

出國報告(出國類別：實習)

研習航路天氣警報服務技術

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：巫佳玲 預報員

卓智祥 預報員

派赴國家：美國

出國期間：民國 103 年 5 月 10 日~5 月 23 日

報告日期：民國 103 年 6 月 20 日

列印

提要表

系統識別號：	C10301591					
計畫名稱：	研習航路天氣警報服務技術					
報告名稱：	研習航路天氣警報服務技術					
計畫主辦機關：	交通部民用航空局					
出國人員：	姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱
	巫佳玲	交通部民用航空局飛航服務總臺	臺北航空氣象中心	預報員	薦任(派)	聯絡人 wing0330@yahoo.com.tw
	卓智祥	交通部民用航空局飛航服務總臺	臺北航空氣象中心	預報員	薦任(派)	
前往地區：	美國					
參訪機關：	美國航空氣象中心，美國航路管制中心(堪薩斯州堪薩斯市)，天氣預報辦公室(Pleasant Hill)					
出國類別：	實習					
出國期間：	民國103年05月10日 至 民國103年05月23日					
報告日期：	民國103年06月20日					
關鍵詞：	航空氣象，預報技術，數值模擬，航路					
報告書頁數：	22頁					
報告內容摘要：	<p>職等此次訓練行程主要跟著AWC值班人員隨班見習與簡報講解，另參觀美國國家氣象局位於密蘇里州快樂之丘(Pleasant Hill)的天氣預報辦公室(Weather Forecast Office, WFO)及位在堪薩斯州堪薩斯市的航路管制中心內氣象服務席位(Center Weather Service Unit, CWSU)，藉此了解各氣象單位間是如何分工製作出多樣的航空氣象產品，滿足不同單位的需求、了解各氣象單位使用的觀測資料及預報工具及系統，並運用這些預報工具及經驗進行低、中、高層顯著天氣預報、區域預報及航路天氣預報等資訊。雖然本次訓練的主題以航路天氣警報服務技術為主，但希望能藉由此訓練蒐集整理美方使用的觀測資料種類、各種預報作業系統及程式的優缺點，提供作為臺北航空氣象中心於未來建置及更新系統時之參考。</p>					
電子全文檔：	C10301591_01.pdf					
出國報告審核表：	C10301591_A.pdf					
限閱與否：	否					
專責人員姓名：						
專責人員電話：						

列印

目錄

壹、目的.....	2
貳、過程.....	3
一、美國航空氣象中心(AWC)組織介紹.....	3
二、研習行程.....	4
三、訓練過程.....	4
參、心得及建議.....	17

壹、目的

美國航空氣象中心(Aviation Weather Center, AWC)為隸屬美國商業部(United States Department of Commerce)國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)美國國家氣象局(National Weather Service, NWS)之國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)下的九個國家中心之一，其位於美國密蘇里(Missouri)州的堪薩斯市(Kansas City)，負責提供全世界即時、正確的航空氣象資訊，與使用者及其他天氣服務單位密切合作，以增進飛航安全與效率。美國政府也致力於發展最新的航空氣象技術，藉由觀摩 AWC 作業可以增廣見聞，並且了解最新航空氣象技術的發展趨勢。

此次訓練行程主要跟著 AWC 值班人員隨班見習與簡報講解，另參觀了 NWS 位於密蘇里州快樂之丘(Pleasant Hill)的天氣預報辦公室(Weather Forecast Office, WFO)及堪薩斯州堪薩斯市的航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)內的氣象服務席位(Center Weather Service Unit, CWSU)，藉此了解各氣象單位間是如何分工製作出多樣的航空氣象產品，滿足不同單位的需求、了解各氣象單位使用的觀測資料及預報工具及系統，並運用這些預報工具及經驗進行低、中、高層顯著天氣預報、區域預報及航路天氣預報等資訊。雖然本次訓練的主題以航路天氣警報服務技術為主，但希望能藉由此訓練蒐集整理美方使用的觀測資料種類、各種預報作業系統及程式的優缺點，提供作為臺北航空氣象中心於未來建置及更新系統時之參考。

貳、過程

一、美國航空氣象中心(AWC)組織介紹

美國航空氣象中心(AWC)隸屬美國商業部(United States Department of Commerce) 國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)美國國家氣象局(National Weather Service, NWS)國家環境預測中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)，NCEP除了AWC外，另有8個部門分別為：氣候預測中心(Climate Prediction Center, CPC)、環境模擬中心(Environmental Modeling Center, EMC)、國家颶風中心(Nation Hurricane Center, NHC)、風暴預測中心(Storm Prediction Center, SPC)、太空天氣預測中心(Space Weather Prediction Center, SWPC)、海洋預測中心(Ocean Prediction Center, OPC)、NCEP 作業中心(NCEP Central Operations, NCO)和天氣預測中心(Weather Prediction Center, WPC)。各部門間相互合作為美國及全球提供以科學為基礎的環境預測，並製作即時、可靠與準確的分析、諮詢、預報及警報以促進國家的經濟並保護人民的生命財產。

AWC 現任主任為 Bob Maxson 先生，帶領 AWC 四個部門，分別為：

(一)行政室：負責行政庶務。

(二)航空作業支援(Aviation Support Branch)：負責航空氣象之科學研究、模式開發校驗、電腦軟硬體維護與客戶服務等。

(三)國際航空氣象服務(International Operations Branch)：負責全球高層越洋航線顯著天氣圖及北大西洋的中層顯著天氣圖，墨西哥灣、加勒比海及全球顯著危害天氣。

(四)美國境內航空氣象服務(Domestic Operations Branch)：負責美國境內之天氣預報產品製作及天氣守視。

二、研習行程

103 年 5 月 10 日 103 年 5 月 12 日	去程	10 日自桃園國際機場搭乘長榮航空 BR18 至舊金山國際機場，隔天早上搭乘美國航空 UA5841 至堪薩斯市。美國方面由 James Henderson 接機並協助辦理住宿事宜。
103 年 5 月 12 日 103 年 5 月 21 日	研習	12 日起依原訂規劃課程在 AWC 研習訓練，16 日於 NWS 當地預報辦公室(Weather Forecast Office, WFO)，19 日參訪位於堪薩斯市航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)內的氣象服務席位(Center Weather Service Unit, CWSU)，20 日再回到 AWC 研習區域預報席位與結訓。
103 年 5 月 22 日 103 年 5 月 23 日	回程	搭乘美國國內線航班 UA5841 從堪薩斯市至舊金山國際機場，隔日再搭乘長榮航空 BR17 返回桃園國際機場。

三、訓練過程

5 月 12 日(星期一) 美國航空氣象中心 Aviation Weather Center, AWC

	主講者	內容大綱
上午	Bruce Entwistle (航空作業支援部門)	AWC 組織及席位簡介、環境及資源介紹、保密安全簡報
下午	Steve Silberberg (南半球顯著天氣席)	席位工作內容、聊天室(chat room)介紹、全球預報模式(Global Forecast System,GFS)簡介、模式預報產品介紹、預報與分析場差異討論

5 月 12 日上午 08:25 與 James Henderson 先生出發前往 AWC，經身份驗證與登記換證程序後，由行政助理 Roy Tadeo 引導進入 AWC，與副主任 Clinton Wallace、

航空作業支援部門主管 Dr. David Bright 及行政室人員 Pam Bouelagge 短暫寒暄後，Bruce Entwistle 先生將我們安排至會議室以簽署個人安全及保密協議聲明並做美國航空氣象中心的簡介與環境介紹。接著參觀 AWC 的科學發展實驗室(Science Development Laboratory)，Bruce 向我們介紹了許多資訊，如回波疊合閃電的資料等，提及 GOES 15 未來將搭載閃電測繪儀(global lightning mapper)，他也詳細說明 NCEP GFS 模式及最近更新的項目並提及 AWC 現在使用的短期預報模式為 Rapid Refresh (簡稱 RAP)，模式網格解析度為 13 公里，另持續測試解析度為 3 公里的 High-Resolution Rapid Refresh (簡稱 HRRR)，詳細內容可參考網頁 <http://rapidrefresh.noaa.gov>。

下午南半球席的值班人員剛好是負責 AWC 系統支援的 Steve Silberberg 博士，由於他的主要工作為氣象模式的校驗與研究工作，再加上多年大學任教經驗。他一邊寫出方程式，一邊介紹數值模式的預報產品，例如與亂流有關的 Ellrod index、與對流層頂高度相關的位渦(Potential Vorticity, PV)、與雷雨相關的 Richardson Number、與鋒面系統有關的相當位溫(Equivalent Potential Temperature)、風場及水氣通量的輻和輻散場，在看完很多張不同變數的產品與模式誤差場後，他提醒我們千萬不要完全相信模式，應該以學識及經驗去判斷模式預報的準確性，且建議要進行事後驗證以改進自己的預報能力。緊接著他解說他負責繪製南半球區域 FL250-630 的高層顯著天氣圖 SigWx 且須合併、調整南北半球顯著天氣圖(圖 1)，並於網路聊天室(chat room)與全球氣象守視單位討論完、作適度修改後再發布至全世界，而臺北航空氣象中心也是網路聊天室成員之一，本中心督導席亦須參與討論。

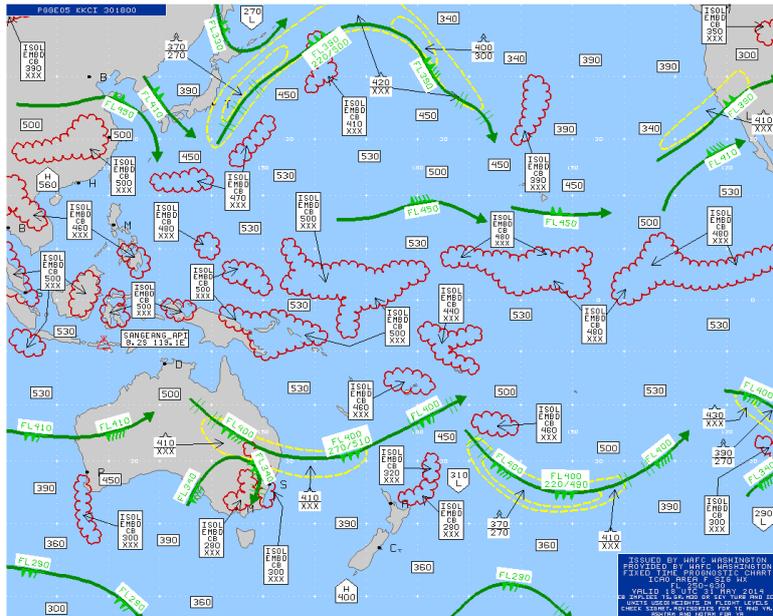


圖 1：高層顯著天氣圖。

5 月 13 日(星期二) 美國航空氣象中心 Aviation Weather Center, AWC

	主講者	內容大綱
全日	Richard Douglass (北半球顯著天氣席)	工作站設定、席位工作內容介紹、講解 SigWx 的製作流程、教導如何預報高層噴流、亂流、對流層頂、對流及積冰，介紹 BUFR 與中層顯著天氣圖及學員實際操作練習

由於全球的預報範圍相當大，故以北緯 20 度區分為南北半球，由北半球席、南半球席分別製圖，再由南半球席位負責整併、微調與發布。今日北半球顯著天氣席值班人員為擁有預報 44 年經驗的 Richard Douglass 先生，他介紹了席位工作內容、示範並講解北半球 SigWx 的製作流程與在旁指導我們實際繪製 SigWx。在 AWC 製作預報產品時，大量參考 NCEP 全球預報模式(Global Forecast System, GFS) 的產品。Richard 示範繪圖的順序為高層噴流、亂流、雲頂高度與對流雲區，其中他詳細地說明如何繪製噴流及判斷高空亂流位置，他會參考 Ellrod Index、Richardson number 和輻散趨勢項，當系統介面密集時，他切換至高空噴流垂直剖面以判別梯度最大區域且可能伴隨中度以上亂流，並辨別噴流的上下邊界之範圍，也利用相當位渦場與水氣頻道衛星雲圖判定高層高壓及低壓位置。

繪製對流區時，會參考全球的閃電落雷資料、水氣輻合場、相當位溫等資料，另外，為了滿足大西洋及歐美大陸航線的需求，北半球顯著天氣席還需要製作高度為 FL100-FL450 的北大西洋中層顯著天氣圖(圖 2)，資訊包含熱帶風暴、強烈颱風、中度或強烈亂流、中度或強烈積冰等。從旁觀察值班人員繪製顯著天氣圖時，發現模式在亂流發生區域容易有過度預報情形，Richard 告訴我們他的經驗法則並以個人經驗微調了亂流發生區域及大小，也叮嚀我們要多詢問臺北航空氣象中心資深同仁的經驗法則(rule of thumb)，以幫助資淺的預報員能更快上手，提供更準確的預報產品。

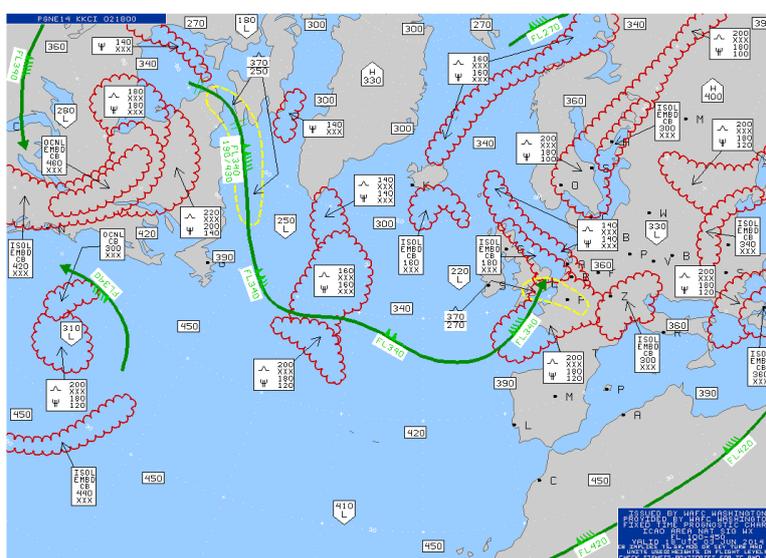


圖 2：北大西洋中層顯著天氣圖。

5 月 14 日(星期三) 美國航空氣象中心 Aviation Weather Center, AWC

	主講者	內容大綱
上午	Nonan Duke (熱帶席)	介紹飛航情報區、編發 SIGMET 的種類與守視範圍、墨西哥灣及加勒比地區預報、國內和國際預報員之間的協調、PIREPs 對警告和預報作業的影響
下午	Ed Holicky (對流顯著危害天氣席)	席位介紹與對流 SIGMET 講解與示範

	<p style="text-align: center;">Bruce Entwistle (航空作業支援部門)</p>	<p>短期系集預報模式產品介紹、預報與分析場差異討論、</p>
--	--	---------------------------------

上午預報資歷 30 多年的 Nonan Duke 先生解說熱帶席的工作重點為

(一)守視海洋(太平洋、大西洋及墨西哥灣)(圖 3 紅線框選區域)上之天氣且不定時編發此區之 SIGMET。

(二)墨西哥灣、加勒比海與東太平洋海域(圖 4)的天氣概述。

由於墨西哥灣有 4000 個鑽油平台且約三萬多人從事鑽油作業，每天約有 600 架次直昇機，故此區為全世界直升機活動最頻繁的空域，因此熱帶席(Tropical Desk)必須針對墨西哥灣每日發佈兩次天氣概述，內容為預報海平面高度 12000 呎以下有雷暴、中度以上的積冰與亂流、1000 呎以下平均風大於 25 海浬/時、結冰高度等資訊。加勒比的天气概述則是針對服務往返或經過加勒比海區域之國際民用航空器，預報範圍是從地面至 24,000 呎。

對流顯著危害天氣席守視美國陸地所有的對流天氣，將美國本土分成東、中、西部，參考雷達回波圖、衛星雲圖及閃電等觀測資料，每小時發布一次有效時間為 2 小時對流性的 SIGMET，預報高度範圍由地面到 45000 呎，預報天氣包括颶風、積雨雲、雷暴及強烈龍捲風等對流性天氣。若預報區域內沒有對流天氣系統，須在報文內加註「no convective SIGMET active」，另外對流顯著危害天氣席也參考風暴預測中心等單位針對實際尚未發生但預報可能有對流發展的區域編發有效時間為 4 小時 outlook 報文，除了提供 SIGMET、outlook 報文外，也提供圖形化的顯示，參考圖 5。

下午航空作業支援部門 Bruce Entwistle 為我們進行簡報，主題是短期系集預報模式 (Short Range Ensemble Forecast system, SREF)，目的是期望增加成員數並搭配機率統計、高斯函數的概念以得到更為客觀且更準的模式預報結果，Bruce 說明目前 AWC 的 SREF 有了 22 系集成員，每天 03Z、09Z、15Z、21Z 都會作一次

預報，預報範圍是北美地區，解析度為 22-25KM。

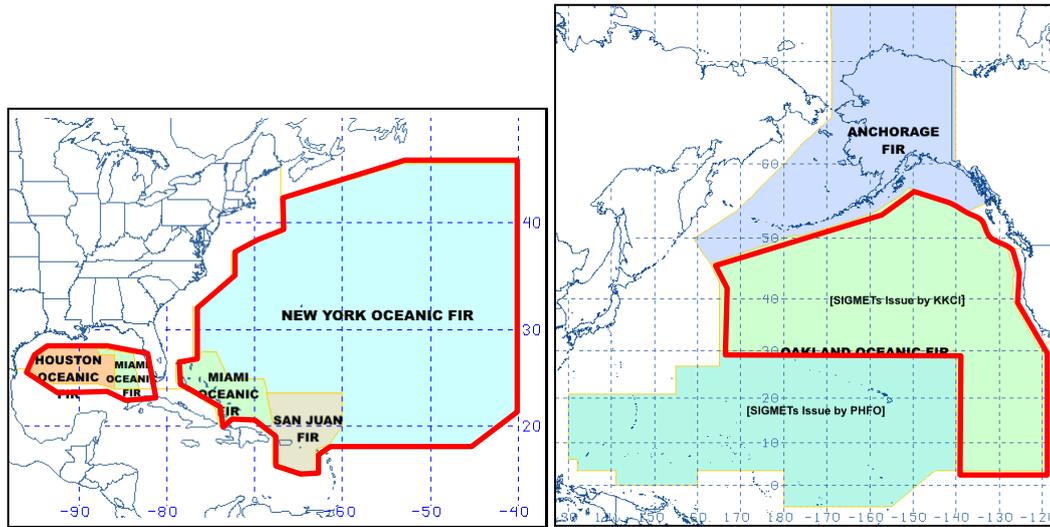


圖 3：紅線框選區域為 AWC 熱帶席負責守視大西洋、墨西哥灣及東太平洋地區國際 SIGMET 之區域。

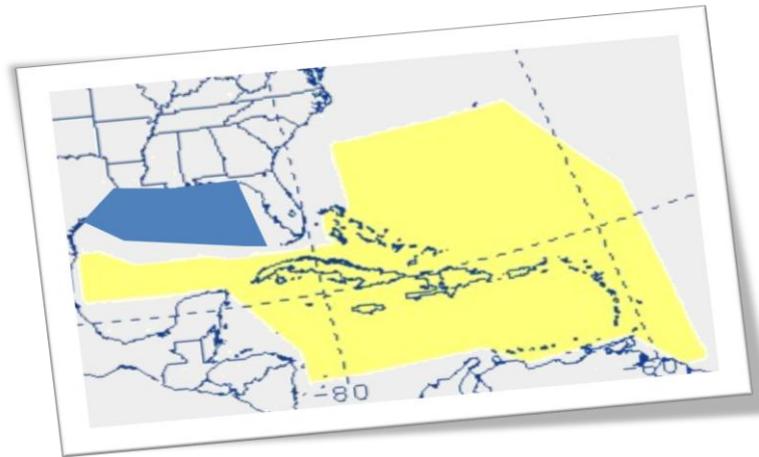


圖 4：AWC 天氣概述之預報範圍：墨西哥灣(藍色實心區域)、加勒比海與東太平洋海域(黃色實心區域)。

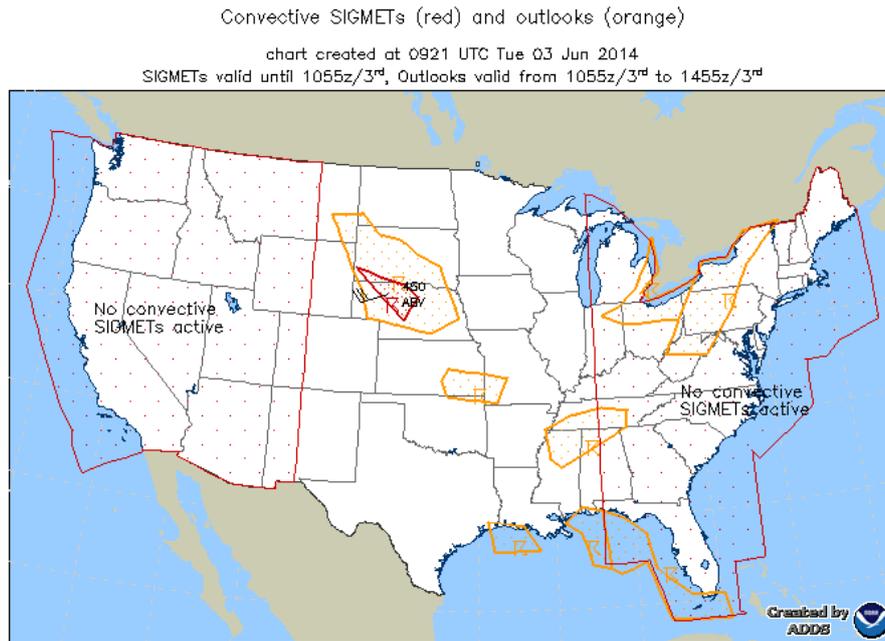


圖 5：對流顯著危害天氣席發布的 SIGMET(紅線)及 outlook(橘線)標示。

5 月 15 日(星期四) 美國航空氣象中心 Aviation Weather Center, AWC

	主講者	內容大綱
上午	Katie Deroche (對流顯著危害天氣席)	席位介紹與對流 SIGMET 講解與示範
下午	Tim Mahoney (整合對流預報席)	介紹對流整合預報過程

由於昨日下午已大致了解對流顯著危害天氣席的工作內容，Katie 示範了編發與繪製 SIGMET 及 outlook 並說明報文與預報圖必須於每小時 55 分之前發出。

下午隨班見席整合對流預報席，Tim Mahoney 先生表示美國境內的幅員廣闊，因此美國東西岸間的空中交通流量相當大，其中又以黃金三角之稱的紐約-亞特蘭大-芝加哥間的航行量最大。尤其在夏季對流天氣系統旺盛的時候，美國境內的航路及機場經常會受到雷暴、龍捲風等影響，造成機場關閉或航路上必須躲避雷暴天氣，故經常造成班機延誤及造成某空域空中交通流量暴增，因此為了達到最佳的飛行效益及流量管理，此席位最主要的工作是每 2 個小時須負責製作

整合美國境內回波值超過 40dBZ 及發展高度超過 FL250 的對流天氣系統，製作 4(圖 6)、6、8 小時的預報產品，並在發布前先於網路聊天室供美國各地的氣象人員、航空公司的氣象人員、區域管制中心氣象服務席位(CWSU)的預報員討論後，再將產品上網提供給管制人員與航空從業人員參考，以作為流量管理策略參考。

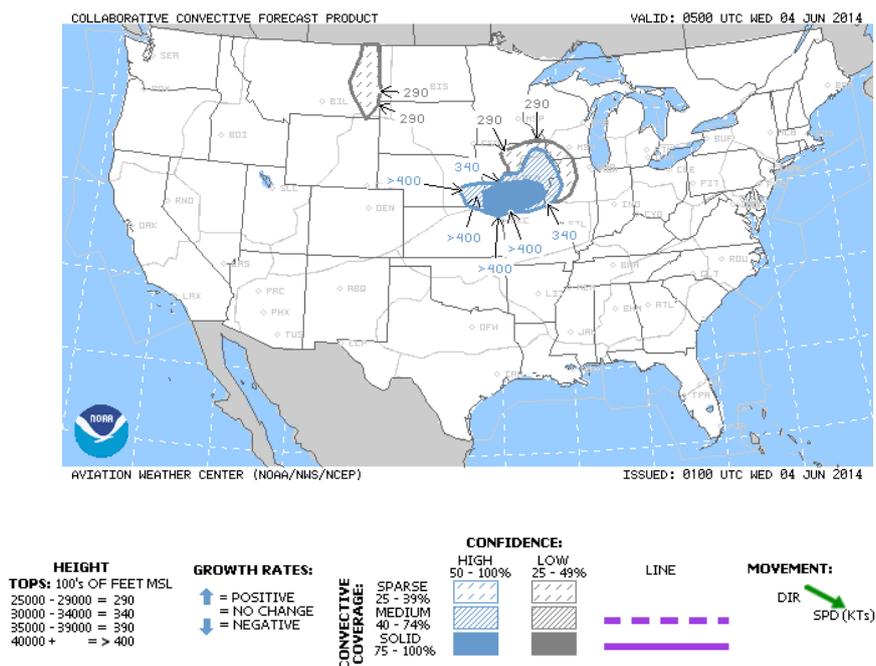


圖 6：對流整合預報席製作之 4 小時美國境內對流預報產品。

5 月 16 日(星期五) 天氣預報辦公室 Weather Forecast Office, WFO

	主講者	內容大綱
全天	Andy Bailey (警報協調預報員)	簡報 NWS/WFO、機場預報(TAF)、機場天氣警報、介紹工具軟體、參觀雷達及機房

一抵達位於密蘇里州快樂之丘(Pleasant Hill)的天氣預報辦公室(圖 7a 與 b)，代理主任的 Andy 將我們帶至會議室並作簡報介紹，簡報內容說明此 WFO 負責預報的區域範圍約 38000 平方公里，包含 44 個行政區(county)，人口約 240 萬人，例行性工作內容為對一般大眾發布的七日天氣預報、負責每 6 小時編報有效時間為 24 小時的三個機場(MCI、MKC 及 STJ) 之機場預報(TAF)、水文預報、季節性的

空氣品質與火災預報以及針對龍捲風、雷暴經常發生的地區，發布危害天氣之警報。此外，WFO 另有派駐氣象專責人員在航路管制中心 ARTCC，提供飛航氣象預報服務。看完簡報後，Andy 帶我們參觀作業室與介紹 WFO 使用的工具軟體，結束後又參觀了塔頂的雷達及機房。



圖 7a：位於密蘇里州快樂之丘的天氣預報辦公室外觀與。圖 7b：我們與歡迎小海報合照。

Andy 介紹兩個經常使用的工具軟體為 AVNFPS(Aviation Forecast Preparation System)及圖形化編輯器(Graphic Forecast Editor, GFE)。AVNFPS(圖 8a)是一套多功能的整合 TAF 編報、發報軟體以及氣候統計分析軟體。AVNFPS 可以擷取模式預報資料，將機場所在之格點資料自動編成 TAF 報文，預報員再依經驗手動修改報文內容，最後按下“偵錯”鍵自動做語法檢查以避免人為誤繕後再發送出去。AVNFPS 還整合了氣候資料查詢與統計分析功能，可供預報員參考各機場的氣候資料，讓新進預報員編發預報時，參考氣候值做出適當的判斷。另外，AVNFPS 主要版面內以顏色顯示目前最新的 TAF 的各項參數與最新 METAR 是否差距太大，可即時提醒預報員某段預報與目前的天氣差距過大，已達到應該修正的門檻。另外，在 WFO 裡，所有預報產品的資料來源都是透過 GFE，預報員也可以經驗透過 GFE 修改模式網格點的預報值，GFE 圖(8b)扮演的角色為將數值模式格點預報資料庫進行各類氣象參數預報產品製作和文字轉譯的工作。最後，Andy 指出目前 WFO 致力於發展 TAF 的能見度及雲霧數值直接由模式預報資料輸出。

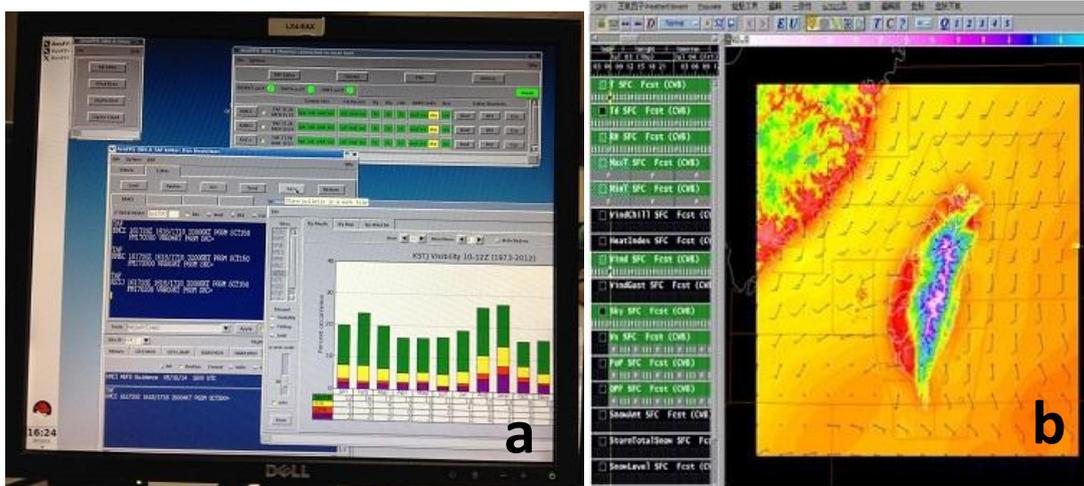


圖 8a 及 8b：AVNFPS，右上為 AVNFPS 主要程式，左下為 TAF 編發報軟體，右下為氣候統計分析軟體。圖 8b：圖形化編輯器 GFE。

5 月 19 日(星期一) 美國航路管制中心 Air Route Traffic Control Center, ARTCC

	主講者	內容大綱
全天	Rich Webber Mark Burger (氣象服務席位)	參加早晨簡報、CWSU 作業簡介、CWSU 作業用軟體及系統之簡介、參觀航路管制

美國國家氣象局(NWS)在各航路管制中心雷達管制室派駐一個氣象服務席位，任務為提供美國聯邦航空局(FAA)的空中交通管理者(Air Traffic Managers)與管制員支援與諮詢，並隨時提供 FAA 的空中交通管理者與管制員天氣諮詢與隨時守視負責區域內所有可能影響飛航操作的天氣，若預期將發生或已經發生影響飛航操作的天氣時，則發布氣象公告(Center Weather Advisory, CWA) 及氣象影響報告書(Meteorological Impact Statements, MIS)。

本日參訪位於堪薩斯市的美國航路管制中心(ARTCC ZKC)之氣象服務席位(Central Weather Service Unit, CWSU)，完成安檢後，Rich Webber 先生引導我們進入管制作業室並介紹了管制督導及 Mark Burger 先生。接著參與每日早晨七時四十五分之簡報會議。首先由 CWSU 之值班預報員 Mark Burger 先開始簡報當日的

天氣狀況、對流系統的位置、SIGMET、AIRMET 發布區域等資料，隨後由值班的航管主管針對天氣系統所造成的航路流量上的衝擊及其他影響流量的因素，向負責各區域航路之督導進行今日流量管制的提示。會議中可清楚看到 Mark Burger 簡報時所提供的圖形化產品有數位化手繪簡報用區域顯著天氣圖(圖 9)、CCFP 預報的對流區域圖、積冰預報位置、噴流位置圖、飛機報告位置圖、TAF、主要轉運機場預報、亂流位置圖等。

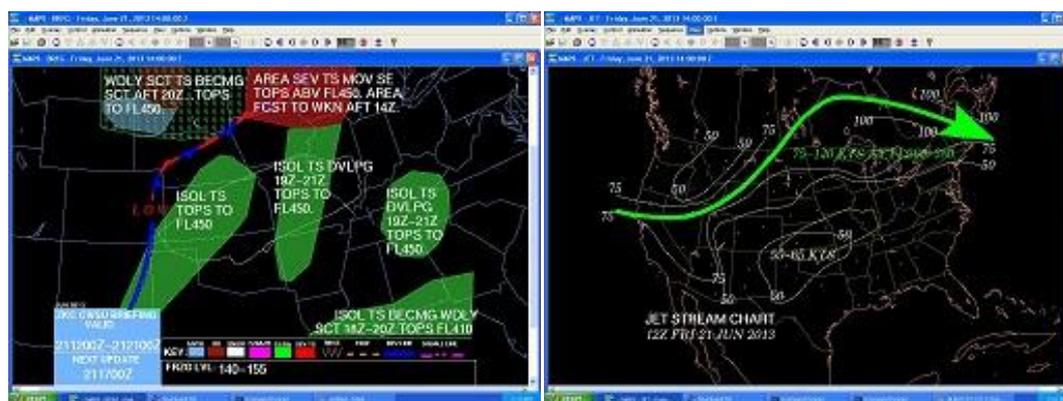


圖 9：預報員使用特製的軟體手工繪製的區域顯著天氣預測圖及噴流位置圖。

Rich 也介紹了 CWSU 席位上整合的資訊顯示系統，可以接收即時觀測資料(衛星、雷達、探空、地面觀測)及預報資料 (CCFP、SIGMET、AIRMET、FA、TAF) 以及模式輸出產品，CWSU 席位也需要參與 CCFP 的網路聊天室且必須把每日晨間簡報內容影音檔上傳至網路，以供航管相關人員可隨時線上收看。參訪完 CWSU，交通管制單位(Traffic Management Unit, TMU) 的 Ben Patten 先生簡報介紹了 TMU 並告知當管制員在做判斷時實際天氣與預報天氣是非常重要的！他也展示了他們的航管系統，接著我們至管制席位聆聽 30 分鐘的無線電管制通話，感受美國繁忙的空中交通。

5 月 20 日(星期二) 美國航空氣象中心 Aviation Weather Center, AWC

	主講者	內容大綱
全天	Liam Lynam	席位介紹、AIRMET 及非對流性 SIGMET 介紹、繪製低層顯著天氣圖、解說 PIREP 的重要性、

	(美國區域預報西部席) Bob Maxson (AWC 主任)	結業
--	---	----

美國境內幅員遼闊，區域預報席由西部(FA West)、中部(FA Central)及東部(FA East)(圖 10)三個席位組成，三個席位負責的工作內容一樣，差別只在於負責區域不同，每個席位負責該區的預報產品，最後再由西部席結合及發布。



圖 10：美國區域預報席負責區域劃分為東部、中部與西部。

區域預報席負責的工作共有四項，為天氣區域預報概述(FAs)、AIRMET 及 G-AIRMET、非定時發布非對流性的 SIGMET 及低層顯著天氣圖(Low Level Significant Weather Chart)。每天發布 3 次天氣區域預報概述，預報有效時間為 12 小時，再加上 6 小時天氣展望(outlook)。AIRMET 主要針對發生在 45000 呎以下的危害天氣，包含中度積冰、結冰層高度、中度亂流、低空風切等，每六小時編發一次，預報有效時間為 6 小時及再加上 6 小時的危害天氣展望，除了守視高度 45000 呎與氣象中心現行作業不同外，區域預報席會額外繪製 G-AIRMET，將預報 00、03、06、09 和 12 小時的個別預報面積範圍都框選住，垂直發展或發生厚度選最高(或厚)。舉例來說，欲繪製有效時間為六小時的 G-AIRMET，同樣地

個別繪製每 3 小時系統的預報位置與高度，G-AIRMET 的範圍為圖 11 紅線框選的區域。

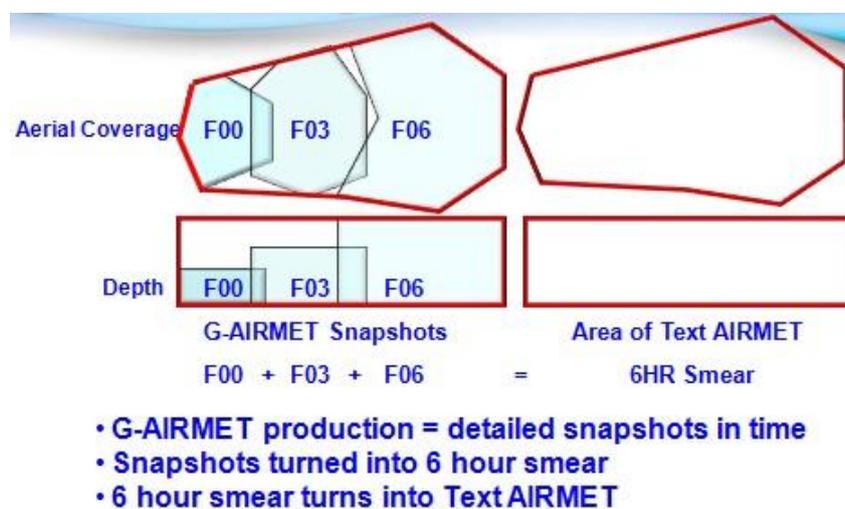


圖 11：有效時間為六小時的 G-AIRMET 概念圖。

低層顯著天氣圖(圖 12)為 24 小時預報圖，預報高度由地面至 24000 呎，每天發布 4 次(00Z、06Z、12Z、18)，圖上標示飛航分類 (MVFR 及 IFR)、中度以上亂流以及結冰層高度等。另外，隨班見席時觀察到 Liam 除了參考模式預報產品、衛星、雷達產品、地面觀測資料外，這個席位也很重視飛機報告 (PIREP)，可比較模式預報產品與實際天氣的差異，此席位也需要將飛機報告資料定期列印裝冊。

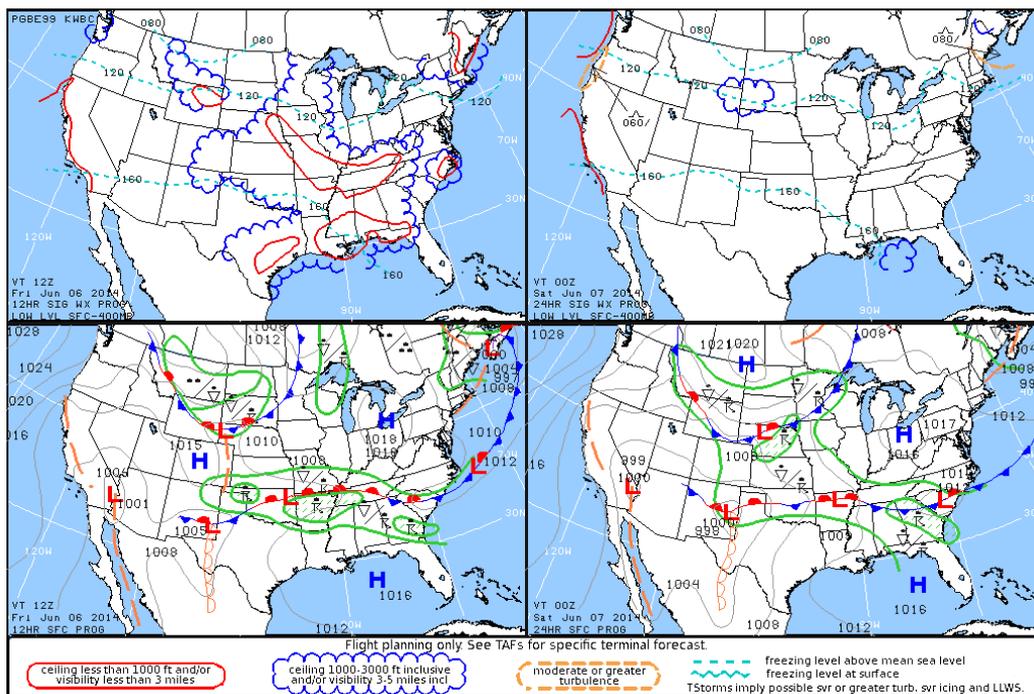


圖 12：低層顯著天氣圖

參、心得及建議

一、提升衛星雲圖時間、空間解析度及加入雷達回波疊合閃電資料， 進而提升預報品質

在 AWC 隨班見席期間可發現每個席位都有獨立螢幕顯示雷達回波疊合閃電資料，當預報員進行 TAF 及 SIGMET 編報作業時極度依賴此觀測資料。臺北航空氣象中心目前使用委託美國國家大氣科學研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)開發的多元化氣象產品顯示系統(Advanced Java-based Multi-dimensional Display System, JMDS)，系統整合了模式預報與地面及高空觀測資訊，尚未有類似閃電觀測的產品。國內中央氣象局與經濟部水利署、農委會水土保持局及美國劇烈風暴實驗室(National Severe Storm Laboratory, NSSL)自 2002 起整合多重氣象觀測資料並結合地理資訊系統發展劇烈天氣監測系統 QPESUMS(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Mutiple

Sensor)，其中包含了國內閃電頻率顯示，提供台電整合型閃電落雷偵測系統(Total Lightning Detection System, TLDS) 之觀測資料即時、1 小時、3 小時、6 小時、12 小時、24 小時及 72 小時之閃電頻率顯示(圖 13)，臺北航空氣象中心預報員可透過網際網路獲得此觀測資訊，建議未來能將國內閃電觀測資料加入 JMDS，提高天氣守視的即時性，在對流系統旺盛、嚴重危害飛行天氣的情況下，預報員只要使用同一套顯示系統，即可得到詳盡地觀測資料再搭配模式預報以提供良好的預報，同時，也可作為氣象臺觀測員執行觀測工作時的輔助資料。

此外，衛星觀測資料可彌補了海洋、沙漠、高原等觀測資料不多的問題，利用衛星雲圖辨別不同的天氣系統與位置，估計其強度和發展趨勢，為天氣分析和天氣預報提供依據以提高預報準確度。AWC 現正測試每分鐘更新一筆衛星雲圖資料，目前受限於通訊頻寬只能在單機使用，故 AWC 將提高 20 倍通訊速度使每分鐘更新一筆衛星雲圖資料能在今年 9 月正式上線。目前臺北航空氣象中心衛星雲圖資料為 30 分鐘更新一次，而日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA) 預計 2014 年發射新一代衛星 Himawari-8，2015 開始正式運作，Himawari-9 計畫在 2016 年發射，屆時將由原本 5 個頻道提升為 16 個頻道並提高時間解析度 10 分鐘更新一次，也將空間解析度提高至 0.5 至 2 公里(可參考網址 <http://mscweb.kishou.go.jp/himawari89/>)，建議臺北航空氣象中心可參考日本衛星 Himawari-8/9 運作的計畫時間，強化作業系統的衛星雲圖時間及空間解析度，以利未來預報作業進行，尤其是在低雲、霧方面之預報。

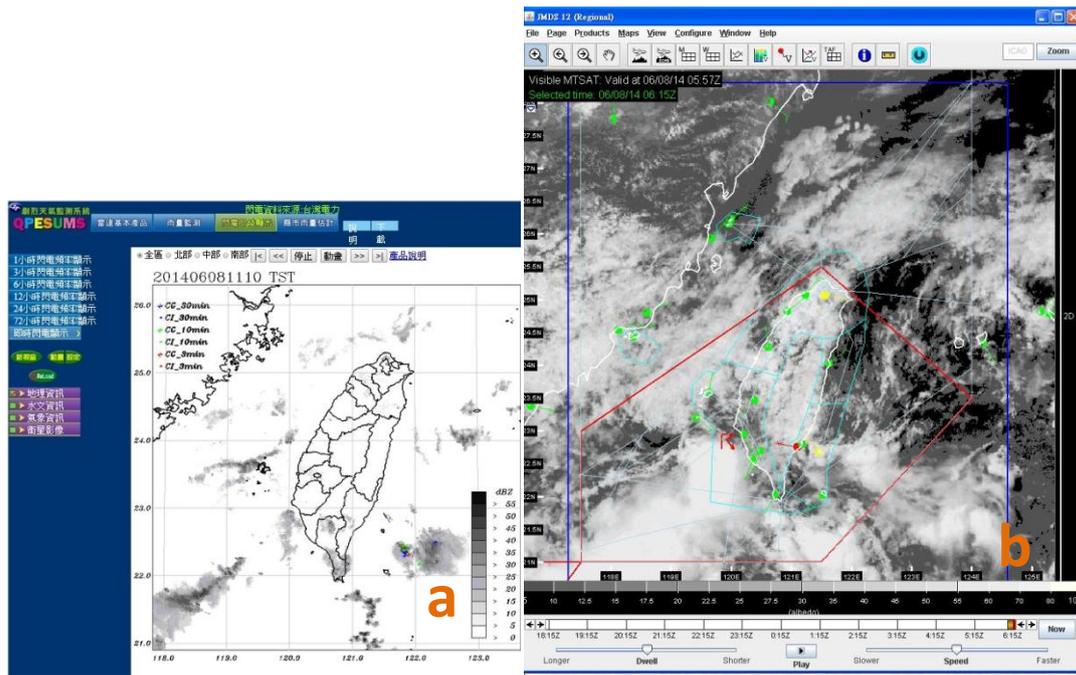


圖 13a：中央氣象局劇烈天氣監測系統 QPESUMS 閃電頻率顯示畫面，圖 13b：臺北航空氣象中心使用的多元化氣象產品顯示系統 JMDS。

二、發展具備偵錯功能的發報程式，降低人為誤繕的發生

AVNFPS 是一套多功能的整合 TAF 編報、發報軟體以及氣候統計分析軟體。AVNFPS 可以擷取模式預報資料，將機場所在之格點資料自動編成 TAF 報文 (圖 14a 綠線框選的部分即為選項)，預報員再依經驗手動修改報文內容，最後按下“偵錯”鍵自動做語法檢查以避免輸入上的錯誤後再發送出去。當預報員 TAF 報文編輯好、發送出去前，透過 QC 偵錯鍵(圖 14 紅線框選區域)可避免掉一些誤繕問題，例如雲幕 BKN 誤繕為 BJN、雲高 032 誤打為 02 等錯誤，在報文發送出去前，使用 QC 功能可降低 COR 與 AMD 的機會，建議未來發報程式改版時可新增 QC 偵錯鍵，功能完善的發報程式可使預報員事半功倍！

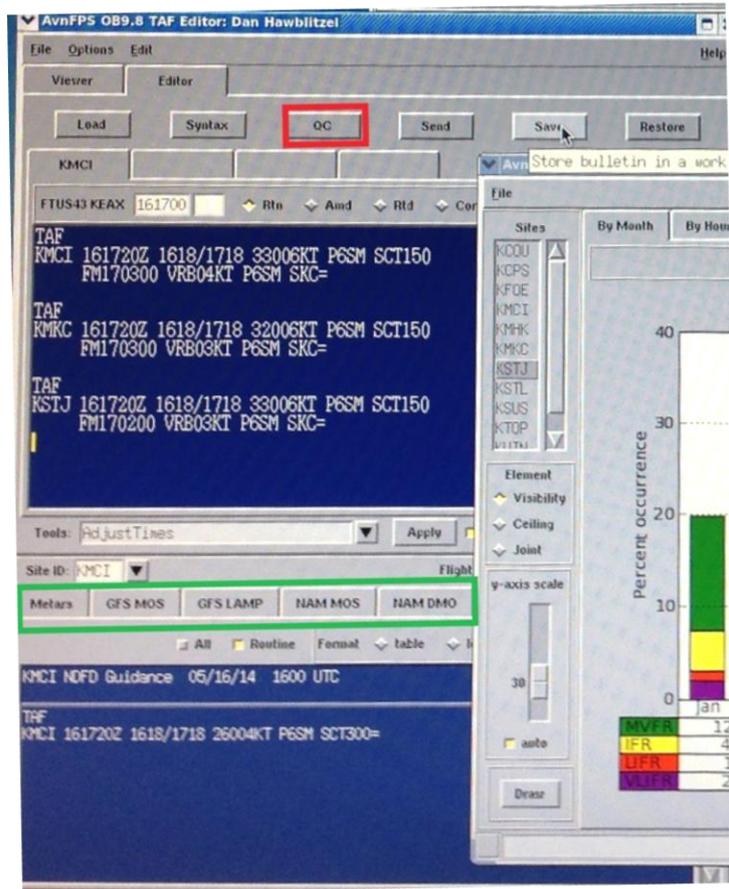


圖 14：WFO 使用的 AVNFPS，綠線框選為模式預報結果自動編譯輸出的 TAF 報文，紅線框選為 TAF 編輯完、發送前可點選的 QC 偵錯鍵。

三、設置航管自動化系統(CNS/ATM)畫面之螢幕，使預報員掌握完善航路資訊

美國 AWC 作業室內設置了大型 LCD 電視螢幕，即時展示美國所有空域內的航機資訊及位置，以供預報員參考。目前臺北航空氣象中心針對臺北飛航情報區 (Flight information region, FIR)(圖 15a)內航路、航線已發生或預期發生可能危害航空器飛行安全之顯著危害天氣編發 SIGMET 或飛航空層 10000 呎以下可能影響低空飛航安全之天氣現象編發 AIRMET，職等此次赴美主要課題以航路天氣警報服務技術為主，故建議在氣象中心作業室內設置 CNS/ATM 飛航管理系統(Air Traffic Management System,ATMS)畫面之螢幕(圖 15b)，顯示範圍為臺北飛航情報區且將

10000 呎以下與超過 10000 呎的航機資訊以不同顏色區分，如此一來，預報員可了解到當發布顯著天氣資訊時，會影響到多少航機的運作、資訊發布後，對管制作業及航機飛行改變的實際影響，預報員可以直接感受到航空氣象資料使用者為其的變化，進而了解其作業方式，擴大單位間橫向溝通的廣度，未來在發布或取消顯著天氣資訊時，更能提供兼顧航空氣象專業及飛航作業需求的決策並提升飛航服務品質。

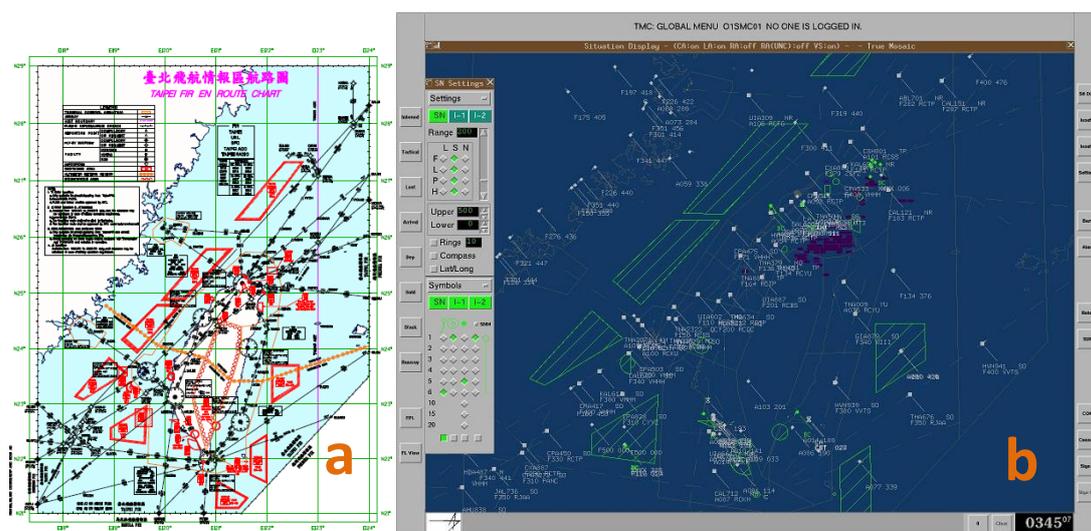


圖 15a：臺北飛航情報區航路圖。圖 15b：CNS/ATM 畫面，此圖僅為示意圖，本次建議的畫面範圍為臺北飛航情報區，且 10000 呎以下與超過 10000 呎的航機資訊以不同顏色區分。

四、邀請專家學者擔任訓練講師，強化預報員衛星雲圖影像解析能力

由於美國疆土遼闊，無法每一處都有豐富觀測資料如高山、洋面，也可能因地形阻擋導致雷達無法觀測到的區域，因此對美國 AWC 預報員而言，氣象衛星遙測資料是不錯的選擇！在美國 AWC 內每個席位都很依賴衛星雲圖，例如可看見熱帶席編發區域預報時主要參考衛星雲圖，模式預報為輔，南北半球顯著天氣席也用雲圖來檢視其繪製的顯著天氣圖的合理性，在 AWC 現有多位預報經驗豐富的現職資深預報員(如 Nonan Duke、Richard Douglass 等)可將判讀衛星雲圖的經驗傳承給資淺的預報員。然而，近幾年國內退休制度的改變造成公部門工作超過

30 年以上的現職資深人員不多，臺北航空氣象中心也面臨相同處境，雖然大多數的預報員都是本科系出身，都知道衛星雲圖的判圖原理、規則，但因年資不長，較缺乏實務上的經驗，故建議邀請氣象局或學術界具衛星雲圖影像解析經驗相關人員擔任訓練講師，透過具衛星雲圖影像解析經驗相關人員的經驗分享，強化預報員的雲圖判圖能力並應用於氣象預報作業。

五、持續派員赴美學習新的預報技術

美國氣象預報技術的領先程度為全球數一數二，藉由此次參訪接觸了美國先進的氣象預報技術、模式預報產品及良好預報作業環境，也與參訪單位的預報員交流了預報經驗與工作心得並擴展了國際視野。建議民航局持續派員至美國 AWC 研習，除了能提升預報專業能力和學習預報新知，更可使我國的航空氣象預報技術持續逐步地與國際接軌。