出國報告(出國類別：實習)

赴美國國家大氣科學研究中心（NCAR）研習航空氣象現代化作業系統之即時亂流偵測產品產製技術報告

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺
姓名職稱：陳心懋　預報員
派赴國家：美國
出國期間：民國 101 年 9 月 8 日至 9 月 28 日
報告日期：民國 101 年 11 月 14 日

列印

提 要 表

系統識別號：	C10103736
計畫名稱：	研習航空氣象現代化作業系統之即時亂流偵測產品產製技術
報告名稱：	赴美國國家大氣科學研究中心（NCAR）研習航空氣象現代化作業系統之即時亂流偵測產品產製技術
計畫主辦機關：	交通部民用航空局
出國人員：	姓名：陳心懋；服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺；服務單位：臺北航空氣象中心；職稱：預報員；官職等：薦任(派)；E-MAIL 信箱：聯絡人 bois.chen@gmail.com
前往地區：	美國
參訪機關：	美國國家大氣科學研究中心(The National Center for Atmospheric Research)
出國類別：	實習
出國期間：	民國101年09月08日 至 民國101年09月28日
報告日期：	民國101年11月14日
關鍵詞：	MDV，SPDB，WRF，AOAWS，JMDS，航空氣象現代化
報告書頁數：	41頁
報告內容摘要：	為了確保臺北航空氣象中心能確實掌握相關的產品製作與資訊管理技術，在「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」中規畫由美國國家大氣科學研究中心（National Center for Atmospheric Research，NCAR）設計提供的秋季訓練課程。訓練的地點在美國國家大氣科學研究中心位於科羅拉多州波德市的本部，由參與本計畫的科學家與工程師針對本計畫中更新的項目進行資訊管理訓練以及技術轉移作業。本訓練自民國101年9月8日起至101年9月28日止。此次訓練具體成果除了藉實機演練累積實作經驗並在簡報與課程之中深入了解發展中的新產品之技術細節之外，更在與美國國家大氣科學研究中心人員及資拓宏宇的工程師之間充份的交換意見和討論之後了解並思考了在未來技術轉移時可能面臨的困難和可能的對策。綜合而言，本次訓練確實達成幫助傳承操作與維護航空氣象現代化作業系統相關知識的目標，更針對系統運作、維護及未來技術轉移等項目提出具體建議。
電子全文檔：	C10103736_01.pdf 、C10103736_02.doc
出國報告審核表：	C10103736_A.doc
限閱與否：	否
專責人員姓名：	
專責人員電話：	

列印

TURQTV PCV 1QX W 4 QDVC#FO HP TURQTV VHRAU[PQRUNU ILR

目錄

壹、 計畫緣起與目的 2
貳、 過程與課程紀要 3
參、 研習內容 7
肆、 研習心得與建議事項 31
伍、 攜回資料 35
陸、 附錄 36

壹、 計畫緣起與目的

自民國 91 年 6 月驗收完成並正式啓用的航空氣象現代化作業系統(Advanced Operational Aviation Weather System， AOAWS)引進了最先進的航空氣象科技，以提供臺灣飛航從業人員關於影響飛航作業之危害天氣現象、影響主要機場空域容量及飛行安全的天氣現象及影響飛航作業整體效率的天氣現象的即時資訊和預報工具。航空氣象現代化作業系統是一套複雜的系統，包含了數個先進的天氣偵測子系統、整合通訊技術、電腦軟體、天氣預報數值模式以及顯示技術。這個系統是由美國國家大氣科學研究中心爲民用航空局的終端使用者設計發展的。在此系統的發展過程中，雙方藉著各種訓練課程的實施實際交流使用者對此系統的意見，並將操作與維護航空氣象現代化作業系統所需的技術和知識確實傳承給臺北航空氣象中心。

這個複雜精密的系統依其功能可以分爲四大部份。

第一是資料採集與轉存部份：臺北航空氣象中心透過完備的網路架構接收來自不同單位的氣象資料，由於國際上氣象資料的格式很多，各單位所使用的資料格式不盡相同，美國國家大氣科學研究中心（National Center for Atmospheric Research，NCAR）研發許多的資料轉換程式，根據不同類型的資料，分別將網格點資料（如衛星、雷達和模式產品等）與非網格點資料（如 METAR、TAF 與 SIGMET 等）轉換成氣象資料庫(Meteorological Data Volume，MDV)格式和符號產品資料庫(Symbolic Product Data Base，SPDB) 格式並儲存於相關資料庫中。

第二是天氣產品資料演算法部份：所儲存的氣象資料庫中包含了天氣預報數值模式的模擬資料、雷達資料、衛星資料和各國機場測報資料等。這些資料需進一步經過最先進的氣象演算法的計算才能產生出實用可靠的航空氣象產品。目前航空氣象現代化作業系統中包含了多種積冰演算法、多種亂流演算法、虛擬探空資料和模式輸出統計預報等演算過程。

第三是顯示系統與介面部份：氣象資料庫中的原始資料與經過演算產生的資料最後必需經由一個整合性的顯示系統呈現給終端使用者。目前系統所採用的是以 JAVA 語言爲基礎建置的全新顯示介面，稱爲新一代爪哇版多元化產品顯示系統(Advanced Java-based Multi-dimensional Display System, JMDS)、網頁版多元化產品顯

示系統(Web Multi-dimensional Display System, WMDS)和自動氣象觀測系統(Auto Weather Observation System, AWOS)。這些顯示介面可以透過網際網路在不同的作業系統上執行，不再受到作業系統及主機位置的限制，使得航空氣象資訊服務得以有效地擴展到各個使用者與單位。而目前美國國家大氣科學研究中心正進行顯示系統的強化作業，將 JMDS 改寫爲支援 Jadeite 架構的版本，這個更新可以簡化這個顯示系統在用戶端的設定與維護，讓使用者能更容易自訂顯示系統的頁面、框架、產品和顯示方式等項目，大幅增加使用者在使用時的自由度和方便性。

最後是系統監控和管理部份：前述的流程包含許多複雜的網路及資料處理技術，爲了管理資料流和主機狀態，在各主機上安裝了監視處理程序與資料目錄的 Sysview 軟體，並將監視報告儲存成網頁方便臺北航空氣象中心的人員監視及管理。目前美國國家大氣科學研究中心已增加Opsview軟體用以監視航空氣象現代化作業系統的硬體資源和網路連線狀態，以提供更強的警告和通知能力，並且提高對各種監視作業的客製能力。

爲了保持航空氣象現代化作業系統能符合最新的作業需求，臺北航空氣象中心與美國國家大氣科學研究中心不斷的提升精進前述分類中所使用的技術。因此也需要不斷的精進席位人員對於系統維護與管理的能力，以提升臺北飛航情報區的航空氣象服務品質。本年度奉核依 AOAWS-TS 計畫中秋季訓練部份派員前往美國國家大氣科學研究中心研習，目的即爲學習航空氣象現代化作業系統在此年度合作開發之先進技術和系統更新，以確保臺北航空氣象中心能確實掌握新產品和系統設定的技術細節，維持系統在更新之後的維護及管理能力；並經由與美國國家大氣科學研究中心的專家之間的討論與意見交流，探討未來在技術轉移方面可能發生的問題及可能對策。

貳、 過程與課程紀要

9 月 8 日(週六)，晚間 6 點 40 分於桃園國際機場搭乘長榮航空公司編號 BR12 班機，前往洛杉磯(Los Angeles)國際機場。再於洛杉磯當地時間下午 9 點 45 分由洛杉磯國際機場，搭乘美國航空(American Airlines)前往丹佛(Denver)國際機場。於當地時間 9 月 9 日凌晨 0 點 50 分抵達。與同行的資拓宏宇公司工程師一同乘坐汽車前往本次受訓單位美國國家大氣科學研究中心(NCAR)所在地波德市(Boulder)預定住所安置。

9 月 9 日(週日)，與美國國家大氣科學研究中心顧問 Celia 會面，安排受訓期間食宿問題，並熟悉週圍環境。

9 月 10 日(週一)，上午在辦理了參訪者應辦的手續並取得證件之後，由 Jim 引導至訓練期間專用的辦公室確認美國國家大氣科學研究中心為本次訓練所提供的電腦主機、網路與帳號都已正確設定。下午由 Gary 主講系統架構與設定，航空氣象現代化作業系統在近期內將有一次較大的變動，增加一些主機專職負責原本分散於各主機上的演算工作。因應這個改變，美國國家大氣科學研究中心的研究團隊與臺北航空氣象中心討論研議之後決定將原本較偏向資料流取向的系統架構調整為較偏向任務取向，每個主機負責某一類特定任務的傳輸工作或演算工作。同時也在調整過程中針對過去幾年來臺北航空氣象中心在實際作業與管理時所發現的一些問題或建議進行修正。課程的內容包括了主機類別與角色、資料流與處理分配和將資料重格式化為 MDV 和 SPDB 格式。

9 月 11 日(週二)，上午的課程為由 Jim 指導的模擬實驗室的實機訓練，課題是運用 Sysview 這個系統監控工具檢查模擬實驗室的主機程序、資料和網路狀態是否正常，並進一步排除異常狀態與故障。下午由 Nancy 主講衛星資料的處理，並以此為例說明美國國家大氣科學研究中心在加入新資料時需完成的工作項目與任務。這個工作項目主要是要將臺北航空氣象中心向日本氣象廳取得的新氣象衛星資料匯入航空現代化系統中，牽涉了資料來源、採集程序、重格式化過程與顯示等主題。主講人針對這些細節一一仔細的講解，並在課後進一步的討論並交換意見。

9 月 12 日(週三)，上午由 Cory 與 Paul 介紹新的即時積冰預報產品的相關演算法和處理程序，內容包括資料來源和處理過程。即時積冰預報產品是在原本以數值氣象預報模式輸出結果為主的預報產品中加入了地面測報資料、衛星資料和雷達資料等即時觀測之後修正所得的新產品。下午則由 Greg 和 Jason 介紹 NCAR 亂流偵測演算法產品，這個演算法能夠利用數值模式的輸出結果配合氣象雷達所得的回波結果計算出亂流分布的三度空間結構。這個演算法需要利用中央氣象局的氣象雷達網，但由於雷達參數和背景的缺漏，造成在解譯雷達資料時遭遇一些困難。這也正說明了在航空氣象現代化作業系統中加入新資料時可能面臨的困難與挑戰。

9 月 13 日(週四)，由 Aaron 與 Andy 介紹建立於新一代 Jadeite 架構下的 JMDS 系統。

這是本計畫中非常重要的一個更新項目，將原本以 Jade 爲主的 JMDS 系統改寫爲 Jadeite 架構，能大幅簡化顯示設定檔的內容，以及大幅降低管理人員需要擁有的資訊工程知識門檻。這個版本目前尚未上線，目前仍在做細部的調整，在未來上線之後有助於臺北航空氣象中心在此方面技術轉移作業的順利進行。本日主要介紹設定檔的佈局和設定檔中所有可調整的參數。

9 月 14 日(週五)，延續週四的 JMDS 系統設定課程，主題爲顯示系統設定檔的變更、儲存和應用。由 Aaron 和 Andy 以簡報方式說明變更項目和應注意的事項之後就實機作業測試。Aaron 設計了一份課程講義和訓練習題，其中包含了所有項目的演練與實作。下午的時間就全部用在實作練習上，經由實作與比對調整前與調整後的系統顯示確認各項參數的作用與應用方式。

9 月 17 日(週一)，JMDS 在更新爲 Jadeite 架構的過程中，Aaron 特別爲了日後管理與訓練的便利，在系統設定檔中加入了許多註解，目標是讓所有具備基礎系統知識的使用者能利用設定檔中的註解自行理解設定檔的使用與各項參數的功能。同時 Aaron 也正著手進行 JMDS 手冊的編修和更新。在課程中 Aaron 重點提示了手冊的重要變動，也聽取各項關於系統設定檔中註解與說明手冊的意見，並承諾會參考這些意見進一步對這些部份做修正。

9 月 18 日(週二)，由 Deidre 和 Gary 主講作業系統的安裝與航空氣象現代化作業系統的安裝程序。Deidre 設計了一個程式可以將已安裝成功的系統中與航空氣象現代化作業系統有關的元件列爲檢查表存檔，再將安裝好的新作業系統中包含的元件與其相互比對，以確認新的作業系統具備安裝執行航空氣象現代化作業系統所需的所有元件。以這個方式可以大幅降低新主機在安裝作業系統和航空氣象現代化作業系統時的不確定性與發生錯誤的機會。本日的課程包含了以簡報的方式說明這個檢查表程式的發展工作，以及上機實作安裝前及安裝後的檢查工作。

9 月 19 日(週三)，由 Gary 指導進行在模擬實驗室的安裝測試演練，依檢查表實行檢查，並確認所有元件已經安裝完成。另外利用簡報的方式說明在 64 位元主機執行系統管理和安裝時應注意的事項，並實際在主機上操作實作。

9 月 20 日(週四)，由 Adam 和 Deidre 進行關於新軟硬體監控系統 OpsView 的簡報。課

程包含了該系統的安裝、設定和客製化模組與插件的發展及管理。OpsView 可以監視硬體的效能、儲存媒體的容量、網路連線能力和許多關於硬體的細節資訊。設定正確的情況下還可以在系統發生關鍵性錯誤時發出電子郵件警告預先設定的系統管理者。在簡報之後下午回到模擬實驗室實際操作新增通知人和設定各種警告門檻與系統功能。

9 月 21 日(週五)，由 Jim 和 Paul 主持關於 aissFTP 的傳輸程式重新改寫的討論會。原本的程式會在每次有新的檔案出現在目錄中時被啓動，開啓與 aissFTP 之間的傳輸之後上傳該檔案到 aissFTP，將 aissFTP 的傳輸連線關閉之後再將該程式關閉。這整個過程非常耗時、耗費電腦運算能力且容易造成錯誤。因此美國國家大氣科學研究中心在討論之後認爲可以將此程式以 Pyinotify 的機制取代。Pyinotify 是一個以 python 語言寫成的模組，用來監視檔案系統的改變，並在檔案系統有變化時執行預設的動作。改用 Pyinotify 可以避免前述的問題，程式本身一直處於背景執行狀態，在有新檔案出現時直接將其傳送到 aissFTP。這麼一來應該可以改善轉輸效率的問題，並減少錯誤發生。由於同行的資拓宏宇工程師向 Jim 提出他們之前曾幫中央氣象局架設過 Pyinotify 的機制，已經有實作經驗，也有一些現成的模組可以在修改之後使用，因此雙方人員在廣泛交換意見和經驗之後，決定由資拓宏宇的工程師協助建立一個簡單的基礎版本供美國國家大氣科學研究中心的人員研究與修改。這個工作在當天就順利完成架設。

9 月 24 日(週一)，與臺北航空氣象中心前來美國國家大氣科學研究中心參加年度協調會議的余技正曉鵬、莊預報員清堯，及臺灣資拓宏宇公司的鄧顧問秀明一同參加協調會議。聽取各項新產品演算法的簡介，並確認年度航空氣象現代化工作項目的進度及明年度工作項目的討論。

9 月 25 日(週二)，結業式。打包行李並整理訓練期間所獲得的資料與簡報檔案，並將 21 日所架設的 Pyinotify 初步架構移交給美國國家大氣科學研究中心人員進一步研究。

參、 研習內容

一、資料採集與轉存過程（以衛星資料爲例）

目前臺北航空氣象中心所有的衛星資料來源有日本和美國，分別來自日本氣象廳(Japan Weather Association, JWA)、美國國家海洋大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)與美國國家航空氣象中心(Aviation Weather Center, AWC)，其資料來源及取得方式如下表：

表 1：衛星資料來源表

Dataset	Source	Transport Vehicle
JWA HRIT MTSAT (old)	JWA (ftpport5.jwa.or.jp)	FTP
JMA HRIT MTSAT (new)	JWA (ftpport5.jwa.or.jp)	FTP
Meteosat PNG	JWA (ftpport5.jwa.or.jp)	FTP
Meteosat Indian Ocean PNG	JWA (ftpport5.jwa.or.jp)	FTP
MTSAT PNG Images	JWA (ftpport5.jwa.or.jp)	FTP
ICAO Satellite Images	AWC (www.aviationweather.gov)	wget
MTSAT IR Full Disk JPG Image	NOAA (www.goes.noaa.gov)	wget
Wind/temperature images	AWC (www.aviationweather.gov)	wget

由於氣象資料有非常多種類別，如衛星觀測、雷達、數值模式、地面觀測及探空觀測等。在國際上各個研究單位及作業單位又常採用各自獨立發展的資料格式，導致航空現代化作業系統在資料採集階段必須面對處理非常多元的資料格式。這些衛星資料必需先轉存爲美國國家大氣科學研究中心的氣象研究與應用實驗室 (Research and

Application Laboratory，RAL)於 1990 年代爲網格點資料所發展的氣象資料庫(Meteorological Data Volume, MDV)格式和符號產品資料庫(Symbolic Product Data Base, SPDB) 格式之後才能應用在航空氣象現代化作業系統中。

衛星資料是一種網格點資料，所以在航空氣象現代化作業系統中新增衛星資料時第一個步驟就是將各個資料來源的資料轉存爲 MDV 格式。雖然目前航空氣象現代化作業系統中已經發展完成非常多專爲資料格式轉換設計的程式，但在接受新的資料進入系統時仍然很有可能遇到新的格式或與原有格式略有出入的類似格式，因此這個轉存的作業常是在航空氣象現代化作業系統中建立新資料時最耗費成本與時間的工作項目。

以衛星資料爲例，依其來源及格式特性區分如下：

- JWA HRIT MTSAT：以 FTP 方式由 JMA 取得，檔案內包含單一光譜頻道的所有資訊。有 1 個可見光頻道及 4 個紅外線頻道可用，但目前航空氣象現代化作業系統中只使用了可見光頻道及其中 1 個紅外線頻道。

- JMA HRIT MTSAT：預備取代 JWA HRIT MTSAT 的資料，以 FTP 方式由 JMA 取得，每個檔案都是一個壓縮檔，內含由單一光譜頻道影像分割成的數個片段。有 1 個可見光頻道及 4 個紅外線頻道可用，所有的頻道都將使用在航空氣象現代化作業系統之中。

- Meteosat PNG/Meteosat Indian Ocean PNG：以 FTP 方式由 JMA 取得，每個檔案內含單一光譜頻道影像的 PNG 檔及相關資料。有 1 個可見光頻道及 1 個紅外線頻道可用，處理過程需先將 PNG 檔轉換爲 GRAY 灰階檔案。

- MTSAT PNG images：以 FTP 方式由 JMA 取得，目前美國國家大氣科學研究中心的專業人員仍在試著分析此資料應如何轉存及使用。

- ICAO Satellite Images：以 wget 方式由 AWC 的網頁取得，每個 JEPG 檔案內含一個特定區域的影像，檔案名稱是固定的。在航空氣象現代化作業系統中單純將它向後傳輸展示在航空氣象服務網中。

- MTSAT IR Full Disk JPEG image：以 wget 方式由 NOAA 的網頁取得，1 個 JEPG 檔案，檔案名稱是固定的。在航空氣象現代化作業系統中單純將它向後傳輸展示在航空氣象服務網中。

- Wind/Temperature Images：以 wget 方式由 AWC 的網頁取得，在所有檔案列表中只採集其中特定檔案，檔案名稱是固定的。同樣在航空氣象現代化作業系統中單純將它向後傳輸展示在航空氣象服務網中。

由此可見，雖然多種資料格式與 MDV 之間都能互相轉換，但採集和轉存的作業需考慮轉存前需預作的程序、原資料格式與 MDV 格式所使用的投影法和採集時檔案需不需要解壓縮，該將採集得到的檔案暫存在什麼目錄等問題。

採集階段的資料流及作業流程如下圖：

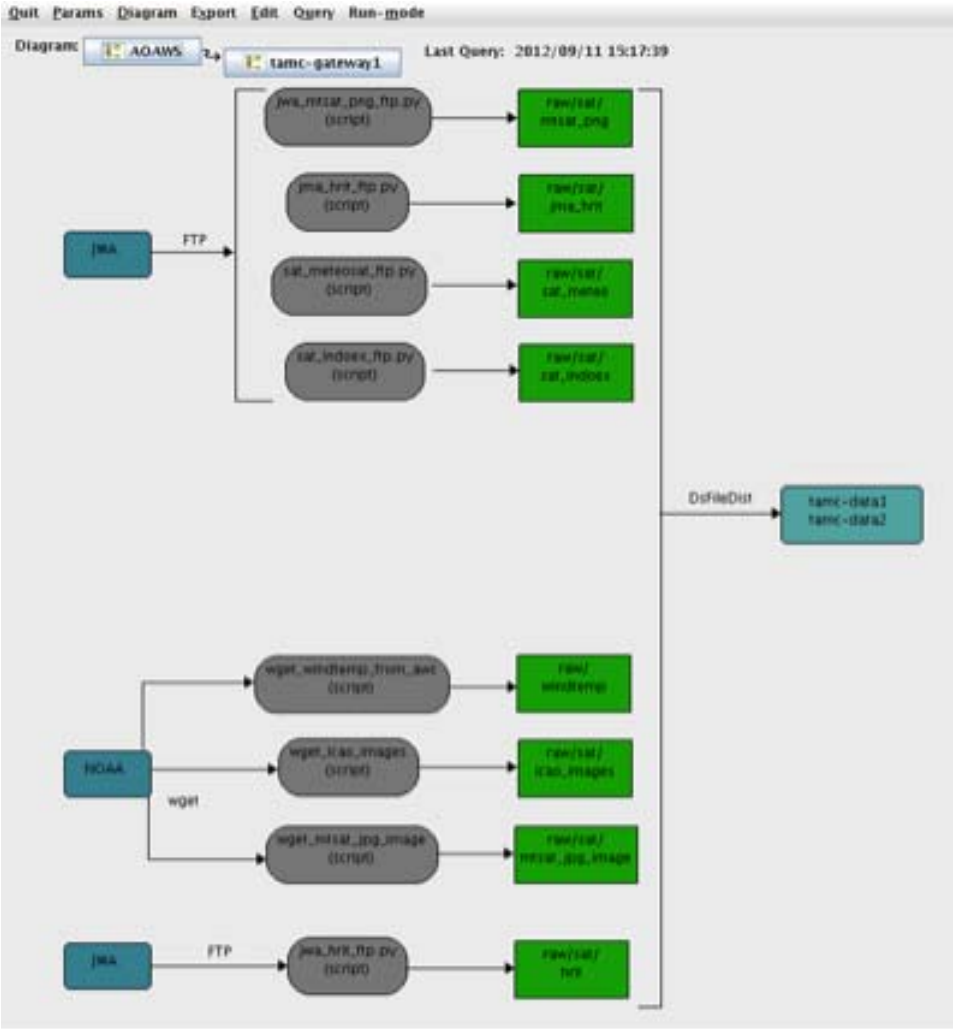


圖 1：採集階段的資料流及作業流程

採集的工作在主機群架構重新調整之後，將交由專責與外網聯絡的 tamc-gateway1/2 主機負責，以 crontab 排程方式啓動執行。針對每個資料群都有 4 個程式進行採集，以 JMA 的 HRIT 衛星資料爲例：

- run_control_jma_hrit_ftp
- control_jma_hrit_ftp.pl
- run_jma_hrit_ftp
- jma_hrit_ftp.py

在 control_jma_hrit_ftp.pl 中設定結尾爲 1 時，代表這是主要接收主機；設定爲 2 時代表這是備援主機，先檢查主要接收主機上有沒有檔案，沒有的時候才由備援主機接收。由 tamc-gateway 主機接收到的檔案傳送至 data1/2 主機上放置於相對應的目錄如下圖所示。

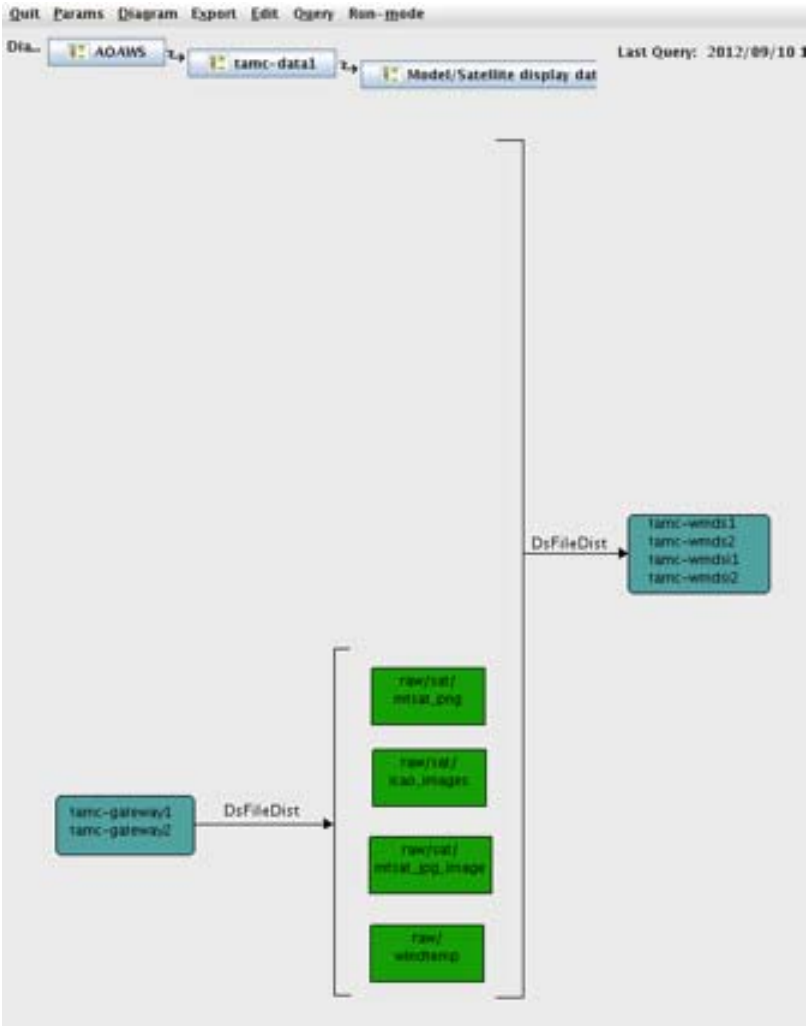


圖 2：接受檔案存放程序流程圖

接下來由 data1/2 主機進行衛星資料的轉存及重格式化程序。Ldatawatcher 將檔案依光譜頻道分類儲存至不同目錄下，再依光譜頻道分別啓動相對應的 jmaMtSatHRIT2Mdv 程序，這個程式會將原本的資料格式轉換爲 MDV 格式，並切爲 domain1、domain2、domain3 和 worldview 等 4 個域名儲存在該域名的目錄下，如下圖。

圖 3：data1/2 主機衛星資料轉存及重格式化程序流程圖

另外 MeteoSat 與 Meteosat Indian Ocean 的資料也需經過類似的過程，先放置在對應的目錄下，然後以專爲其設計的重格式化程式對檔案格式進行轉換，最後將成果放置在另一個目錄中。因爲這兩個衛星影像不需做不同域名的切割和分類，因此較爲簡單。

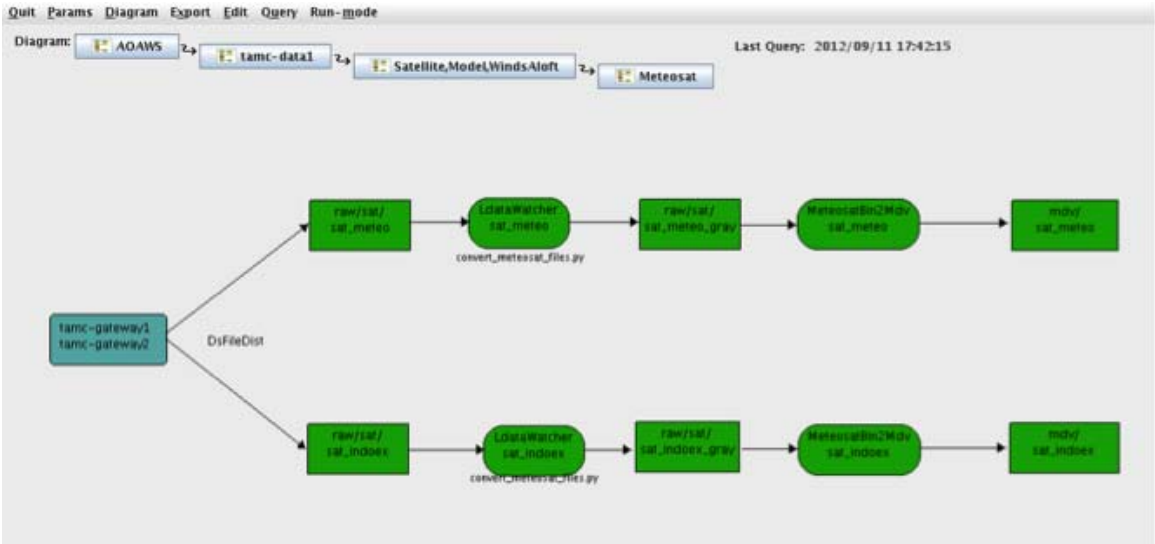


圖 4：MeteoSat 與 Meteosat Indian Ocean 資料轉存及重格式化程序流程圖

若要將多張衛星影像縫合成一張較大範圍的圖並不困難。只要這些原始影像已轉存爲 MDV 格式，就可以針對各個格點進行運算或篩選。同樣的，若想製作近年來在氣象衛星應用領域常用的 RGB 三色疊圖產品，只要不同光譜頻道的影像已分別轉存爲 MDV 格式，同樣可以針對各個格點進行色碼的運算，再將其顯示出來。對身爲軟體工程師的 Nancy 來說，較困難的部份首先仍是在將新資料轉存爲 MDV 格式時可能遭遇的各種問題，由於資料型態太多，儲存的檔案格式又五花八門，單單要毫無錯誤的將原始檔案解譯出來就得花非常多的時間去嚐試錯誤，在轉存爲 MDV 檔時又有可能發生其他難以察覺的錯誤，因此是非常耗時且耗費成本的作業。其次，就是演算法，也就是科學理論的部份。舉前述縫合衛星影像的部份爲例，在 2 張衛星影像重疊的部份要選擇採用哪一張的資料，或是多重資料經過什麼運算平均做爲最後值？若有多張影像需要疊合，每張影像是否需要預做處理以讓每張影像的亮度和極亮值極暗值相同再疊合？這些都是需要經過仔細考慮，並有充份的科學研究和理論支持才能處理的問題，若草率的將影像縫合，則有可能造成不實用，甚至可能誤導使用者的產品。RGB 三色疊圖產品也有類似的問題，若能依據國內外的研究成果，使用已經過驗證的公式計算色碼，那麼要實現在程式中並不是很困難的事。

最後 Nancy 比較了新引進的衛星影像與舊的衛星影像，以確認新的衛星影像是否是合理正常的。這個步驟也很重要，如果最後算出來的影像有異常，就要從資料採集的部份一步一步檢查是否有問題。比較的結果很好，新圖與舊圖之間的差異不大，如下圖中左邊是舊圖，右邊爲同一區域的新衛星影像：

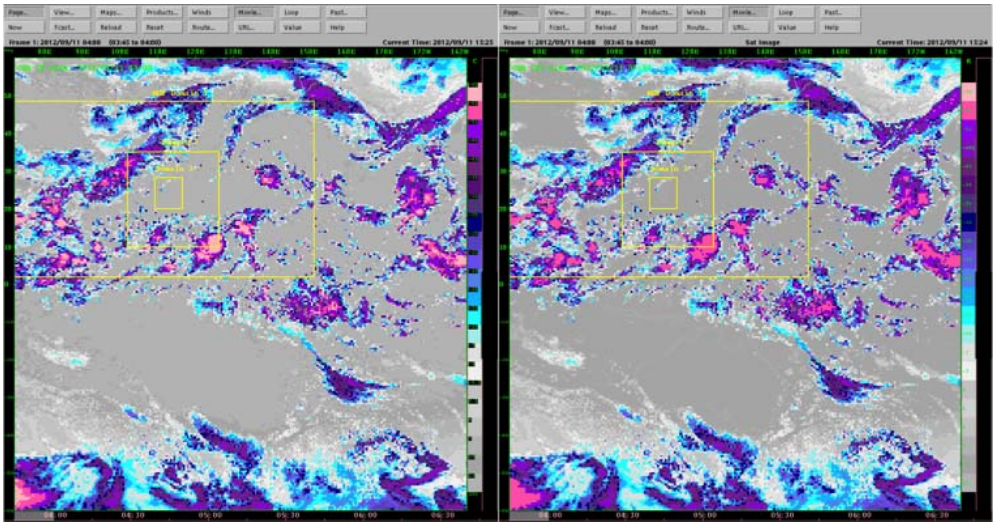


圖 5：HRIT IR 新舊比較圖

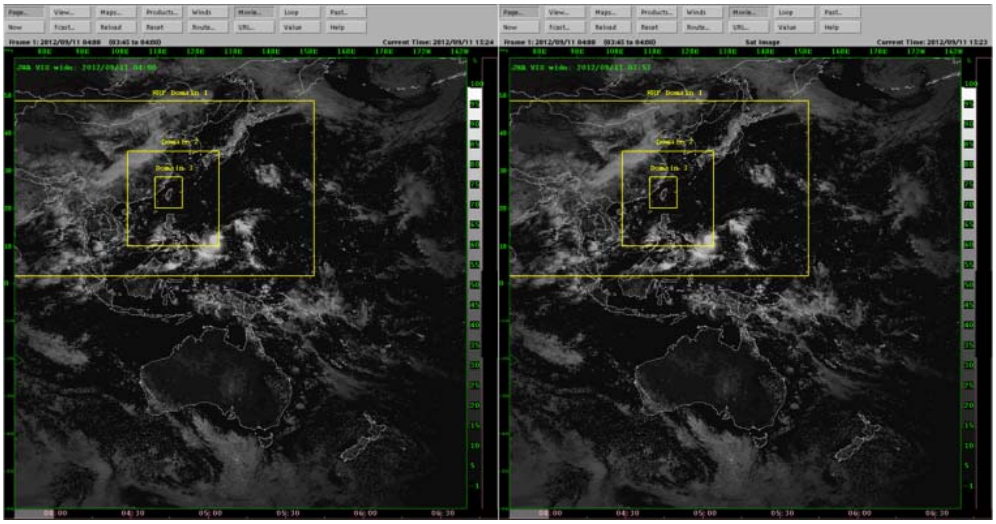


圖 6：HRIT Vis 新舊比較圖

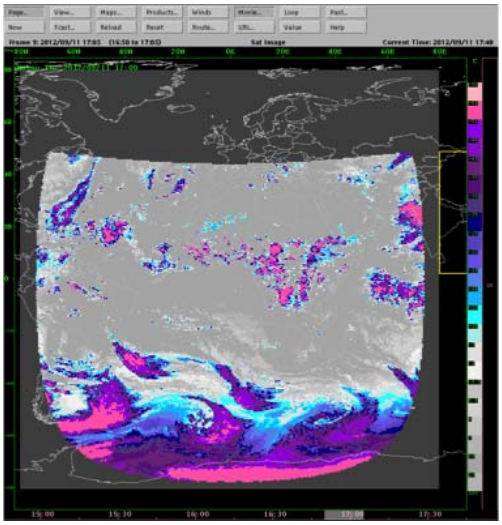


圖 7：Meteosat 衛星影像

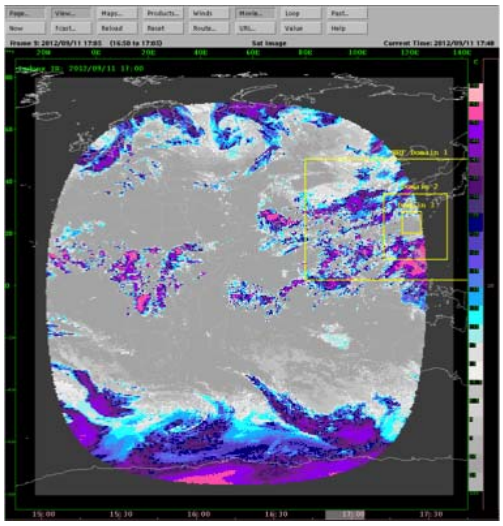


圖 8：Meteosat Indian Ocean

總結，引入新資料的過程分列如下：

- 撰寫程式以引入新的原始資料
  - 為個別資料群分別撰寫新的程式碼
  - 將每個資料群放置在各自不同標識清楚的目錄下
- 撰寫演算前需預作處理的部份的程式碼
- 撰寫程式以將原始格式重格式化為 MDV 格式
- 加入_DsFileDist 參數以將資料轉送至應至的地方以便下一步處理

二、 天氣產品資料演算法

(一) NCAR 亂流偵測演算法產品

亂流每年造成約 75%的飛航事故，並造成每年平均 13.9 架次嚴重損害，47.2 架次輕微損害的飛行器損失，所以提升亂流的預報與偵測技術是迫在眉睫的需求。綜合來說，亂流可分成三大類，晴空亂流、山岳波及對流雲周邊因為對流產生的亂流。如下圖：

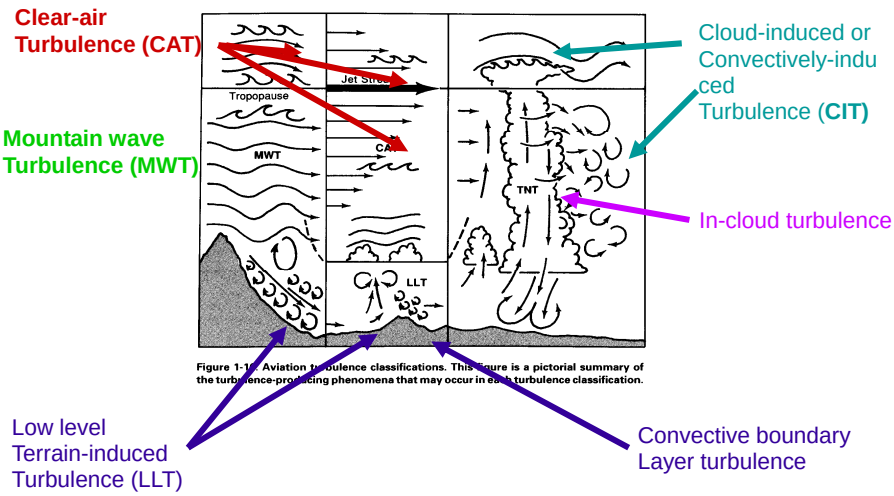


圖 9：亂流之發生原因及特性分類

由於亂流強度的定義是由機長依據該飛機受亂流影響時所發生的震動搖晃程度來紀錄，因此會受到飛機機型大小、機長主觀認知等因素影響，並不是一個很客觀明確的計量方式。美國國家大氣科學研究中心考慮到這個問題，引入渦流耗散率(Eddy Dissipation Rate，EDR)來研究飛航安全中所指的亂流強度與大氣運動之間的關係。EDR 是指該大氣最小尺度的運動中能量的耗散率，通常大氣的動能來自最大尺度的運動，逐漸分解爲較小尺度的運動最後耗散掉。這個過程所耗散的總能量除以所需的時間就是 EDR。一般來說，大氣運動的混亂程度愈強，EDR 就愈高。

美國國家大氣科學研究中心與美國聯合航空公司和美國達美航空公司合作，在飛機上安裝了 EDR 偵測計，將測得的 EDR 數值與機長所報告的亂流事件相互比對，共取得聯合航空公司 6 萬筆及達美航空公司 5 萬筆的資料。由這些數據可以將 EDR 的數值與飛機報告的亂流強度對應起來，輕度亂流是 0.03 m2/3s-1，中度亂流是 0.21 m2/3s-1，強烈亂流是 0.56 m2/3s-1，如下圖所示。

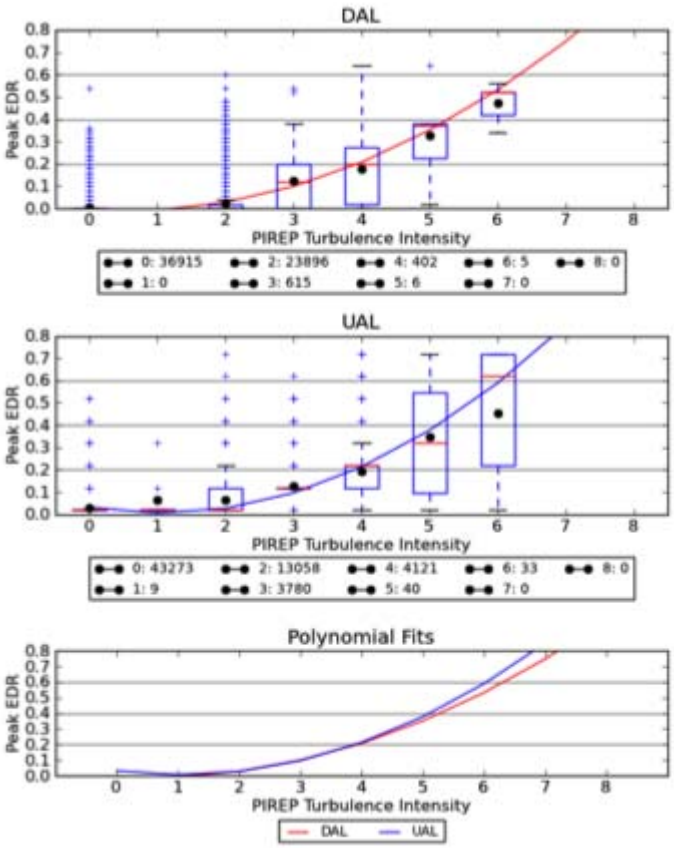


圖 10：EDR 偵測器所測 EDR 與飛機報告亂流強度之關係圖

他們在進一步分析數據之後發現，強烈亂流甚至中度亂流與輕度亂流相比都可以算是很少見的，如下圖所示。

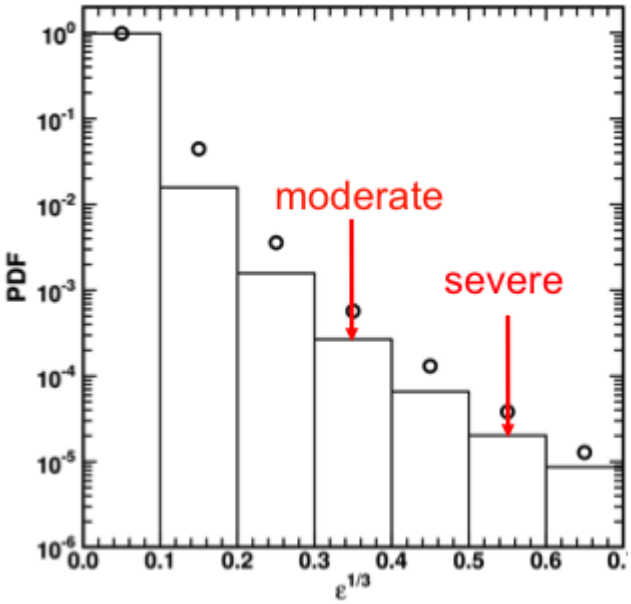


圖 11：亂流強度分佈圖

在建立了 EDR 與亂流強度之間的關係之後，只要能找到一個客觀的測量 EDR 的方式和技術，就可以將所測得的 EDR 轉換爲亂流強度，並以適當的方式呈現給氣象學家、管制人員和飛機的駕駛等終端使用者。美國國家大氣科學研究中心研究發展出這個被稱爲 NCAR 亂流偵測演算產品的技術，用來偵測伴隨降雨發生的亂流。

NCAR 亂流偵測演算產品的目標是以都卜勒氣象雷達資料爲航空作業提供一個高解析、即時更新的大氣亂流強度偵測能力。NCAR 亂流偵測演算產品與整合性亂流預報演算產品(integrated turbulence forecast algorithm, ITFA)不同。整合性亂流預報演算產品是一個基於數值天氣模式，設計用來預測晴空亂流的「預報產品」；而 NCAR 亂流偵測演算產品則是以雷達資料爲基礎，設計用來偵測已經發生的雲中亂流的「偵測產品」。

NCAR 亂流偵測演算產品使用雷達資料中能代表在掃瞄光束中所測到的徑向風變化量的「波譜寬度」，將它換算成 EDR，再對應到亂流強度。因此，NCAR 亂流偵測演算產品著重在雲中對流性降雨引發的亂流。由於對流性降雨所引發的亂流佔亂流發生原因的 60%以上，NCAR 亂流偵測演算產品對對流性降雨引發的亂流的偵測能力能大幅提升飛航作業在亂流部份的閃避能力。

由於 NCAR 亂流偵測演算產品使用的波譜寬度這個資料很容易受到雜訊干擾或汙染，因此確保雷達資料中的各種雜訊已經被濾除就變得非常重要。這些雜訊包括海雜波、二次傳播、異常傳播、太陽光或其他雷達波源等。波譜寬度這個資料經過「模糊邏輯」依據該掃瞄的作業模式、訊噪比、雜波汙染處理和昆蟲汙染處理等參數進行調整之後換算成 EDR。這些參數都必需向雷達管理者索取，而這些參數的正確與否就會直接影響演算後的產品是否正確。

NCAR 亂流偵測演算產品在臺灣地區的應用是使用中央氣象局的雷達資料做原始資料。中央氣象局的雷達涵蓋臺灣本島大部份的範圍，的確適合用來進行 NCAR 亂流偵測演算產品的運算，然而，由於中央氣象局在南部與東部的雷達受到地形和城市的影響雜波較多，要濾除雜波的困難度較高。主持這個產品開發的人員也告訴我們，雖然今(101)年美國國家大氣科學研究中心依計畫合約派員至臺灣爲臺北航空氣象

中心預報員實施教育訓練時他們在臺北航空氣象中心的引介之下與中央氣象局的雷達負責人會面並進行深入的討論與了解，但似乎仍有部份參數因各種原因未完全取得。這個問題是目前他們在調校這個產品時遭遇到的最大問題，也希望臺北航空氣象中心能再進一步協助他們與中央氣象局協調取得所需資料。

美國國家大氣科學研究中心已經針對未來要在航空氣象現代化作業系統中運作的 NCAR 亂流偵測演算產品設計了程序、資料流與撰寫了部份的程式碼，如下圖：

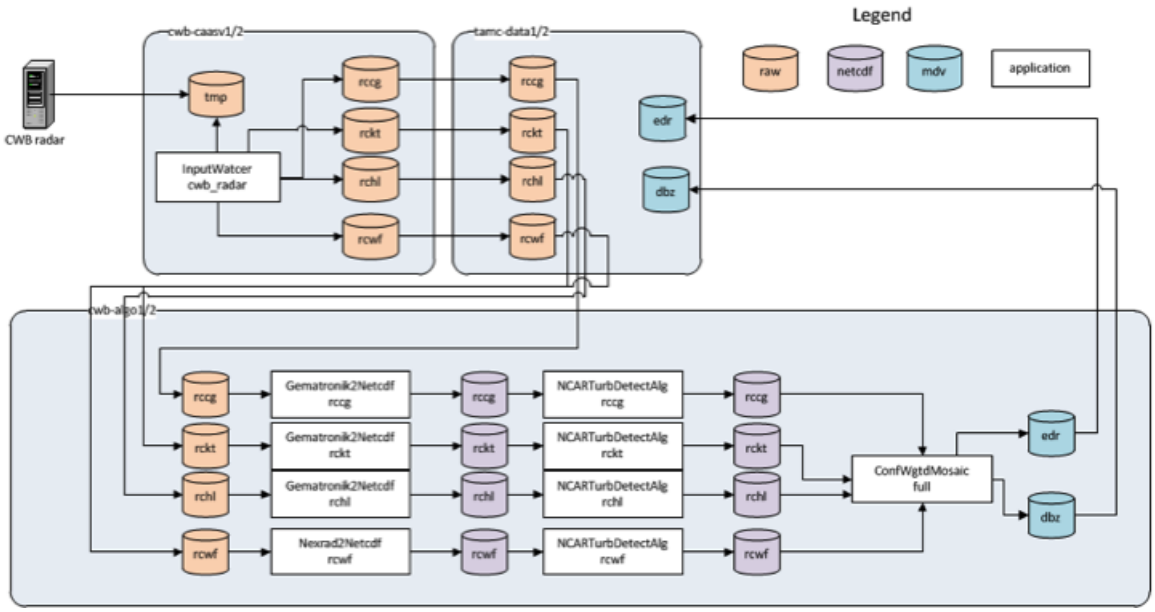


圖 12：亂流偵測演算產品運算流程

各雷達站的雷達資料在採集進入系統之後，分別重新格式化爲 NetCDF 格式，再各自進行 NCAR 亂流偵測演算。演算後的結果經過信心加權計算並經過馬賽克合成運算並重新格式化爲 MDV 格式，再轉存到下一部主機上，如下圖：

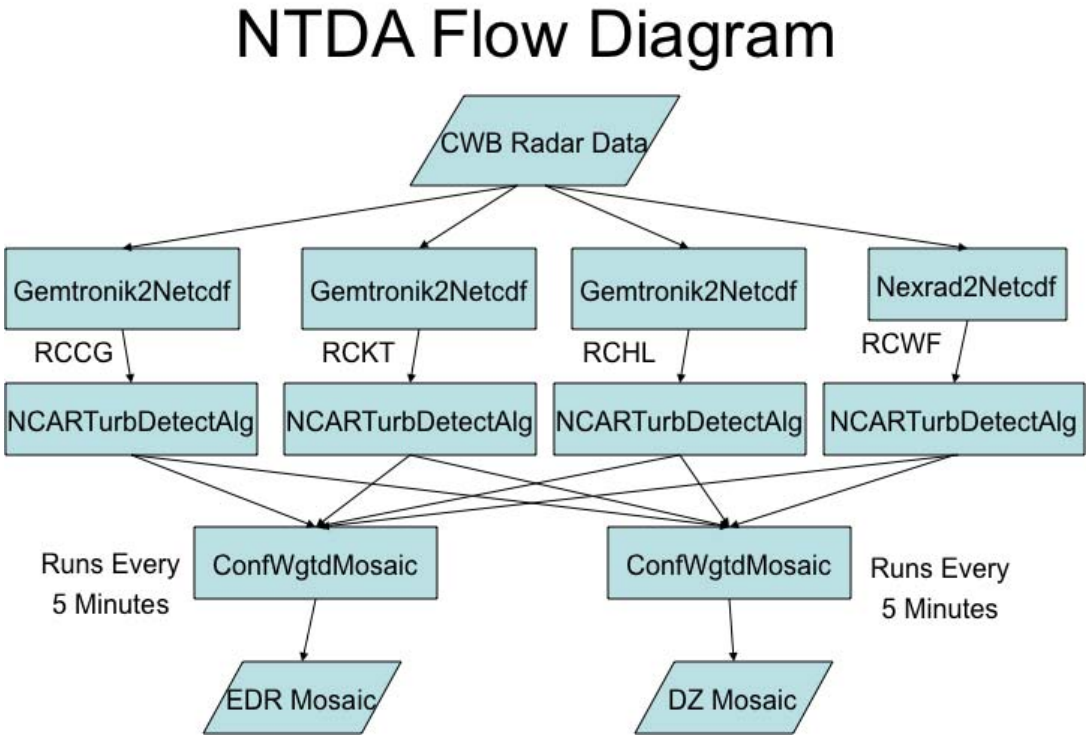


圖 13：亂流偵測演算產品資料流示意圖

目前航空氣象現代化作業系統中已經包含了中央氣象局的雷達合成圖和桃園機場的都卜勒氣象雷達資料，傳統上大多數使用者都認爲雷達回波最強的地方應該就有最強的亂流產生，因此可能低估了 NCAR 亂流偵測演算產品的重要性。事實上在美國國家大氣科學研究中心的研究結果顯示，雷達回波的分布與降雨強度有關，但不一定會與亂流強度的分布相似。大部份的研究個案都顯示雷達回波的分布與他們所計算出的亂流強度分布有明顯的不同，而這些個案中的飛機報告也證實了 NCAR 亂流偵測演算認定有亂流發生的區域的確有中度到強烈的亂流飛機報告。下圖中左側是雷達回波，右側是 NCAR 亂流偵測演算結果，雖然在下側的兩條強回波區與亂流警示相符合，但在圖中左上側的兩個強烈亂流區所對應的雷達回波就不是很強。如果機師或管制人員單純參考雷達回波進行閃避，可能會在急迫的情況選擇雷達回波較弱的路線通過，但仍然遭遇強烈亂流造成事故或危害，因此 NCAR 亂流偵測演算產品能避免這類情況的發生。

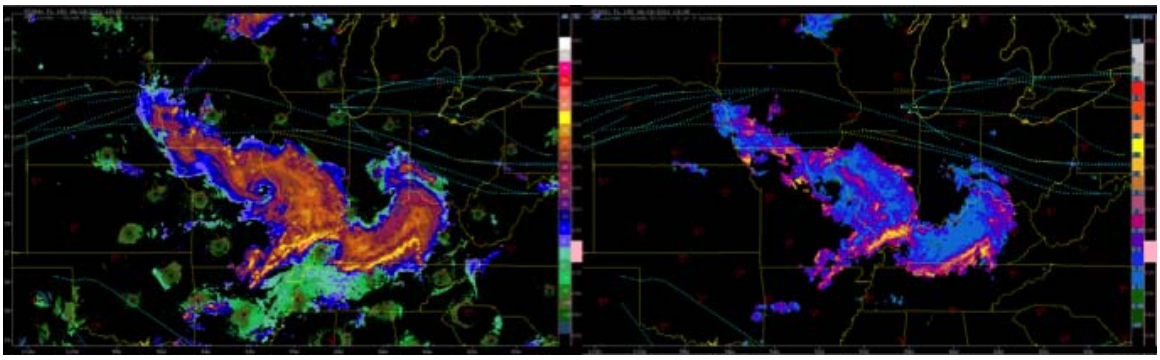


圖 14：雷達回波與 EDR 比較之水平切面圖

下圖同樣的顯示了 EDR 與雷達回波 DBZ 之間的差異，左邊是 NCAR 亂流偵測演算產品所計算的 EDR，右邊是雷達回波。

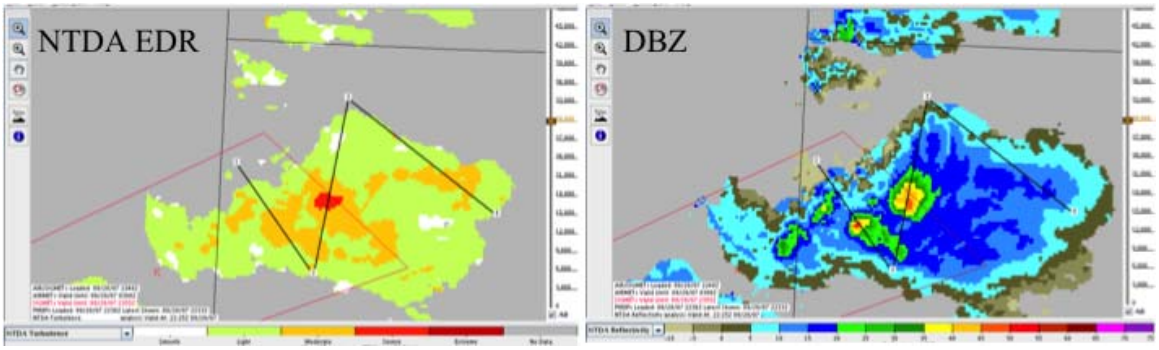


圖 15：雷達回波與 EDR 比較之水平分布圖

下圖是垂直剖面圖，左邊是雷達回波，右邊是 EDR。可以看到在圖中兩張圖最大值的分布區域有很大的不同，EDR 最大值主要分布在 30000 呎以上的高空，而雷達回波卻是在 30000 呎以下爲主。

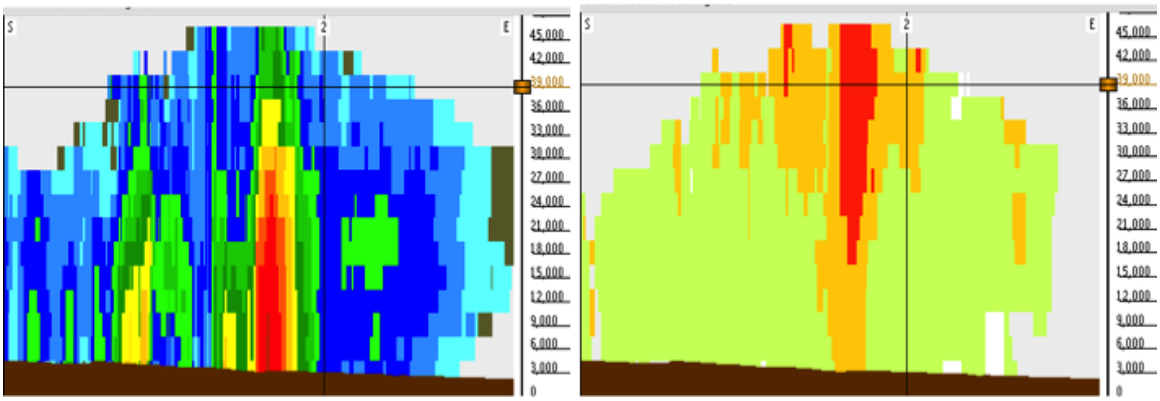


圖 16：雷達回波與 EDR 比較之垂直切面圖

臺灣在西部的航路受到軍事禁航區和地形的限制，可供避讓的範圍有限，又是夏季常出現巨大的對流系統的地區，因此，飛機可能會遇到需要在整個對流性區域中尋找較安全的航路通過的情形。NCAR 亂流偵測演算產品可以即時的顯示亂流強度的分布，有助於飛航作業人員協助飛機通過此類的危害天氣，增進飛航作業的安全和效率。

(二) 即時積冰產品(Current Icing Product, CIP)

在美國國家大氣科學研究中心發展的CIP演算法目前已經是通過美國國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)認證已在美國航空氣象中心(Aviation Weather Center)實際作業的產品。CIP 可以提供對可能遭遇積冰條件的逐時分析，同時包含了遭遇積冰的機率以及積冰的強度。CIP 演算法結合了數值天氣預報要式的輸出與天氣觀測－衛星影像、雷達回波、地面觀測和飛機報告－以縮小可能發生飛行中積冰條件的可能區域。在結合所有資料以產生最後產品的過程中使用了基於物理概念及預報人員過去經驗的模糊邏輯。

本次訓練過程中，主要針對 CIP 所使用的各種資料群的特性、使用方式和處理過程做說明：

1、 衛星

紅外線衛星影像資料可以讓我們知道雲頂的溫度，並藉此推算出雲頂的高度。在雲頂高度以上的區域理論上是無雲的區域，而沒有雲滴（固態或液態）的條件下是不可能發生積冰的。由此便可濾除部份數值天氣預報模式所計算出來不合理的積冰區域。另外，由於光線散射及反射的特性，若雲層的厚度相同的時候，在可見光雲圖中顯示較亮的區域含有較多細小粒子而比較可能是液態水，而顯示較暗的區域含有較多大型粒子而比較可能是大過冷水滴。在積冰條件中，大過冷水滴結冰速度快不易排除，且容易產生大型不規則狀的積冰，因此是屬於比較危險的積冰型態。

衛星資料的原始資料在送入航空氣象現代化作業系統之後經由以下 3 個程序進行處理：

- Gini2Mdv：將衛星影像重格式化轉為 MDV 格式

- SatDerive：可以對衛星資料中的基本場進行運算，如計算兩個場每個格點的差值，或計算單一場的標準差

- MdvMerge2：將同一時間來自不同衛星的衛星格點資料合成爲單一馬賽克合成圖

2、 METARs

由 METAR 地面觀測報文中可以得知當地的雲量、雲底高度以及有沒有下雨，地表溫度是否低於零度等等。由雲量與雲底高度可以將雲底高度以下的積冰可能性完全排除。若有降雨，且地表溫度低於零度則需要將雲底高度以下的空間都標示爲可能發生積冰，然後依降雨的強度和溫度計算積冰強度和機率。然而，METARs 是代表單一測站的觀測值，而且分布的位置是非常不規則的。因此，CIP 演算法中使用了同心圓式的概念來填圖，也就是說，假設距離某一個網格點最接近的的地面觀測資料是最能代表該網格點的資料。CIP 設定至少必須在 40 公里範圍內的地面觀測資料才具有代表性，因此當某網格點週圍 40 公里沒有任何地面觀測資料可用時，就擴大同心圓的範圍，直到半徑增加到 125 公里都沒有地面觀測資料，CIP 就會將這個點留白。

前述的這個程序除了可以應用在 CIP 之外，經過少許改變或調整也可以應用在預報員繪製顯著天氣圖的作業中。由於繪製顯著天氣圖時需要在地面標記出未來某個特定時刻各地的預報天氣現象，通常預報員都必需切換參考各地機場 TAF 報文，但因 TAF 報文也是針對單一機場，因此預報員在繪圖時常需自行想像前述將天氣報文擴展至週邊網格點之後的情況。若能將這個功能在修正之後獨立出來製成一個產品頁面，對天氣觀測報文與天氣預報報文的具體化會有很大的幫助。

地面觀測資料的原始資料在送入航空氣象現代化作業系統之後經由以下 2 個程序進行處理：

- Metar2netcdf：將 METAR 報文依它的位置座標標記在 NetCDF 格式的檔案中

- MetarMapper：將 METAR 依前述同心圓法則填入至週邊的網格點中，並將結果重格式化爲 MDV 格式

3、 PIREPs

與 METARs 類似，但飛機報告可以直接告訴系統該處有沒有積冰，若有，積冰的強度爲何等重要資訊。與 METARs 同樣的方式將一小時內的 PIREPs 的資料以同心圓的法則填入週圍的網格點之後，再與其他資料統整計算。

飛機報告資料的原始資料在送入航空氣象現代化作業系統之後經由以下 2 個程序進行處理：

- Pirep2netcdf：將 PIREP 報文依它的位置座標標記在 NetCDF 格式的檔案中

- MetarMapper：將 PIREP 依前述同心圓法則填入至週邊的網格點中，並將結果重格式化爲 MDV 格式

4、 雷達

雷達資料被用來改善降雨場的估計，它們以 4 公里的解析度被映射到網格中。回波強度超過 18dBZ 的網格會被儲存到 MDV 格式的網格資料中，之所以限定 18dBZ 的回波強度是因爲在過去這是在開發程式時能使用的最低的雷達回波門檻。未來版本的 CIP 將可以使用全部的回波值範圍，在正確的使用之下可以對積冰的診斷有很大的幫助。例如，較強的回波通常代表較大的粒子或冰晶，而這種粒滴造成的積冰狀況通常較不嚴重；但最強的回波則代表冰與水共存的狀態，這種雲層會造成非常危險的強烈積冰。另外，在同一網格點中有強回波與弱回波的時候，積冰的情況可能更嚴重，因爲這代表該雷暴正在發展中。

雷達資料在送入航空氣象現代化作業系統之後經由以下 4 個程序進行處理：

- nsslMosaic2Mdv：將雷達資料以馬賽克方式合成之後存爲 MDV 格式檔案

- MdvMerge2：針對無法以前項方式合成的雷達資料進一步處理合成
- MdvConvert：進一步重格式化 MDV 格式的雷達資料
- RadarMapper：將雷達資料重新映射至對應的網格點

5、 閃電

與 PIREPs 和 METARs 一樣，閃電資料也以同心圓的方式填入週圍的網格點之中。然而它的門檻較嚴格，只有在網格點 25 公里內且在 15 分鐘內發生的閃電才會被紀錄，這是由於閃電代表深對流，這類天氣的尺度較小，持續的時間也較短。

6、 數值天氣預報模式

數值天氣預報模式會計算各網格點上的水汽含量、溫度、相對濕度和垂直速度，並藉此來計算空間中的雲滴三維分布，雲滴型態。過去的積冰分析產品多單以過冷水滴爲演算依據，但是因過冷水滴造成的積冰，僅約佔全部積冰 30%左右。所以單就過冷水滴分析結果，往往不足以符合使用者對於積冰預報產品的需求。後來改版爲 FIP 之後除了原本的過冷水滴部分，也同時考慮雲層的冰相，理論上同時納入過冷水滴與冰相後，可經過分析而預報出約佔 60%的積冰比例。然而這個方式會增加很多誤報的區域，因此必需配合前述的各項資料將不可能發生積冰的區域濾除，這就是 CIP 演算法最重要的關鍵。

運用這樣的方式和這些資料經過複雜的演算，可以解析出下列項目：

- 雲量
- 雲頂高度
- 雲底高度及降雨型態

再加入模糊邏輯運算與結冰條件相關的參數：

- 溫度

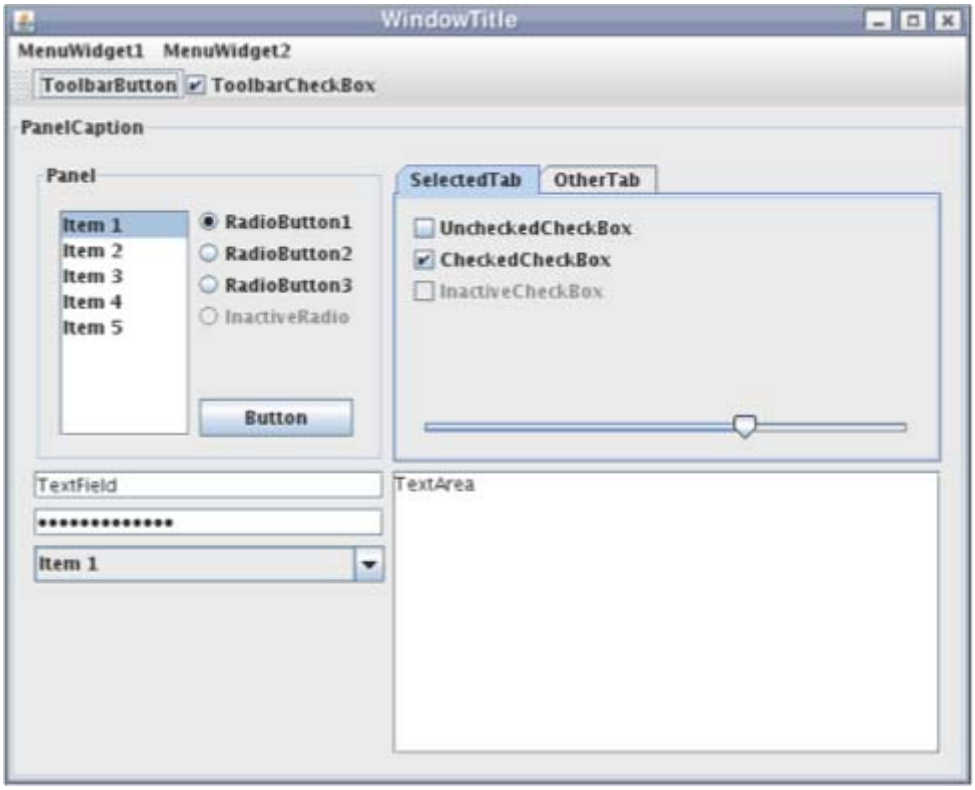
- 雲頂溫度
- 相對濕度
- 垂直速度
- 顯性的過冷水滴及降雨
- 飛機報告

接下來決定物理性的積冰條件，並計算出初始的積冰與過冷水滴分布。接下來又進一步針對細分爲單一層雲層、多層雲層、雲頂溫度梯度、傳統凍雨、深對流等情況分別計算。最後運用這些參數和所有資料結算最後的積冰強度和積冰機率。

在課程中提到 CIP 有一個診斷模式，可以將 CIP 運算過程中各項資料群計算出來的結果分開顯示。在檢查 CIP 計算是否有問題時很有幫助。

三、顯示系統與介面

JMDS 是以 JAVA 語言建置的，需要 JAVA6 或以上的版本。它是跨平台，將編譯的檔案以自我優化方式在運行環境中執行的語言。因此建置出的 JMDS 系統也擁有這些優點。JMDS 使用了跨平台的介面工具箱 Swing，它包含了按鈕、頁框、 視窗與其他的部件。使用 Swing 建置的系統不管在哪個平台執行，都擁有相似的外觀和視覺風格，如下圖：



原本 JMDS 的所有功能都是在 JADE 架構完成的，然而在航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫中將 JMDS 改寫爲 JADEITE 架構是非常重要的工作項目之一，因此要完全瞭解 JMDS 新舊版本之間的差異，就必須要知道 JADE 與 JADEITE 的差異爲何。

首先我們必須了解 JMDS 的運作方式，JMDS 的作用就是將資料庫中的各種資料抽取出來，依照設定檔中的設定呈現在畫面中。JMDS 系統是透過網路執行， NCAR 研究應用實驗室(Research Applications Laboratory，RAL)以 perl 語言設計了 DsForward 程式，透過它經由網路將需求的資料傳送到遠端的主機，並將遠端系統的 mdv server 和 spdb server 所執行的結果回傳給使用者並顯示在其終端機螢幕上。這個系統呼叫使用資料的語法如下：

mdvp:://tamc-mds1::mdv/radar/mosaic?forward_url=http://rap.ucar.edu/DsForward&（透過 http://rap.ucar.edu/DsForward 通道使用 mdv protocol 到 tamc-mds1 主機抓取 mdv/radar/mosaic 目錄下的資料。）

spdbp:Metar2Symprod:simple//tamc-mds1::spdb/metar?forward_url=http://rap.ucar.edu/DsForward&（透過 http://rap.ucar.edu/DsForward 通道使用 spdb protocol，要求

DsServerMgr 檢查並啓動 Metar2Symprod 程序，並使用_Metar2Symprod.simple 檔作爲參數設定，到 tamc-mds1 主機抓取 spdb/metar 目錄下的資料。）

在抓取資料庫中的資料之後，JMDS 就會將資料呈現在使用者的螢幕上，這個過程由設定檔控制，比方產品的色階、顯示範圍大小、顯示何種產品、需要套疊何種地圖資訊等等。不管是 JADE 版本或 JADEITE 版本，JMDS 的控制設定檔都是以 XML 的格式寫成的。XML 語法類似於 HTML 語法，但適用於更廣泛的用途，對標籤的運用規定也比較嚴格。雖然同樣使用 XML 語法，但 JADE 與 JADEITE 版本的 JMDS 設定檔的複雜度完全不同。

JADE 版本的 XML 是以開發人員爲中心發展成的，設定的項目是各種元素和屬性，在設定時需要對 JAVA Beans 中的 id 與類名有較多的瞭解。而且這些設定檔是依子元素或 id 分類，也讓一般對 JAVA 程式語言較不熟悉的人員很難學習。JADE 版本的設定檔如下圖：

```
<DataLayer
   id = "radar_2d_layer"
   className = "edu.ucar.rap.aoaws.apps.jmds.AltitudeAwareMdvDataLayer"
   displayName = "Radar 2D"
   is2D = "true"
<DataLayer
  id = "cld_top_hgt_layer"
  className = "edu.ucar.rap.aoaws.apps.jmds.AltitudeAwareMdvDataLayer"
  displayName = "Cloud Top Height"
  is2D = "true"
```

圖 17：JADE 版本的 JMDS 系統設定檔

因此，在過去美國國家大氣科學研究中心曾經建議臺北航空氣象中心若要對這個部份進行完整的技術轉移，接受訓練的人員至少需要具備下列條件：

1. 基本的撰寫 XML 語言的能力
2. 基本的 AOAWS 基本架構與資料傳輸使用的認識
3. 基本的 HTTP 知識，包含所有相關網路設定
4. 中階以上 Java 與 Java Web Start 能力

但由於臺北航空氣象中心的人員都是受過專業氣象訓練的氣象學家，而非資訊工程背景的軟硬體工程師，因此要符合這些條件有現實上的困難。美國國家大氣科學研究中心瞭解這個問題，也清楚認知到臺北航空中心希望能擁有自行更改 JMDS 系統的產品及設定方式的需求，決定將 JMDS 以 JADEITE 架構改寫，如下圖。

```
<Layer vis="on" type="MDV" name="Radar 2D"
       location="mdvp:://wmds.rap.ucar.edu::mdv/radar/mosaic?forward_url=http://www.rap.ucar.edu/DsServerTunnel"
       field="MOSA" is2D="true" render="fillcontours" colorscale="radar_d_colorscale"
       request="firstBefore" margin="3600secs" contourCellThreshold="105000" visibilityGroups="radar2d_visibility_group_masters,GRIDS_EXCLUSIVE" />

<!-- Radar 3D -->
<Layer vis="off" type="MDV" name="Radar 3D"
       location="mdvp:://wmds.rap.ucar.edu::mdv/radar/mosaic3d?forward_url=http://www.rap.ucar.edu/DsServerTunnel"
       field="MOSA_comp" is2D="true" render="fillcontours" colorscale="radar_d_colorscale"
       request="firstBefore" margin="3600secs" contourCellThreshold="105000" />

<!-- TIA Radar -->
<Layer vis="off" type="MDV" name="TIA Radar"
       location="mdvp::fl//wmds.rap.ucar.edu::mdv/radar/tiaCart?forward_url=http://www.rap.ucar.edu/DsServerTunnel"
       field="DBZ_comp" is2D="true" render="fillcontours" colorscale="radar_d_colorscale"
       request="firstBefore" margin="3600secs" contourCellThreshold="105000" visibilityGroups="tia_visibility_group_masters,GRIDS_EXCLUSIVE" />

<!-- Cloud Top Height -->
<Layer vis="off" type="MDV" name="Cloud Top Height"
       location="mdvp::zoom_jmds//wmds.rap.ucar.edu::mdv/CloudHt?forward_url=http://www.rap.ucar.edu/DsServerTunnel"
       field="IRHeight" is2D="true" render="fillcontours" colorscale="cld_top_hgt_colorscale"
       request="firstBefore" margin="7200secs" contourCellThreshold="105000" />

<!--
##########################################################################################################################

 Window parameters (optional element, only one of these allowed):

 width = pixel width of the window, if the screen is big enough
 height = pixel height of the window, if the screen is big enough
 xOrigin = (optional) pixel x location of the upper left of the window, measured from upper left of the screen
 yOrigin = (optional) pixel y location of the upper left of the window, measured from upper left of the screen (positive downwards)
 backgroundColor = (optional) defaults to white
 startLatitude = (optional) The starting latitude for windows that adjust their content based on mouse click position
 startLongitude = (optional) The starting longitude for windows that adjust their content based on mouse click position

##########################################################################################################################
-->
<Window width="1040" height="1000" xOrigin="0" yOrigin="0" backgroundColor="black" />
```

圖 17：JADEITE 版本的 JMDS 系統設定檔

與 JADE 版本相比，JADEITE 版本的設定檔沒有 JAVA 語言用的類名，很少使用交叉引用方式處理聯結，改善了註解與說明，最重要的是它不再是以開發人員爲中心發展的設定檔，而是以使用者爲中心所發展的。這些特色大幅改進了 JMDS 設定檔的友善程度，JADEITE 版本的設定檔把焦點放在各項產品以何種方式在什麼頁面顯示，設定的參數都是直接與最後顯示的結果有關，而不再是 JAVA 程式語言內部使用的參數和類別，因此任何對 JMDS 系統有較深知識的人員都能很容易的上手。

舉例來說，Jadeite 版本的圖層設定，就包含了下列參數：

- Vis：該圖層是可見或隱藏
- Type：該圖層的類型爲何？（Symprod、MDV 或其他）
- Name：圖層供識別的名稱，會顯示在畫面中的上方。

- Location：資料來源的存放位置
- menuGroup：在顯示選單中屬於哪個群組
- visibilityGroup：決定該圖層屬於哪個可見或隱藏的群組，以及如何與其他圖層的可視條件相關聯

其中的圖層類型共分為五種，分別是：

- MDV：由 MDV 主機或 MDV 檔案提供的網格點資料
- MDVWIND：包含經向風緯向風或風向風速的 MDV 網格點資料
- MDVTOPO：包含地形資料的 MDV 網格點資料
- SYMPROD：非網格的 Symprod 資料，如 METARs，AIREPs 等
- CIDDMAP：固定的地圖資料，如臺灣海岸線，機場範圍圈等

另外還可以針對每個圖層所使用的色階，色階本身，時間與動畫以及預設高度層和視窗參數等進行設定。另外還有多種地圖投影法可供使用者選擇，每一種地圖投影法都有其獨特的參數和設定選項。

在課程實習的過程中，參考了同樣使用 Jadeite 架構目前美國國家大氣科學研究中心線上作業的 JAZZ 系統，它與臺北航空氣象中心所使用的 JMDS 系統同樣是整合性的顯示系統，只是它是專為美國國家大氣科學研究中心的需求訂製的。在 JAZZ 系統中，發現圖層色階設定中有透明度(alpha)選項可以設定，但在 JMDS 系統中卻沒有。與負責人 Aaron 討論之後發現這應該是 Jadeite 架構中的一個可用功能，加入這個功能對 JMDS 系統來說很有用且必要，因此他口頭承諾將會進行將它加入至 JMDS 系統的程式撰寫工作。

四、航空氣象系統架構與系統監控管理

從今年開始美國國家大氣科學研究中心的團隊引入了 Opsview 這個軟體協助航空氣象現代化的系統軟體硬監控與管理。Opsview 核心是一個自由的，開放原始碼的監測應用程式，它能解決現代化的 IT 系統與網路監控的各種難題。它的優點如下：

- 容易安裝與設定
- 適用於應用程式的監測、網路監測和主機狀態的監測
- 支援虛擬系統的監測

它是由 Nagios 這套系統管理軟體發展成的，整理了相關的套件並針對 Nagios 不足的部份進一步強化。它所監測的系統狀態可分爲：正常、警告、嚴重與未知。其中警告和嚴重這兩個狀態的條件門檻是可以由使用者自行設定的。舉例來說，可以將警告設定爲軟警告與硬警告，軟警告的狀態發生 3 次之後才成爲硬警告，而進一步發出電子郵件或以其他方式通知預設好的聯絡人。

「警告」在這個軟體中所代表的意義是檢查系統、程式或網路狀態發生異常的情況。而「通知」才是指將這個異常情況以各種方式轉達給預設的聯絡人。

Opsview 分爲主機與客戶端，主機程式可以安裝在任何與要監控的主機有網路連線的主機上，而客戶端程式就要安裝在被監控的主機上。在安裝設定上要注意防火牆和其他網路安全的設定以免連線失效。Opsview 軟體會將由各個被監控主機所獲得的資訊整合之後以文字和圖形的介面展示在網頁中。

Opsview 的服務設定包括了對聯絡人的新增、編輯與管理，每個警告對應到什麼檢查狀態，在發生警告的時候有哪些聯絡人會被通知，以及通知之後會進行什麼動作等等。Opsview 主要是用來監控主機的 CPU 使用情況、硬碟空間、網路連線，針對特定主機，如航空氣象現代化作業系統中的網頁主機也可以設定檢查網路流量和負荷，進行進一步的細節調整。

Opsview 這個能監控軟硬體運作狀態的應用程式與原有用來監控資料流的 Sysview 兩個配合使用，可以協助資訊席人員快速找到系統問題的關鍵，提升航空現代化系統的穩定度和效率。

肆、 研習心得與建議事項

航空氣象現代化作業系統在多年的運作之下，臺北氣象中心的同仁已經累積了深厚的系統管理經驗，每個年度由美國國家大氣科學研究中心的訓練課程也都能依計畫

順利進行，在技術轉移和經驗傳承都有良好確實的成效。航空氣象現代化作業系統包含了資料採集與轉存部份、天氣產品資料演算法部份、顯示系統與介面部份和系統監控與管理部份四大類功能。

在系統監控管理部份，臺北航空氣象中心的氣象資訊席輪值人員在多年的訓練下已能獨立解決大部份關鍵性問題。在顯示系統與介面部份，經由過去的訓練課程和經驗交流，美國國家大氣科學研究中心與臺北航空氣象中心持續討論如何才能讓臺北航空氣象中心完全掌握產品製作與顯示的技術。過去美國國家大氣科學研究中心曾經建議臺北航空氣象中心若要對這部份進行完整的技術轉移，接受訓練的人員至少需要具備撰寫 XML 語言的能力、基本的 AOAWS 基本架構與資料流的認知、HTTP 的知識與網路設定能力和中階以上 JAVA 和 JAVA Web Start 能力，但由於臺北航空氣象中心的人員都是受專業氣象訓練的氣象學家，而非資訊背景的軟硬體工程師，因此在這方面有現實性的困難。爰此，美國國家大氣科學研究中心的團隊與臺北航空氣象中心協議決定將 JMDS 以 JADEITE 架構改寫，將設定檔由以開發人員爲中心轉變爲以使用者爲中心，所使用的語法簡單友善，參數定義明確，註解與說明也很清楚。如此一來，大幅降低了轉移此部份技術的門檻，讓臺北航空氣象中心在產品製作與顯示部份擁有更大的自主性和自由度。

然而，在資料採集與轉存部份，由衛星影像的例子可知來自世界各地的各種不同資料所使用的資料格式五花八門千奇百怪，其中有經過壓縮的檔案，有需結合才能使用的檔案或其他需要特殊處理的檔案格式。面對這些資料格式，即使是經驗豐富的專家也需要以試誤法一再的測試並修改程式才能完成將採集的資料正確無誤的轉存入航空氣象現代化作業系統的工作任務。這個過程需要集合大氣科學家與資訊工程師合作努力與長達 1 年或數年的工作時間才能完成。目前在臺北航空氣象中心的要求下，美國國家大氣科學研究中心已在課程安排中加入許多相關的知識傳承與指導，然而由於這類工作特別屬於個案型的經驗，往往無法找到適用全體的通則。負責此類工作的幾位工程師異口同聲的認爲若臺北航空氣象中心要培養能負責處理這項工作的人員，至少必需讓這些人員以實習的方式與美國國家大氣科學研究中心的工作團隊一同在模擬實驗室進行資料轉存與採集的程式撰寫工作 1 年時間，才能確保其擁有足夠的實務經驗。且在訓練完成之後，若要進行新資料的採集與轉存，則仍須將這些人員獨立出來形成一個工作小組，給予其 1 至數年的時間並建置一個完整的模擬實驗室以進

行各種程式錯誤的排除與檢查資料是否正確無誤的轉存進資料庫之中。以目前臺北航空氣象中心的人力資源和作業型態，是否有其他更有效益的方式仍是一個值得深思的問題。

在天氣產品資料演算法部份，美國國家大氣科學研究中心在與飛航天氣相關的研究如亂流預報、亂流偵測、積冰預報及衛星影像演算等領域的研究能力在國際間數一數二，尤其與美國聯邦航空局及美國航空氣象中心擁有長期的合作經驗，在過去數十年來一直扮演對這兩個單位提供技術支援的角色。由於航空氣象與一般氣象不同，所有產品和演算法都必須通過高標準的審核，以免任何誤導性的資訊造成作業人員錯誤判斷並產生飛行安全上的疑慮。美國國家大氣科學研究中心在這些年來持續提供已通過美國聯邦航空局及美國航空氣象中心實際作業驗證的研究成果與產品給臺北航空氣象中心使用，並依臺灣航空氣象作業的需求重新製作調整，以求其完全符合臺北航空氣象中心的作業過程。目前在近年的訓練課程中增加了不少對 MDV 及 SPDB 等資料庫進行演算的課程，臺北航空氣象中心的人員也已經對此技術有初步了解，若能加強此方面的技術指導和實務演練，假以時日要掌握相關技術並不困難。然而，臺北航空氣象中心是一個實際作業單位，缺乏如美國國家大氣科學研究中心專職研究發展的研究人員及經費資源，因此即使能熟練的操作資料庫的各種演算，仍需要完整的大型研究計畫對演算法背後支持的科學理論進行驗證和研究。

此次赴美國國家大氣科學研究中心位於科羅拉多州波德市的總部進行訓練，成功的完成了經驗傳承、技術轉移與意見交換的重要目標。在此，提出下列 3 項建議：

一、在 JMDS 系統加入透明度功能

在新版以 JEDEITE 架構寫成的 JMDS 系統訓練過程中了解到 JEDEITE 架構中有透明度(Alpha)參數可以用來調整圖層的透明度，由完全不透明到完全透明。美國國家大氣科學研究中心所使用的 JAZZ 系統中也使用這個參數爲系統製作了供使用者調整圖層透明度設定的按鈕與選項。將圖層設定爲半透明之後，就可以將兩張不同的圖層重疊顯示，讓作業的預報人員能在同一畫面比較兩個不同的大氣參數。舉例來說，疊合雷達回波與可見光衛星雲圖可以讓預報人員同時瞭解當時主要降雨區域與天空中雲層厚度和分布範圍，是一個非常有用的功能。因此，在訓練過程中立即與負責此專案的工程師討論在新版 JMDS 系統加入這個功能的難

度。對方評估這個工作並不困難，同時也認同這是一個非常重要的功能，的確應該加入到新版 JMDS 系統中。因此，建議在航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫後續的管理會議中正式將此項目列入工作項目之中，以確保 JMDS 系統能擁有「調整透明度」此一重要且有用的功能。

二、將即時積冰產品的診斷模式加入 JMDS 系統

在課程中提到 CIP 有一個診斷模式，可以將 CIP 運算過程中各項資料群計算出來的結果分開顯示。在檢查 CIP 計算是否有問題時很有幫助。臺北航空氣象中心在使用過去的積冰預報產品時，最常遇到的困擾就是當預報人員感覺此次積冰預報範圍與氣象理論或實際情況有矛盾之處時，卻無法判斷究竟是積冰演算法中的何種物理量造成這類矛盾或錯誤，導致只能選擇完全忽視此次有問題的積冰預報，憑其他參考資料及個人經驗進行預報。若能將各項資料群所計算出的結果分開顯示，就可以輕易的看出是哪一個資料群產生了錯誤結果，而將其剔除之後，其餘的資料群所產生的預報仍是具有參考價值的。這個診斷模式若能不只在美國國家大氣科學研究中心研發此產品時作爲偵錯與檢查使用，同時將它加入到最終 JMDS 產品中作爲顯示選項之一，必可大幅增加即時積冰產品的實用性與可靠性。因此，建議在航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫後續的管理會議中正式將此項目列入工作項目之中，以確保最後 JMDS 系統中的即時積冰產品能保有這個方便實用的顯示選項。

三、在未來訓練課程中加強資料庫演算處理訓練

在過去幾年的訓練課程中，持續包含了對 MDV、SPDB 等航空氣象現代化作業系統所使用的資料庫的說明與課程。然而在長期的研究與發展之下，美國國家大氣科學研究中心爲 MDV 與 SPDB 等資料庫設計了非常多好用的應用程式並累積了相當多實務經驗。這些工具程式和實務經驗在美國國家大氣科學研究中心爲臺北航空氣象中心撰寫重格式化程式及各類演算法程式的過程中提供了非常多助力。在這次的訓練過程中也不斷看到美國國家大氣科學研究中心的研究人員和工程師是如何運用這些工具和經驗解決各種實際上遇到的問題。過去訓練課程主要著重在 MDV、SPDB 等格式本身特色與細節的介紹，但對於相關的工具程式、進行演算的語法和實際範例卻比較缺乏系統性的課程。建議在未來航空氣象現代

化作業系統氣象技術增強計畫相關訓練課程中請美國國家大氣科學研究中心指派對此方面有充份經驗和知識的教官，準備相關實際範例與資料作爲教材，對臺北航空氣象中心的人員加強資料庫演算處理的相關訓練。

在過去長期合作之下，臺北航空氣象中心已與美國國家大氣科學研究中心建立良好的合作默契，臺北航空氣象中心的人員也對航空氣象現代化作業系統擁有充足的系統管理經驗和對系統細節的瞭解與認知。然而國際間的氣象資料與儀器日新月異，資料格式常常有更新或變化，因此臺北航空氣象中心仍應持續的加強本身對資料轉存重格式化以及產品演算法的技術能力。持續派員前往美國國家大氣科學研究中心參訪並訓練，將是精進臺北航空氣象中心相關能力的關鍵。

伍、 攜回資料

一、aoaws_training_Sept2012_CIP_outline (文件)

二、aoaws_training_Sept2012_JMDS (投影片)

三、aoaws_training_Sept2012_JMDS (文件)

四、aoaws_training_Sept2012_NTDA (投影片)

五、aoaws_training_Sept2012_opsview (文件)

六、aoaws_training_Sept2012_satellite (投影片)

七、IA15_sys_eng_training_0912 (投影片)

陸、 附錄

AOAWS 2012 Fall Training Plan

Technology Transfer and Training Plan
for
The Advanced Operational Aviation Weather System (AOAWS-TE)
Under
Implementing Arrangement Number 15

Prepared for

The Civil Aeronautics Administration (CAA)

Taipei, Taiwan, ROC

Prepared by

NCAR

The National Center for Atmospheric Research (NCAR)
Boulder, Colorado, USA

A component of the University Corporation for Atmospheric Research (UCAR)

and

International Integrated Systems Inc. (IISI), Taiwan

Revised 22 March 2012

Revised 30 April, 2012

Revised 19 July, 2012

Revised August 8, 2012

Table of Contents

1 Overview 38

2 AOAWS-TE System Training Program 39

2.1 System Engineering Updates: New data and Host Configuration 39

2.2 New In-Flight Icing Diagnostic Product 39

2.3 New NCAR Turbulence Detection Algorithm Product 39

2.4 Enhanced Ceiling & Visibility Prediction Product 39

2.5 Advanced AOAWS Internals 39

3 AOAWS-TE System Training Schedule ..... …...40

3.1 Tentative dates and attendees for training sessions 40

3.2 Training schedule 40

Technology Transfer and Training Plan

Overview

This plan focuses on the AOAWS-TE system training program and documentation that will facilitate the transfer of knowledge to the CAA. For IA #15, the training topics will cover updates to existing AOAWS components, an introduction to several new products, and training on advanced AOAWS internals. The goal is that at the end of 2012, CAA technical staff members will have enhanced their ability to support, maintain and understand the AOAWS system without UCAR's direct administrative and engineering assistance.

AOAWS system training classes have been provided to the CAA since the early days of the project. UCAR will continue conducting training programs designed to educate CAA technical staff on the science, operations and maintenance of the AOAWS system. Training topics for IA #15 will cover the following categories:

- System Engineering Updates: New Data and Host Configuration
- New In-Flight Icing Diagnosis Product
- New NCAR Turbulence Detection Algorithm Product
- Enhanced Airport Ceiling & Visibility Prediction Product
- Advanced AOAWS Internals

The training classes will be conducted both at UCAR in Boulder, Colorado USA, and at CAA facilities on Taiwan. The training will be carried out by UCAR staff.

Documentation is a major part of the technology transfer process. UCAR has developed various AOAWS-TE system operations, maintenance, and troubleshooting documents. The existing manuals will be enhanced to support the training program. A final version of the documentation will be developed with CAA input and feedback.

The following is a list of the current AOAWS-TE manuals and other references which will be used heavily as teaching and reference material:

- Operators Manual
- Product Manual
- Technical and Scientific References for CIP
- Technical and Scientific References for NTDA
- Technical References for C&V enhancements

AOAWS-TE System Training Program

System Engineering Updates: New data and Host Configuration

This topic will cover recent additions and changes to input data sets, such as WIFS data, and new capabilities for supporting EUMETSAT satellite data and JMA format, as well as changes required to support the additional ingest and processing of the new products mentioned below. This topic will also cover new host types responsible for gathering input data, and for executing algorithms. This class will be conducted by UCAR staff.

New In-Flight Icing Diagnostic Product

This topic will focus on the addition of a new product to the AOAWS, the In-Flight Icing Diagnostic, or Current Icing Potential (CIP) Product. Training for this topic will focus on the technique and data used to make the icing determination, as well as the interpretation of the probabilities and severity levels that are generated. This class will be taught by UCAR staff.

New NCAR Turbulence Detection Algorithm Product

This topic will focus on the addition of a new product to the AOAWS, the NCAR Turbulence Detection Algorithm (NTDA) Product. Training for this topic will focus on the technique and data used to generate the product, as well as the interpretation of the output. The current status and implementation time-line will also be discussed. This class will be taught by UCAR staff.

Enhanced Ceiling & Visibility Prediction Product

This topic will cover the planned enhancements to the airport Ceiling and Visibility Prediction system, which also includes airport wind and temperature prediction. The current system will be described along with plans for its improvement using data mining and other techniques. This class will be taught by UCAR staff.

Advanced AOAWS Internals

This topic will cover advanced engineering aspects of the AOAWS, including review and update of the SysView monitoring system, improvements to building and testing code in the lab environment, generating code releases, updating system documentation and possible exploration of adding ADDS-like features into future versions of the WMDS. This training will be conducted by UCAR staff.

AOAWS-TE System Training Schedule

Tentative dates and attendees for training sessions

The tentative training schedule is as follows:

- IA #15 Session 1: May 7-11, 2012 at TAMC in Taiwan

  UCAR Attendees: Mr. Gary Cunning, Mr. Jim Cowie, Ms. Celia Chen, Mr. Cory Wolff, Dr. John Williams

- IA #15 Session 2: Sept 10-25, 2012 at UCAR in Boulder, CO

  CAA Attendee: Mr Chen, Hsin-Mou

  IISI Attendees: Mr. Yu-Lun Lai, and Mr. Che-Yin Liao

Training for Session 1 (in Taiwan) will be held in a classroom environment and will emphasize the technical features of the new products which are being developed as part of AOAWS-TE. The topics in Session 2 (in Boulder) will cover the advanced AOAWS internals in a classroom environment and hands-on training in the lab.

Training schedule

The topics for the two training sessions are listed below in Tables 1 and 2.

Table 1. IA#15 Session 1 – Site: TAMC

Topic	Date	Duration (days)
System Engineering Updates: New data and host configuration	May 8-9, 2012	1.5
NCAR Turbulence Detection Algorithm (NTDA)	May 9, 2012	0.5
Current Icing Potential (CIP)	May 10, 2012	0.5
Ceiling and Visibility forecasts enhancements	May 10, 2012	0.5
Total duration		**3.0**

Table 2. IA#15 Session 2 – Site: UCAR

Topic	Date	Duration (days)
AOAWS Architecture overview Input data sources and data flow	Sep 10-14, 2012	5

JMDS/Jadeite configuration file management Documentation updates and translation	Sep 16-21, 2012	5
Lab simulation system updates Release installation techniques	Sep 24-25, 2012	2
Total duration		**12**