

ASTRA 飛機與 Dropsonde 探空動態資料即時繪圖與分析系統建置與成果

林博雄¹ 陳英浩¹ 鄭文通² 吳俊傑¹

¹台灣大學大氣科學系

²中央氣象局

摘要

本文說明 DOTSTAR 團隊如何整合 ASTRA 飛機飛行動態資料和 Dropsonde 探空即時資料，以 MySQL 資料庫儲存動態資料之同時，也以 Delphi 軟體設計的視窗介面進行 ASTRA 飛行狀態監看和 Dropsonde 熱力斜溫圖即時繪製。這套 RAD_PDS (Real-time Airborne and Dropsonde data Plotting&Diagnosis System) 作業軟體在筆記型電腦和微軟 Windows2000 作業系統下的性能表現符合預期功能。此外，我們也發展一套颱風中心位置演算介面並以杜鵑颱風個案進行試驗。

Abstract

This study presented the testbed for integrating real-time ASTRA airborne data and Dropsonde data for DOTSTAR flight mission. The testbed called RAD_PDS (Real-time Airborne and Dropsonde data Plotting&Diagnosis System) had MySQL database and window interface written by Delphi Language. It helps the boarding principle scientists to monitor the in-flight information and plot the thermodynamic diagram of dropsonde data. RAD_PDS was installed on portable computer with Microsoft Windows2000 Operation System and had expected performance in 2003 flight missions. Meanwhile, another

developing toolkit for searching typhoon center location was tested by Typhoon Dujan.

一、前言

美國是全球使用飛機進行科學活動最活躍的國家，其來自國防部、商務部海洋大氣總署(NOAA)，國家大氣研究中心(NCAR)和太空航空研究總署(NASA)共同組成了「跨部會地球科學飛航研究和應用委員會(Interagency coordinating committee for airborne geosciences research and applications, ICCAGRA)」，來協商全美國科學研究型飛機資源的共享。歐洲方面也急起直追，由 10 個歐盟國家和歐洲科學基金會也籌組了「歐洲空載平台研究艦隊 (European Fleet for Airborne Research, EUFAR)」，來協商歐盟 31 架研究型飛機的科學應用需求。除了飛機平台的組成之外，登機科學家最重視的飛機觀測議題不外是(1)儀器安置和(2)資料擷取等這兩項問題，前者涉及飛機製造商的機體安全結構考量的工程技術問題，後者是科學家在機艙監測觀測資料以及日後引用資料的重要資訊。美國 NCAR 大氣技術部門(ATD)研發 9 種資料接收繪圖分析軟體，分別是 ASPEN(Atmospheric Sounding Processing ENvironment)、NCPLOT、NCPD、NIMBUS、REORDER、SOLO、SUDS、TKLOG、

WINDS(WINDOWS Display System; Horton,1994),來提供飛機即時動態資訊和機載固定氣象設備的資料輸出與繪圖顯示。NASA的DC-8飛機平台也有 Information Collection and Transmission System (ICATS)來提供科學家方便使用飛機觀測資料。

國科會「颱風重點研究--侵台颱風之GPS Dropsonde飛機偵察觀測實驗」(簡稱為DOTSTAR;吳等,2003),於2002年秋天委派第一作者與三位研究人員(劉清煌、洪景山、林沛練)訪問美國颶風研究中心(NOAA/HRD),進行為期兩個月的大西洋颶風偵察飛機觀測訓練任務,同時DOTSTAR團隊也依照人力專長將團隊區分為(1)飛航管理組(2)颱風預報組和(3)資料管理組來分工推動計劃。本文第一作者評估NOAA Gulfstream-IV(簡稱G4)飛機所使用NCAR WINDS軟體,和RHD發展的HAPS(Hurricane Analysis and Processing System, HAPS) Dropsonde(投落送;Hock and Franklin,1999)資料品質分析和編碼軟體,漢翔航空公司ASTRA飛機機艙空間和電力等實際狀況後,以及過去的資料處理電腦視窗化經驗(林等,1996;林等,1997),決定自行發展RAD-PDS (Real-time Airborne and Dropsonde data Plotting&Diagnosis System)軟體,來協助DOTSTAR登機科學家和組員從容進行飛行觀測任務。第二節將說明這一RAD_PDS系統的設計理念和程式特徵,第三節說明其在2003年颱風觀測過程中的應用情況和2004年版面更新計劃,最後我們將透過杜鵑颱風個案說明如何運用Dropsonde資料來演算判斷颱風中心

地理位置。

二、RAD_PDS系統架構

RAD_PDS系統區分為三大部分,(1)來自於飛機駕駛艙的26項參飛航參數輸出,例如飛機的經緯度、飛行高度、飛行速度等等。(2)來自於AVAPS的RD93 Dropsonde資料輸出。(3)上述兩種資料的即時繪圖、備份、重播等顯示整合視窗介面(圖1)。RAD_PDS分成兩個模組,分別置於Primary Server及Secondary Server之上。對使用者而言,兩模組功能上並沒有什麼不同;它們都提供即時的飛行路徑繪製、即時的RD93資料圖示以及歷史的資料查詢,但是在架構的功能上卻有所不同。Primary Server是真正的資料接收端設備,而Secondary Server只是單純備份Primary Server的資料,以備Primary Server當機時可以快速取代Primary Server,這兩部Server只是執行Microsoft Windows-2000的平價型Pentium-4筆記型電腦。

軟體程式主要分成兩個模組,分別接收AVAPS及AR429(駕駛艙參飛航資料代稱)。首先Vaisala的AVAPS系統透過RS232傳送降落中的RD93 dropsonde經緯度、溫度、壓力等氣象資料。程式收到Primary Server的RS232接收資料字串後解析字串、拆解出欄位資料再存入資料庫(MySQL 4.0.15)。由Delphi 6.0所撰寫的使用者介面再從資料庫中取出需要的資料進行時間序列或熱力圖繪製(圖2)。AR429模組部分,CM429是一片可供筆記型電腦使用的Type-III PCMCIA卡,它可以直接與飛機的儀表連接,並接收來自儀表及飛航器GPS系統的

資料。該卡片提供許多 API (Application Programming Interface) 供程式設計師使用，程式設計師可以撰寫程式直接呼叫這些 API 以取得飛行資料。AR429 模組的第一個功能就是透過呼叫 API 以取得飛行資料存入資料庫中。AR429 模組的第二個功能就是即時電子地圖的繪製，電子地圖的資料是使用 CIA World DataBank II (<http://www.evl.uic.edu/pape/data/WDB>)。這份電子地圖是由美國政府在 1980 年代所建立的向量地圖，約包含 1600 萬點的資料。我們根據需求與效能上的考量，降低地圖的解析度將地圖過濾到約 16 萬點資料，但仍然是包含全世界海岸線。AR429 將資料庫中的飛行路徑取出並會至於電子地圖上 (圖 3)，並即時計算最接近的四個 dropsonde 拋投點所需時間，以利首席科學家監控飛行觀測任務。

Secondary Server 上同時也含有一個 MySQL 資料庫，資料結構與 Primary Server 上的資料庫完全相同，但它並不直接接收資料。Secondary Server 資料庫以 30 秒時間間隔定時和 Primary Server 資料庫進行拷貝，以防止 Primary Server 因不可抗拒原因當機或毀損時，可以立即將 Secondary Server 接替 Primary Server，並且只流失極小部份的資料。

DOTSTAR 在 2003 年 5~6 月期間三次試飛過程中，除了測試飛航程序流程和 AVAPS 硬體以及衛星電話通訊狀況，也進行 RAD_PDS 測試與問題修正。圖 4 是 2003 年 ASTRA 機艙內部硬體、資料傳輸網路和組員位置架構示意圖，經過 2003 年兩次颱風個案飛行作業經驗後，2004 年 RAD_PDS

再度改版來因應新的組員工作配置，以便讓登機組員和地面指揮中心(中央氣象局)的協調作業更為順暢。

三、颱風中心演算介面

本節說明 DOTSTAR 飛機管理組如合運用 Dropsonde 資料，來推估颱風中心之地理位置。我們假定颱風為一軸對稱的低壓系統，透過海平面上任意三組 Dropsonde 探空資料為一計算群組，並以美軍聯合警報中心(JTWC)發布的颱風中心氣壓為已知條件，計算颱風中心的可能地理範圍，經由多重群組計算範圍所獲的交集，定位出颱風之中心位置。計算步驟說明如下：

- (1) 假設颱風是軸對稱渦旋型態，並採用 JTWC 發布的颱風中心氣壓預報值 P_c 和預報位置 D_c (經緯度)。我們假設氣壓等值線分布呈現同心圓型態，選颱風週遭任意三點 Dropsonde 海平面氣壓 P_i ($i=1\sim3$) 數值，計算其與颱風中心 P_c 之間的氣壓差值 ΔP_i 和距離 D_c 的地球大圓距離 D_i 。 P_i 和 D_i 二者的比值為 R_i ，此一數值即為颱風環流的氣壓梯度。
- (2) 因為(1)已經假設颱風為軸對稱渦旋，因此 R_i ($i=1\sim3$) 數值應該都是相同。
- (3) 經由實際探空資料所計算的 R_i 卻不盡相同，因此 D_c 數據需要調整，直到 R_i ($i=1\sim3$) 的絕對值差異落在臨界值 Cr 之內，最後標示出符合上述條件的區域所在。
- (4) 由滑鼠移到該區域之上顯示出經緯度數值。
- (5) 重新挑選任意三點探空資料重複執行(1)~(3)步驟。

以上流程在 Visual Basic 視窗介面操作，圖 5 是這一反演方法套用在 2003 年 9 月 1 日杜鵑(Dujian)颱風個案中，利用 dropsonde#2-#4-#6 群組所推估得到的颱風中心位置。綜合五種 dropsonde 群組(#1-#3-#5, #2-#4-#6, #3-#5-#7, #4-#6-#8, #5-#7-#9)計算結果，來和氣象局預報中心颱風發布資訊、衛星中心 GOES-W 颱風中心定位、墾丁雷達站雷達回波定位進行比對，結果顯示本文所設計的 Dropsonde 群組推算結果，和氣象局預報中心發布的颱風中心位置最為接近(表 1)。這一推算方法可能受到以下幾項因素而影響其準確度：(1)JTWC 颱風中心氣壓的預估值(2) Dropsonde 數據組的相對地理位置(3)Dropsonde 儀器誤差(4)臨界值 Cr 的大小。這一反演法則將植入 RAD_PDS 作業軟體，進一步協助登機科學家在最短時間內推估颱風中心可能位置。

參考文獻

吳俊傑、郭鴻基、林博雄、葉天降、陳台琦、洪景山、劉清煌、林沛練，2003：「颱風重點研究」暨「侵台颱風之 GPS Dropsonde 飛

機偵察觀測實驗」。中華民國氣象學會會刊。44，1-14。

林博雄，陳奕良，徐彰健，1996：大氣觀測資料整合處理的電腦視窗設計。第五屆全國大氣科學學術研討會，238-245。

林博雄，陳英浩，張然峰，1997：氣象資料視覺化應用/亞洲夏季季風環流演變。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，499-509。

Hock, T. F., and J.L. Franklin, 1999: The NCAR GPS dropwindsondes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 407-420.

Horton, G.,1994: A graphical user interface system for real-time and post-processing display and analysis of aircraft measurements. *1994 AMS Conference in Nashville.*

表 1：2004 年 9 月 1 日 0600UTC 杜鵑颱風中心定位(經度和緯度)。

| | 氣象局預報中心 | GOES 衛星定位 | 墾丁雷達定位 | RAD_PDS 定位 |
|-------|---------|-----------|--------|------------|
| 經度(°) | 123.8 | 121.2 | 121.39 | 124~125 |
| 緯度(°) | 20.9 | 21.35 | 21.53 | 20.8~21.0 |

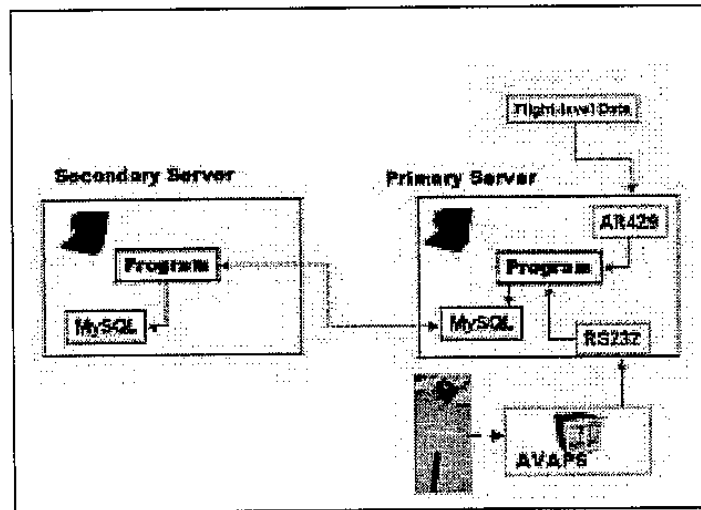


圖 1：使用於 ASTRA 飛機的 Real-time Airbone and Dropsonde data Ploting&Diagnosis System (RAD_PDS)架構示意圖。

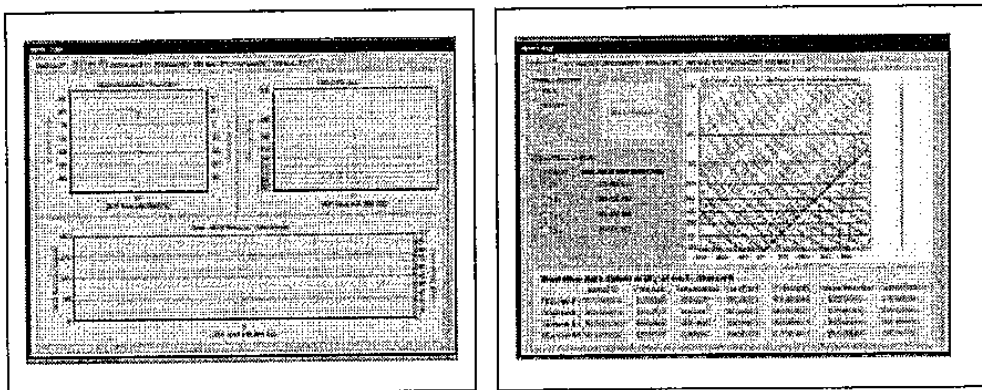


圖 2：RAD_PDS dropsonde 氣象資料時間序列圖(左)和熱力圖(右)。

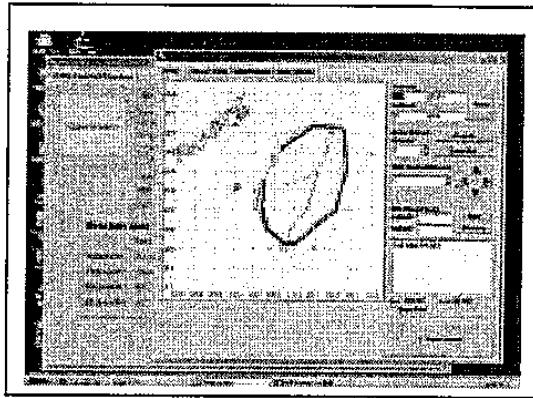


圖 3：RAD_PDS 飛行動態資料和電子地圖顯示介面。

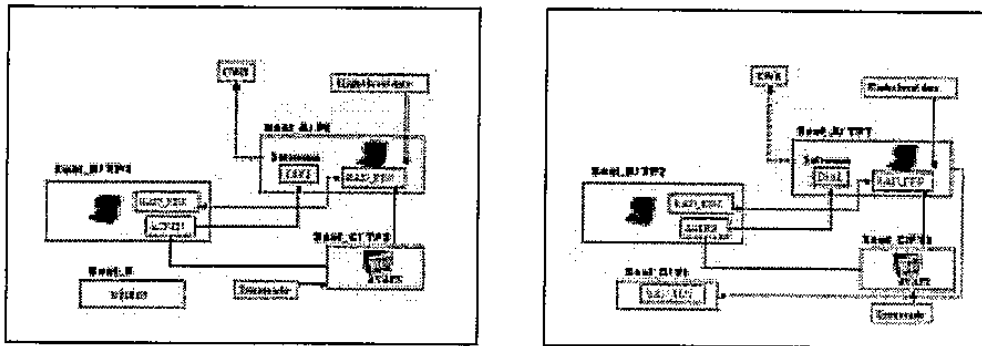


圖 4：2003 年(左)和 2004 年(右)ASTRA 機員座位和硬體設備安排，PI 是首席科學家 TP 是指技術人員。

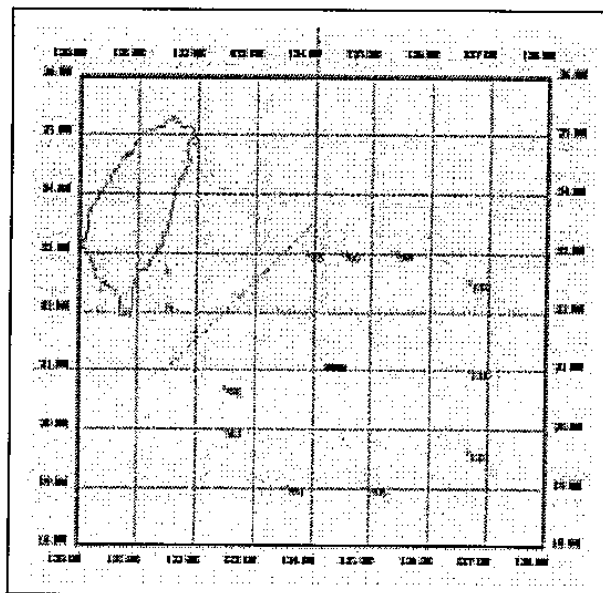


圖 5：RAD_PDS 選用 2003 年 9 月 1 日杜鵑颱風個案中的 dropsonde #2, #4, #6 三份 dropsonde 海面氣壓資料所推估(詳見內文)的颱風中心位置(黑色區塊)。