

臺灣北部航線飛航自動報告系統 (ACARS) 與板橋探空溫度和風場之分析研究

蒲 金 標

民用航空局飛航服務總台

(中華民國九十年七月九日收稿；中華民國九十一年四月十二日定稿)

摘 要

本文利用長榮航空公司十八架班機於 1995 年 11 月至 1996 年 9 月期間飛經台灣西部航線，收集到 1582 筆 ACARS 氣象資料，其中選取 340 筆，其飛機報告位置與板橋探空站相距 150 公里以內，其飛機報告時間與板橋探空站觀測時間前後相差不超過 90 分鐘者。本文選取此距離和時間最接近板橋之 ACARS 氣象報告，分別與板橋測站探空資料加以配對，並分析其溫度、風向和風速之較差。獲得下列結論：

(一)、飛機上所收集的 ACARS 氣溫報告比板橋測站探空觀測氣溫為低，平均溫差 -1.10°C ，標準偏差 1.58°C 。其中飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站近(80km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.12°C)，標準偏差(1.79°C)；當飛機在下降階段，下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.09°C)，標準偏差(1.18°C)；唯飛機下降更低，下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫反而更低(-1.39°C)，標準偏差(1.12°C)。顯示 ACARS 溫度比探空溫度冷 1°C 以上，且飛機在下降高度(4000m~2000m)，ACARS 與探空溫度較差比飛機在下降高度(6000m~4000m)和在爬升高度(6000m~8000m)為大。台灣北部航線 ACARS 氣溫報告與板橋探空氣溫之溫度較差和標準偏差比美國丹佛地區為大。

(二)、ACARS 風向和板橋測站風向，兩者較差甚小，平均較差為 0.38° ，其標準偏差達 15.80° ；平均風速較差僅為 0.15kt ，其標準偏差為 5.69kt 。其中飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站較近(80km)，ACARS 風向報告接近板橋觀測風向(-0.02°)，標準偏差略小(13.89°)；ACARS 風速報告接近板橋觀測風速(0.41kt)，標準偏差為 5.73kt 。下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，兩者風向較差略大(2.55°)，標準偏差增大(18.02°)；ACARS 風速報告非常接近板橋觀測風速(0.08kt)，標準偏差為 4.97kt 。飛機下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，風向較差更大(-7.68°)，標準偏差仍大(18.02°)；風速較差略大(-1.50kt)，標準偏差為 5.89kt 。顯示風向較差方面，飛機在爬升高度(6000m~8000m)則非常小，但在下降高度(4000m~2000m)比在爬升高度(6000m~8000m)

為大；風速較差方面，在下降高度(4000m~2000m)比在下降高度(6000m~4000m)和在爬升高度(6000m~8000m)也較大。台灣北部航線 ACARS 風場之較差比美國丹佛地區為小。

本研究結果可瞭解 ACARS 氣象資料之可靠性和建立其差異的上限，並知道 ACARS 氣象資料庫上系統和區域之差異，以作為策略性要求長榮班機提供飛機 ACARS 氣象資料報告位置，和提供民用航空局規劃「航空氣象現代化作業系統」四維資料同化之參考。

關鍵詞：飛航自動報告系統、板橋探空站、標準偏差、溫度、風場

一、前言

歷年來，航空公司定期班機飛經航線位置報告點，須按規定提供飛機氣象報告 (AIREPs)，飛行員透過無線電通話，將氣象資料報給地面管制單位或陸空電台，再轉給航空氣象作業單位參考。飛機氣象報告資料包括飛機所在經緯位置、高度、時間、溫度、風向風速、結冰、亂流以及雲狀雲量等氣象資料。由於飛行員常遭遇到無線電通話品質不良；或飛機上無現代化導航系統 (Navigation Systems)，人為估計不夠精確；再加上飛行員工作負荷過重，陸空電台通訊員或管制員抄錄筆誤，往往造成氣象資料不夠可靠，風向風速和氣溫之差異率約為 30% (Sparkman et al. 1981; Brewster et al. 1989)。

近年來，先進的飛機配有新一代的導航系統，諸如慣性導航系統 (Inertial Navigation System; INS)，導航系統所取得的風場資料更加精確，同時最現代化的航空電子學 (Avionics) 和數位通訊系統也帶給飛機氣象報告完全自動化。在美國主要的航空公司配置有這種通訊系統，稱之為飛航自動報告系統 (Aircraft Communication, Addressing, and Reporting System; ACARS)，ACARS 透過空對地特高頻率(VHF)或衛星網連直

接將飛機報告傳送至地面。透過 VHF 方式傳遞費用比較便宜，唯 VHF 傳送信號只限於地面接收站直線視界(line-of-sight)範圍內，飛航自動報告才能傳遞至地面，目前台灣南北兩地(台北和高雄)各設有一個 VHF 接收站。

據 Schwartz and Benjamin (1995) 研究稱在過去幾年來，有幾個數值預報中心已開始將 ACARS 氣象資料自動植入 (ingest) 區域和全球資料同化系統，美國國家環境預報中心 (National Centers for Environment Prediction; NCEP) 和英國氣象局都使用 ACARS 和類似 ACARS 的氣象資料，據報導對他們的預報準確性提高很多 (DiMego et al. 1992; Bell 1994)。美國國家環境預報中心最近已完成一高頻率的區域資料同化系統，該系統稱為快速更新循環周期 (the Rapid Update Cycle-2; RUC-2)，該系統提供新的三維分析和每小時的更新週期，每個更新週期均進行 12 小時的預報。據稱該系統所做的非綜觀分析和預報之準確性對 ACARS 氣象資料有相當高的依賴性 (Benjamin et al. 1994a,b)。美國國家海洋和大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA) 所屬的預報系統實驗室 (Forecast System Laboratory; FSL)，曾使用 RUC

來進行 ACARS 資料之研究。早期的研究 (Benjamin et al. 1991) 顯示 ACARS 氣象資料可實質改善高空風的預報。同時期的研究, 在美國地區一天有 7000 筆 ACARS 氣象資料, 至 1994 年度增加至 14000 筆, 最近 Smith and Benjamin (1994) 稱加入 ACARS 氣象資料和剖風儀資料更可大幅改善高空風和溫度短期預報。

Schwartz and Benjamin (1995) 在 1992 年 2 月 1 日至 3 月 15 日 STORM-FEST 實驗期間(約屬於冬季), 利用美國聯合航空公司在科羅拉多州丹佛機場起降階段(2000m~9000m)所提供的 ACARS 氣象資料報告, 與丹佛探空站在實驗期間每 3 小時所加發探空氣象資料, 其探空資料係以無線電經緯儀自動化系統(microcomputer Automated Radio-theodolite System; micro-ART), 以每 6 秒鐘自動將探空資料轉換至每 10 hPa 高度層, 其垂直解析度非常高; 同時選取 ACARS 氣象報告位置與探空站相距 150 公里以內, 其報告時間與丹佛探空站觀測時間前後相差不超過 90 分鐘者, 計有 4440 筆資料加以比對研究, 研究顯示美國丹佛地區 ACARS 溫度資料比探空溫度平均低 -0.22°C , 標準偏差 0.97°C ; 風向標準偏差為 35.12° , 風向量均方根較差(root mean square vector wind difference)為 5.76m/s (11.52kt); 風速較差平均 0.15m/s (0.30kt), 標準偏差為 4.08m/s (9.16kt)。

Lord et al. (1984) 也做 ACARS 資料與雷文送探空資料和衛星資料風場加以比較, 雖然資料比對數目僅有 25 對, 但是可顯示 ACARS 風場資料比雷文送探空和衛星風場估計更為準確。Brewster et al. (1989) 研究顯示 ACARS 氣象資料差異率僅為傳統由飛行員透過無線電通話提供飛機報告資料的 1%。蒲等 (1995) 利用長榮航空公司三架飛機上之 ACARS 系統, 於 1995 年 11 月

1-20 日所觀測到 100 筆氣象資料與板橋、馬公和東港等探空測站之氣象資料加以比較, 其結果顯示飛機觀測溫度比探空觀測平均低 -3.6°C , 其標準偏差為 1.7°C ; 平均風向差 12° , 其標準偏差為 18° , 平均風速差 1.1 哩/時, 其標準偏差為 8.2 哩/時。

長榮航空公司目前所有 B747-400 及 MD-11 機隊計有十八架飛機裝有 ACARS 系統。該機隊分別飛台灣北部 A1 航線經後龍上空, 如圖 1, 將 ACARS 氣象資料透過空對地 VHF 即時傳至地面, 提供民航局飛航服務總台台北航空氣象中心參考, 目前已可即時將 ACARS 氣象資料植入民用航空局「航空氣象現代化作業系統」四維資料同化使用, 預期該系統可提供更準確的短期預報, 回饋給航空公司。

本文將長榮航空公司十八架飛機所做的 ACARS 氣象資料與板橋測站雷文送探空資料兩者加以比較, 唯雷文送探空資料本身位置配置也會造成資料某種程度的差異, 實際無法做到兩者完全的配置, 而本文的目的主要在於建立兩者差異的上限, 並嘗試尋找 ACARS 氣象資料庫上系統和區域之差異。

二、資料來源與研究方法

本文利用長榮航空公司機隊於 1995 年 11 月至 1996 年 9 月期間(約涵蓋蓋四季)分別飛經台灣西部航線, 收集到 1582 筆 ACARS 氣象資料。其中接近板橋測站有 340 筆, 約佔所有資料的 21.5%, 接近馬公高空測站有 397 筆, 約佔 25.1%; 接近東港高空測站有 845 筆, 約佔 53.4%。此 340 筆係飛機飛經後龍報告點所提供的 ACARS 資料, 其位置接近板橋測站, 其飛機報告位置與板

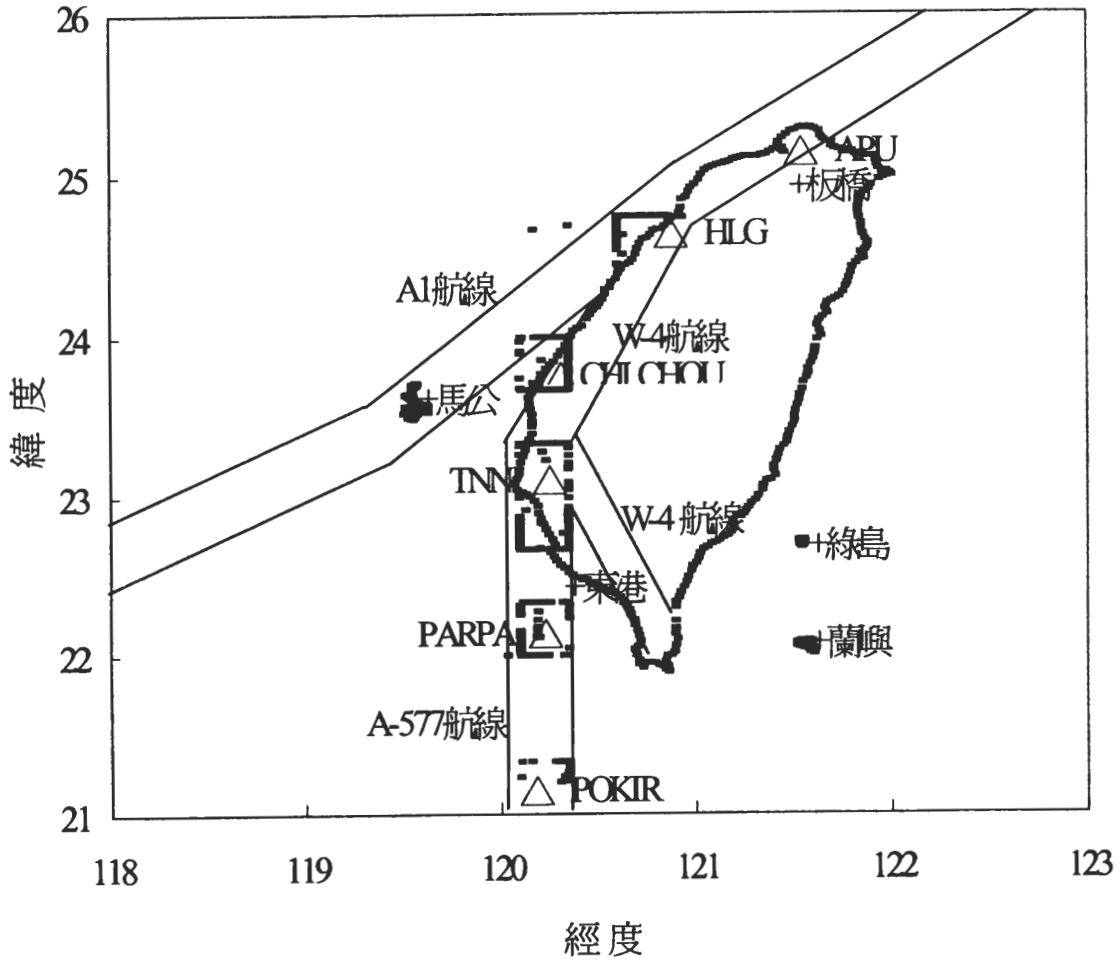


圖 1 台灣西部航線與板橋(46692)探空測站位置圖

圖中△為飛機位置報告點，由點連成的框框表示飛機做位置報告的範圍；A1 航線係由香港飛經馬公多向導航台、鞍部(APU)至琉球和東京；W-4 航線為台北松山、後龍多向導航台(HLG)、溪州(CHI CHOU)、台南西港多向導航台(TNN)、高雄至屏東之國內主要航線；A-577 航線為菲律賓馬尼拉至台南 W-4 航線轉入 A1 航線。

橋探空站相距 150 公里以內，且其飛機報告時間與板橋探空站觀測時間前後相差不超過 90 分鐘。本文特以 340 筆 ACARS 氣象資料與當時板橋高空測站雷文送探空資料加以比較分析。

(一) ACARS 氣象資料

本文所使用的 ACARS 系統之飛機報告，其氣象資料包括飛機編號、班機號碼、觀測時間、飛

機所在經緯位置、起飛離場地點、降落到場地點、飛機所在氣壓高度、氣溫(°C)、風向(度數)、風速(節；溼/時)、飛機側向加速度(G)以及飛機垂直加速度(G)。

長榮航空公司班機在中正國際機場起飛，機場如果吹東北風或偏北風，飛機則使用五號或六號跑道，朝向東北方向起飛，起飛後轉向西南經

後龍，飛機在後龍的高度約為 20,000~24,000ft (7,000~8,000m)；機場如果吹西南風或偏南風，飛機則使用二十三號或二十四號跑道，朝向西南方向起飛，起飛直接朝向後龍，飛機在後龍的高度約為 18,000~20,000ft (6,000~7,000m)。當飛機從馬公往北飛，準備在中正國際機場落地時，飛機經後龍，高度下降，如果落地時準備使用中正國際機場五號或六號跑道，飛機在後龍的高度約為 11,000ft (3,500m)；如果落地時準備使用中正國際機場二十三號或二十四號跑道，飛機在後龍的高度約為 17,000ft (6,000m)。換言之，本文所使用的 ACARS 資料，飛機在後龍的高度 6,000m 以上者係屬於爬升階段，6,000m 以下者係屬於下降階段。

(二) 板橋探空測站

雷文送探空資料採用板橋(46692)探空測站每天兩次 0000UTC 和 1200UTC 觀測資料，板橋探空測站經緯度位置在 25° N 和 121° 26' E。本文研究資料參考 Schwartz and Benjamin (1995) 一文之「資料對」取樣方式，採用飛機報告位置與探空站相距 150 公里以內，飛機報告時間與探空站觀測時間前後相差不超過 90 分鐘之 ACARS 氣象資料。根據飛機所在高度，再選取探空資料定壓層 (TTAA) 最接近的上下兩定壓層之溫度和風向風速加以內插，最後取得 ACARS 氣象資料和雷文送探空相對一組溫度和風向風速資料，加以分析。兩者之差，定義為 ACARS 氣象資料減去探空資料。例如，長榮航空班機 BR211 於 1995 年 11 月 1 日 00 時 59 分 50 秒，於 24° 45.0' N 和 120° 46.1' E，高度 22753 呎 (6875 公尺) 測得溫度 -12°C，風向風速 267° /43KT。此時，ACARS 報告點距離板橋測站約 74.2 公里，板橋探空定壓層 500 hPa 氣壓高度為 5840 公尺，其溫度為 -4.3°C，

風向風速為 260° /42KT;400hPa 氣壓高度為 7560 公尺，其溫度為 -14.7°C，260° /43KT。經內插至 ACARS 高度 6875 公尺 (22753 呎)，其溫度為 -10.6°C，風向風速為 260° /42.6KT。兩者溫度相差 -1.4°C，風向差 +7°，風速差 +0.4 KT。顯示 ACARS 測得溫度偏低 1.4°C，ACARS 系統，而雷文送探空兩者風場觀測極為接近。

(三) 所收集的 ACARS 報告點位置高度與距離板橋之分析

圖 2 為 ACARS 報告點位置高度與距離板橋之分布，飛機 ACARS 氣象報告點平均高度為 6142m，標準偏差為 1391m，顯示高度分布較分散；ACARS 氣象報告點位置與板橋測站平均距離為 82.26 公里，標準偏差為 8.10 公里，顯示飛機報告位置距離板橋測站，相當集中；時間較差平均為 32.66 分鐘，標準偏差 38.77 分鐘，顯示 ACARS 氣象報告在板橋測站觀測時間(每天 0000UTC 和 1200UTC)之後約 40 分鐘。

本文所收集的 ACARS 氣象報告與板橋測站觀測資料之配對數量和對高度之時間、距離、氣溫、風向以及風速等平均較差和標準偏差，詳如表一，其中 ACARS 氣象報告點位在 8000-10000m，雖有 23 筆，但是其平均報告時間在板橋測站觀測時間之後，且超過 54 分鐘，其距離板橋測站之標準偏差亦過大(13.05km)，本文將之剔除不計之外，ACARS 氣象報告之高度集中在 2000~8000m 範圍，計有 317 筆，佔 94%。其中 ACARS 氣象報告在 2000~4000m 高度範圍(下降階段)有 25 筆，

ACARS 氣象報告時間在板橋測站觀測時間(0000UTC 和 1200UTC)之前-11.24 分鐘，標準偏差 32.69 分鐘；飛機與板橋之距離平均為

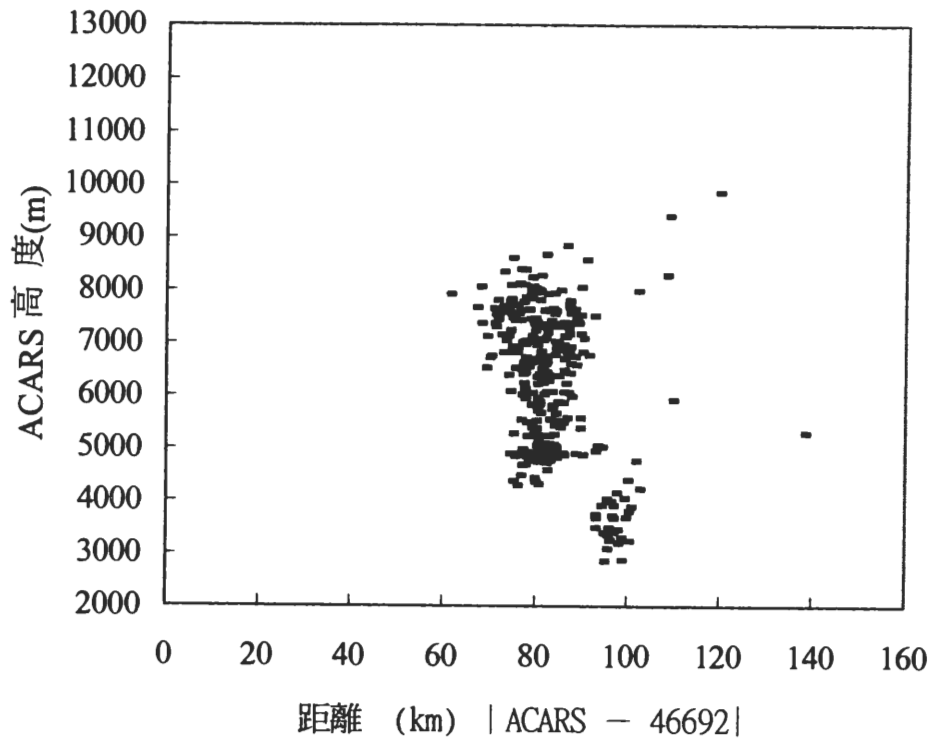


圖 2 ACARS 報告點位置高度與距離板橋之分布

表一 所收集的 ACARS 氣象報告與板橋測站觀測資料之配對數量和對高度之時間、距離、氣溫、風向以及風速等平均較差和標準偏差

高度 (km)	數量 (筆)	時間較差 (分鐘)		距離(km)		氣溫較差(°C)		風向較差(°)		風速較差 (knot)	
		平均	標準偏 差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準偏 差	平均	標準 偏差
2~4	25	-11.24	32.69	96.03	2.34	-1.39	1.12	-7.68	18.02	-1.50	5.89
4~6	127	23.17	38.07	82.67	7.54	-1.09	1.18	2.55	18.02	0.08	4.97
6~8	165	43.64	34.07	79.87	5.85	-1.12	1.79	-0.02	13.89	0.41	5.73
8~10	23	54.01	30.90	82.19	13.05	0.01	10.31	0.01	10.31	0.49	8.54
全部	340	32.66	38.77	82.26	8.10	-1.10	1.58	0.38	15.80	0.15	5.69

96.03km，標準偏差 2.34km。ACARS 氣象報告在 4000~6000m 高度範圍(下降階段)有 127 筆，ACARS 氣象報告時間在板橋測站觀測時間(0000UTC 和 1200UTC)之後 23.17 分鐘，標準偏差 38.07 分鐘；飛機與板橋之距離平均為 82.67km，標準偏差 7.54km。ACARS 氣象報告在 6000~8000m 高度範圍(爬升階段)有 165 筆，ACARS 氣象報告時間在板橋測站觀測時間(0000UTC 和 1200UTC)之後 43.64 分鐘，標準偏差 34.07 分鐘；飛機與板橋之距離平均為 79.87km，標準偏差 5.85km。顯示飛機在下降階段，高度較低(2000~6000m)，飛機與板橋測站之距離越遠(82~96km)，ACARS 氣象報告時間越接近板橋測站觀測時間(0000UTC 和 1200UTC)，此為飛機處於下降階段(2000~6000m)經後龍準備降落中正國際機場所做的 ACARS 氣象報告；反之，飛機在爬升階段，高度較高(6000~8000m)，報告點與板橋測站距離越近(80km)，且比觀測時間越落後，此為飛機由中正國際機場起飛經後龍所做的 ACARS 氣象報告。

三、研究成果

本節就所收集的 ACARS 氣象報告與板橋測站取得配對 340 筆之探空資料，分析兩者溫度和風向風速之較差。

(一) 氣溫較差

圖 3 為所收集的 ACARS 氣象報告與板橋探空兩者溫差對高度之分佈，分析 ACARS 和板橋測站兩者之氣溫較差，其平均氣溫較差為 -1.10°C ，標準偏差 1.58°C 。顯示飛機上 ACARS 氣溫報告比板橋測站探空觀測氣溫為低，平均約低 1.10°C 。

詳細分析 ACARS 與板橋探空兩者之氣溫較差，其中 2000~4000m、4000~6000m 和 6000~8000m 等高度之平均氣溫較差(標準偏差)分別為 -1.39°C (1.12°C)、 -1.09°C (1.18°C)和 -1.12°C (1.79°C)，詳如表 1。顯示飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站近(80km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.12°C)；當飛機在

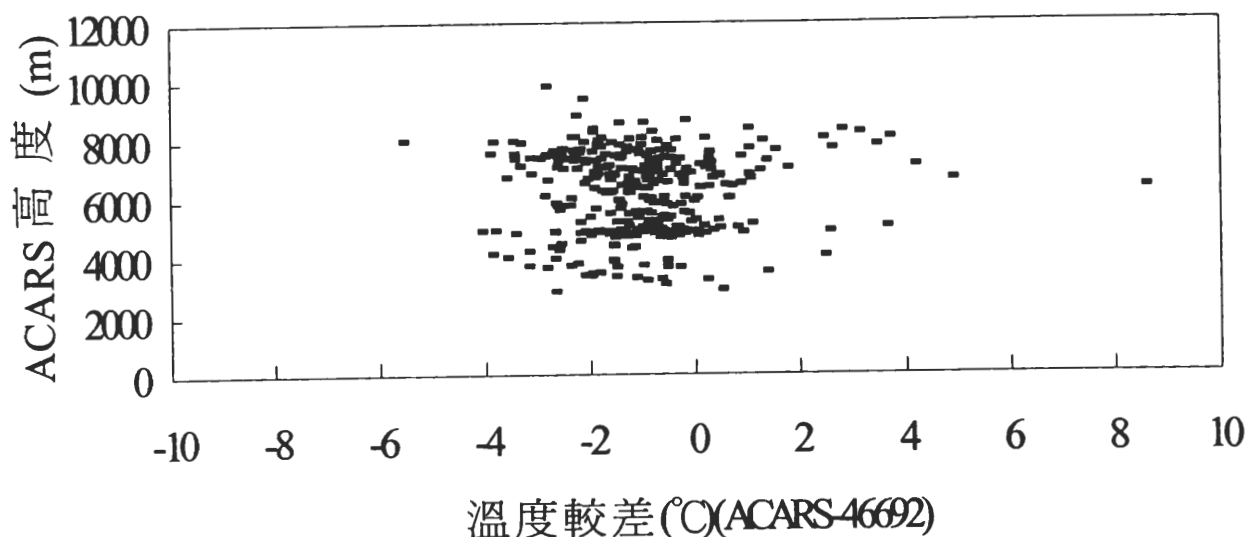


圖 3 ACARS 氣象報告與板橋測站兩者溫度較差對高度之分佈

下降階段，下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.09℃)；唯飛機下降更低，下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫反而更低(-1.39℃)。在氣候上，台北與高雄南北緯度差約 2.5℃，台北年平均氣溫約為 23℃，高雄約為 25℃，兩地地面年平均氣溫差約 2℃，從地面至高空 200hPa，兩地溫度南高北低，溫差約 2-3℃。據此，南北 80~96 公里之距離，在氣候上於南高北低，會有溫度差異。唯可能是 ACARS 高度僅內插至最接近探空上下兩個定壓層間之溫度，且未考慮探空之特性層，造成溫度較差比較大之主要原因；也有可

能受透過中尺度過程或地形的影響，而在氣溫之量測上有所差異，造成南北 80~96 公里之距離，兩點間南北溫度相反的結果，即本文分析 ACARS 溫度比板橋反而越低，其造成原因有待進一步研究。

(二) 風向較差

分析 ACARS 和板橋測站兩者之風向較差(圖 4)，其平均風向較差為 0.38° (標準偏差 15.80°)。顯示飛機上 ACARS 風向報告和板橋測站探空觀測風向兩者較差甚小(0.38°)。進一步分析兩者之風向較差，其中 2000~4000m、4000~6000m 和 6000~8000m 等高度之平均風向較差(標準偏差)分別為-7.68° (18.02°)、2.55° (18.02°)和-0.02°

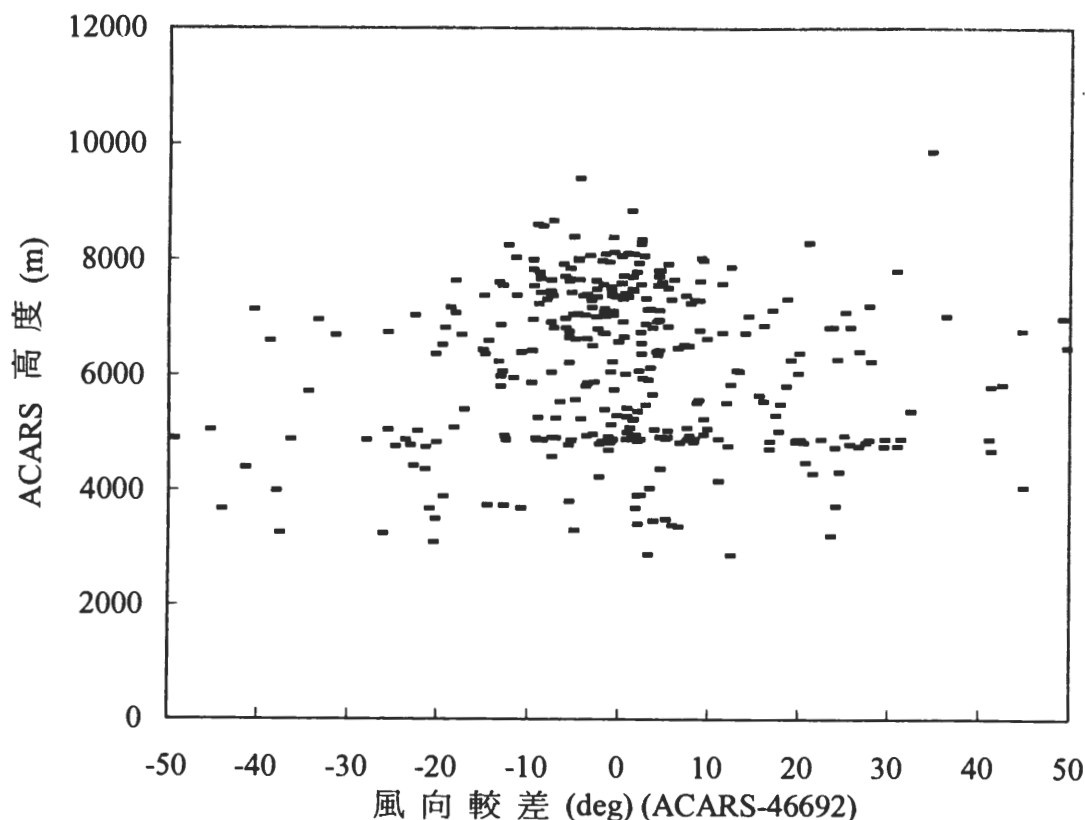


圖 4 所收集的 ACARS 氣象報告與板橋測站兩者風向較差對高度之分布 (橫座標正值表示 ACARS 風向大於探空風向，負值表示則反之。)

(13.89°)，詳如表 1。顯示飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站較近(80km)，ACARS 風向報告非常接近板橋觀測風向(-0.02°)；下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 風向報告與板橋觀測風向較差略大(2.55°)；飛機下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 風向報告與板橋觀測風向較差更大(-7.68°)。

(三) 風速較差

分析 ACARS 和板橋測站兩者之風速較差(圖 5)，其平均風速較差為 0.15kt，標準偏差 5.69kt。顯示 ACARS 風速報告和板橋測站探空觀測風速兩者較差甚小，平均為 0.15kt，其標準偏差為

5.69kt。

詳細分析兩者之風速較差，其中 2000~4000m、4000~6000m 和 6000~8000m 等高度之平均(標準偏差)分別為 $-1.50\text{kt}(5.89\text{kt})$ 、 $0.08\text{kt}(4.97\text{kt})$ 和 $0.41\text{kt}(5.73\text{kt})$ ，詳如表 1。顯示飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站較近(80km)，ACARS 風速報告接近板橋觀測風速(0.41kt)；下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 風速報告非常接近板橋觀測風速(0.08kt)；飛機下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 風速報告與板橋觀測風速較差略大(-1.50kt)。

兩個觀測點相距越遠，中尺度天氣系統差異

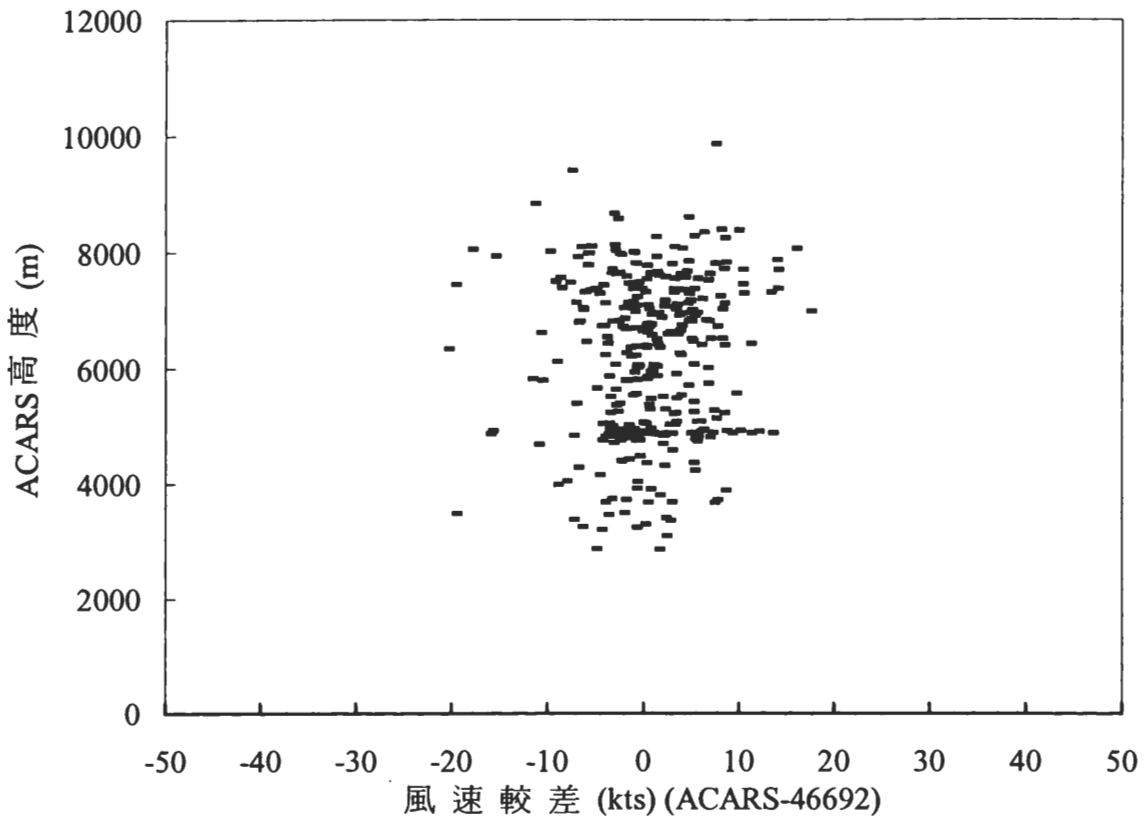


圖 5 所收集的 ACARS 氣象報告與板橋測站兩者風速較差對高度之分布(橫座標正值表示 ACARS 風速大於探空風速，負值表示則反之。)

越大，風向和風速較差則越大。飛機下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站越遠(96km)，ACARS 報告與板橋測站之風向和風速較差越大，推測是中尺度天氣系統差異所造成差異。

四、討 論

ACARS 與探空觀測兩者差異來源，可能有探空量測和報告上的差異、飛機量測和報告上的差異、中尺度氣象上的變化以及探空垂直內插所導致的誤差等四種。ACARS 風的觀測係透過飛機上慣性導航系統，以飛機空速和地速計算得出其風向和風速(Lenschow, 1986)。通常，商用飛機上所使用慣性導航系統量測的風場，有相當高的精確度(風向量差異約為 0.5 m/s, Nicholls, 1982)，但在飛機某種操縱上，風的觀測會有較大的差異，Bisiaux et al. (1983)研究顯示當飛機旋轉角度超過 5°，風向和風速會有很大的差異，飛機爬升階段約有 30%的報告飛機旋轉角度超過 5°。

由於雷文送探空氣球本身有可能漂移，離開測站有某段距離，因此雷文送探空所在位置會有某種程度的差異，所以 ACARS 與探空位置並不能完全配置在一起，再加上探空量測和報告上的差異，還包括氣壓和溫度本身量測上的差異，在時間、氣壓和高度上精確值變化由最小到最大有相當大的範圍。本文係根據飛機所在高度，再選取探空資料定壓層(TTAA)最接近的上下兩定壓層之溫度和風向風速加以內插，最後取得 ACARS 氣象資料和雷文送探空相對一組溫度和風向風速資料加以分析，因此可能造成兩者又有某種程度的差異。中尺度氣象變化造成 ACARS 與探空資料的差異，所以我們選取 ACARS 氣象報告位置與板橋探空站相距 150 公里以內，其報告時間與板橋

探空站觀測時間前後相差不超過 90 分鐘者，如此，分析兩者溫度、風向和風速之較差，以降低中尺度氣象變化造成的差異。事實上，我們還是很難分辨探空或 ACARS 或中尺度氣象變化所造成的差異。

Schwartz and Benjamin (1995) 研究提到 ACARS 溫度報告之準確度為 0.25°C，標準偏差為 0.1°C，而溫度觀測儀器精確度估計在 0.7~1.0°C；風速的精確度為 1kt，標準偏差約為 0.15m/s(0.3kt)；風向量均方根差異為 0.25 m/s(0.5kt)；風向標準偏差為 0.3°。

Schwartz and Benjamin (1995) 在 1992 年 2 月 1 日至 3 月 15 日 STORM-FEST 實驗期間(約屬於冬季)，利用美國聯合航空公司在科羅拉多州丹佛機場起降階段(2000m~9000m)所提供的 ACARS 氣象資料報告，與丹佛探空站於實驗期間每 3 小時所加發探空氣象資料，其探空資料係以無線電經緯儀自動化系統(microcomputer Automated Radio-theodolite System; micro-ART)，以每 6 秒鐘自動將探空資料轉換至每 10 hPa 高度層，其垂直解析度非常高，其研究顯示美國丹佛地區 ACARS 溫度資料比探空溫度平均低 -0.22°C，標準偏差 0.97°C；風向標準偏差為 35.12°，風向量較差 5.76m/s (11.52kt)；風速較差平均 0.15m/s (0.30kt)，標準偏差為 4.08m/s (9.16kt)。

本文研究結果顯示，飛機上所收集的 ACARS 氣溫報告比板橋測站探空觀測氣溫為低，平均溫差 - 1.10°C，標準偏差 1.58°C，溫度較差比 Schwartz and Benjamin (1995) 等研究顯示高出甚多。蓋後者探空垂直解析度為 10 hPa，前者探空垂直解析度為定壓層間($\Delta p \geq 100$ hPa)，且忽略探空之特性層所致。飛機在爬升階段

(6000~8000m)，距離板橋測站近(80km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.12°C)，標準偏差(1.79°C)；當飛機在下降階段，下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.09°C)，與爬升階段相當；唯飛機下降更低，下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫反而更低(-1.39°C)。顯示在起降階段(2000m~8000m)情況下，台灣北部航線 ACARS 氣溫報告比板橋探空氣溫更低，溫度較差和標準偏差比美國丹佛地區為大，此點除可作為長榮航空公司修正飛機上 ACARS 溫度觀測系統參考之外，實有必要在探空密集觀測時期，考慮探空特性層之溫度，再進一步做兩者溫度比較分析。

ACARS 風向和板橋測站風向，兩者較差甚小，平均較差為 0.38°，其標準偏差達 15.80°；平均風速較差僅為 0.15kt，其標準偏差為 5.69kt。其中飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站較近(80km)，ACARS 風向報告接近板橋觀測風向(-0.02°)，唯標準偏差略小(13.89°)；ACARS 風速報告接近板橋觀測風速(0.41kt)，標準偏差為 5.73kt。下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 風向報告與板橋觀測風向較差略大(2.55°)，標準偏差增大(18.02°)；ACARS 風速報告非常接近板橋觀測風速(0.08kt)，標準偏差為 4.97kt。飛機下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 風向報告與板橋觀測風向較差更大(-7.68°)，標準偏差仍大(18.02°)；ACARS 風速報告與板橋觀測風速較差略大(-1.50kt)，標準偏差為 5.89kt，唯 ACARS 風速比板橋觀測風速為小，顯示台灣北部航線 ACARS 風場之較差比美國丹佛地區為小。兩地區之差異仍可能是季節和區域之差異所致。

目前長榮航空公司所屬裝有 ACARS 之機隊，已可將 ACARS 氣象資料透過空對地經台灣南北兩地 VHF 接收站接收，再經 SITA 網路和航空固定通信網路(AFTN)，傳輸至民用航空局飛航服務總台台北航空氣象中心，資料再自動轉至中央氣象局，輸入富士通超級電腦(Fujitsu VPP-5000)，植入航空氣象現代化作業系統中尺度航空氣象模式運算，每天有 4 次輸出航空氣象預報。本研究將選擇在探空密集觀測時期，考慮探空特性層之溫度和風向風速，並繼續收集更多的 ACARS 氣象報告，再按季節和按飛機爬升和下降階段，分別再做進一步分析，以期更瞭解 ACARS 氣象資料之可靠性和建立其差異的上限，並嘗試尋找 ACARS 氣象資料庫上系統和區域之差異，以作為策略性要求長榮班機提供飛機 ACARS 氣象資料報告位置，和提供民用航空局規劃「航空氣象現代化作業系統」四維資料同化之參考。

五、結 論

本文利用長榮航空公司十七架班機於 1995 年 11 月 1 至 1996 年 9 月期間飛經台灣西部航線，收集到 1582 筆，其中選取 340 筆 ACARS 氣象資料，其飛機報告位置與板橋探空站相距 150 公里以內，其飛機報告時間與板橋探空站觀測時間前後相差不超過 90 分鐘者。本文選取此距離和時間最接近板橋之 ACARS 氣象報告，分別與板橋測站探空資料加以配對，並分析其溫度、風向和風速之較差，獲得下列結論：

(一) 飛機上所收集的 ACARS 氣溫報告比板橋測站探空觀測氣溫為低，平均溫差 - 1.10°C，標準偏差 1.58°C。其中飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站近(80km)，ACARS

氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.12°C)，標準偏差(1.79°C)；當飛機在下降階段，下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫為低(-1.09°C)，標準偏差(1.18°C)；唯飛機下降更低，下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 氣溫報告比板橋觀測氣溫反而更低(-1.39°C)，標準偏差(1.12°C)。顯示 ACARS 溫度比探空溫度冷 1°C 以上，且飛機在下降高度(4000m~2000m)，ACARS 與探空溫度較差比飛機在下降高度(6000m~4000m)和在爬升高度(6000m~8000m)為大。台灣北部航線 ACARS 氣溫報告與板橋探空氣溫之溫度較差和標準偏差比美國丹佛地區為大。

(二) ACARS 風向和板橋測站風向，兩者較差甚小，平均較差為 0.38°，標準偏差達 15.80°；平均風速較差僅為 0.15kt，標準偏差為 5.69kt。其中飛機在爬升階段(6000~8000m)，距離板橋測站較近(80km)，ACARS 風向報告接近板橋觀測風向(-0.02°)，標準偏差略小(13.89°)；ACARS 風速報告接近板橋觀測風速(0.41kt)，標準偏差為 5.73kt。下降至 6000~4000m 時，距離板橋測站較遠(83km)，ACARS 風向報告與板橋觀測風向較差略大(2.55°)，標準偏差增大(18.02°)；ACARS 風速報告非常接近板橋觀測風速(0.08kt)，標準偏差為 4.97kt。飛機下降至 4000~2000m 時，距離板橋測站更遠(96km)，ACARS 風向報告與板橋觀測風向較差更大(-7.68°)，標準偏差仍大(18.02°)；ACARS 風速報告與板橋觀測風速較差略大(-1.50kt)，標準偏差為 5.89kt。顯示風向較差方面，飛機在爬升高度(6000m~8000m)則非常小，但在下降高度(4000m~2000m)比在爬升高度(6000m~8000m)為大；風速較差方面，在下降高度(4000m~2000m)比在下降高度(6000m~4000m)和

在爬升高度(6000m~8000m)也較大。台灣北部航線 ACARS 風場之較差比美國丹佛地區為小。

本研究將選擇在探空密集觀測時期，考慮探空特性層之溫度和風向風速，並繼續收集更多的 ACARS 氣象報告，再按季節和按飛機爬升和下降階段，分別再做進一步分析，以期更瞭解 ACARS 氣象資料之可靠性和建立其差異的上限，並嘗試尋找 ACARS 氣象資料庫上系統和區域之差異，以作為策略性要求長榮班機提供飛機 ACARS 氣象資料報告位置，和提供民用航空局規劃「航空氣象現代化作業系統」四維資料同化之參考。

誌 謝

作者感謝民用航空局飛航服務總台台北航空氣象中心張翠分小姐、陳海根先生以及高雄航空氣象台台長李明毅等協助處理資料，並感謝長榮航空公司飛航管制處主任韓嘉勵先生提供 ACARS 氣象資料。

參考文獻

- 蒲金標等(1995): 長榮班機上 ACARS 系統與雷文送探空規空觀測與風場之初步分析研究。八十五年四維資料同化與航空氣象服務研討會，民用航空局飛航服務總台，12-19。
- Bell, R. S., 1994: The beneficial impact of changes to observations usage in the U.K. Meteorological Office Operational Data Assimilation system. Preprints, 10th Conf. on Numerical Weather Prediction. Portland, OR, Amer. Meteor. Soc., 485-487.
- Benjamin, S. G., K. A. Brewster, R. L. Brummer, B. F. Jewett, T. W. Schiatter, T. L. Smith, and P. A. Stamus, 1991: An isentropic three-hourly data assimilation system using ACARS aircraft observations. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 888-906.

- Benjamin, S. G., and Coauthors, 1994a: The Rapid Update Cycle at NMC. Pre-prints, 10th Conference On Numerical Weather Prediction, Portland, OR, Amer. Meteor. Soc., 566-568.
- Benjamin, S. G., K. J. Brundage, and L. L. Morone, 1994b: The Rapid Update Cycle. Part I: Analysis/model description. Technical Procedures Bulletin No. 416, NOAA/NWS, 16pp. [National Weather Service, Office of Meteorology, 1325 East-West Highway, Silver Spring, MD 20910.]
- Bisiaux, M., M. E. Cox, D. A. Forrester, and J. T. Storey, (1983) : Possible improvements in meteorology for aircraft navigation. *J. Navigation*. 36, 54-63.
- Brewster, K. A., S. G. Benjamin, and R. Crawford, 1989: Quality control of ACARS meteorological observations-a preliminary data survey. preprints, Third Int. Conf. on Aviation Weather Systems. Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 124-129.
- DiMego, G. J., K. E. Mitchell, R. A. Petersen, J. E. Hoke, J. P. Gerrity, J. J. Tuccillo, R. L. Wobus, and H.-M. H. Juang, 1992: Changes to NMC's regional analysis and forecast system. *Wea. Forecasting*. 7, 185-198.
- Lenschow, D. H., 1986: Aircraft measurements in the boundary layer. Probing the Atmospheric Boundary Layer. D. H. Lenschow, Ed., Amer. Meteor. Soc., 39-55.
- Lord, R. J., W. P. Menzel, and L. E. Pecht, 1984: ACARS wind measurements: An inter-comparison with radio-sonde, cloud motion, and VAS thermally derived winds. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 1, 131-137.
- Nicholls, S., 1982: An observational study of the mid-latitude, marine, atmospheric boundary layer. Ph. D. dissertation. University of Southampton.
- Schwartz, B. and S. G. Benjamin, 1995: A comparison of temperature and wind measurements from ACARS-equipped aircraft and rawinsondes. *Weather and Forecasting*. 10, 528-544.
- Smith, T. L., and S. G. Benjamin, 1994: Relative impact of data sources on a data assimilation system. Preprints, 10th Conf. on Numerical Weather Prediction, Portland, OR, Amer. Meteor. Soc., 491-493.
- Sparkman, J. K., J. Giraytys, and G. J. Smidt, 1981: ASDAR: A FGGE real-time data collection system. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62, 394-400.

A Comparison of ACARS and Pen-Chiao Rawinsondes Wind and Temperature Observation on the Air Route of the Northern Taiwan

Chin-Piao Pu

Air Navigation and Weather Services, Civil Aeronautics Administration

(Manuscript received 09 July 2001 ; in final form 12 April 2002)

ABSTRACT

A comparison was made of temperature and wind observations reported by rawinsonde and Aircraft Communications, Addressing, and Reporting System (ACARS) - equipped EVA aircraft separated by less than 150 km in distance and 90 min. in time near Pen-Chiao during the period from November 1995 to September 1996. A total of 340 matched data pairs were obtained for this period. The sample was analyzed in total and also as a function of distance and height. The results of this study are as follow :

- (1) The mean temperature difference (the standard deviation) of -1.10°C (1.58°C), the mean wind direction difference (the standard deviation) of 0.38° (15.80°), and the mean wind speed difference (the standard deviation) of 0.15kt (5.69kt) were found for the entire sample.
- (2) The mean temperature difference (the standard deviation) of -1.12°C (1.79°C), the mean wind direction difference (the standard deviation) of -0.02° (13.89°), and the mean wind speed difference (the standard deviation) of 0.41kt (5.73kt) were only found when the aircraft was in a climbing level (6000~8000m) and at a separation distance of 80km.
- (3) The mean temperature difference (the standard deviation) of -1.09°C (1.18°C), the mean wind direction difference (the standard deviation) of 2.55° (18.02°), and the mean wind speed difference (the standard deviation) of 0.08kt (4.97kt) were only found when the aircraft was in a descending level (6000~4000m) and at a separation distance of 83km.
- (4) The mean temperature difference (the standard deviation) of -1.39°C (1.12°C), the mean wind direction difference (the standard deviation) of -7.68° (18.02°) and the mean wind speed difference (the standard deviation) of -1.50kt (5.89kt) were only found when the aircraft was in a descending level (4000~2000m) and at a separation distance of 96km.
- (5) The overall temperature bias indicates that the ACARS temperatures are colder ($>1^{\circ}\text{C}$) than rawinsonde temperatures. When the aircraft is in a descending level (4000~2000m) the temperature reading is colder than when the aircraft is descending (6000m~4000m) and when climbing at level (6000~8000m). The mean wind direction difference for the aircraft at climbing level (6000~8000m) indicates very small error. The mean wind direction difference is larger when the aircraft is descending (4000~2000m) than when the aircraft is climbing level (6000~8000m). The mean wind speed difference is slightly larger for the aircraft descending (4000~2000m) than for the aircraft descending (4000m~6000m) and the climbing level (6000~8000m).

The results of this study provide the reliability of ACARS meteorological messages in Taiwan, acting as a reference for the development of the Four Dimensional Data Assimilation System of Advanced Operational Aviation Weather System (AOAWS), Civil Aeronautics Administration.

Key words : Aircraft Communications, Addressing, and Reporting System (ACARS) , Pen-Chiao rawinsonde station , Standard deviation , Temperature , Wind