

出國報告（出國類別：考察）

# 第 41 屆國際飛安調查員協會（ISASI） 年會出國報告

服務機關：行政院飛航安全委員會

姓名職務：執行長／王興中

調查實驗室主任／官文霖

飛航安全官／任靜怡

失事調查官／張文環

派赴國家：日本北海道札幌市

出國期間：民國 99 年 9 月 5 日至 9 月 10 日

報告日期：民國 99 年 10 月 26 日

# 目次

壹、目的 .....	2
貳、過程 .....	3
參、心得 .....	13
肆、建議 .....	54

## 壹、目的

本計畫「強化我國飛航事故調查能量及建置亞洲地區飛航安全網計畫」獲行政院國家科學技術發展基金補助，其中子計畫五「**建置亞洲地區飛航安全網**」係以我國現有的事故調查能量及飛安資料庫，來建構一亞太地區飛航事故調查機構間的飛安資訊交流及調查技術相互支援的平台。

為促進本會與國際飛安專家交流並推動亞洲安全網業務，由本會王代理執行長及官、任、張等 3 名調查人員於本年度 9 月 5 日至 10 日，日本北海道札幌市參加第 41 屆國際飛安調查員協會（International Society of Air Safety Investigators，ISASI）年會出國報告並發表 2 篇論文。事故調查的飛行操作之相關錯誤航空決策（王興中等 3 人）及重大飛航事故之經驗教訓及技術合作（官文霖等 2 人），

本次會議由日本運安會（JTSB）主辦參與人數約 300 餘人，研討會主題為『Accurate、Speedy、Independent and Authentic Investigation- ASIA（**精確、迅速、獨立且可信的事故調查**）』。包括有 7 個場次 25 篇論文及 3 篇專題演講，7 個場次分別為：**可信的調查**（Authentic Investigations）、**亞洲事故趨勢與安全議題**（Asia - Trends and Issues）、**改善飛安資料應用及發展智慧化模型**（Innovative Uses of Data & Intellectual Models）、**應用智慧化模型**（Applying Intellectual Models）、**重大事故調查之準備**（Preparing for Investigations）、**事故調查工具發展及經驗分享**（Investigative Tools & Lessons）、**近期重大事故調查之挑戰**（Recent Accidents: Lessons, Techniques & Challenges）。另外，專題演講亦討論 ICAO Annex13 V10 修訂內容、重大飛航事故調查之國際合作（法航 AF447 墜海、華航 CI120 漏油火燒、英航 B777 燃油積冰等）、應用新科技進行調查議題（工程技術及人因工程）、安全資訊分享等。

## 貳、過程

第一天 2010年9月6號 【調查員培訓】

ISASI 2010 Sapporo Tutorial Program 2010 Sep. 6 (Mon)			
T1		T2	
Investigating Human Factors, Human/Machine Interface. 人與機械介面間的人為因素調查		Aircraft numbers are increasing worldwide. How do we prevent accidents? 世界各地的飛機數量正在增加，我們如何防止事故發生？	
8:30- 8:40 (10)	Introduction ( Yukiko Kakimoto)	Introduction (Akira Watanabe)	8:30- 8:40 (10)
8:40- 9:20 (40)	Session 1-1 <i>Today challenges in major investigation, A manufacturer perspective</i> 航器製造商觀點：當今主要飛航事故調查之挑戰 ( Thierry Thoreau, Director of Flight Safety and Claire Pélegrin, Director of Human Factors)	Session 4-1 <i>NextGen 美國下一代航管系統 NextGen</i> ( Jay Merkle, Chief Architect NextGen and Operational Planning Joint Planning and Development Office (JPDO))	8:40- 9:20 (40)
9:20- 10:00 (40)	Session 1-2 <i>B787 : Designed for Safety 波音 787 的安全設計</i> ( Michael Denton, President, Boeing Japan)	Session 4-2 <i>OPTIMI : Oceanic Positioning Implementation and Monitoring Initiative 海洋定位的實施和監測計劃</i> ( Jose Antonio, Chief Regulatory Affairs SASER Joint Undertaking)	9:20- 10:00 (40)
10:00- 10:20 (20)	(Break time)	(Break time)	10:00- 10:20 (20)
10:20- 11:00 (40)	Session 1-3 <i>MRJ</i> (Kenichiro HONDA Manager, Flight Control Group System Design)	Session 4-3 <i>CARATS -A long-term vision for future Air Traffic Systems 日本下一代航管系統 CARATS</i>	10:20- 11:00 (40)

	Department, Mitsubishi Aircraft Corporation)	<i>in Japan-</i> ( Takafumi NAKADA ,Director for Engineering and R&D for future ATM Systems- JCAB	
11:00-11:30 (30)	Question time 提問	Question time 提問	11:00-11:30 (30)
11:30-13:00 (90)	(lunch time)	(lunch time)	11:30-13:00 (90)
13:00-13:40 (40)	<b>Session 2-1</b> <i>Airbone Image Recorders 機載影像紀錄器</i> ( Graham Braithwaite,Cranfield University)	<b>Session 5-1</b> <i>Integrated SMS - Singapore Airlines Perspective</i> 新航觀點：整合式安全管理系統 (Yong Chee Chiong ,Manager Corporate Flight Safety,Singapore Airlines)	13:00-13:40 (40)
13:40-14:20 (40)	<b>Session 2-2</b> <i>The factors behind human error found in an Ummanned helicopter accident</i> ( Peter C. Kim Senior investigator, Aviation Accident Investigation Division, ARAIB; )	<b>Session 5-2</b> <i>Safety Measure of AirDo 安全監控系統 AirDo</i> ( Nobuaki HAMAGUCHI Safety Manager,Hokkaido International Airlines Co., Ltd)	13:40-14:20 (40)
14:20-14:40 (20)	Question time 提問	Question time 提問	14:20-14:40 (20)
14:40-14:50 (10)	(Break time)	(Break time)	14:40-14:50 (10)
14:50-15:20 (30)	<b>Session 3-1</b> <i>A Retired Test Pilot' s View on Flight Safety and Accident Investigation</i> 退休試飛員觀點：飛安與事故調查 (Kensuke IWASE - Advisor to the	<b>Session 6-1</b> <i>FAA Runway Safety Program : Improving Airport Surface Safety &amp; Preventing Surface Accidents</i> 美國 FAA 跑道安全計畫 (Mr. Chris Pokorski, Safety Engineer,	14:50-15:30 (40)

	President of JAPA )	Runway Safety Field Operations Office of Runway Safety FAA Air Traffic Organization)	
15:20-	<b>Session 3-2</b>		
16:00 (40)	<i>Recent Advanced Mobility Research</i> 近期先進之移動研究 ( Yoshihiro SUDA ,Tokyo University)	<b>Session 6-2</b> <i>Oriental Magic</i> 東方魔術 ( Kazuto SUZUKI,Deputy Director Aviation Safety and Security Promotion Division, Administration Department,JCAB)	15:30-
16:00- 16:40	<b>Session 3-3</b> <i>Accidents / Incidents Investigation in Medical Area</i> 醫療領域之事故調查 ( Kazue NAKAJIMA ,Osaka University Hospital)		16:10 (40)
(40)		Question time 提問	16:10- 16:40 (30)
16:40- 16:45 (5)	Closing	Closing	16:40- 16:45 (5)

第二天 2010年9月7號 【年會議程表】

MC : Hideyo Kosugi Accident Investigator, JTSC

**8:30** Opening Greeting & Seminar Opening 開幕致詞

**8:35** Mamoru Sugimura, Sapporo ISASI Chairperson

Frank Del Gandio -President ISASI

**8:45** Keynote Address 主題演講

Norihiro Goto - Chairperson Japan Transport Safety Board, JTSC

**9:30** ICAO Status Report ICAO 狀況報告

Marcus Costa - Chief of Accident Investigation and Prevention, ICAO

**10:00 - 10:30** Morning Break

主題一： Authentic Investigations 可信的調查

10:30 Guo Fu - Deputy Director, Aviation Safety Office of East China Regional Administration:

"How Can We Have an Authentic Investigation?" 如何才能有可信的調查?

---

11:00 John Purvis & Ron Schleede - Former Directors of Accident Investigation at Boeing & NTSB

"A Quarter Century & Still Learning - Lessons from the JAL 123 Accident Investigation" 1/4 世紀仍在學習中的事故調查案例: 日航 123 之經驗教訓

---

11:30 Questions to Morning Speakers

---

12:00 - 13:30 Lunch

---

主題二： Asia - Trends and Issues 亞洲事故趨勢與安全議題

13:30 Hiromitsu Mizutani - Japan Aircraft Pilot Association , ANA Corporate Safety Captain

"Leading Just Culture Towards Pragmatic Application in Japan" 領導文化在日本所採取的務實應用

---

14:00 Yang Lin - Senior Engineer for Aviation Recorders, Civil Aviation Safety Technical Center, CAAC China 飛航紀錄器於中國之發展與挑戰

"A Review of Aviation Recorder Development & Challenges in China"

---

14:30 Robert Matthews - Senior Analyst, Accident Investigation & Prevention, FAA

"Accident Trends in Asia: Major Improvement & Remaining Challenges" 亞洲事故趨勢：主要改善及剩餘挑戰

---

15:00 - 15:30 Afternoon Break

---

15:30 Yu-Hsing HUANG - Assistant Professor, National Pintung University of Science and Technology, Taiwan 社會技術系統及主動預防事故

"Social-Technical Systems & Proactive Accident Prevention"

---

16:00 Questions to Afternoon Speakers

---

16:30 National Society Meetings

---

2010年9月8號 【年會議程表】

主題三： Innovative Uses of Data & Intellectual Models

改善飛安資料應用及發展智慧化模型

8:30 Comments from Directors of National Accident Investigation  
Authorizes

日本 JTSB 及美國 ISASI 主席各自講演 10 分鐘

---

9:00 Mark Ford - Senior Inspector of Air Accidents, AAIB UK

"AAIB's Use of Data Mining in the Investigation of the 777  
Fuel-Icing Accident: Innovative Outcomes and Challenges Faced"  
英國 AAIB 於 B777 燃料結冰事故調查：創新的資料探勘成果及挑戰

---

9:30 Paul E Mayes - Investigation & Analysis, Safety Risk &  
Environment, Cobham Aviation Services Australia 安全報告之貢獻  
調查和安全管理系統之調查

"The Contribution of Safety Reporting & Investigations to  
Safety Management Systems"

---

10:00 - 10:30 Morning Break

---

主題四： Applying Intellectual Models 應用智慧化模型

10:30 John Stoop - Delft University of Technology & Sidney Decker -  
Lund University

"Limitations of 'Swiss Cheese' Models & the Need for a Systems  
Approach" 瑞士 SWISS Cheese 模型極限性及系統方法之需求

---

11:00 Captain Samir Kohli - Head of Safety, Saudi Aviation Flight  
Academy

"Was It Really Pilot Error: A Case Study of an Indian Military  
Helicopter Accident" 飛行員錯誤真實案例研究：一起印度軍事直升機失  
事

---

11:30 Questions to Morning Speakers

---

12:00 - 13:30 Lunch

---

主題五：Preparing for Investigations 重大事故調查之準備

13:30 Pang Min Li - Air Accident Investigation Bureau of Singapore

"Planning for Sea Search and Recovery Operations - A Small Investigation Agency Perspective" AAIB/S 觀點：海上空難之規劃、搜索及打撈運作

---

14:00 Nathalie Boston - Safety and Accident Investigation Centre, Cranfield University

"Hazards at Aircraft Accident Sites: Training Investigators in line with the ICAO Circular 315 Guidelines" 飛航事故現場危害：ICAO Cir 315 培訓指南

---

14:30 Brian Dyer, Nevis Disaster Management Dept. and Anthony Brickhouse - Assistant Professor of Aviation Safety, Embry Riddle Aeronautical University 心理健康方面的航空器事故調查：保護調查

"Mental Health Aspects of Aircraft Accident Investigation: Protecting the Investigator"

---

15:00 – 15:30 Afternoon Break

---

15:30 Li, Wen-Chin - Head of Graduate School of Psychology at National Defense Univ & Visiting Fellow at Cranfield Univ, Prof. Don Harris, Dr. Yueh-Ling Hsu & Thomas Wang

"Investigating Accidents Related to Errors of Aeronautical Decision- Making in Flight Operations" 調查事故相關的錯誤航空決策的飛行操作（講者：王興中、李文進及英國 Don Harris）

---

16:00 Questions to Afternoon Speakers

---

16:30 ISASI Working Group Meetings

---

第三天 2010年9月9號 【年會議程表】

主題六：Investigative Tools & Lessons 事故調查工具發展及經驗分享

8:30 Graham Braithwaite & Matthew Greaves - Safety & Accident Investigation Centre, Cranfield University 應用商業衛星影像從事航空器事故調查：近期結果

"The Use of Commercial Satellite Imagery in Aircraft Accident Investigation: Results from Recent Trials"

9:00 Michael Guan - Director of Aviation Lab, Taiwan & Christophe Ménez - Head of Engineering, BEA, France, (講者：官文霖 及法國 Christophe Ménez)

"Close Cooperation in Investigations has Improved Technical Partnership" 重大飛航事故之經驗教訓及技術合作

9:30 Frederico Machado & Umberto Irgang - Air Safety Dept., Embraer  
"Terrain Profile Analysis Using Radar Altimeter Data from FDR"  
應用 FDR 資料進行地形剖面分析

10:00 - 10:30 Morning Break

10:30 David Ross - Operations Investigator, TSB, Canada

"Useful Human Factors Investigative Techniques: A Case Study of a Fatal King Air Accident in Canada" 人為因素調查技術應用：一起加拿大 King Air 之致命失事

11:00 Thorkell Agustsson - Chief Investigator, AAIB, Iceland 案例分析：亞特蘭大航空發動機在著陸滑跑消防在達卡機場 - 03月08日

"Case Study: Air Atlanta Engine Fire During Landing Roll at Dhaka Airport - March 08"

11:30 Questions to Morning Speakers

12:00 - 13:00 Lunch

主題七：Recent Accidents: Lessons, Techniques & Challenges

近期重大事故調查之挑戰、技術應用及經驗分享

13:00 ISASI Members meeting

13:30 Mark H. Smith - Air Safety Investigation, Boeing Commercial Airplanes

"British Airways 777 Accident Investigation - What We Know & What We Don't Know About Ice in Jet Fuel" 英航 BA B777 事故調查 - 我們所知道和不知道的燃油結冰問題

---

14:00 Brian McDermid - Air Accident Investigation Bureau, United Kingdom

"Heathrow 777: Challenges in Understanding Unusual Properties in Aviation Fuel & Problems in Conducting Tests to Determine the Vulnerability of an Aircraft's Fuel System to the Accumulation & Release of Ice" 英國 BA B777 事故調查挑戰：不尋常的燃油結冰問題、飛行測試，及確定某型飛機的燃油系統之漏洞議題

---

14:30 Alain Bouillard - Head of Safety Investigations, & Olivier Ferrante - Head of Recovery Group, BEA, France 法航 447 航班之海底搜索行動：經驗與建議

"Undersea Search Operations: Lessons & Recommendations from Flight 447"

---

15:00 - 15:30 Afternoon Break

---

15:30 Lorenda Ward - Accident Investigator, NTSB, USA

"Colgan Flight 3407: Achieving the Delicate Balance Between Timely & Thorough While Staying True to the Investigative Process" Colgan 3407 航班事故調查：實現微妙的平衡，當及時停留和徹底的調查的真實過程

---

16:00 Questions to Afternoon Speakers

---

16:30 Seminar Closing

Frank Del Gandio, ISASI President 閉幕

---



圖 1 09.06 調查員培訓與會人員合影



圖 2 09.07 研討會參與會人員合影



圖 3 09.09 本會獲得年度最佳論文與 ISASI 主席合影

## 參、心得

本次行程圓滿且收穫豐富。藉由這次會議職等深入了解 ICAO ANNEX 13 修法近況，針對重大空難之調查議題廣泛討論，亦為本會建立良好的溝通管道。

### 3.1 調查員培訓課程

#### 人與機械介面間的人為因素調查

本日培訓課程由上午 0830 起至下午 1650 止，全程共分三大段：

第一段主題著重從飛機設計改善人為錯誤發生機率。共分 3 個提報專題，第一個專題為法國空中巴士之飛安經理 Thoreau 先生及人為因素主管 Pelegrin 女士主講，主要內容在說明當前飛機設計面臨之挑戰，經由歷次事故原因有關人為因素之統計，並以 AIRBUS-380 為例（於駕駛艙設計中加入 10 High Level Design Rules），提報該機之設計如何以電腦輔助方式，以減低人為疏失機率之發生。第二個專題由波音公司駐日本代表 Denton 先生主講 B787 之座艙設計理念，係結合使用者，監理者及具實務及專業經驗之飛行人員組成人機介面設計小組，力求結合飛航操作共通性，化簡馭繁並與新科技有效結合。第三個專題由日本三菱重工之 Honda 先生講述該公司預計於 2014 年問世之 MRJ 中運量客機，該機之設計強調使用高科技整合及集中座艙之顯示、性能方面著重有效及經濟，並能考量人體工學之相關限制。

第二段之主題為人為因素之調查，第一專題主講人為英國 AAIB 退休之首席調查官 Mr. King 講述人為因素之調查，主要內容在論述發生人為因素失誤之環境及特徵：例如夜班工作、環境舒適度、手冊之敘述、壓力及監督、工作前之準備事項等。本段第二主題主講人為韓國 ARAIB 調查官 Mr. Kim，為一無人直昇機事故之案例分享，敘述一架農用噴灑之遙控直昇機，主要因人為操作、程序之遵守與飛行前檢查等因素未臻周全，於直昇機起飛時撞及地面之飛機遙控手，發生人員傷亡之事故。

第三段之主題為”安全與調查”，第一個主題為一日航退休之飛行員 Mr. Iwase 對其飛行生涯有關事故調查工作之回顧，文中提及其於飛行線上參與事故調查之經驗與心得，認為事故調查之結論分享非常重要，並認為事故調查投諸之人力物力相當可觀，如調查無結果，非常不值得。第二個主題由東京大學教授 Mr. Suda 主講鐵道安全及事故調查；主要內容為近 10 年來日本鐵道事故統計分析及日本鐵道事故調查之案例，並討論事故發生與人為相關之因素，例如火車本身之操作及鐵軌之鋪設、交通號誌及平交道之設置等。

訓練心得包括：

1. 由第一段之演講可看出 Airbus 之飛機座艙設計多以電腦輔助方式提供飛航操作之相關資訊及警訊，波音之設計則著重在整合不同使用者之經驗、建議及看法，以設計出一對人較友善之操作環境，三菱之座艙則使用先進之科技，整合及集中座艙相關顯示，企圖使飛航操作及座艙檢查簡單有效，但對將所有座艙資訊集中顯示，可能產生混淆及忽略之情況。總之，經人為評估，既使再不良之設計應均能透過訓練達到有效操作之目的，但如何能確實有效、如期如質地達成訓練之目標及成效，與實際訓練之效能及效率息息相關，此則為另一飛機設計之重要話題。
2. 第二段之演講其相關之調查觀念、程序與方法與本會相關之調查類似，許多講演者提出之案例中，多以出跑道及 CFIT 為主，我國近來亦發生多起類似事故，其調查過程中之經驗分享，可做為自我檢視及溫故知新之參考。
3. 由各主講人提及之調查案例，深感飛航相關人員訓練之深入紮實、經驗累積及分享，實為增進飛航安全重要之關鍵。
4. 有關飛機駕駛艙之設計，牽涉人機介面之適當性及人體工學，與人員之身高、身材及人員背景相關，須於設計前廣泛蒐集相關資料，應以有效、明確、易於操作及辨識為主，避免混淆及過於複雜。

## 面對未來高航行量如何防止事故發生

本日第二場培訓課程由上午 0830 起至下午 1650 止，全程共分三大段，重點：歐美日下一代航管系統之發展、航空安全管理系統於新航及北海道航空之發展以及美國的跑道安全計畫等。以下僅針對美國及歐盟的航管系統提出心得，其他內容都與培訓主題關聯性不大。

### 3.1.2.1 美國下一代航管系統 NextGen

提報人：Mr. Jay Merkle, FAA Chief Architect of *NextGen*

美國國土面積廣大，近年來其空中交通發展極為便捷。在美國境內，民營及私有的機場多如牛毛，其航線及航點亦不計其數。911 事件後，美國為維持國家安全及飛航安全，因其機場安檢程序升級，造成旅客通關時若干不便；目前，美國空運旅客量不斷增加，為提升飛航服務品質及效能，並降低 CO2 排放議題。美國聯邦航空總署 (FAA) 透過和專業技術廠商及設備廠商的合作研究，希望讓未來機場服務能夠達到「**飛全、保安、有效率並減少對環境的衝擊**」之目標，Mr. Jay Merkle 對近期 FAA NextGen 進展做相關提報。

NextGen 計畫對美國的重大指標有三：**提供 12,000 萬人就業機會**，對美國 GDP 的貢獻度高於 5.6%，及**總投資金額逾 1.3 兆美元**。本計畫完成日期為 2018 年，預計達成目標有三：**降低 21% 的延誤起飛、減少 14,000 萬噸碳累計排放、減少 1.4 兆加侖航空燃油累計消耗**。NextGen 計畫之關鍵技術有三：

1. 以廣播式自動回報監視系統 (ADS-B) 來取代傳統的雷達監視，詳圖 3.1-1。
2. 以性能航行 (Performance-based navigation, PBN) 來取代傳統儀器進場，對沿著航路飛行、在儀器進場階段或在指定空域中飛行之航空器，建構在航空器性能標準下之區域航行方式，詳圖 3.1-2。
3. 以數位通信鏈 (Digital Data Communication) 取代傳統的陸空通話

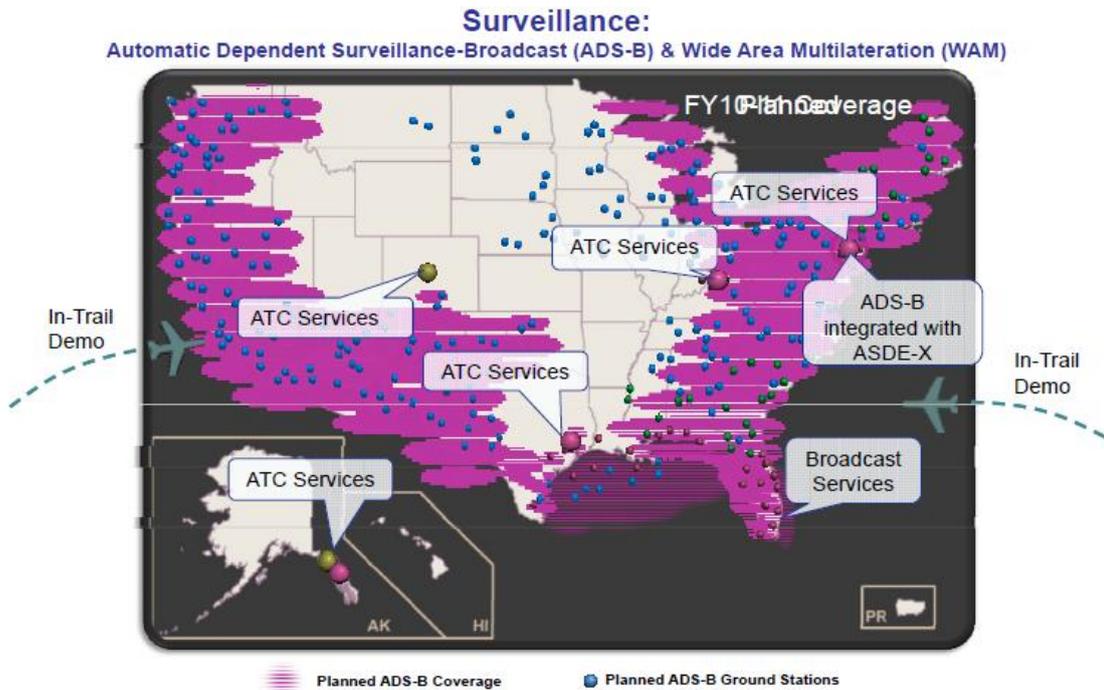
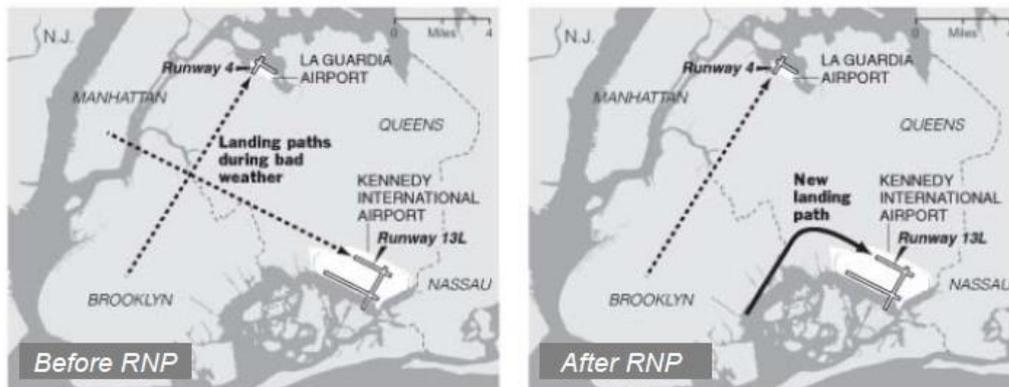


圖 3.1-1 FAA NEXTGEN 所規畫之 ADS-B 涵蓋區及地面站



**RNAV: General purpose satellite navigation**

**RNP: High-precision satellite navigation for congested airspace**

- Provides aircraft with the ability to fly shorter, more efficient flight paths
- Increases capacity of runways and in the airspace – ability to “de-conflict” airports, avoid sensitive areas
- Reduces delays, fuel burn, and aircraft noise

**LPV: Provides ILS-like capability without ILS infrastructure costs**

圖 3.1-2 FAA NEXTGEN 所規畫之性能航行（PBN）

### 3.1.2.2 歐盟下一代航管系統 SESAR

提報人： Mr. Jose Antonio Calvo -Chief Regulatory Affairs

目前，歐盟約有 100 個主要機場，由 600 個空域、66 個使用不同系統的空中交通管制單位、38 個不同文化的管制程序組成；空中交通管理系統之雷達涵蓋區域及航路均依據國界設計，而不是以交通流暢為考量。面對航空交通逐年成長之

需求，考量時間成本、經濟效益及環保議題，發展「單一歐洲空中交通管理系統建置計畫 (Single European Sky ATM Research, SESAR)」之需求應運而生。

本計畫主軸以網路為中心，飛航情報服務將由現行資訊或資料提供，演化為航行管理服務提供。面對資訊過多、集體決策之環境，未來趨勢將自著重資料交換介面標準化轉換為資訊整合、支援及管理之作業環境，資料之解讀、完整性、品質與飛航安全關係密切，目前的航空資訊管理涉及資訊流動越來越複雜，且涉及相連系統間之轉換，且包含不同之資訊供應商及使用人之需求。因此，SESAR 主計畫引進「系統性資訊管理」(SWIM) 之概念，也就是說每一種服務項目如飛航作業、航空情報、航空氣象、環境保護、流量需求預測、偵測等，都要有特定的資訊格式。

SESAR 計畫對歐盟的達成目標有四：**提升 3 倍航管效能、提升 10 倍飛安係數、節省 50%航管費用、每一航班減少 10%碳排放。**

Mr. Jose Antonio Calvo 於簡報中，多次提到法航 447 空難發生後，整個歐盟的會員國積極討論海上空難調查困難議題，對目前民航界是否有足夠的可行技術以保護民用運輸類航空器之飛航紀錄器形成挑戰，且有些飛航事故的類似特徵一再重複出現。AF447 調查中，法國 BEA 組成一國際工作小組，以研究各種技術，用以保護飛航紀錄器資料及提升其殘骸定位和回收飛航紀錄器。此工作小組致力於分析各個領域，盡可能徹底研討飛航資料之衛星新傳輸技術，及提出三項顯著的飛安改善建議：**增加 ULB 的傳輸時間和範圍、傳送事故發生初期的飛航資料，及裝置可拋式飛航紀錄器 (Deployable Flight Recorders)。**

BEA 於 2010 年 3 月上旬成立一個工作小組稱為**飛航資料緊急傳送小組 (Triggered Flight Data Transmission Working Group)**，該工作小組計收集 38 件失事及 19 件意外事件飛航資料，另有 200 件正常航班資料，這些資料是為了驗證飛航資料緊急傳送門檻的驅動條件，該驅動條件計有 14 種模式，滿足任一

種模式即透過衛星傳送緊急資料，以作為標定飛航紀錄器及殘骸用途。圖 3.1-3 為飛航資料緊急傳送之動條件的示意圖。

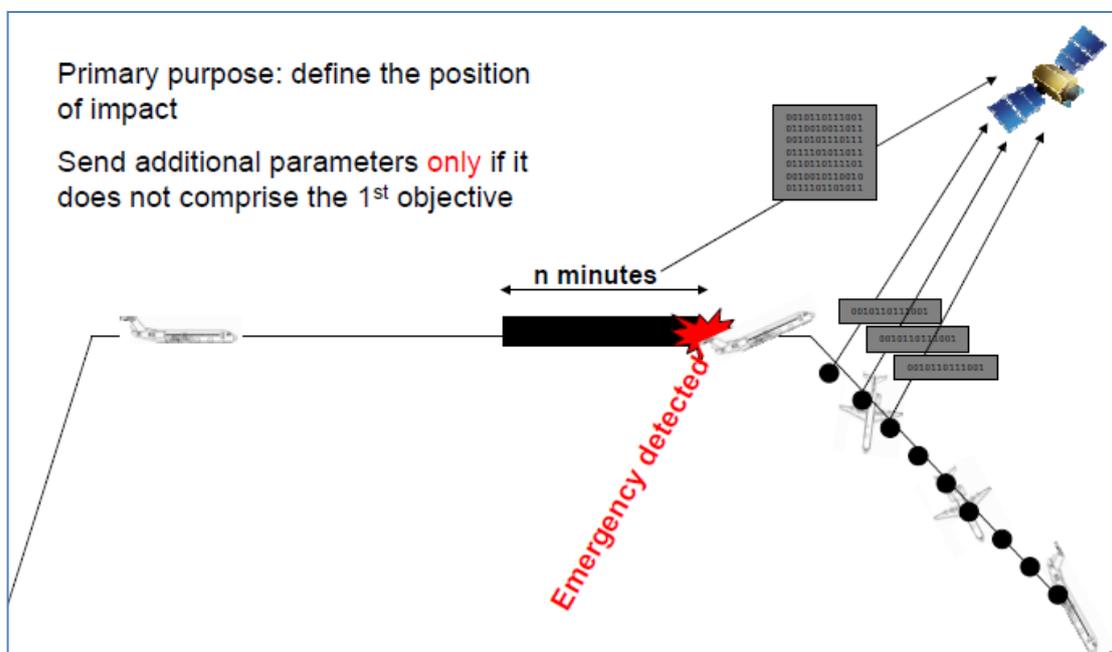


圖3.1-3 飛航資料緊急傳送門檻的驅動條件示意圖

### 3.2 可信的調查

本日主題除開幕相關致詞外，主要內容分：“ICAO 修訂版內容介紹”，“調查實務”及“亞洲事故調查趨勢及發展”；，於當日上午 0830 起至下午 1630 止，除 ICAO 新版內容介紹外，全程共分兩大致：ICAO Annex 13 修訂內容及從亞洲觀點論述重點飛安問題。

#### ICAO Annex 13 第 10 版

提報人：Mr. Marcus Costa, ICAO Chief,  
Accident Investigation and Prevention Section

Mr. Marcus Costa 提報第 10 版本次（2010 年 11 月生效）改版之內容，第一章定義部份主要增訂無人航空器系統（UAS）及小型噴射航空器（Very Light Jet）調查之條款，修訂失事及重大意外事件實質損壞之定義，第五章調查部分除配合第一章相關定義修訂無人航空器系統調查之範圍外，並增訂國際間配合調查之條款並將出版新版之調查手冊（DOC9756）。第五章內並增訂事故調查於一年內如未

完成，負責調查單位每年應發布調查進度報告，重要修訂內容羅列如下：

ICAO ANNEX 13 V9	ICAO ANNEX 13 V10
<p>第一章 定義</p> <p><b>事故 (Accident)</b>: 從任何人登上航空器準備飛行直至所有這類人員下了航空器為止的時間內，在此事件中：</p> <p>....</p> <p>...</p> <p><b>授權代表</b> 根據其資格由一國指派參加由另一國進行的調查的人員。</p> <p>...</p> <p><b>安全建議</b> 從事調查的國家的事故調查部門根據調查所得資料而提出的用以預防事故或事故徵候的建議。</p> <p><b>重大意外事件</b> 涉及可表明幾乎發生事故的事故徵候。</p>	<p>第一章 定義</p> <p><b>事故 (Accident)</b> : <u>對於有人駕駛航空器而言</u>，從任何人登上航空器準備飛行直至所有這類人員下了航空器為止的時間內，<u>或對於無人駕駛航空器而言</u>，<u>從航空器為飛行目的準備移動直至飛行結束停止移動且主要推進系統停車的時間內所發生的與航空器運行有關的事件</u>，在此事件中：</p> <p>...</p> <p><b>授權代表</b> 根據其資格由一國指派參加由另一國進行的調查的人員。<u>如果國家已經建立了事故調查部門</u>，<u>指派的授權代表通常來自該部門</u>。</p> <p><b>安全建議</b> <u>從事調查的國家的</u>事故調查部門根據調查所得資料而提出的用以預防事故或事故徵候的建議，<u>該建議在任何情況下絕不旨在產生對事故或事故徵候過失或責任的推定</u>。<u>除了事故和事故徵候調查產生的安全建議以外</u>，安全建議還可產生于多種來源，<u>包括安全研究</u>。</p> <p><b>重大意外事件</b> 涉及可表明<u>幾乎發生</u>具有<u>很高事故發生概率</u>的情況的意外事件，<u>即對於有人駕駛航空器而言</u>，<u>從任何人登上航空器準備飛行直至所有這類人員下了航空器為止的時間內</u>，<u>或對於無人駕駛航空器而言</u>，<u>從航空器為飛行目的準備移動直至飛行結束停止移動且主要推進系統停車的時間內所發生的與航空器運行有關的事件</u>。</p>
<p>第四章 通知</p> <p>4.1 出事所在國須毫不拖延地用可供利用的最適當和最迅速的方式將事故或嚴重事故徵候的通知發給：</p>	<p>第四章 通知</p> <p>4.1 出事所在國須毫不拖延地用可供利用的最適當和最迅速的方式將事故或嚴重事故徵候的通知發給：</p> <p>...</p>

<p>...</p> <p>e) 國際民航組織，如果所涉及航空器的最大品質在2 250 公斤以上。</p>	<p>e) 國際民航組織，如果所涉及航空器的最大品質在2 250 公斤以上<u>或是小型噴射航空器</u>。</p>
<p>第五章 調查</p> <p>.....</p> <p><b>出事所在國</b></p> <p>5.1 出事所在國鬚發起對事故情況進行調查並對調查的進行負責，但它可根據相互安排並經同意將全部或部分調查工作委託另一國進行。在任何情況下，出事所在國須採取一切辦法以便利調查。</p> <p>...</p> <p><b>5.1.1 建議</b> 出事所在國應發起對嚴重事故徵候的情況進行調查。該國可根據相互安排並經同意將全部或部分調查工作委託另一國進行。無論如何，出事所在國應採取一切辦法以便利調查。</p> <p>無</p> <p>.....</p> <p>..</p> <p>...</p> <p>..</p> <p>...</p> <p><b>5.4.1 建議</b> 任何分攤過失或責任的司法或行政程式應與根據本附件規定進行的任何調查區分開。</p>	<p>第五章 調查</p> <p>...</p> <p><b>出事所在國</b></p> <p>5.1 出事所在國鬚發起對事故情況進行調查並對調查的進行負責，但它可根據相互安排並經同意將全部或部分調查工作委託另一國或<u>一地區事故調查機構</u>進行。在任何情況下，出事所在國須採取一切辦法以便利調查。</p> <p>.....</p> <p><b>5.1.1 建議</b> 出事所在國應發起對嚴重事故徵候的情況進行調查。該國可根據相互安排並經同意將全部或部分調查工作委託另一國或<u>一地區事故調查機構</u>進行。無論如何，出事所在國應採取一切辦法以便利調查。</p> <p><u><b>5.1.2 出事所在國必須首先開始對最大品質超過 2 250 公斤以上的航空器發生的嚴重事故徵候情況進行調查。該國可根據互相安排並經同意將全部或部分調查工作委託另一國或一地區事故調查機構進行。在任何情況下，出事所在國必須採取一切辦法以便利調查。</b></u></p> <p><b>5.4.1建議</b> <u>根據本附件規定進行的任何調查，分攤過失或責任的司法或行政程序應必須與任何分攤過失或責任的司法或行政程序根據本附件規定進行的任何調查區分開。</u></p> <p><u>注：爲了將二者分開，可由國家事故調查部門的專家開展調查，而司法或行政程式則由其他有關專家進行。根據5.10，可能需要在事故現場和在收集事實材料方面對這兩個過程進行協調，並適當考慮到5.12 中的規定。</u></p> <p><u><b>5.4.2 建議</b> 事故調查部門應制定成文的政策和程序，詳述其事故調查的職責。這應包括組織與規劃、調查和報告。</u></p>

<p>...</p> <p><b>不公佈記錄</b></p> <p>5.12 對事故或事故徵候進行調查的國家不得爲了事故或事故徵候調查以外的目的公佈下述記錄，除非該國的有關司法部門斷定，公佈這些記錄的意義超過這樣做可能對該次或將來的調查產生的不良國內和國際影響：</p> <p>.....</p>	<p><b>5.4.3 建議</b> 國家應確保根據本附件各項規定進行的任何調查可毫不拖延和不受限制地獲得全部證據材料且不受行政或司法調查或程序的阻礙。</p> <p>注：本建議的意圖可通過事故調查部門和司法部門之間的立法、議定書或協議實現。</p> <p>...</p> <p><b>不公佈記錄</b></p> <p>5.12 對事故或事故徵候進行調查的國家不得爲了事故或事故徵候調查以外的目的公佈下述記錄，除非該國的有關司法部門斷定，公佈這些記錄的意義超過這樣做可能對該次或將來的調查產生的不良國內和國際影響：</p> <p>.....</p> <p><b>(新增) f) 座艙影像記錄器 (AIR) 及此種記錄的任何部分或超件；和</b></p> <p>.....</p> <p><b>(新增) 5.12.2</b> 事故調查部門不得向公眾公佈涉及事故或意外事件之人員姓名。</p>
<p>第六章 最終報告</p> <p>6.5 爲了預防事故，進行事故或意外事件調查的國家須儘快將“最終報告”發布。</p> <p>6.6 <b>建議</b> 進行調查的國家應儘早發布“最終報告”，如有可能，應在自出事之日起十二個月以內發布。如果不能在十二個月以內發布報告，進行調查的國家應在每年的出事周年日發布一份期中報告，詳述調查進展情況及所提出的任何安全問題。</p> <p>...</p> <p><b>收到安全建議的國家的責任</b></p> <p>6.10 收到安全建議的國家須告知提出建議的國家已採取或已考慮採取的預防行動，或將不採取任何行動的理由。</p>	<p>第六章 最終報告</p> <p>6.5 爲了預防事故，進行事故或事故徵候調查的國家須儘快<u>並在可能時於十二個月之內</u>將“最終報告”<u>公開發布</u>。</p> <p>注：<u>可將最終報告登載在網絡上以達到公開發布最終報告之目的，且最終報告並不一定要作爲印刷檔出版。</u></p> <p>6.6<b>建議</b> 如果不能在十二個月之內<u>公開發布</u>報告，進行調查的國家應 (shall) 在每年的出事周年日<u>公開發布</u>一份<u>臨時聲明 (interim statement)</u>，詳述調查進展情況及所提出的任何安全問題。</p> <p>...</p> <p><b>收到或發佈安全建議的國家的責任</b></p> <p>6.10 收到安全建議的國家須<u>於轉發函發出日期九十天以內</u>告知提出建議的國家已採取或已考慮採取的預防行動，或將不採取任何行動的理由。</p> <p><b>6.11 建議</b> 進行調查的國家或發佈安全建議的任何其他國家應執行有關程序，以記錄對所發出的安全建</p>

	<p>議的答覆情況。</p> <p><b>6.12 建議</b> 收到安全建議的國家應執行有關程式，對回應安全建議採取行動的進展情況進行監測。</p>
<p>附錄C 嚴重意外件實例清單</p> <p>...</p>	<p>附錄C 嚴重意外件實例清單</p> <p>...</p> <p>(新增) A類跑道入侵事件Runway incursions classified with severity A. The <i>Manual on the Prevention of Runway Incursions</i> (Doc 9870) contains information on the severity classifications.</p>
<p>無</p> <p>...</p>	<p>(新增) 附錄F 國家安全計畫 (Sate Safety Programme, SSP)</p> <p>建立各國的國家安全計畫之新規範；加強建置飛安自願報告系統之立法規範、失事及意外事件資料庫；新的標準及建議措施 (SARPs) 以監測已實施之預防措施；編列國家安全計畫之框架。</p>

第一個專題為大陸華東航空安全辦公室副主任郭富先生主講”可信的調查”，文中強調成功之調查必須精準、快速、獨立及務實，並說明調查人員必備之特質及條件，同時穿插事故案例之簡述，簡報內容豐富，但超出主辦單位預訂給予之時間太多。

另一主講人為 Mr. John Purvis，為波音公司退休調查官，講題為 1/4 世紀前發生之日航 JAL123 事故，本會多位調查官於國外受訓時均曾聽過其講授調查相關課程。該事故發生於 1985 年 8 月 12 日，對本會調查官而言並不陌生，因其某部份與華航 CI-611 事故類似，本會多數調查官均曾研討過該案例。該事故雖發生逾 25 年，但由親身參與且具有豐富調查經驗之調查員講述，且可於會後於講述者交換心得，確與僅看報告或透過第三者講述之感受及收獲不同。

### 3.3 亞洲事故趨勢與安全議題

亞洲地區事故調查趨勢及發展部份共有四項主題：第一項主題由全日空一位機長 Mr. Mizutani 主講” Just culture” 之實際運用與日本文化之連結，敘述全日空如何於該公司組織及建立安全文化之過程，包括整合全體員工之態度及行動，達到溝通，交流之目的，於管理，承諾，警覺，學習及激勵等部分達成共識，構建成一質優之公司安全文化。

第二項主題由大陸民航局安技中心楊小姐提報該部門飛航紀錄器解讀能量及挑戰，從無到有之過程中，涉及歐美製的飛航紀錄器及俄製飛航紀錄器之相關裝備及解讀軟體之維護問題，最後她對美國原廠（L3 Communication, Honeywell）、美國 NTSB Jim Cash、法國 BEA Christophe Menez 及我國 ASC 官文霖等協助及指導表達誠摯謝意。

第三項主題為 FAA 之 Mr. Matthews 提報亞洲地區事故趨勢，文中分析亞洲各國近十年來事故發生之消長，其中以越南、馬來西亞及大陸事故發生之減少情況最佳，我國亦有逐漸減緩之趨勢。最後一項主題係屏東科技大學之黃教授以新航 SQ006 中正機場事故為例，討論與人為因素相關之分析，並提供學術上之人為因素分析工具檢視 SQ006 之調查報告。

本日心得及建議有四：

1. ICAO 新版之修訂內容，本會已獲得目前正研擬中，並視需要反映即納入本會調查相關法規之內容。
2. 中國 CAAC 提報案例甚多，惟屬輕描淡寫，無法獲知事故發生之經過，遑論吸收及獲取相關調查之經驗，可能與其調查結果並不公開有關。
3. 亞洲飛安事故近十年之統計資料顯示許多新興發展航空之國家，其失事率之遞減甚至較其他國家為優，值得省思及深入研討其成因。

本次會議因時間關係，僅利用休息及用餐時間，與各國與會人員建立面對面

心得交換及交談機會，可藉以獲得相關調查最新訊息及資料，例如月前於日本曾發生兩起直昇機因救難發生之事故，經與 JTSC 之首席調查官高木先生接觸後，其應允提供對該事故調查過程之相關資料，對我方調查公務航空器可列為重要參考。

### 3.4 安全報告之貢獻調查和安全管理系統之調查

提報人：Mr. Paul E Mayers 紐西蘭事運輸安全委員會

1979 年 11 月 28 日 1 架 DC-10 墜毀在 Antarctic 附近的 Erebus 山造成機上 257 人死亡。該事件在調查界引發了不小的改變，由於以往事件調查多偏重於技術與飛航操作，在 70 年代 DC-10 的問題未造成業界重大影響，CVR/FDR 亦未損壞，該事件由美國運輸安全委員會及紐西蘭事故調查單位調查，初步調查結果顯示是典型飛行操作下撞地（CFIT）事故。

如今因為 GPWS 及 EGPWS 撞地警告系統的裝置，有效降低飛行操作下撞地事故，但在在事故發生當時，事故調查直接而且一般僅依 FDR 資料來找出事故肇因，也就是由人為因素角度，了解尚可操控的航空器撞山的原因，座艙語音通話記錄器可能就是主要證據。而以當時的技術 CVR 解讀是困難且易出錯的。回顧該事件即便安全管理系統觀念尚未萌芽，但已有自動報告制度，事故前二週另一航班的飛航組員，發現航圖報告點與實際有 30 哩出入，但該報告資訊並未通知事故機飛航組員。

飛航紀錄器水下打撈，無論是裝備、技術、經費及人力，在當時僅限少數重大失事為之，而在該時期損壞紀錄器的解讀技術亦有待精進，2000 年 1 月 Alaska Airlines Flight 261 耗時 77 天打撈，而法航 447 更是在耗費近 4 億美元且運用最新衛星定位技術，迄今仍無所獲，以現今衛星傳送的資料，雖已經大量運用，但是大量資料，限於頻寬及經費，仍未能廣泛普及，這也是在現今科技下，FDR 資料仍是目前惟一事故調查可靠資訊來源的原因。1979 年 11 月 28 日，一架 DC10

機墜毀在 Antarctic 附近的 Erebus，事故調查依住例，傾向飛航組員失誤為事故肇因，但是調查該事故的委員會，在審視公司決策及中階主管的監督管理後，認為該公司管理系統亦有缺失，這也可能是 REASON 或 swiss cheese 模式適用最早的例子。

今日事故調查單位，對安全管理系統的引用及了解，均已成為事故調查要項，而國際民航組織，無論對安全管理系統的引進及推動，也讓事故調查單位在調查作業時，會審視安全管理系統，而安全管理系統中簡化但易執行的「主動報告制度」，是發掘潛在風險的重要工具，同時亦是安全管理系統是否有效的指標。

以法航 447 重大失事為例，靜壓空速管的問題，或許在其他班次亦曾發生，但在空中巴士機隊中，可能是無數維修故障其中的一項，如何在這許多問題中找到風險真正潛在因子才是重點。

在眾多自動報告中，如何分別出有意義及認定可能風險因子或辨識風險趨勢，涉及主事者之主觀認定與專業，以澳洲事故調查局為例，該局律定應通報與強制通報事項，而在 15000 件報告中，真正進行事故調查的案例不足 0.2%，但在未被調查的事故中，如何找出可能風險因子，並採取積極有效措施，才是失事預防的根本。2009 年統計資料分析顯示，幾乎大部份的失事是可以預防的，如果調查範圍能由現今類別擴大，並考慮安全管理体系的各種因子，一個偏出跑道的案例與未遵標準操作程序、穩定進場、決心下達或訓練有關，飛航組員基本操作能力強化亦是，資料顯示很多事故發生與飛航組員無法有效掌控自動化與狀況超出預期有關，1979 年 Erebus 事故可能肇因如今看來仍重覆發生，30 年來科技進步但安全提昇的要求並未減少，因此講者呼籲與會者宣導及建立自動報告文化。

### **3.5 重大事故調查之準備**

#### **3.5.1 調查人員的心理保健**

提報人：Ms. Nevis Anthony T. Brickhouse, 英國Canfield Univ.

現場調查作業的風險已難很多場合被討論，但其中調查人員的心理保健較少觸及，事故發生後調查員必需立即趕往現場，在心理上壓力如未妥處理下可能造成調查員心理傷而不自知，當情緒失常延續一個月之久即可能判定該員可能罹患災難後症候群，1994年美生理醫學會公布 trauma 及 posttraumatic 壓力失調並說明其風險性 包括性封閉 迴避人及生活異常、重覆不愉快影像及惡夢，尤其是經歷巨大災難後的個人發生的機率亦高，事故調查員相關的文獻更少。

Ursano and McCarroll (1990), Raphael (1986), Coarsey-Rader (1995) 在其著作中提及事故調查員經常需目擊重大失事罹難者，簡報者針對如何克服心理障礙、如何預期事故現場可能狀況、一般性壓力、如何避免及如何尋求協助及解決之道分別說明

簡報人回顧文獻記載前期事故歷史發現事故後立即發現症狀及 4 至 6 週或 3 個月發生症狀者均有之 3 或 4 成經歷重大災難的人會發生情失調情況 但研究亦顯示經由事前訓練這些症候可以化解但並不表示如果隱藏或不表現出來就會消失

Rockwood (1993)研究報告顯示超出 50% 調查員在事故後會產生壓力而 20% 有非常大壓力而如果事故調查員已婚並育有子女則壓力更高但只有少數調查員會有失調現象。

Critical Incident Stress Debriefing (CISD) 是 1970 年發展出來協助受者復原的簡報，1995 年 Pace and Yasuhara, (1995) 亦指出這種 7 階段的治療有其功效，而另一種 3 段式 Post Action Staff Support (PASS) 亦被引用。另一種 Resiliency Management (RM) 與 CISD 類似 Critical Incident Stress Management (CISM) 亦為另一種短期治療方法且廣泛由警消人員使用。

至於危機諮商則是針對經歷重大事件的個人量身打造有互動關係的行為，讓患者了解其行為反應的漸進與變化同時適時提供協助與諮詢。

Psychological First Aid (PFA) 是另一種針對短中期事故後患者的緊急醫

療救助。PFA 包括八個重點：接觸、安慰、穩定、了解狀況、協助、尋求社會援助、提供患者相關資訊以及互相交換聯結所知情況。

問卷透過 Curt Lewis 網站及 ISASI 2009 年會分送 233 位相關調查作業人員，問卷分為 9 項包含不同問題面向，回收 228 份問卷，10.1%女性 89.9% 男性 受訪者多有焦慮 疲勞 失眠 部份有重覆症候、64.5%疲勞 53.5%焦慮 32.5%出現注意力無法集中甚至 19.7% 經歷恐懼及 12.7% 出現罪惡感 31.6%勇於向外求援 68.4% 則否 調查顯示調查員較常人吝於向外要求協助，或者求助時間延後，但這些影響仍會存在而不會消失不見，較為特別的是工作 15 年到 19 年的調查員似乎除外。

訪談中部份調查員口述失眠，沮喪或出現退縮行為或者不願承諾，這種現象會影響調查員的人際關係，家庭或與同事相處或者出現想辭職的念頭，有些事故調查機關會提供相關重大事故因應訓練課程或納入單位年度複訓。

結論中提報人強調事故調查員在經歷重大事故或對其身心確會產生影響，也都可能出現焦慮、疲勞、失眠、或人際關係退化情形，但無論是事故前後的相關訓練，或調查員於事故後主動尋求協助認知應予強化，並廣為宣導，加強學研合作，讓調查機關正視可能造成之身心影響層面，並主動監控以及提供協助以及納入年度訓練中。

### 3.5.2 重大海上事故調查之準備

提報人：Ms. Pang Min Li, 新加坡航空失事調查局

新加坡失事調查局 AAIB 講員說明於重大水下事故後，事故調查機關緊急應變之角色及程序。主講人以地處四處環海且較缺乏水下打撈失事調查機關 AAIB，如何在尚未發生水下重大飛航事故時，做最壞的打算與最佳的準備。

AAIB 以事故調查機關在調查作業中，必需確保與其他參與事故調查作業機關良好的協調合作關係，尤其是確保參與現場失事搶救階段各有關機關，並加強內部人員不同飛航事故應變彈性做法及觀念訓練。站在失事調查機關的角色，要事前完整規劃並具備危機處理觀念，新加坡失事調查局 AAIB 說明在發生於水下時，事故調查機關必須有效掌控時效性，掌握失事搶救與調查之優先順序，水下打撈的裝備及資源建立資料庫，而在實際作業上，水下調查作業仍有賴機場及其他事故調查機關經驗分享及協助。

講員以 AAIB 內部水下打撈類似自我督察問卷，探討該機關在水下打撈的能量與先期整備。問卷包含人力，裝備，知識，能量，資源，訓練及國際合作管道等。發生於 1975 年 9 月 17 日 Convair CV-240 讓該機關開始了解水下打撈的重要性，同年 12 月 SilkAir MI185 由印尼事故調查局主導調查讓參與調查人員見識到，不良海象及能見度不良的狀況，也學習到跨國合作及水下打撈裝備的重要性

也因為這樣，新加坡事故調查局開始向國際水下打撈先進調查單位取經，包括加拿大，法國，我國，及美英等國，而發生在 2007 年 1 月 Adam Air B737 讓 AAIB 了解到通訊器材的重要性。

新加坡事故調查局於 2009 年開始內部先期整備作業，該機關針對協調資源及訓練做加強，包括資源整合 海象圖蒐集，採購新裝備及定期演習及演練等。經由期演習及演練，調查人員體認到前置作業計劃、檢查表及經費需求。以及在不同水下聽音的困難性及如何探測。

講員最後以國際協調合作，內部整合，持續學習，與相關機關構先期協調及尋求跨國演習可行性為未來展望與結論。

### 3.5.3 由倫敦希斯洛機場 Boeing 777 調查作業中探討大量資料應用方式

提報人：英國 AAIB 調查官 Mr. Mark Ford

2008 年 1 月 17 日 a Boeing 777-236ERy Rolls-Royce 引擎 在倫敦希斯洛機場進場時雙發動機熄火造成航機墜毀於距道 330 米處 (Figure 1) . 該事故由英國失調查局主導調查，事故肇因為積冰造成發動機滑油熱交換 (FOHE) 堵塞，2008 年 11 月 26 日一架波音 777-200ER N862DA 勞斯萊斯引擎在巡航階段動力銳減同樣為積冰所造成熱交換 (FOHE) 故障。

事故調查單位針對類似事故進行調查分析，期待在上千件航程中分析出油量異常的可能因素，達成目的的方法必需是符合調查需求的資料整合管理 (DATA MINING) 小組成員包括 AAIB 製造場及發動機專家及 QinetiQ 統計專人處理近 50 萬筆資料，報告人針對資料整合管理資料整合管理過程及作業做綜合說明。

早期資料整合管理方式包括：Bayes' theorem (1700s)，regression analysis (1800s). 隨著時代及電腦科技進步，clustering, genetic algorithms (1950s), decision trees (1960s) 及 support vector machines (1980s). 資料整合管理，應用及於航空公司各項資料處理，本案收集的資料非僅限 777，但要在龐大資料量中找出異常趨勢及發現共同因素並非易事，更何況之後要證明該因素與事件可能肇因相關更非易事。因此如何測試並驗證積冰的形成是其中極為重要的一環。事故後數日在引擎監測計劃中發現起飛與巡航油溫為 (-2°C) 及 (-34°C)，QAR 資料亦顯示油溫及流量亦出現異常 (12,288 pph) 以上資料提供調查單位一些樣本但仍止能證明此為真實狀況，而航空器 QAR 資料應能提供較佳解答。

測試小組在英國希斯洛機場使用計秒工程油量資料做逐筆統計，小組工作目標除了針對事故資料比對外還包含其他航班可能異常資訊

以往在 1999 年 European Cross Industry Standard Process for Data Mining

(CRISP-DM 1.0) 及 2004 JavaData Mining standard (JDM 1.0) 都有發布對資料整合管理標準的文件，包括 R Project, Weka, KNIME, RapidMiner 等其他軟件以 PMML (Predictive Model Markup Language) 格式而能做交換

Boeing 及 Rolls-Royce 公司則使用 MATLAB 發展的 MathWorks

(<http://www.mathworks.com>) , SAS (<http://www.sas.com>) .及 QinetiQ

SPSS (<http://www.spss.com/uk>)

本案資料整合管理小組共計統合 610,000 班起飛、13,500 班 QAR 及 191,000 最低使用油料及 178,000 航班不同階段的用油資料，由內部資料整合管理訓練開始必需有能力認定異常事件中與發動機油流量相關之參數及其他由維修監控據中之資料 這些資料認定必需專業具正確性。

在資料整合管理進行中，業者亦組成專門小組配合於 FDM (Flight Data Monitoring program) 在專門硬體進行資料整合管理資料整合。管理分析需由簡入繁、標準化及確認異常，並使用不同分析手法，即使二個類似油量異常航班，仍需針對不同狀況及航程以起飛、巡航下降進場落地分類再行比對後認定，有些異常參數則必需在整體審視後才能看出其特殊性。

調查小組於測試 178,000 航班，結果發現油箱積冰在事故機確有可能發生，於稍後高流量時釋出，但亦有可能於進場時阻塞，測試結果亦顯示，當 boost pump inlet 油量在極高密度情況下，有可能因為積冰限制燃油流量，但在 -10°C 以上且流量超出 12,000PPH 熱交換 FOHE 不可能發生因積冰產生油量阻塞的情況。該事故機在 Rolls Royce 少見，但 PW 曾有類似事件發生。

178,000 航班中僅有二次 engine rollbacks 與燃油及熱交換阻塞有關，本次事故調查作業中資料管理小組成功的驗證該事故油溫在初期並非造成阻塞的因

子，雖未能完全了解不同發動機製造廠有不同異常參數原因，但測試至少提供了一些解釋或可能性，以及前後二次事故是否有類似肇因，但燃油流量及溫度確有可能會造成限制或阻塞。

調查小組分析包括 13,500 航班，Boeing 777 取得使用者 178,000 航班資料包括 Rolls-Royce (35,000), General Electric (1,000) 及 Pratt and Whitney (142,000) 同時協調業者提供 QAR 資料同時使用業者提供之 FDM data point 比對。經由測試調查團隊在事故後迅速且完整完成資料管理分析、各分組克服共同工作時差的困難、解決資料分享技術問題及大量資料處理交換共同分工合作，業者與調查團隊專業分享及協調合作，定期召開協調會及資料認定標準化都使得調查分組多所收穫。

#### 3.5.4 駕駛員飛行決策相關研究

提報人：國防大學李文進博士、本會代執行長王興中

飛行決策 (ADM) 專題係由李員以不同的飛行經驗在不同飛行情境中對「飛行決策輔助記憶術」的選擇是否有顯著性之差異為主軸，美國國家運輸安全委員會 (NTSB) 之研究指出「飛行員決策錯誤是航空事故的主要因素」應用「飛行決策輔助記憶術」之理論，發展不同飛行情境下之飛行決策訓練課程，可有效提昇飛行員在高風險、時間壓力與充滿不確定因素的飛行情境中，做出最符合安全的決策，本研究亦有助於飛安會調查員瞭解飛行員決策之歷程與方法，有助於飛航操作相關調查與改善建議擬訂。

飛行員從例行飛行任務使用的簡單規則與程序，到遭遇緊急情況所做的各種反應均與「飛行決策」有關。座艙中之「飛行決策」為飛行員對自己、飛機、飛行環境及飛行任務之認知，分析比較可能之狀況與對應策略的過程，確保在危急中能做出正確與及時之反應，以預防飛行器在可操控的情況下墜地 (Controlled Flight into Terrain, CFIT)。

在整個飛行過程中，飛行員每一分每一秒都做在做決策，例如在降落時需要隨時保持狀況警覺、轉移注意力、監控下滑道、飛機速度以及飛機姿態，判斷風速、風向並決定如何伸放外型，控制速度、調整操作量，以安全的落地。

李博士研究發現雖然專家運用「主要認知(Recognition-primed decisions)」的決策過程來形成單一可能的方案，新手則運用比較、分析的方法，有系統地比較多重方案。儘管有關飛行決策理論眾多，國際上航空領域的研究均證明可以藉由訓練來有效率地提升「飛行決策」能力，李博士並以親身參與「飛行決策訓練」的影帶突顯在缺氧的狀況下由身體感覺器官接受座艙內或外界的訊息開始及反應時間，這些訊息在大腦中分析、判斷後做成決策，然後飛行員再採取適當的操作反應，證明不同的飛行經驗在不同飛行情境中對「飛行決策輔助記憶術」的選擇是否有顯著性之差異。

### 3.6 事故調查工具發展及經驗分享

#### 3.6.1 應用商業衛星影像從事航空器事故調查

提報人：Dr Matthew Greaves Cranfield Safety and Accident Investigation Centre,

多數的致命飛航事故，其航空器殘骸是容易被找到且調查員可以到達現場進行檢視；然而仍存在明顯的例外，如 2009 年 6 月法航 447 航班於飛越大西洋上空墜海、2007 年印尼亞當航空 574 航班於飛越南太平洋上空墜海，此兩件事務之殘骸定位十分困難。同樣地，2006 年英國皇家空軍尼姆羅德（RAF Nimrod）在阿富汗墜毀與 1989 年法國空運聯盟（UTA）772 航班在撒哈拉大沙漠等空難，尋找航空器殘骸亦極為困難，甚至因政治或地域的限制使調查人員永遠無法取得相關殘骸進行原因鑑定。

本篇論文係為英國 Cranfield 大學與英國軍方（MOD/DSTL）及 AAIB 的合作計劃，主旨為研究近期商用資源衛星影像之品質及解析度，藉以研究如何應用於飛航事故調查中。

近年商用資源衛星影像的應用極為普及，如 Google Earth 就提供絕佳的全球涵概的影像服務。然而，基於飛航事故調查之需求，如何定購並取得優良品質的影像是值得研究的課題。如能事先根據 FDR 紀錄參數或雷達資料確認事故地點對採購資源衛星影像是有助的。表 3.6-1 各種商用資源衛星影像之解析度比較

Table 3.6-1 各種商用資源衛星影像之解析度比較

Satellite	Panchromatic (m)	Multispectral (m)
OrbView-3	1	4
IKONOS	0.82	4
EROS-B	0.7	--
QuickBird	0.61	2.44
WorldView-1	0.5	--
WorldView-2	0.46	1.84

GeoEye-1	0.41	1.64
Radar Sat.	Resolution (m)	
RADARSAT-2	3	
COSMO-SkyMed	1	
TerraSAR-X	1	

英國 Cranfield 大學的研究方法為於陸地及海上各選一 10 KM X 10 KM 的場所將它佈置為事故現場，並購買 QuickBird (10,000 英磅 960 Mb) 及 TerraSAR (7,000 英磅 220 Mb) 影像，透過地面的殘骸分布以 GPS 量測後再比較其精度。其中，模擬的殘骸大小為 4 m x 4m、2 m x 2m、1 m x 1m、0.5 m x 0.5m，並放置真的黑盒子一具於現場。結果顯示，大於 1 m x 1m 的方型殘骸可以辨識但實際的地形植被顏色將影響其辨識度，詳圖 3.6-1。

簡報最後，Dr Matthew 也提到他們下一步準備應用 UAV 進行事故現場的空拍應用，此與本會發展數年的方向不謀而合！

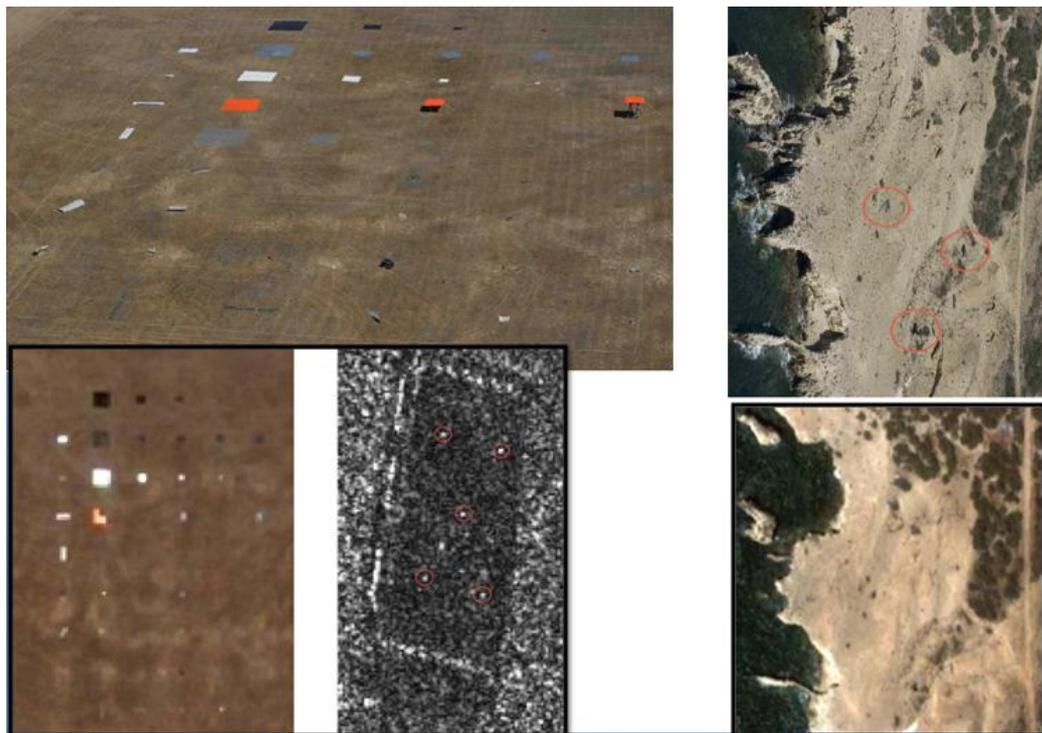


圖 3.6-1 事故現場模擬殘骸及 Quickbird 影像比較圖

### 3.6.2 重大飛航事故之經驗教訓及技術合作

提報人：官文霖（台灣飛安會），Christophe Menez（法國 BEA）

本論文係以飛安會（ASC）成立 12 年來的重大海上空難為出發點，論述我國飛航事故調查能量起步較晚在有限的資源和專業知識下，如何進行複雜空難調查。以 2002 年的 ATR 72-200 海上事故為例，研討本會與法國航空失事調查局（BEA）之調查挑戰及合作，包括：海上黑盒子打撈、損壞磁帶解讀及嚴重積冰性能分析。

近年來，ASC 為因應未來的重大飛航事故調查挑戰，積極參與歐美事故調查機構之相關技術研討會，並與 BEA 合作解決機載 GPS 晶片解讀能量。本論文以調查過程的 ATR 72-200 經驗教訓來持續創新、提升調查人員的技能和知識，並擴大工程能力的發展。如：損壞飛航紀錄器解讀（圖 3.6-2）、水下定位系統、工程飛航模擬器、結構失效分析及事故調查資訊管理系統（圖 3.6-3）等。論文提報中，ASC 與 BEA 強調由**單一事故調查發展長久的技術夥伴關係重要性**，並藉以說明雙方免費提供技術服務給其他調查機構，且 ASC 於飛航事故調查員記錄器會議（AIR）持續透過網路平台（IRIG）來提供資料交換服務給國際友人得進展。

在結論方面，真正**獨立**的事故調查需要優良的**專業調查人員及現代化技術支持**、ASC 與 BEA 之**雙邊技術夥伴關係**只是一個成功例子透過 AIR 及 IRIG 平台更多的合作正在展開著、主導調查機構應有重大事故調查緊急方案、並事先協調解與決相關政府部門間的問題以期有效解決問題。可能本論文與大會主題契合（**精確、迅速、獨立且可信的事故調查**），獲得許多資深 ISASI 會員的提名與支持，最終獲選為年度最佳論文。

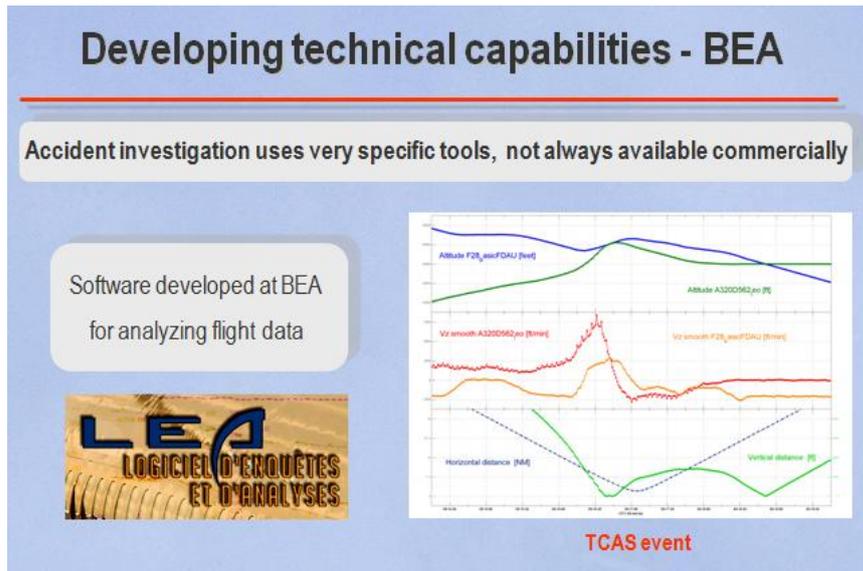


圖 3.6-2 BEA 發展中的飛航資料分析系統（LEA）

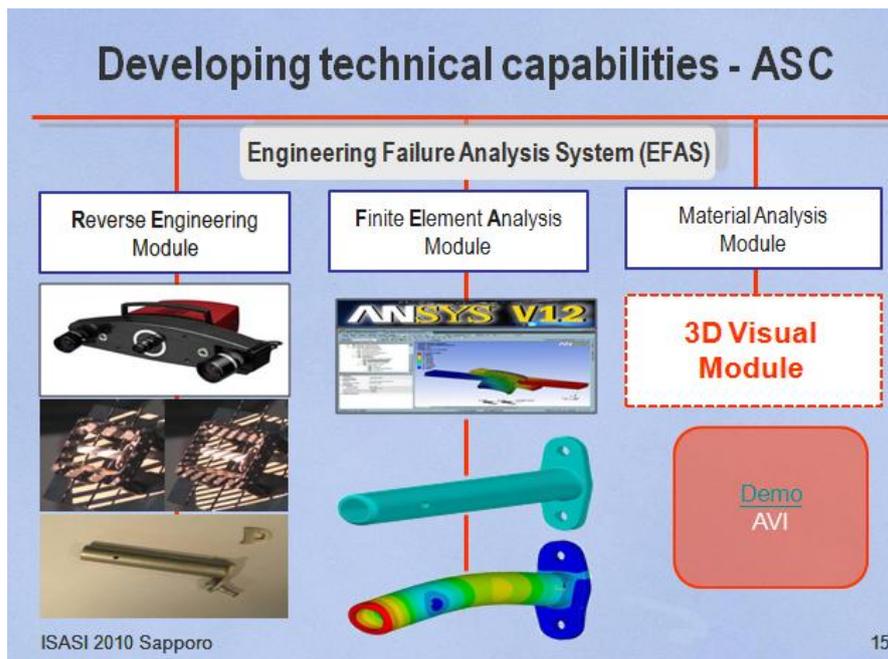


圖 3.6-3 ASC 發展中的工程失效分析系統（EFAS）

### 3.6.3 應用 FDR 資料進行地形剖面分析

提報人：Embraer, Air Safety Dept., Mr. Frederico Machado

Embraer 公司針對某一型 ERJ-170 事故進行提報，該機於南美洲某機場落地

時偏出跑道，惟 FDR 並未紀錄 LAT/LONG 位置，且相關參數有限無法研析該機相對於跑道的著陸點，本論文將以機載記錄之氣壓高度及雷達高度，配合 SRTM 1/3 ARC SECOND 地形資料來推斷著陸點（圖 3.6-4）。

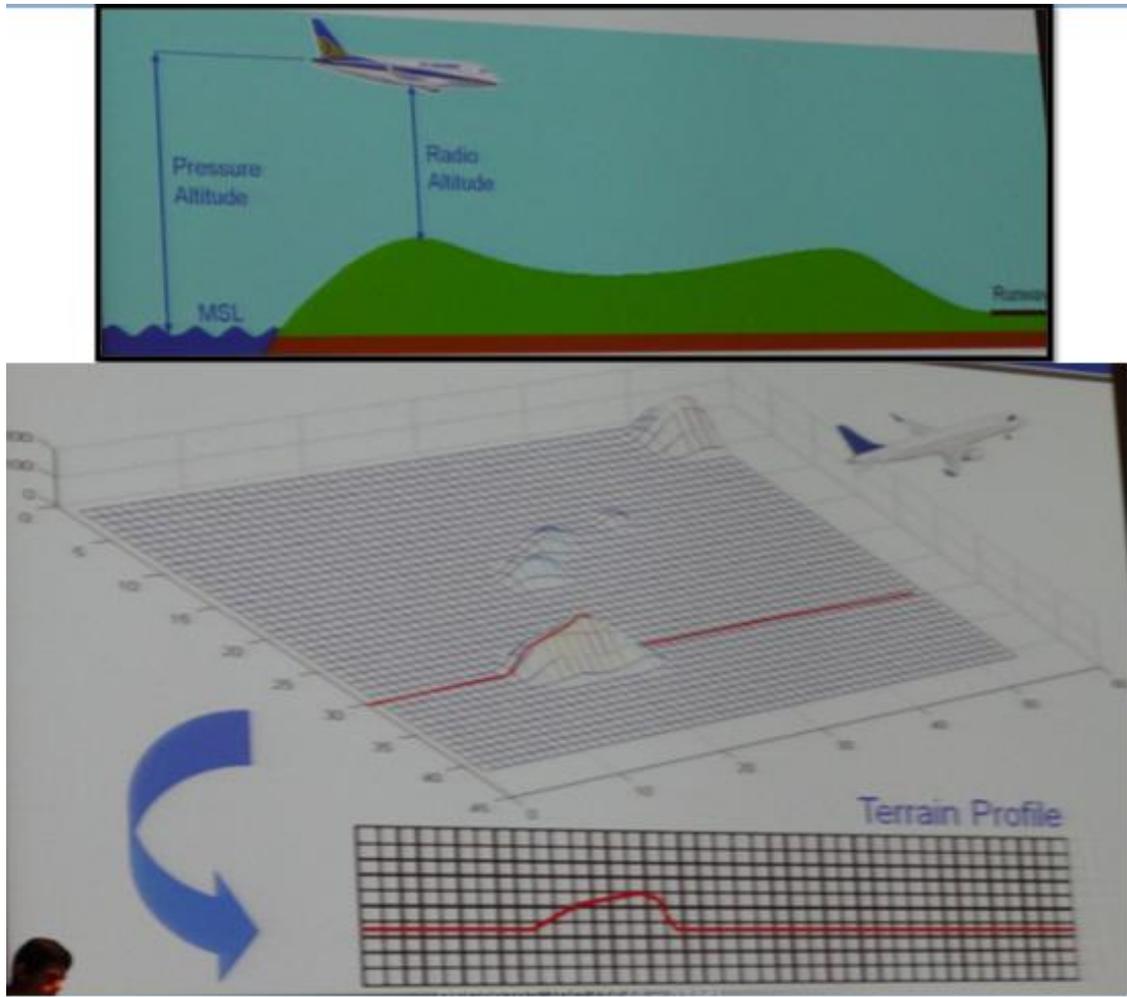


圖 3.6-4 飛航軌跡之雷達高度對應地形變化圖

應用方法假設航空器落地前對正跑道中心線，截取正常航班由 2,000 呎 RALT 至跑道頭及延伸至跑道末端的 SRTM 地形高度資料；將事故班機的 RALT 資料與 SRTM 地形高度資料放成同一刻度比對，由地形高度起伏及 RALT 的起伏趨勢，找出相對位置關聯性後，進行平移後及可推估出著陸點相對於跑道頭的距離，本案例著陸點約為 1,340 呎（（圖 3.6-5））。

本方法的缺點為無法處理相對於跑道地帶橫向的偏移事故；受限於 RALT 只能

應用於 2,500 呎以下。

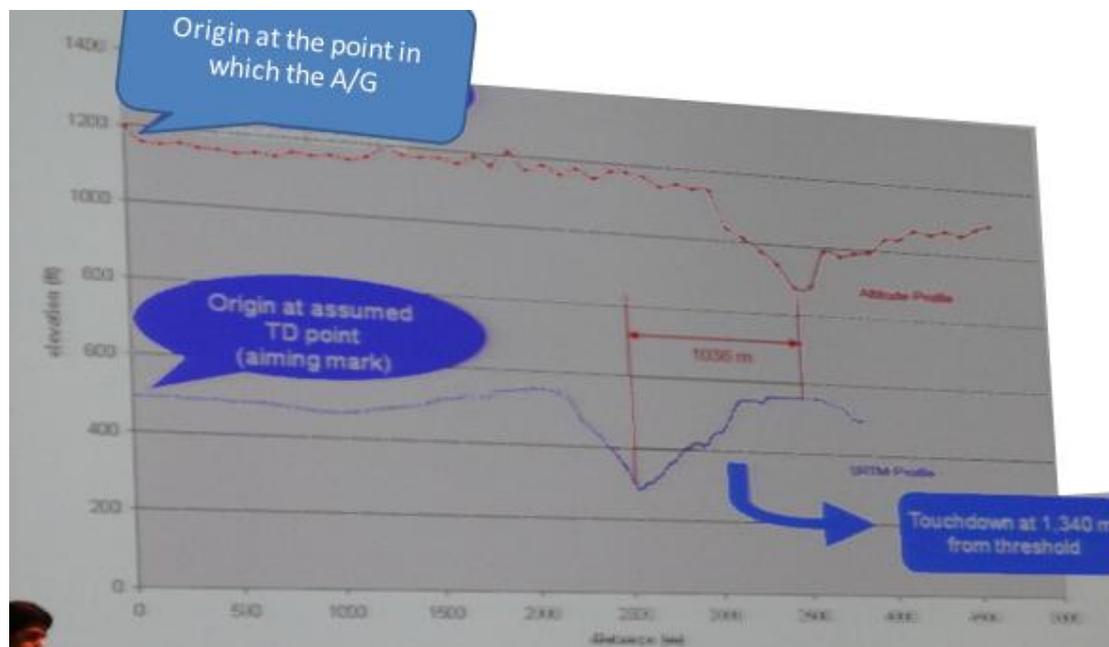


圖 3.6-5 某 ERJ-170 事故航班之 RALT 對應 SRTM 地形變化圖

### 3.6.4 語音韻律特徵和自主神經反應於飛行中對話中之心理壓力分析

提報人：Japan Air Self Defense Force, Mr. Hiroto KuKiChi

日本防空自衛隊的研究論文旨在找出最佳語音指數與生理指標之關係，以評估飛行員於受測過程中的心理壓力 (mental stressor)，生理指標的量測係根據瞳孔變化、血壓及心跳來決定受測者之自主神經反應 (autonomic nervous response)，詳圖 3.6-6。

飛行員必需具備同時處理多通道訊息能力，以維持良好的狀況警覺 (SA)，如視覺，聽覺，體感，觸覺和嗅覺信息。尤其是，現代飛行員必須具有高度的認知能力，包括：自我認知 (Meta Cognition) 及自我監督，如同系統程序員，系統監控和系統管理員一般來發揮重要作用以達最佳狀態來管理及操控飛機。

一系列活動的訊息處理程序，可以藉由日常的訓練和經驗，及所做的模式匹配策略使飛行員較容意作出決策，以有效整合其認知資源（cognitive resources）。然而，異常的緊急情況下，或該事件可能造成飛航事故，飛行員不得不決定高度認知工作量的情況下，飛行員應選擇最適當的方法；於有限的時間壓力情況下，收集資料及考慮另一種解決方案，飛行員的生命係處於危險中。

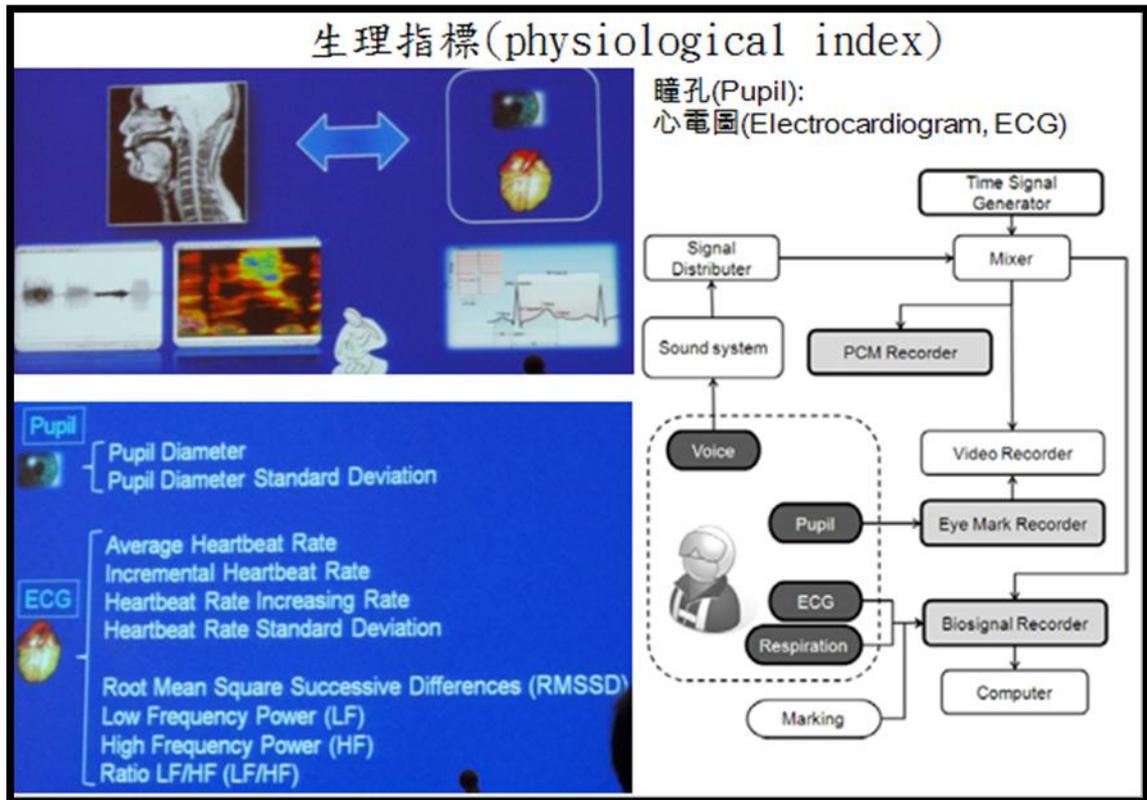


圖 3.6-6 生理指標研究流程圖

為了估測飛行員於一系列事件的過程中之情緒，要分析其心理和行為於特定情況下之狀態，如同航空器之系統狀態及其飛行動作也要用紀錄器一般。雖然，重大飛航事故調查可以依賴飛航紀錄器（CVR/FDR），本研究主要考量為缺乏飛航紀錄器下，如何透過地空無線電通信錄音、戰機機載抬頭顯示器（HUD）及錄相器（VTR）來執行飛行員之心理壓力分析工作，圖 3.6-7 為研究成果，其成果已落實於日本防空自衛隊飛行員的生理指標評估工作。

Mr. Hiroto KuKiChi 最後以美國哈德遜河的 A320 遭預鳥擊後破降案例作結論，他根據 FAA 網站的陸空無線電通信錄音檔案，研究該機於起飛爬升過程至遭遇鳥擊後破降期間的飛行員的生理指標，結果如圖 3.6-8。

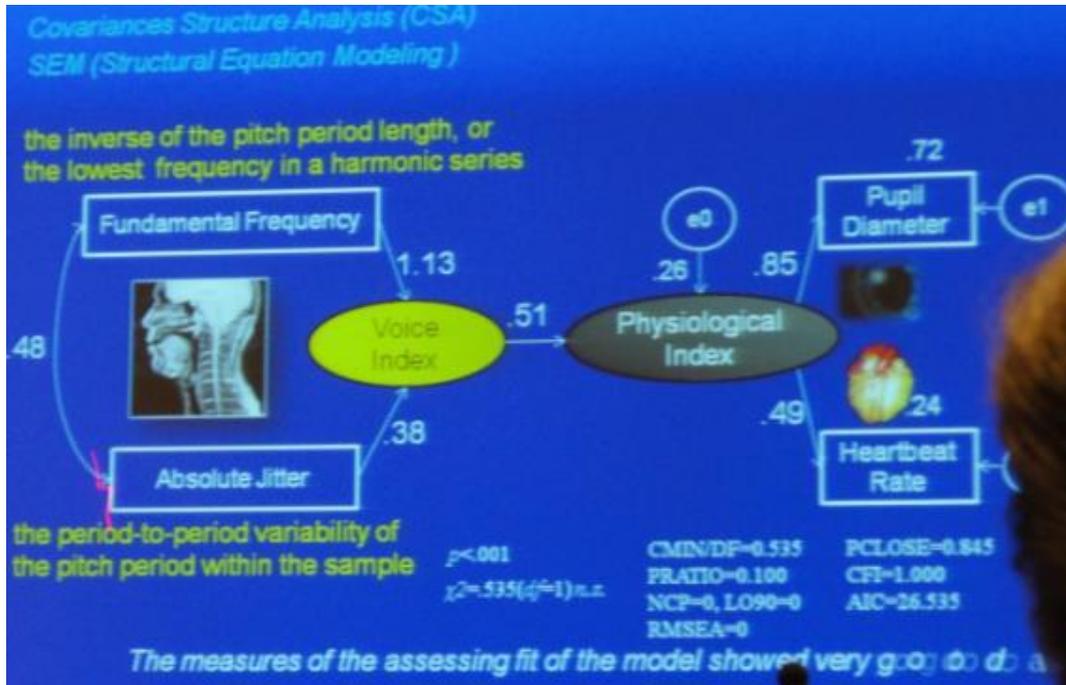


圖 3.6-7 生理指標研究成果

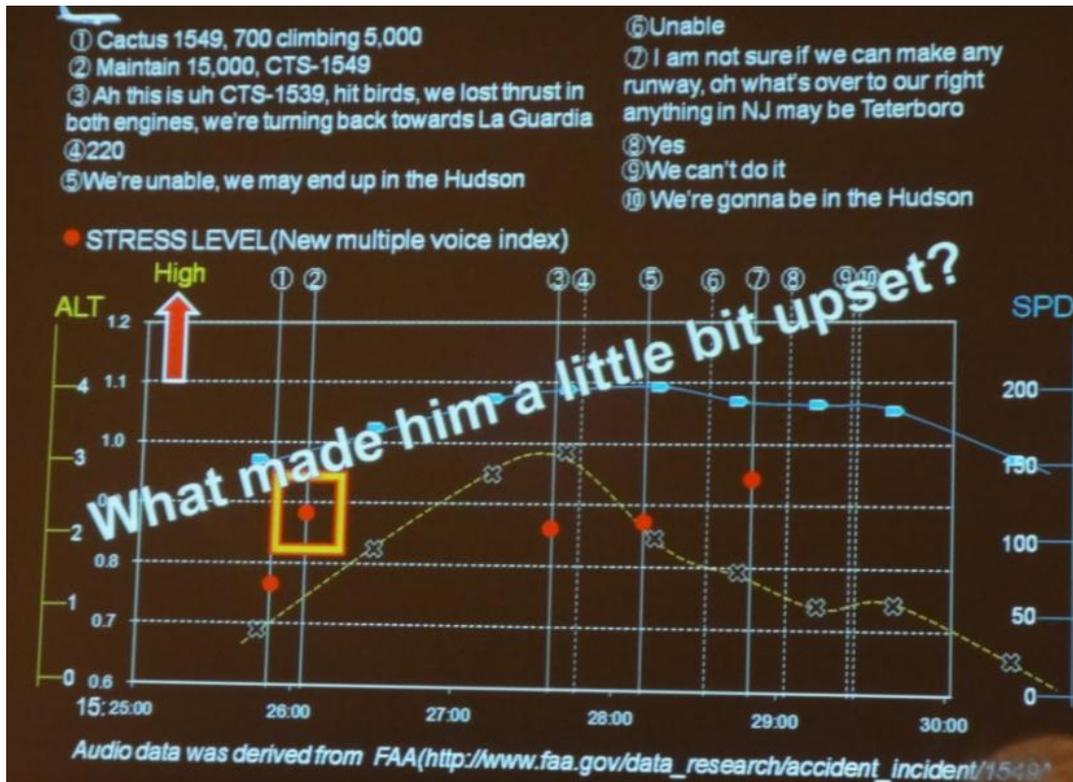


圖 3.6-8 某 A320 破降案例之無線電通信錄音研究飛行員的生理指標

## 3.7 近期重大事故調查之挑戰

### 3.7.1 法航 447 事故之海底搜索行動、經驗與建議

提報人：BEA Investigator Mr. Olivier Ferrante

2009 年 6 月 1 日一架法航 Airbus A330-203 客機，447 號班機 (AF447) 執行巴西里約熱內盧至法國巴黎載客任務。該班載有 216 名乘客以及 12 名機組人員在巴西聖佩德羅和聖保羅島嶼附近墜毀，機上人員全數罹難，為法國航空成立以來傷亡最慘重的飛航事故，亦 A330 型客機投入營運後的首次致命全毀事故。

5 月 31 日 10:03 UTC，AF447 由里約熱內盧利昂國際機場起飛，原定於 6 月 1 日 09:10 上午到達巴黎。約 01:33 時，該機報告將於 50 分鐘內進入塞內加爾空管區域 (距巴西東北海岸 565 公里)。此該機巡航高度為 35000 呎，空速 467 節。01:48 時，該機離開巴西大西洋空中管制區域。約 02:10 時，地面控制臺首次收到來自客機飛機通信尋址與報告系統 (ACARS) 自動發出的故障代碼，詳 BEA 第一份調查報告。約 02:11 時至 2:1 期間，持續收到 20 多次 ACARS 故障資料，內容指向、皮式管故障導致自動飛行第一／二模式導航功能失效、機艙增壓系統異常等。一般推測當時客機進入強烈的暴風雨區域並遭遇強烈的亂流，其後飛機失去聯繫。

6 月 1 日，法國當局立即請求美國國防部提供衛星協助。法國海軍於 6 月 2 日派出兩艘巡邏艦前往預計搜索地點，一架 E-3 空中預警機在當天下午 3 時起飛，協助早前已派出的布瑞圭大西洋式長程偵察機以及獵鷹 50 噴射機 (Dassault Falcon 50)，法國同時也派出一艘攜帶兩小型潛水艇 (可下潛到 6000 公尺深) 搜救船。因搜尋面積龐大使搜索工作遭受極大困難。6 月 2 日，巴西空軍在費爾南多·迪諾羅尼亞群島東北 650 公里聖彼特與聖保羅岩附近發現海面有漂浮物如飛機座椅、救生圈、金屬管等，同時海面漂有航空燃油的痕跡，隨後巴西軍方證實空軍以及法國貨船所發現的殘骸來自 AF447，並宣布班機已經墜毀。6 月 6 日，巴西空軍宣佈在離海岸約 1100 公里處，發現兩具乘客遺體、有該航班機票的行李箱、裝有電腦的背包，及可能是該班機上的座椅。

在遇難者的搜尋工作完成後，搜尋飛行記錄器的行動隨即展開，法國派出核

動力潛艇以及兩艘裝有美國海軍監察裝置的法國船隻在事故範圍半徑 80 公里內進行搜尋。至 2009 年 7 月中，兩具紀錄器仍未尋獲，於 7 月底至 8 月 20 日，法國開始第二階段搜尋，法國增派聲納船協助搜尋。法國於 2010 年 4 月底至 5 月展開第三階段搜尋。重點說明如下：

典型的水下偵蒐與打撈必須考慮之元素，決定搜索區域：檢視與確認所有原始資料如飛航／通訊資料、可見的／雷達資料、氣象資料、海象資料（詳 3.8-2／3.8-3）。該案共經歷三階段水下殘骸及紀錄器偵搜作業，目前已暫停海上作業。第三階段有 2 艘打撈船配屬 5 台 ROV 或 AGU 進行水下 3,000 公尺至 3,500 公尺之海床偵查工作，作業範圍高達 40 NM 半徑（詳 3.7-1）。迄今，AF 447 事故調查花費於海上偵搜與救援費用逾 8,000 萬歐元，其中用於水下殘骸及紀錄器偵搜費用約 2,300 萬歐元。BEA 分擔 1,000 萬歐元、剩餘部份由 Airbus 公司及法航各出資 650 萬歐元。

法航 447 事故調查確認飛航紀錄器資料之重要性，可作為事故於任何種情況發生和原因，並提出安全的措施。正如其他事故調查，也揭示了海上空難的調查困難，諸如黑盒子定位，回收和其後紀錄器解讀工作等。

上述海上空難調查困難議題，對目前民航界是否有足夠的可行技術以保護民用運輸類航空器之飛航紀錄器形成挑戰，且有些飛航事故的類似特徵一再重複出現。AF447 調查中，法國 BEA 組成一國際工作小組，以研究各種技術，用以保護飛航紀錄器資料及提升其殘骸定位和回收飛航紀錄器。此工作小組致力於分析各個領域，盡可能徹底研討飛航資料之衛星新傳輸技術，及提出三項顯著的飛安改善建議：增加 ULB 的傳輸時間和範圍、傳送事故發生初期的飛航資料，及裝置可拋式飛航紀錄器（Deployable Flight Recorders）。BEA 已於 2009 年 11 月 19 日提交國際民航組織空中航行委員會（ICAO Air Navigation Commission）。BEA 對 ICAO 及 EASA 之飛安建議如下：

1. 針對執行越洋飛行的民航運輸類航空器，盡快延長飛航紀錄器之 ULB 訊號傳送時間至 90 天；
2. 強制立法，針對執行越洋飛行的民航運輸類航空器，盡快加裝一個 ULB，發射

訊號如8.5KHZ及9.5KHZ以作為航機殘骸之定位用途。

3. 研究其可能性，強制立法要求民航運輸類航空器緊急傳送基本飛航參數（如：位置，高度，速度，航向）。

此外，BEA另提議飛安建議給ICAO：

1. 要求ICAO轄下之飛航紀錄器工作小組FLIRECP，建議相關文件以落實Eurocae ED-112法規中有關民航運輸類航空器之可拋式飛航紀錄器。

2010年4月ICAO召開高階飛安會議（HLSC），BEA亦針對法航447事故調查所遭遇之困難，作出一項重要結論「It is not acceptable that an accident cannot be completely investigated due to the lack of recorded data」，作為各國支持前述飛安建議並盡早落實。

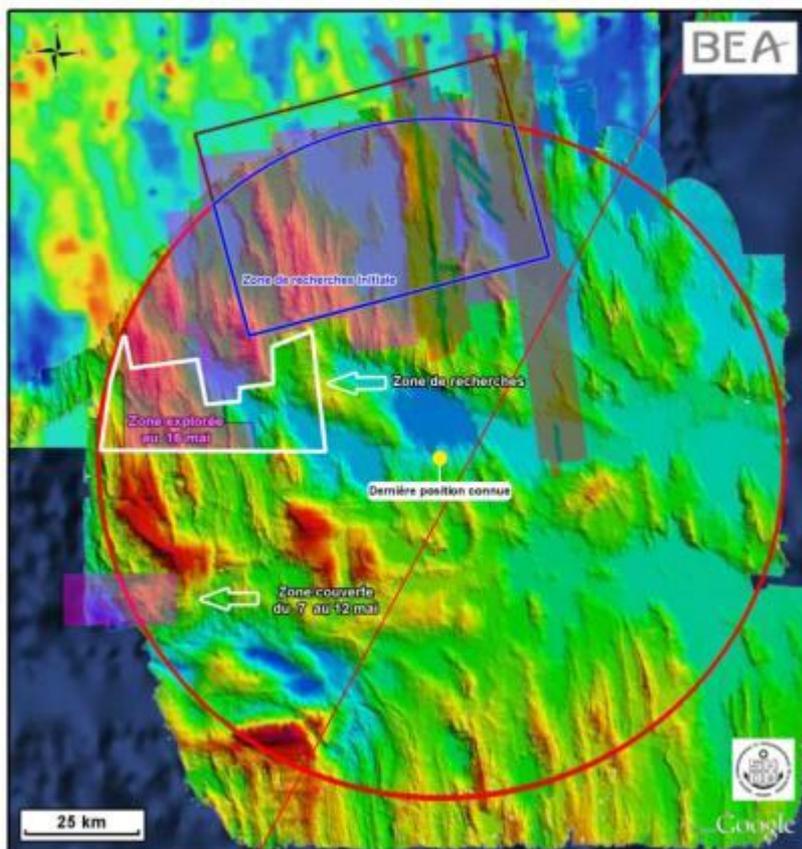


圖 3.7-1 AF447 之海上偵查蒐作業範圍（40 NM 半徑）

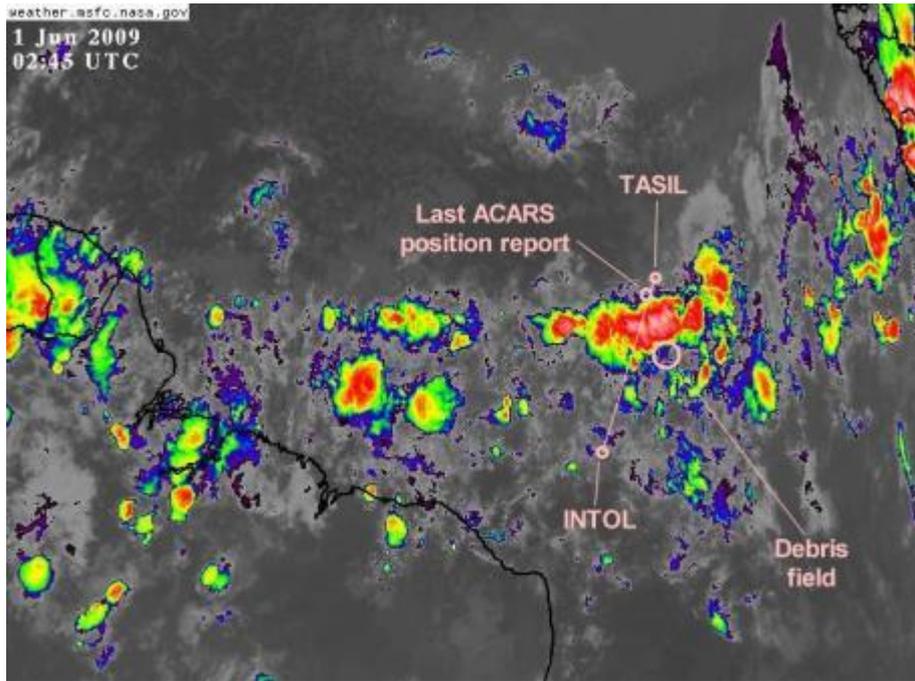


圖 3.7-2 事故當日氣象衛星熱紅外線影線（拍攝時間 02:45Z Jun 1<sup>st</sup>）

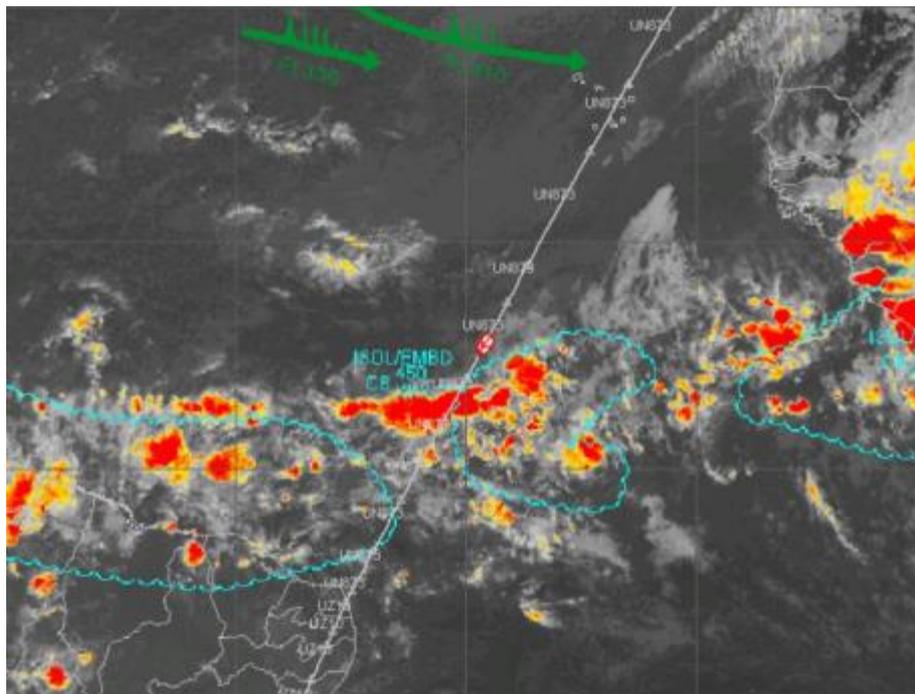


圖 3.7-3 事故當日氣象衛星熱紅外線影線（同航路前一航班 UN873）

### 3.7.2 英國 BA B777 事故調查挑戰：不尋常的燃油結冰問題

提報人：Boeing Mr. Tom Dodt. & Mr. Mark H. Smith

2008 年 1 月 17 日一架英航 Boeing B777-236ER 客機，38 號班機(BA038) 執行中國北京至英國倫敦載客任務。該班載有 136 名乘客以及 16 名機組人員於英國希斯洛機場進場時，約落地前 20 秒離地高度 430 呎，機上兩具勞斯萊斯 Trent 895 發動機突然失去動力，所有電子儀器均喪失電力而失效，該機以靠剩餘空速滑翔降落。約 12:42 時，迫降於 27L 跑道頭前草坪上，並於草地上劃下幾條深坑。機上 152 人全數經逃生滑梯安全逃生，19 人受傷。飛機停止於機場 27L 跑道前方約 1,000 呎隻草坪，著陸時左側主起落架刺穿主機翼，右側主起落架遭受嚴重受損且與機身分離，其中兩個機輪與輪軸脫落，兩具發動機亦被壓毀（詳 3.7-4）。

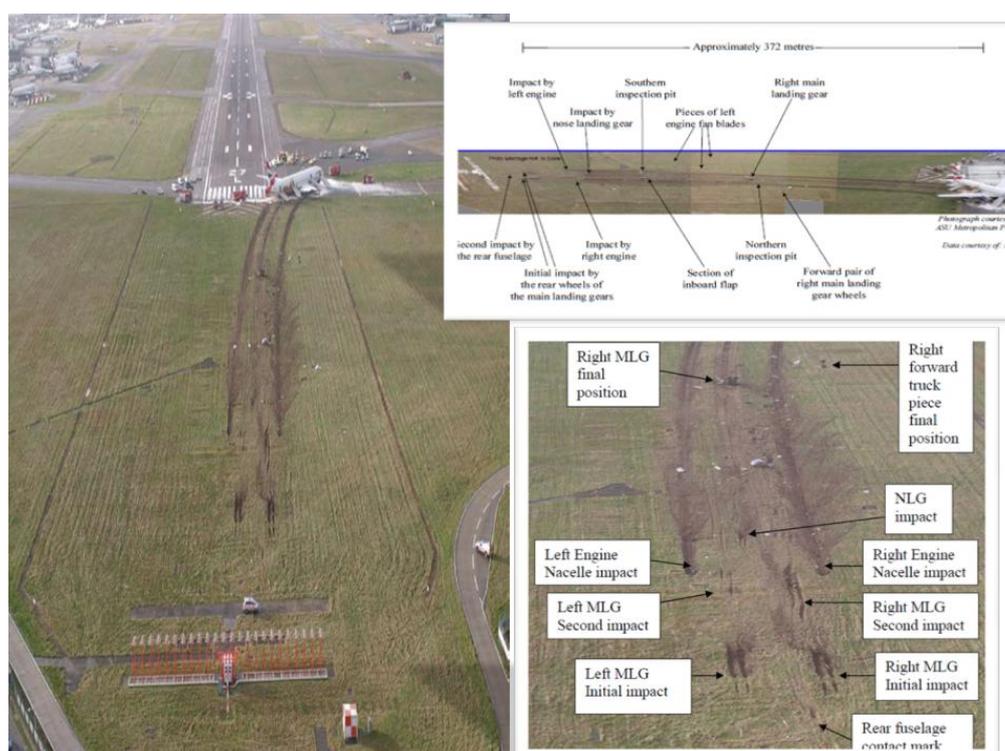


圖 3.7-4 BA038 事故現場圖

英國航空失事調查局（AAIB）初步調查指出，BA038 降落前高度約 430 呎兩具引擎同時失效，機師增加油門未有反應，且機上電腦系統亦無警報。機長發現情況異常，被迫以僅餘的升力，採滑翔方式降落於草坪上。2008 年 9 月，AAIB 調查報告中指出，該事故與飛機燃油系統結冰（fuel icing）有關。事後調查發

現，該機的燃料箱發現 5 公升的水；該機著陸前 1 分鐘，燃油輸送管道受阻，導致飛機急速下降。事後調查過程中，AAIB 取得地面攝影紀錄，該圖顯示右機翼油箱下方表面有結冰跡象（如圖 3.7-5）。

一般而言，飛機燃油結冰屬不尋常現象，因為飛機燃料可承受 -57 度 C 低溫。BA038 班機從北京飛往倫敦時，飛經西伯利亞上空，可能遭遇極低的低溫。AAIB 於 2009 年 2 月的調查報告指出，該起事故可能與其勞斯萊斯 Trent 800 引擎熱交換器性能欠佳有關，導致燃油或輸油管在高空結冰。因此，波音已向全球使用勞斯萊斯引擎的波音 777 機隊發出安全建議，要求此型客機，不應在「燃油溫度低於 -10°C 的高空」持續飛行逾兩小時。調查過程中，先依據 FDR 及 QAR 資料發現燃油結冰問題。該型機約紀錄 1400 項 FDR 參數，與燃油結冰有關參數包括：兩具發動 Oil Pressure, Oil Temperature, fuel cutoff valve position, Fuel Quantity, Fuel Pump Pressure, Fuel Cross-Feed Valve Position, Fuel Flow, Fuel Temperature, Outside Air Temperature。約 09:30 時，該機於巡航階段其燃油達最低溫 -34 度 C 且持續 80 分鐘，期間機外總溫（TAT） -45 度 C。



圖 3.7-5 BA038 右機翼油箱下方表面有結冰跡象

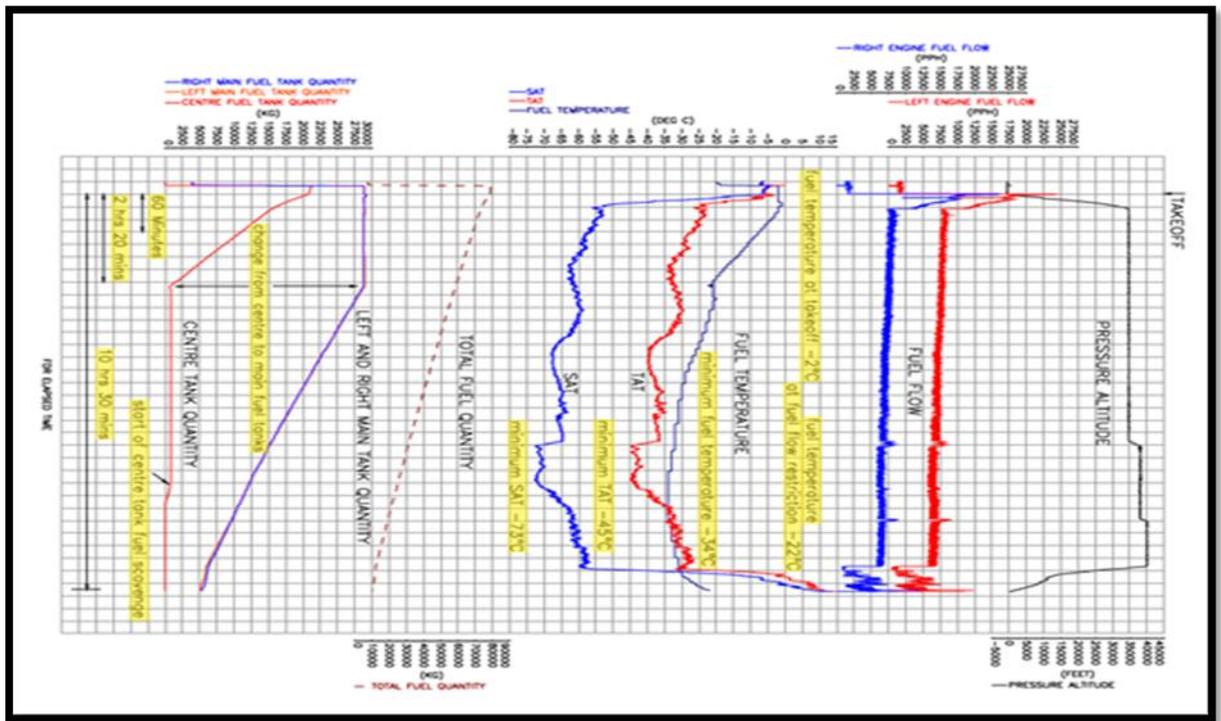


圖 3.7-6 BA038 FDR 相關參數繪圖

波音公司指出，燃油之結冰現象分爲三類：1. 溶解水 (Dissolved Water)；2. 暫停自然水 (Suspended Free Water)；3. 定居式自然水 (Settled Free Water)，其屬性如表 3.7-2：

Table 3.7-2 燃油之結冰現象分類表

Dissolved Water	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Chemically bonded to the hydrocarbon atoms</li> <li>● Not removed by fuel truck filters</li> <li>● About 50 PPM at 60deg. F</li> <li>● <b>Precipitate to suspended ice</b></li> <li>● <b>Moves with fuel flow</b></li> </ul>
Suspended Free Water (對燃油機冰存在威脅)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Small water droplets suspended in fuel</li> <li>● Not removed by fuel truck filters</li> <li>● About 30 PPM allowed by the fuel quality process</li> <li>● <b>Ice flakes suspended in fuel</b></li> </ul>
Settled Free Water	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Water settled in puddle on tank bottom</li> <li>● Is removed by fuel truck filters from uplifted fuel</li> <li>● None allowed by fuel quality process</li> <li>● <b>Ice block affixed to fuel bottom</b></li> <li>● <b>Stays on bottom of tank</b></li> </ul>

調查期間，波音公司應 AAIB 的要求進行燃油積冰地面模擬試驗，關注焦點爲燃油熱交換器 (Fuel Oil Heat Exchanger, FOHE) 的是否會被小冰塊堵住。實驗條件設定爲採用與事故機同型硬體，巡航狀況低溫至 -34 度 C 且仰角 2 度。使較高溫燃油 (+6 度 C) 通過低溫的燃油管 (-12/-20/-35 度 C)，持續 3 小時，燃油率爲 6000 PPH。實驗結果證實：燃油溫度介於 -7 度 C 至 -20 度 C 將會結冰，但是 -35 度則不會結冰。此種由暫停自然水組成的冰成分爲 80% 燃油及 20% 水，結構鬆軟。燃油結冰現象位於 FOHE 前的燃油管壁及混於燃油中，於短暫過程會部分堵塞然油管造成燃油速率提升至 10,000 PPH，接著會呈小塊狀脫落並可能卡住於 FOHE 的濾網上，短暫阻斷燃油供應，詳圖 3.7-8 及圖 3.7-9。

2009 年 7 月，Rolls-Royce 公司完成 Trent 800 發動機之燃油熱交換器 (FOHE) 改裝設計，使其能承受 -44 度 C 之低溫，且 FOHE 不會因燃油機冰而堵塞。

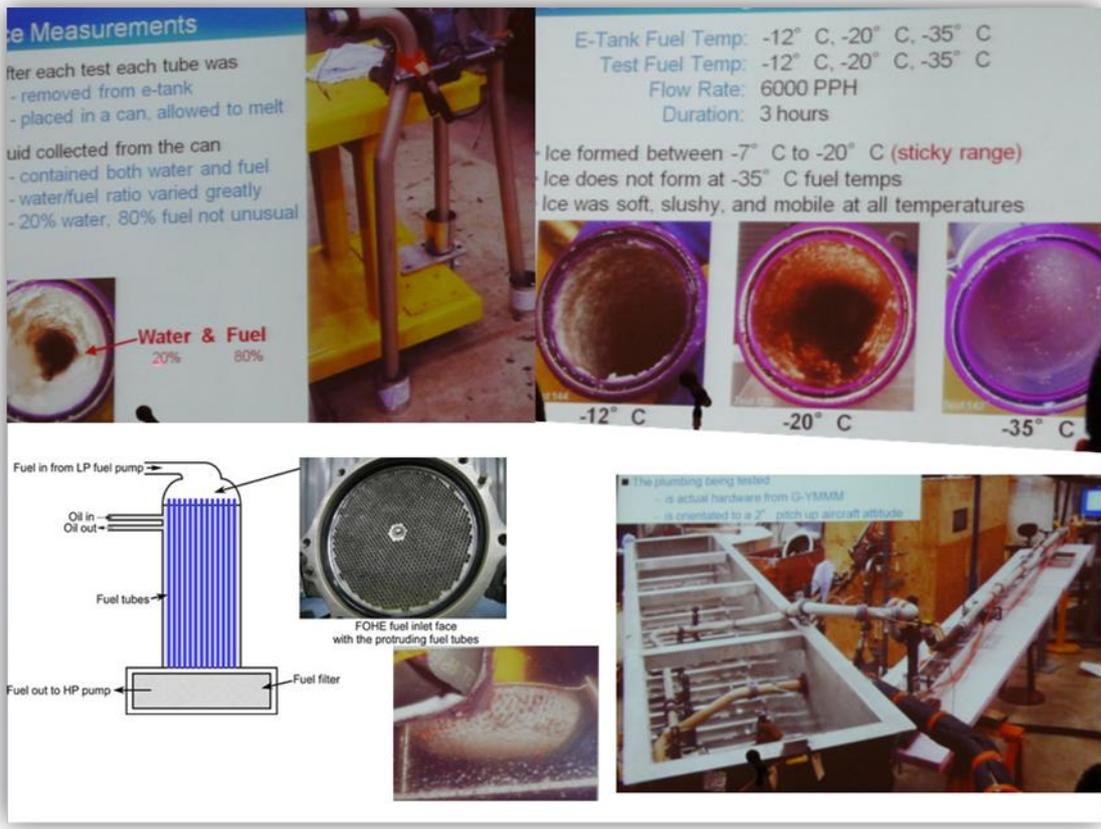


圖 3.7-8 波音公司進行燃油積冰地面模擬試驗相關圖 (1)

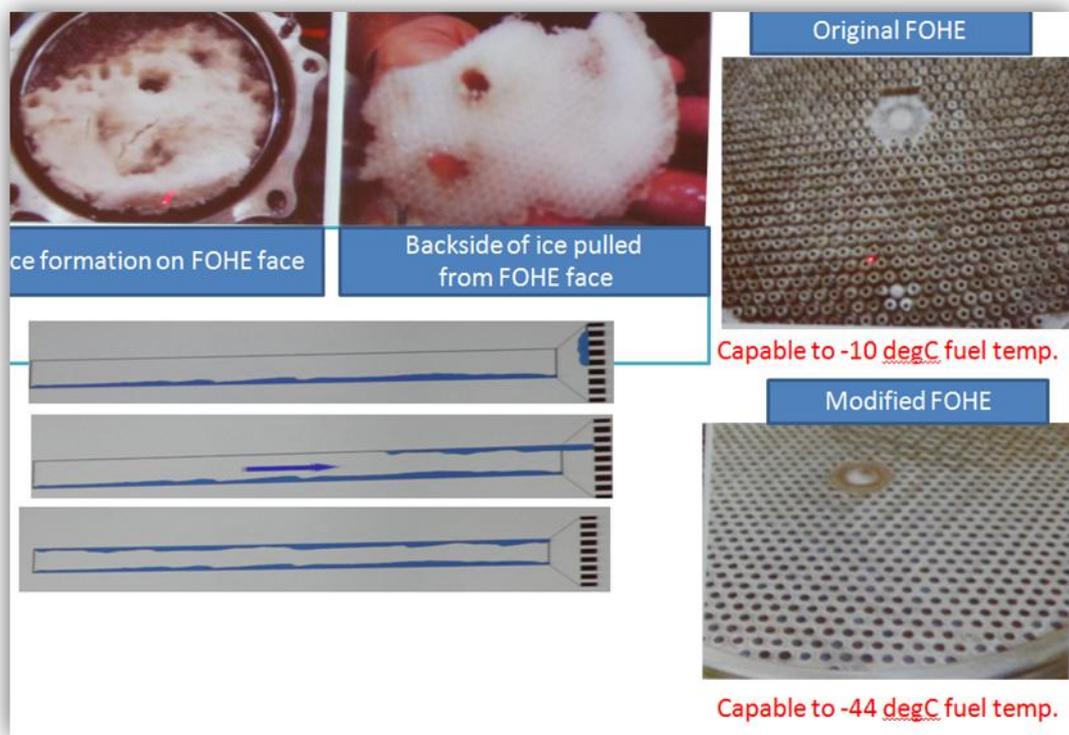


圖 3.7-9 波音公司進行燃油積冰地面模擬試驗相關圖 (2)

2010年1月，AAIB發布調查報告（包括18項飛安改善建議），本事故中燃油堵塞肇因有四：

1. 原本存在於燃油管路中的積冰顆粒，經持續推積成小冰塊而剝落時，可能卡住於熱交換器濾網（FOHE）上短暫阻斷燃油供應。
2. 因航機長時間於高空低溫完環境巡航飛行，致冰晶於燃料系統內形成。燃油積冰之堵塞於所有發動機之熱交換器濾網（FOHE）上，並導致低燃油速率並致發動機熄火。
3. 該型機之熱交換器濾網（FOHE）雖然符合適用的認證要求，實驗證明當燃油溫度低於10度C以下，它容易受到鬆軟的積冰影響其效能，導致燃油速率降低至飛行慢車狀態。
4. 該型機機體及發動機燃料系統於得適航認證時遵守相關規範，為當時並未考慮及識別燃油低溫所存在風險。

### 3.7.3 美國 Continental Express 3407 事故調查挑戰：時程壓力及微妙平衡

提報人：NTSB Colgan 3047 Flight IIC: Ms. Lorenda Ward

2009年2月12日美國 Continental Express 公司一架 Dash 8- Q400 客機 3407 班機，往返於美國紐澤西和紐約區間科客機。該班機係由 Colgan Air 與美國大 Continental Airlines 進行代碼共享。事故當日美東當地時間 22:11 時，該航班墜毀在水牛城的東北郊的一棟樓中，機上無人生還。這次飛機失事共造成 50 人死亡，包括飛機上的兩名飛行員、兩名空中服務員、44 名乘客、一名下班的飛行員以及地面民居的一名居民。

美國國家運輸安全委員會（NTSB）主導本次事故調查，根據 CVR/FDR 資料，發現該機降落前 30 分鐘間與塔台對話正常，於最後進場階段駕駛艙發出結冰警告，顯示機身可能結冰。CVR 抄件亦顯示機長亦有目試到擋風玻璃及機翼前緣有明顯結冰跡象。當該機伸出襟翼及放下起落架準備降落時，突然出現一連串猛烈的俯衝與翻滾動作。於失速主警告作動時（抖杆及持續聲響），機長未按程序推機頭（以減少攻角恢復空速），機長以拉機頭並增加馬力，致航空器攻角迅速增加並使飛機進入深失速狀態。飛航人員試圖收起落架與襟翼，為高度不足，最後失控墜毀於民宅。

2009年5月14日，NTSB公佈事實資料，CVR抄件顯示2名飛航組員於1000呎以下飛行時持續討論與飛行無關話題，即飛航組員違反緘默駕駛艙規定（Sterile cockpit），此期間兩人提及發現擋風玻璃大量結冰，但兩人很快又繼續閒談。調查人員認為結冰沒有嚴重影響飛行安全，但懷疑正副機師沒有正確操作防冰系統。機長的駕駛經驗其實並不足夠，事實資料顯示，其職業生涯中曾5次飛行檢定測試不合格，亦無足夠知識處理可能導致墜機的緊急事故，尤其不知道如何應對於航機遭遇飛行結冰之問題。

本案的調查中所發現的飛安議題如下：

- ✓ 飛航人員對積冰警告之處置及監控
  - ✓ 遭預積冰期間空速遞減過程中，飛航人員對於 PFD 的速度指示應高於 Low Airspeed Cue 沒反應，詳圖 3.8-10
- ✓ Dash 8 型機遭預積冰期間之 icing speed 選擇程序
- ✓ 失速訓練
- ✓ 飛航人員訓練紀錄及相關培訓計劃
- ✓ 飛航人員專業資格
  - ✓ 緘默駕駛艙（Sterile cockpit）
  - ✓ 機長領導能力
  - ✓ 使用個人電子裝備時機
- ✓ 飛航人員疲勞及通勤
  - ✓ 機長可能有睡眠不足問題，副駕駛上班前經歷長時間通勤。
- ✓ 該公司的安全監控計劃（FOQA programs, FAA oversight,）

本案的現場調查主要挑戰：相關機構眾多建立溝通管道不易；該機墜毀後造成天然供應管破裂致相關人員安全勘慮；天氣寒冷且下雪；持續長時間工作；罹難家屬要求到事故現場觀看殘骸。

事故肇因（Probable Cause）：機長不恰當處置抖杆警告，導致空氣動力學失

速致使該機無法回復正常姿態。潛在因素有三：1. 飛航組員失職於監控空速，無法察覺低速旗標（low speed cue）；2. 飛航組員違反緘默駕駛艙規定；3. 飛航組員無法有效管理座艙資源。

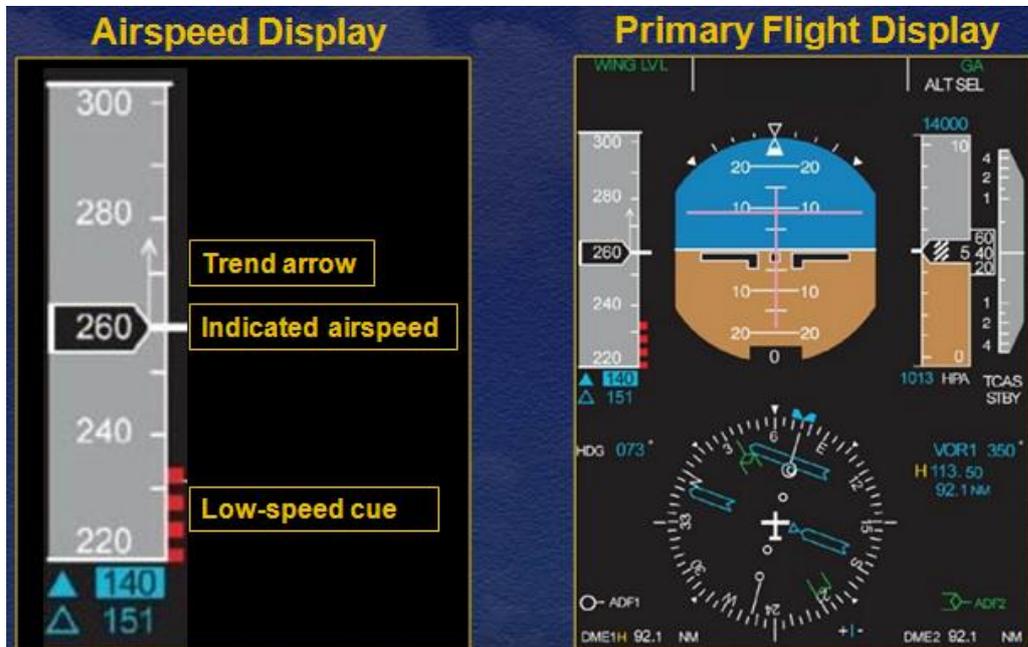


圖 3.7-10 Colgan 3407 班機之低速旗標（low speed cue）顯示圖

## 肆、建議

- 一、 強化宣導於重大事故後的心理諮商及健康監控之必要性；
- 二、 新加坡 AAIB 以積極態度展開自我查核，探討其深海打撈能量之作爲值得我會學習；
- 三、 英國 AAIB 於 B777 事故調查中，以大量資料探勘方式找出可能肇因及其敬業態度值得我會學習。