

出國報告（出國類別：開會）

參加美國航太學會論壇出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：副研究員／郭嘉偉

派赴國家／地區：美國德州達拉斯市

出國期間：民國 108 年 6 月 16 日至 6 月 22 日

報告日期：民國 108 年 8 月 15 日

目次

一、目的.....	2
二、過程.....	3
三、心得.....	4
四、建議.....	18

一、目的

美國航太學會（American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA）論壇（AIAA Aviation Forum）係全球航太界之年度學術盛事之一，會議期間除舉辦 14 項各專業技術會議及展示外，亦為世界各國航太產學界交流之重要平台。AIAA 原本各專業技術會議係分別在不同時間及地點舉辦，自 2013 年起，陸續將各場國際會議整合在年度兩次的大型活動，除每年六月舉辦學會論壇之外，在每年一月另舉辦航太科技論壇與展覽（Science and Technology Forum and Exposition）。迄今，每年 6 月的 AIAA 論壇均包含應用空氣動力學會議、流體力學會議、航太科技整合技術會議、計算流體力學會議等數十項會議，這項安排方便與會者參加各項同質性高但跨領域的會議（圖一、圖二）。

筆者參與飛安會科技研究計畫，負責執行分項研究「普通航空器飛航資料監控評估」。本次將其中研究成果以「改善普通航空器儀表影像分析效率」為題投稿論文，獲得大會接受，並於論壇之第 19 屆航太科技整合技術會議發表。本次行程圓滿且收穫豐富，除發表論文外，也同時獲取歐美各國目前在民用航空業及普通航空業相關之安全研究進展，並收集資料。除對於本會積極與國際接軌有所幫助外，亦蒐集未來世界民航發展趨勢，進而規劃本會未來運輸安全研究計畫有參考價值。



圖 1 美國航太學會大型座談會議

二、過程

日期	起訖地點	任務
6/16	台北-達拉斯市	啟程
6/17 ~ 6/20	達拉斯市	會議
6/21 ~ 6/22	達拉斯市-台北	返國



圖二 本屆大會會場

三、心得

3.1 未來科技趨勢相關議題

近年來隨著無人飛行載具的日漸普及與商用化，對於人類的生活也帶來了巨大的改變，例如無人機現在已經成功地應用在農業噴藥、電力維修、海上走私查緝等用途；國外科技巨擘如亞馬遜（Amazon）更嘗試利用無人機配送貨品，以減少人力開支及增強物流效率，而優步（Uber）公司也將開始使用無人機配送餐點的計畫。近兩屆 AIAA 論壇也持續的關注於無人飛行載具未來發展，包含飛行安全相關議題，本節僅就重點發展趨勢與飛行安全相關議題整理如下。

3.1.1 城市飛行運輸發展

近年民航界的其中一個熱門話題就是城市空中移動（urban air mobility, UAM）載具，這個類似空中計程車的概念雖然仍處在研究發展階段，但不可否認的，隨著無人飛行載具的商用化與自動飛行控制發展的日漸縝密，未來十年內 UAM 成功商用化應非難事。目前包含優步在內，共有數間公司提供美國紐約曼哈頓至甘迺迪國際機場的直昇機共享服務，儘管價錢不斐，但這只是開端；未來該公司著眼的是紐約城市間的平價空中計程車服務，而為了達成這個野心勃勃的目標，優步下一步想要發展的，就是無人電動垂直起降載具（e-VTOL）。優步雖然本身不自製載具，但也和美國波音公司等航太集團合作共同研發適合空中計程車的無人電動垂直起降飛行載具；而看準這一趨勢，歐洲的空中巴士集團也以 Vahana 研發計畫進行大型無人飛行載具的測試，並獲得成功，目前持續進行城市間自動飛行控制的優化研發。在此風潮之下，儘管對於民航監理機關而言，當前的課題仍舊是處於法規研擬與協商，為此未來趨勢進行鋪路的階段，對於將來 UAM 無人載具的事故調查法規與程序研擬仍為時過早，但上經有相關研究成果發表，以下就是事故調查進行說明。

根據 EASA 在年度安全回顧當中指出的，無人載具系統操作風險依序是載具因故失控、空中相撞、與飛行中和其他障礙物相撞，另外一份研究亦指出小型無人機意外的發生原因最多是飛行控制相關因素，其次是人員操控因素。藉由這些統計資料，荷

蘭台夫特大學的研究人員利用專家資料庫，使用問卷方式統計了具有事故調查經驗的調查員，對於在 UAM 載具設計階段應被採納而有助於未來各類型事故調查所需的考量。問卷問題依據現行事故調查流程分為六大項，當中結果歸納如下：

- 受訪的調查員認為無人機事故調查中紀錄器或載具系統紀錄是最為重要的證據；其次為現場蒐證紀錄。相較來說，受訪者認為實驗室分析與測試（lab analysis and examination）在無人機事故調查中較無機會應用，但此問題所獲得分數的標準差甚大。
- 受訪的調查員認為未來無人機事故調查中人為操作因素將是多數事故的可能肇因，其次為空中相撞。比較值得注意的是，無人機操作儘管在絕大部分的飛行過程中都是以自動駕駛方式進行，多數的調查人員仍認為人為的操作因素及載具空中相撞將是多數事故的可能肇因。
- 受訪的調查員認為無人機事故調查中空中相撞與電池起火是最容易被驗證的事故類型，其次為人為操作因素及火災。天氣相關因素，如強陣風、風切等等，被認為是最難驗證的事故類型。
- 在被問到哪些調查方式最有助於調查無人機事故時，多數調查員均認為紀錄裝置、載具飛行影像、或聲音等最有利於幫助判斷事故發生肇因，對此，本研究也建議未來 UAM 載具應該配備機上紀錄裝置，或即時飛行數據與影像傳輸功能，並於法規明確律定，以達成一定的安全操作水平。

根據以上問卷調查結果，該研究歸納未來 UAM 事故之肇因最有可能被認為是人為操作因素與自動飛行控制系統失效，有鑒於此，UAM 載具設計開發時，製造商應該將數據紀錄裝置或即時傳輸功能一併考量，而民航監理機關也可以考量在未來 5G、甚至 6G 通訊網路普及時代，將飛行資料即時傳輸功能要求一併寫入法規當中，以給予事故調查員上更多有利資源。

3.2 飛航安全相關議題

3.2.1 美國航太總署之大學領導研究（NASA ULI）

美國航太總署 NASA 為鼓勵大學自主創新研究，並與國家層級之實務需求結合，

於 2017 年起藉著大學領先研究主題 (university leadership initiative, ULI) 徵集的方式尋求大專院校研究的創新計畫，以協助國家航空產業發展需求。第一期中選研究計畫橫跨許多航空領域，包含國家航管系統資訊整合、電動航空器研發、超效能航空器研發，以及調整航空結構於超音速客機之應用等。其中有關美國下一代國家航管系統 (national airspace system, NAS, 或 NextGen) 資訊整合與診斷計畫，預計橫跨五年，總共投資一千萬美金，由亞利桑那州立大學主導進行。該計畫打算藉由目前熱門的機器學習與大數據分析能力，資料來源為美國下一代航管系統運行時得到的各類來源數據，再經由機器學習後得到的模型進行整合及分析，進而主動診斷出航機的非正常狀態或系統中的危害因子，進行優先防制，使系統內運行的航空器運行能更加的安全與有效率。當中其中一項研究計畫，是藉由機器大量閱讀 NTSB 的事故調查報告，將飛航事故當中事件序的關鍵字鏈結起來，建立一個航行安全事件的資料庫，作為未來先期診斷航機不正常狀態、可能造成後續飛航事故的依據。

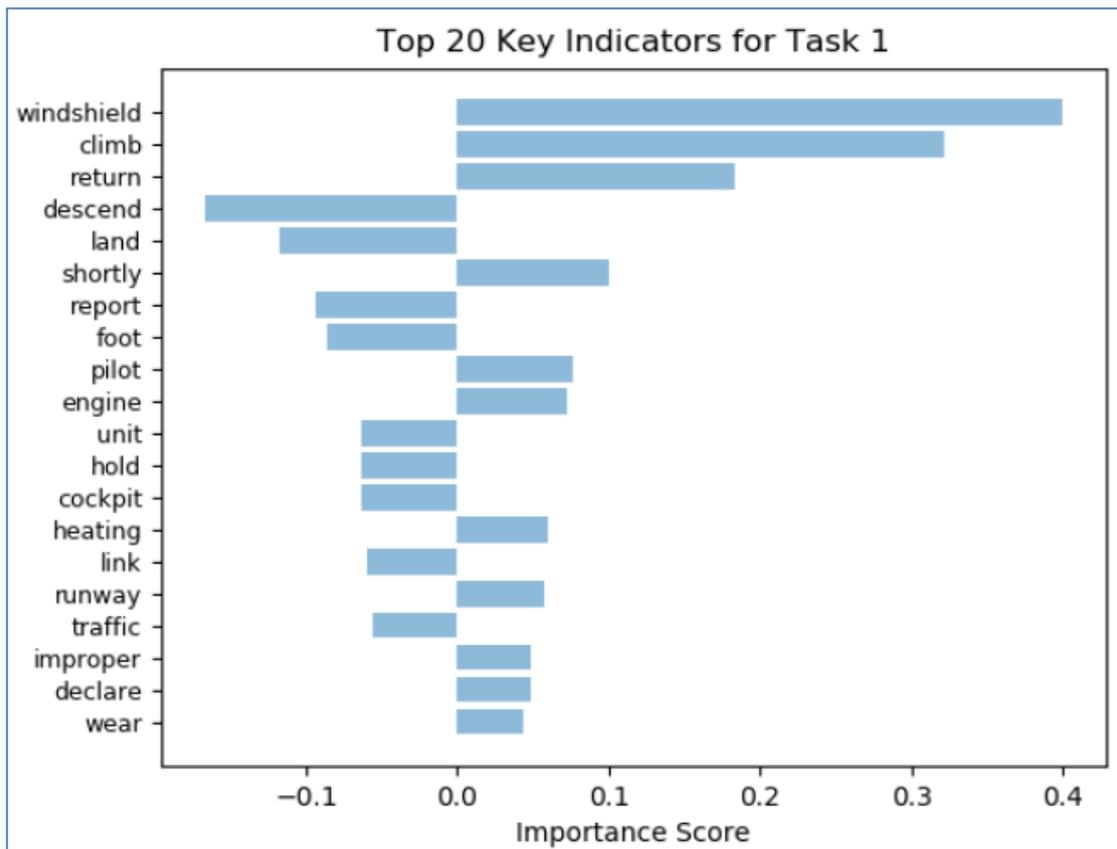
該研究取用自 1996 年後 NTSB 發布的所有 FAR121 飛航事故報告，目標是藉由機器學習摘要方式取出下列三種資訊：1. 事故發生階段；2. 事故發生主要肇因；3. 事故發生前的前兆。在數據前處理步驟中，首先將報告中的連接詞或介繫詞、標點符號與數字剔除，並將不同時態的文字統合；之後利用數據統計上的 TF-IDF 方式將報告中出現過的文字彙整形成一個矩陣，但由於統計字數高達近 9,000 個，因此為了維持的效率，再選出出現頻率最高的前 500 個進行機器訓練。在機器學習的模型上，該研究一共選用五種模型進行交叉比對，分別為：Support Vector Machine (SVM)、Multinomial Naïve Bayes、Gradient Boosted Decision Trees (GBDT)、Deep Neural Networks (DNN)、ImVerdes。此五種模型在訓練後的結果，在第一項判斷事故發生階段的結果上不同模型各有優劣，但在第二項有關事故發生主要肇因，無論是航機系統相關、人為相關、或環境相關因素的判斷上，都是由 DNN 模型獲得較高的準確率。

在第三項有關事故指標 (indicator) 的判斷上，本研究使用一種稱為「LIME (local interpretable model-agnostic explanations)」¹的方法，字面上的意思是說，在每一個個體 (local) 附近找出一個可以被理解的準則/解釋方法，並適用於任何一種模型。在航空事故調查報告上的應用則是，某一關鍵詞 (如風切) 對於報告的重要性是以該

¹ Ribeiro, M.T., Singh, S., and Guestrin, C., "Why should I trust you? : Explaining the predictions of any classifier," Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, ACM 2016, pp. 1135 – 1144.

報告在該詞被移除後是否能持續判斷出其仍為事故的主要指標；以風切這個例子來說，如果某事故原因被歸類於風切，那麼在移除如風切、風速、風向等類似字眼後，模型將不再得以正確判斷出該事故的發生指標。論文中另以一起駕駛艙冒煙的調查報告為例，LIME 方法所分析出的關鍵字結果如圖三上。

According to the flight crew, while climbing through 17,000 feet, the captain smelled smoke. A few seconds later flames and smoke started shooting out of the lower left windshield. The captain believed it was the windshield heat unit. The first officer turned off the windshield heat and the flames went out, but the smoke persisted. The captain declared an emergency with air traffic controllers and returned to the Asheville Regional Airport. Examination of the windshield found that the overheat damage was the result of an improperly installed fastener that resulted in arcing between the terminal block lug, the aircraft wiring eyelet and the fastener and lock washer that secures the two components together. The arcing progressed over time degrading the solder junction between the terminal block and the windshield heating system braid wire that resulted in heat damage to the sealant and the subsequent flame.



圖三 調查報告與機器學習事故指標分析結果

由圖三的範例，可知該起事故是在航機爬升過 17,000 呎後，駕駛艙內由左方的擋風玻璃下側冒出煙，在駕駛員判斷可能是加熱裝置故障後，主動將擋風玻璃加熱裝置關閉，但冒煙情況仍持續。駕駛員隨後向航管請求緊急情況，並返回出發地機場平安落地。事後檢查冒煙原因是加熱裝置螺絲未正確安裝，造成連接處出現電弧現象，並在長時間對該裝置外表的封膠產生過熱損傷，進而造成冒煙事故。由 LIME 方法分析出的結果，統計出本事故的相關字詞依序（如圖三下）為擋風玻璃、爬升、返航，並且有舉證出加熱裝置為關鍵字詞。但是以筆者個人經驗則認為，演算法並未指證出煙（smoke）與火（flame）為本事故的關鍵指標，由於事故調查上，駕駛艙出現煙、火即為重大意外事件，因此本論文未能指出煙、火在本事故調查報告上的角色，對於統計上的確是一個疏漏。經詢問作者後，作者僅表示演算法設計著重在引發事故的故障系統，而非其後續表徵；不過以實務經驗來說，指出煙、火為本事故的指標實屬必要，研究團隊可藉由與業界組成研究團隊讓研究成果符合實務面上的使用。

3.2.2 民航機重飛條件之研究及進展

本項研究由美國聯邦航空總署 FAA 與美國國家航太總署 NASA Ames 研究中心共同合作，旨在提供飛行員一個明確應該執行重飛的條件。由於現今航空公司標準程序中敘明，目視進場或儀器進場時應在特定高度達到穩定進場標準，否則應執行重飛；但駕駛員確實遵守此規範的情形卻不甚理想。根據研究資料顯示，航機不穩定進場並執行重飛的比率僅達 3%，意即多數駕駛員仍在航機處於不穩定進場的情況下嘗試落地。在 1999 年美國航空 AA 1420 航班小岩城衝出跑道事故發生後，美國國家運輸安全委員會 NTSB 曾給予 FAA 一條改善建議，要求 FAA 研擬一套穩定進場標準及發展應執行重飛的條件。後來 FAA 因應此條改善建議而發布了民航通告 AC 91-79A，建立了穩定進場的標準，但也因並未著墨於重飛條件，最後在 2012 年時，NTSB 以不滿意回覆（unsatisfactory response）的結果將此條改善建議結案。

自前年開始，FAA 開始研究不穩定進場重飛的適當標準，利用多管齊下的方式：駕駛員問卷調查、建立風險模型、level-D 全動式模擬機測試驗證來進行本項研究，此外本研究的另外一個目的是為了驗證世界飛安基金會在一份 2017 年的研究報告，當中建議將不穩定進場重飛的決定高度降低為離地高 300 呎。在去年發表的第一階段、有

關全動式模擬機的研究成果當中，驗證了先前世界飛安基金會的研究，重飛的決定高度可降至離地高 300 呎；另外，駕駛員對於進場速度偏差與左右定位臺偏差所引發的風險察覺是最為明顯的。但由於此階段的研究在環境因素方面僅有考慮尾風、無側風或陣風，在本年度發表第二階段研究成果當中就考慮了側風的影響，以下是研究重點摘要。

首先，研究中模擬機設定條件如下：

- 兩種機型（波音 737-800、空中巴士 A330-200）
- 舊金山國際機場 28R 跑道（縮減至 7,500 呎長，200 呎寬）
- 全落地外型
- 最大落地重量
- 能見度佳、風向風速 100deg. / 10kts（尾風）、190deg./20kts（左側風）、或 10deg./20kts（右側風）
- 中度亂流
- 跑道道面濕滑，自動剎車設定為中

模擬機駕駛員被要求自可能為不穩定進場的初始條件中先將航機改正，並在跑道落地區（距跑道頭 1,000 至 2,000 呎）落地，左右主輪須分別位於跑道中心線兩側，落地前下降率且保持在每秒 6 呎內，並在落地後盡速將航機煞停。

第二階段所有模擬的進場條件如圖 3，當中 glideslope 與 localizer 偏移僅考慮高於下滑道與右方偏移量。

Gate Height ft	V_{ref} Deviation kts	GS Deviation dot	LOC Deviation dot	Wind kts	Visibility sm
300	+5/+10/+15	0.0/1.0	0.0/1.0	left 20/right 20/tail 10	∞ /3.0
500	+5/+10/+15	0.0/1.0	0.0/1.0	left 20/right 20/tail 10	∞ /3.0

圖 3 模擬機測試變數

在經過來自 3 間航空公司、2 種機型、24 位駕駛員、每組駕駛員經歷 92 次模擬機測試並填寫問卷後，本研究主要發現概述如下。

首先是駕駛員在模擬機測試後填寫問卷表示必須執行重飛的原因，結果如下：

Parameter	Percentage of Runs (Rank)	
	Pilot Flying	Pilot Monitoring
Too Fast	28.0% (5)	27.5% (5)
Too Slow	6.1% (13)	8.7% (11)
High Rate of Descent	40.5% (2)	40.4% (3)
Low Rate of Descent	3.4% (14)	3.1% (14)
Above Glideslope	40.5% (3)	41.5% (2)
Below Glideslope	21.0% (9)	18.8% (8)
Localizer Deviation	59.8% (1)	47.7% (1)
Bank Angle	14.9% (10)	12.2% (10)
Power Setting	7.1% (12)	8.4% (12)
Wind	38.9% (4)	31.0% (4)
Visibility	27.0% (6)	21.3% (7)
Turbulence	7.4% (11)	4.5% (13)
Runway Length	26.4% (7)	22.7% (6)
Runway Condition	22.0% (8)	16.7% (9)

圖 4 駕駛員表示需要執行重飛的理由統計

從以上結果可以發現，飛行員對於需要執行重飛的情境依序為：左右定位台偏移、過大下降率、高於下滑道、風、進場速度過大。同時，對於飛行員而言，從模擬機測驗後的問卷結果，使用決策樹分析方法得知，左右定位台偏移亦是首要的重飛決策情境（圖 5），另外一個重要的決策情境為能見度（3 哩），以上都會造成重飛的可能性大幅增加。除此之外，落地次數、決策高度都不可避免地對於飛行員在重飛決策上有較顯著的影響。

1. 有關各項變數對於落地點的影響，可以發現駕駛員在能見度低的時候反而會儘快將飛機落地，此外，將決策高度從 500 呎移低至 300 呎並不會對航機的落地點產生顯著的影響，無論是進場速度、下滑道偏移量、左右定位台偏移量等，相對應的落地點差距都在 50 呎以內，結果如圖 6。
2. 風向的變化不難想像地對於橫向落地點造成了顯著的影響，如圖 7。如左側風出現時，橫向落地點就會偏在跑道中心線右側，反之亦然，其他的變數對於橫向落地點就無顯著影響。

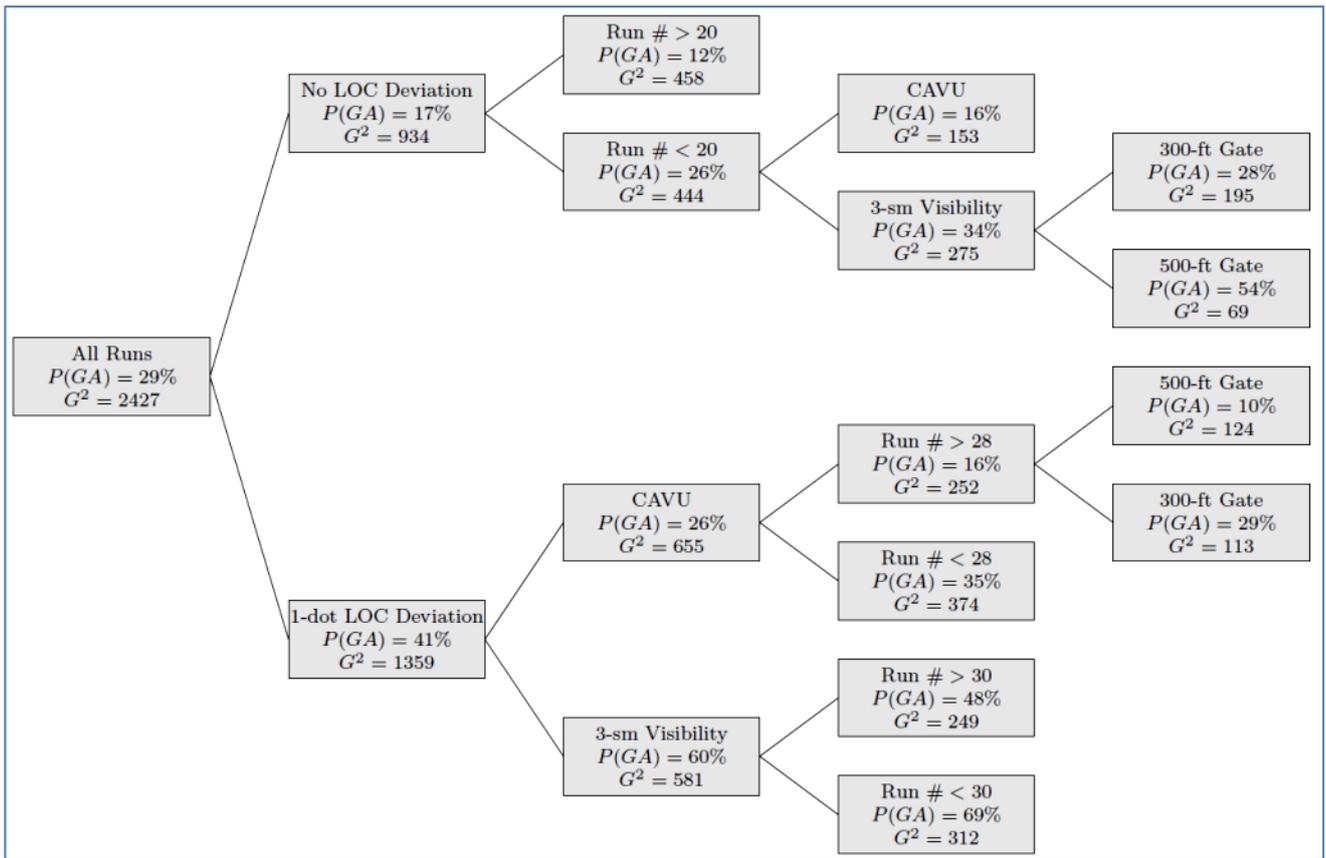


圖 5 決策樹方法對於駕駛員執行重飛的分析成果

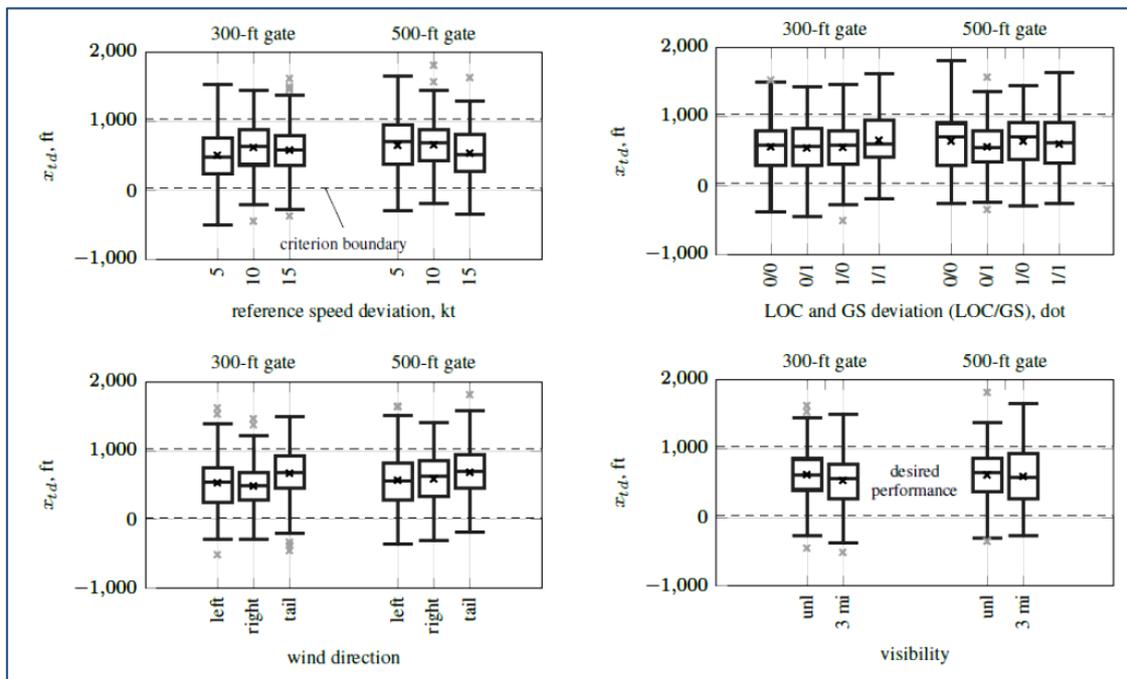


圖 6 各項變數對於縱向落地點的影響

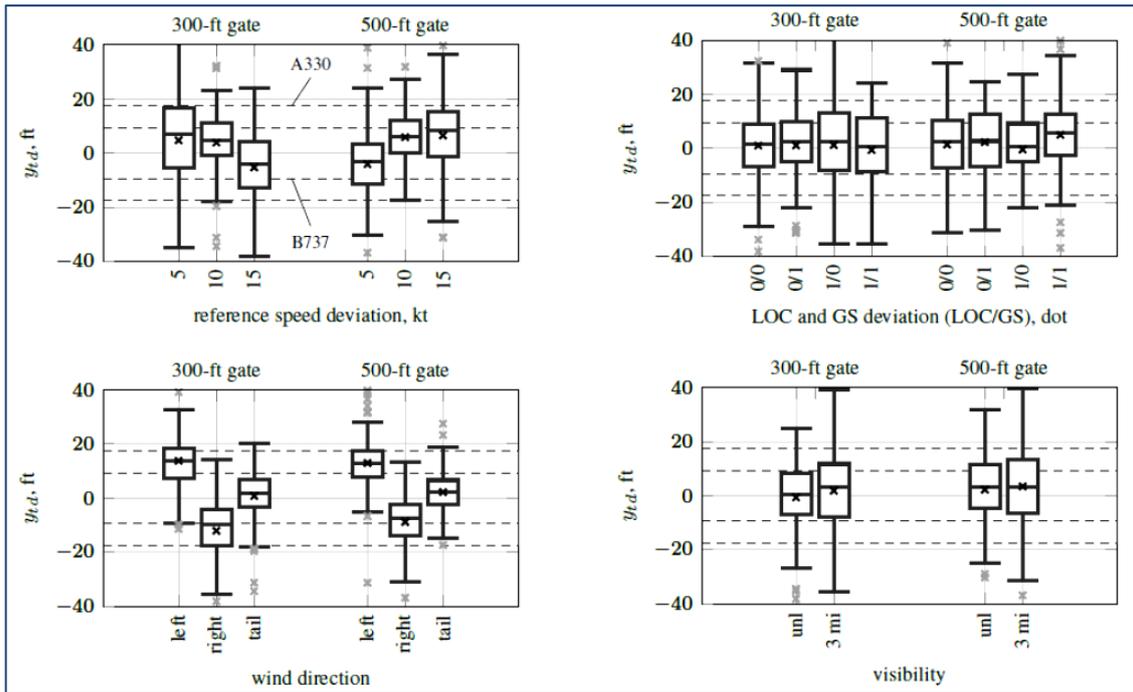


圖 7 各項變數對於橫向落地點的影響

3. 進場速度及風向對於下降率有顯著影響，從圖 8 可以得知進場速度過高與側風的出現都會造成落地時下降率明顯的提高，其他的變因則對下降率的影響不大。
4. 對於落地後地速 50 哩/時的剩餘跑道距離，研究中發現除進場速度之外，尾風與左右定位台偏移都會剩餘跑道距離會產生顯著影響，結果如圖 9。
5. 對於駕駛員執行重飛時的高度，研究中也發現決策高度與左右定位台偏移量所造成的影響是最大的。以 300 呎來說，平均重飛高度是 155 呎，而 500 呎的重飛高度是 243 呎；此外駕駛員對於出現較大的左右定位台偏移量時會傾向較早啟動重飛。

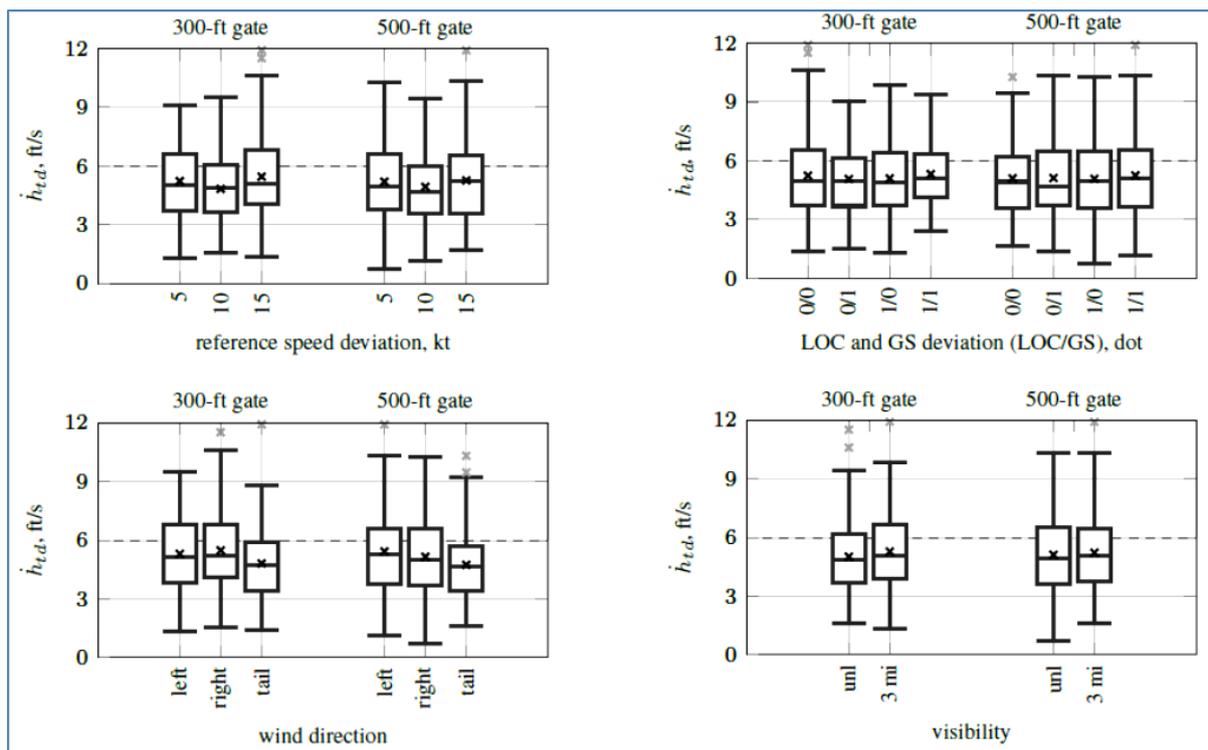


圖 8 各項變因對於落地時下降率的影響

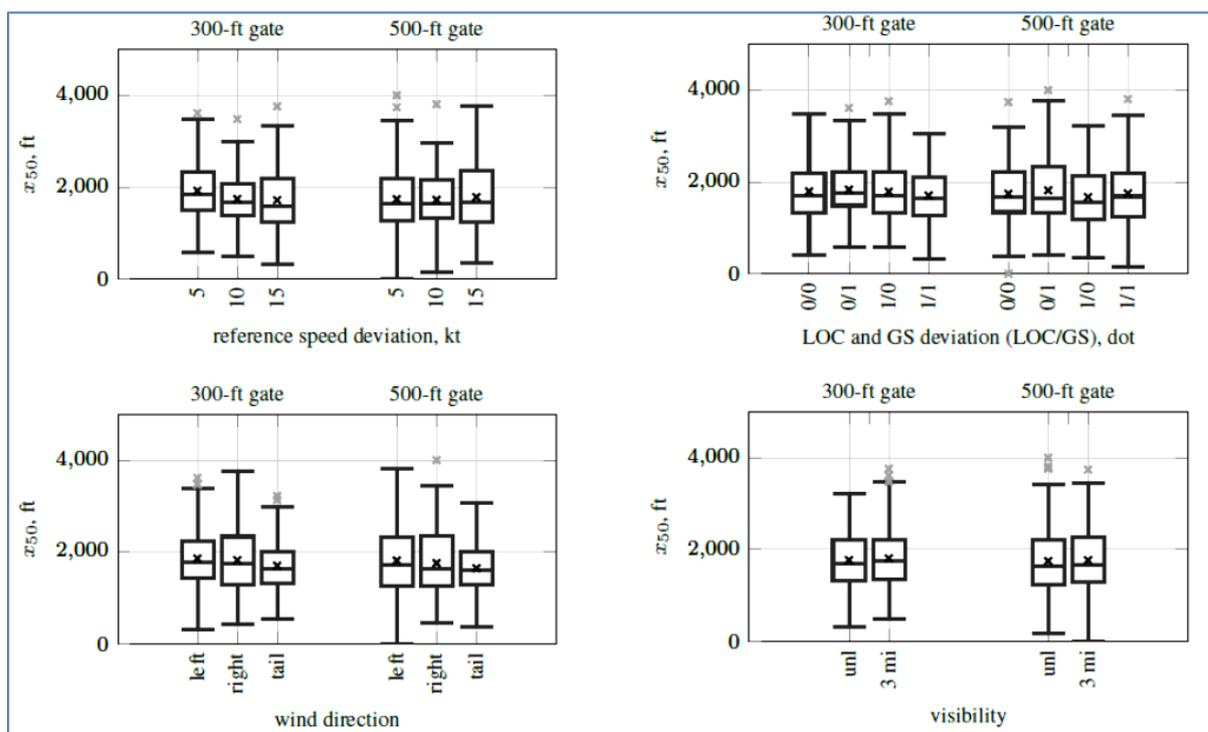


圖 9 各項變因對於落地後地速 50 節時跑道剩餘距離的影響

最後，本項研究也統計了各項變數對於駕駛員落地時的風險評估，結果發現只要是存在著左右定位台偏移 1 dot 的落地，風險值就會較高；同時，能見度、進場速度、

與高於下滑道都在統計上出現顯著影響的結果，如圖 10。

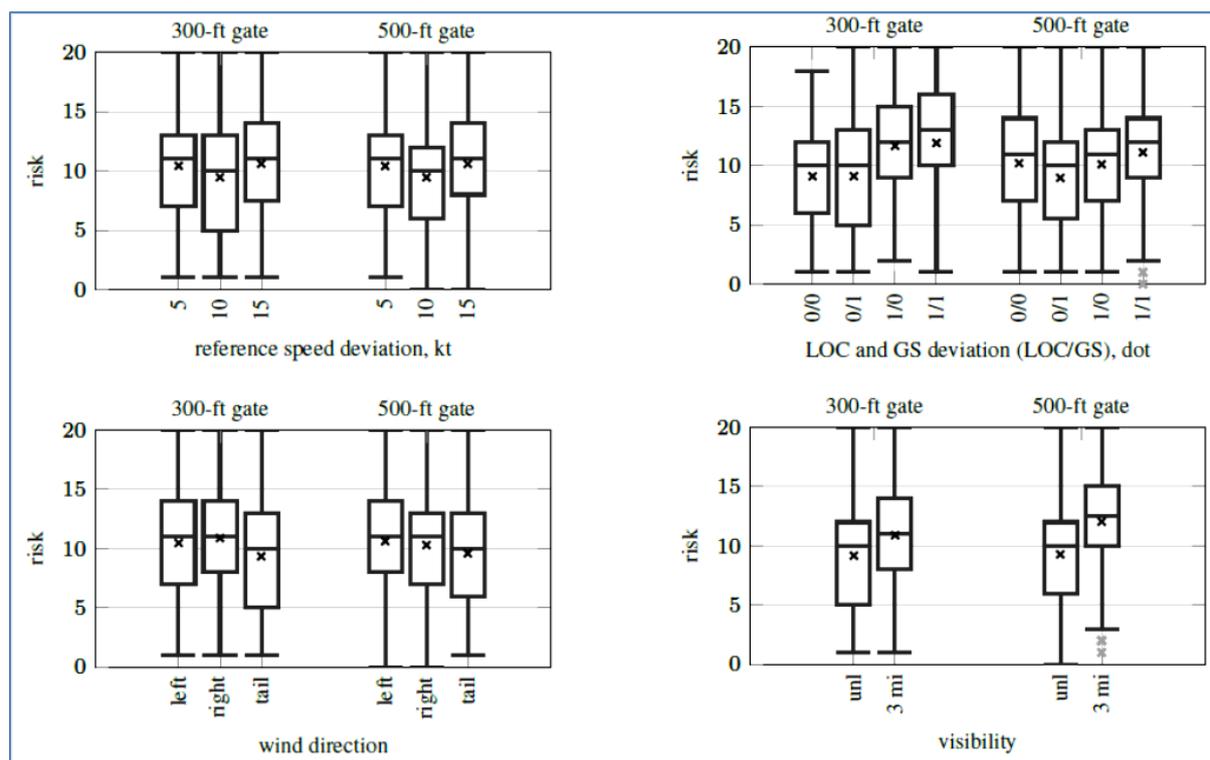


圖 10 各項變因對於落地風險的影響

跟去年的第一階段研究相比，本項研究第二階段的成果再次驗證環境因素，包含風速、風向與能見度對於駕駛員落地時候的操作表現有重大影響，其中風的因素對落地位置（橫向、縱向）以及下降率都有顯著影響。此外，風向、風速、與左右定位台偏移量對於駕駛員評估落地風險有顯著影響。然而，本階段研究持續證明了將駕駛員的決策高度由 500 呎降至 300 呎對於其落地表現的影響並不明顯，也驗證了先前世界飛安基金會的建議，將目視進場決策高度降低至 300 呎的建議可行性。

本研究在另外一篇的論文發表中，關注於駕駛員對於新的目視進場重飛條件的是適應度。在利用先前 2 種機型、24 位駕駛員，飛行了一共 786 趟次的進場模擬，並使用以下的進場重飛條件：

1. 決策高度 300 呎 AGL
2. 進場速度 V_{ref} (0/+10 kts)
3. 下滑道偏移量 小於 1 dot
4. 左右定位台偏移量 小於 1 dot
5. 下降率 無近地警告系統 (TAWS) 作動

以上值得注意的是，以現今的重飛條件而言，除了目視進場決策高度是 500 呎外，另外下降率應保持在每分鐘一千呎以內，本研究使用無 TAWS 作動，相對來講是較為寬鬆；此外，典型的穩定進場條件亦有滾轉角、俯仰角、油門與航機構型的限制。

本研究的模擬機測試起始條件為：

- 兩種機型（波音 737-800、空中巴士 A330-200）
- 舊金山國際機場 28R 跑道（縮減至 7,500 呎長，200 呎寬）
- 全落地外型
- 最大落地重量
- 航機穩定於 1,000 呎 AGL
- 能見度佳、風向風速 100deg. / 10kts（尾風）
- 中度亂流
- 跑道道面濕滑，自動剎車設定為中

本研究的測試變數為：

Parameter	Target Deviation	Initiation Height (ft AGL)	Method
Airspeed deviation	$V_{ref} + 20$	450	wind shift to 45 KTS headwind, 5-second duration
Localizer deviation	1 dot	500	Boeing: 36 knot crosswind for 5 seconds; Airbus: lateral shift 1 dot
Glideslope deviation	1 dot	360	altitude freeze for 2 seconds

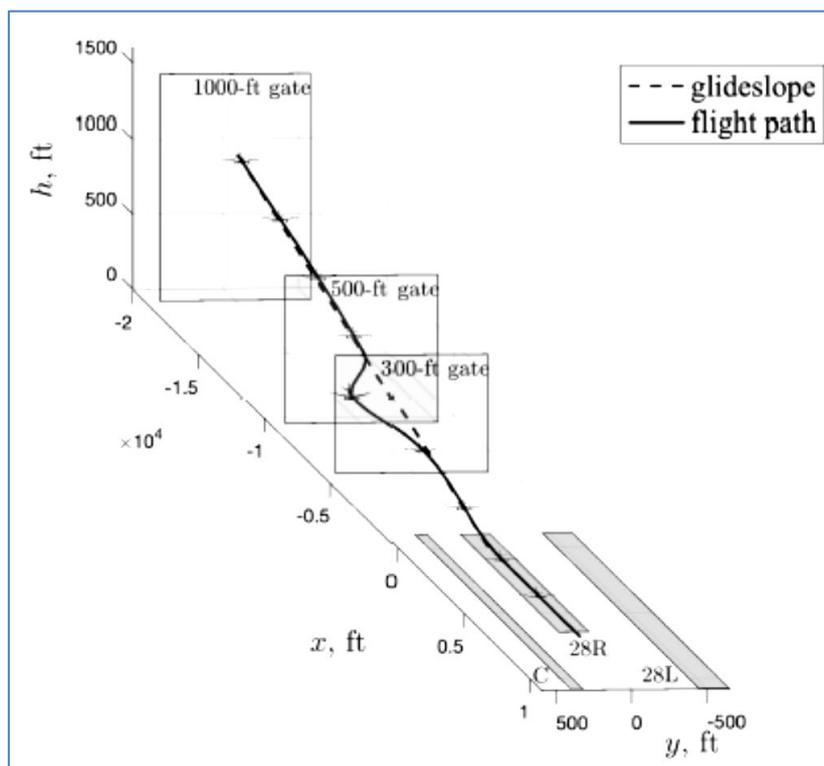


圖 11 B737 進場時遭遇大側風造成橫向不穩定示意圖

駕駛員需要依照本研究提倡的重飛條件，在決策高度前重飛並爬升至 2,000 呎，或繼續落地直到完全停止於跑道上。在每組駕駛員飛行過後，給予即時問卷調查，經統計後，發現駕駛員執行重飛的因素依序為：

Parameter	Percentage of runs
Too fast	46.2 %
Localizer deviation	41.1 %
Above glideslope	31.0%
High rate of descent	24.9 %
Wind	23.4 %
Runway length	14.4 %
Turbulence	12.6 %
Runway condition	12.1 %
Power setting	7.6 %
Bank angle	5.6 %
Below glideslope	4.5 %
Too slow	4.1 %
Low rate of descent	0.6 %

圖 12 模擬機駕駛員重飛決策原因統計

本研究發現，將目視進場重飛決策高度降至 300 英尺是可行的，但建議再加上油門與下降率的監控閾值（就如同現今典型的穩定進場條件）。有將近 40% 的駕駛員對於 300 呎的重飛門檻仍表示有疑慮，但本研究建議，駕駛員如在 1,000 呎與 500 呎進行穩定進場的交叉確認可以有助於此政策的推行。此外，本研究也驗證先前所說，進場速度過高與左右定位台偏移是造成駕駛員進行重飛的主要原因。

3.2.3 民航機被動式操縱搖桿與重落地事件之相關研究

本論文由英國 Coventry 大學研究團隊發表，目的在探討被動式的操縱搖桿（如空中巴士機型的 sidestick）對於重落地事故之間的關係。研究人員相信，由於被動式操縱桿無法將操控力道回饋駕駛員，容易造成駕駛員落地時因溝通不良而發生重落地事故。本研究藉由蒐集全球已公開發布歷來有關重落地的飛航事故調查報告 107 份，並統計機型以了解其操控介面。研究結果摘要如下：

- 根據統計，遭遇重落地的空中巴士駕駛員通常都較為資淺。這當中的原因通常是資淺的飛行員尚未能夠完全熟悉控制搖桿的操作，特別是這些事故當中

有兩成的事故是在飛行線上評量（line check）當中發生，亦即右座的飛行員是教師機師。因此在這種情況之下，常常會因為雙方無法感知彼此操作，有可能造成教師駕駛員介入操作後因雙人同時操控（dual inputs），反而造成航機重落地。

- 近半數的重落地都是由於不穩定進場所造成，而重落地通常的危害前兆就是下降率過大。但值得注意的是，空中巴士機型的重落地事故僅有 19% 是因為不穩定進場所造成，亦就是有近 82% 的重落地事故是發生在駕駛員進行平飄時發生不當操作所造成。這也可能從多數空巴重落地事故都是由資淺駕駛員操控來解釋。
- 另外，研究也指出，空中巴士機型在通過 AGL 50 呎時會將飛行控制邏輯由 normal law 轉為 direct law，有可能讓資淺的駕駛員因對於系統不熟悉而發生人為失誤，進而造成重落地。

四、建議

本次參加美國航太學會論壇並發表論文，行程圓滿且收獲豐富。會議期間，除藉由發表論文機會與同場與會者交流，審視未來可以發展的研究主題方向之外，也在其他場次結識同領域各國研究人員、學者，並吸取當前航太領域重要研究進展情報。

筆者近年參加美國航太學會論壇時，觀察到美國 FAA 轄下之研究專門機構持續有民航安全相關研究產出，研究主題也與實務需求相當契合。如本報告所摘錄，該研究中心近來所發表的重飛門檻研究，雖然仍處於尚未完成狀態，但是日後研究結論如果是正面可行的，則有可能由 FAA 輔導業者落實於日常飛航作業中，除增進飛航作業效率，亦完成 NTSB 當初提出的改善建議之落實，並改善飛航安全。我國除可以持續關注該中心民航安全相關研究之外，亦可適時邀請該中心研究員來訪，與我方產官學界互動，增進彼此交流。

另外，鑒於無人飛行載具商業應用蓬勃，國際航空界除積極擁抱其所帶來的商機外，對於未來人類生活可能因此而創造的便利更是充滿想像；但另外一方面無人載具所帶來的潛在安全或管理上的威脅，產官學界亦開始意識到，需要及早因應並規劃監理政策的必要性。從事故調查層面來說，目前無人飛行載具事故調查作業處理規則已經預備施行，為將來的無人機事故調查做好準備，但面對無人機商業應用程度的突飛進展，在管理面上可藉由研究先行的方式，積極預畫未來無人機進展在政策面上需要作出的配套與必要對應政策，如：可依據無人機重量，進而規範必須記錄資料或參數等級，以供意外事件調查所用。

據此，筆者提出 2 項建議：

1. 持續關注 FAA 之跑道安全相關研究，並適時將研究成果與國內產官學界分享。
2. 蒐集無人機遠端及機載紀錄資料法規，藉此研擬未來事故調查應用相關工程技術研究方向。