

出國報告(出國類別：協商)

赴美出席NOAA/GSD與CWB合作計畫 108年度工作協商會議報告

服務機關：交通部中央氣象局、
交通部中央氣象局氣象資訊中心

姓名職稱：程副局長家平、
沈里音副主任

派赴國家/地區：美國

出國期間：民國108年6月16日至6月23日

報告日期：民國108年7月30日

目錄

摘要.....	1
壹、會議目的.....	2
貳、本年度相關重點合作項目.....	2
一、發展改進地表輻射衛星產品和空品監測技術.....	2
二、改善高解析度定量降雨演算法.....	2
三、強化即時預報決策工具.....	3
四、發展 AWIPS-II 高解析天氣預報產品產製及輔助工具.....	3
五、發展新一代全球至區域整合模式預測系統.....	4
六、持續前期合作互動項目.....	4
七、研發向日葵 8 號觀測資料的決策支援產品.....	4
八、強化臺灣附近海嘯警報預警工作.....	4
參、協商會議內容.....	5
一、發展與強化氣象衛星觀測資料反演技術及應用.....	6
二、改進雷達高解析度定量降雨估計與定量降雨預報技術及應用... ..	8
三、強化即時預報決策輔助工具.....	10
四、發展 AWIPS-II 高解析天氣預報產品產製及輔助工具.....	13
五、發展新一代全球至區域預測系統與即時監測分析系統.....	14
六、持續支援技術訓練.....	16
七、開展氣候合作議題.....	16
肆、心得與建議.....	17
一、善用資通訊遠地協作工具，加強與美方工作團隊互動及協作 ..	17
二、掌握國際趨勢，持續發展先進氣象作業技術，發揮合作綜效 ..	17
附錄一、與中央氣象局合作的美方相關機構組織簡介.....	18
附錄二、與 NCEP 合作開發整合模式工作討論及 2019 年後續工作規劃 ..	21
附錄三、名詞解釋.....	24

摘要

本次會議奉中央氣象局派赴美國國家海洋暨大氣大氣海洋總署(NOAA)轄下的全球系統組(GSD)，代表中央氣象局與NOAA/GSD進行工作協商會議，主要目的為在「臺美氣象預報技術合作協定」架構下進行年度的合作內容協商，討論雙方技術工作進行的方向與進度，並協調各項工作與資源的配置，以達成對雙方均有利的共同發展目標。本次會議除會見了NOAA/GSD人員之外，也會見NOAA轄下劇烈風暴實驗室(NSSL)、環境衛星資料及資訊服務局(NESDIS)，以及國家氣象局(NWS)、氣象發展實驗室(MDL)、環境模式中心(EMC)、氣候預測中心(CPC)等機關的相關主管與工作人員。協商重點包括：強化氣象衛星資料在太陽輻射及空氣品質產品的推導技術、精進都卜勒雷達與雙偏極化雷達進行降雨估計及預測的能力、發展精緻化預報作業之預報決策預報(警)產品產製輔助工具、開發新一代全球數值天氣預報系統及資料同化系統、建置海象資料同化系統作業機制與提供海嘯觀測浮台的技術支援等。

壹、 會議目的

中央氣象局(CWB)為強化氣象作業相關監測預報系統，並發展各種先進的氣象資料處理與應用技術能力，和美國商業部國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)轄下的氣象相關技術研發與作業單位，持續進行長期的氣象測報系統發展及改進合作計畫。為了確保此系列合作計畫能引進中央氣象局所需的各項先進氣象系統技術並落實執行，於計畫合作期間內，每年接續安排數位氣象專業人員派駐於美方，進行技術轉移及合作發展事項；並隨計畫進行，每年安排多次專業人員短期互訪進行技術交流，以及計畫核心管理人員互訪，進行工作計畫擬定、協商及進度審議。此項與美的跨國大型合作計畫，對引進國際先進且成熟的氣象測報科學技術，落實建立本土化的監測預報作業系統而言非常重要。此計畫的合作對象，包括 NOAA 下的全球系統組(GSD)、劇烈風暴實驗室(NSSL)、環境衛星資料及資訊服務局(NESDIS)，以及國家氣象局(NWS)下的氣象發展實驗室(MDL)、環境模式中心(EMC)、氣候預測中心(CPC)等機關參與；臺方除中央氣象局外，在其他氣象相關作業與應用機關方面，則包括農委會水土保持局及經濟部水利署。

本次奉派赴美代表中央氣象局進行的年度工作協商會議，旨在深入研議中央氣象局與美方規劃合作進行之各項工作的重點方向、可能發生的問題，以及實質內容是否符合需求；亦針對各項系統技術與問題進行討論；此外，也對未來計畫的經費與主要合作事項做實質性的分析及協商。

貳、 本年度相關重點合作項目

一、 發展改進地表輻射衛星產品和空品監測技術

日本向日葵 8 號衛星的先進影像觀測儀器(Advanced Himawari Imager; AHI)和美國新一代作業用同步環境衛星(GOES)系列的 Advanced Baseline Imager(ABI)觀測儀器屬於同一類型，因此可針對美國所發展的相關衛星資料處理演算法，加以修改及調校而成為針對向日葵 8 號 AHI 觀測儀且適用於臺灣地區的演算法。此部分的工作重點包括：發展懸浮微粒光學厚度(Aerosol Optical Depth; AOD)相關產品，挑出沙塵和煙/霧的個案進行 AOD 分析，比對分析地面觀測的 PM_{2.5} 濃度，評估是否可依據氣溶膠類型做空氣汙染物監測分析應用，以提供空氣汙染物及空氣品質的研判需要。此外，地面太陽輻射部分，將現有的窄帶演算法，修改、更新、強化成為寬帶演算法，持續改進相關技術，並與臺灣實際的觀測結果進行驗證與調校，以產製更精確的太陽輻射估計產品，供綠能發電及農業相關作業應用。

二、 改善高解析度定量降雨演算法

此項工作的重點在強化與改進雷達觀測資料的定量降雨估計及預報相關演算法，以支援中央氣象局、水利署(WRA)及水土保持局(SWCB)於劇烈降水監測預報作業及後端防災需求之應用。美國國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storms Laboratory; NOAA/OAR/NSSL)是美國政府在氣象雷達研發及應用的最主要機關，此項工作結合雙偏極化都卜勒雷達的優良觀測特性，並運用最新的人工智慧(AI)和機器學習(ML)相關技術，針對中央氣象局現有的 S 波段都卜勒雷達及新設的 C 波段流域降雨雷達，持續改進雷達觀測資料的 QPE 及 QPF 相關演算法，

以提供劇烈天氣相關預警及災防作業應用。本項工作並提供中央氣象局相關工作同仁，持續的先進雷達資料處理技術轉移訓練，以強化中央氣象局發展雷達資料品管及整體系統作業流程的能力，提高降水估計的準確度與時效。

三、 強化即時預報決策工具

本項工作主要由美國氣象局下氣象發展實驗室的決策支援科(NOAA/NWS/MDL/DAB)負責執行，提供洪水氾濫監測系統(FFMP，圖 1)的降雨匯流模組、自動即時預報系統(ANC)的對流啟始演算法以及輕量虛擬化(Docker)容器的安裝和調校等相關技術，以強化中央氣象局在天氣資料整合與即時報系統(WINS)工作站中的預報決策輔助工具。相關工作內容包括：原始碼的修改與建構檔的調整設定，在 AWIPS-II 發展環境下客製化 SAFESEAS 的諮詢與協助，並協助中央氣象局建置及調整相關軟體模組功能。

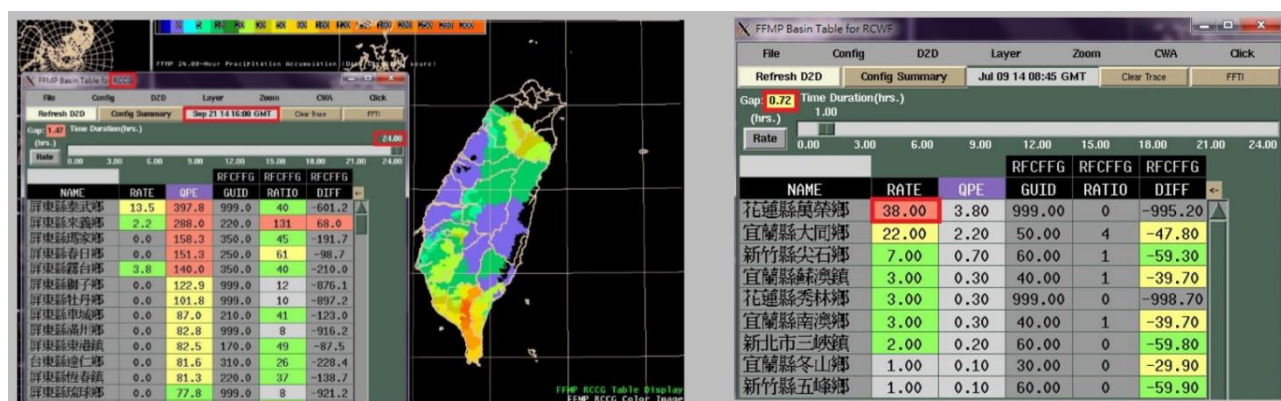


圖 1、目前於中央氣象局 AWIPS II 上的洪水氾濫監測系統(FFMP, Flash Flood Monitoring and Prediction)，圖左以地圖方式顯示受影響區域，圖右則為受影響地區之雨量估計值與相關資訊。

四、 發展 AWIPS-II 高解析天氣預報產品產製及輔助工具

美國國家氣象局(NWS)的新一代的先進天氣資訊處理系統(Advanced Weather Interactive Processing System II; AWIPS-II)系統雖然尚有部分進階的功能仍未發展完成，然為支援美國實務作業的急迫需要，此 AWIPS-II 系統已陸續上線作業，並以每年 1 至 2 個新版本的速度，持續更新改進。移植美方 AWIPS-II 模組成為臺灣 WINS 系統功能的相關工作由與中央氣象局合作的美國地球系統實驗室(Earth System Research System; ESRL)的全球系統組(GSD)，負責開發新的氣象資訊整合顯示、天氣狀況標註繪製(annotation)與圖形預報編輯(GFE)等作業功能，以增進對系集預報與機率預報的資訊處理及展現能力，使預報員能更有效率地進行天氣資訊的查詢與分析；此外，全球系統組亦大力投入整合性災害性天氣服務模組(Hazard services)的開發，此模組整合了舊有的警示訊息產製(WarnGen)及災害性天氣網格產製(GHG)等功能，以整合編輯天氣警示訊息的角度，提高預報人員對災害性天氣現象的管理及處理能力。全球系統組提供中央氣象局相關的系統軟體開發技術諮詢，針對中央氣象局的特定作業需求，提出建議解決方案，並指導中央氣象局赴美的工作同仁，進行相關功能的修改與開發，使中央氣象局可持續強化與改善我國 WINS 系統內的相關功能，落實中央氣象局在技術轉移與精緻化鄉鎮預報的作業需求。

五、發展新一代全球至區域整合模式預測系統

目前國際上作業性天氣預測模式的發展，均朝向運用最新的氣象科學研究成果，建立新一代可涵蓋全球至區域大氣運行預測需求的整合模式預測系統。整合預測模式考慮了全球至區域跨尺度的非靜力平衡動力方程、進階的物理過程、大氣與海洋的交互作用等機制，以較完整地含括大氣運行過程中的動力、熱力及各種物理現象。美國也在此背景中由國家環境預測中心(NCEP)的環境模式中心(EMC)負責結合政府與學研界眾多的專家及學者，共同投入新一代全球預測系統(Next Generation Global Prediction System; NGGPS)發展，以支援美國未來的天氣預報作業與應用需求。NGGPS 植基於地球物理流體力學實驗室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; GFDL)所發展的第 3 版有限體積模型(Finite Volume 3)立方球(Cubic Sphere)動態核心的全球預測系統(FV3GFS)，已在今(108)年 6 月通過一系列的作業效能及穩定性測試評比，正式上線提供美國每日作業性預報應用。依美方的規劃，此 FV3GFS 模式將採社群開發的方式進行，並歡迎國際合作，其未來強化包括：開發最新的資料同化技術，提升模式高解析度、採用先進的物理參數化方法、發展地球系統耦合模式功能、開發結合雷達資料同化快速更新初始條件並適用於對流尺度的獨立區域(SAR)模式功能等。由於中央氣象局也有迫切的新一代的整合模式開發需求，由此與美國 EMC 合作是中央氣象局參與國際互動合作及強化模式開發的極好機會，預期 FV3GFS 的持續改進將使 NCEP 及其合作夥伴為天氣預報提供世界一流的數值預測指引。

六、持續前期合作互動項目

過去幾個前期的合作任務技術已成功移轉，並開始在中央氣象局運作。本期合作將持續透過與 GSD 的合作開發、擴展和強化預報技術的研發，GSD 除繼續提供中央氣象局所需之美國 NOAA-PORT 相關數據資料外，並建置確保中央氣象局能持續接收全球氣象資料的作業營運機制；GSD 也將持續提供中央氣象局深海海嘯評估浮標(Deep-ocean Assessment Reporting of Tsunamis; DART)的資料處理與維運技術的協助；此外，也將持續協助雙邊人員進行技術交流活動所需的聯繫與行政協助事項。

七、研發向日葵 8 號觀測資料的決策支援產品

本項工作的重點在於將 NOAA/NESDIS 與威斯康辛大學的氣象衛星協力研發中心(Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies; CIMSS)合作，為先進極高解析度輻射儀(Advanced Very High Resolution Radiometer; AVHRR)所開發的 CLAVR-x(Clouds from AVHRR Extended)雲資料處理系統相關技術轉移到中央氣象局，並使用向日葵 8 號衛星資料開發特定的決策支援產品。相關客製化的特定產品包括：重力波偵測亂流、降水調校、衛星雲圖 RGB 顯示、雲遮罩、霧偵測、衛星能見度等；此外，美方也協助指導中央氣象局在美工作同仁的關技術發展工作。

八、強化臺灣附近海嘯警報預警工作

本工作將由研究與開發海嘯檢測技術及預測海嘯侵襲影響技術的領導者-太平洋海洋環境實驗室(Pacific Marine Environmental Laboratory; PMEL)協助中央氣象局進行相關的

發展工作，PMEL 同時也結合海嘯領域的科學家指導 NOAA 的海嘯預警中心（Tsunami Warning Center, TWC）開發多項重要的海象預警工具。其中一項海嘯網頁（Tsunami web；Tweb）工具，可以協助 TWC 預報員評估可能引發海嘯的地震，並決定海嘯對沿海地區造成的可能風險。本合作將協助中央氣象局使用自設的 DART 觀測數據及來自整個 DART 網絡的數據，即時預測臺灣沿海人口稠密地區的海嘯溢淹影響。

參、 協商會議內容

此次協商會議於 6 月 16 日至 6 月 22 日間分別在位於科羅拉多州丹佛地區的美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)預報系統實驗室(ESRL)全球系統組(GSD)以及位於華盛頓特區旁大學公園市的美國氣象局(NWS)的環境預測中心(NCEP)與其側邊馬里蘭大學(University of Maryland)的地球系統科學跨域中心(Earth System Science Interdisciplinary Center；ESSIC)舉行，各項工作研討協商的行程如下：

Taiwan CWB, NOAA (NESDIS, EMC, MDL, NSSL, GSD, PMEL) and CIMSS 2019 Mid-term review meeting ESRL/GSD, Boulder CO June 16-19, 2019 Earth System Science Interdisciplinary Center, College Park, MD June 20-22, 2019 CWB Delegates Mark Cheng, Lee-Yin Shen	
June 16 (Sunday)	(arriving Boulder and check in hotel)
June 17 (Monday)	09:00 a.m. – 10:30 a.m. GSD Activity review (task #4) (DSRC-3B809) (D. Nietfeld, D. Kingfield, X. Jing, T. Liao) AWIPS 2, Notification 02:30 p.m. – 03:30 p.m. GSD Activity review (Task #6) (DSRC-3B809) Machine Learning (J. Schneider, M. Govett, Jebb Stewart, T. Liao) 03:40 p.m. – 05:00 p.m. IA#31 Overview, Visitor support, The other project discussion (J. Schneider, D. Nietfeld, D. Kingfield, T. Liao)
June 18 (Tuesday)	09:00 a.m. – 10:00 a.m. NSSL Activity review (Task #2) Dual-pol radar QPE enhancements and Machine learning QPE. (L. Tang, M. Simpson, K. Howard) 10:30 a.m. – 11:30 a.m. PMEL Activity review (Task #8) (Telephone meeting) (E. Bernard, V. Titov) 02:30 p.m. – 05:00 p.m. Space Weather Prediction Center Visit (N. Rydell)
June 19 (Wednesday)	(CWB Group arrives DC) (Marriott in Greenbelt)
June 20 (Thursday)	09:00 a.m. – 11:00 a.m. NESDIS activity review (task #1) (ESSIC) (S. Kalluri) 02:30 p.m. – 04:30 p.m. MDL activity review (task #3) (ESSIC) (S. Smith, L.Xin)
June 21 (Friday)	09:00 a.m. – 11:00 a.m. EMC activity review (task #5) (NCEP) (V. Tallapragada, D. Kleist)

各項工作研討協商的重點如下：

一、發展與強化氣象衛星觀測資料反演技術及應用

近年來由於衛星搭載不同頻道觀測系統，使衛星遙測技術可應用於環境監測的技術持續發展。中央氣象局期望透過與美方合作以強化對於煙塵、懸浮微粒的反演技術發展，目前的工作重點在就 CLAVR-X 雲資料處理系統相關技術反演之資料進行比對驗證，預計於下半年(11月)與中央氣象局氣象衛星中心人員討論結果，後續將就美方與中央氣象局發展之雲資料處理系統進行比對，以進一步改善反演方法之研發；另外，本次會議美方提出中央氣象局的光學厚度計算方法，在全景反演時之座標錯誤問題，業經中央氣象局氣象衛星中心確認及修正，並持續測試中。

此項衛星資料處理的工作，係與美國國家環境衛星資訊局(NESDIS)轄下的衛星應用研究中心(STAR)衛星氣象及氣候組(SMCD)以及美國威斯康辛-麥迪遜大學(UW-Madison)的衛星氣象合作研究院(CIMSS)共同合作執行。合作工作重點，主要在運用向日葵 8 號衛星搭載的先進向日葵影像儀(Advanced Himawari Imager; AHI)觀測資料，進行：(1) 懸浮微粒光學厚度(Aerosol Optical Depth; AOD)產品推導，以進行對空氣污染物及空氣品質的研判；(2)地面太陽輻射(surface solar insolation)產品推導，以進行對太陽能發電或農業日照量的評估；(3)針對天氣研究及預報(WRF)模式中的社群輻射傳輸模組(CRTM)進行改善，以整合地面太陽輻射的觀測資料，獲致更佳的資料同化結果。本工作將發展與改進地表輻射的衛星產品以及空氣品質監測與預報的相關產品。圖 2 所示為 AOD 演算法，本項演算法已於今年 6 月交付中央氣象局測試。圖 3 為中央氣象局人員與美方討論衛星懸浮微粒光學厚度產品推導技術及下半年研發工作的結果。

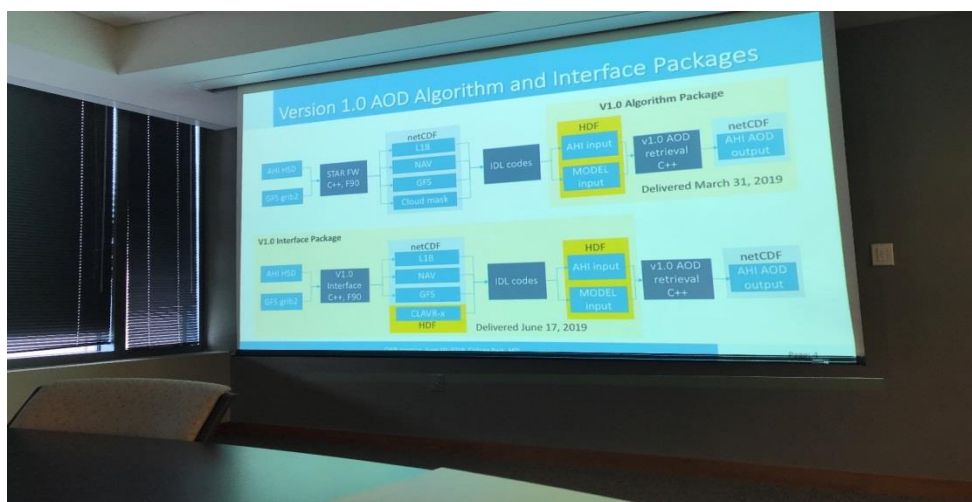


圖2、AOD演算法及介面示意圖。



圖3、與美方人員討論衛星懸浮微粒光學厚度產品推導技術。

在運用向日葵 8 號衛星搭載的先進向日葵影像儀(Advanced Himawari Imager ; AHI)觀測資料上，進行懸浮微粒光學厚度(Aerosol Optical Depth ; AOD)產品推導，以支援對空氣污染物及空氣品質的研判，圖 4 為反演產品與地面觀測之比較，目前結果顯示反演結果(圖中的紅點)與地面觀測資料(圖中的黑點)之間呈現高度相關，惟比對的資料數目仍偏少，後續將持續反演資料與觀測資料的比對，並視需要對反演公式進行調校。美方預計在今年 8 月份提供 V2.0 版的反演程式供中央氣象局測試為近期目標。

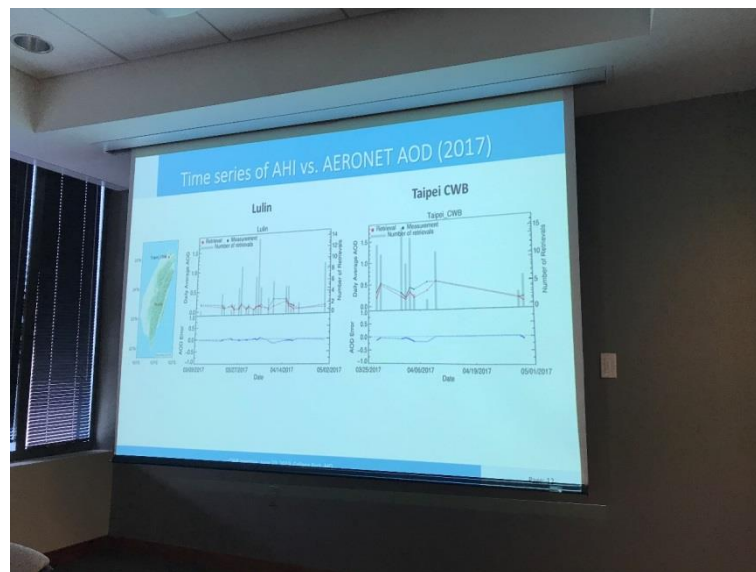


圖 4、AHI AOD 與地面觀測(Aeronet)AOD 之比較。

在應用向日葵 8 號衛星影像資料，開發決策支援產品的工作項目上，將開發向日葵 8 號衛星的能見度產品(第一階段)、執行以 CLAVR-x 推導的雲資訊為基礎估計的降水量產品、與發展支援在 AWIPS-II 系統上顯示的 RGB 合成圖檔和 CLAVR-x 產品，呈現在 AWIPS-II 系統上，於期末將產出能見度初級產品與演算法、改善衛星反演的定量降水量產品、CLAVR-x 更新版軟體與新增相關 H8 衛星 RGB 產品，並在 AWIPS-II 系統顯示。

綜上，本年度將持續與美方合作氣膠光學厚度(AOD)演算法與空氣品質估計、推導 PM2.5

濃度演算法及地面太陽輻射演算法、CRTM 輻射傳遞模式更新。在產品方面將更新 AOD 軟體的輸入介面模組、提供全景或區域性之 AOD 產品，預期產出本地 AOD 與 PM 濃度的回歸參數、臺灣附近地區近即時 PM_{2.5} 濃度分布圖，並更新程式碼、新增衛星資料推導的日射量產品。

二、改進雷達高解析度定量降雨估計與定量降雨預報技術及應用

本年度的計畫，中央氣象局已提供 2 組 C 波段雷達觀測到的回波資料以及降水資料，期望配合美方共同研發找出降水關係式，進而應用在中央氣象局新引進的 C 波段雷達；另外，在雨滴譜儀觀測資料與雷達迴的關係式上，透過中央氣象局所提供的觀測數據，進行雷達回波推導降水估計方程式的係數修正，也是今年度的研發重點。美國國家劇烈風暴實驗室 (National Severe Storm Laboratory; NSSL) 在合作開發過程中除協助相關技術研發外，同時亦提供中央氣象局人員相關技術訓練，希望除了協助中央氣象局相關研究與發展的提升外，也能建立我國相關技術的專業人才及技術，有利於未來更進一步的發展。

雷達高解析度定量降雨估計工作，是由 NSSL 協助中央氣象局發展一系列的雷達降雨調校演算法，導入新氣象雷達(降雨雷達)的定量降雨資訊，以適當地整合到全島的雷達資料中，進而改善對臺灣地區複雜地形下之定量降雨的即時監測能力。新的雷達定量降雨調校法是使用雙偏極化雷達觀測資料，結合近年來新開發較原先 R(K_{DP})技術佳的 R(A)技術，應用到仍為中央氣象局主要雷達網成員的 S 波段雷達，同時開發適用於 C 波段雷達觀測資料的技術研究，希望未來透過雙方的合作可以開發出能應用在臺灣即將建置的 C 波段降雨雷達觀測資料。以美國 600 多個雷達的測試結果，新技術應用於雙偏極化雷達將可改善降水估計及品質控制(QC)將近 15%左右，而新技術的開發不僅可以應用在雷達定量降雨估評或預報中，對於觀測資料品質控管能力也能有所提升。圖 5 為雙方討論雙偏極化技術的場景，圖 6 為學理上不同雷達降雨調校演算法的比較。



圖5、討論利用雙偏極化雷達回波資料推估降雨量之結果。

Current Radar Based Rainfall Estimation Approaches

	single-polarization	dual-polarization		
	$R(Z)$	$R(Z, Z_{DR})$	$R(K_{DP})$	$R(A)$
Advantages	straightforward	robust at different rain rate	Immune to: calibration error; attenuation; partial beam blockage; drop size distribution;	Immune to: calibration error; attenuation; partial beam blockage; drop size distribution;
Disadvantages	Sensitive to: calibration error; attenuation; beam blockage; drop size distribution;	Sensitive to: Calibration error; attenuation; beam blockage; drop size distribution;	Low resolution Generally used in the mixture of rain and hail	Limit application: only for liquid precipitation

圖 6、不同雷達降雨調校演算法的比較。

今年的工作項目中加入了利用雙偏極化雷達資料與地面資料進行機器學習的實驗(研商情形如圖 7)，本項日期望利用大量的觀測資料找出雷達資料與降水資料之間的關聯，做為未來以雷達觀測資料推估降水量、降水預報的方法與技術。目前機器學習產出的雨量資料與地面觀測資料比對結果相當吻合，部分資料差異較大的原因初步分析認為是因為地面降水觀測資料有誤(圖 8)，較明顯的現象是有強回波值而地面降水量偏低，或是相反的現象。這點在後續的研究可以將已做過資料品管的地面降水資料重新讓機器學習，以驗證前面的假設是正確的。

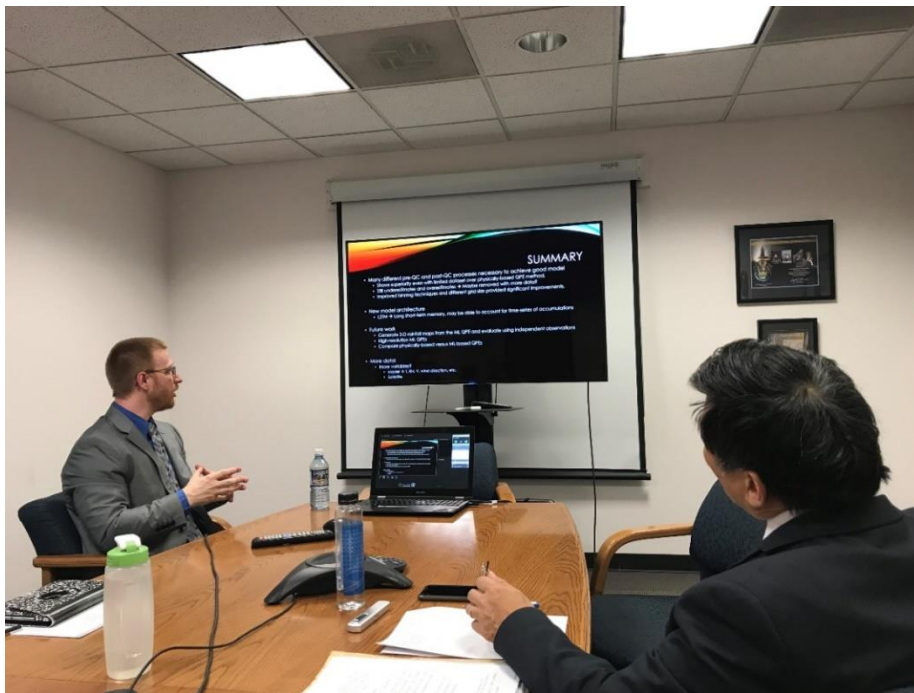


圖 7、雙方討論雷達觀測資料與地面觀測資料利用機器學習產出雨量推估實驗情形。

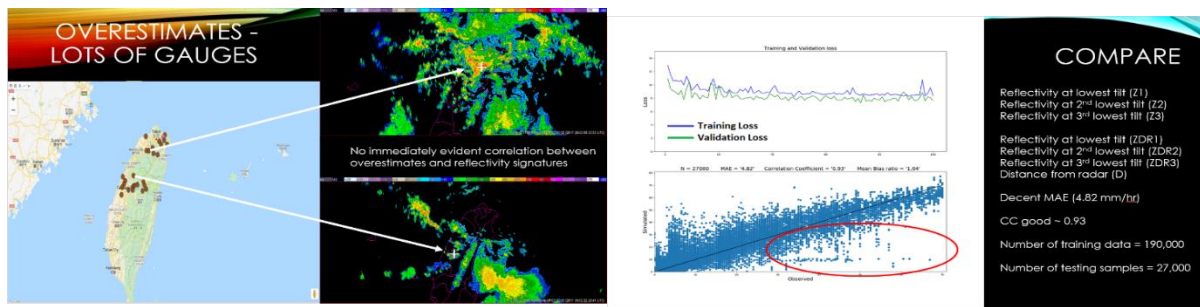


圖 8、將雷達觀測資料與地面觀測資料利用機器學習產出雨量推估實驗，差異較大的雨量觀測資料推估係缺乏資料檢核造成之影響。

三、強化即時預報決策輔助工具

在強化即時預報決策輔助工具方面，本年度的工作主要以發展 CAVE Annotation Tool(天氣圖編輯系統)和 Hazard Services 訓練(危害性天氣服務系統)為主，發展過程中對於中央氣象局所需要的特定天氣圖編輯客製化需求，美方 GSD 認為可以依據特定需求，客製化插入組件，但不應該偏離原設計架構，以避免未來 AWIPS-II 新版本升級時，自行開發的組件無法順利更新，造成功能不完備的情形發生。另外，GSD 合作團隊強烈建議中央氣象局協作人員，可以利用各種通訊管道如 email、截圖、甚至是視訊會形式儘速反映問題、回應 GSD 提出的問題，以達到快速、有效溝通的目的；另外建議開發人員與需求方(預報人員)之間應強化橫向聯繫，以避免開發出來的軟體作業時不敷需求。

本工作由美國海洋暨大氣研究院的 GSD 氣象發展實驗室負責執行(相關成員如圖 9)，本年度預計進行技轉與客製化的 AWIPS-II 新功能包括，AWIPS 和 AWIPS-II 相關知識的移轉、新版本的協助安裝、輕量虛擬化 Docker 容器技術的協助安裝及使用、作業系統協助升級、WarnGen、向日葵 8 號衛星資料、CAVE 繪圖展示介面的天氣狀況標註繪製(annotation)功能的加入及調整。上述調整與更新，除 GSD 會派員協助調整及建置外，中央氣象局也派專業人員赴美或在臺灣瞭解相關技術並進行轉移，希望未來在國內可具備相應之維運及開發能力。此外，GSD 也介紹了新的劇烈天氣服務(Hazard Services；HS)相關功能及進程，並表示未來 HS 將取代 WarnGen、GHG 等劇烈天氣產品製做相關模組，成為 AWIPS-II 處理劇烈天氣相關作業的主力。



圖 9、與 GSD 人員會談後合影。

預報員在預報作業時，必須將不同模式中的資料綜整後才能產出預報資料，當資料越來越多，預報員要產出一份預報單時需要透過系集預報的方式，或是透過預報討論修改模式產出的資料，進行最後的預報產出。目前 GSD 正發展一套新的預報決策支援環境(Forecast Decision Support Environment; FDSE)，以擴大 AWIPS-II 作業平台內的資料管理和處理能力，使預報員能更有效、快速地整合資訊，並改進模式系集能力，開發機率預測產品。其功能重點包括：(1)系集工具(Ensemble Tools)有單點頻率分布，單點可以設定為小區域的平均，每個格點可以有自已的權重(weighting)；(2)網格數值監控(Grid Monitor)，提供類似氣象局 Ground Truth 的做法；(3)短期預報更新工具(Short-term Update Tool)，讓預報員可以進行預報值與觀測值的比較，在差異過大之前修正預測。AWIPS-II 在今年的工作包括：AWIPS-II(核心架構如圖 10)的支援與訓練協助、CAVE Annotation Tool 發展(新一代天氣圖編輯系統)、Hazard Services 訓練(危害性天氣服務系統)3 大項。

在技術支援部分，今(108)年 3 月底 GSD 技術人員，已針對 AWIPS-II 系統及新一代天氣圖編輯系統(CAT)協同發展等事宜，來局進行指導與討論，並進行新一代天氣圖編輯系統介紹；5 月份針對 AWIPS-II 系統及危害性天氣服務系統(Hazard Services)進行技術指導，並介紹危害性天氣服務系統(Hazard Services)，以逐步強化我方人員移植 AWIPS-II 模組成為本局 WINS 系統功能的能力。

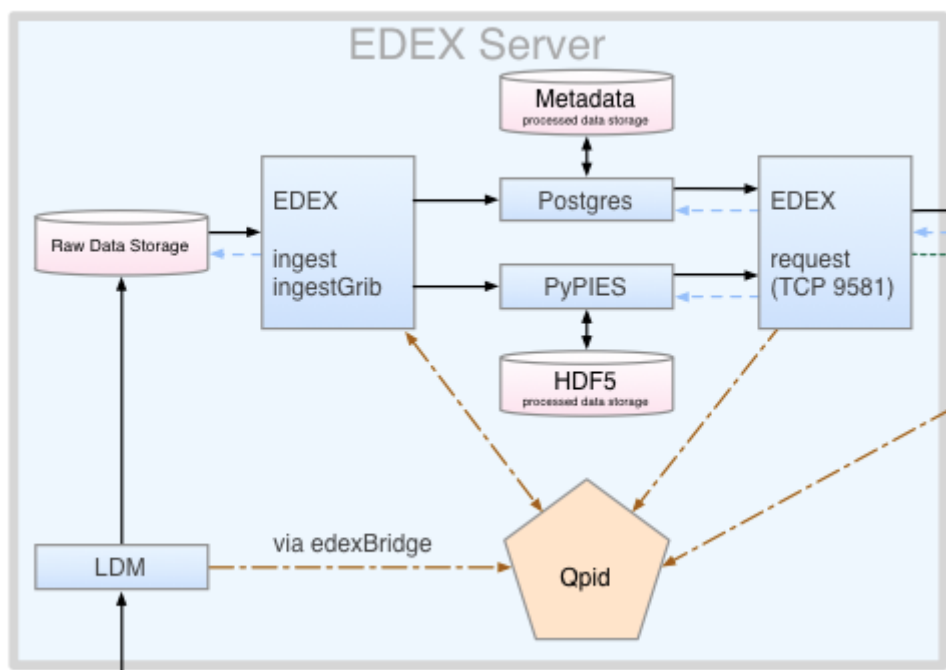


圖 10、 AWIPS-II EDEX 核心架構圖。

在技術上 AWIPS-II 發展的天氣圖編輯系統(Annotation)功能模組為本系統的插入組件(plugin)，須另外安裝，相關的編輯功能包括：

1. 輸入及輸出：可在 CAVE 視窗界面繪製、透視、多視窗；可儲存及載入、輸出 KML，圖像/動畫，發送到網頁。
2. 編輯：執行，重做，特性/屬性，陰影，選取，移動，複製，刪除，修改。
3. 繪畫：線條，陣線，形狀，輪廓，降雨，航空，雲，組合，文字，其他。

AWIPS-II 系統於災害性天氣服務(Hazard services, HS)功能模組，整合了效期小於 1 小時的即時警示產製(WarnGen)功能、效期數小時到天的圖形化災害天氣警示產製(Graphical Hazard Generator, GHG)功能。HS 模組可以產出簡單的文字格式訊息，也可以產出通用警報協定的檔案(Common Alerting Protocol, CAP)與致災機率資訊(Probabilistic Hazard Information, PHI)，惟目前均只有英文版本，未來欲導入中央氣象局 WINS 系統內須進行中文化修改，並考慮中文的警訊種類與組合方式。

本次 GSD 人員特別介紹了天氣系統庫存與視覺化環境(The Weather Archive and Visualization Environment, WAVE, 圖 11)，這是一個可以將過去和現在的天氣系統相關資料庫存整合查詢及視覺化展示的模組，可以提供個案研究、防救災時的即時資料展示功能，此模組可供未來中央氣象局發展資料儲存與展示系統時之參考。中央氣象局 WINS 發展期程如表 1。

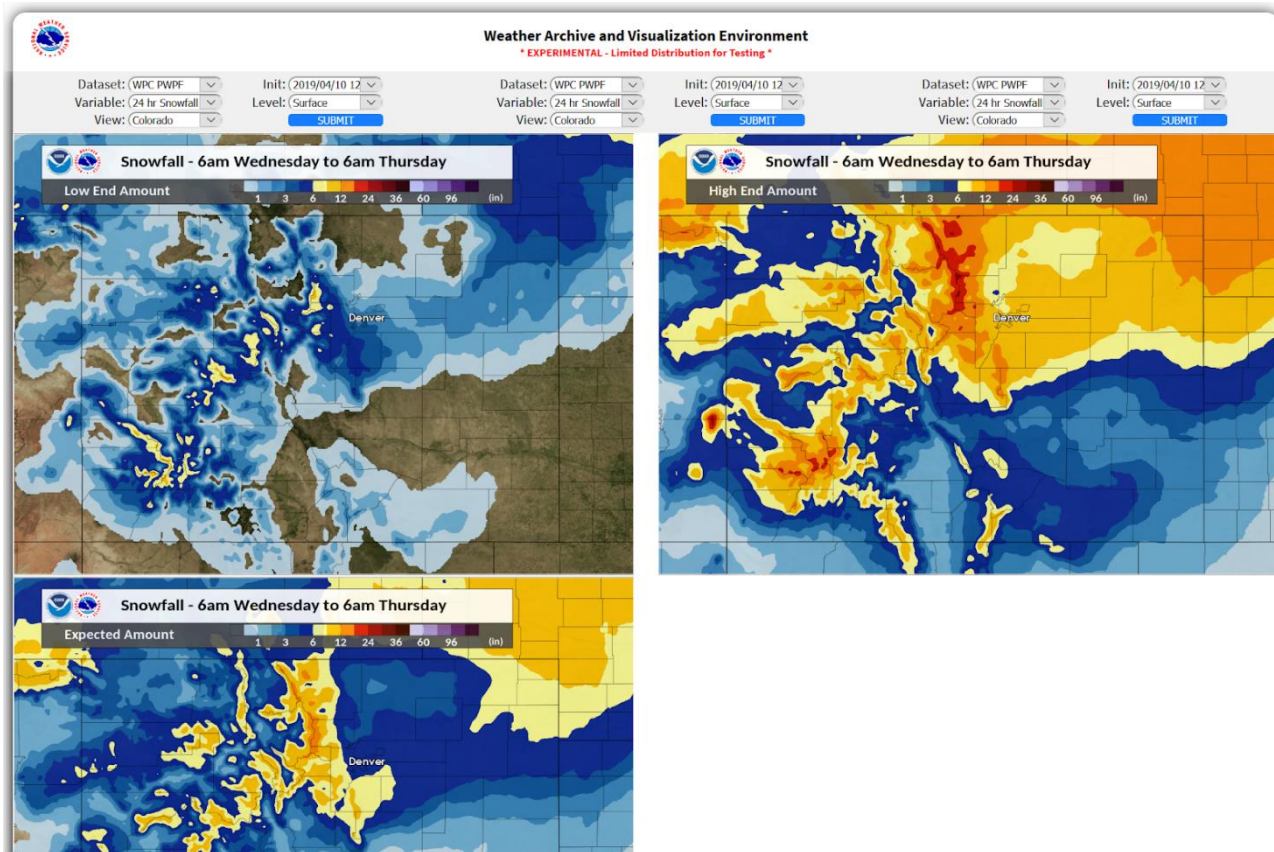


圖 11、天氣系統庫存與視覺化環境(The Weather Archive and Visualization Environment, WAVE)。

表 1、中央氣象局 WINS 系統的各決策工具發展協力單位及期程。

決策支援工具名稱	美方協力單位	(預計)完成年度
動態天氣監測系統(Safe-Weather)	MDL	106
洪水監測與預測系統(FFMP)	MDL	107
對流分析與即時預報系統(SCAN)	MDL	108
警示訊息產製工具(WarnGEN)	GSD	108
警示訊息整合工具(AlterViz)	GSD	106

四、發展 AWIPS-II 高解析天氣預報產品產製及輔助工具

在與美方氣象發展實驗室(MDL)人員合作發展，AWIPS-II 高解析天氣預報產品產製及輔助工具方面，MDL 將協助中央氣象局同仁深入瞭解 AWIPS-II 系統環境、程式設計與資料架構，

讓中央氣象局同仁有能力於未來配合中央氣象局 WINS 系統的特定需求，對 AWIPS-II 系統進行拆解與架構的調整。MDL 亦將協助氣象局同仁瞭解 AWIPS 中的對流分析與即時預報系統(The System for Convection Analysis and Nowcasting; SCAN)的計算原理，使氣象局同仁擁有日後自行發展的能力。

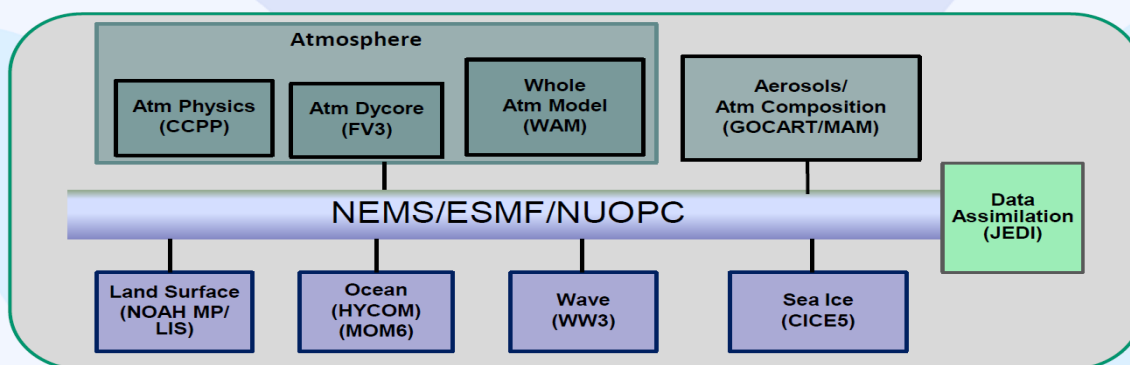
在先前的計畫中(含 IA#30)，氣象局與 MDL 合作進行氣象局自動即時預測系統(AutoNowcaster; ANC)系統優化成為臺灣版的 TANC；107 年已取代 NCAR 版本的 ANC 上線作業，進行午後對流可能性預報。下一階段雙方期望朝向科學議題的合作，將應用機器學習(machine learning; ML)技術求取臺灣區域午後對流形成的可能預報因子，以強化午後對流預報。本(108)年 3 月中旬美方派遣 Roebber 教授與辛博士來局，針對 ML 技術與臺灣午後對流現象進行討論，美方介紹 ML 方法與應用實例，中央氣象局預報員則分享臺灣午後對流之可能成因並提供資料供美方進行研究；下半年將對 107 年 5 月至 10 月午後對流個案以地面與高空觀測、雷達觀測、衛星觀測資料進行機器學習模式測試，以及邏輯迴歸分析強化即時預報決策工具，以發展本局 WINS 版本的 AWIPS-II 高解析天氣預報產品輔助編輯工具。

五、發展新一代全球至區域預測系統與即時監測分析系統

此次會議亦安排至 EMC 拜訪 Dr. Vijay Tallapragada 與 Dr. Daryl Kleist，研議下一代 NGGPS 的重要發展工作。NGGPS 的目標是設計、發展、執行一個新的、非靜力平行計算的動力過程與進階物理機制的全球海氣耦合預報模式，並改善資料同化技術，以支援新一代的作業及應用需求。美國為發展此一統合(unified)的海氣耦合全球模式，投入大量資源，邀請美國最先進的作業及研發單位(包括；NCEP、NCAR、GFDL、FNOC)提供 5 個候選模式，經過嚴謹的 2 年 2 階段評比(先評動力核心，再評物理整合)，挑選出 GFDL 的 FV3GFS 模式做為後續研發的基台，FV3GFS 這個模式已經在今年的 6 月份正式上線了，取代 NCEP 現有的多個作業模式，圖 12 為納入 NGGPS 規劃的各個模式組件概念圖。此行藉由此次會議與模式開發的關鍵人員 Dr. Vijay Tallapragada 進行研討，瞭解 FV3GFS 模式的發展現況，並思考未來中央氣象局全球及區域模式的發展方向。

美國國家環境預報中心(NCEP)，上線作業的新一代全球模式(FiniteVolume Cubed-Sphere Dynamical Core Global Forecast System; FV3GFS) V1.0。其水平解析度為 C768 (約 13 公里)，垂直層數 64 層，模式層頂為 0.2hPa。中央氣象局正評估以 FV3GFS 動力核心為基礎建置下一代全球模式預報系統。

NGGPS Prediction Model Components



- NGGPS prediction model will consist of fully coupled components representing different parts of the Earth system.
- All components will be based on community codes.

3rd Taiwan West Pacific Global Forecast System Development Workshop, Taipei, June 19, 2018

4



圖 12、納入 NGGPS 規劃的各個模式組件。

FV3GFS 模式起源於美國 Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) 之有限體積法 (finite volume method) 立方球面 (cubed sphere) 座標的全球模式動力核心，結合 NCEP 的多項物理參數化方法，經 NCEP 的評比後已證明是個足以取代既有波譜模式的模式。FV3GFS 模式支援非靜力 (non-hydrostatic) 計算，適合做高解析度的模擬，計算效率良好；核心具有伸縮網格和巢狀網格的設計，可在不增加太多計算資源的條件下提高局部區域的解析度。而其局部網格加密功能對臺灣此一小區域、複雜地形與劇烈天氣的模擬也相當有利。

在本合作計畫內，NCEP/EMC 將邀請與協助中央氣象局模式發展人員，參與 NGGPS 的作業測試與發展工作，透過此項合作，中央氣象局將能夠建立自己發展下一代全球預報模式系統的能力，並與 NOAA 分享 NGGPS 的研發知識與作業經驗，也能對 NGGPS 計畫有積極的貢獻。NCEP/EMC 也將支持與參與中央氣象局舉辦的年度全球模式發展研討會，此研討會提供中央氣象局及我國學者專家和 EMC 科學家，在全球預報系統(Global Forecast System; GFS)與全球系集預報系統(Global Ensemble Forecast System; GEFS)領域，進行科學知識與作業經驗的交流及互動。由於相關工作內容繁多，本報告僅於附錄二摘錄今(108)年 5 月由 NCEP/EMC 的模式發展科學家所組成的 9 人工作小組來臺參與工作研討會的議程，以及本次赴美進行後續行動事項協調及研議的重點內容。

六、持續支援技術訓練

中央氣象局與美方合作協議內的相關工作，涉及多種氣象科學與作業之專業技術的發展和運用，美方參與的機關和單位眾多，因此由美方的全球系統組(NOAA/ESRL/GSD)擔任連絡與協調窗口，以提升整體計畫的行政聯繫與管理效率。在整體計畫上，全球系統組將持續協助中央氣象局赴美研習同仁的行程安排與支援，並提供新版本 AWIPS-II 軟體及相關實機訓練或技術支援給中央氣象局的研習人員，以協助中央氣象局改善及提升預報輔助及決策系統的效能。此外，也持續協助中央氣象局海象測報中心，聯繫有關深洋海嘯評估與測報(Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis ; DART)浮台(buoy)設置的相關技術，以及作業性海洋資料同化(Ocean Data Assimilation)的可行解決方案。海嘯警示作業將透過 Tsunami Warning Enhancement Efforts for Taiwan (TWEET, 圖 13)，將臺灣附近 DART 與潮位觀測資料引進海嘯預警模式，同時將臺灣附近海域的複雜地形納入評估，以產出更貼近真實的海嘯預報資訊。

TWEET Deliverable #1

- Construct Hualien tsunami flooding model
- **Model results tested in Tweb environment**

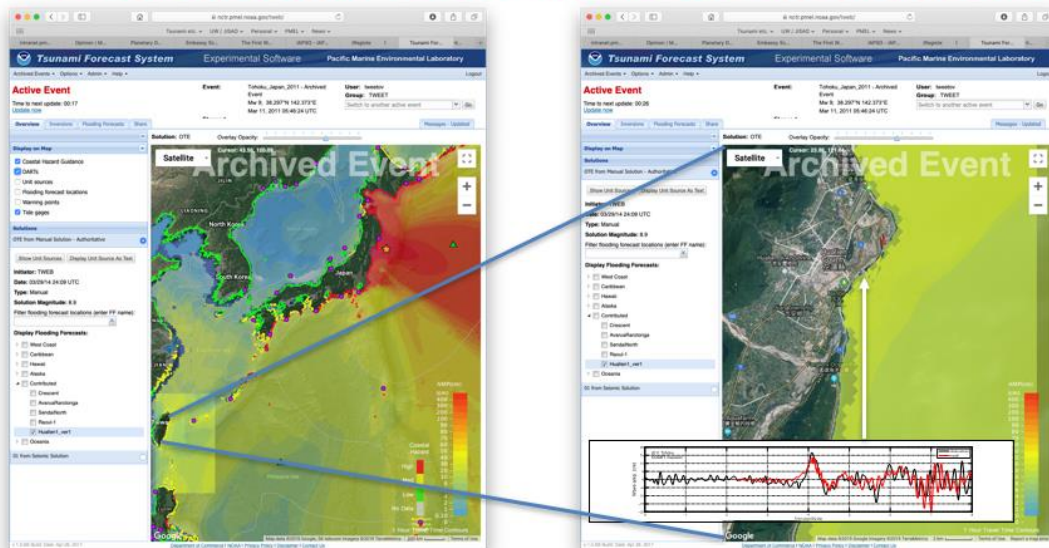


圖 13、透過視訊會議與 Dr. Vasily Titov 與 Dr. Eddie Bernard 討論海嘯警示模式建置。

七、開展氣候合作議題

近年來由於氣候變遷議題持續受到重視，中央氣象局持續在氣候研究方面投注人力及經費，並且期望透過與美方的交流，獲取國際相關技術與知識。因此本次赴美協商過程，亦拜訪了 NOAA Climate Prediction Center，與該中心 Director Dr. DeWitt 洽談後，CPC 將派

遣 3 位氣候方面的專家，其中第 1 位將與中央氣象局就 CWB 氣候監測與預報作業、聖嬰預報與監測(ENSO forecast and monitoring)、聖嬰和氣候預報的挑戰(Some challenges of ENSO and climate forecast)、ENSO 與東亞氣候預報問題等議題討論；第 2 位專家學者將以季內震盪模擬與預報(MJO simulation and prediction、ENSO bias in CFS)與中央氣象局分享經驗，並討論 CFSv2 模式季內預報分析部分未來雙方合作的方向；第 3 位將邀請衛星資料處理專家，期望透過該專家在衛星資料處理的專長，協助中央氣象局利用衛星資料推估雨量資料，與中央氣象局現有之歷史觀測資料、雷達推估資料等進行比對、技術交流，做為未來氣候研究時使用大範圍(東亞地區)雨量資料的基礎。本次會議也與 GSD 討論到運用機器學習(Machine Learning)技術，期望透過機器學習，將衛星資料結合雷達資料以研發極短期的降水預報技術。

肆、心得與建議

本次會議代表中央氣象局順利完成中央氣象局與美方合作計畫的年度工作協商，並檢視今年度的合作計畫期中工作進度及下半年的合作內容。在與美方合作計畫各工作分組相關人員會談的過程中，獲得許多相關技術發展與應用的實務經驗，有助於中央氣象局相關工作未來的發展。以下說明此次行程的心得與建議。

一、善用資通訊遠地協作工具，加強與美方工作團隊互動及協作

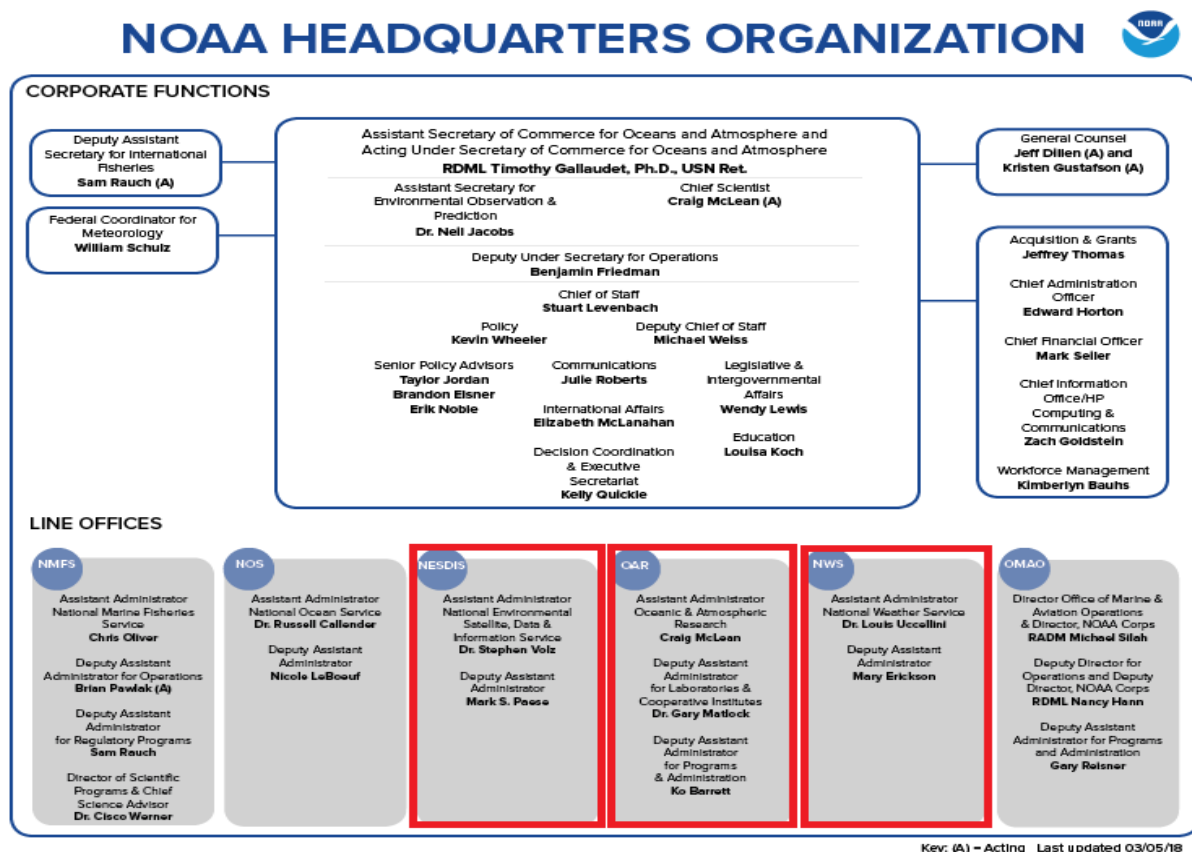
現代氣象科學技術與大型氣象資訊作業系統的發展，大多需要跨遠地甚或跨國的工作團隊共同參與協力合作。美方因地大人眾並整合運用多項國際先進科技，其工作多需跨遠地及跨國團隊協力進行，在運用遠地協作發展工作模態與操作相關資通訊工具上極為熟練。相對而言，中央氣象局部分工作團隊，則對於運用相關工具顯得較為陌生，以致在與美工作團隊研討溝通時效率較低，未來宜儘速熟悉相關工具的運用，提高知識資源分享與合作溝通的效率，使得中央氣象局在有限的人力與物力資源下，能迅速掌握並運用美方先進技術，精進相關氣象測報作業系統的發展。

二、掌握國際趨勢，持續發展先進氣象作業技術，發揮合作綜效

面對氣候變遷，極端的災變天氣發生的機率與強度大增，先進國家莫不投入大量資源，一方面強化對極短時劇烈天氣的監測能力，同時也強化對季內至季間的長期預報能力，為能妥善處理此跨時間及空間尺度的氣象測報共同議題，世界氣象組織(WMO)也呼籲各國氣象作業機關，積極進行跨國合作，以提升整體的氣象測報能力。我國雖在國際官方活動的參與上受到限制，但在氣象測報技術上，過去經由上級政府的持續支持和中央氣象局結合學研界的長期努力，透由各種雙邊或多邊的國際氣象技術合作發展計畫，持續精進氣象技術，使我國在國際氣象科學技術及作業領域上仍能佔有一席之地，實屬不易。未來在國際互動上，仍宜採取尋求共同議題，以核心科學技術發展，引導國際參與及合作的策略，持續投入先進氣象測報技術能力發展，不但能解決我國氣象測報作業的實務問題，也能累積我國氣象科技研發與作業實力，並逐步擴展我國的國際參與與議題發言空間。

附錄一、與中央氣象局合作的美方相關機構組織簡介

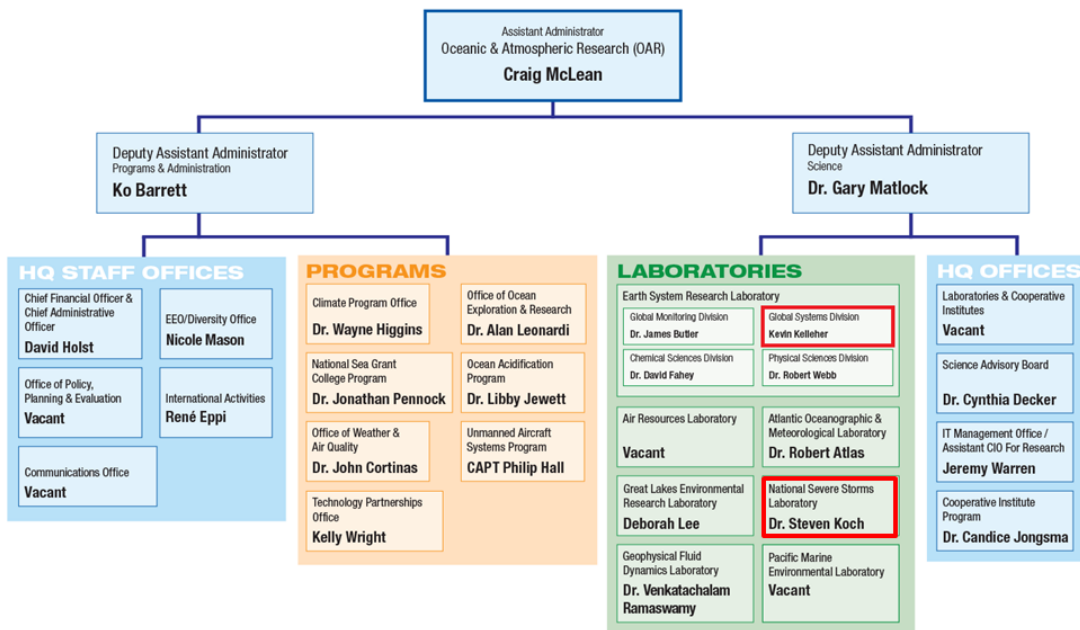
美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)受美國商業部所管轄，NOAA 組織型態如附圖 1-1，與中央氣象局合作的單位分別隸屬於圖中所示的 3 個機構：國家衛星局(National Environmental Satellite, Data and Information Service; NESDIS)、海洋與大氣研究院(Oceanic & Atmospheric Research; OAR)及美國國家氣象局(National Weather Service; NWS)。



附圖 1-1、NOAA 組織架構。

海洋及大氣研究院(Oceanic & Atmospheric Research; OAR)轄下的(Earth System Research Laboratory; ESRL)整合了全球監測組(Global Monitoring Division; GMD)、物理科學組(Physical Sciences Division; PSD)、化學科學組(Cheical Sciences Division; CSD)及 GSD 等 4 個單位(組織架構圖如附圖 1-2)。其中的 GSD 除負責 AWIPS 系統內資料處理與展現功能的發展，以及支援中央氣象局進行國際資料收集相關作業外，也是協助橋接中央氣象局與美國各相關專業研發或作業機構進行技術互動合作的主要窗口機構。在 OAR 下與氣象局進行密切合作的尚有國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storm Laboratory; NSSL)，此單位的專長在各式雷達系統的資料品管、處理與應用。

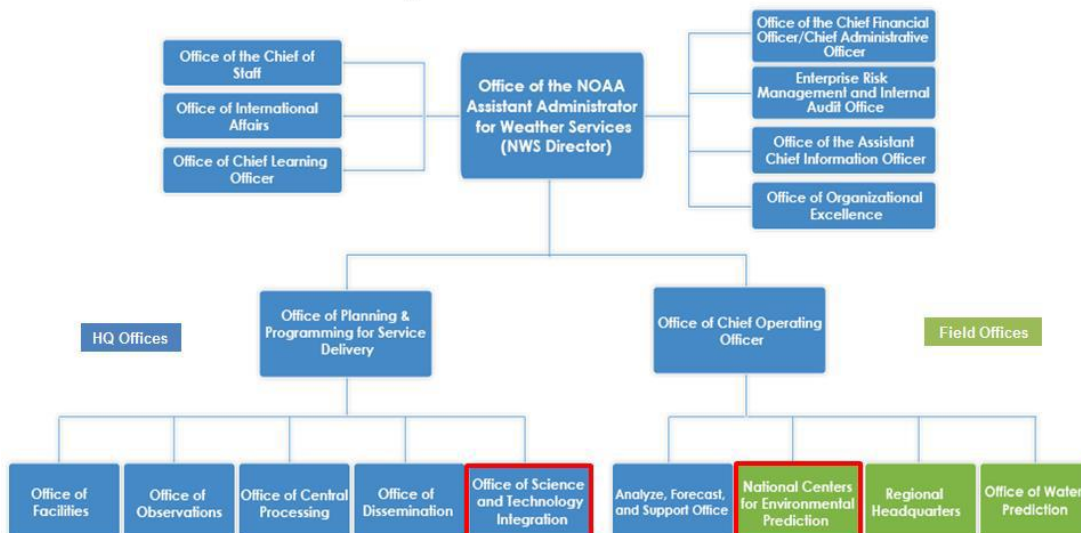
Oceanic & Atmospheric Research (OAR) Organization Chart



附圖 1-2、OAR 組織架構。

美國國家氣象局(National Weather Service ; NWS)最新的組織架構如附圖 1-3 所示，與中央氣象局合作的主要對象包括：國家環境預測中心(NCEP)下轄環境模式中心(EMC)及氣候預測中心(CPC)，分別負責環境預測數值模式發展以及短期氣候預測的工作；此外，科學與技術整合辦公室(OSTI)轄下的氣象發展實驗室(MDL)則負責 AWIPS 系統內的決策支援系統之發展。

National Weather Service (NWS) Organization Chart

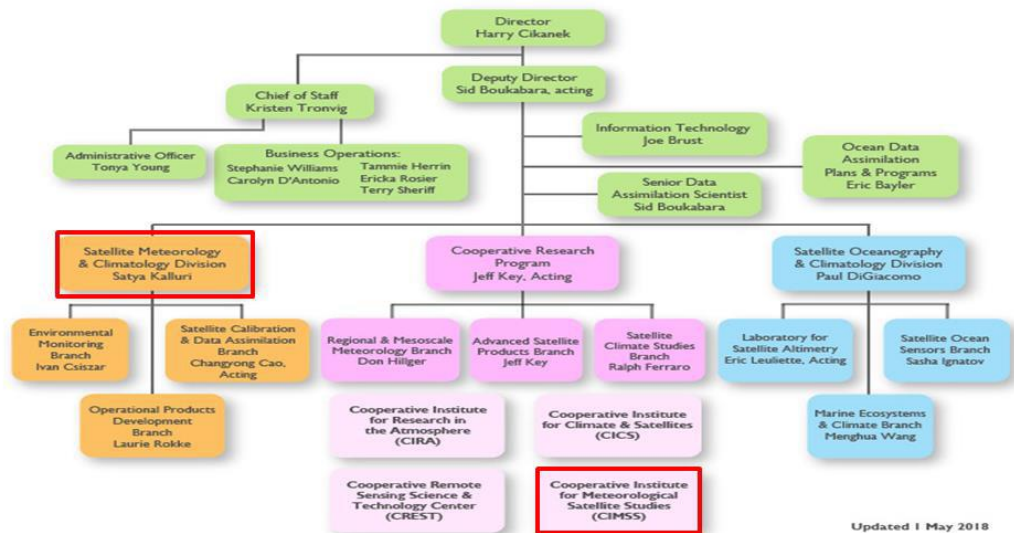


附圖1-3、NWS組織架構。

美國國家環境衛星資訊局(National Environmental Satellite, Data and Information

Service ; NESDIS)轄下的衛星應用研究中心(Center for Satellite Applications and Research ; STAR)的組織架構如附圖 1-4 所示，與中央氣象局進行合作研發的相關單位包括：STAR 下的衛星氣象及氣候組(Satellite Meteorology & Climatology Division ; SMCD)，以及與 STAR 的合作研究計畫(Cooperative Research Program ; CRP)進行互動合作的衛星氣象合作研究院(Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies ; CIMSS)。CIMSS 隸屬美國威斯康辛-麥迪遜大學(University of Wisconsin-Madison ; UW-Madison)，在 1980 年由威斯康辛-麥迪遜大學(UW-Madison)、國家海洋暨大氣總署(NOAA)及國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration ; NASA)合作成立。附圖 1-4、NESDIS/STAR 組織架構。

**National Environmental Satellite, Data & Information Service(NESDIS)
Center for Satellite Applications and Research(STAR)
Organization Chart**



附圖 1-4、NESDIS/STAR 組織架構。

附錄二、與 NCEP 合作開發整合模式工作討論及 2019 年後續工作規劃

2019 EP 專家來訪行程表

5/21-23 日局內活動：

Schedule for EMC NWP and DA experts：

Date	Time	Program	
May 21 (Tue)	09:30-10:45	Seminar 1 - Vijay Tallapragada & Fanglin Yang R310 Overall updates of the NCEP FV3GFS modeling system FV3GFS T20	
	10:45-11:00	Break	
	11:00-12:00	Guo-Yuan Lien R310 Current status of the use of FV3GFS at CWB	
	14:00-16:30	Group 1 – R501 Vijay, Yuejian, Tom (, Jessica) Discussion – Global modeling and nested tile of FV3GFS (I)	Group 2 – R311 Fanglin, Daryl, Wen Discussion – Data assimilation (I)
	18:00	Dinner	
May 22 (Wed)	09:30-10:15	Seminar 2 - Daryl Kleist R310 Overall updates of the NCEP FV3GFS data assimilation system & JEDI	
	10:15-11:00	Seminar 3 - Yuejian Zhu R310 Overall updates of the NCEP FV3GFS ensemble prediction system for 3-4 week forecast	
	11:00-11:15	Break	
	11:15-11:45	Seminar 4 - Jessica Meixner R310 Coupled modeling and benchmark testing	
	14:00-16:30	Discussion –R501 3-4 week ensemble forecasts	NCEP tutorials R617 UPP (Wen Meng) rocoto & workflow (Fanglin Yang)
May 23 (Thu)	09:30-10:45	Seminar 5 - Tom Black & Daryl Kleist R310 FV3-SAR development and testing DA for FV3-Regional	
	10:45-11:15	Break	
	11:15-12:00	Seminar 6 - Daryl Kleist & Vijay Tallapragada R310 FV3-Chem, Air Quality, and Aerosols	
	14:00-15:00	Seminar 7 - Vijay Tallapragada R310 Operational Tropical Cyclone Modeling Advancements at NCEP: Current Status and Future Plans for Development of the Next Generation Hurricane Analysis and Forecast System	
	15:15-16:30	Group 1 – R501 Discussion – Global modeling and nested tile of FV3GFS (II)	Group 2 – R311 Discussion – Data assimilation (II)

Summary & Action Items ↓ for May 2019 EMC-CWB Meeting ↵

• Modeling ↵

• Data request ↵

- Fanglin will provide many data ↵
 - [Done] Fix data at various resolution ↵
 - [Done] Sample code to directly read nemsio data ↵
 - [Ask for help] The new version FV3 GFS output (parallel run) from 2019021900 to 2019022818 (four run per day) ↵
- CWB researchers would like to request some nemsio initial condition data for case study experiments. Specific request list will be collected later ↵

• FV3 nested tile and SAR ↵

- [Done] Tom will provide the 3-km FV3-SAR configuration currently used at NCEP ↵
- [Ask for help] Tom and Fanglin will address the issue that the global and nested tiles currently share the same DT for physics (`dt_atmos` in `model_configure`) ↵
- CWB researchers will get and install a new version of ESMF (v8.0.0 beta), and then use it to install a recent version of the FV3 GFS, in which the "write_grid" component output for nested tiles is supported; namely, the global-regional nested job can be run with combined Gaussian-grid outputs and the UPP can be used ↵
- CWB researchers are encouraged to push any changes associated with hardware/software compatibility back to NCEP Vlab (and ESMF organization) ↵
- CWB researchers should take a look at the newly added `ufs_utils` directory. It contains several useful utilities for running SAR and nested tiles ↵

• UPP post-processing ↵

- Wen and Fanglin explained how to choose output variables by the control files for UPP. CWB researchers are suggested to first use correct settings for F00 and later forecast times and see the results ↵
 - [Ask for help] However, after a quick test at CWB after the meeting, the output variables in the GRIB2 files generated by UPP are still different from those provided by NCEP's operation. CWB researchers would like to ask Wen to point out which UPP control files are being used in the current NCEP operation ↵

• Surface static data ↵

- For CWB's work on using high-resolution `landuse` and soil type data (from WRF dataset) in the FV3 nested tile, Fanglin suggested to create the input `NetCDF` files offline by any interpolation code (using nearest neighbor scheme), instead of trying to modifying the `global_chgres` code to read fix data with only regional content ↵

- NCEP is switching to GMTED2010 for terrain data (fix_fv3_gmted2010). CWB may consider to use GMTED2010 as well.

• TiedTke scheme in FV3GFS

- CWB researchers are strongly encouraged to implement TiedTke cumulus parametrization scheme to FV3GFS and test the results.

• Vertical resolution settings in FV3GFS

- [Ask for help] CWB researchers would like to know the vertical-level settings for higher vertical resolution with higher model top currently tested at NCEP.

• Microphysics in CWBGFS

- [Ask for help] Fanglin will help to connect with Ruiyu Sun to provide changes associated with additional precipitation process in Zhao-Carr microphysics scheme.

• Data assimilation

• EFSOI

- CWB researchers will summarize and document the changes and bugfixs we have made and report them to Daryl. Possibly we can push the changes into a new branch in VLab.
- [Ask for help] Daryl will provide an example of how the satellite channels that are not assimilated in the EnKF could cause problem in the EFSOI results.
- CWB researchers should think about how to use EFSOI in a hybrid system more carefully.

• Himawari-8 AHI assimilation

- [Ask for help] Daryl will point us to the NCEP person who is working on the same topic. NCEP will provide the new AHI BUFR format data processed by NESDIS; note that assimilating these new data may require new version of GSI.
- CWB and NCEP should keep sharing the progress.

• FORMOSAT-7/COSMIC-2 assimilation

- CWB researchers are encouraged to push any code changes they have made for FORMOSAT-7/COSMIC-2 to NCEP VLab.
- We should keep sharing the results about the OSE and the observation error estimation for the FORMOSAT-7/COSMIC-2 data.
- CWB researchers are suggested to check the correctness of the bending angle operator:
 - Compare the increments made by refractivity and bending angle assimilation.
 - Look at the code related to the bending angle operator.

• Observation availability issue at CWB

- Daryl suggested CWB could try to use NCEP dump data, which are the raw data and are also available on NOMADS, if CWB is lack of those data sources and they would like to process the data by themselves.

附錄三、名詞解釋

AWIPS	先進天氣交談式處理系統(Advanced Weather Interactive Processing System)
AWIPS-II	第二代先進天氣交談式處理系統(The 2rd Gen Advanced Weather Interactive Processing System)
CWB	中央氣象局(Central Weather Bureau)
EMC	環境模式中心(Environmental Modeling Center)
ESRL	地球系統實驗室 (Earth System Research Laboratory)
GFE	圖形預報編輯Graphical Forecast Editor)
GSD	全球系統組(Global Systems Division)
MDL	氣象發展實驗室(Meteorological Development Laboratory)
MiRS	微波整合反演系統(Microwave Integrated Retrieval System)
NWS	美國國家氣象局(National Weather Service)
NOAA	美國海洋暨大氣總署(National Oceanic & Atmospheric Administration)
NCEP	國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction)
NESDIS	國家衛星局(National Environmental Satellite, Data, and Information Service)
NSSL	美國國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storms Laboratory)
OAR	海洋與大氣研究(Oceanic & Atmospheric Research)
SOA	服務導向架構(Service-Oriented Architecture)
STAR	衛星氣象學(Satellite Applications and Research)