

出國報告（出國類別：開會）

## 2019 歐盟飛航資料監控應用會議 出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：副工程師／陳沛仲

派赴國家：比利時布魯塞爾市

出國期間：民國 108 年 5 月 11 日至 5 月 17 日

報告日期：民國 108 年 7 月 15 日

## 目次

一、目的	2
二、排定行程	4
三、心得	9
歐洲民航運輸相關各方所面臨的主要安全風險	10
風險減輕措施協作經驗分享	10
全方位檢視跑道入侵風險	12
全方位檢視鋰電池(含危險物品)風險	14
FDM 中的資料科學	17
FDM：打破藩籬	18
FDM：良好的實踐	21
四、心得及建議事項	23

## 一、目的

為持續提升本會飛航資料監控 (flight data minoring, FDM) 調查技術，並與國際同業經驗交流，職奉派參加今 (2019) 年於比利時布魯塞爾舉辦之歐洲航空安全論壇 (safety in aviation forum for Europe, SAFE 360°)，圖 1 為本次會議舉辦所在之布魯塞爾北站 Crowne Plaza 飯店及大會現場之照片。

本會自 2017 年起以事故調查機構專家身份參加歐盟歐洲航空安全局 (European Union Aviation Safety Agency, EASA) 飛航資料監控工作小組 (European Operators Flight Data Monitoring, EOFDM) 研究計畫，與歐盟民航業者、各國飛安研究機構及調查機構專家共同研究 FDM 技術與應用議題，今 (2019) 年 EASA 為展示近年來之安全資料研究與應用成果，首次舉辦 SAFE 360° 論壇並將 EOFDM 年度成果發表會包含於內，開放各國民航主管機關、航管組織、航空業者、機場管理者、飛行員協會、飛安研究機構、飛機／系統製造商以及飛航事故調查機構等與飛航安全相關之各界參加，以鼓勵飛安共同體間之對話分享並達到改善飛安之目的。

計有來自 EASA、國際航空運輸協會 (IATA)、愛爾蘭民航局、比利時民航局、波音公司、空中巴士公司、ATR 公司、三星電子公司、歐洲飛行員協會 (ECA)、荷蘭國家航太實驗室 (NLR)、德國漢沙航空等多所航空公司業者，以及英國克蘭菲爾德大學、德國慕尼黑工業大學 (TUM) 等多所大學等約 250 餘位產官學界專家參加，為期三天的會議前半部為全體參加之大會，後半部分為 FDM 及事件報告兩大主題同時進行，共發表 63 篇飛安相關報告，並利用網路提問方式讓每一主題之與談人進行現場詢答或互相討論。

本次會議以跨領域合作及安全資料應用為主題，藉由監理機構、民航業者、機場營運者、飛機製造商、航管單位及飛行員協會之代表提出各角度當前所面對之主要飛安風險，並帶出其安全改善專案在各領域之應用現況及其成果，而 EASA 並展示其 Data 4 Safety (D4S) 自願參加型安全資料分析研究計劃之架構與現階段之研究成果，希望吸引更多民航相關組織加入 D4S 計劃，以期收集更為廣範之安全資料並產出更完善之安全管理建議。透過本次會議藉由各國不同民航相關組織發表歐盟安全資料應用研究發現及其成效，可提供本會未來從不同面向，並從安全數據角度探討定量化飛安風險及安全指標之研究發展方向。



圖 1 EASA SAFE 360°會議舉行所在地及會場情形

## 二、排定行程

日期	起訖地點	任務
5/11 ~ 5/12	台北 - 布魯塞爾	啟程
5/13 ~ 5/15	布魯塞爾	會議
5/16 ~ 5/17	布魯塞爾 - 台北	返國

### SAFE 360°歐洲航空安全論壇

會議重點：歐盟D4S研究計劃進程及目前成效、多面向安全風險及監控、安全數據分析、飛航資料監控(FDM)參數分析演算法、FDM與安全管理系統(SMS)整合嘗試及成效等。

#### 5月13日議程及講者

Time	Title (Speaker)	議程說明
12:00-14:00	Registration & Lunch	報到及午餐
14:00-15:30	<b>STAKEHOLDERS' TOP SAFETY RISKS</b> <i>(E. Ferrandez, Head of Safety Intelligence and Performance Dept. - EASA</i> <i>Y. Malinge, Senior Vice President &amp; Chief Product Safety Officer - Airbus</i> <i>B. Bernard, Director of Operations Paris CDG Airport</i> <i>Capt J. Monks, Director of Safety and Security - British Airways</i> <i>R. James, Director Safety Regulation - IAA, Irish Aviation Authority)</i>	歐洲民航運輸相關各方所面臨的主要安全風險
15:30-16:00	Coffee Break	

16:00-17:30	<p><b>COLLABORATIVE MITIGATIONS</b>  <i>(J. Franklin, Safety Actions Section Manager - EASA</i>  <i>M. Timmons, Deputy Director Safety &amp; Security, Safety Manager - Ryanair</i>  <i>C. McGregor, Flight Safety Officer - ATR</i>  <i>L. Bolger, Head Of Airside Operations - Luton Airport</i>  <i>Capt J. Horne, President - ECA, European Cockpit Association</i>  <i>E. Boland, Project Manager Startle and Surprise - NLR, Netherlands Aerospace Centre</i>  <i>Capt A. Flaig, Safety Manager, Compliance Monitoring Manager - Deutsche Lufthansa</i>  <i>V. Belo, Safety Manager - Nav Portugal )</i></p>	風險減輕措施協作經驗分享
18:00-20:00	Networking Reception	自由交流時間

5月14日議程及講者

Time	Title (Speaker)	議程說明
09:30-10:45	<p><b>360 view - RUNWAY INCURSION</b>  <i>(Capt R. Conway, Director of Flight Standards &amp; Chief Pilot - Ryanair</i>  <i>Krastev, Runway Safety Coordinator - Eurocontrol</i>  <i>B. van der Sanden, Ground Air Traffic controller/Ground Procedures Expert at Schiphol Airport - IFATCA</i>  <i>van Hyfte, Head of Operations Compliance &amp; Certification - Brussels Airport</i></p>	全方位檢視跑道入侵風險

	<p><i>Capt C. Schmidt-Moll, Flight Safety Research - Deutsche Lufthansa</i></p> <p><i>P. Nieradka, Cockpit Engineering - Airbus</i></p> <p><i>Vardakis, Senior Expert Aerodromes - EASA)</i></p>	
10:45-11:15	Coffee Break	
11:15-12:15	<b>360 view - RUNWAY INCURSION (Continued)</b>	(延續前一議題)
12:15-13:30	Lunch	午餐
13:30-15:30	<p><b>360 view - LITHIUM BATTERIES (including dangerous goods)</b></p> <p><i>(E. Ciofu, Air Operations Standards Section Manager - EASA</i></p> <p><i>Fielding, VP, Europe Public Affairs - Samsung Electronics</i></p> <p><i>R. Danckaarts, VP, Head of Product Development Air Logistics - Kühne &amp; Nagel</i></p> <p><i>Requile, Coordinator Standards and Procedures - CargoLux</i></p> <p><i>Goodwin, Director, Flight Safety Enhancement - Airbus</i></p> <p><i>Brennan, Assistant Director, Cargo Safety and Standards - IATA</i></p> <p><i>R. Dardenne, Dangerous Goods Coordinator - Belgian CAA</i></p> <p><i>P. Chittenden, Cabin Safety Expert - EASA)</i></p>	全方位檢視鋰電池(含危險物品)飛安風險
15:30-15:45	Coffee Break	
15:45-18:00	<p><b>BREAK OUT SESSION: FDM - Data Science in FDM</b></p> <p><i>(H. Mendes, Flight Data Expert - EASA</i></p> <p><i>D. Barry, Senior Lecturer Aviation Safety - Cranfield University</i></p>	飛航資料監控(FDM)分組議程：FDM中的資料科學

	<i>Rodriguez Sanz, Professor - Universidad Politécnica de Madrid</i> <i>S. Lagunas Caballero, Aircraft Performance Engineer - Airbus Defence and Space</i> <i>P. van der Geest, Principal Scientist - NLR, Netherlands Aerospace Centre)</i>	
--	--	--

5月15日議程及講者

Time	Title (Speaker)	議程說明
09:30-10:45	<b>BREAK OUT SESSION: FDM - Breaking the silos</b> (G. Aigoïn, Senior Flight Data Expert - EASA L. Beller, Research Associate - TUM P. Soares, FDM Expert - TAP S.Selçuk Çakmaklı, SMS Manager - Corendon Airlines T. Stebbing, Senior Investigator & Head of Function Safety & Security - Ryanair C. Tyson, ATM/ANS Expert - EASA Capt B. Bonke, co-Chairman of the D4S Technical Board - ECA/D4S G. Mauri, Project Manager - Italian Flight Safety Committee)	FDM分組議程：打破藩籬
10:45-11:15	Coffee Break	
11:15-12:15	<b>BREAK OUT SESSION: FDM - Breaking the silos (continued)</b>	(延續前一議題)
12:15-13:30	Lunch	午餐
13:30-15:00	<b>BREAK OUT SESSION: FDM - Best practices</b>	FDM分組議程：良好的實踐

	<p><i>L. Viroles, Data4Safety Programme Lead Analyst - EASA/D4S</i></p> <p><i>D. Munteanu, Assistant Director, Safety and Flight Operations - IATA</i></p> <p><i>S. Drozdowski, Senior ACAS Expert - Eurocontrol</i></p> <p><i>R. Tomasoni, Manager Qantas - QantasLink</i></p> <p><i>R. Pouliot, Manager Flight Data Services - Air Canada</i></p> <p><i>D. Apps, Flight Safety Analyst - British Airways</i></p> <p><i>L. Höhdorf, Research Associate - TUM</i></p>	
15:00-15:15	Coffee Break	
15:15-17:00	<b>BREAK OUT SESSION: FDM - Best practices (continued)</b>	(延續前一議題)

### 三、心得

本次會議以歐洲航空安全局（EASA）之 Data4Safety (D4S)計劃為主軸，以跨領域合作及安全資料應用為主題，D4S 計劃為自願參加型安全資料分析研究計劃，為一大數據收集和分析計劃，其目的為提供研究成果以使歐洲民航體系維持在最高的安全及環境保護水準，也是目前國際上 3 個主要民航大數據研究計劃之一，該計劃旨在收集和獲取可支持歐洲層級飛安風險管理的所有資料，例如安全（或事件調查）報告、飛航資料、（空中交通管理等）監控資料，天氣資料等。

基於收集到的資料進行分析，建立一個基於安全性能的分析指標系統並提供安全性能的定量預測或風險評估，以協助發現當今安全管理系統尚無法識別之安全漏洞，其執行方式如圖 2 所示，自願參加之合夥組織（航空公司、航管、天氣機構等）提供各種可量化之數據資料，透過參與 D4S 計劃之專家進行分析、匯整研究後，以發布研究報告的方式提供相關業者做為大數據資料處理並改良現有安全評估工具的參考。



圖 2 EASA D4S 計劃主要運作概念

D4S 計畫分為初期整備期、為期 3 年的概念驗證期（2017-2019）及實務運作階段（2020-2021），本次會議的目標即為展示驗證期間參與本計劃各造之安全改善成效，同

時將歐盟飛航資料監控工作小組（EOFDM）年會納入一併舉行，以促成更多產官學界對於安全資料運用之連結，由於會議參加者來自民航不同領域甚至利益衝突之背景，為確保公正文化、保護智慧產權並提供一個可讓所有與會者毫無保留發表成果的環境，本大會期間除了全程禁止錄影錄音拍照之外，並禁止向發表者索取投影片的行為，各議程之相關重點摘錄如後：

### 歐洲民航運輸相關各方所面臨的主要安全風險

本議程由空中巴士公司、巴黎戴高樂國際機場、英國航空、愛爾蘭民航局及 EASA 的與談代表分別簡報各單位當前所面臨的前 5 大安全風險，簡單歸納如下：

- 空中巴士公司：飛行中失控（LOC）、衝偏出跑道（RE）、可控飛行撞地（CFIT）、鋰電池及可能於民航領域出現外行領導內行決策的情形。
- 巴黎戴高樂國際機場：跑道入侵（RI）、空中／地面碰撞、新型飛機對機場設計及支援設施之需求變更以及無人機入侵之風險。
- 英國航空公司：LOC、FCIT、RI／RE、地面碰撞（GCOL）以及性能資料之應用。
- 愛爾蘭民航局：新科技發展的速度（包括無人機）、人員的緊繃與壓力、監督業務的挑戰及法規的有效性。
- EASA：建置安全智庫的能量、有效安全管理及組織間協調的挑戰、顯著降低風險之關鍵飛安議題（LOC、RE／RI、直昇機安全、鋰電池等）、網路安全、以及航空產業創新的安全實現（無人機、自駕空中計程車、電力推進或人工智慧等）。

匯整後可發現儘管處於不同的領域和運營環境，包括飛行中失控（LOC）、衝偏出跑道與跑道入侵（RE／RI）、空中接近甚至碰撞、鋰電池及無人機等風險皆被不止一次提出，顯示民航相關各個領域所感受到的主要風險具有相當的共通性，比較多的差異存在於各方面對不同風險的優先順序，其差異與該組織之運作背景相關。

### 風險減輕措施協作經驗分享

本議程由瑞安航空 (Ryanair)、ATR 飛機公司、倫敦盧頓機場 (Luton Airport)、歐洲飛行員協會 (ECA)、葡萄牙飛航服務單位 (NAV Portugal)、德國漢莎航空、荷蘭國家航太實驗室 (NLR) 和 EASA 的與談代表，分享各單位如何聯合其他組織進行風險減輕措施計劃：

瑞安航空身為 EASA D4S 計劃的參加單位，表示 D4S 計劃協助整合大量營運資料 (包括 FDM、公司安全管理系統統計及其他日常營運數據等)，並將傳統只作為追溯備查的大量資料進行了加值應用，有效提升公司的安全性能指標。

ATR 公司透過參與各國 ATR 機隊的飛航事故調查，發掘並改善其飛機的潛在設計缺陷、改進航機監控系統或設計更能降低安全風險的操作程序，同時配合未來民航體系的發展持續改善其產品。

倫敦盧頓機場參與歐盟未來安全天空計劃 (future sky safety, FSS) 並邀請該機場運作之所有單位 (航空公司、塔台航管單位、地勤公司、保全公司等) 成立跨部門安全推進計劃工作小組，每月定期分享從各個面向所發現的安全議題，施行後的統計數據已可看出此一計劃之有效性。

歐洲飛行員協會樂見 D4S 計劃的推廣但持較保留的態度，認為 FDM 資料的分享需要經過飛行員們的同意，並需要透明及可信的處理過程，比如飛行員與航管單位執行的共同緊急程序訓練，可讓雙方更清楚在緊急程序的當下如何進行合作，最後希望各種安全研究的理論不要偏離實務成為紙上談兵。

葡萄牙飛航服務單位則從多起地面碰撞事件中吸取教訓，建立風險預測指標並與設備廠商合作在場面管制系統中增加地面碰撞預警功能，2018 年初啟用後地面事件發生機率已大幅下降。

德國漢莎航空表示從美國連邦航空總署 (FAA) 發佈的統計資料，可發現跑道入侵事件的發生趨勢正在上升，且迄今尚未有一系統性的解決手段，因此公司內部目前正進行自主的軟體開發，以期提供組員可有效降低工作負荷的工具，包括整合的場面滑行階段先進機場移動地圖、場面滑行風險熱區警示、滑程序序引導及場面現況資訊顯示等軟

體工具，但仍希望未來能與取得場站系統方面的協助，以期取得接近即時、高品質且自動化的資料介接，以提升場面運作安全。

荷蘭國家航太實驗室承接 EASA 多個專案，此次報告的是與 EASA 及荷蘭皇家航空（KLM）合作進行飛行員驚嚇及突發訓練（startle & surprise training）研究，其目的在研究一套訓練計劃以協助飛行員在遭受到任何突發狀況時，先穩定身心狀況、觀察並認知現況後再採取有效的改正措施，以避免不安全情形的惡化，只是現階段訓練都在模擬機內進行，飛行員身心多有準備或較無危機感，尚須時間驗證其有效性。

最後 EASA 表示隨著民航系統的複雜性日益增加以及不同領域間開始相互聯繫，以系統性的方法識別過去未曾發現的風險因子，並透過協作降低風險的需求會越來越重要，夠過上述各方介紹的例子，可確認風險減輕措施協作在提高整個民航系統的安全性和減少系統風險方面發揮了重要作用。雖然各地區的協作計劃已經為風險減輕措施提供了系統面的架構，但在實務運作上有進一步合作的必要性。D4S 計劃現在正處於概念驗證階段，預計下階段將提出有助於長期經營此種合作架構之成果。

### 全方位檢視跑道入侵風險

本議程由德國漢沙航空、歐洲空中航行安全組織（Eurocontrol）、國際飛航管制員協會聯盟（IFATCA）、布魯塞爾機場、空中巴士公司及 EASA 的與談代表由各個面向檢視跑道入侵（RI）風險並提出當前或未來需要的風險減輕措施策略及行動。

德國漢沙航空的與談代表從飛行員的角度檢視 RI 的風險，首先即展示多張歐洲主要國際機場的場面圖，點出各機場的場面圖之版面格式，不管在顏色、標示、字元位置及稱呼等都尚未有一統一標準，使得飛行員在滑行前甚至於滑行階段，為了確認其位置及程序之正確性，大多處於非常高的工作壓力狀態，加上駕駛艙視野限制及遭遇機場施工場面動線變更等狀況往往會使情形更加複雜，因此德國漢沙航空投入資源開發先進機場移動地圖等新技術協助飛行員改善滑行的安全，目前該公司平均 2.5 個月會有一個 RI 事件，以該公司航班數相除之比值約為 1:75000 次／航班，低於世界平均 1:25000 的標準。

歐洲航行安全組織於 2001 年北歐航空 686 號班機事故（利納特機場空難）後制定了歐洲預防跑道入侵行動計畫(EAPPRI)<sup>1</sup>，至今隨著大環境的變化已推出第三版(EAPPRI 3.0)，主要內容在於提供針對預防 RI 事故的改善建議給所有相關組織：舉凡場站、航空公司、航管單位、飛航服務情報提供單位、民航主管機關，以及與新科技相關（如未來無人機於機場地帶的作業等等）的建議，然而該與談代表也直言當今各不同領域間仍存在尚待打通的溝通藩籬。

IFATCA 表示有 20%的 RI 事件與航管因素有關，歸納其因素包括人類記憶能力的缺陷、協調不足、交接程序問題、狀況警覺不足、溝通問題及規劃和決策過程的不足，從航管方面改善 RI 風險的切入點可由基礎設施及助導航設備的改善著手，在標準作業程序上則以盡量不干擾飛行員為準則，現有的輔助工具包括管制員的記憶輔助工具、跑道佔用或入侵警告系統等。

布魯塞爾機場表示其跑道安全工作小組（local runway safety team, LRST）包含航管單位、航空公司、軍方、警察、使用該機場的普通航空業者及民航局，共同收集資料分析並定期發布安全報告，建立完整的空側（Airside）駕駛訓練計劃，並委外開發了完整重現機場 3D 樣貌、天候變化、交通流量及緊急應變腳本的空側駕駛模擬器，供空側駕駛訓練之用，執行此一計劃 5 年以來由車輛駕駛導致的 RI 事件，與 5 年前相比已降低了 15%。

空中巴士公司則從航空器系統面著手降低 RI 風險，比如機場移動地圖（airport moving map）目前在 A350 及 380 機隊已是標準配備，A320 及 A330 則可選配安裝；進場跑道諮詢（approaching runway advisory）、跑道認知及諮詢（runway awareness & advisory system, RAAS）功能都已經在其機隊上實用化了，另外目前正與 NAVBLUE 公司合作開發基於廣播式自動回報監視系統（ADS-B）技術的場面碰撞預警系統（surface alerting, SURF-A，如圖 3），已與 Honeywell 公司合作開發出原型產品並預計於 2021 年推出。

---

<sup>1</sup> [https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/press\\_release/content/european-action-plan-prevention-runway-incursions-v3.pdf](https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/press_release/content/european-action-plan-prevention-runway-incursions-v3.pdf)

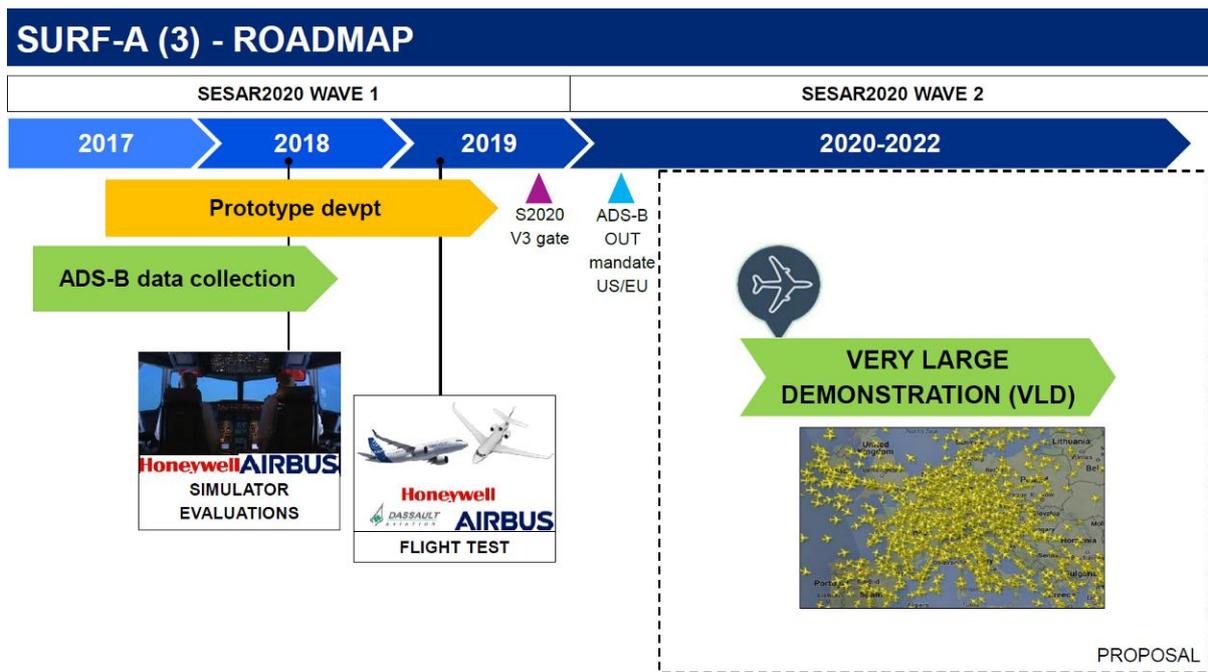


圖 3 Airbus SURF-A 開發進程預估

EASA 表示預防 RI 事故與機場相關的部份有許多標準化可以著墨的空間：機場設計、維護、車輛操作、操作實踐以及培訓...等標準，機場經營者則在地方層級起到關鍵及協調作用，並已反映在法規架構中：當地跑道安全小組、機場跑道安全計劃的製定、相關活動的推廣和協調以及連繫介面管理...等規定，同時跑道安全亦反映出 EASA 於歐洲航空安全計劃（EPAS）的戰略重點：從機場標準制定的角度來明確定義立法目標，歐盟針對機場營運及組織問題改善的 NPA 2018-14 “跑道安全”提案已於 2018 年 12 月發布，正在進行意見收集程序，相關意見綜整後預計於近期發布。

### 全方位檢視鋰電池(含危險物品)飛安風險

本議程由三星電子公司、德迅集團（Kühne & Nagel）、盧森堡國際貨運航空（CargoLux）、空中巴士公司、國際航空運輸協會（IATA）、比利時民航局及 EASA 的與談代表由各個面向檢視鋰電池對於民航運輸系統產生的風險，並提出各組織當前採用的風險減輕措施策略及挑戰。

首先由三星電子公司就該公司如何在旗下產品多次於飛航中起火造成的事故後，如何以各種改正措施把關旗下製品以重建消費者信心的提報，該公司在事故後採行了多種措施以重新建立安全的產品：在製造上採用新的電池安全測量標準、元件-製程-成品各

個製造階段共須進行 8 項電池安全測試 (component / production process / completed device 8-point battery safety check test、詳圖 4)、新增硬體面整合軟體運算的電池安全設計標準、委託第三方驗證單位檢視電池安全、取得主要電子產品生產國安規認證 (EU / US / Korea / Japan / India / Taiwan / China)、在組織上於手機業務部門下新增全球品質新創辦公室 (global quality innovation office) 及組成元件專家小組 (component team)、並邀集外部專家成立公司的電池安全諮詢委員會 (battery advisory safety board)。

### 8-Point Battery Safety Check Test

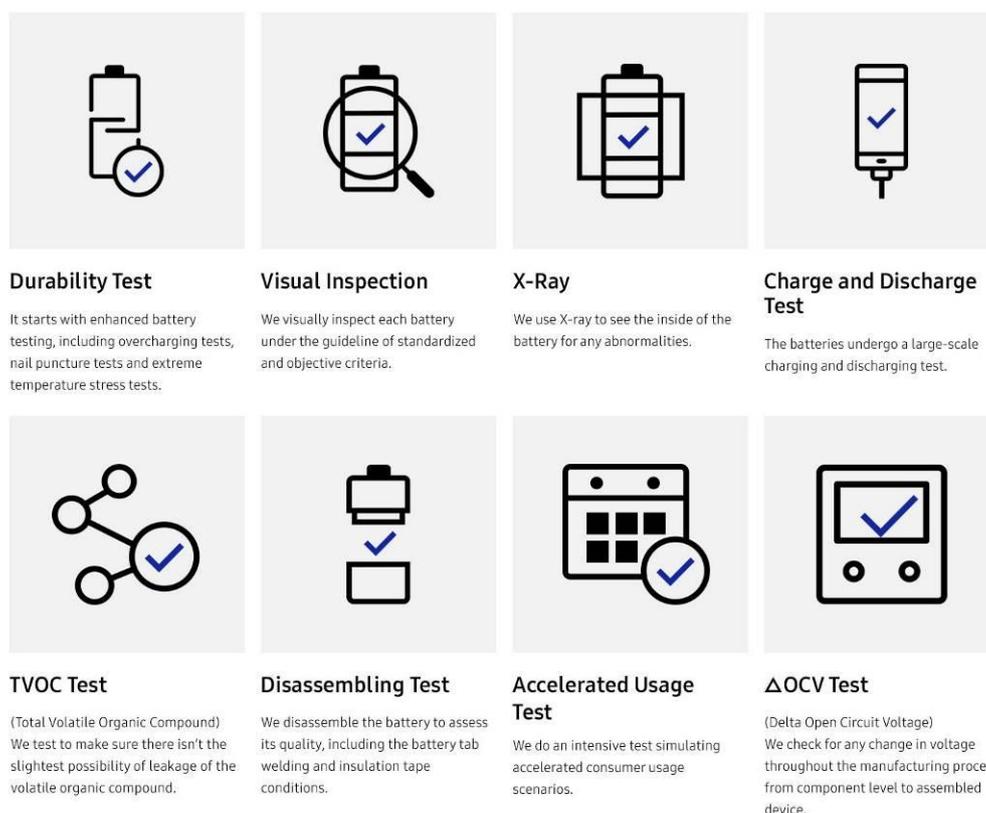


圖 4 三星 8 項電池安全測試流程

德迅集團是世界最大的貨運代理公司，具備完整的陸海空物流供應鏈，也是少數具備承攬鋰電池等危險物品物流資格的物流商之一，該公司與談代表報告其公司針對所有參與鋰電池運輸的環節，其從業人員皆需要接受運輸鋰電池的專門訓練，以確認在所有的運輸環節皆能確保電池的安全性，並隨時依據各國相關運輸法規安全需求調整其程序，然該代表並表示運輸業者不是電池專家，通常製造商也不會提供運送該廠電池所需

的技術知識，最大的風險則是托運的貨品本身之安全性是否值得信賴（如遭遇托運者填報不實等）。

盧森堡國際貨運航空從貨機航空公司的角度出發，非常擔憂鋰電池造成之飛安風險，因為過去案例證明飛機上傳統的海龍滅火裝置並不是設計用來撲滅鋰電池火災的，因此沒有取得安全測試認證（AWB/DGD/UN38.3/QMS）的鋰電池是不得以貨運方式上飛機的，而在承運方也開始設計可承受 700 度燃燒的防火包材（fire containment cover, FCC）降低萬一電池自燃時之風險，而該公司與談代表認為鋰電池運輸對飛安的兩大挑戰來自託運方可能未具備安全認證、以及很可能夾帶於私人郵件中之不合格電池，整體風險減輕措施須仰賴整體上下游供應鏈一起努力。

空中巴士公司從飛機製造商的角度看待鋰電池帶來的風險，從四個角度檢視飛機上會存在的威脅：駕駛艙（組員個人攜帶裝置）、客艙（乘客個人攜帶裝置）、機上裝備（各式各樣大小電池）以及貨物（未申報鋰電池貨物或乘客託運行李中未取出之鋰電池），上述所有威脅皆需要各個環節如法規、個人攜帶裝置設計、相關作業程序、妥善的維修及新科技的協助以降低飛安風險。

IATA 認為航空運輸是一項全球性業務，只有始終如一地採用統一標準才能成功降低安全風險，供應鏈中的每個參與者（電池原廠、電子產品製造商、銷售通路、物流以至於最終的消費者）都有安全責任，然而托運人是否符合規定對於安全的航空運輸系統至關重要，等到需要航空公司非得實施安全控制手段的階段通常為時已晚。

比利時民航局從監理、法規訂定的角度簡報其發現，首先檢視當今 ICAO 已明確訂定對於航空公司及貨運承運商的訓練、給證、裝卸、包裝、標示、報告或資訊公開等標準，然而往往能發現許多未經授權卻上飛機拖運的鋰電池，多來自於未正確申報的貨物，甚至混在航空郵件中，大部份出錯的環節顯然存在托運的一方，因此從監理機關的角度建議對托運人制定更嚴格的安全需求、發展新的安全掃描技術、與主要電池製造國的民航主管機關合作以及建立多方連結通報及調查系統，新的監管措施應以提高托運方之安全認知，並以安全掃描做為最後的安全屏障手段。

EASA 則表示 ICAO SAEG27 委員會自 2016 年 AS6413「針對鋰電池採用的性能取向包裝標準文件（performance based package standard for lithium batteries as cargo

on aircraft)」發表以來密切發展並發布了針對鋰電池的 AS6413 基線測試，測試電池在各種高壓環境下發生熱失控（thermal runaway）時是否會損壞其包材，未來採用 AS6413 包材將可降低熱失控後相關風險，然而該包材尚不足以抵抗外部火燄燃燒對包材內電池造成的風險，目前在 EASA 已出資另外成立一工作小組針對鋰電池預防外部火燄燃燒風險研究對策。

## 飛航資料監控(FDM)分組議程

本議程替代了原本獨立運作的 EOFDM 年會，且為原本純粹就 FDM 技術討論的學術會議加入了航空公司、航管單位等實務上運行 FDM 工具的成員，並將議程分為 3 個不同的子議題依序進行，旨在提供延續過去的 EOFDM 年會，提供詳細的技術透視和幾個研究主題的研究成果更新，並透過參與的各方組織促成更多對於解決風險問題的對話，3 個子議題包括 FDM 中的資料科學、打破藩籬以及良好的實踐範例，分別紀錄如後。

### FDM 中的資料科學

由克蘭菲爾德大學（Cranfield University）、馬德里理工大學（Universidad Politécnica de Madrid, UPM）、空中巴士公司、及 NLR 的與談代表簡報各單位於 EOFDM 架構下之研究現況，主要發表內容為 2018 年 EOFDM 研究成果<sup>2</sup>的延伸，其中克蘭菲爾德大學介紹以貝式定理分析矩陣量化風險指標的統計方式（如圖 5），並由馬德里理工大學的研究參與者以西班牙國家航空（IBERIA Airlines）機隊的 FDM 資料進行測試，得到與預期相近的成果；空中巴士公司則對去年已經建構的機械學習演算法（如圖 6）持續進行優化及樣本訓練作業，目前對於降落階段偏出跑道風險預測約有 75~80%的準確率，長遠目標是將訓練出來的 AI 整合至機上電腦即時進行風險預測並對組員提出警示；NLR 則提出其互補濾波（complementary filtering）演算法用以估算準確的航機落地軌跡，並展示其成果及統計資訊。

---

<sup>2</sup> 陳沛仲、”參加歐盟飛航資料監控應用會議出國報告”，出國報告（出國類別：開會），民國 107 年 12 月 12 日。

## Bayesian network for landing veer-off

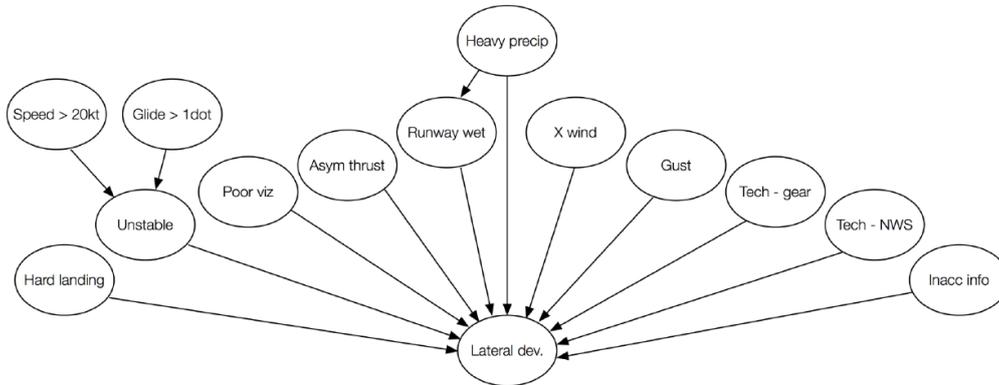


圖 5 貝式定理分析矩陣量化風險指標

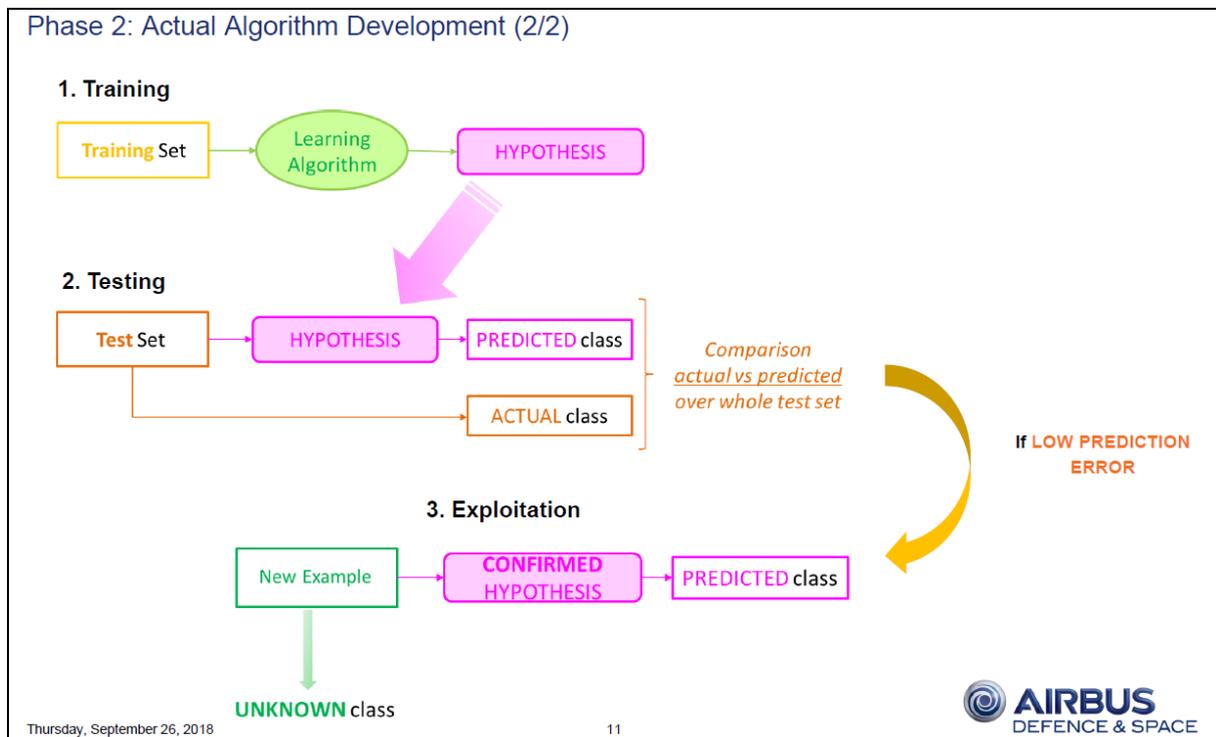


圖 6 機械學習演算法發展概念

### FDM: 打破藩籬

接續前面 EOFDM 的 FDM 技術研究議題，有鑒於數年來 FDM 技術在學術科研機構、FDM 產品開發商以及實際上第一線民航業者間仍存在各自為政、缺乏橫向連結之現象，本議程旨在打破此一現象，由研究機構（慕尼黑工業大學 TUM）與航空公司業者（葡萄牙航空 TAP、土耳其克雷頓航空、瑞安航空）及飛安管理或推進組織（EASA、義大利飛行安全委員會 IFSC）同台討論 FDM 技術議題，藉以促進 FDM 相關研究能更符合業界之需求。

TUM 簡報主題為結合公開的全球數值高程地形 (DEM) 及地速、升降率等飛航資料預測飛航軌跡上的地障、CFIT 風險及可能的撞擊時間，其第一步在於從公開資料中比較並挑選合適的全球 DEM 資料庫，包括 ASTER GDEM、GTOPO30、SRTM 及 GMTED2010 等 DEM 資料庫都是評估目標，並利用機場標高及山頂資訊等公開高程資訊做為驗證參考，經比較後採用相對誤差最低之 ASTER GDEM 模型，並用來進行後續飛航軌跡交會 (撞擊) 風險之計算參考並據以從飛航軌跡中評估 CFIT 風險。

TAP 的簡報則從航空角度出發，簡介該公司與學術機構共同開發，將地形警告系統 (TAWS/EGPWS) 邏輯於 3 維空間中視覺化、代入 SRTM 地形資料庫及航機飛航軌跡、並結合 R 程式語言開發判斷程式模擬「terrain ahead」警告之風險分析程式 (該公司稱為 R-TAWS)，同時還能將結果輸出 kmz 檔套疊於 Google Earth 圖台供分析檢視使用；R-TAWS 主要為在飛行後進行大量飛航軌跡分析之用，此研究分析了某一 EGPWS 事件觸發頻繁的機場之 232 個航班資料 (其中 106 個觸發 EGPWS)，透過套疊成果可發現事件觸發多來自於機場邊地形條件所導致，並非組員操作之問題，TAP 表示 R-TAWS 是該公司 FDM 部門的第一次嘗試，旨在還原 EGPWS 警告時的環境以檢視其觸發背景並提出改善方案，之後會在此一基礎上進一步拓展 FDM 應用範圍。

土耳其克雷頓航空與瑞安航空則先後發表相似的 FDM 應用心得，尤其克雷頓航空以 12 架 (目前已擴充到 18 架) 的小型航空公司規模，整合公司 FDM、班表資訊、FRMS (疲勞管理) 及 EFB 管理等資料產製分析結果供組員使用，與其 30 倍機隊規模的瑞安航空 (383 架) 建構功能相似的 FOQA+SMS 整合及趨勢統計系統，顯示在今日相關資料整合技術成熟的環境下，即使是小型的航空公司依然能如大型公司一般有效利用 FDM 工具；克雷頓航空委外開發的工具稱為「Corendon Air integrated safety analysis tool (coreISAT)」，使用網頁介面所以能跨平台在電腦、平板及手機上應用，其背景資料庫整合 FDM、SMS、FRMS、ISR 及油耗等數據並結合 FRMS 與 EFB 版期管理功能，組員可看到個人及全機隊之統計數據 (油耗、起降性能、滑行、各跑道性能數據紀錄等)，且提供主動自願報告模組，導入此一系統後明顯增加了組員的風險意識、有效的自願報告數量、遵守 SOP 的文化，並降低了 FDM 事件觸發的頻率及人工產製分析報表的需求。

瑞安航空則為 Teledyne 公司無線快速存取紀錄器 (WQAR) 系統最早的使用者，自身並投資一個大型的 IT 團隊整合公司每日大量的營運資料以供 SMS 系統使用，自 2004 年開始導入 WQAR 及 OFDM 工具後已使公司 FOQA 事件觸發率下降至可接受的水準但近年似乎已無顯著改善，故於 2018 年導入 MyOFDM 使組員 (目前只限該航班機長) 能檢視自身飛行數據之後，其公司 2018 年 Class 3 事件觸發率比 2017 年平均更進一步下降，下階段將導入 CEFA 產製類似全日空 Furikaeri 系統的 iPad 飛航動畫自動產製及回放功能 (圖 7)，期能有效降低線上訓練 (line training) 成本。



圖 7 瑞安航空組員回放動畫系統

EASA 的提報則從 D4S 計劃為出發點，闡述在飛航資料之外 D4S 計劃預計整合的各種環境資訊，包括天氣預報資訊 (EUMETENT)、地面天氣觀測雷達 (OPERA)、現有航空天氣預報 (METAR/TAF/SIGMET/AIRMET)、E-AMDAR (風場)、ADS-B/Mode-S (航管)、閃電觀測、EUMETSAT (衛星天氣觀測含 3D 風場)、數值天氣預測模型 (NWP)，希望透過融合上述天氣數據產製可以在現有航空氣象預報架構下進一步提高其精確度的預報模型。

IFSC 從實務觀點切入 FDM 與 SMS 整合的議題，提出 SMS 與 FDM 背後充斥各種理論、學說、分析方法及程序等做法，但核心問題在於「每日的真正安全水準」到底要到何種程度才是可接受的，並提出安全管理的概念應該從「避免做錯事」轉變為「確保所有事都做對」，並應該將分析焦點由單一錯誤事件轉為大部份良好的操作經驗，尤其在今日公正／安全文化（just/safety culture）在許多業界仍為一尚未被解決的問題，平時即難以從業者或第一線獲得足夠的回饋報告、數據資料甚至一般資訊，對於小型航空公司而言支援 SMS / FDM 業務的系統建置之代價更是高昂，僅被經營者視為負擔而無實質改善成效，因此提出「動態彈性風險登記(dynamic resilient risk register, DR3)」分析概念，希望不僅旨在管理安全績效指標，更需包含管理整體組織績效的分析方法更符合實務運作。

### **FDM: 良好的實踐**

做為本大會最後一場議程，本議程從 EASA 介紹 EOFDM 工作小組開始，並由 Eurocontrol、IATA、澳洲連接航空（Qantas Link）、加拿大航空（Air Canada）、英國航空（British Airways）及 TUM 分別簡報目前 FDM 工具於各單位實務上的應用成效。

EOFDM 為一自願參之研究工作小組，由來自各方之民航業者、飛安研究機構、學術單位及事故調查機構等專家學者組成，依職能目標分為 A 組：識別有效 FDM 技術及定義有效的飛航參數性能指標、B 組：研究透過 FDM 偵測事故預兆的技術及解決方案、C 組：研究 FDM 與 SMS 整合的方法及相對應的性能指標，此三分組上頭再由 EOFDM 執委會統籌管理相關計劃進度及與其他部門協調之作業，其中本會亦為 B 組之成員，定期參與 B 組之相關研究與討論。

IATA 與 Eurocontrol 的與談人共同提出利用 FDM 評估觸發空中防撞系統（traffic collision avoidance system, TCAS）緊急閃避（resolution advisory, RA）警告事件中飛行員的處置合理性方法，利用從 TCAS 電腦因為 RA 警告而紀錄的飛航資料與 FDM 資料比對，評估 TCAS 觸發閾值、組員緊急操作標準程序與組員實際面對 TCAS RA 時的操作行為是否符合其訓練等。

澳洲連接航空為集合多間小公司的區域型航空，下有約 90 架的機隊，機型從波音 717、福克 100、DHC 8-200、DHC 8-Q300、DHC 8-Q400 到 A320 都有，其中多數是較舊

型的機型因此缺乏現代化 FDM 所需要的 QAR 參數紀錄，因此他們從了解自身機型的紀錄器系統限制開始，再透過收集飛航資料、環境資料（天氣）及機場條件資訊，藉以發掘可能的潛在飛航風險，其中他們提出的一個分析範例為針對福克 100 型機於高溫條件下降落時可能誘發彈跳落地（skipped landing）的風險，與航務部門研擬相對應的程序改良並進一步降低此類事件之觸發機率，透過溝通與資訊共享來實踐安全管理的提升。

加拿大航空現有機隊約 200 架規模，其 FDM 部門針對不穩定進場（unstable approaches）風險在既有的 FDM 系統上開發新的演算法偵測並分析不穩定進場背後之風險因子，每 24 小時自動統計這些風險因子並據以產製 FDM 風險嚴重程度報表（severity dashboard）供機隊做為改善飛航品質之依據，未來將提升演算法之準確性並嘗試提升品質門檻，以期進一步降低不穩定進場事件機率。

英國航空亦提出其 FDM 系統未來的改進方向，針對衝偏出跑道風險之監控由既有系統的進場速度、能量、外型、觸地參數等資訊於未來的系統將進一步導入機場道面特性資料庫並改善重落地或短落地之判斷邏輯，並持續關注 EOFDM 的衝偏出跑道風險前兆研究，改善公司本身的安全政策，並已可從統計數據看出整體趨勢之下降。

TUM 則參考 NLR 對於進場軌跡還原的研究，從學理角度進行不同方向的嘗試，從質與量皆有限的飛航參數中儘可能還原實際航機降落時的軌跡及姿態，用以評估非正常跑道接觸（abnormal runway contact, ARC）風險並計算準確的航機觸地位置，其方式為利用定翼機六自由度飛行力學模型（6DOF flight dynamic model）以及卡曼濾波方程式（kaman filter）提升 QAR 資料的準確度及更新率，再用以計算航機轉動角速度趨勢與計算機翼、機尾與跑道間之剩餘空間裕度進而評估機尾觸地或機翼觸地之風險。

#### 四、心得及建議事項

本次會議行程圓滿且收穫豐富，透過本次會議了解歐美先進國家對於飛航資料監控技術之研究、展望與實踐現況，並使本會認識歐美第一線民航業者運用相關研究成果改善其營運安全之成效，歐洲飛航大數據與安全管理結合之戰略與趨勢之資訊，皆值得本會持續學習，據此職提出 2 項建議：

1. 持續投注資源參與國際飛航資料技術研究，研習最新飛航資料監控技術、提升本會相關技術能量俾利於提升整體飛安水準。
2. 辦理飛航資料監控研討會，與民航局及國內民航業者分享國際相關研究成果，並研討我國未來整合飛航資料監控與安全管理系統之可行性。