

出國報告（出國類別：開會）

赴英國參加飛航事故紀錄器調查員會議 出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：正研究員／莊禮彰

研究員／陳沛仲

派赴國家／地區：英國倫敦市及南安普敦市

出國期間：民國 112 年 10 月 14 日至 10 月 26 日

報告日期：民國 113 年 1 月 17 日

公務出國報告提要 系統識別號*****

出國報告名稱：赴英國參加飛航事故紀錄器調查員會議出國報告

頁數：24 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02) 8912-7388

出國人員姓名：莊禮彰、陳沛仲

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：運輸工程組

職稱：正研究員兼組長、研究員

電話：(02)8912-7388

出國類別：考察 進修 研究 實習 視察 訪問 開會 談判 其他 _____

出國期間：民國 112 年 10 月 14 日至 10 月 26 日

出國地區：英國倫敦市及南安普敦市

報告日期：民國 113 年 1 月 17 日

分類號/目

關鍵詞：飛航紀錄器、事故調查、AIR meeting

內容摘要：

美國 NTSB、法國 BEA、加拿大 TSB、澳洲 ATSB 及本會於民國 93 年共同創立飛航紀錄器調查員 (Accident Investigator Recorder, AIR) 會議，該會議屬調查技術論壇性質，藉以提供全球的紀錄器專家研討相關議題及解決方案。本屆 AIR 會議於 112 年 10 月 16 至 18 日由英國航空失事調查局 AAIB 主辦，約 44 位各國政府事故調查機構之飛航紀錄器調查員出席，本次會議探討主題包括記憶裝置晶片等資料救援案例、NAND 記憶體工具及救援技巧、針對一般大眾讀者的圖像簡報技術、攝影測量作業、新式紀錄器種類及資料救援課題、8.8 kHz 水下發報器相關技術課題及牽涉到地空通訊資料鏈之調查技術等。

出國報告審核表

出國報告名稱：赴英國參加飛航事故紀錄器調查員會議出國報告				
出國人姓名	職稱	服務單位		
陳沛仲	研究員	國家運輸安全調查委員會		
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 視察 <input type="checkbox"/> 訪問 <input checked="" type="checkbox"/> 開會 <input type="checkbox"/> 談判 <input type="checkbox"/> 其他_____			
(出國類別請依預算書之計畫類別填列)				
出國期間：112年10月14日至10月26日		報告繳交日期：113年1月17日		
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目		
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告 2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」) 3.無抄襲相關資料 4.內容充實完備 5.建議具參考價值 6.送本機關參考或研辦 7.送上級機關參考 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> (4) 抄襲相關資料之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> (5) 引用相關資料未註明資料來源 <input type="checkbox"/> (6) 電子檔案未依格式辦理 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input checked="" type="checkbox"/> (1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> (2) 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> (3) 其他： 10.其他處理意見及方式：		
出國人簽章(2人以上，得以1人為代表)		計畫主辦機關 審核人	一級單位主管簽章	機關首長或其授權人員簽章

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

目次

一、目的.....	1
二、行程.....	3
三、會議重點摘要與心得.....	4
3.1 飛航事故紀錄器調查員(AIR)年會緣起.....	4
3.2 會議議程.....	4
3.3 各國實驗室更新.....	6
3.4 會議議題.....	7
3.5 本會簡報.....	22
四、建議.....	24

一、目的

美國 NTSB、法國 BEA、加拿大 TSB、澳洲 ATSB 及本會於民國 93 年共同創立飛航紀錄器調查員 (Accident Investigator Recorder, 以下簡稱 AIR) 會議, 該會議屬調查技術論壇性質, 藉以提供全球的紀錄器專家研討相關議題及解決方案。本會曾於民國 107 年 9 月在台灣舉辦「第 15 屆飛航紀錄器調查員會議 (AIR)」, 共有 16 國家共 36 位飛航紀錄器專家參加會議。

本屆 AIR 會議於 112 年 10 月 16 至 18 日由英國航空失事調查局 AAIB 主辦, 約 44 位各國政府事故調查機構之飛航紀錄器調查員出席, 參加單位包括香港 AAIA、英國 AAIB、愛爾蘭 AAIU、美國 ACRC、澳洲 ATSB、義大利 ANSV、法國 BEA、德國 BFU、巴西 CENIPA (視訊參加部分議題)、澳洲 DFSB、丹麥 DSB、日本 JAXA、日本 JTSB、英國 MAIB、加拿大 NRC、美國 NTSB (視訊參加部分議題)、英國 RAIB、瑞典 SHK、冰島 SIA、紐西蘭 TAIC、加拿大 TSB、新加坡 TSIB 及台灣 TTSB 等。本次會議探討主題包括記憶裝置晶片等資料救援案例、NAND 記憶體工具及救援技巧、針對一般大眾讀者的圖像簡報技術、攝影測量作業、新式紀錄器種類及資料救援課題、8.8 kHz 水下發報器相關技術課題及牽涉到地空通訊資料鏈之調查技術等。



圖 1-1 本屆會議場地一隅



圖 1-2 參加會議人員於 AAIB 合影

二、行程

日期		起訖地點	詳細任務
月	日		
10	14-15	台北至倫敦	起程
10	16-18	倫敦	參加飛航事故紀錄器調查員(AIR)年會
10	19-20	南安普敦	參加海事事務調查技術工作坊在職訓練(另案報告)
10	21-22	倫敦	例假日/前置準備作業
10	23-24	倫敦/南安普敦	VDR 資料救援作業(另案報告)
10	25-26	倫敦至台北	返國

三、會議重點摘要與心得

上次 AIR 會議於 2019 年 9 月在日本 JTSA 舉行，適逢運安會改制後第二個月，之後就因疫情因素而延期四年，因此各國非常重視這次會議，在此謹將對本會具參考價值之主題與內容摘要如下。

3.1 飛航事故紀錄器調查員(AIR)年會緣起

隨著電子及資訊科技日新月異，適航法規也不斷更新，和過去幾十年間相比，飛航紀錄器改朝換代的周期更短，如今進入智慧型穿戴式消費電子，甚至元宇宙時代，對於飛航事故調查所需的紀錄裝置已不僅限於傳統飛航紀錄器，亦包括手持、穿戴式裝置甚至是網路傳輸資料的解析，各國飛航事故調查機構更共同面臨解讀工具之更替及人員流動造成之經驗傳承議題。有鑑於此，美國運輸安全委員會 NTSB 於 2004 年發起國際間政府機關飛航事故紀錄器調查員會議（Accident Investigator Recorder meeting, AIR），主要發起國家除 NTSB 之外尚有澳洲運安會 ATSB、加拿大運安會 TSB、法國飛航事故調查局 BEA 以及台灣飛安會 ASC（本會前身）等，提供全球的紀錄器專家共同研討相關的議題及解決方案。

本屆 AIR 會議於本（112）年 10 月 16 至 18 日由英國航空失事調查局 AAIB 主辦，約 44 位各國政府事故調查機構之飛航紀錄器調查員出席，共 21 個單位參與。英國 AAIB 希望本次會議探討的主題包括記憶裝置晶片等級資料救援案例、NAND 記憶體工具及救援技巧、針對一般大眾讀者的圖像簡報技術、攝影測量作業、新式紀錄器種類及資料救援課題、8.8 kHz 水下發報器相關技術課題及牽涉到地空通訊資料鏈之調查技術等，相關議題討論熱絡，會議行程圓滿且收獲豐富。

3.2 會議議程

本屆飛航事故紀錄器調查員會議議程如表 3-1 所示，主要重點包括：各國調查機構概況更新、過去幾年間的各國重大飛航事故調查損壞紀錄器處理案例、非紀錄器 NVM（NAND 記憶體或 SD 卡）解讀課題、無紀錄器飛航事故調查案例、8.8 kHz 發報器及水下偵搜能量探討、無人機事故調查及挑戰、攝影測量技術、現場數位重建與公開簡報用動畫製作相關議題等，最後一日並安排由 Curtiss-Wright 公司技術人員進行新

一代旋翼機飛航紀錄器（Fortress recorder）拆解實作示範。

表 3-1 會議議程

TIME	Monday 16th October
10:30	Bus pick-up from the Village hotel
10:45-11:15	Registration and refreshments
11:15-11:25	Essentials brief
11:25-11:40	Welcome by the Chief Inspector and Head of the Recorded Data Group
11:40-11:50	Lab update - AAIB
11:50-12:00	Lab update - AAIU
12:00-12:10	Lab update - DSB
12:10-12:20	Lab update - BEA
12:20-12:30	Lab update - SHK
12:30-12:40	Lab update - ANSV
12:40-13:00	US ACRC Presentation
13:00-14:00	<i>Lunch</i>
14:00-14:10	Lab update (Virtual) - CENIPA
14:10-14:20	Lab update - ACRC
14:20-14:30	Lab update - TSB
14:30-14:40	Lab update - NRC
14:40-14:50	Lab update - ATSB
14:50-15:10	<i>Break</i>
15:10-15:20	Lab update - BFU
15:20-15:30	Lab update - TAIC
15:30-15:40	Lab update – JTSB/JAXA
15:40-15:50	Lab update - TSIB
15:50-16:00	Lab update - AAIA
16:00-16:10	Lab update - TTSB
16:10-16:20	Lab update - RAIB
16:20-16:30	Lab update - MAIB
16:55	Bus leaves for the Village hotel

TIME	Tuesday 17th October	Wednesday 18th October
8:00	Bus pick-up from the Village hotel	Bus pick-up from the Village hotel
08:30-09:10	Issues encountered in recent recorder recovery <i>TSIB - Junsheng Ng</i>	Photogrammetry and animation capability <i>RAIB – Marcus Milton</i>
09:10-09:50	FA7100 recorder - power supply, content & process and work on going <i>BEA - Léo Poincin</i>	Work on damaged SD card <i>BEA - Benoît Couderc</i>
9:50-10:15	EUROCAE recorder updates and recent recorder issues <i>AAIB - Mark Ford</i>	Fly-away over The Hague: UAS accident investigation outcomes and challenges <i>DSB – Marlon van den Hoek</i>
10:15-10:30	Break	Break
10:30-11:15	NAND Memory update and case study <i>BEA - Benoît Couderc</i>	Test and evaluation of the MARS memory-module-level recovery tool <i>Patrick Zdunich - NRC</i>
11:15-12:00	Open discussion - NAND memory tools/workflow <i>AAIB - Pete Wivell/Steve Hoare</i>	Photogrammetry work in support of a helicopter accident <i>AAIB - Pete Wivell</i>
12:00-12:45	Lunch	Lunch
12:45-13:00	Fire Damaged Honeywell CVR/FDR from a 737 firebomber <i>ATSB - Laura Henwood</i>	Low cost solutions - photogrammetry and animation <i>TAIC - Penglin Song</i>
13:00-13:40	Agricultural Aircraft Investigation: Dealing with little data <i>CENIPA - Felipe C. Barra Melo</i>	CVR and FDR recovery (Virtual) - from a high energy impact <i>NTSB - Charles Cates/Joe Gregor</i>
13:40-14:20	Flight data time history from in-flight video of the instrumentation panel <i>TSB - Humayoon Abbasi</i>	Accident site digital reconstruction with site survey and GIS tools <i>TTSB - Martin Chen</i>
14:20-14:45	AAIB Lab tour - Group 1*	AAIB Lab tour - Group 2*
14:45-15:00	Break	Break
15:00-15:45	An accident analysis of small aircraft lacking flight recording equipment <i>JAXA – Mr Funabiki</i>	HOWTO - Disassembly of a Fortress recorder <i>Curtiss-Wright Jordan Blake</i>
15:45-16:30	Sea search capacity update and 8.8 kHz beacons <i>BEA - Pascal Herate</i>	HOWTO - Cont'd
16:55	Bus leaves for the Village hotel	Bus leaves for the Village hotel
18:30	EVENING SOCIAL - WALK/CURRY Meet in reception at the Village Hotel	

3.3 各國實驗室更新

按往例，各國先介紹實驗室最新狀況以及未來規劃。

英國飛航事故調查局 **AAIB**

英國 AAIB 將與英國另兩個事故調查單位（MAIB、RAIB）加強合作。此外發展 ARINC 717、ARINC 767 解譯程式，並採用 GDAS 軟體繪圖。另外一些解讀軟體需要不同版本的視窗軟體，例如 Win XP, Win 7、Win 10、Win 11 等，而虛擬機可提供與實體電腦相同的功能，如同實體電腦一樣，虛擬機也會執行應用程式與作業系統。AAIB 就採用虛擬機的方式，虛擬出舊版的視窗環境，讓早期的解讀軟體在一個完全隔離環境中的完整電腦系統裡，執行解讀作業。

目前 AAIB 擁有 HCR-25 紀錄器解讀能力、Curtiss Wright Fortress 紀錄器解讀能力、Curtiss Wright Fortress CDRE 損壞式紀錄器解讀設備、FA7100 紀錄器解讀能力與 AIK（事故調查員套件）、FDS Sentry 紀錄器解讀能力，並採用 RME UCXII 語音處理。有關紀錄器解讀軟體，AAIB 具備下列軟體：

- ✓ Honeywell Playback32 v516
- ✓ GE EAFR Universal Operational Ground Program (UOGP) to support 25 hour EAFR
- ✓ AAIB FA2100 FDR decompressor
- ✓ L3 new Recorder Data Interface (RDI) software
- ✓ Continued support from Veristore and Ricochet radar recording systems

法國飛航事故調查局 BEA

法國 BEA 組織架構分別為調查部門、工程部門、資訊與通訊部門、內閣部門，BEA 工程部門又分為兩個分組：「結構與發動機」、「飛航紀錄器與航電系統」。本次法國 BEA 係由「飛航紀錄器與航電系統」參加於 2023 開始規劃興建新的材料分析實驗室，並汰換原有舊型 X 射線檢測設備，導入 EasyTom XL Ultra 新機台，解析度可達 300 nm，可承載重量 80 公斤重的試件。法國 BEA 介紹 CVR 抄件語音處理採用 pyASAP ClientQt，另添購新型數位顯微鏡 DRV，亦導入 Anycubic Kobra Max 之 3D 列印技術，NAND/eMMC 復原技術等。

3.4 會議議題

本次 AIR 會議議題眾多，包括非紀錄器 NVM（NAND 記憶體或 SD 卡）解讀課題、無紀錄器飛航事故調查案例、8.8 kHz 發報器及水下偵搜能量探討、無人機事故調查及挑戰、攝影測量技術、現場數位重建與動畫、其他損壞紀錄器解讀相關議題以及新一代旋翼機飛航紀錄器（Fortress recorder）拆解實作示範等，重要內容摘錄如下：

NVM 解讀課題及案例

NVM，本次會議上不少國家實驗室皆分享其建置之 NVM 解讀能量，除美國 NTSB、

英國AAIB及法國BEA之外，加拿大TSB、巴西CENIPA、澳洲ATSB、紐西蘭TAIC、日本JTSB及我國運安會皆具備不同程度的NVM解讀能量，包括早期電路板上的NOR記憶體到目前成為主流的NAND記憶體甚至MicroSD卡等COB封裝記憶體，其課題亦隨著大容量NAND記憶體導入錯誤更正碼（error correction/correcting code, EEC）機制使得下載資料重組的難度由硬體層面提升至軟體層面，除部份先進國家實驗室如美國NTSB、法國BEA還是俄羅斯IAC具有利用FPGA架構自行開發之資料救援工具外，更多調查機構多仰賴民間數位鑑識軟體工具或與相關產學合作，以逆向工程的角度嘗試還原NVM資料，比如法國BEA及紐西蘭TAIC使用RuSoft數位鑑識方案、英國AAIB則與數位鑑識公司Cellebrite緊密配合並與一些學校進行研究專案、日本JTSB具備ACElab的PC-3000資料救援工具並參與警察學校數位鑑識訓練，本會則目前僅使用TEEL公司及國產河洛系統的NAND晶片燒錄機進行原始二進位資料下載，尚無處理EEC資料恢復的軟體工具。

本次會議BEA分享其面對成功的案例，為一超輕型載具墜毀事故，其電子儀表板（EFIS）為美國Dynon公司生產之HDX 1100型EFIS（圖3-1），亦於事故中嚴重燒損，拆解後發現其NVM為一張具兩塊NAND記憶體晶片之16GB SSD硬碟，其中一片已自電路板脫落，BEA決定將尚SSD上的另一片NAND晶片也解焊下來，兩塊NAND晶片經清潔後皆能下載資料，然而真正的困難點在於釐清SSD寫入NAND的排列結構、EEC保留區間及XOR解密金鑰，這部份BEA需仰賴RuSoft公司內部的逆向工程資料庫，從SSD上的記憶體控制晶片型號查詢對應的配置參數，將原始檔線性儲存之實體資料分頁（physical page）透過RuSoft軟體之資料重建圖形化介面（圖3-3）經過多次錯誤嘗試後，逐步測試出接近實體之配置，將原始檔轉化為邏輯資料分頁（logical page），雖可辨識出疑似飛航資料的部份，然其排序仍為錯誤，經過BEA工程人員進一步解析發現其檔案格式為具備4個Linux ext3（第三種延伸檔案系統）格式的複雜檔案結構，最後BEA工程人員自行編寫Python程式於檔案中加入規則運算式（regular expressions），自14GB的邏輯資料分頁中重建csv檔案，最終抽取出飛航軌跡。



圖 3-1 BEA 超輕型載具損壞航電設備案例

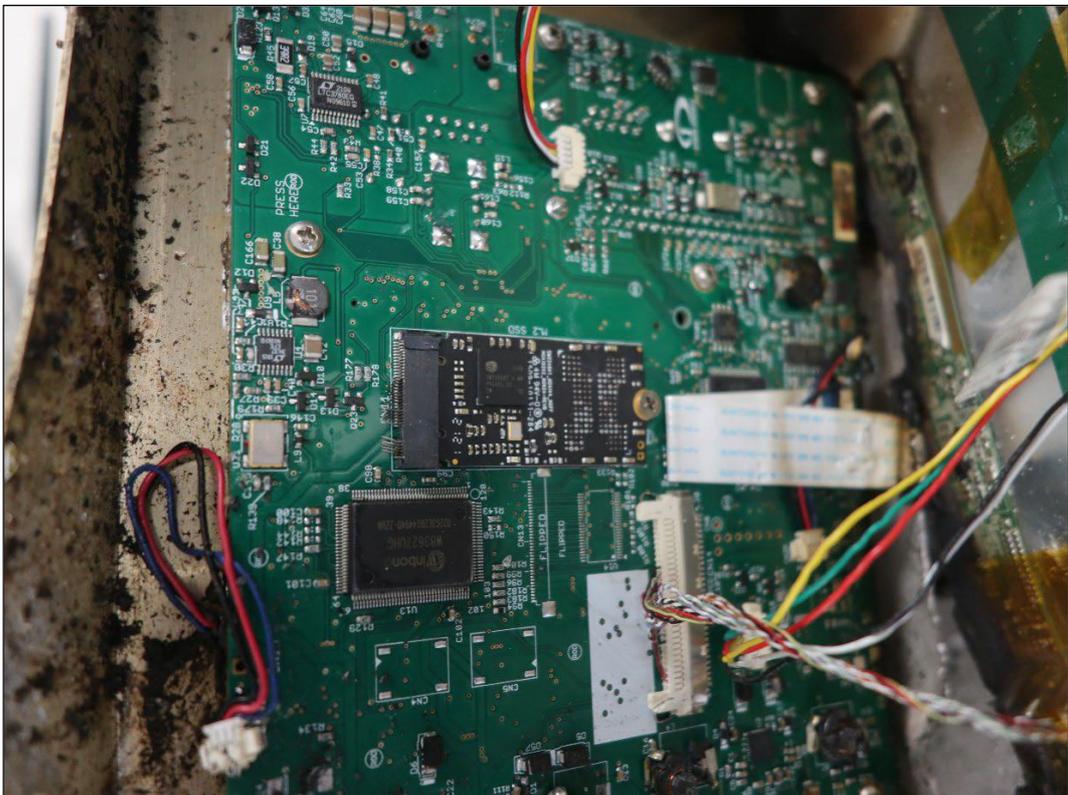


圖 3-2 BEA 超輕型載具損壞航電 NVM

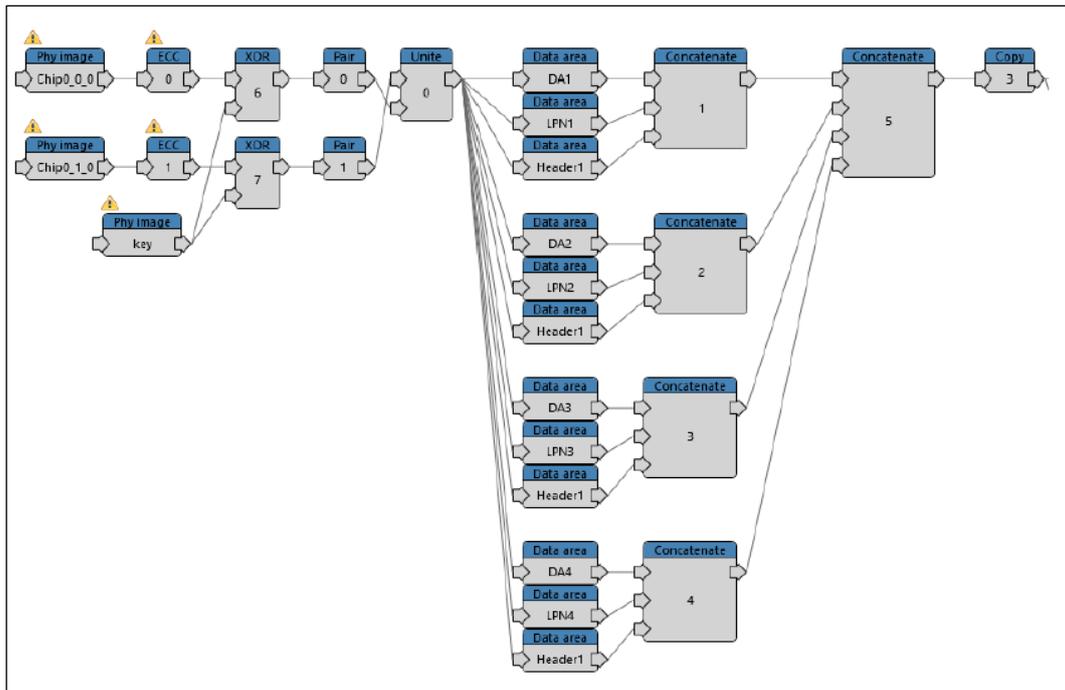


圖 3-3 Rusoft 數位鑑識軟體資料重建圖形化介面

無紀錄器飛航事故調查案例

日本 JTSB 由於其航空事故調查官為自民航局輪調之特性，部份調查專業技術能量仰賴外部支援，本次會議由日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）提報一起於 2015 年東京調布機場發生的普通航空器調查案例，分響其於調查過程中運用之各種調查方法。

本案事故機為私人擁有之 PA-46-350P 型機，自調布機場起飛後約 1 分鐘即墜毀於跑道頭之住宅區（圖 3-4），除造成飛行員及 1 名乘客死亡及 3 名乘客重傷外，並造成地面民眾 1 人死亡及 2 人重傷，JTSTB 基於與 JAXA 的合作協議委託 JAXA 進行技術方面之調查分析，JAXA 遂指定一位工程人員（本次提報人）為技術顧問並協助本案分析作業。

本案因發生於機場附近、有機上生還者以及適逢假日機場周邊的球場不少比賽，因此 JAXA 於事故後自機場監視系統、周邊目擊者及機上生還者取得大量拍攝影像，包括 1 支跑道監視器、1 段機場目擊者影片、1 段乘客影片以及機場跑道邊 4 個球場手持攝影機影片，另外亦收集了天氣環境資訊、事故機載重平橫表及原廠手冊等供後續分析使用，整個調查分析進程隨著調查的發現逐步進展花費了超過 17 個月（圖 3-5），然而每一個步驟都仔細求證且互相扣合，以下就主要流程及技術發現依序介紹：

1. 影像分析：由周邊現場各個角度的影像逐幅切出並合成單張連續影像，確認各

影像拍設位置分布後，進行時間同步並重建飛航軌跡（圖 3-6），再實地測量各目擊影像拍攝位置，以全站儀丈量各影像拍攝背景正確位置及環境被攝物實際距離，提供影像分析地理參考資訊後，還原事故機仰轉之準確位置及飛航高度（圖 3-7），以及各個時間位置之姿態變化。

2. 跑道磨擦係數檢測：為了進行事故機起飛性能分析，需求得該機起飛滾行階段之地面磨擦力影響，除利用傳統跑道磨擦檢測設備收集道面磨擦係數外，更委託一架同型機進行實際滑行測試進行驗證。
3. 航機空氣動力及發動機性能分析：依據上述跑道磨擦係數、原廠手冊性能數據以及事故機載重平衡表，並參考原廠手冊起飛標準程序，計算該機正常之起飛滾行及爬升數據並與自影像分析求出之事故機實際飛行數據套疊後，發現事故機之實際滾行距離可能小於該機手冊之標準流程，然就算發生提早仰轉，在正常發動機性能輸出下該機仍應正常爬升而不至於墜毀（圖 3-8），故於此階段懷疑事故機存在過早仰轉及部份性能衰減之情形，於假設整發動機性能衰減之分析模擬後，發現於起飛前 78%、起飛後 51%之兩階段動力衰減模擬結果最符合該機實際飛行軌跡（圖 3-9）。
4. 發動機轉速頻譜分析：為進一步確認事故機發動機性能是否衰減，調查人員對發動機聲響進行頻譜分析，首先以同型機進行地面發動機測試，在起飛推力設定下錄得參考用之發動機聲響後，再對目擊影片中之發動機聲響進行分析，發現事故機轉速符合正常之起飛轉速設定（圖 3-10）。
5. 發動機燃料流率（Fuel Flow, FF）及歧管壓力（Manifold Absolute Pressure, MAP）儀表影像分析：針對該機乘客拍攝駕駛艙之目擊影像（圖 3-11），經時間同步後比對飛行中各階段之 FF/MAP 儀表指針後，發現其 FF/MAP 儀表指針於起飛滾行階段處於正常範圍。
6. 發動機殘骸拆解檢查與重建：由於該型機螺旋槳為可變螺距設計，除了轉速、燃料流率及歧管壓力之外，螺旋槳螺距角度設定亦會影響發動機動力輸出，此類航機於定期維護時會在發動機性能測試時調整槳距止擋設定，以使螺旋槳轉速符合手冊率定之範圍，即會隨著發動機因磨耗而性能衰減的過程，逐漸調降螺距以提升轉速至額定值；研究人員首先拆解發動機螺旋槳殼部份，檢視槳殼螺距止擋調整片上之撞擊印記（圖 3-12），從印記位置發現螺距止擋設定疑似異常，為進一步釐清螺距止擋設定及事故當時之螺旋槳螺距角度關係，調查人員將螺旋槳殼機構重建進行實體重建（圖 3-13），並以 3D 列印製作已經燒失

之螺旋槳止擋連結機構，將螺旋槳與重建之螺旋槳殼進行吻合比對（圖 3-14），估計事故當時之螺旋槳螺距止檔設定下，發動機之起飛額定轉速下其馬力輸出已為新出廠發動機額定輸出馬力之 69%，在航機起飛速度下更降至只有 50% 之額定輸出馬力，進一步佐證事故機之發度機動力於起飛階段可能已較不足。

7. 定期維修試飛紀錄檢視及發動機排氣溫度（Turbine Inlet Temperature, TIT）紀錄：調查人員檢視該事故機出廠後至今約 20 年的年度維修試飛紀錄，可發現 TIT 溫度與航機爬升性能（即發動機實際馬力輸出）存在正相關性，然而進一步檢視本案乘客拍攝之影像（圖 3-15）後發現，雖然 MAP 設定為正常之起飛設定，然 TIT 溫度對照年度維護試飛紀錄明顯低至約只有 60% 性能之溫度，明顯存在發動機動力輸出不足之問題。
8. 調查人員進一步嘗試釐清發動機動力輸出不足之原因，參照該型往復式發動機點火次序建立之聲響振幅模型（圖 3-16），發現目擊影片中之聲響在每個發行程中存在約 1.5% 之極小擾動，與假設 2、6 號汽缸各衰減 15% 輸出之聲響振幅模型預測吻合，懷疑事故機動力輸出不足之原因來自 2、6 號氣缸之部份失效。

經過上述一系列分析流程後，雖然調查技術人員將範圍縮小至發動機組件失效，然因發動機已損毀無法再以其他直接證據佐證，主任調查官偏向不採納相關結論，最終調查報告以飛行員動力設定錯誤為主要肇因做結，然整個分析過程所運用到之工程技術與專業態度，值得各國調查機構調查技術人員學習。



圖 3-4 本案事故機及事故現場照片

Data	Elapsed month
Video from Observation Camera (RW35)	2
Handy video record from surrounded area	4
Photo from by passenger	4
Annual Inspection data	6
Engine and Propeller tear down inspection	8
Propeller Data	8
Flight test data by same type aircraft	15
Aerodynamic Data and Analysis by airframer	17

圖 3-5 各階段資料取得與測試進程（依事故後月份排序）

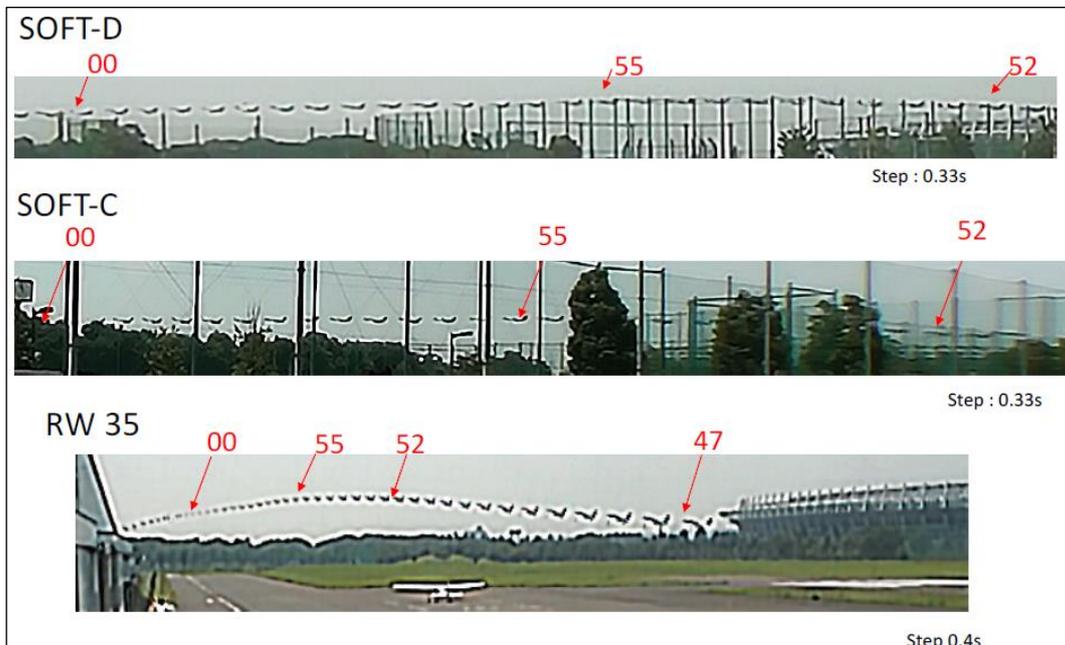


圖 3-6 週邊目擊影像建立飛航軌跡

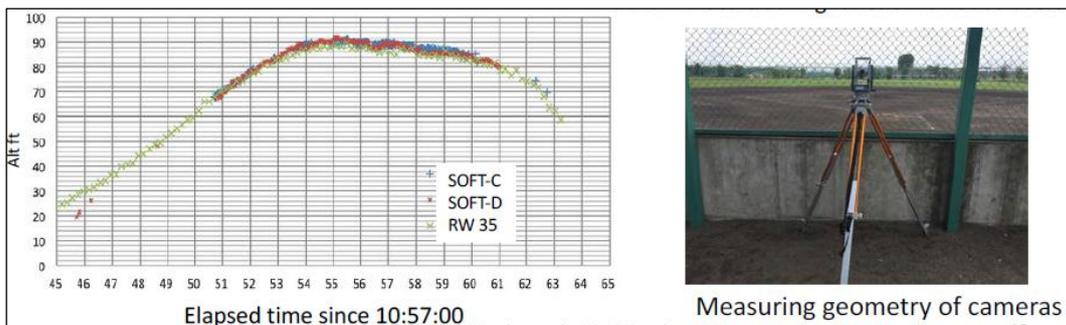


圖 3-7 以全站儀測量成果分析事故機三維位置

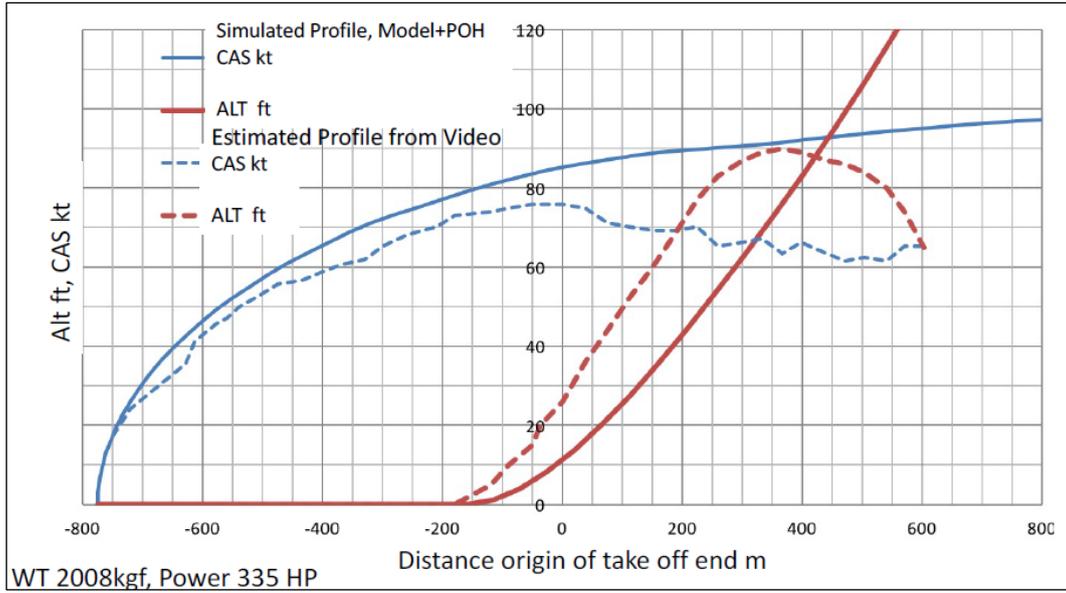


圖 3-8 發動機性能正常之模擬數據與事故機飛航數據比對

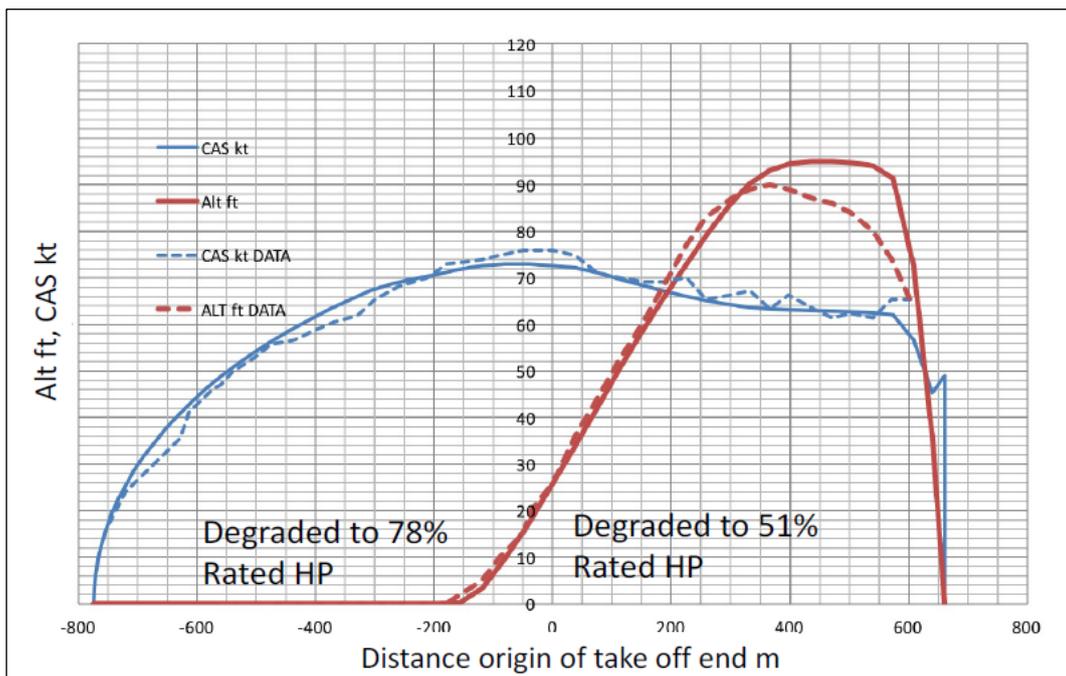


圖 3-9 發動機性能衰減之模擬數據與事故機飛航數據比對

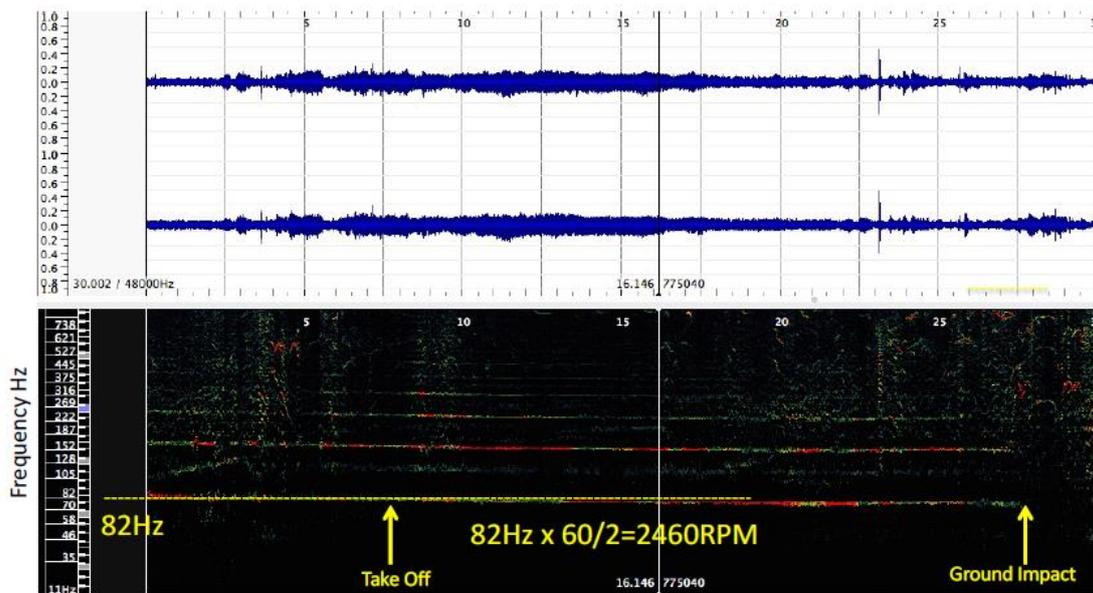


圖 3-10 事故機發動機聲響頻譜分析

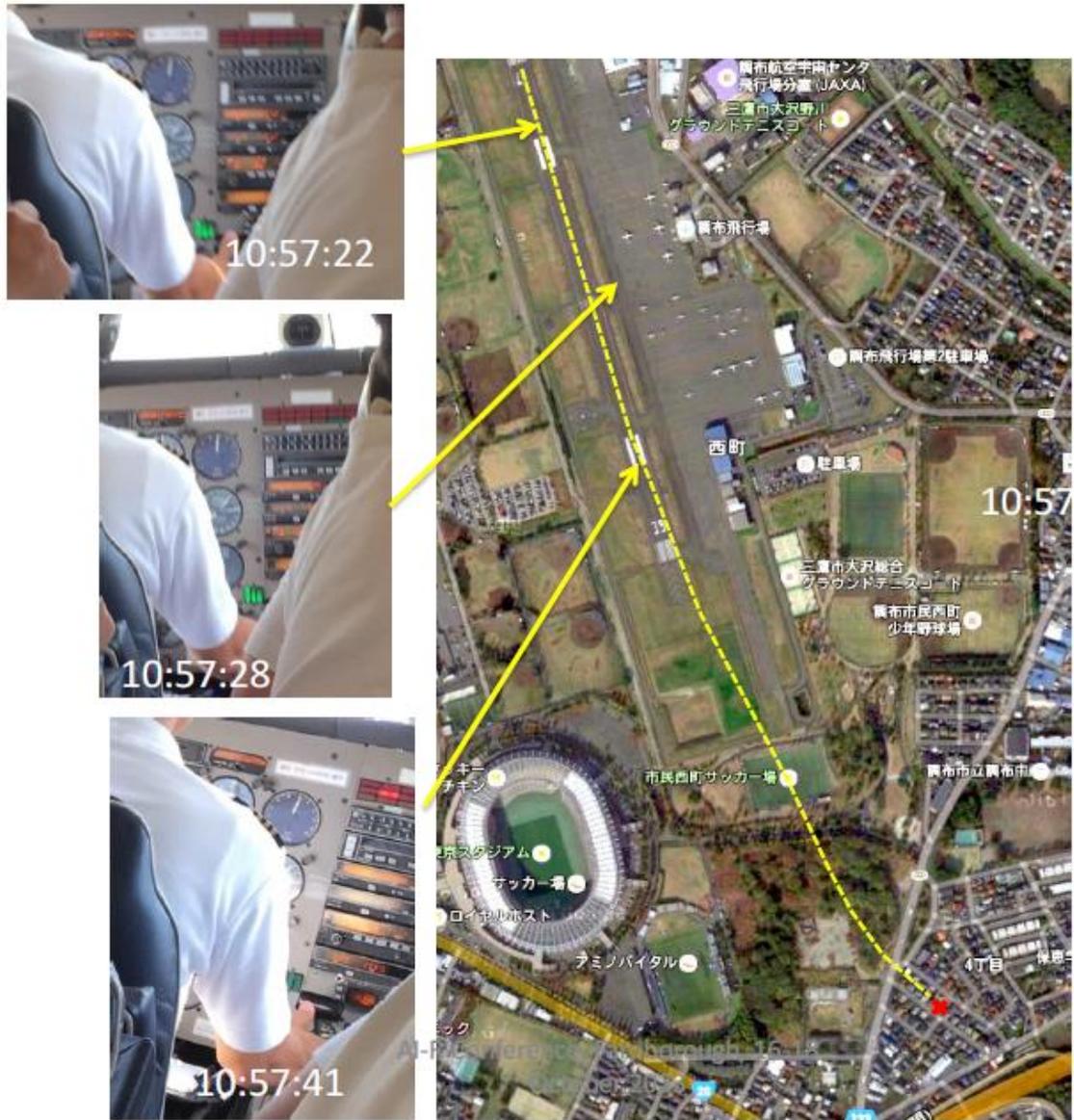


圖 3-11 事故機乘客目擊影像發動機儀表畫面

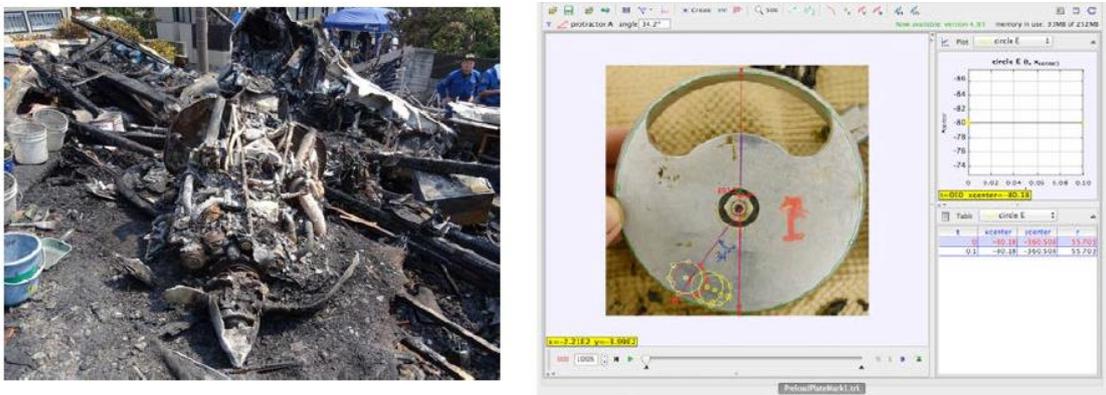


圖 3-12 事故機發動機殘骸與槳轂螺距調整片上之撞擊印記

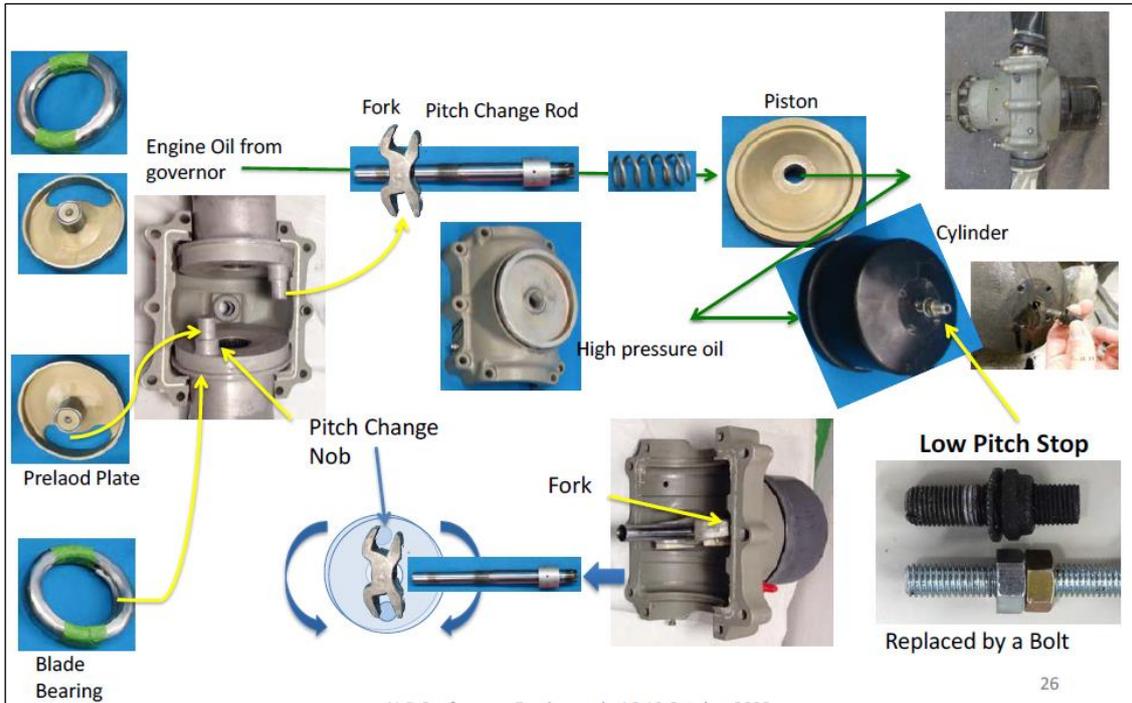


圖 3-13 螺旋槳轂機構重建比對

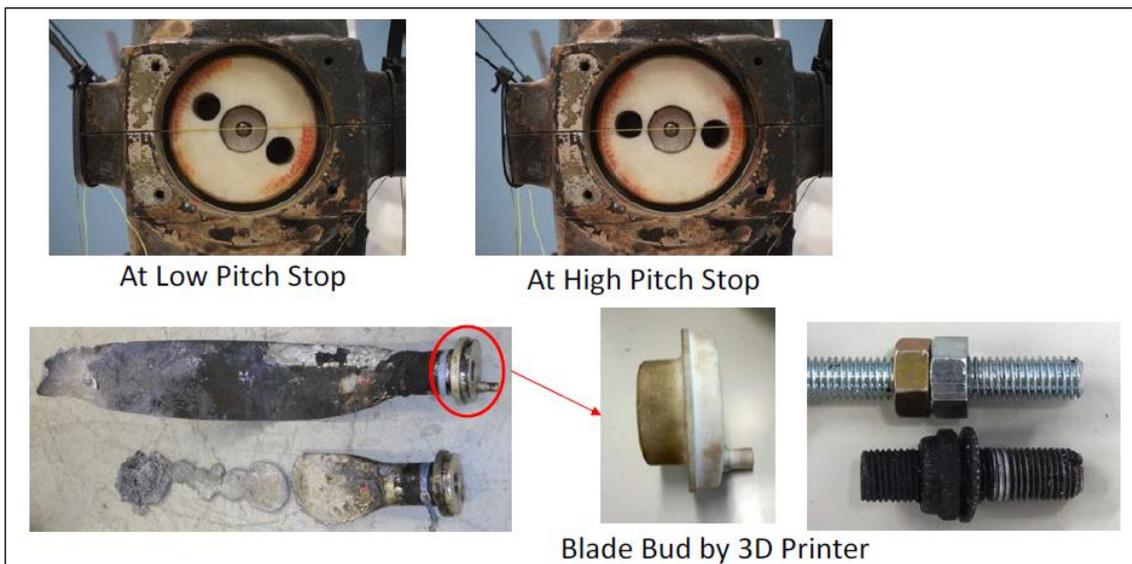


圖 3-14 比對螺旋槳轂機構重建事故時槳葉螺距角度



圖 3-15 事故機年度維修試飛報告中發動機排氣溫度與爬升性能之趨勢

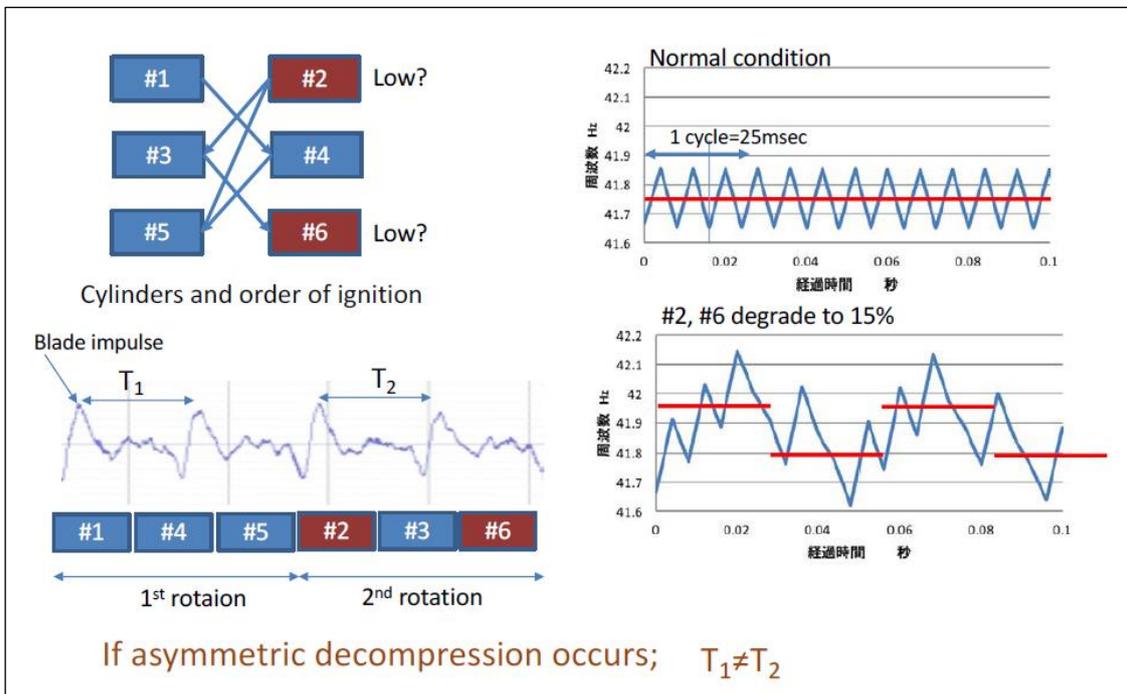


圖 3-16 往複式發動機行程與聲響模型

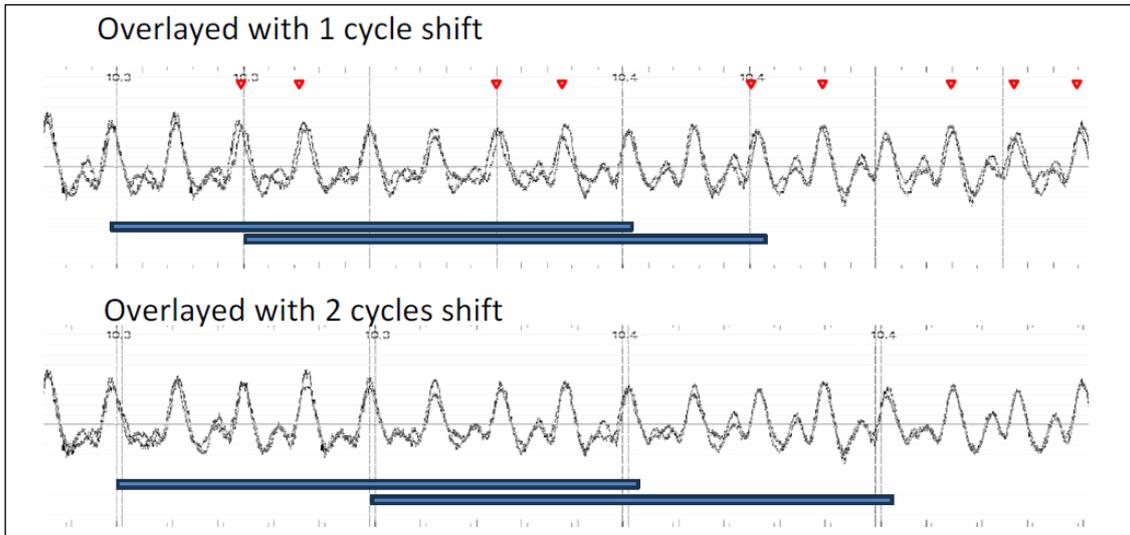


圖 3-17 事故機發動機聲響分析

8.8 kHz 發報器及水下偵搜能量

2009 年 6 月 1 日法航 A330 客機 447 班機發生空難，失事海域水深超過 3,000 公尺，此期間法國 BEA 面對許多困難及挑戰，法國 BEA 分別提出兩份期中調查報告，第二份期中調查報告包含飛航紀錄器飛安建議，三項較重要的飛安改善建議如下：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）。其中針對執行越洋飛行的民航運輸類航空器，建議盡快加裝一個 ULB（發射訊號如 8.5 kHz 及 9.5 kHz）以作為航機殘骸之定位用途，航空器飛航作業管理規則第 118 條規定：「長程越水飛航之飛機，應備有下列救生及求生裝備：...三、中華民國一百零七年一月一日以後最大起飛重量超過二萬七千公斤之飛機，應以緊固方式裝置一具頻率為八點八千赫、持續工作三十日之自動觸發式水下定位裝置；該裝置不得安裝於機翼或機尾位置...」。

法國 BEA 本次提報水下偵搜策略與能量，偵搜方式與其他國家類似，先偵測到發報器訊號後，依照位置與指向進行三角計算。以 DK180 為例說明 8.8 kHz 發報器，DK180 為一個直徑 5.1 公分，長 15.2 公分之圓柱體，在遇水觸發後的前 10 分鐘會以每 1 秒為週期產生 8.8 kHz 之脈衝訊號，10 分鐘後則改以每 10 秒為週期發出訊號，並且可於水中持續拍發至少 90 日。法國 BEA 指出偵搜 8.8 kHz 發報器是一大挑戰，目前在法國南部湖泊測試中，現有水下偵搜設備如圖 3-18 至圖 3-20。

Legacy mean : PRS 275



圖 3-18 一般國家使用之 PRS275 水下偵搜設備

Legacy Helle 6120B



圖 3-19 水下偵搜設備



圖 3-20 水下偵搜設備

新一代旋翼機飛航紀錄器拆解

本次 AAIB 最後一日安排由 Curtiss-Wright 公司技術人員進行新一代旋翼機飛航紀錄器（Fortress recorder）拆解實作示範，對於調查人員而言是一個非常難得的機會，如圖 3-21。



圖 3-21 拆解實作新一代旋翼機飛航紀錄器 Fortress recorder

3.5 本會簡報

莊禮彰代表本會出席該會議，並就「運安會運輸工程組技術能量發展現況」發表專題報告；陳沛仲代表本會出席，並就「GIS 整合應用於運輸事故現場重建」發表專題報告，如圖 3-22 至圖 3-24。



圖 3-22 莊禮彰發表專題報告

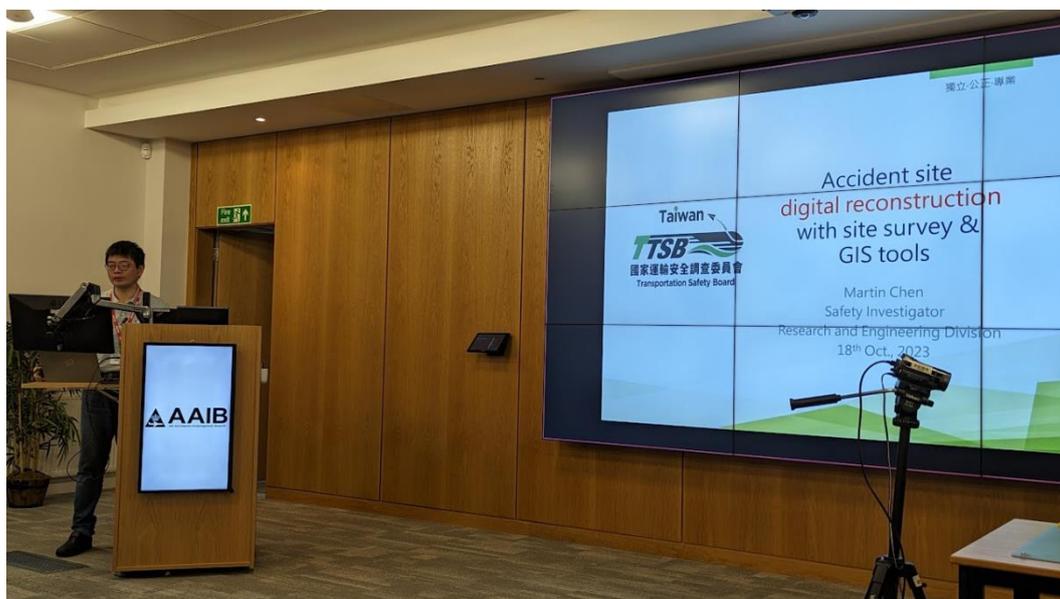


圖 3-23 陳沛仲發表專題報告



圖 3-24 本會參加人員合影於 AAIB`

四、建議

1. 本會應積極參與國際事故調查技術交流，於調查技術會議中分享本會事故調查能量以及實際案例，與其他國家調查員實質技術交流。
2. 落實亞太地區事故調查技術合作，應與日本 **JTSB** 及新加坡 **TSIB** 技術交流，並辦理實務演練，以提升亞太地區事故調查能量。
3. 目前各國派兩位以上參加調查技術會議，然本會受限於經費，以往僅派一位調查員參加，未來應多派員參加此類調查技術會議，吸取經驗並與國際調查員技術交流。

赴英國參加飛航事故紀錄器調查員會議出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

出國人職稱：正研究員／研究員

姓名：莊禮彰／陳沛仲

出國地區：英國倫敦市及南安普敦市

出國期間：民國 112 年 10 月 14 日至 10 月 26 日

報告日期：民國 113 年 1 月 17 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	本會應積極參與國際事故調查技術交流，於調查技術會議中分享本會事故調查能量以及實際案例，與其他國家調查員實質技術交流。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	落實亞太地區事故調查技術合作，應與日本 JTSC 及新加坡 TSIB 技術交流，並辦理實務演練，以提升亞太地區事故調查能量。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
3	目前各國派兩位以上參加調查技術會議，然本會受限於經費，以往僅派一位調查員參加，未來應多派員參加此類調查技術會議，吸取經驗並與國際調查員技術交流。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行