

出國報告(出國類別：其他)

# 出席航空氣象現代化作業系統氣象技術 增強計畫協調會議出國報告書

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：陳海根 副主任

許依萍 主任氣象員

派赴國家：美國

出國期間：102年09月15日至21日

報告日期：102年11月30日



# 目錄

壹、目的.....	2
貳、過程.....	3
一、行程紀要.....	3
二、會議及參訪過程.....	3
(一) IA#16 執行進度報告.....	3
(二) 飛行中積冰產品發展報告.....	6
(三) NCAR 亂流偵測診斷產品.....	11
(四) AOAWS 顯示系統強化.....	12
(五) 閃電對飛航之危害.....	15
(六) 圖形化亂流指南的新發展.....	17
(七) 行動裝置之航空氣象應用.....	20
(八) 海洋天氣資訊之改善.....	23
(九) 會議結論.....	27
(十) 洛磯山地區機場參訪紀實.....	28
參、心得.....	29
一、航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫.....	29
二、航空氣象服務.....	30
肆、建議.....	31
一、驗證及評估航空氣象產品準確度，瞭解系統能力及限制，以協助航空氣象預報作業。.....	31
二、因應 AOAWS 計畫終止及未來各式航空氣象資料來源及資料格式異動，提前規劃因應對策。.....	31
三、配合中央氣象局閃電偵測系統之建置計畫，接收相關資料、提供各機場即時作業參考。.....	32
伍、附錄.....	33
一、協調會議議程.....	33
二、協調會議資料.....	34
三、協調會議結論.....	34

## 壹、 目的

為提昇臺北飛航情報區(以下簡稱本區)之航空氣象服務品質，提供符合民航業者需求之航空氣象產品，交通部民用航空局(以下簡稱民航局)自民國 86 年 7 月起推動航空氣象現代化計畫，委由美國大氣研究大學聯盟(The University Corporation for Atmospheric Research, UCAR)國家大氣科學研究中心(National Center of Atmospheric Research, NCAR)建置航空氣象現代化作業系統(Advanced Operational Aviation Weather System, AOAWS)，並於民國 91 年 7 月完成該系統之建置。然而，隨著氣象科技日新月異之發展，為持續引進新一代航空氣象預報及資料整合技術，民航局復自民國 95 年起至 99 年進行為期 5 年之「航空氣象現代化作業系統強化及支援計畫」(The Advanced Operational Aviation Weather System Enhancement and Support, AOAWS-ES)，透過前述兩階段共為期 10 年之航空氣象現代化計畫，已明顯改善本區航空氣象預報準確率和飛航服務品質。

然而，隨著氣象科技的進步，為持續增強 AOAWS 系統預報產品，達成產品高度客製化服務，民航局自 100 年起執行為期四年之「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」(Technical Enhancement for the Advanced Operational Aviation Weather System, AOAWS-TE)，該計畫為 AOAWS 系統第三階段計畫，期能透過與飛航安全及飛航效率有密切關係之天氣現象(如積冰、亂流偵測預報及低空風切警告)技術的增強與檢測，提升並加強危害天氣資訊在飛航管制上的應用。

本(102)年度為 AOAWS 第 16 號執行辦法(Implementation Agreement No.16, IA#16)，係 AOAWS-TE 之第三年工作合約，年度工作項目包含(一)發展飛行中積冰診斷產品；(二)開發及建置 NCAR 亂流偵測演算法產品；(三)飛航管理系統天氣整合需求與作業概念分析；(四)強化顯示系統；(五)AOAWS 資料系統更新、測試與整合；(六) AOAWS 系統強化、支援及維護、(七) 教育訓練計畫；(八)專案管理、行政協調及文件準備等八個主要項目。

為有效監督及管理「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」，本次協調會議中由臺美雙方就 IA#16 各工作項目之執行進度、驗收規劃以及明(103)年度第 17 號執行辦法(IA#17)工作項目進行討論。

另為了解國際上最新的航空氣象預報、偵測、診斷及服務發展方向，本次會議也安排了閃電、行動通信設備(Mobil)服務，圖形化亂流產品(Graphical Turbulence Guidance, GTG)的新發展及海洋對流系統對飛航作業影響等報告。透過簡報與討論，了解美國目前及未來的航空氣象服務及相關技術的發展方向與進度，並參訪該中心位於洛磯山地區機場的飛航研究單位，了解該單位如何配合美國氣象、環保等各研究單位需求，利用飛機進行全球天氣系統及大氣環境探測研究。

## 貳、過程

### 一、行程紀要

日期	地點	工作概要
09/15-16	臺北-洛杉磯(Los Angeles)-丹佛(Denver)-波德(Boulder)	去程
09/17	波德(Boulder)	出席航空氣象現代化作業系統 氣象技術增強計畫協調會議
09/18	波德(Boulder)	出席航空氣象現代化作業系統 氣象技術增強計畫協調會議 參訪洛磯山地區機場 NCAR 辦公室
9/19-21	波德(Boulder)-丹佛(Denver)- 舊金山(San Francisco)-臺北	返程

### 二、會議及參訪過程

9月17日~9月18日期間於美國國家大氣科學研究中心舉行協調會議，會議內容彙整如下：

#### (一) IA#16 執行進度報告

##### 1、TASK # 1 發展飛行中積冰診斷產品(Current Icing Product, CIP)

###### (1) 已完成之工作項目：

- a. 使用包含 WRF 數值天氣預報模式(Weather Research and Forecasting Model)輸出資料、衛星資料及地面天氣觀測資料等 AOAWS 系統資料精進並測試 CIP 產品軟體。
- b. 完成 CIP 演算法於 AOAWS 系統中運作之校準程序。
- c. 將 CIP 演算法安裝於 AOAWS 系統中。
- d. 評估積冰個案研究以確保演算法正確執行。
- e. 於每季季報中提供 CIP 發展進度報告。

###### (2) 未完成之工作項目及工作規劃：

- a. 彙整將 2012 年冬季和 2013 年春季所收集的 PIREPs。
- b. 完成期末進度報告撰寫，報告內容中將包含 CIP 評估及可能的調整建議。

## 2、 TASK # 2 開發及建置 NCAR 亂流偵測演算法產品 (NCAR Turbulence Detection Algorithm, NTDA)

### (1) 已完成之工作項目：

- a. 持續評估類似 NEXRAD 之臺灣氣象雷達的效能與作業模式(如資料格式、資料品質、不適當的作業模式及雷達掃瞄策略等)。
- b. 持續接收及評估 NTDA 診斷法中類似 NEXRAD 之臺灣都卜勒雷達資料。
- c. 持續測試亂流偵測演算法，確保其功能與當初之設計一致。
- d. 維持 AOAWS 系統與臺灣雷達資料的相關連結，並且備份雷達歷史資料以提供系統研究、發展及產品精進工作。
- e. 在 AOAWS 環境下建立即時測試功能。
- f. 在臺灣 AOAWS 系統內安裝 NTDA 軟體，以進行運算效能測試。
- g. 每季提報 NTDA 產品工作進度報告。

### (2) 尚未完成之工作項目及工作規劃：

- a. 完成科學性分析，並依結果撰寫期末進度報告。
- b. 配合安裝作業，進行實作調整。

## 3、 TASK # 3 飛航管理系統天氣整合概念分析

### (1) 已完成之工作項目：

- a. 與民航局人員合作成立一個包括飛航管制員、督導及飛航管理者的 ATMS 天氣整合小組。
- b. 進行 2-4 次小組會議，以充分掌握使用者回饋之需求意見。
- c. 透過使用者回饋，掌握使用者需求及整合危害天氣產品於 ATMS 系統之初步作業概念。

### (2) 尚未完成之工作項目及工作規劃：

- a. 依據民航局報告審查意見修訂結案報告後提交。

## 4、 TASK # 4 AOAWS 顯示系統強化

### (1) 已完成之工作項目：

- a. 完成將新 CIP 和 NTDA 產品加入 AOAWS 作業系統所需要之顯示系統新程式碼的開發，並進行相關軟體之修改及測試。
- b. 完成開發將取代目前被用來產生 WMDS 所需圖檔之 CIDD 程式所需要的 JMDS 功能。
- c. 於民航局完成臺東豐年、綠島及蘭嶼等機場之 AWOS 資料擷取設備安裝後，將以上各站資料加入 AWOS 顯示系統中。
- d. 在 JMDS 中新增衛星紅外線溫度差分(短波減長波)產品。
- e. 支援作業中的 JMDS、WMDS、SMD 及 AWOS 系統版本。
- f. 適切的回覆使用者意見，並在資源允許情況下，針對使用者提出的修改意見，提供解決方案並發展強化系統功能。

g. 研究增強 WMDS 網頁版面配置及可用性。

**(2) 尚未完成之工作項目及工作規劃**

- a. 依民航局所提供之新版系統測試回饋意見，修訂系統錯誤並進行測試。
- b. 更新中文版本之 WMDS 網頁。

**5、 TASK # 5 AOAWS 資料系統升級、測試及整合**

**(1) 已完成之工作項目：**

- a. 支援 TECRO 的指定代表民航局解決任何與 AOAWS 資料系統有關的問題。
- b. 開發及精進 AOAWS 系統程式碼，以整合包括新的及強化的亂流與積冰產品資料；並在 AOAWS 作業環境中，測試及執行這些程式碼。
- c. 發展涵蓋全球區域的衛星產品，衛星資料除了現有 MTSAT 及 EUMETSAT 衛星資料外，並包括全球衛星合成資料、GOES-East 及 GOES-West 等衛星資料。發展一套新的策略以根據選定的區域範圍，使用適當的衛星資料。另外 AOAWS 架構也需配合改變，以包含新的衛星資料。並更新系統監控以及系統文件。
- d. 提供民航局必要的協助，以確保民航局設備進行 AOAWS 系統更新時，必要的資料連結、硬體及網路容量足夠且能正常運作。
- e. 精進 AOAWS 系統操作手冊。此系統操作手冊以 PDF 格式展示，適合列印及線上瀏覽，並於 AOAWS 系統適合網站頁面中提供此手冊的連結。

**(2) 尚未完成之工作項目及工作規劃：**

- a. BUFR 格式之 AMDAR 資料解碼工作，預計於 9 月 23 日那周開始。
- b. 配合馬祖南竿機場 AWOS 系統架設進度，進行 AWOS 資料顯示介面修改與測試。
- c. 完成 AOAWS 系統使用者手冊之中文翻譯工作。

**6、 TASK # 6 AOAWS 系統安裝、支援及維護**

**(1) 已完成之工作項目：**

- a. 提供 TECRO 指定代表民航局，任何與 AOAWS 系統有關之新硬體安裝及網路配置變動之協助，以支援 AOAWS 系統運作。
- b. 當有 AOAWS 各版本軟體發生問題時，提供民航局解決相關問題的協助。
- c. 支援、維護已安裝的 AOAWS 現行作業版本。
- d. 安裝、測試及支援 AOAWS 系統升級的版本。
- e. 修正由於升級所造成的 AOAWS 系統瑕疵。

**(2) 尚未完成之工作項目及工作規劃：**

- a. 新版作業系統安裝(已自 10 月 7 日起開始安裝)。
- b. 102 年度 AOAWS 系統發展及相關作業時程規劃如下表：

8/1	<b>Inform stakeholders of AOAWS of install schedule</b>
9/1	<b>Hard freeze for operational AOAWS begins Back-log collection begins Integration testing on lab begins</b>
10/1	<b>Release preparation and installation begins</b>
10/24	<b>Shakedown begin</b>
11/20	<b>Burn-in begins</b>
12/5	<b>Burn-in ends</b>
12/10	<b>Back-log resolutions begins</b>

## 7、 TASK # 7 教育訓練

### (1) 已完成之工作項目：

- a. 準備 AOAWS 系統科學與技術相關的教育訓練計畫草案。
- b. 準備 AOAWS 系統科學與技術相關的教育訓練教材。
- c. 執行教育訓練計畫。

### (2) 尚未完成之工作項目：

102 年度教育訓練(已於 102 年 9 月 21 日全部執行完畢)。

## 8、 TASK # 8 專案管理與文件準備

### (1) 已完成之工作項目：

- a. 執行計畫、控管預算、與團隊成員進行技術討論及工作項目追蹤。
- b. 準備每月、每季報告。
- c. 接收和檢視有關 AOAWS 系統之使用者回饋。
- d. 回應民航局提出之例行性技術和資訊需求。
- e. 參與相關會議。

### (2) 尚未完成之工作項目：

- a. 完成 102 年 9 月~12 月月報、飛航管理系統天氣整合概念分析期末報告及第 3~4 季季報。
- b. 準備並出席 10~12 月管理會議及年度驗收會議。

## (二) 飛行中積冰產品發展報告

經過 2 年時間的發展工作，AOAWS 系統之飛行中積冰產品(Current Icing Potential, CIP)已經完成相關診斷程序和顯示介面之發展工作，該產品結合了模式輸出資料與地面觀測、衛星以及雷達等資料進行一連串模糊邏輯診斷分析，隨時提供航空氣象資料用戶即時之飛航作業參考。



## 1、個案研究設計

AOAWS-TE 計畫已於 101 年度完成本項工作之診斷程序發展工作，102 年度的工作重點則在於，利用飛機空中報告資料進行診斷法之產品分析、比對以及診斷程序的調校工作。本項分析工作係將民航局所執行的天氣與研究預報模式及 NCAR 當地預報模式同時模擬包含全年各個季節的 8 個時段進行數值預報，之後並使用預報結果、衛星、雷達及地面觀測等資料進行 CIP 診斷分析。此外為了瞭解各種觀測資料對 CIP 診斷法之影響程度，並進行 CIP 診斷法觀測資料敏感度測試。數值模擬規劃及個案設定如表 1：

表 1、CIP 產品個案研究數值模擬規劃及個案設定																							
<p>數值天氣模式模擬範圍</p> 	<p>數值天氣模式模擬時段</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 12 – 18 January 2011</li> <li>2. 28 January – 3 February 2011</li> <li>3. 4 – 10 March 2011</li> <li>4. 21 – 27 July 2011</li> <li>5. 14 – 20 October 2011</li> <li>6. 24 – 30 November 2011</li> <li>7. 21 – 27 December 2011</li> <li>8. 4 – 10 February 2012</li> </ol>																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Configuration</th> <th>Model Input</th> <th>Observational Input</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C1</td> <td>RAP 3-h forecast</td> <td>All</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>RAP 5 to 10-h forecast</td> <td>All</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>TWRF 5 to 10-h forecast on Domain 1</td> <td>All</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>TWRF 5 to 10-h forecast on Domain 2</td> <td>All</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>Same as C3</td> <td>All except PIREPs, radar, and lightning</td> </tr> <tr> <td>C6</td> <td>Same as C4</td> <td>All except PIREPs, radar, and lightning</td> </tr> </tbody> </table>	Configuration	Model Input	Observational Input	C1	RAP 3-h forecast	All	C2	RAP 5 to 10-h forecast	All	C3	TWRF 5 to 10-h forecast on Domain 1	All	C4	TWRF 5 to 10-h forecast on Domain 2	All	C5	Same as C3	All except PIREPs, radar, and lightning	C6	Same as C4	All except PIREPs, radar, and lightning	<p>CIP 診斷法個案設定，其中 RAP 表示 NCAR WRF 模式，TWRF 表示臺灣 WRF 模式，C5 及 C6 為觀測資料敏感度測試，以了解空中報告(PIREP)、雷達及閃電資料對 CIP 診斷結果之影響。</p>	
Configuration	Model Input	Observational Input																					
C1	RAP 3-h forecast	All																					
C2	RAP 5 to 10-h forecast	All																					
C3	TWRF 5 to 10-h forecast on Domain 1	All																					
C4	TWRF 5 to 10-h forecast on Domain 2	All																					
C5	Same as C3	All except PIREPs, radar, and lightning																					
C6	Same as C4	All except PIREPs, radar, and lightning																					

## 2、CIP 產品

CIP 產品和現行的預報積冰產品(Forecast Icing Product, FIP)相同，產製積冰機率、積冰強度和過冷大水滴(Super-cooled Large Droplet, SLD)等三種積冰診斷

產品，產品有效時間為 1 小時，配合日本 MTSAT 衛星資料每半小時更新時間一次。圖 1 為使用臺灣 WRF 模式預報所產製之各項 CIP 積冰產品範例。

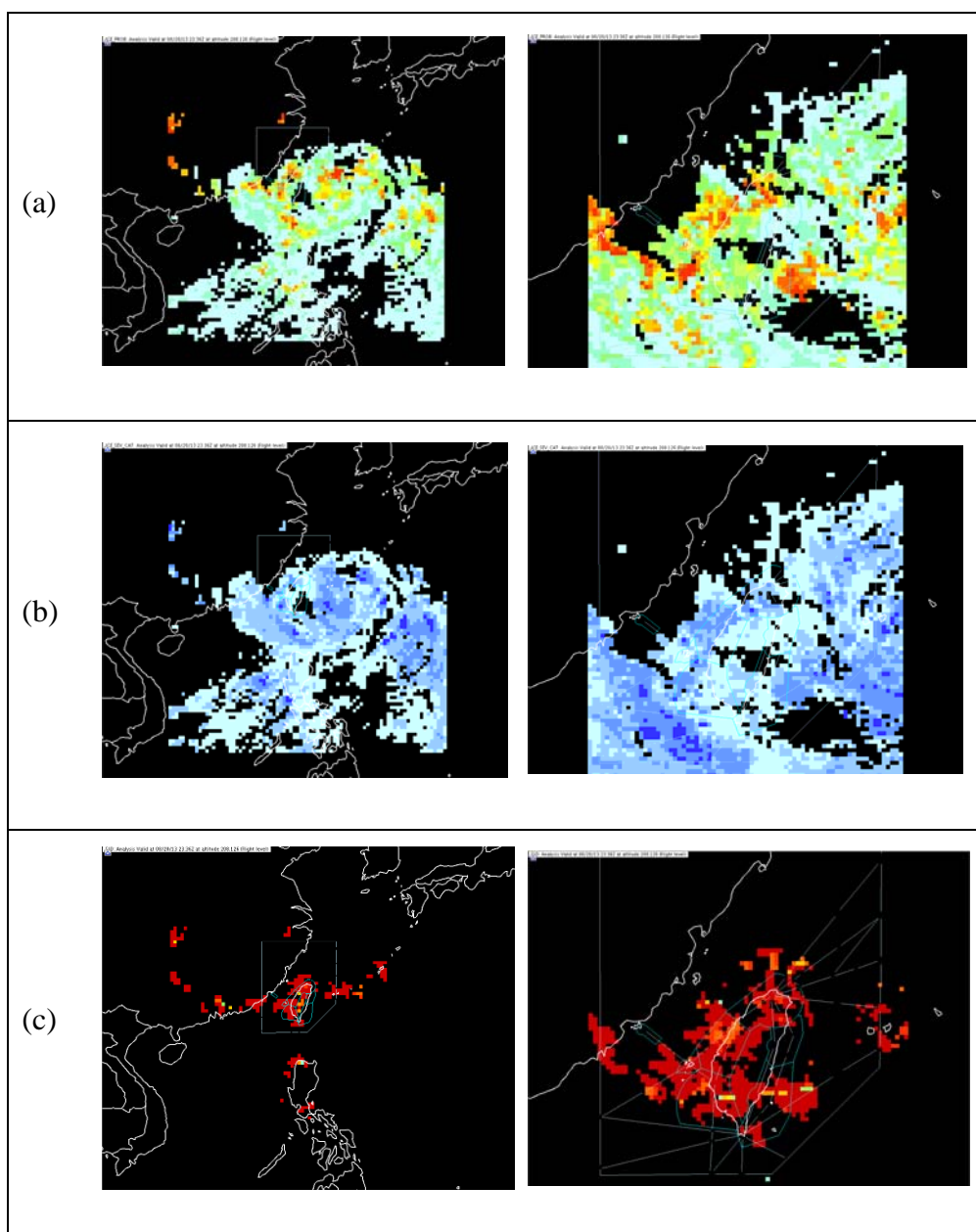


圖 1、(a)CIP 積冰機率產品，(b)CIP 積冰強度產品，(c)CIP SLD 產品，左圖為 AOAWS Domain2 範圍，右圖則為 Domain3 範圍。

### 3、CIP 績效

為了解各類 CIP 產品對於積冰現象診斷之掌握度，NCAR 使用各模擬時段的 CIP 診斷產品與當時之飛機空中報告資料進行比對，分析結果如下：

#### (1) 偵測到積冰事件的機率(Probability of detecting icing events, PODy)

PODy 是指當 CIP 產品顯示有積冰，而空中報告也確實有積冰的機率。從統計結果來看(圖 2)，除了 2011 年 7 月(夏季)個案預報率較低之

外，每個個案之偵測積冰機率均達七到八成。若比較使用不同資料進行的 CIP 診斷結果，可發現在沒有加入空中報告、雷達及閃電資料的 C5 及 C6 的 PODy 值在所有個案中都比較低，由此可見，這些觀測資料對積冰診斷結果有相當大的關聯性。

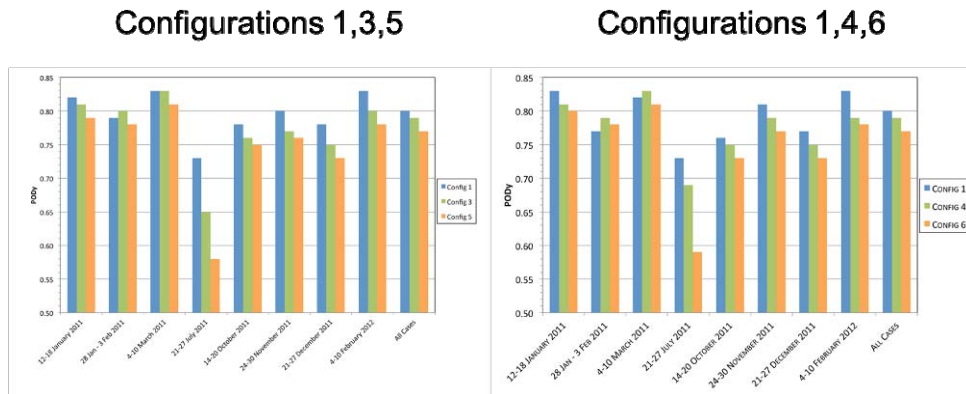


圖 2、CIP 診斷法偵測到積冰事件的機率圖

(2) 偵測到沒有積冰事件的機率(Probability of detecting non-icing events - PODn)

PODn 是指當 CIP 產品顯示沒有積冰，而空中報告也確實沒有積冰報告的機率。從統計結果(圖 3)來看，除了 2011 年 7 月(夏季)個案之外，每個個案之偵測到沒有積冰的機率大約是四到五成。

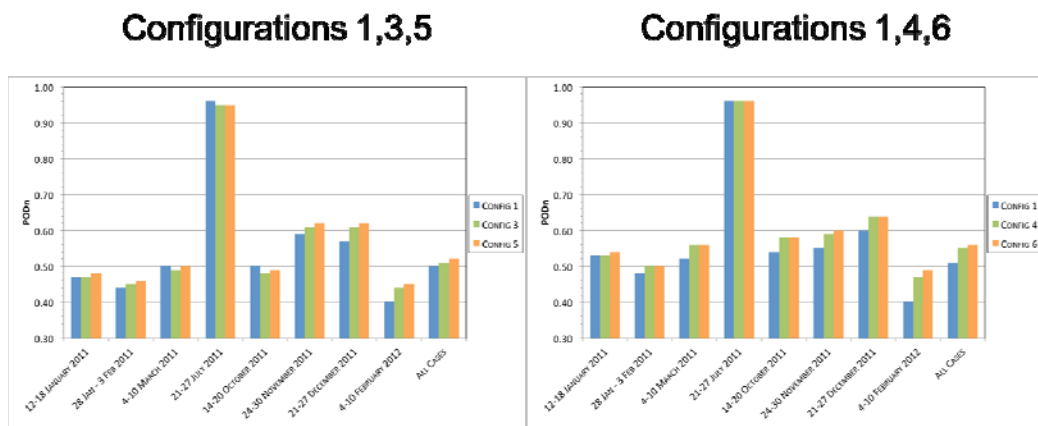


圖 3、CIP 診斷法偵測到沒有積冰事件的機率圖。

4、影響 CIP 診斷的因素

一般 CIP 診斷法使用模式預報資料及衛星、雷達、閃電及地面觀測等資料。分析影響 CIP 診斷結果之因素如下：

1. 預報模式

數值模式的預報特性，可能會影響 CIP 診斷結果。比較 RAP WRF 及中央氣象局 WRF 兩模式，RAP 模式所預報的凝結水量比中央氣象局模式高，因此影響到 CIP 診斷法之雲的判斷，繼而改變 CIP 積冰診斷結果。

	WRF-RAP		CWB-WRF	
	C1	C2	C3	C4
% of PIREPs with SLW > 0.001 g m <sup>-3</sup>	36.3	32.3	24.7	19.1
% of PIREPs with TOTC > 0.001 g m <sup>-3</sup>	62.6	57.7	47.7	41.9

## 2. 觀測資料

研究分析結果顯示，在與對流有關之積冰個案中，雷達和閃電資料扮演非常重要的角色。若 CIP 診斷法未使用雷達及閃電資料，則可能會降低積冰的發生機率、降低積冰強度，減少 SLD 的潛勢(圖 4 及圖 5)。

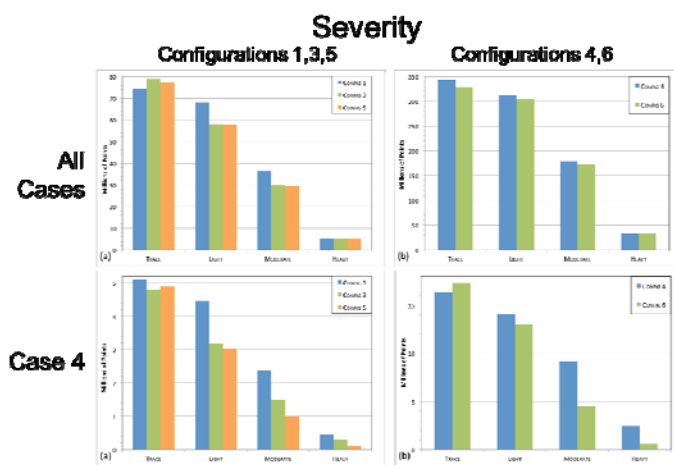


圖 4、缺少雷達及閃電資料時，CIP 強度在各個強度之積冰空中報告數量都比較少。

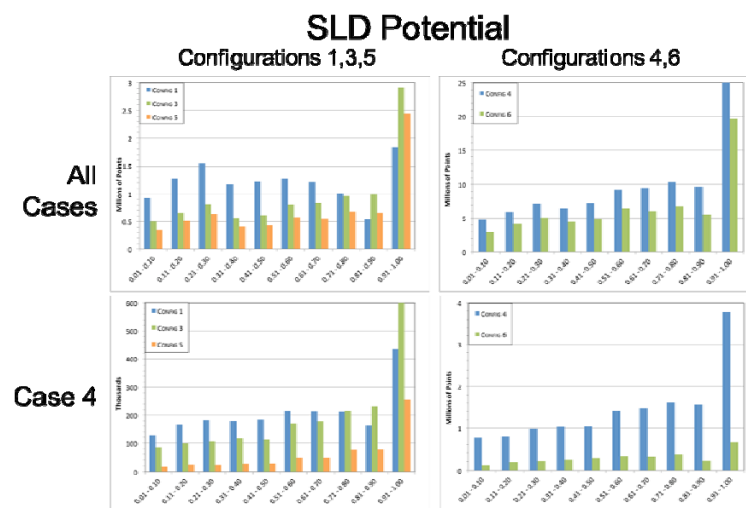


圖 5、CIP SLD 潛勢空中報告比對圖，缺少雷達、閃電資料時，各個尺寸的 SLD 發生明顯減少。這個現象在夏季個案中特別明顯。

### (三) NCAR 亂流偵測診斷產品

亂流現象常伴隨著對流系統周邊發生，但 AOAWS 系統中的亂流產品 (Integrated Turbulence Forecasting Algorithm, ITFA) 並無法反映出來。現階段偵測對流系統最好的工具為氣象雷達，但雷達反射率 (DBZ) 並不是一個可靠的亂流指標，因為在雷達回波值很大的區域外之空域也可能會有亂流發生，而且對流性的亂流現象常常尺度較小且發展快速，當飛機報告遭遇亂流時，通常就已經太晚了。因此，若能在航機遭遇亂流前，透過遠距離觀測資料來識別亂流的發生可能是很有幫助的。

NCAR 亂流偵測技術 (NCAR Turbulence Detection Algorithm, NTDA) 能測量雲和雷暴中之亂流，其原理係使用都卜勒雷達資料計算亂流強度值-渦流消散係數 (Eddy Dissipation Rate, EDR)，以最少的時間延遲，提供用戶遠距離、高解析度且更新快速的精確資訊，並藉此提升空域使用率和飛行安全。圖 6 是 NTDA 演算法的基本資訊，目前 AOAWS 系統 NTDA 使用中央氣象局五分山、花蓮、七股及墾丁等四顆雷達之資料，經演算而得到的雲中亂流產品。

NTDA 和 ITFA 兩項產品之間是互補的，ITFA (又名 GTG) 是一個以數值預報模式預報資料所演算的亂流預報 (0-1 級) 產品，產品為模式預報範圍地區一萬呎以上的晴空亂流(如圖 7 中之紅色虛線區域)。而 NTDA 則是以雷達資料為基礎的亂流偵測產品，該產品為即時的雲中亂流診斷產品(如圖 7 中之紫色虛線區域)。

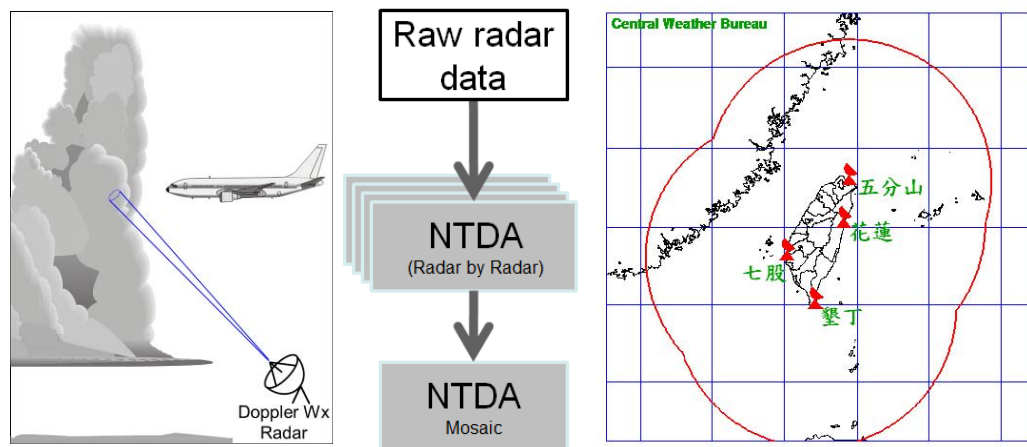
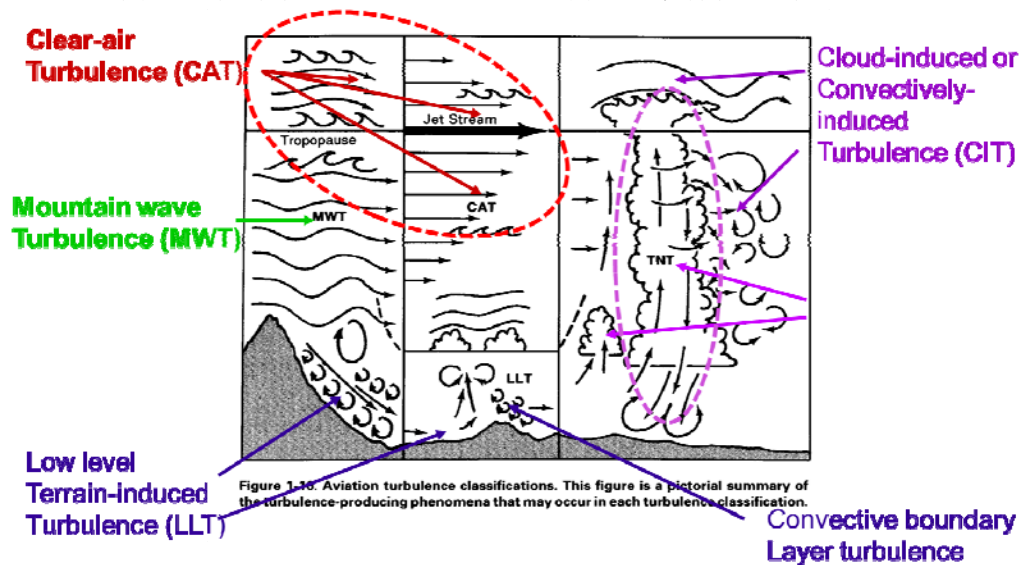


圖 6、NCAR 亂流偵測診斷產品(NTDA)基本資訊。

NTDA 產品是以中型商業飛機為參考，將所計算得到的 EDR 值，依相關門檻值，將亂流強度分為無亂流、輕度亂流、中度亂流和強烈亂流等四個等級。圖 9 之右圖為 NTDA 產品，NTDA 產品僅涵蓋臺灣都卜勒雷達所涵蓋之範圍。圖中黑色區域表示該處在當次演算法中沒有雷達回波資訊，亦即該區域無適當 NTDA 資料，而非無亂流發生。因此建議將 NTDA 偵測到之亂流產品應與 ITFA 晴空亂流產品合併檢視，以檢視未被 NTDA 偵測到之亂流。

此外，NTDA 是需要高度要求資料品質的產品，因此在雷達偵測過程中，包含由於地形，生物及海洋面所造成的雜波、無線電干擾、與雷達相關的頻譜寬度

與重疊回波，以及雷達掃描操作特性和訊號處理方式等，都可能影響 NTDA 產品質量，因此需要進行嚴格的品質管制，以維持雷達資料穩定性。



Graphic source: P. Lester, "Turbulence—A new perspective for pilots," Jeppesen, 1994

圖 7、亂流種類示意圖，ITFA 產品所預報的為紅色虛線範圍內之晴空亂流，而 NTDA 產品所指的則為紫色虛線範圍內之雲中或對流作用所引起的亂流。

#### (四) AOAWS 顯示系統強化

102 年度 AOAWS 顯示系統強化的工作包含新一代航空氣象產品顯示系統 (Java-based Multi-dimensional Display System, JMDS)、網頁版多元化顯示系統 (Web-based Multi-dimensional Display System, WMDS) 及自動氣象觀測系統 (Automatic Weather Observed System, AWOS) 資料顯示介面等。以下分別介紹各顯示系統的強化內容：

##### 1、JMDS

102 年度 JMDS 系統新增產品包含如下：

- (1) 新增衛星資料：全球衛星影像合成資料、GOES-E 衛星影像、GOES-W 衛星影像及日本 MTSAT 衛星紅外線頻道差分影像，如(圖 8)。
- (2) 配合 CIP 及 NTDA 作業化，新增相關產品顯示介面，如(圖 9)。
- (3) 配合航空氣象產品顯示系統調整，於 JMDS 系統中，建置多元化航空氣象產品顯示系統(Multi-dimensional Display System, MDS)功能視窗，包含 Raw TAFs、Raw METARs、Raw AIREPs 及 Raw SIGMETs 等視窗。

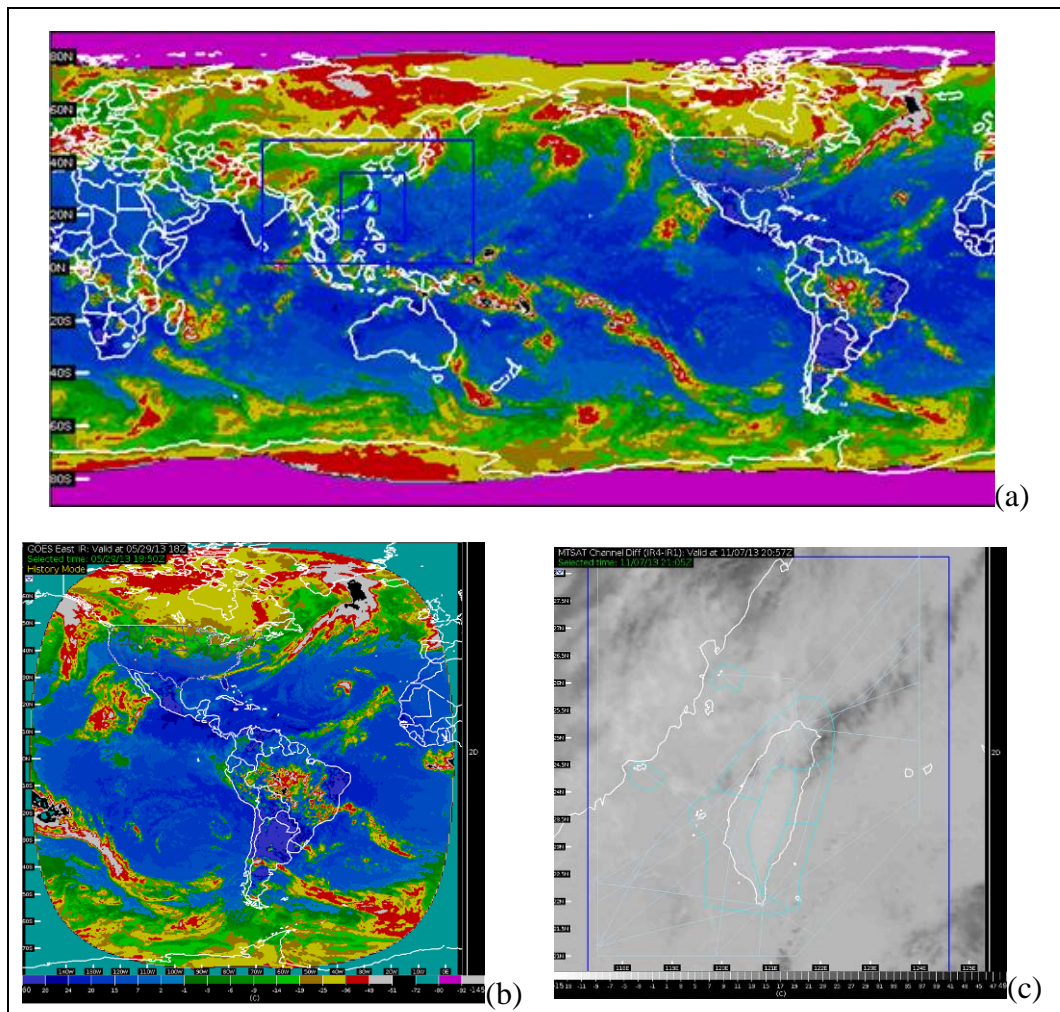


圖 8、(a) 全球衛星影像合成資料，(b)GOES-E 衛星影像，(c)日本 MTSAT 衛星紅外線頻道差分影像。

## 2、WMDS

102 年度 WMDS 系統修訂內容包含如下：

- (1) 配合新增之衛星資料，修改衛星顯示網頁。
- (2) 配合新增新增 AIREP 顯示頁，以便顯示 AIREP、ACARS 及 AMDAR 等各種空中報告資料，如圖 10。
- (3) 配合 CIP 產品作業化，修改積冰產品顯示網頁，納入 CIP 之即時積冰產品顯示。
- (4) 配合 NTDA 產品實作，修改亂流產品網頁(內部測試)，納入 NTDA 即時亂流偵測產品。
- (5) 改由 JMDS 產生靜態的網頁圖檔，取代原本的 CIDD。

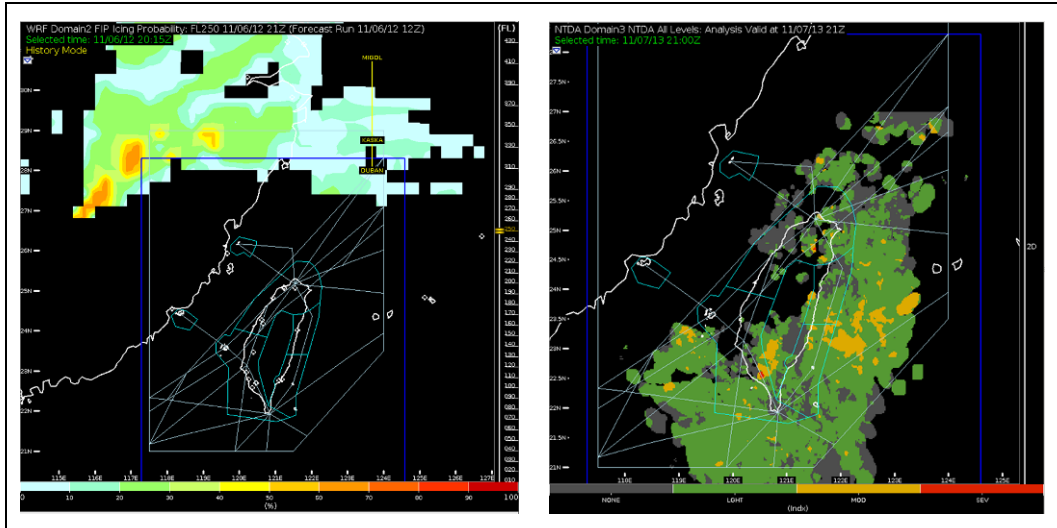


圖 9、左圖為 CIP 產品、右圖為 NTDA 產品。

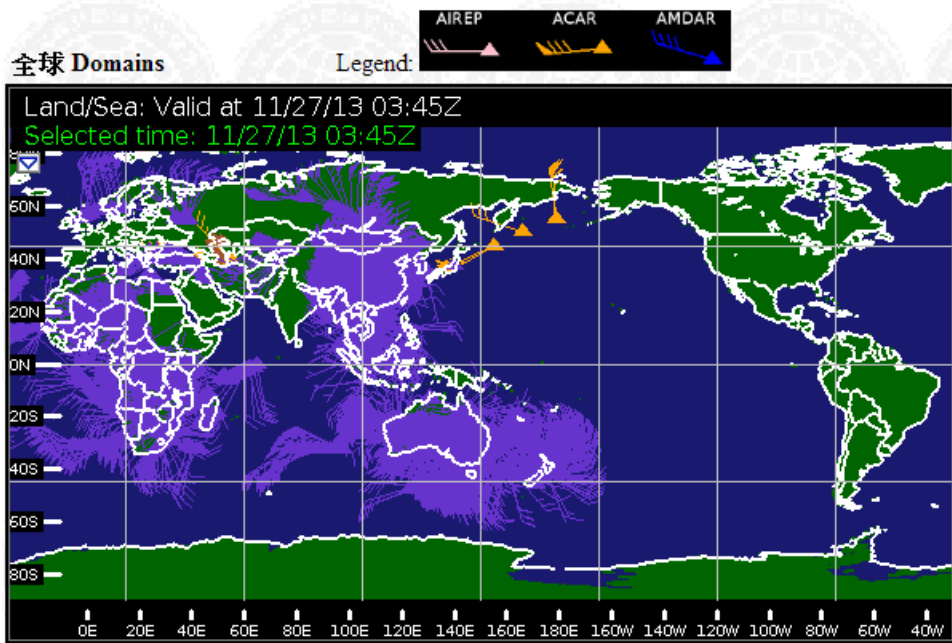


圖 10、空中報告資料顯示介面。

### 3、AWOS 資料顯示介面

配合民航局汰換機場 AWOS 系統作業，新增臺東豐年、蘭嶼、綠島、澎湖七美、望安及馬祖南竿等機場之 AWOS 資料顯示介面(如圖 11)。



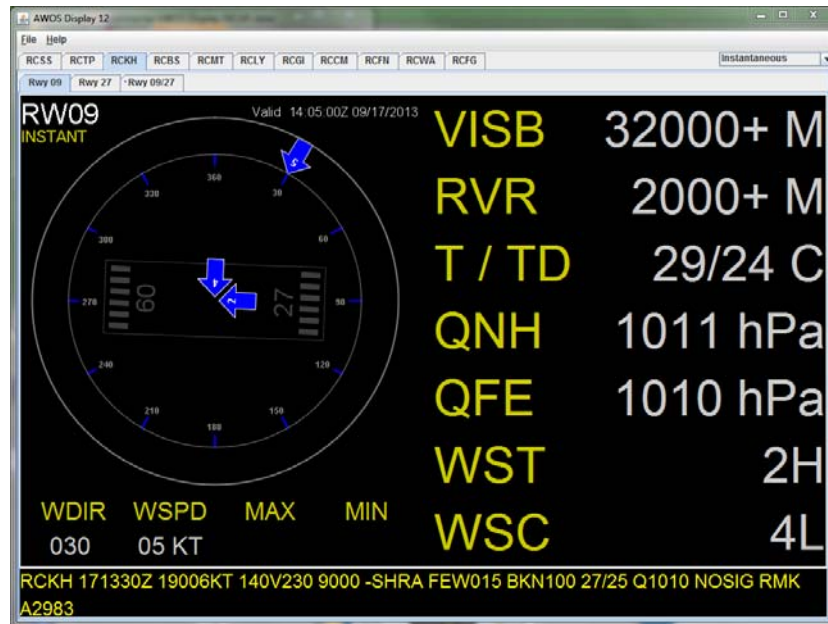


圖 11、第 12 版 AWOS 顯示介面。

## (五) 閃電對飛航之危害

閃電通常伴隨著雷暴天氣出現，可能會傷害機場戶外地勤人員、影響飛機作業，或是對機場基礎建設造成破壞。此外，閃電也可能影響機場營運及飛航作業，例如，因跑道關閉而造成班機時間延遲、機場失衡、影響空域系統之利用率。

美國國家科學院的研究顯示，各機場被要求應維持良好的安全紀錄，但卻仍承受著必須提升運營效率的壓力，這樣的壓力在現今繁忙的社會中顯得越來越大。但是過去各機場並沒有因為閃電而受傷或死亡的記錄，也沒有與閃電有關的機場關閉記錄，很難進行安全風險和低效率的評估作業。因此目前的閃電警示做法是被動的，若想要改善閃電警示效率，則需要對於閃電可能影響的危險區域和時段給予更明確的定義。

### 1、閃電研究

美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)為了回應用戶需求而支助進行本項研究，研究的主要目的是(1)增進對於閃電對機場和航空公司營運之影響；安全與效率的擔憂以及與閃電相關的不確定性因子之了解及(2)發展一套較好的決策支持系統。

研究結果顯示，(1)要平衡飛航安全及機場作業效率是很複雜的問題，(2)雷擊所造成的危害，可歸因為資料、程序與人類的認知和行為等不確定性因素所造成的。為使相關作業達一定平衡，可以朝下列方向努力，(1)取得更多的數據，並針對類似天氣進行人員及作業程序之規範；(2)對安全風險與低效率進行量化、尋找其趨勢，並設定相關臨界值，以進行管控；(3)重視避開類似天氣所造成之影響，並尋求作業改進的機會。

## 2、一般安全程序

目前全球各地機場為了避免雷擊所造成的災害，訂定其個別安全程序，且一般都依循著在雷雨發生前進行發生機率預報；在觀測到雷雨胞接近時，開始發布警告；雷雨胞抵達機場上空時，停止機場地面及航機起降作業以及雷雨胞遠離時，恢復相關作業等四個程序作業(如圖 12)。

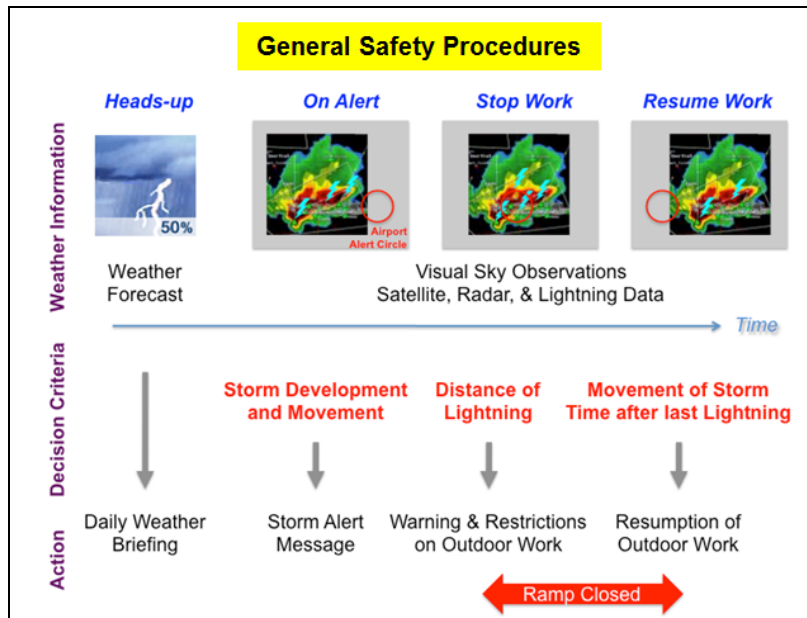


圖 12、雷擊危害之一般安全作業程序，紅色圈圈位置為機場位置。

然而，僅參考衛星、雷達和閃電資料的目視觀測，並無法提供使用者定量的雷擊危害資訊。因此，更精確的雷擊偵測對於要同時兼顧飛航安全及增進營運效率的目標是非常重要的。但這項工作卻存在著很多的不確定性：(1)閃電資訊不確定性-偵測效率(感應器與網路)、閃電分類準確度(雲中及雲對地)、位置正確性及網路發展；(2)作業程序之不確定-安全規則(閃電之距離與時間)、效率(最小的停止運作時間，誤報或關閉太久都會影響業務效率)、決策支援工具、集中或分散式的導引及自動或人工決策；(3)人類認知能力及行為之不確定-信任進場、執程序(通訊及時效性)、相關利益者及操作干擾等。

## 3、閃電安全決策之即時預報

閃電的威脅來自於雷暴中心、風暴的早期階段、風暴的後期階段以及雪風暴(Thundersnow)等，而閃電之即時預報則是利用雷達及閃電觀測資料來進行雷暴監測，並進行雷擊威脅的預測，預測項目包含閃電潛力以及其對機場營運之預期影響等(圖 13)。相關預報結果可於室內及室外架設警告裝置(圖 14)，以視覺、聽覺或觸覺的方式提供機場停止離到場作業的警示。

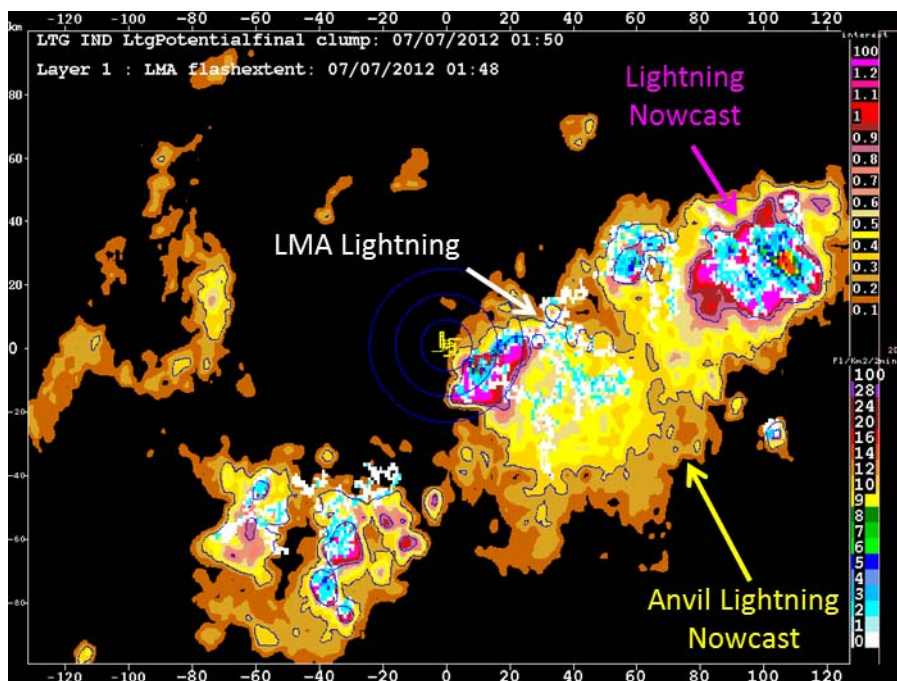


圖 13、閃電安全決策之即時預報。



“Traffic Lights” for ramp closures

圖 14、離到場區關閉之號誌燈號。

## (六) 圖形化亂流指南的新發展

亂流是影響飛航安全的主要天氣現象之一，是世界各地飛航服務單位非常重視且持續發展之課題，目前臺灣 AOAWS 系統所使用的亂流預報法稱為『TAIWAN ITFA』，為一改良版的亂流預報法(類似 FAA 的 GTG 產品，相當於 GTG 2.5 版)，使用中央氣象局 WRF 模式的預報資料，產品解析度包含 4KM 及 20KM 之預報範圍，提供 10000 英尺至 45000 英尺高度範圍的亂流預報，主要是針對晴空亂流進行預報。

美國 FAA 目前則已經將其亂流預報產品升級至 GTG3，如圖 15，與臺灣亂流預報產品主要差異在於該產品已經包含地面到 10000 英尺間之亂流、特定類型的山岳波預報，同時可以選擇性的輸出 EDR 和進行圖形化亂流即時預報(Graphical Turbulence Guidance Nowcast, GTGN)。

### 1、GTG 亂流預報

飛機遭遇亂流的範圍從幾公尺到數公里，且大部分都遠小於數值預報模式的網格解析度，因此通常無法直接預測飛機尺度的亂流，而只能夠使用較大尺度資料來推斷亂流發生潛勢，而飛機遭遇亂流時的感受差異，也取決於飛機的大小，同

樣程度大小的擾動，對不同尺寸的飛機可能會相當差別的感受(圖 16)，因此根本無法為空域中的各種航機進行亂流預報。

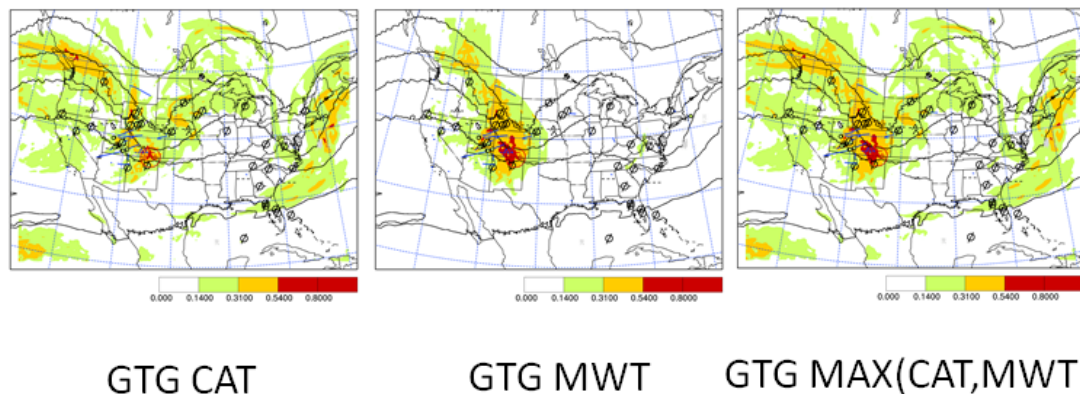


圖 15、FAA 亂流預報 GTG3 產品，左圖為傳統 GTG 晴空亂流預報產品，中間圖為山岳波所引起的亂流(美國西部洛磯山脈常會引發山岳波)，晴空亂流及山岳波亂流整合後即為 GTG3 亂流產品。(31 Dec 2011 6-hr fcst valid 18 UTC FL290)

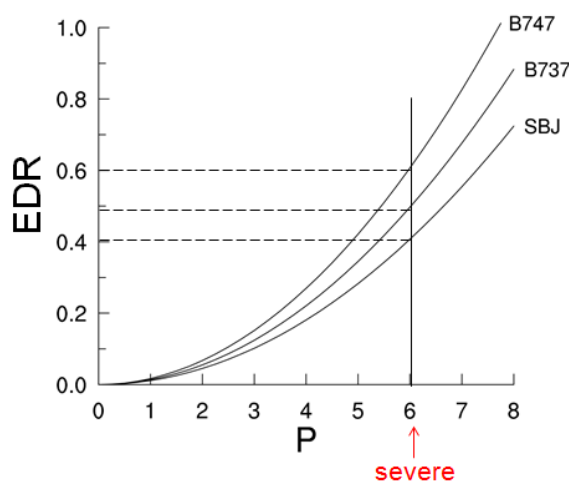


圖 16、各式航機空中報告與 EDR 數值統計結果，當 EDR 為 0.4 時，SBJ 航機之空中報告為強烈亂流。而波音 747 的航機則要在 EDR 值為 0.6 時才判定遭遇強烈亂流。

造成亂流發生的原因有很多，因此需要多種亂流預報方式，如鋒生函數、不平衡流、變形場及渦流消散率等診斷方式，GTG 亂流預報產品以數值天氣預報資料為診斷基礎，每項診斷對應不同的 EDR，並依據各項因子所佔的重要性決定其權重，加總後得到 GTG 亂流診斷值。換句話說，GTG 是經權重計算之亂流診斷系集分析結果。EDR 為國際民航組織所訂定的標準，他同時可以與遠端 EDR 估計值(如 NTDA)進行整合，提供航機飛行參考。

目前 FAA 使用的亂流產品即依 ICAO 建議，以 EDR 值為顯示方式，EDR 之亂流強度分類如下：

EDR $\geq$ 0.10 “light”

EDR  $\geq$ 0.3 “moderate”

EDR >0.5 “severe”

而亂流預報產品 ITFA 則分為四級，

ITFA < 0.25 “Smooth”

ITFA >0.25 “Light”

ITFA > 0.370 “Moderate”

ITFA > 0.675 “Severe”

值得注意的是，由於無法對各種大小的航機進行個別之亂流預報，因此，亂流強度通常是以中型航機來分類，在使用上應該要特別留意。

## 2、亂流即時預報產品

一個理想的亂流預報系統應該能計算所有可能來源之亂流，這同時也是 GTG 亂流診斷方法的最終目標，美國 FAA 之亂流預報產品亦逐步朝這個前進。亂流即時預報 GTGN 即結合數值天氣預報模式亂流預報(GTG)、即時亂流偵測產品(NTDA)、再加上空中報告、衛星資料、閃電資料進行即時亂流預報，該產品可以每 15 分鐘更新一次，如圖 17 及圖 18。

## 3、小結

為增進本區亂流預報之準確度，NCAR 依據國際上之亂流預報發展，建議飛航服務總臺(以下簡稱本總臺)將現階段建議近期內可將目前的 ITFA 升級到 GTG3，如此可以使 ITFA 的預報範圍含括一萬呎以下之空層，預報山岳波所造成的影響，同時亦可包含即時預報的功能以及進行 EDR 預報。而在更長遠的目標則是希望能提供機率預報(如回歸分析等統計法和系集預報)、預報對流亂流以及將衛星特徵偵測功能納入 GTGN 中。

### Turbulence nowcast product (GTGN)

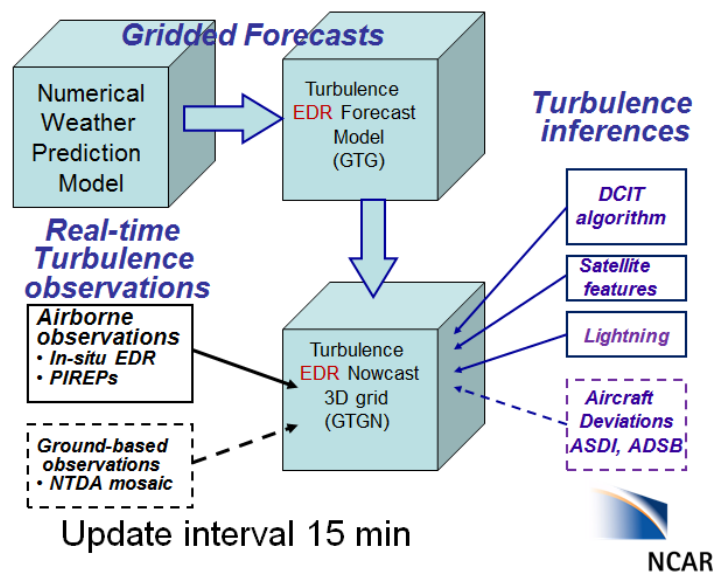


圖 17、亂流即時預報(GTGN)產品架構圖。

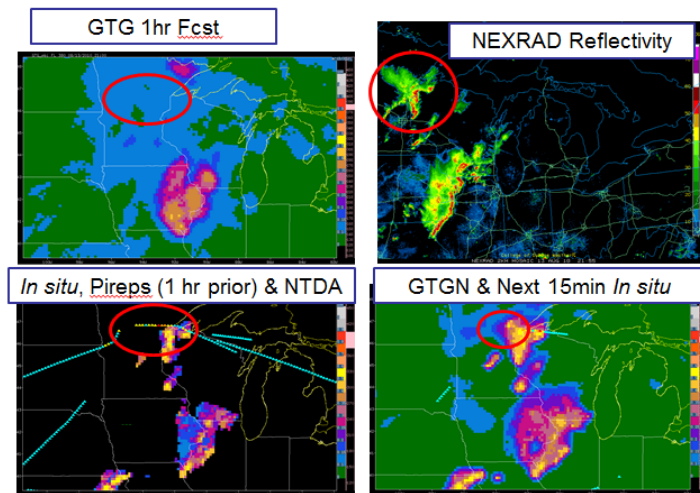


圖 18、GTGN 預報產品(20100813, 22Z, FL380)，左上角紅色圓圈處 GTG 並未預報到晴空亂流，但雷達回波顯示有降水回波，NTDA 產品顯示該區域有亂流，GTGN 整合相關資訊得到最終的亂流預報產品。

## (七) 行動裝置之航空氣象應用

FAA 自 2010 年起委託 NCAR 執行「駕駛艙內的氣象技術計畫(Weather Technology in the Cockpit, WTIC)」。本項計畫的目的係為了解飛行機組人員，和交通流量管理人員更方便的使用行動裝置，以獲取航空氣象資料之可行性及實用性以及其可能效益之研究。這項研究是為期 7 年的長期性研究計畫，共分為三個階段，2013 年即將完成第一階段，且已得到初步的研究成果。

### 1、研究計畫內容

#### 1. 第一階段：用戶需求、技術評估及雛形開發

時間：2010~2013

工作規劃：技術評估(設備、網路、操作系統、軟體)、用戶需求調查(資料內容與呈現方式)、建立技術藍圖、開發系統雛形、技術轉移、建置系統評估計畫。

階段目標：完成系統雛形開發。

#### 2. 第二階段：系統資料評估、實作

時間：2014~2015

工作規劃：確認系統發展主題、系統軟體開發、用戶系統評估、技術轉移、用戶及工程概念評估

階段目標：完成系統評估、系統實作。

#### 3. 第三階段：作業系統實作

時間：2016~2017

工作規劃：確認系統發展主題、確認使用者未來需求、技術轉移、系統

調整、安全與用戶價值研究  
 階段目標：系統實作

## 2、行動裝置氣象系統雛型

本計畫透過實地探訪航空公司及飛航管制單位，並訪問第一線工作人員，觀察其工作期間航空氣象資料使用情形和需求。目前本研究計畫已完成系統雛形建置，如下表。系統內容包含資訊需求和系統能力等兩個部分，同時把相關需求分為三個等級，做為系統建置之優先順序參考。

	資訊內容	系統能力
基本	雲霧、能見度、機場位置、風場、風暴(亂流、積冰、鋒面及對流系統)、NOTAMs、積冰、降水型態	預設為目前時間、目的地機場、備用機場、資料通訊狀態、平面圖、可選擇未來時間、出發機場、可在平板電腦上使用、已解碼的氣象電碼(METAR/TAF/PIREP)、現在位置的移動地圖、快速概覽(圖形化 METAR、網格圖像及文字資料)
想要的	雷達資料、降水量、跑道狀況、飛行障礙物、城市和鄉鎮資訊、航路、閃電資訊、地形、天氣影像、亂流、露點、氣溫、日昇日落、月亮、機場平面圖、高速公路和街道資訊。	動畫功能、可應用於手機上、可提供航路沿途資料、標示最接近的機場、標示船舶位置等
選項	衛星資料(紅外線、可見光)、湖、河、機場服務、月昇月落、TAF、國家資訊	可報告天氣和位置 可選擇過去時間 具警報功能 3D 介面 靈活的操作介面 可接收綜合性資訊 可在桌上型螢幕上檢視

## 3、系統架構

本研究計畫執行至今將於 2013 年年底完成第一期計畫，NCAR 依據行動裝置氣象系統雛型完成軟體雛形(圖 19)，並將於 2013 年冬季開始進行系統評估，相關結果將做為第二期研究計畫之參考。系統主要應用程序包含如下：

1. MapServer：顯示背景地圖：高解析度地理資料(標高、等高線和地形地貌)、分類的專題圖層(道路、河川和機場位置)。

2. Web Map Service (WMS)：顯示多個預報時間的三維空間格點資料，如模式資料、雷達資料及衛星資料等
3. GeoJSON Dataserver：顯示非格點資料，如各地機場之 METARs、TAFs 以及 PiReps 等。

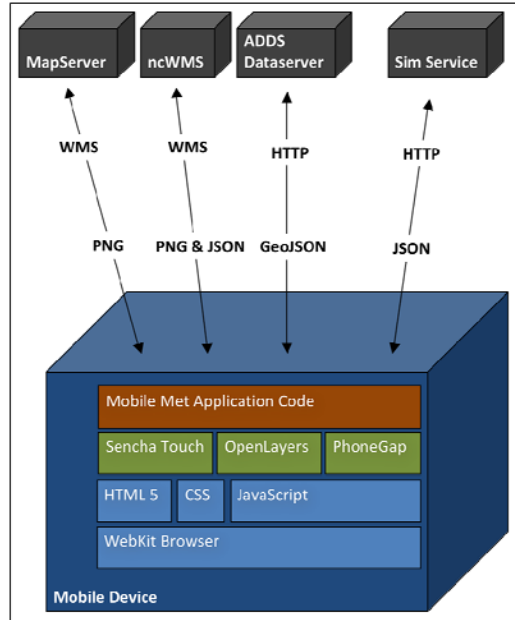


圖 19、行動裝置航空氣象系統架構圖

#### 4、研究成果與預期效益

圖 20 是本研究計畫的初步成果展示，目前系統可在蘋果公司的 Ipad 平板電腦上執行，系統已經包含高解析度的地理資訊，如地形、公路、湖泊等，同時可以顯示地面觀測資料、機場預報及空中報告、積冰、亂流、雷達及衛星資料等。

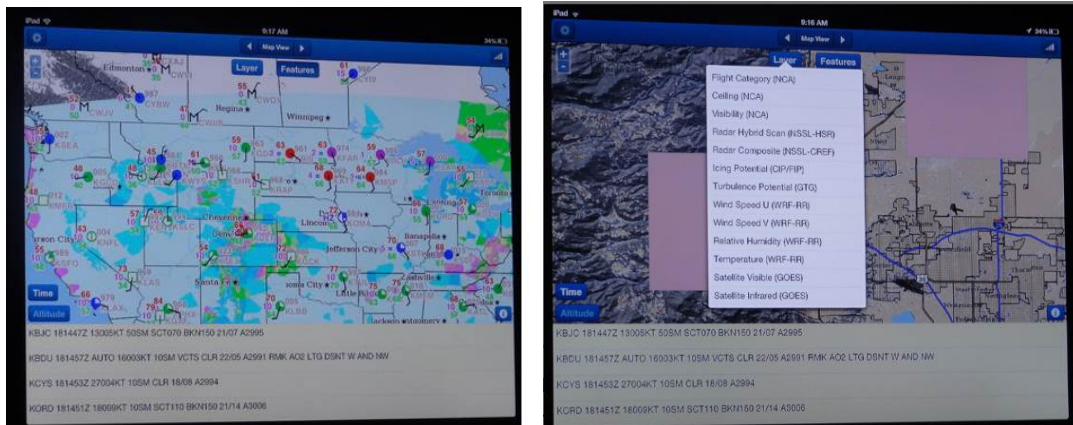


圖 20、使 IPAD 展示雛形，左圖可顯示各機場之地面觀測資料，右圖為格點產品選單，資料包含衛星、雷達、積冰及亂流等產品。

行動裝置為現代社會中不可或缺的配備，網路科技更是已經發展到幾乎無處不達的地步，因此透過行動裝置提供飛航服務可說是必然之趨勢，本項研究計畫之目標並非為了建置行動裝置氣象資訊系統，僅係 FAA 為提供更便捷的服務而進



行的一項研究工作，計畫之預期效益包含：(1)使用行動裝置接收即時資料，提升飛航安全；(2)可應用於跨平台介面(Android, iOS, desktop)；(3) 提供以網頁為基礎之服務，具備兼容性；(4)運用未來應用/技術可擴展的基礎設施，具靈活性；(5)由 NCAR 持續發展，具支持性；以及(6)可與其他資料整合，具可組合性。

## (八) 海洋天氣資訊之改善

全球航空業發展日益繁忙，橫越海洋的長途飛行航班也越來越多(圖 21)，然而即使在這樣現代化的情況下，洋面上的氣象觀測資料仍非常缺乏，無法直接應用於數值天氣預報模式中，也因此對於廣大洋面上的天氣系統之掌握並不容易。

長程航機飛越海洋常常需要面臨比飛越陸地時更多的挑戰，包含對流性的危害天氣如亂流、風切、閃電、強降水及冰雹等，此外，除非有月光或閃電，海洋上的夜間能見度較低，但海洋上空的對流風暴之雷電活動比陸地上之風暴少很多；同時機載雷達的靈敏度較低，無法看到巡航高度中較小顆粒之降水；再者，有限的頻寬和昂貴的通信費用，造成天氣資訊更新不夠頻繁且解析度差（空間和時間）也比較差。

NCAR 使用雷達及衛星資料進行風暴預測，藉以了解已存在風暴及其周遭的濕度、溫度及溫度梯度發展與趨勢及風場運動狀況，對未來風暴發生之時間、位置、成長與消散等項目進行預測，並為越洋航班發展天氣預報指引系統。



圖 21：全球夜間航班資訊。

### 1、海洋對流診斷（Convection Diagnosis Oceanic，CDO）

海洋對流診斷是以衛星資料為基礎，針對雲圖中的深對流系統，使用雲頂高度、雲分類等訊息進行對流診斷演算分析，同時也使用熱帶降雨測量衛星(Tropical Rainfall Measuring Mission，TRMM)資料進行績效評估。這項研究是 NCAR 和美國海軍研究實驗室(Naval Research Laboratory，NRL)以及麻省理工學院的林肯實驗室(MIT/LL)合作共同發展的。

### 2、海洋對流即時預報（Convection Nowcasting Oceanic，CNO-G）

海洋對流即時預報是將資料以階梯式(每小時)的拉格朗日平流方法進行 8 小時預報，墨西哥灣區每 30 分鐘更新一次，而全球範圍則每 3 小時更新一次。美國即時的即時預報系統網站為 <http://www.rap.ucar.edu/projects/ocn/ops>。

### 3、 產品展示

NCAR 將海洋對流診斷及海洋對流即時預報之相關產品整合顯示於圖 22 提供服務，此外該產品亦可與全球預報模式之 GTG 亂流預報產品進行整合如圖 23。

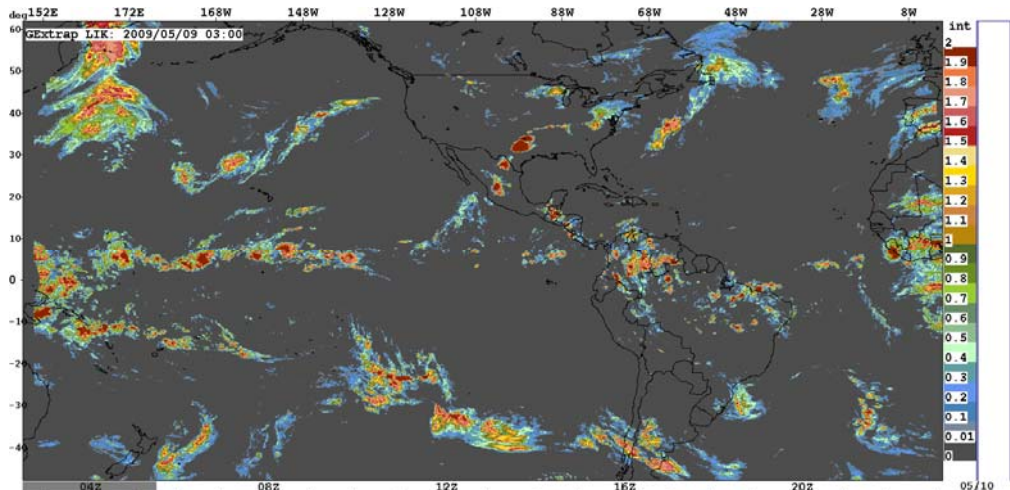


圖 22、2009 年 0300UTC 之對流診斷及即時預報結果。

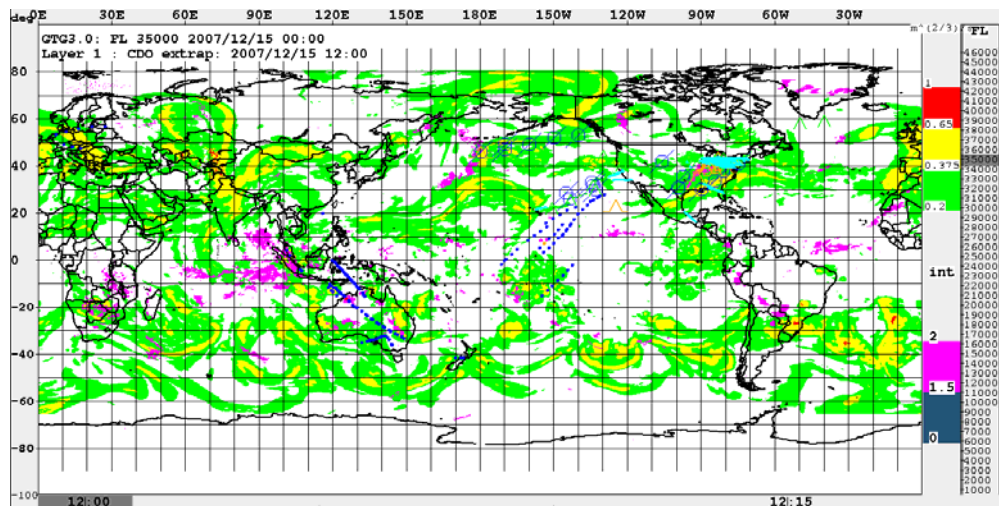


圖 23、2007 12 UTC，FL350 GFS 模式 GTG 12 小時亂流預報產品、圖中紫色區域為海洋對流診斷的結果，藍色點為有效時間前後 90 分鐘內空中報告之輕度亂流、橘色為中度亂流，紅色則為強烈亂流。

### 4、 災害機率預報

風暴災害機率預報係利用全球系集預報資料，所產製的對流可能性產品之 30-36 小時展望。本項產品提供給世界區域預報中心做為顯著危害天氣圖製作之

參考，如圖 24。針對不同區域進行全球模式系集預報之績效評估，發現全球模式之系集預報結果可提升預報效率。

圖 25 顯示每 6-12 小時更新的風暴災害機率預報，及每 6 小時更新的決定性對流展望結果可做為顯著天氣圖製作參考，而最多每 3 小時更新的對流即時預報產品則可做為地區顯著天氣報文(SIGMET)發布之參考。

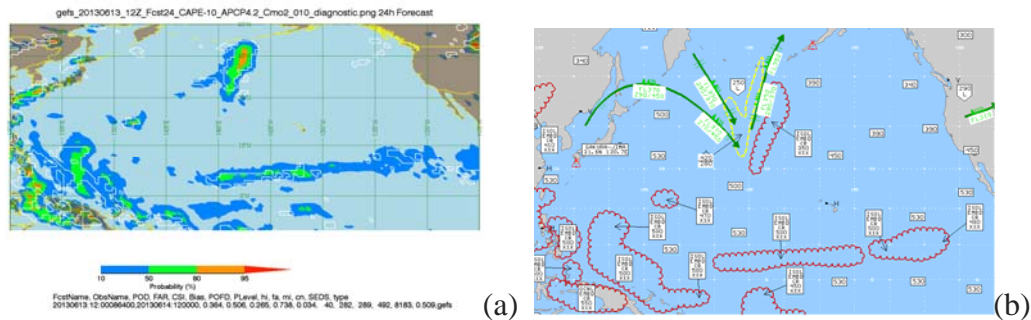


圖 24、圖(a)為風暴災害機率預報圖，圖(b)為參考機率預報圖所繪製之顯著天氣圖。

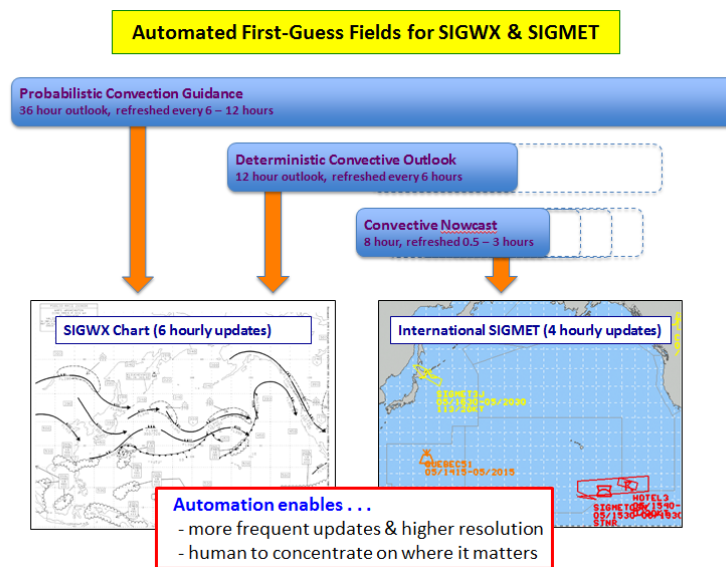


圖 25、顯著天氣圖及顯著天氣報文自動初始猜測場。

## 5、機艙內的天氣資訊(Weather in the Cockpit)

為保障飛航安全，飛行前之天氣諮詢及航路規劃固然重要的，而飛行中即時天氣之更新則更需要飛行員與地面簽派員以及管制人員充分合作。在越洋飛行的長途航線途中，如何即時將最新的天氣狀況傳送給機艙內的機長，是現階段各國共同的努力方向。

美國 FAA 在 2006 年 8 月與美國聯合航空公司合作，以飛經間熱帶對流區(ITCZ)之強對流區之美國和澳大利亞間航線，針對簽派員和機師在飛行途中常見

溝通聯繫內容進行了解。初步的研究結論係將資訊以文字方式上傳到 ACARS 印表機上、以便事先提供深對流警示，以提高駕駛員的警覺性。

圖 25 是兩個透過即時天氣資料上傳，機長變更飛行路徑的範例。透過即時的資訊更新，除了可以增進飛航安全，避開危險天氣區域，也可能增進營運效率，降低營運成本。然而，資料延遲、資料提供的形式以及資料時間/空間解析度等因子，是影響機長於飛行中決策之重要因子，需要更進一步的研究和探討。

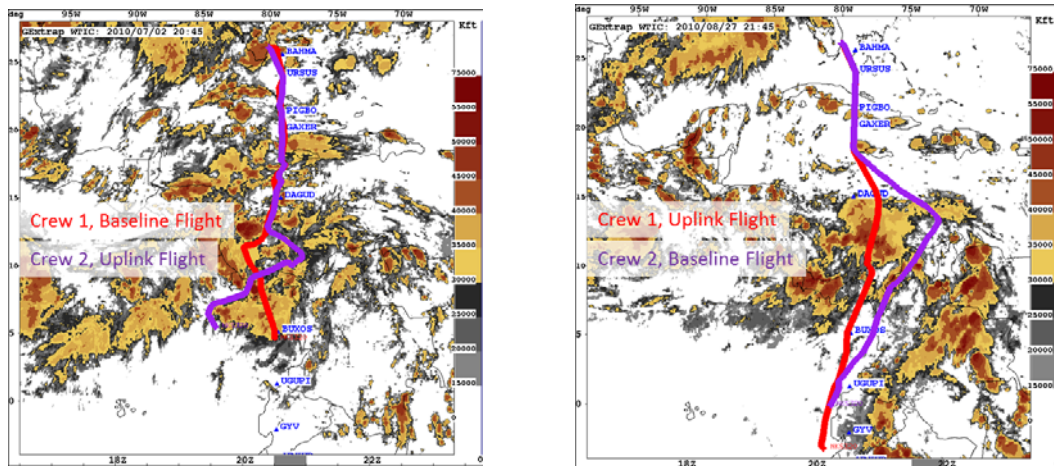


圖 25、左圖紅色曲線為飛行計畫航線，調整後避開強對流區，有效增進飛航安全。右圖紫色曲線為飛行計畫航線，經調整後直接穿越弱對流區，增進飛行效率。

## 6、NCAR 越洋航線天氣指引系統

圖 26 為 NCAR 越洋航線天氣指引系統，將飛行前計畫及飛行期間(起飛、巡航及降落)等各階段之天氣資訊提供建立一套規則，分別應用了機率對流預報、決定性對流展望及對流即時預報等預報方法，提供於航空氣象產品(SIGWX 圖及 SIGMET)中，並將相關資訊上傳到機艙內提供飛行決策參考。

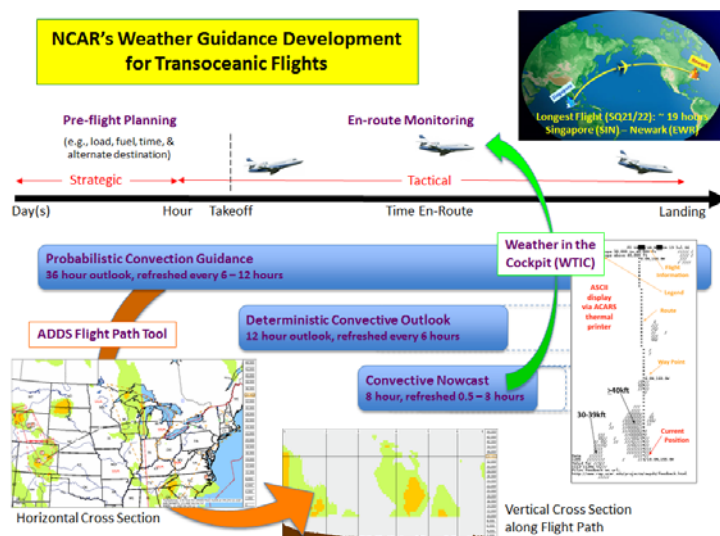


圖 26、NCAR 越洋航線天氣指引系統。

## (九) 會議結論

### 1、 IA#16 驗收作業相關事項

結論：

- (1) 驗收時程規劃  
12月4日：驗收準備工作。  
12月5日：進行驗收會議。  
12月6日：IA#17 工作項目討論。
- (2) NCAR 驗收代表：Jim Cowie 和 Gary Cunning
- (3) 驗收計畫：NCAR 於 11 月 22 日前提供驗收計畫草案。
- (4) 交付文件：NCAR 於 11 月 22 日前提交 IA#16 之各項交付文件，民航局於 11 月 29 日前將相關意見提供給 NCAR。

### 2、 AOAWS 第 12 版安裝時間表，CAA 及 IISI 配合辦理事項

結論：AOAWS 第 12 版安裝作業預計將安排於 10 月 7 日開始進行，10 月底前完成安裝作業。

### 3、 NTDA 讀取中央氣象局雷達資料之協助事項

結論：請 NCAR 提供需要與中央氣象局協調的雷達資料相關問題，以利民航局與中央氣象局進行協商。如果中央氣象局能配合調整雷達相關資料之重新格式化，NCAR 將於 2014 年精進 NTDA 程式碼，評估資料流改變效應、測試並安裝於作業系統中。

### 4、 新版 AOAWS 顯示系統修訂事項

結論：

- (1) NCAR 將自 9 月 27 日起開始檢視民航局所提供之顯示系統修訂意見，並進行系統修訂，相關修訂將納入 10 月份安裝之新版系統中。
- (2) NCAR 將重新檢視 NTDA 的產品的顯示機制，以便區別「無亂流區域」和「非雷達偵測範圍區域」。

### 5、 AOAWS 系統 ITFA 與 NTDA 亂流產品之顯示和手冊修訂事項

結論：

- (1) NCAR 將於 WMDS 網頁上加強 ITFA 及 NTDA 之文字說明。
- (2) NCAR 將重新檢視 AOAWS 系統手冊，確保手冊中之 ITFA 與 NTDA 之定義明確。

### 6、 AWOS 資料顯示介面修訂事宜

結論：NCAR 將重新檢視 METAR 文字顯示和顯示文字自動縮放的問題。

## 7、使用空中報告加強收集資料驗證及調校 CIP 診斷程序之工作 規劃

結論：NCAR 將於 9 月 23 日檢視民航局提供之空中報告資料之可用性，相關驗證及調校工作將配合 IA#17 工作實施。

## 8、飛航管理系統天氣整合需求與作業概念分析報告進度

結論：民航局將於 10 月 1 日前提供報告草案修訂意見，NCAR 將依據意見修訂後報告後提送民航局。

## 9、IA#17 簽署作業時程規劃及顯著天氣圖製作工作項目之 NetSys 服務建議書草案修訂事宜

結論：

- (1) NCAR 和民航局都同意提供給 NetSys 的新版服務建議書草案
- (2) NCAR 將於 9 月 24 日前提供一份非正式服務建議書草案副本給 NetSys，並盡速確認相關需求與預算與之前討論的內容相符。
- (3) 提供報告草案修訂意見，NCAR 將依據意見修訂後報告後提送民航局。
- (4) NCAR 將依據 NetSys 回復之修訂意見修訂 IA#17 或與民航局進行進一步討論，預計於 9 月 30 日前完成 IA#17 定稿。
- (5) NCAR 將於 IA#17 定稿後與美國在臺協會確認美方之合約新簽署程序，以訂定合約審批之時間表。

## (十) 洛磯山地區機場參訪紀實

美國國家大氣科學研究中心洛杉磯地區機場辦公室，主要工作為管理美國國家科學基金會/NCAR 所擁有之兩部研究用飛機，分別為 C-130 及 G5(圖 27)，及相關研究計畫之執行，平均而言，NCAR 每年大約有 2-6 個研究計畫案，利用飛機上搭載的各項探測儀器進行高空探測研究。研究的範圍包含大氣化學、雲物理、中尺度氣象、邊界層動力學、海氣交互作用、海洋學及其他大氣科學範圍內的研究。

依據航機機型不同，C-130 及 G5 所進行的研究範圍和搭載的設備儀器也略有差異，C-130 最高可搭載 7000 公斤的設備儀器，探測 27000 呎以下的大氣。而 G5 則僅可搭載 3000 公斤儀器，但可探測高達 51000 呎的大氣。研究需求單位可以依研究範圍安排航機。飛機攜帶之儀器和傳感器主要是架設在兩個機翼和機身上。



圖 27、美國國家大氣科學研究中心洛杉磯地區機場飛航研究辦公室及探測飛機 G5(右上)與 C-130(左下)。

## 參、心得

### 一、 航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫

航空氣象現代化作業系統自建置完成以來已屆 12 年，在此期間透過與美國國家大氣科學研究中心(NCAR)的持續合作，AOAWS 系統已經由原本僅能單機、定點作業，發展到只需要透過網際網路即可隨時檢視查詢的航空氣象服務系統，且透過民用航空局飛航服務總臺近幾年的航空氣象用戶訓練及相關宣導，使用者對於系統操作介面及氣象產品的應用已經有基本的了解。然而，氣象預報必然存在著不確定性，對於無論在時間、天氣現象掌握及數值等都必需比一般氣象更為精確的航空氣象而言，持續引進國際最新的氣象預報技術，實是提升航空氣象預報準確度必要手段。

自民國 100 年起執行之航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫中，已針對可能嚴重影響航空器操作的低空風切、積冰、亂流、低能見度及低雲霧等項目進行偵測、診斷、預警之技術進行增強作業，隨著計劃之持續執行，100 年完成低空風切系統評估作業後，本總臺已參考相關研究結果，著手進行臺北松山機場及桃園國際機場之低空風切警報系統設備汰換及站址調整作業，該案將於明(103)年完成，持續提供該二機場作業參考。

102 年度完成氣象技術增強計畫中之重點產品-即時積冰產品(CIP)及即時亂流偵測產品(NTDA)，透過即時積冰及亂流偵測產品之引入，提供本總臺航空氣象人員執行預報作業時更多元的參考資訊。然而目前系統上線之初，無論是產品內容及特性均需要時間進行使用者訓練和熟練。此外，為了解新產品對本區之飛航作業助益，利用本區資料進行產品效能評估及驗證應為必要之工作。

航空氣象技術發展之最終目標係為提供符合飛航作業之需求，為期能將即時氣象提供給航機，以達到飛航安全之目標，因此若能使航空公司飛行員、簽派員及飛航管制人員使用相同的氣象資料作業，預期可有效避免資料落差，降低飛航安全風險。今年度完成之飛航管理系統天氣整合概念分析作業係為達此一目的而實施的，NCAR 針對本區飛航管制人員作業時之航空氣象資料需求及現行飛航管理系統進行研究，並提出一套天氣整合概念。若未來本總臺飛航管理系統進行系統或作業升級時，可將顯著危害天氣納入系統中，以補足現行系統天氣資訊不足管制員需求之缺憾。

與美國合作的航空氣象現代化計畫將於 103 年度邁入最後一年，雖然在航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫(AOAWS-TE)中，已經逐年安排美方人員來臺，或前往美國接受系統維護訓練，在這三年期間，本總臺確實對 AOAWS 系統有更進一步的了解。但是，由於 AOAWS 系統實在龐大，本總臺受訓人員及訓練時間都有限，仍有許多系統技術問題需要仰賴 NCAR 的支援。此外，氣象技術日新月異，在可預見的未來，目前系統所使用的日本氣象衛星及數值模式預報資料將面臨資料格式、解析度之調整問題。未來，如何維持系統持續穩定運作，提供航空氣象服務將會是本總臺需要面對的問題。

## 二、 航空氣象服務

美國 FAA 因應行動裝置科技之發展，委請 NCAR 進行行動裝置氣象服務之研究，該項研究計畫長達七年，除了進行詳細的使用者需求調查、研發符合現代科技技術的顯示介面之外，更計畫因應未來科技之發展方向進行相關研究。據了解，該研究計畫之研究成果，目前並未規劃直接由美國政府官方建置服務系統，提供使用者使用，但規劃將研究成果分享給航空公司或其他飛航服務單位參考。

航空氣象現代化作業系統之產品顯示軟體(JMDS、AWOS Disply)雖已發展為可跨平台使用，但是因為該系統係以 Java 程式語言所撰寫的。目前主要行動裝置作業系統卻都不支援 Java 程式語言，這個情形已經逐漸影響到第一線用戶使用航空氣象現代化系統產品之便利性。

本總臺雖已於 101 年度配合政府為民服務政策，建置航空氣象 APP，該系統更將於今年度完成 APP 軟體之改版，將原本僅包含機場觀測資訊的 APP 升級為包含衛星、雷達、METAR、TAF、SIGMET 及顯著危害天氣資訊的升級版 APP(如圖 28)。但是下一步的航空氣象服務方向是值得本總臺預先思考的問題。





圖 28、飛航服務總臺航空氣象 APP 松山機場天氣顯示頁面樣本。

## 肆、建議

### 一、 驗證及評估航空氣象產品準確度，瞭解系統能力及限制，以協助航空氣象預報作業。

航空氣象現代化作業系統引進美國先進航空氣象科技，並實作於臺灣區域，然而各產品在本區的應用情況和準確度卻一直沒有進行詳細的探討與研究，103 年度已請美國國家大氣科學研究中心就即時積冰產品和即時亂流偵測產品進行效益評估，若能同時對其他重要航空氣象預報產品進行分析，並將結果提供預報同仁產品應用的參考。

### 二、 因應 AOAWS 計畫期程及未來各式航空氣象資料來源及資料格式異動，提前規劃因應對策。

AOAWS 系統是一個龐大的整合性航空氣象資訊服務系統，目前本總臺已完成規劃航空氣象資訊系統委外維護計畫，然而現代化作業系統著實龐大與複雜，即使能維持系統穩定運作，未來系統資料格式及內容變更時，又如何因應？是本總臺在現階段必須要著手規畫因應做法的重要議題。有關本項議題建議如下：

- (一) 關於系統的部分，趁著明年度與美國維持合作計畫的期間，由臺北航空氣象中心針對各項系統功能建立詳細的系統運作手冊，以便為未來國內自行強化及維護系統建立基礎。
- (二) 持續與美國航空氣象科技單位維持聯繫，安排同仁前往美國航空氣象中心(Aviation Weather Center, AWC)學習先進的航空氣象預報技術。前往美國國家大氣科學研究中心了解最新航空氣象科技發展，持續與世界先進的航空氣象接軌。

### 三、 配合中央氣象局閃電偵測系統之建置計畫，接收相關資料、提供各機場即時作業參考。

臺灣地區梅雨季節和夏季之對流系統發展旺盛，且雷暴系統常伴隨著下暴氣流與閃電現象，目前臺灣各機場之雷暴觀測僅參考雷達觀測資料及人為目視判斷，然而閃電造成的雷擊現象，並非目視可測得，如未即時警示，則可能對機場地面戶外作業人員造成危害。經調查美國、日本各主要機場及香港均架設雷擊偵測系統，並建立自動警示機制，藉以有效的提升飛航安全並增進機場運作效能。

目前中央氣象局正進行閃電觀測系統建置計畫，預計最快於 104 年進行試營運，閃電偵測範圍含括臺、澎、金、馬地區，屆時將可提供民航局參考使用。雖中央氣象局會將相關資料放於「中央氣象局劇烈天氣監測系統」中，但為符合飛航需求，建議可接收原始資料並建置各機場之雷擊警示系統，以提升飛航安全，增進機場運作效率，此外，如可能，也可將閃電資料納入航空氣象現代化作業系統中，如即時積冰產品之診斷法中，以提升積冰產品之準確度。

## 伍、 附錄

### 一、 協調會議議程

<b>2013 UCAR-CAA AOAWS-TE Project Review Meeting</b>		
<b>FL-2 Room 3099 17-18 September 2013</b>		
<b>Agenda</b>		
<b><u>Tuesday, 17 September</u></b>		
<b>Time</b>	<b>Activity</b>	<b>Host/Speaker/Participants</b>
08:00	Pick-up from hotel	Celia Chen
08:30	Opening/Welcome	Bill Mahoney
08:45	IA#16 Status and AOAWS-TE System Version 12 review and updates	Gary Cunning & Jim Cowie
09:15	Update on the Current Icing Potential (CIP) Product Development	Marcia Politovich & Cory Wolff
09:45	Update on the NCAR Turbulence Detection Algorithm (NTDA) Product	John Williams
<b>10:15</b>	<b>Coffee/Tea Break</b>	
10:30	Lightning Hazards to Aviation	Matthias Steiner
11:00	AOAWS Display Enhancements	Andy Gaydos & Gary Cunning
11:30	Discussion of Acceptance Meeting Plans	CAA, UCAR Team Leads
<b>12:00</b>	<b>Luncheon (offsite)</b>	
14:00	Turbulence Prediction (including GTG-3)	Robert Sharman
14:30	Discussion of open issues	CAA, UCAR Team Leads
<b>16:00</b>	<b>Adjourn</b>	
<b><u>Wednesday, 18 September</u></b>		
<b>Time</b>	<b>Activity</b>	<b>Host/Speaker/Participants</b>
09:00	Mobile Aviation Weather Applications	Arnaud Dumont
09:30	Oceanic Aviation Hazards	Cathy Kessinger
10:00- 12:00	Tour NCAR's Research Aviation Facility (RAF) at Rocky Mountain Regional Airport, Broomfield, CO	Bill Mahoney

## 二、 協調會議資料

會議資料包含下列各項：

1. IA#16 Status and AOAWS-TE System Version 10 review and updates  
--Gary Cunnig, Jim Cowie
2. Update on the Current Icing Potential (CIP) Product Development  
-- Marcia Politovich, Cory Wolf
3. Update on the NCAR Turbulence Detection Algorithm (NTDA) Product  
-- John Williams
4. Lightning Hazards to Aviation-- Matthias Steiner
5. AOAWS Display Enhancements-- Andy Gaydos & Gary Cunnig
6. Turbulence Prediction (including GTG-3)-- Robert Sharman
7. Mobile Aviation Weather Applications -- Arnaud Dumont
8. Oceanic Aviation Hazards -- Cathy Kessinger

## 三、 協調會議結論

1. Action (NTDA) - NCAR will review the sample CWB radar data that was provided to investigate the advantage of receiving the data by PPI (elevation angle) instead of full radar volumes. NCAR will also finalize the list of issues that need to be discussed with the CWB. These two items need to be done quickly and before the CWB and CAA meeting on 24 September.
2. Action (NTDA) – The CAA will meet with the CWB to discuss the radar issues. If needed, the CAA will formally ask the CWB for the reformatted radar data. If the new radar data delivery process is adopted by CWB, NCAR will refine the NTDA code, evaluate the data stream impacts, test, and implement the changes in NTDA in 2014.
3. Action (ATMS) – The CAA will seek feedback on the draft ATMS-Weather Integration Report from the Task 3 User Group and provide the feedback to NCAR by 1 October so that NCAR can complete the report and officially submit it to the CAA.
4. Action (Displays) – NCAR will review the recent display feedback and respond by 27 September. There is a goal to address the feedback issues in the next AOAWS release.
5. Action (Displays) – The NTDA information provided on the displays needs to be reviewed to ensure it is consistent across displays and that there is a way for the users to differentiate between ‘no turbulence’ no ‘radar coverage’, and /or ‘unknown’.
6. Action (Manuals) – The turbulence section in the Products Manual will be

reviewed by NCAR to ensure that the differences between ITFA and NTDA are clear.

7. Action (WMDS) – The labels for the NTDA and ITFA turbulence products need to be clarified by NCAR with some additional text such as “Radar-based Turbulence Detection”, and “Weather Model Predicted CAT”, respectively.
8. Action (AWOS) – NCAR will review the AWOS METAR text display and add auto-scaling.
9. Action (Release) – NCAR will begin the version-12 system installations on the week of 7 October 2013.
10. Action (CIP) – The most recent pilot report datasets that were provided to NCAR on 12 September will be reviewed by NCAR next week to ensure the content is usable. The pilot report datasets will be primarily used to fine tune the CIP algorithm during IA#17.
11. Lightning Reporting – In Taiwan, the airport personnel primarily rely on the airport human weather observers to report thunderstorms in the METARs. There are not automated lightning detection systems used by the CAA. Some concern has been expressed by the airlines that this process results in overwarning.
12. Acceptance Meeting – The Acceptance Meeting will be held at the TAMC on Thursday, 5 December. Jim and Gary will be at the TAMC on 4, 5, and 6 December.
13. Action (Acceptance Plan) – NCAR will provide the CAA with an updated draft Acceptance Plan by 22 November.
14. Action (Deliverables) - All IA#16 deliverables will be provided to the CAA for review by 22 November. NCAR needs to receive CAA feedback by 29 November.
15. Action (Draft NetSys RFP) – NCAR, UCAR, and the CAA agreed to revisions to the draft RFP to NetSys. NCAR will send an unofficial copy of the draft RFP to NetSys by 24 September and ask NetSys to confirm ASAP that the requirements and budget are in scope with the previous information provided to NCAR. NCAR will use this feedback to finalize IA#17 or discuss options with the CAA. NCAR has a goal to have IA#17 completed by 30 September.
16. Action (IA#17) – After NetSys feedback is available on the draft RFP, NCAR will finalize IA#17. UCAR will contact AIT to confirm the ‘new’ process and seek a timetable for approval. Based on this feedback, we will decide when to move IA#17 out of the CAA for review by MOTC and EY.