出國報告(出國類別：實習)

赴美國航空氣象中心(AWC)
研習航空氣象數位資料服務技術

服務機關：交通部 民用航空局 飛航服務總台
姓名職稱：張友忠 主任氣象員
官岱煒 觀測員
派赴國家：美國
出國期間：民國 99 年 5 月 15 日~99 年 5 月 28 日
報告日期：民國 99 年 7 月 28 日

提 要 表

系統識別號：	C09902048
計畫名稱：	研習航空氣象數位資料服務技術
報告名稱：	研習航空氣象數位資料服務技術
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 張友忠 交通部民用航空局飛航服務總臺 臺北航空氣象中心 主任氣象員 薦任(派) 官岱煒 交通部民用航空局 臺北航空氣象中心 觀測員 薦任(派) 聯絡人davidkuan@cook-team.org
前往地區：	美國
參訪機關：	美國航空氣象中心(Aviation Weather Center)
出國類別：	實習
出國期間：	民國99年05月15日 至 民國99年05月28日
報告日期：	民國99年07月28日
關鍵詞：	AWC，WFO，ARTCC
報告書頁數：	30頁
報告內容摘要：	美國航空氣象中心(Aviation Weather Center, AWC)位於美國密蘇里(Missouri)州的堪薩斯市(Kansas City)，所屬美國商業部(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)之國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)，其任務爲負責提供即時、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。 此次參訪行程中包含位於美國航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)內的氣象服務席位(Center Weather Service Unit, CWSU)，以及預報辦公室(Weather Forecast Office, WFO)，可以更深入瞭解各個不同的氣象單位間如何分工提供不同的航空氣象產品，以及其運作的方式。
電子全文檔：	C09902048_01.doc
出國報告審核表：	C09902048_A.doc
限閱與否：	否
專責人員姓名：	陳碧雲
專責人員電話：	02-23496197

目錄

壹、　目的.....1
貳、　過程.....2
一、研習行程.....2
二、研習內容.....5
1、美國航空氣象中心(AWC)組織及作業概況.....5
2、天氣預報辦公室（Weather Forecast Office, WFO）作業觀摩....18
3、參訪氣象服務席位(Central Weather Service Unit, CWSU).....23
參、　心得與建議.....29
一、心得.....29
二、建議.....30

壹、 目的

美國航空氣象中心(Aviation Weather Center, AWC)位於美國密蘇里(Missouri)州的堪薩斯市(Kansas City)，所屬美國商業部(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)之國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)，其任務為負責提供即時、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。

此次參訪行程中包含位於美國航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)內的氣象服務席位(Center Weather Service Unit, CWSU)，以及預報辦公室(Weather Forecast Office, WFO)，可以更深入瞭解各個不同的氣象單位間如何分工提供不同的航空氣象產品，以及其運作的方式。

貳、 過程

一、研習行程

第一天　5 月 15 日（六）

於台灣時間 19：50 搭乘長榮航空 BR18 班機，由臺灣桃園國際機場起程至舊金山，抵達時為當地時間 16:00，經通關程序後，搭乘旅館接駁巴士前往機場附近的 Vagabond Inn 住宿一晚。

第二天　5 月 16 日（日）

於美國當地時間 06：10 搭乘美國航空(American Airline)班機 AA591，由舊金山經芝加哥海爾機場短暫停留後，於當地時間 13:15 原班機前往堪薩斯市，抵達機場後，負責此次 AWC 行程安排的 Jim Henderson 已在旅客出口等候，提領行李之後，Jim 開車接送我們至此行的下榻旅館 Hampton Inn。在抵達旅館後協助辦理入住(Check In)手續，並介紹旅館內各項設施及附近生活機能，方便未來十天在此用餐及購買生活必需品之需求，而未來之行程將由 Jim Henderson 全程陪同。

第三天　5 月 17 日（一）

本日於上午 09:00 起程前往位於堪薩斯市國際機場(MCI)附近之 AWC，抵達後經過身份驗證及登記換證程序，首先會見 AWC 主任 Bob Maxson 先生，短暫寒暄後 AWC 副主任 Clinton Wallace 展示 AWC 正在開發之自動化高層顯著天氣圖的開發進度，目前自動繪製的噴流與預報員的繪製結果比較成果大致還不錯，但在噴射氣流曲率較大處及多層噴射氣流交會處仍要加強。稍後 AWC 之行政助理 Amy Wilson 在會議室為我們進行簽署個人安全及保密協議聲明，並由 AWC 負責客戶公關的服務的 Pat Murphy 先生為我們做美國航空氣象中心簡介。會後我們會見負責 AWC 系統支援的 Steve Silberberg 博士，他的主要工作為氣象模式的校驗與研究工作。午餐後，由北半球席(Northern Hemisphere desk)值班氣象員 Ted Hoffman 先生為我們介紹噴流預報之概念。

第四天　5 月 18 日（二）

本日由北半球席值班氣象員 Jessie Sparks 先生為我們介紹高層顯著天氣圖(Sig Weather Chart)製作，講解其參考使用的工具，包含 Ellrod index、模式輸出的最大風速剖面、模式探空、衛星水汽頻道、模式降水預報等產品，並且學員在值班氣象員之指導之下，使用其繪圖系統親自製作 2010-05-18 1800Z 之高層顯著天氣圖產品並將製作結果上傳。

第五天　5 月 19 日（三）

本日上午由熱帶席(Tropical desk)值班氣象員 Ted Hoffman 先生為我們介紹熱帶席天氣守視的範圍與工作執掌，並且示範其如何編報加勒比海域之天氣概述。隨後由對流顯著危害天氣警報席(Convective Sigmet Desk)值班氣象員 JoAnn Becker 小姐為我們講解其工作執掌，值得一提的是，本日之對流顯著危害天氣警報由位於伊利諾州史考特空軍基地(Scott Air Force Base, Illinois)之備援席位製作，並且 AWC 派遣三位氣象員至史考特空軍基地與空軍之氣象員共同作業，作為緊急備援作業之演練。午後由對流整合預報產品席位(Convective Collaboration Forecast Production Desk, CCFP)值班氣象員 Don Baker 先生為我們介紹其工作執掌。

第六天　5 月 20 日（四）

本日由區域預報席(Area Forecast Desk) Steve Henderson 先生為我們介紹其預報產品，包括定時發布之天氣區域預報概述(FAs)、每日定時發布之顯著危害天氣(AIRMET)，低層顯著天氣圖(Low Level Significant Weather Chart)等產品。而 Steve Henderson 先生同時為班務督導(Shift Supervisor)，於值班時必須隨時注意辦公室內的硬體設備是否正常、產品是否有按時輸出、以及值班人員如果臨時無法上班必須負責尋覓其代理人。

第七天　5 月 21 日（五）

今日前往位於密蘇里州快樂之丘(Pleasant Hill Missouri)的天氣預報辦公室(Weather Forecast Office, WFO)，其負責人 Julie Adolphson 女士為我們做簡報介紹 WFO 作業，隨後由其負責科學及作業(Science and Operations Officer, SOO)之 Suzanne Fortin 女士為我們介紹 Bufkit 及 AVNFps 9.2 軟體，此外還提到一個 UCAR 網站中有很多關於航空氣象作業的教材可供自修。

第八天　5 月 22 日（六）

週末休息。

第九天　5 月 23 日（日）

週末休息。

第十天　5 月 24 日（一）

早上 06:30 出發前往堪薩斯市(ZKC)的美國航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)之氣象服務席位(Center Weather Service Unit, CWSU)，並且參加其每日早晨之簡報會議。

第十一天　5 月 25 日（二）

早上 06:40 出發前往位於快樂之丘(Pleasant Hill)的預報辦公室(Weather Forecast Office)參觀。下午 13:00 回到 AWC CCFP 席位，由 Don Baker 先生為我們介紹其預報產品。

第十二天　5 月 26 日（三）

於美中時間 08：00 搭乘美國航空 AA1459 班機至達拉斯沃夫堡(DFW)，轉搭 11:20 美國航空 AA1441 班機至舊金山，並於舊金山時間 27 日凌晨 01:00 搭乘長榮航空 BR17 班機返回台灣。

第十三天　5 月 27 日（四）

返回台灣航程中，經國際換日線。

第十四天　5 月 28 日（五）

於台灣時間 05：20 返抵順利台灣桃園國際機場。

二、研習內容

1、美國航空氣象中心(AWC)組織及作業概況

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)國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)之下，而 NCEP 除了 AWC 外，另有氣候預報中心（Climate Prediction Center, CPC)、環境模擬中心（Environmental modeling Center, EMC)、水文氣象預報中心（Hydrometeorological Prediction Center, HPC)、海洋預報中心（Ocean Prediction Center, OPC)、太空環境中心（Space Weather Predition Center, SWPC)、風暴預報中心(Storm Prediction Center, SPC)和國家颶風中心(Nation Hurricane Center, NHC)，共八個中心負責專門業務，而 AWC 的作業又與 CPC、HPC、OPC、HPC、SPC 間保持密切的合作關係，共享部分之氣象資料與資源，以及進行各種研究計畫及合作開發各種作業系統及模式預報系統。

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

- 行政室：負責行政庶務。
- 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、客戶服務等。
- 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、加勒比海及國際顯著危害天氣。
- 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。

並且自從 911 事件後，美國政府相當注重備援機制，此次參訪中得知，AWC 除了在預報中心當地備有備援線路與發電機之外，AWC 與美國空軍有備援協議，在美國空軍有備用的設備，平時資料亦有在美國空軍基地備份，若發生重大事故造成 AWC 完全無法運作時，AWC 的作業可以移至美國空軍基地繼續運作。

AWC 也非常注重客戶服務，美國航空氣象中心為一非營利之政府機關，但是也是十分注重使用者需求，只要對於飛航安全及增進飛行效率有所助益一定盡力達成使用者的需求，並且美國政府也全力支持，在參訪 AWC 期間，剛好 AWC 召開使用者會議，與會者主要為各航空公司，討論其預報產品是否滿足使用者的需求、是否有需要改進之處以及航空公司是否有其他需求等。

AWC 的主要工作為負責美國國內及境外之飛航天氣預報及天氣守視，製作天氣預報產品、危害飛航操作之天氣警報等。而國際航空氣象服務及美國境內航空氣象服務之作業地點位於 AWC 預報作業室中，再依照工作性質分為三個區塊、總共八個席位，席位名稱及其工作內容與值班時間整理如下表所示：

區塊	席位	工作內容	值班時間
國際氣象服務	北半球席 (NH Desk)	負責繪製作北半球區域 FL250-630 之顯著天氣圖及北大西洋區域 FL100-450 之中層顯著天氣圖	0700-1700L 1900-0500L
	南半球席 (SH Desk)	負責繪製南半球區域 FL250-630 之著危害天氣圖（SigWx），合併南北半球顯著天氣圖，並於聊天室與全球氣象守視單位討論其製作之產品。	0700-1700L 1900-0500L
	熱帶席 (Tropical Desk)	負責墨西哥灣、家勒比海、大西洋之天氣預報概述(FAs)及北美及大西洋、太平洋區顯著危害天氣預報（SIGMET）	24 小時
國內對流預報	對流顯著危害天氣席 (Convective Sigmet Desk)	守視美國境內對流天氣，並且每 2 個小時編發對流顯著危害天氣報告，有效時間 2 小時，若無對流顯著危害天氣，仍需每兩小時編發報文，但以 No convective SIGMETs active 表示。	24 小時
	整合對流預報席 (CCFP)	負責每 2 個小時製作整合美國境內對流系統天氣做 2、4、6 小時預報，並將產品上網提供給管制人員與航空從業人員參考。	每年四月至十月之 0800-2100L
國內航路預報	西部區域預報席 (FA W)	每 6 小時發布 1 次美國境內西部航路區域之非對流 SIGMET 與 AIRMET。	24 小時
	中部區域預報席 (FA C)	每 6 小時發布 1 次美國境內中部航路區域之非對流 SIGMET 與 AIRMET。	24 小時
	東部區域預報席 (FA E)	每 6 小時發布 1 次美國境內東部航路區域之非對流 SIGMET 與 AIRMET。	24 小時

表一：美國航空氣象中心席位列表及工作內容概述

北半球席(NH Desk)、南半球席(NH Desk)

ICAO 在 ANNEX 3 中規範了世界區域預報系統(Word Area Forecast System, WAFS)，而在 WAFS 下有兩個世界區域預報中心(Word Area Forecast Center, WAFC)，分別位於美國華盛頓的國家海洋大氣總署(NOAA)及英國倫敦的氣象局(Met Office)，AWC 為位於華盛頓之世界區域預報中心繪製全球高層顯著天氣圖，並且依照區域協議製作北大西洋之中層顯著天氣圖，華盛頓與倫敦同時繪製全球之高層顯著天氣圖互為備援。

AWC 的南、北半球席就是負責上述的工作，此席位分早晚 2 班，並非 24 小時值班席位，值班時間分別為 0700-1700L、1900-0500L，並非 24 小時值班席位，主要產品為每 6 小時(0000, 0600, 1200 and 1800 UTC)製作一次預報有效時間 24 小時的高層顯著天氣圖 SIGWX(如圖 1 所示)，高度範圍由 25,000－63,000 呎，並經由華盛頓之世界天氣預報中心發佈，因製作產品的範圍相當廣大，包含全球區域，因此以北緯 20 度分為南北半球，分別由兩個席位分別製作，完成後由南半球席位負責最後合併及調整的工作，並且在發佈前預報員先與各國氣象單位在網路聊天室(chat room)作討論與做適度修改，因為世界各國氣象單位對於其守視區域範圍附近的天氣系統的掌握較佳，因此經過討論可以使預報產品更具準確性，此外，值得一提的是台北航空氣象中心也是此網路聊天室的成員之一，每日均定時與世界各氣象單位討論，並提供東南亞地區顯著天氣之看法。

北半球席的 Jessie Sparks 先生為我們介紹席位工作概況時，曾提到顯著天氣圖最主要的用途，是提供航空公司作長程之飛行計畫參考之用，考量航路上可能遭遇之積冰、亂流、對流雲、火山灰、對流層頂高度等資訊，規劃其飛行所需要之時間、需要攜帶多少的油料及可以載運多少的貨物等，但是顯著天氣圖的文件僅作飛行前之飛行計畫參考用，當飛機於航路飛行時，就要參酌其他及時的天氣資訊，如 SIGMET、AIRMET 等資訊。

北半球席除了高層顯著天氣圖產品外、還需製作北大西洋中層顯著天氣圖，高度範圍由 10,000－45,000 呎，以滿足把大西洋歐美大陸航線之需求。顯著天氣圖上的氣象資訊包含：熱帶風暴(topical cyclone)、強烈颮線、中度或強烈亂流、中度或強烈積冰、面積廣泛的沙塵暴、積雨雲(CB)、對流層頂高度、噴流、火山灰等。

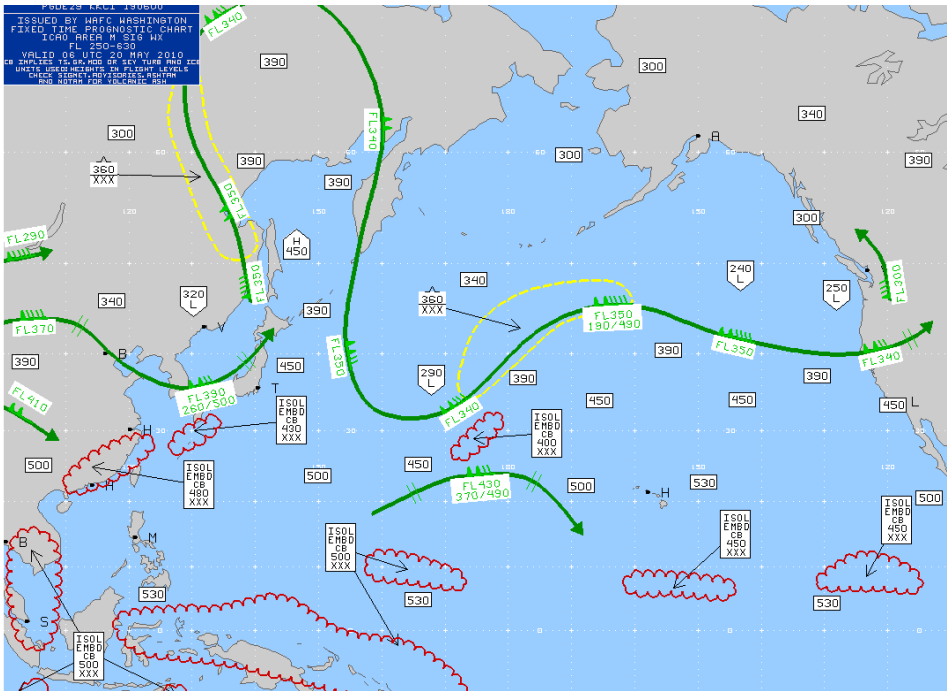

圖 1：高層顯著天氣圖。

美國華盛頓世界區域預報中心利用全球衛星通信系統(International Satellite Communications System, ISCS)將製作好的顯著天氣圖產品轉換成 BUFR 格式後經由衛星廣播至世界各地，目前有 ISCS-1、ISCS-2 兩顆同步衛星負責廣播，ISCS-1 位於西經 34.5 度赤道上空，ISCS-2 位於西經 177 度赤道上空，主要負責廣播的範圍為環太平洋、美洲及還大西洋區域，如圖 2 所示：

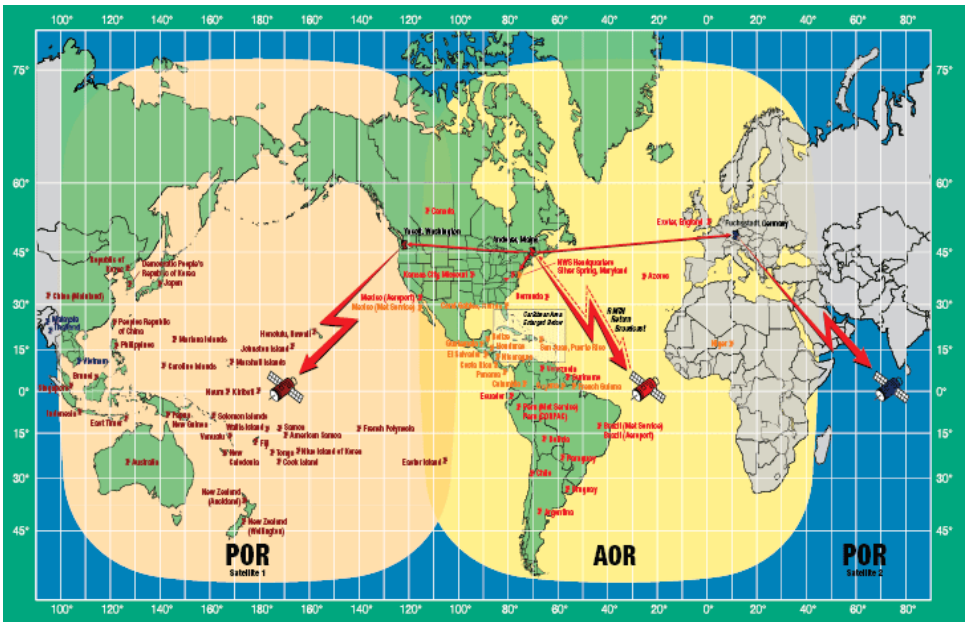

圖 2：ISCS 廣播範圍示意圖。

台北航空氣象中心在 ISCS-2 衛星的廣播範圍之內，目前已有設備接收衛星廣播信號，將已接收之資料傳送至顯示工作站提供預報作業。

熱帶席 (Tropical Desk)

熱帶席為 24 小時值班席位，主要的工作分為兩部分：

(1) 守視以下國際區域之天氣並且不定時編發此區域之 SIGMET：紐約飛航情報區(New York Oceanic FIR)、休士頓飛航情報(Houston)、邁阿密飛航情報區(Miami FIR)、聖胡安飛航情報區(San Juan FIR)（如圖 3）及奧克蘭飛航情報區(Oakland Oceanic FIR)北緯 30 度以北、西經 140 以東之區域（如圖 4）。

(2) 負責墨西哥灣、迦勒比海及北大西洋區域之天氣概述（Area forecast, FA），區域範圍如圖 5、圖 6 所示內容包含綜觀天氣概況、影響目視飛行操作之雲與天氣現象之影響區域。

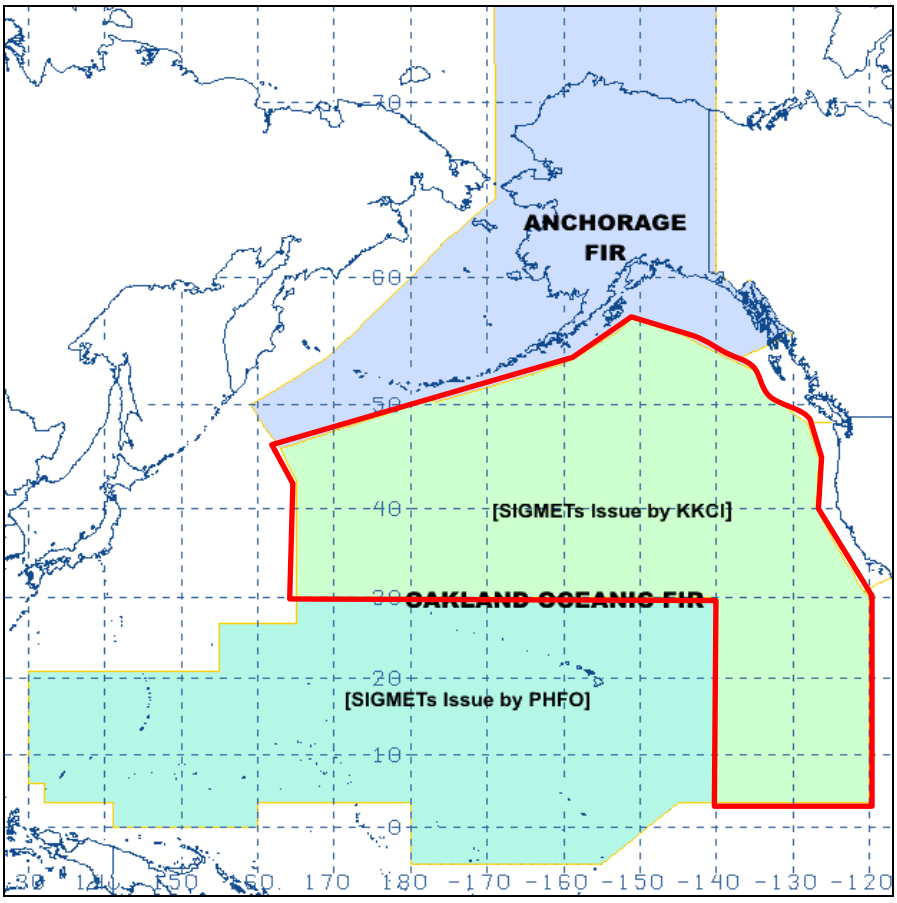

圖 3：AWC 熱帶席負責守視東太平洋地區國際 SIGMET 之區域。

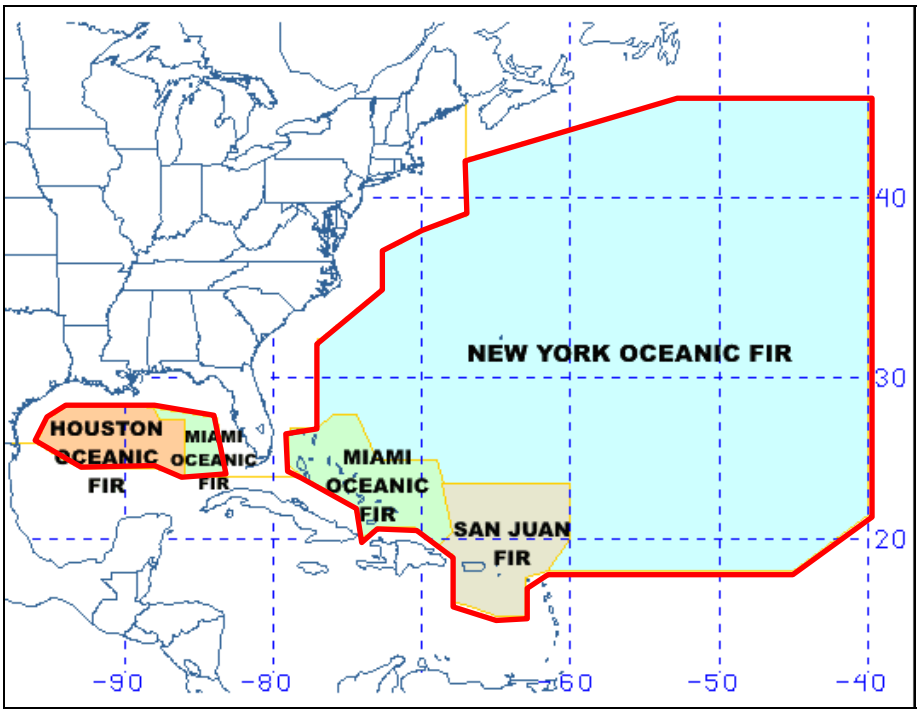

圖 4：AWC 熱帶席負責守視大西洋及墨西哥灣國際 SIMET 之區域。

圖 5：墨西哥灣區域之天氣概述之預報範圍。

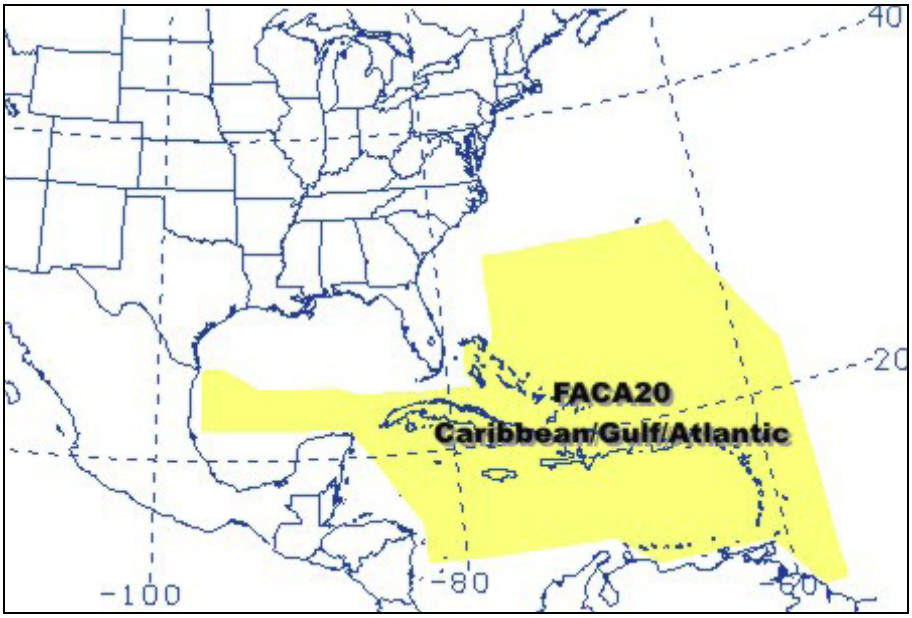

圖 6：加勒比海區域之天氣概述負責範圍。

SIGMET的發佈內容包含對流及非對流之顯著危害天氣，如熱帶氣旋（Tropical cyclone）、雷暴（Thunderstorm）、強烈亂流（Severe turbulence）、 強烈積冰（Severe icing）、火山灰（Volcanic ash）、沙暴與塵暴（sand storm and dust storm）等，除了熱帶氣旋、火山灰的預報有效時間最長可達6小時，並且在熱帶氣旋、火山灰的預報報文最後附註有效時間到達後12小時內之未來展望(outlook)；其餘天氣現象之預報有效期間則不得超過4小時。

SIGMET發佈的範圍必須至少要大於3,000平方英里或對於飛航操作安全有顯著影響時才發佈，但颮線系統的雷暴或山岳波不受3,000平方英里的限制。若報文有效時間還沒有到，卻要更新報文內容時(AMD)，直接發新的報文替代原本舊的報文，報文的起始及有效時間重新起算；若報文有誤需要修正(COR)，則將舊報文錯誤處更正後發佈，並且在報文最後附註”CORRECTS SIGMET”。

墨西哥灣的天氣概述每日發佈兩次（1030Z、1830Z），預報期間共24小時，前12小時為天氣預報，後12小時則是未來展望，預報內容主要是警告海平面高度12,000呎以下的有雷暴、對流SIGMET資訊、中度以上的積冰與亂流、1000呎以下平均風大於25海浬、結冰高度等資訊。提供這些資訊主要是因為在墨西哥灣約有四千個鑽油平台，三萬多人在這些鑽油平台上作業，並且有約六百架直昇機在這個區域活動，每年大約有一百三十萬架次在墨西哥灣空域活動，因此熱帶席在這個區域的預報資訊對這些巡航高度較低的直昇機來說相

當重要。而加勒比海的天氣概述每日發佈四次(0330Z、0930Z、1530Z、2130Z)，預報時間共24小時，前12小時為天氣預報，後12小時則是未來展望，與墨西哥灣的天氣概述是相同的，但預報的範圍是從地面至24,000呎，主要是服務往返或經過加勒比海區域之國際民用航空器。

對流顯著危害天氣席（Convective SIGMET Desk）

此席位需要 24 小時輪班，守視美國大陸地區所有的對流天氣，並參考雷達回波圖、衛星雲圖及觀測資料，每小時發布一次有效時間為 2 小時的 SIGMET，並且包括 4 小時的未來展望，預報的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英呎，預報的天氣現象包括颶風、積雨雲、雷暴、強烈龍捲風等對流性天氣。由於其預報產品為每小時之定時預報產品，若預報區域內沒有對流天氣系統，仍須在報文內加註「no convective SIGMET active」，並且除了提供 SIGMET 報文外，另外提供圖形化的 SIGMET 顯示供使用者參考，預報員只需在作業軟體上繪製 SIGMET 的區域及報文內容，軟體會自動將繪製的內容轉換成報文，預報員只要確認其內容再發送出去即可。台北航空氣象中心也有提供類似的服務，不過作法相反，先產生文字化的報文，在使用軟體將報文圖形化。

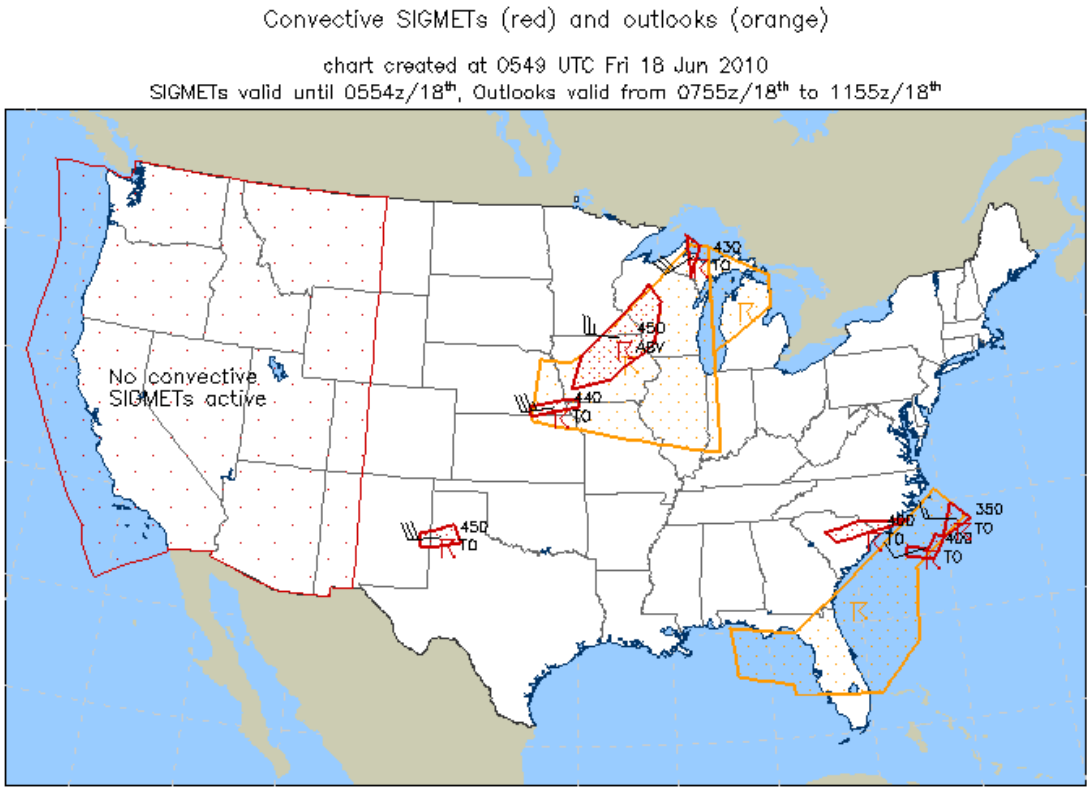

圖 7：SIGMET 圖形化顯示。

整合對流預報席（Collaborative Convective Forecast Product, CCFP Desk ）

美國境內的幅員遼闊，因此從美國東岸至西岸之空中交通流量很大，在夏季對流天氣系統旺盛的時候，在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，經常造成班機延誤，以及造成某區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，整合對流預報席之預報產品，提供空中交通流量管理者一個具有全美各地綜觀的對流天氣資訊，作為流量管理策略參考。

整合對流預報席只有在每年四月至十月間，每日早上 0800L 至晚上 2100L 值班作業，工作內容為每 2 小時 整合美國境內對流天氣系統，並且做 2、4、6 小時預報，在產品發佈前，必須先與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)的預報員等討論，討論的方式與南半球席位進行顯著天氣圖的方式相同，也是使用網路聊天室進行討論，討論之初 CCFP 預報員會先對他的預報產品做出一段概述，隨後進行討論，有可能某區域的預報員認為位於該區附近的對流發展的機率很高，應該提高信心度，或某區域的預報員認為該區對流發展的機率被低估了，聊天室成員也可以利用 JAVA 繪圖工具即時把自己的意見直接畫在預報的初稿上，或用文字敘述自己的意見，都會提出他們的意見，經過 CCFP 席預報員彙整修改後上傳最後產品。

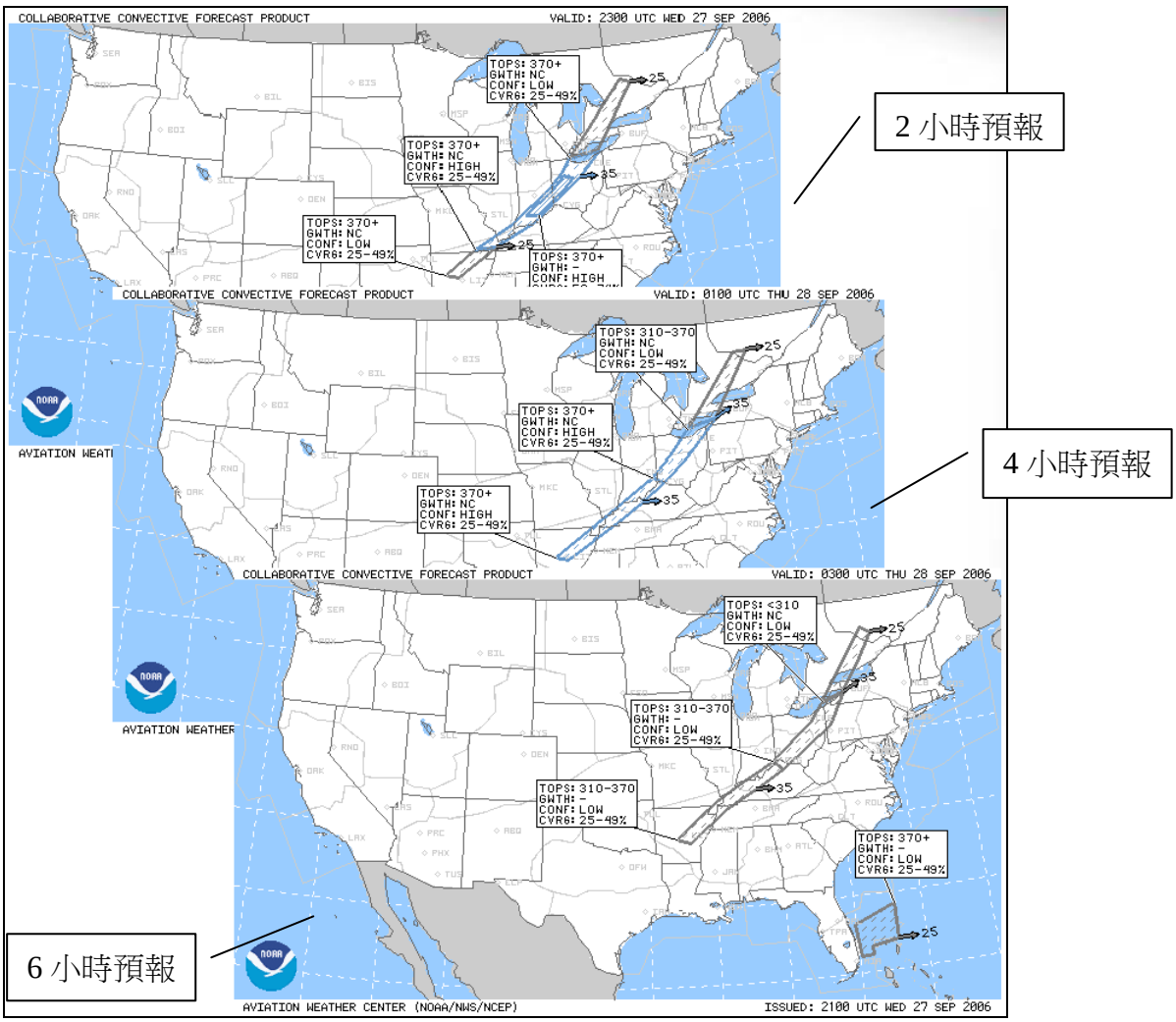

圖 8：CCFP 席對流系統預報圖產品。

整合對流預報席的產品一套包含三張預報圖(如圖 8)，分別為 2 小時對流系統預報圖，4 小時對流系統預報圖以及 6 小時對流系統預報圖，預報區域最小範圍的必須達 3000 平方英里以上，並且以圖形化即在圖上附註文字的方式呈現在預報時間內，對流系統的發展高度(TOP)、成長速率(GWTH)以及對流系統影響的區域範圍，並且依照填滿方式表示在某預報範圍內有雷雨的面積覆蓋率（圖 9(a)），共有四種表達方式，實心填滿代表 75-100%覆蓋率，斜線填滿代表 50-74%覆蓋率 ，點線填滿代表 25-49%的覆蓋率，紫色粗線代表線狀對流的位置，線狀對流的長度至少要達 100 海哩，寬度達到 40 海哩，且達 75%的覆蓋率。填滿的顏色代表信心度(圖 9(b)，藍色表示有 50%以上的信心度，灰色表示信心度僅 25-49%。由信心度與覆蓋率可以組合成七種排列組合，其中包含線狀對流系統一種。此外，成長速率的表示如下：

- （－）：代表消散
- （NC）：沒有變化

- （＋）：正在成長
- （＋＋）：表示快速成長

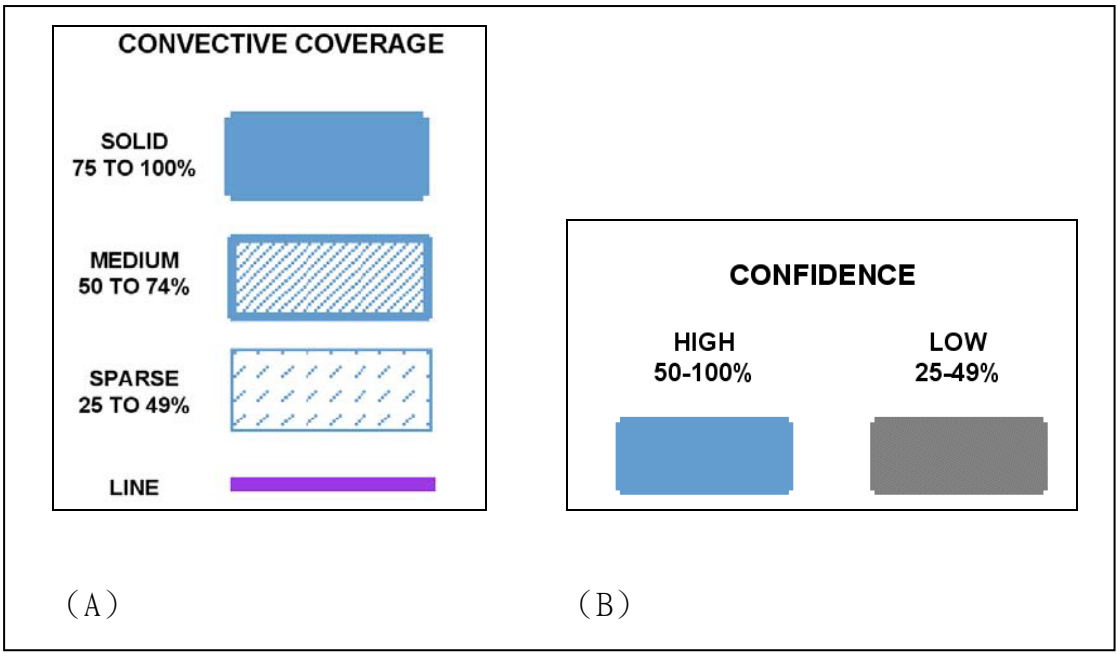

圖 9：(A) 實心填滿代表 75-100%覆蓋率，斜線填滿代表 50-74%覆蓋率 ，點線填滿代表 25-49%的覆蓋率，紫色粗線代表線狀對流的位置，線狀對流的長度至少要達 100 海浬，寬度達到 40 海浬，且達 75%的覆蓋率。(B)藍色表示有 50%以上的信心度，灰色表示信心度僅 25-49%。

美國區域預報席（Forecast Area Desk）

因美國幅員遼闊，AWC 之美國境內區域預報席由西部席（FA West）、中部席（FA Central）及東部席（FA East）三個席位組成，依照地理位置劃分，如圖 10 所示，西部席的預報區域為鹽湖城(Salt Lake City)與舊金山區(San Francisco)，中部席的預報區域為芝加哥(Chicago)與達拉斯區(Dallas)，東部席的預報區域為波士頓（Boston）與邁阿密(Miami)。此席位為 24 小時輪班守視之席位，三個席位的工作內容及預報產品都相同，但預報區域不同；且 3 個區域分屬不同時區，因此以西部時間為基準，東部時間較西部時間慢 2 個小時，而中部時間較西部時間慢 1 個小時。

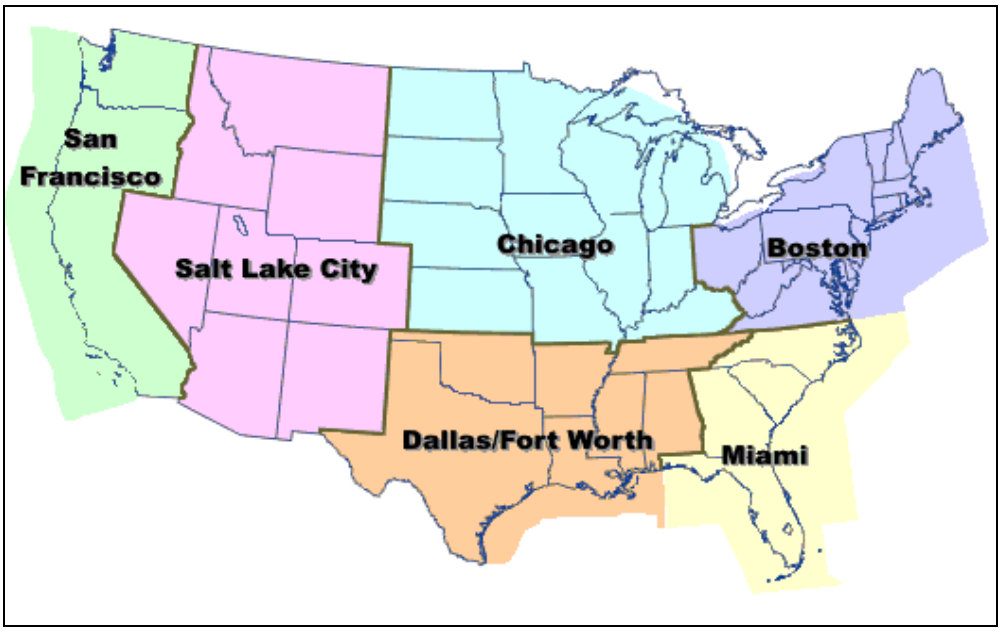

圖 10：東部、中部與西部預報區域之地理位置劃分。

此席位所負責的工作共有四項：

（1） AIRMET：定時天氣預報產品，每六小時編發一次，每天發布 4 次（03Z、09Z、15Z、21Z），預報長度為 6 小時，未來展望有 6 小時，例如 03Z 的預報產品，預報有效時間自 03Z 到 09Z，未來展望從 09Z 到 15Z 共 6 個小時。預報的高度範圍由地面到 2 萬 4 千英呎（SFC~FL240），針對非對流性的中度亂流、中度積冰以及山岳模糊不清等天氣現象。

（2） 區域預報(FA)報文：每天發布 3 次（11Z、20Z、03Z），預報有效時間為 12 小時，並且包含未來展望有 6 小時，例如 11Z 的預報產品，預報有效時間自 11Z 到 23Z，未來展望從 23Z 到 05Z 共 6 個小時。

（3） SIGMET：非定時預報產品，一發現顯著危害天氣立即發報，預報長度最長 4 小時，預報的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英呎（SFC~FL450），但不做未來展望，主要針對非對流性的顯著危害天氣，如強烈亂流、強烈積冰、風吹塵以及火山灰。

（4） 低層預報產品（Low Level Forecast Product；LLFP）：包括低層顯著天氣預報圖及地面預報圖(如圖 11)，此為 24 小時預報圖，每天發布 4 次（00Z、06Z、12Z、18Z），預報的高度範圍由地面到 2 萬 4 千英呎，圖上只標示飛航分類（包含 MVFR 與 IFR）、中度以上亂流以及結冰層等值線，分別由三個 FA 席位的預報員各自完成負責區域產品後，再由其中一席合併後發布。

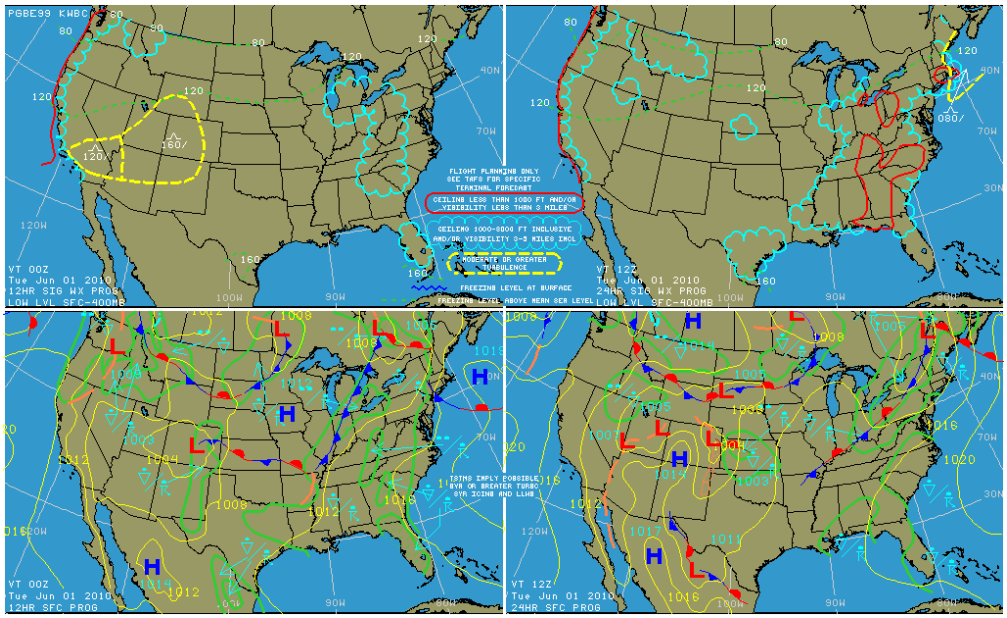

圖 11：低層顯著天氣預報圖及地面預報圖。

其他

參觀 AWC 的過程中可以發現各席位預報員相當倚賴模式預報產品診斷天氣，並且搭配及時的衛星、雷達產品、地面觀測資料以及飛機報告（PIREP），並且隨時比較各種模式產品的預報差異，以即時與實際發生的天氣做比對，經過比較之後採取可信度較高的模式產品。美國地區的飛機報告資源相當豐富，他們也有很好的飛機報告輸入頁面提供使用者輸入資料。

2、天氣預報辦公室（Weather Forecast Office, WFO）作業觀摩

圖 12：密蘇里州位於快樂之丘的天氣預報辦公室外觀。

美國國家氣象局(NWS)在美國各地設有 122 個天氣預報辦公室(WFO)，WFO 負責一般天氣預報、水文監測，危害天氣如龍捲風、雷暴雨、暴風雪、洪水之守視(watch)、警報(warning)、公告(advisory)，以保障民眾的生命財產安全，此外，還負責空氣品質監測以及乾旱季節之火災天氣預報，並且負責編報機場天氣預報(TAF)。

此次參訪位於密蘇里州位於快樂之丘(Pleasant Hill)的 WFO，其位置與負責預報的區域範圍如圖 13 所示，面積大約三萬八千平方公里，比台灣的面積稍大，包含有 44 個行政區(county)，區域人口共約兩百四十萬人，由於位在密西西比河流域內，以及龍捲風、雷暴經常發生的地區，因此經常需要發佈危害天氣之警報。在機場天氣預報方面，則負責三座機場，分別為惠勒機場（MKC），堪薩斯城國際機場（MCI）和聖約瑟機場（STJ）之 TAF，每 6 小時編報一次(00Z、06Z、12Z、18Z)，每次預報時間為 24 小時。

龍捲風、雷暴、洪水、強風的預報相當困難，在技術上或許可以預測其發生的可能性，但是很難精準實際預報發生的確實位置與時間，因此 WFO 有專線電話

提供一般民眾通報災害發生的地點，當接到電話通報後，WFO 馬上發布警報，警告當地民眾採取躲避的行動，並且使用固定頻道提供無線電廣播警報服務，民眾只要使用可以接收此頻道的無線電設備，即可收聽無線電最新的災害天氣警報內容。

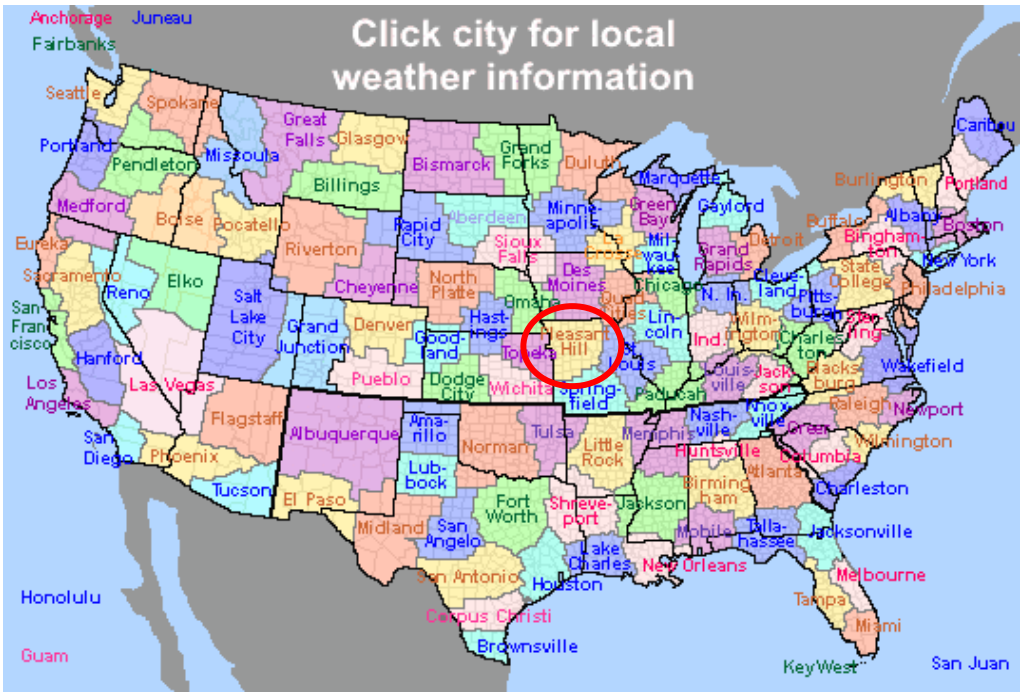

圖 13：美國 WFO 分布及責任區域，紅圈為位於快樂之丘之 WFO。

快樂之丘 WFO 的 Suzanne Fortin 女士還為我們介紹兩個經常使用的工具軟體，一為 BUFKIT(BUFfalo 's forecasting toolKIT)模式探空顯示軟體，另一為 AVNFPS(Aviation Forecast Preparation System)TAF 編報輔助軟體。

BUFKIT 為模式探空顯示軟體，，讀取模式資料後，可將模式資料轉換成密集的探空資料，預報員可以選擇特定預報時間地圖上的任意地點，得到該點之模式探空資料如下圖所示：

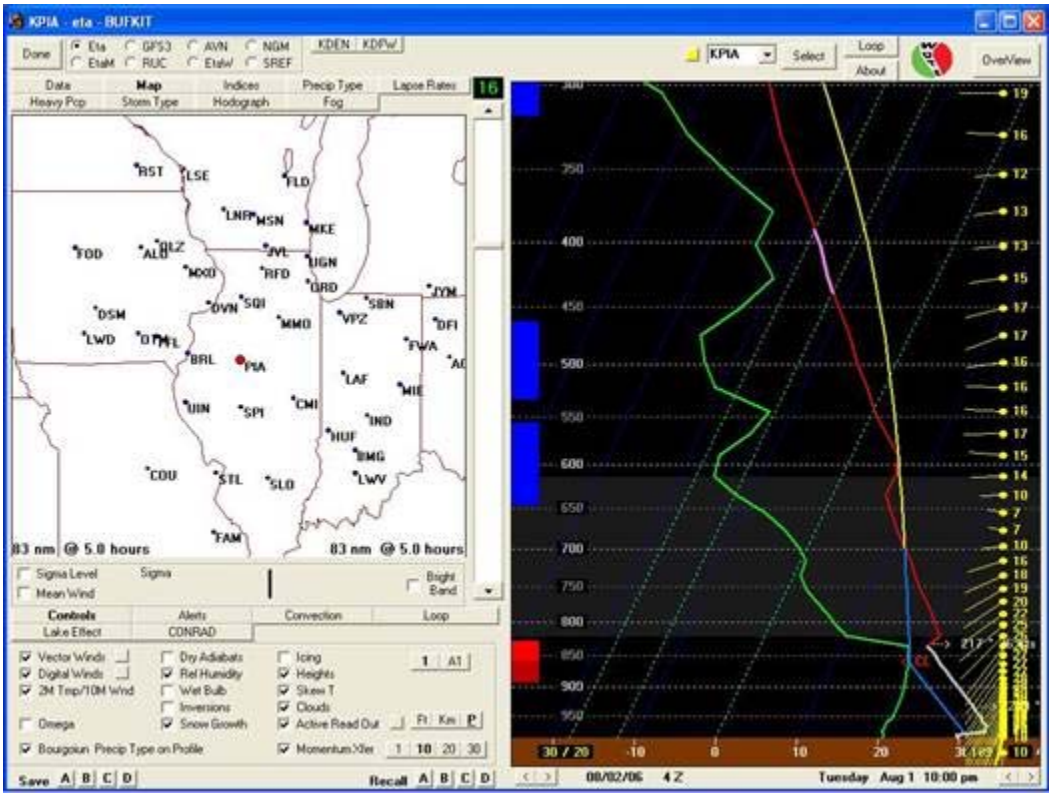

圖 14：BUFKIT 查詢模式探空資料版面。

BUFKIT 也可顯示單點之模式探空時間序列圖，如圖 15 所示，同中包含雲量（裂雲為灰色，密雲為白色）、雲高、地面能見度（藍線表示，標尺在左側）以及等風速剖面等資訊。利用等風速剖面的風速極大區，可以判斷此區域附近是否有亂流的情況，如果發生的高度較低，則可能有低層亂流。

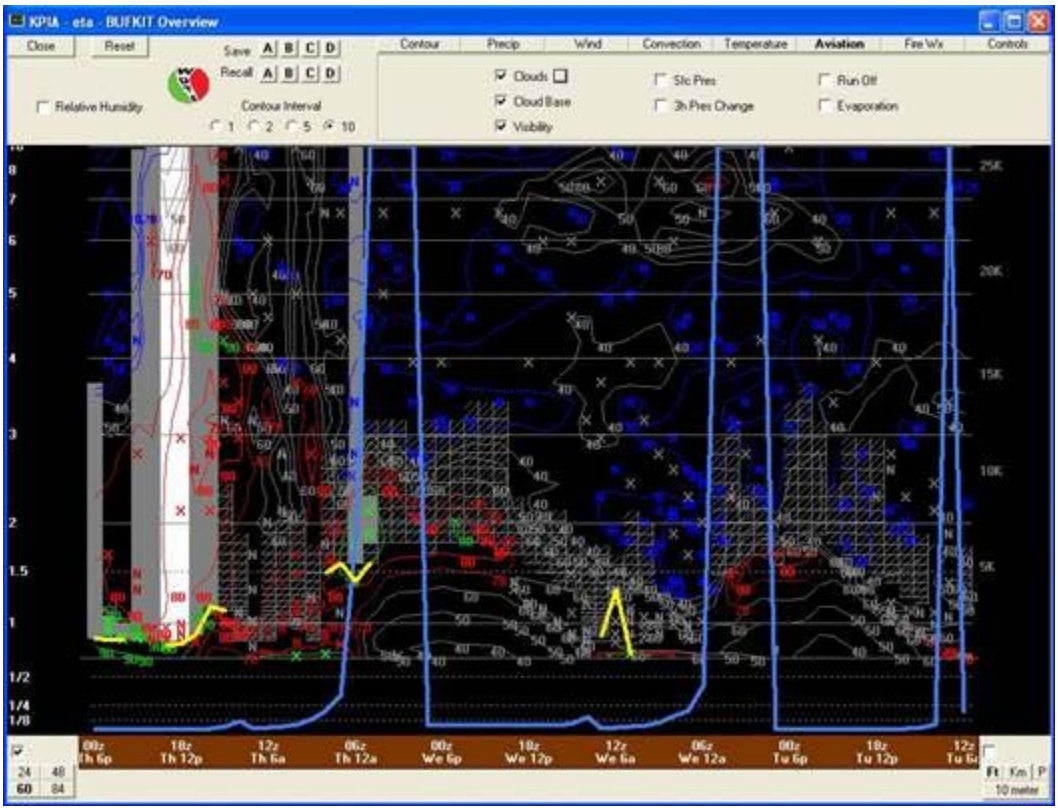

圖 15：BUFKIT 查詢單點之探空時間序列分析版面。

AVNFPS 是一套多功能的整合性 TAF 編報、發報軟體以及氣候統計分析軟體，它擷取預報模式資料，自動編成 TAF 的報文，預報員可以手動修改報文，自動做語法檢查避免手動輸入時產生的錯誤，並且可以自動比對長期氣候統計資料，若編發之 TAF 內容與統計資訊有重大的出入時，也會發出警告提醒預報員確認報文內容。例如說 TAF 報文中預報冬天的時候有雷雨，但長期氣候統計結果冬天從來沒有下過雷雨，則系統會提出警告請預報員確認。並且在 AVNFPS 中還整合了氣候資料查詢系統，可供預報員參考各機場的氣候資料，讓即使是沒有經驗的年輕預報員編發預報時，也能有一些氣候值可供參考。

AVNFPS為LINUX系統之軟體，進入AVNFPS版面即可選擇要進入TAF編發報版面(圖16)或氣候統計版面(圖17)，TAF編報版面內以顏色顯示目前最新的TAF報文內各項參數與最新的METAR是否差距太大，若差距達一定標準會顯示不同顏色提醒預報員注意，綠色代表正常；黃色差距在可接受的範圍內；橙色表示TAF報文與METAR差距太大可能需要修改。並且值得一提的是FAA對於TAF預報要求「最佳猜測」(best guess)，不希望TAF預報中有模糊不清的地帶，這樣能夠有更精準的飛航計畫，因此我們可以發現在美國TAF的趨勢組只使用FM與TEMPO，並不使用BECMG。

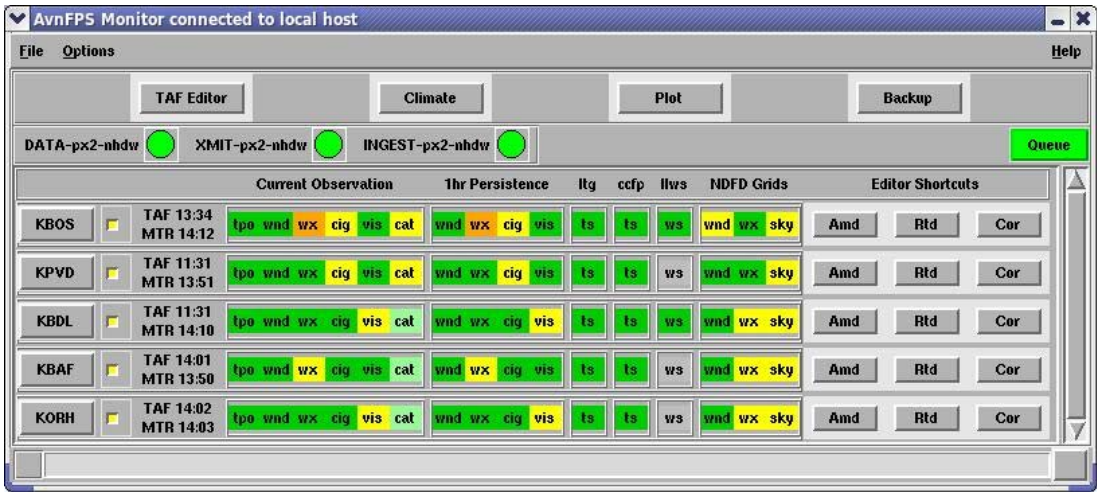

圖 16：AVNFPS 之 TAF 編發報版面。

AVNFPS 的氣候統計值版面中，可以顯示各種氣象物理參數在各個種時間條件下的氣候平均值，例如圖 17 顯示在 1973-2007 年平均風速的風花圖，並且可已在版面右方選擇不同機場作為比較。

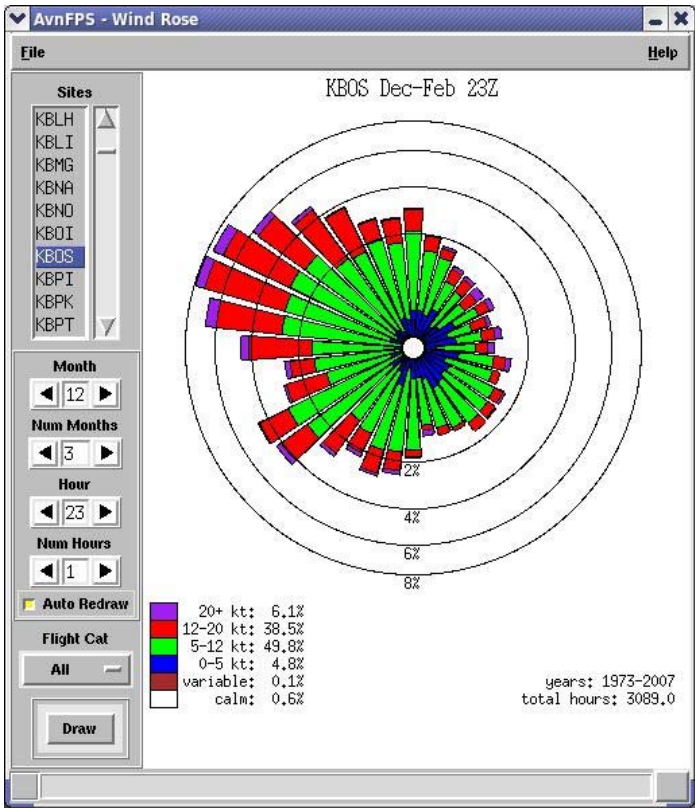

圖 17：氣候統計版面(風花圖)。

3、參訪氣象服務席位(Central Weather Service Unit, CWSU)

這次參訪的地點為位於堪薩斯市的航路管制中心(ZKC ARTCC) 之氣象服務席位(Central Weather Service Unit, CWSU)，在獲得美國航空總署(FAA)許可參訪前，經過一段相當冗長的審核過程，在本年度四月時我們已經向 FAA 位於日本東京的辦事處提出申請，並提供我們個人的護照、簽證資料以及參訪的目的及行程，直到已經到了美國都還無法得知審核是否通過，最後在預定申請參訪的日期前四天（5 月 20 日）才得知 FAA 准許我們的參訪行程，並且只允許在航路管制中心內進行兩個半小時的參訪行程，並且為了能夠趕上參與氣象服務席位於航路管制中心每日早上 ARTCC 內的晨間會議，因此必須起個大早在早上六點半前出發，並且經過一個小時的車程，才能到達 ZKC ARTCC。到達目的地之後，我們會見在 ZKC ARTCC 內氣象服務席(CWSU) 的 Richard Webber 先生，帶領我們經過 ZKC ARTCC 建築物內部的重重管制關卡，最後終於進入管制室。

圖 18：ARTCC 鳥瞰圖（紅色框處）。

氣象服務席位為美國國家氣象局(NWS)派駐在各航路管制中心雷達管制室的一個氣象席位，在美國共有 21 個 ARTCC，其分布如圖 19 所示，值班作業時間依照各地區 ARTCC 任務需求而有所不同，堪薩斯 ARTCC 的 CWSU 席位值班時間為每

日早上五點三十分至晚上九點三十分，冬天（十月至三月）時僅值班至九點。

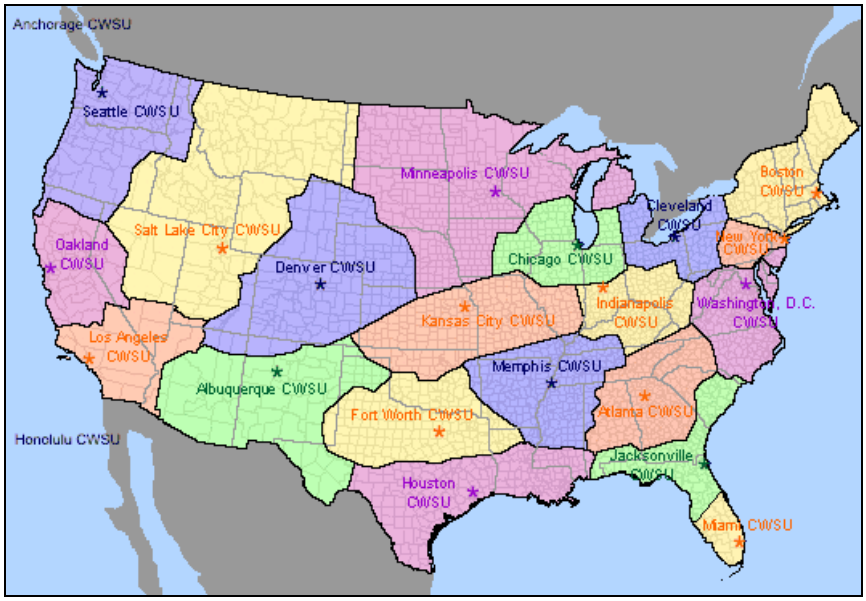

圖 19：美國位於 ARTCC 所在位置及各地 CWSU 所負責的區域範圍。

CWSU的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，並且隨時守視負責區域內所有可能影響飛航操作的天氣，若有預期將發生或已經有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)，以下分述CWA與MIS的報文介紹及範例：

- 氣象公告(Center Weather Advisories, CWA)

  CWA為有效時間在兩小時以下，為一不定時的預報產品，主要內容為各ARTCC負責區域內之危害天氣，如中度以上亂流、積冰、儀器飛行天氣、對流天氣系統、火山灰等，CWA發佈的原則如下：

  - 當AWC尚未發佈任何資料，但預期將達到或已達到發佈標準時。
  - 補充說明AWC已經發佈的資料，例如系統位置、移動速度、增強情形、天氣現象等。
  - CWSU預報員認為可能影響空中交通，卻尚未達到標準時。

  報文範例：

  報文內容：

  ZME1 CWA 081300

  ZME CWA 101 VALID TIL 081500

FROM MEM TO JAN TO LIT TO MEM
OCNL TS MOV FM 26025KT. TOPS TO FL450.

報文譯文:

田納西州孟菲斯(Memphis, Tennessee)的 ARTCC在某月份的8日1300Z，針對第一個天氣現象第一次發佈CWA，CWA有效期限至1500Z，從MEM、JAN、LIT至MEM，雷暴以25Kt的速度向260度的方向移動，雲頂高度達四萬五千英尺。

報文範例中第一行之”ZME1”前三碼代表某ARTCC之航用代字，末碼數字”1”為天氣現象之代碼，只使用1-6的數字，此數字並不特定只某一天現象，指的是今日發佈的第幾種天氣現象。第二行的101的頭碼(1)亦是第一種天氣現象及末二碼(01)為發布之序號，(01)表示第一次發布發佈。

- 氣象影響報告(Meteorological Impact Statements, MIS)

MIS是一個非定期發佈的產品，當預期十二小時內可能有影響飛航作業之天氣發生，則發佈MIS預報未來十二小時內可能的影響飛航作業的天氣系統的趨勢及未來可能影響的時間及範圍，以供交通流量管理之決策參考。MIS發佈的原則如下：

- 對流天氣系統條件將達SIGMET標準
- 中度以上積冰
- 中度以上亂流
- 大雨
- 凍降水
- 低於目是飛航天氣
- 地面陣風達30Kt以上
- 2000呎以下低層風切
- 火山灰、塵暴、沙報
- 當天現象消失之取消報文

報文範例：

報文內容：

ZOA MIS 01 VALID 041415-041900
...FOR ATC PLANNING PURPOSES ONLY...
FOR SFO BAY AREA

BR/FG WITH CEILING BLW 005 AND VIS OCNL BLW 1SM.
ZOA CWSU

報文譯文:

加利福尼亞弗里蒙特(Freemont,California)的CWSU發佈第一份氣象影響報告書。有效期間為某月四日0145-1900Z，此報文僅供空中交通管制規劃之用。舊金山灣區有霧、雲幕低於500呎，能見度低於1英里。

此外，CWSU席位之作業必須隨時注意WFO所發佈之TAF、AWC發佈之SIGMET、AIRMET、CCFP以及鄰近區域之CWSU的預報。此外ARTCC內之管制員若有接到飛機天氣報告(PIREP)，會將報告內容抄寫於在飛機天氣報告表(如圖20)上，並由值班督導轉交CWSU席，若飛機報告之天氣資訊達到有包含危害天氣資訊，值班預報員必須將這些資訊發送出去，最主要的資訊就是機型、時間、地點、高度以及天氣現象，目前AWC建置飛機報告線上輸入網頁(網址：https://aviationweather.gov/exp/pirep_submit/)，可以將PIREP快速地傳送出去，並且只要有這個網頁帳號的人，都可以在上面發送PIREP，目前美國的航空公司、各地CWSU都有帳號可以登入並輸入資料。因此美國地區有非常豐富的PIREP資料可供查詢。

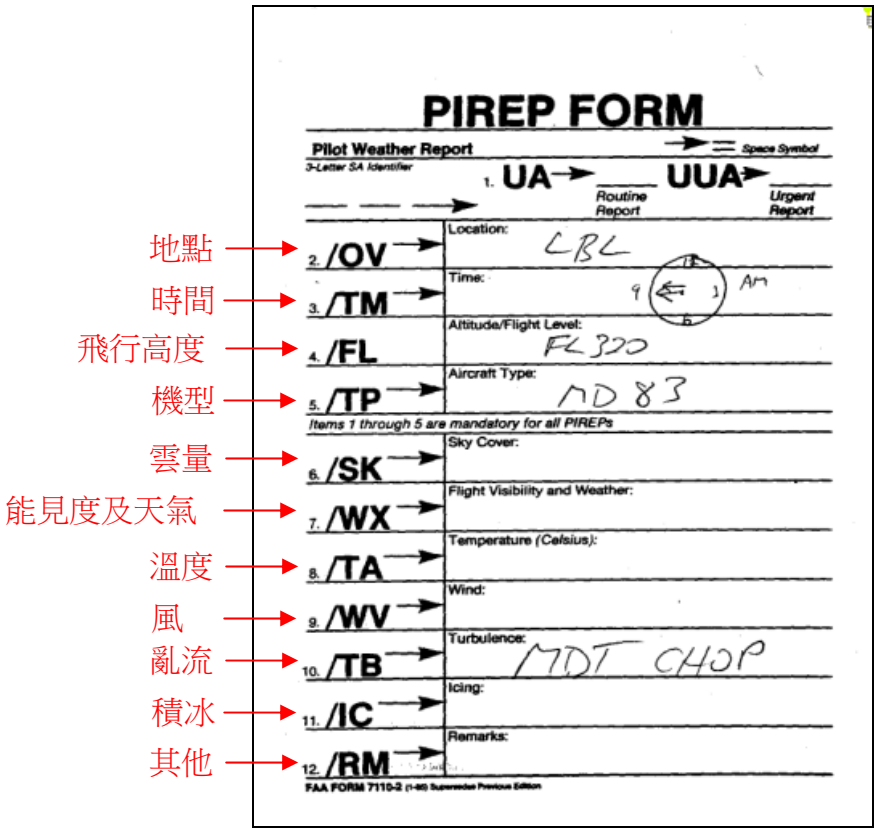

圖20：ARTCC內使用的PIREP填寫表格

CWSU席位每日早上七點四十五分於ZKC ARTCC內舉行晨間會議，討論每日航路之流量管制作業，而會議開始則先由CWSU之值班預報員先開始簡報當日的天氣大勢、對流系統的位置、SIGMET、AIRMET的區域範圍及上述天氣系統影響的時間、範圍、移動方向等，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主任管制員(Supervisor)進行今日的流量管制作業之任務提示。

CWSU預報員每日簡報的資料包含衛星雲圖、雷達回波圖、目前美國境內及其負責區域(ZKC)之SIGMET的情況、CCFP的預報圖、目前對流的位置、ZKC區域內機場的TAF等，經由特製的軟體，預報員可以將上述的產品整合在同一顯示視窗，並可自行安排顯示的順序，利用頁籤切換到不同的產品畫面，可以顯示靜態的畫面，也可以動畫顯示，除大部分的簡報圖檔都是電腦產品或AWC提供的圖形化產品外，預報員另外須在電腦上手工繪製區域顯著天氣預測圖（圖21）。

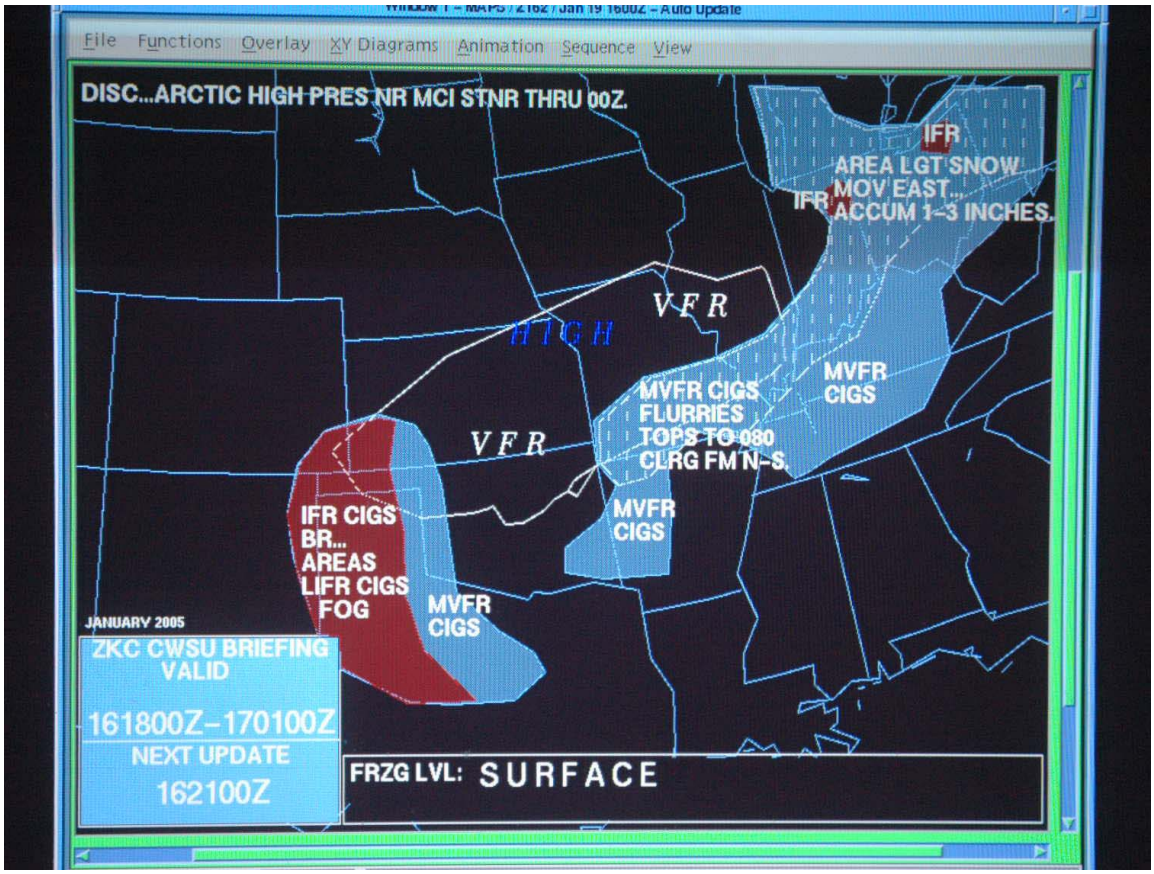

圖 21: 電腦上手工繪製區域顯著天氣預測圖

CWSU 在各 ARTCC 僅一個輪值席位，卻必須負責廣大空域之飛行危害天氣預報，憑藉的是背後有美國氣象局（NWS）的支持，及氣象單位的合作，CWSU 席位

上有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）、預報資料（CCFP、SIGMET、AIRMET、FA、TAF）以及模式輸出產品，進行綜合的分析研判，並且與 AWC 保持密切的溝通，定時參與 CCFP 之網路聊天室（Chat room）進行線上討論，隨時守視並且預報未來可能發生之危害天氣，以維護飛航安全並增進飛行效率。

未來因北部飛航服務園區開始運作，氣象中心與飛航管制單位將有更密切的合作關係，若飛航管制單位有需要氣象中心提供氣象簡報服務時，可以參考 CWSU 自動產生簡報頁面的方式，除了減少製作簡報檔案的之工作時間，並且可供航管單位隨時翻閱線上之電子簡報頁面參考。

參、 心得與建議

一、心得

1. 美國國境幅員廣大氣候複雜，東西分別與大西洋與太平洋相連，南北跨越熱帶、副熱帶、溫帶乃至寒帶，美國航空氣象中心的預報員天氣守視的範圍與複雜度也很高，該中心預報員十分仰賴模式的預報產品外，所以也特別注重模式預報的準確性，在模式預報與實際天氣有不合理之處時，會主動反應與負責模式校驗的科學家反應，俾利改進模式輸出品質，這個追根究底的精神十分值得我們學習；此外，該中心預報員提到，對於預報產品的製作他們都盡最大的努力以求正確預報，但預報難免有失準的時候，如果他們在天氣守視時發現誤差太大時，都會及時進行修正，而本中心的預報員也是如此，所以我們要保持力求準確預報的精神繼續努力。

2. 職等於參觀美國航空氣象中心期間，剛好該中心要召開使用者會議，與會者主要為各航空公司，討論其預報產品是否滿足使用者的需求、是否有需要改進之處以及航空公司是否有其他需求等。負責此次參訪全程陪同職等，同時也是美國航空氣象中心前副主任的 Jim Henderson 先生表示，美國航空氣象中心為一非營利之政府機關，但是也是十分注重使用者需求。總台除辦理使用者會議，也會主動前往航空公司參訪座談，了解需求，顯見比美國更注重使用者需求。

3. 本次參訪有幸獲美國聯邦航空總署許可參訪區域管制中心之氣象席位，由於美國國境幅員遼闊，境內有非常多的民航機在其空域內活動，因此天氣因素經常影響美國東西岸的空中交通，每日早上八點鐘的工作討論會，先由氣象席位報告天氣大勢及未來趨勢，隨後區管中心的經理針對今天的飛機流量及天氣可能造成的影響儘早做流量的規劃，以達到最佳的飛行效益，氣象席位亦隨時提供最新的天氣變化以供管制員參考，這團隊合作的精神是值得我們效法的。

4. Jim Henderson 先生亦對職等提到中國大陸近來亦積極提升其航空氣象預報水準，今年的七月將派 21 位預報員至美國研習三週航空氣象預報技術，第一

週的課程為航空氣象預報技術的課程，第二週由馬里蘭大學的張博士為他們講授模式預報應用的課程，第三週回到美國航空氣象中心實機熟習預報產品的製作。可見美國在航空氣象領域的技術領先地位，而美國同時持續開發新的技術，以提升航空氣象預報的品質，因此建議民航局持續派員至美國航空氣象中心研習，以學習最新的航空氣象預報技術外，讓我國的航空氣象預報與國際接軌，更藉此與美國的預報員交流預報心得，增進我國預報員的預報技巧與國際觀。

二、建議

1.美國航空氣象中心於歷經 911 恐怖攻擊事件之後，對於系統及作業的備援方案皆有充足的準備，尤其作為世界區域預報中心產品供應者的角色，使其對於業務持續運作有不可或缺的需求，因此除了在相關氣象單位之間有資料的備援外，也有人員作業區的備援。

目前臺北航空氣象中心各席位之作業已可互相備援，建議未來在松山機場成立氣象簡報作業室的同時，建立最基本的作業備援，以達到異地備援及永續運作的目的。

2. 藉由此次的研習，除了接觸到美國先進的氣象預報技術和模式預報產品外，也和當地的預報員交換了預報經驗與工作心得，並擴展了國際視野，不失為一次難得的經驗。建議民航局持續派員至美國 AWC 研習，除了有助於預報專業能力的提升和學得預報新知外，更可使我國的航空氣象預報技術持續逐步地與國際接軌，也能與美國在預報經驗及技術上持續交流。