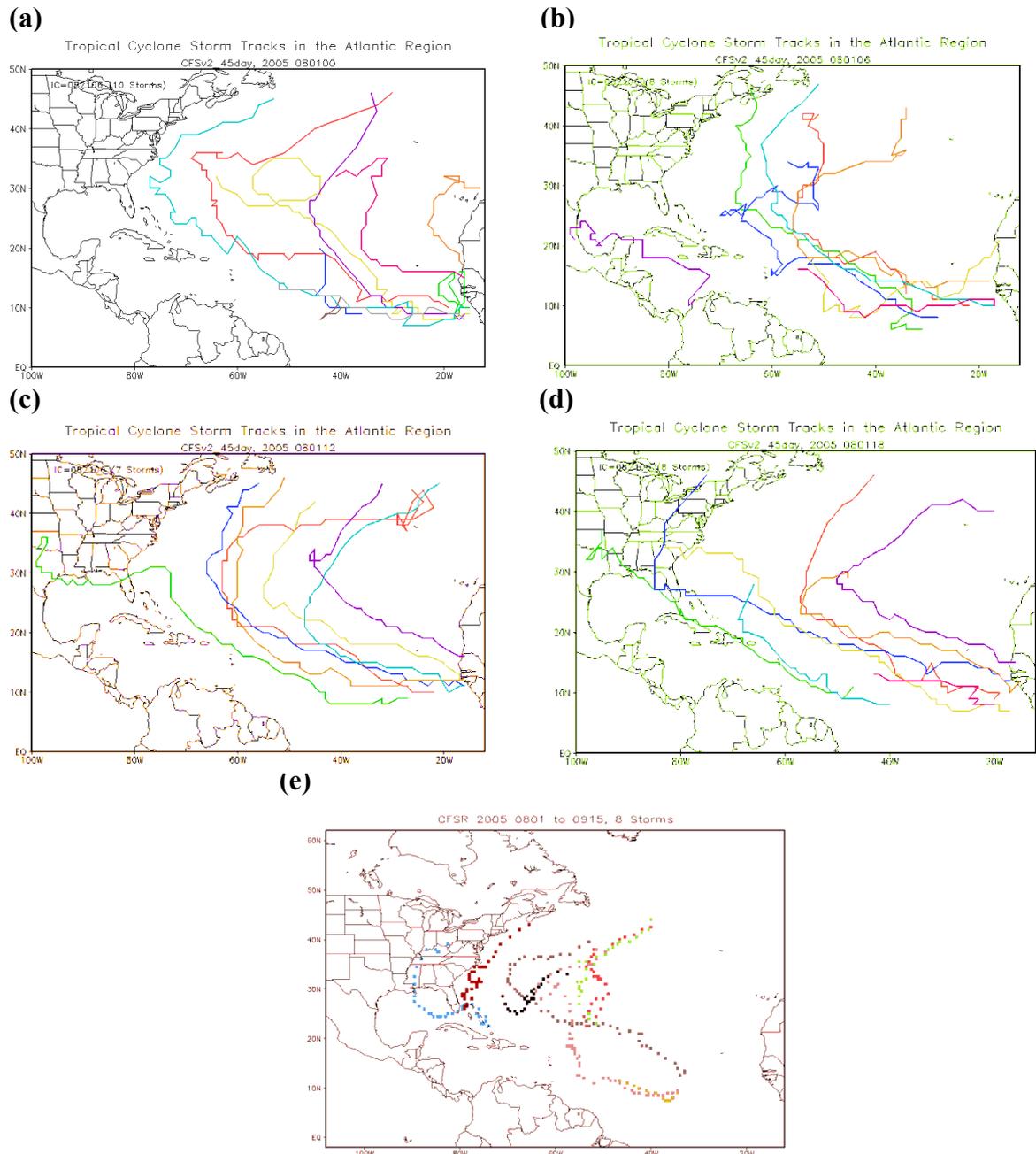


圖 2.(a)使用 Camargo and Zebiak (2002)的方法於 CFS hindcast 2005/8/1 00UTC 資料中偵測出大西洋的颱風；(b)同(a)但為 06UTC 資料；(c)同(a)但為 12UTC 資料；(d)同(a)但為 18 資料；(e)為使用 Camargo and Zebiak (2002)的方法於 2005 年 8/1-9/15 CFSR 資料中偵測出來的颱風。

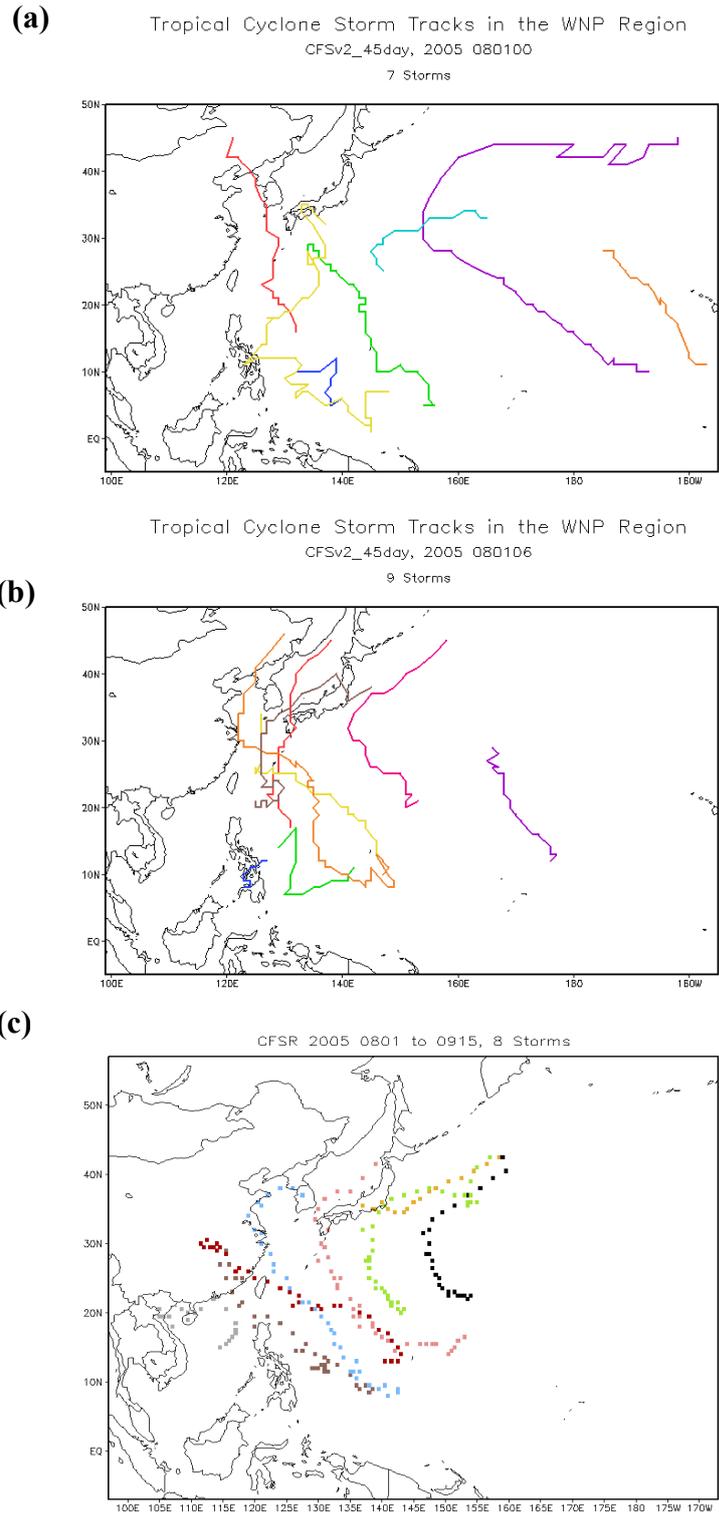
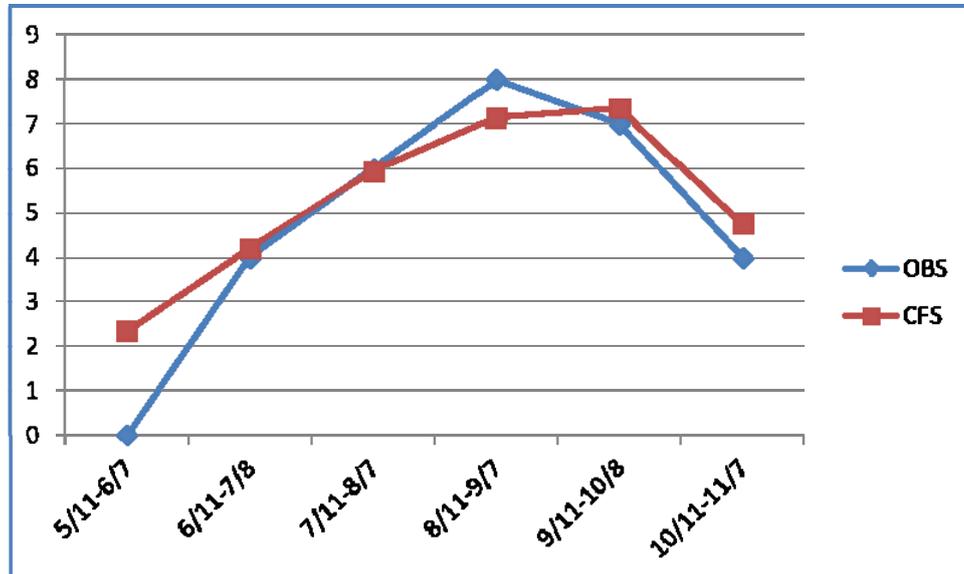


圖 3.(a)使用 Camargo and Zebiak (2002)的方法於 CFS hindcast 2005/8/1 00UTC 資料中偵測出西北太平洋的颱風；(b)同(a)但為 06UTC 資料；(c)為使用 Camargo and Zebiak (2002)的方法於 2005 年 8/1-9/15 CFSR 資料中偵測出來西北太平洋的颱風。

(a)



(b)

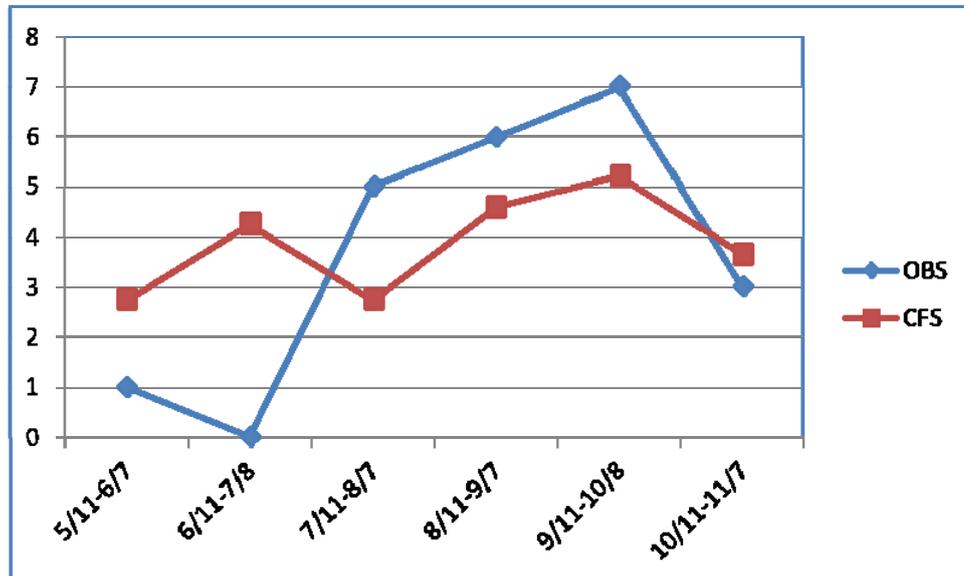
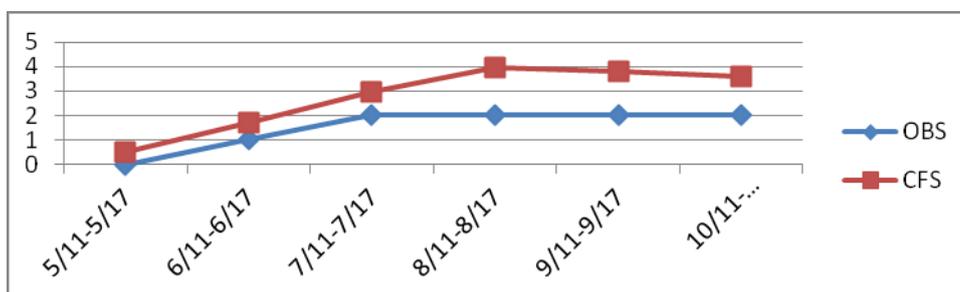
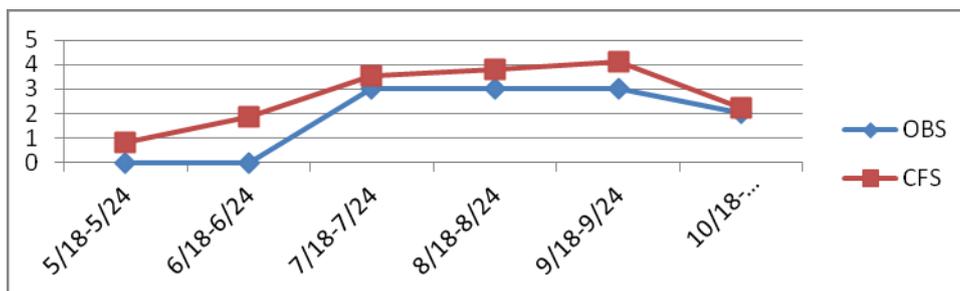


圖 4.CFS hindcast 資料每個月 1-5 日共 20 個 member 預報平均的颱風月生成個數總數，以每個月 11 日開始往後 28 天的個數平均為每月預報個數，圖中橫軸為 5 月至 10 月，藍色線為觀測值，紅色線為 CFS 模式預報的結果；(a)大西洋；(b)西北太平洋。

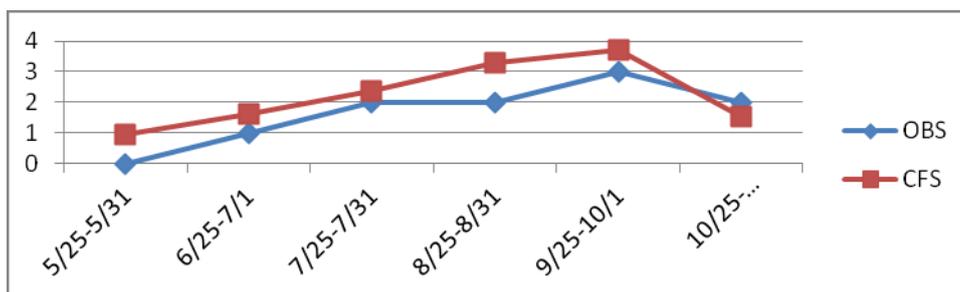
(a) 第 2 週



(b) 第 3 週



(c) 第 4 週



(d) 第 5 週

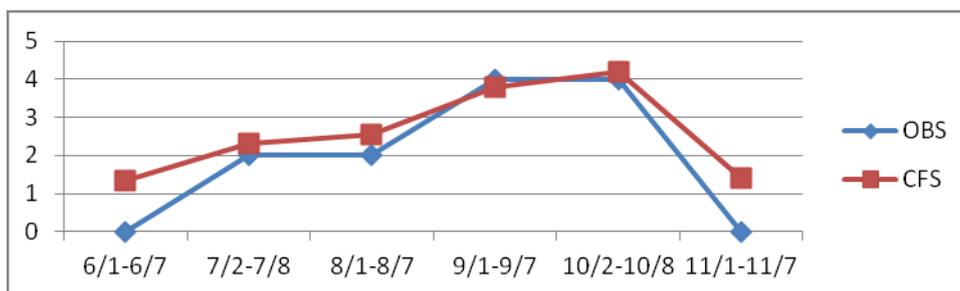
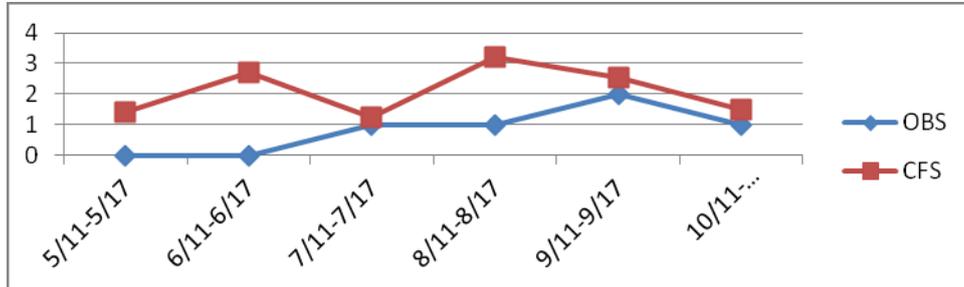
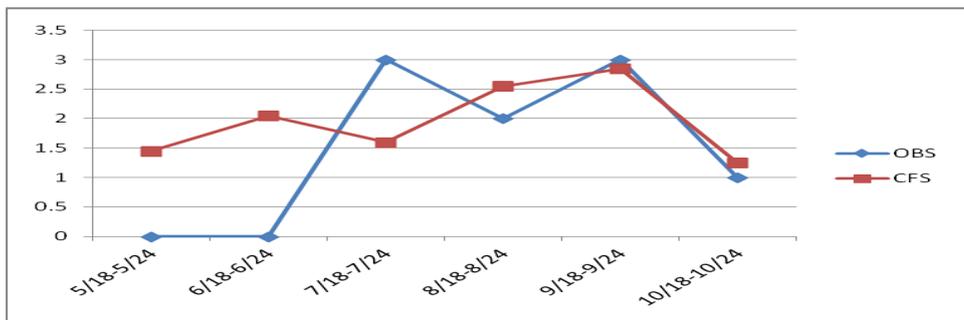


圖 5. CFS hindcast 資料大西洋每個月 1-5 日共 20 個 member 預報平均的颱風週生成個數總數，以每個月 11 日開始每往後 7 天的個數平均為每週預報個數，11 日到 17 日為第 2 週，18 至 24 日為第 3 週，以此類推，圖中藍色線為觀測值，紅色線為 CFS 模式預報的結果；(a)第 2 週；(b)第 3 週；(c)第 4 週；(d)第 5 週。

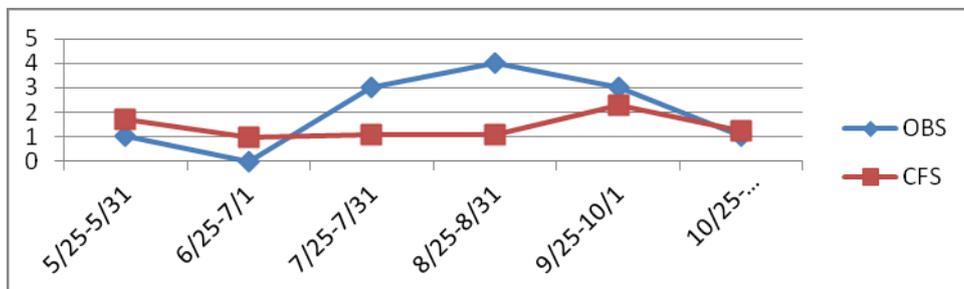
(a) 第 2 週



(b) 第 3 週



(c) 第 4 週



(d) 第 5 週

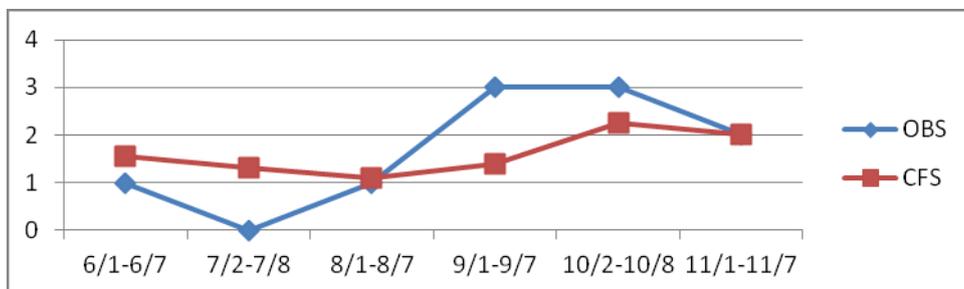


圖 6.與圖 5 同但為西北太平洋區域，圖中藍色線為觀測值，紅色線為 CFS 模式預報的結果；(a)第 2 週；(b)第 3 週；(c)第 4 週；(d)第 5 週。

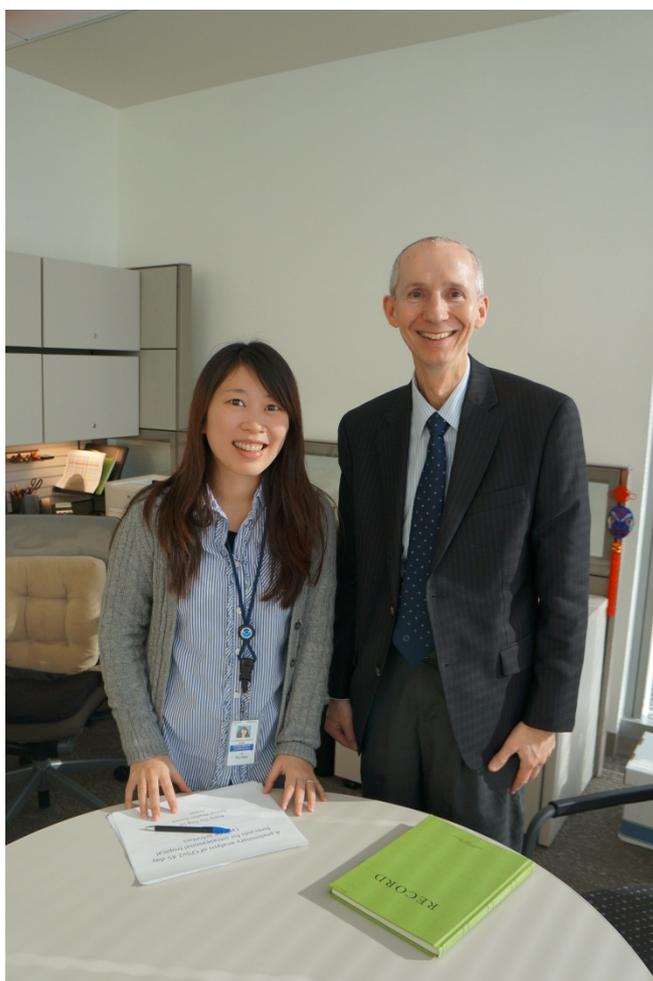


圖 7. 職與美國氣候預報中心 Director Dr. Wayne Higgins 合影。