

出國報告（出國類別：其他）

飛航紀錄器調查員 研討會出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：副飛安調查官／官文霖

派赴國家：愛爾蘭都柏林市

出國期間：民國 106 年 9 月 17 日至 9 月 23 日

報告日期：民國 106 年 10 月 3 日

目次

一、目的	2
二、過程	3
三、心得	7
3.1 各國調查單位概況更新	7
3.2 新式調查技術與應用	11
3.2.1 ILS 進場訊號干擾的分析方法	11
3.2.2 高取樣率飛航資料的處理技巧	13
3.2.3 動態影像晃動的處理工具	15
3.2.4 雙頻水下聽音器的製作及實驗成果	16
3.3 損壞飛航紀錄器之晶片解讀	21
3.3.1 固態式飛航紀錄器之拆解議題	21
3.3.2 損壞飛航紀錄器之晶片解讀方法	23
3.3.3 記憶體模組解讀方法	26
3.4 普通航空業事故調查	28
3.4.1 愛爾蘭公務航空器 S-92A 直昇機事故調查	28
3.4.2 英國 ASG29E 滑翔機事故調查	30
四、建議	32

一、目的

本屆飛航紀錄器調查員年會（Accident Investigator Recorder meeting, AIR）於愛爾蘭航空失事調查局舉行，會議行程圓滿且收獲豐富，25 個國家的飛航事故調查單位派出 35 位紀錄器調查員出席。有別於以往，三個國家的海事調查單位亦派員參加，包括：英國海事事故調查局（Marine Accident Investigation Branch, MAIB/UK）、美國國家運輸安全委員會（National Transportation Safety Board, NTSB），及澳洲運輸安全局（Australian Transport Safety Bureau, ATSB）。

相關議題討論熱絡，主要重點包括：各國調查單位概況更新、新式調查技術與應用、損壞飛航紀錄器之晶片解讀、普通航空業事故調查的應用、飛航資料監控，及影像分析等議題等。新式調查技術與應用方面，研討 ILS 進場訊號干擾的分析方法、高取樣率飛航資料的處理技巧、動態影像晃動的處理工具、涉及海上空難雙頻聽音器的製作及實驗成果等。

我國飛安會這次出席會議，會中除向與會人士分享本會在過去這一年中的最新動態外，並提報兩篇論文，包括：「機載影像裝備之分析應用」及「普通業航空器事故調查技術」，相關討論熱烈，並與法國航空失事調查局（Bureau d'Enquêtes et d'Analyses, BEA）的相關發展極為相似，未來存在很大的合作空間。此外，也成功爭取到 2018 年主辦權。



圖 1 本次會議人員合影

二、過程

日期	起訖地點	任務
9/17-9/18	台北 - 阿姆斯特丹 - 都柏林	啟程及轉機
9/19-9/21	都柏林	會議
9/22	都柏林-法蘭克福	返程及轉機
9/23	法蘭克福 - 台北	返國

Tuesday, September 19th, 2017 - Day 1 第一天

09:00 - 09:15 : Introduction

09:15 - 09:30 : Self introductions 出席人員自我介紹

09:30 - 10:30 : Lab overview 各國工程部門能量介紹

- AAIB UK, AAIU, ASC, ATSB, BEA,

10:30 - 10:45 : *Coffee break*

10:45 - 12:15 : Lab overview (cont' d) 各國工程部門能量介紹

- JTSB, NTSB, SHK, SCAA, HKCAD, MAK, TSB, TSIB

12:15 - 13:00 : *Lunch break*

13:00 - 14:30 : Lab overview (cont' d) 各國工程部門能量介紹

- CENIPA, AAIB Malaysia, KSA-AIB, AAIU, ANSV, BFU

14:30 - 15:00 : *Coffee break*

15:00 - 17:00 : Solid- State CVR, FDR readouts 固態式飛航紀錄器解讀技術

- NTSB, TSB, BEA

Wednesday, September 20st, 2017 - Day 2 第二天

- 08:40 - 09:10 : Retrieving Information from Non-ARINC Recorders 普通業航空器事故調查技術
- ASC
- 09:10 - 09:10 NAND reader development & Light recorders from French manufacturers NAND 晶片解讀技巧及簡式飛航紀錄器發展
- BEA
- 09:10 - 09:40 Animations for work and animations for publishing 飛航動畫開發進展與成果
- BEA
- 09:10 - 10:10 Animations using X-plane 飛航動畫整合 (Insight vs. X-plane)
- TSB
- 10:10 - 10:25 : Coffee break
- 10:25 - 11:00 : Tools and Techniques for Extracting Information From Poor Quality Cockpit Video 動態影像修正技術
- NRC
- 10:25 - 11:00 : FLARM - Options if the unit doesn' t survive 普通業航空器調查技術
- AAIB
- 11:00 - 12:00 : Bell 525 Flight Test Accident in Italy - Vehicle Recorder Presentation Bell 525 直昇機事故調查
- NTSB
- 12:00 - 12:20 : “Forensic” Examination of a SQL based aviation software application 科學鑑識技術於電腦 SQL 資料庫之調查應用
- AAIB
- 12:25 - 13:00 : Lunch break
- 13:00 - 13:30 : Chip level recovery of a Vision 1000 camera V1000 簡式飛航紀錄器的晶片解讀技術
- BFU
- 13:30 - 14:00 : Aircraft performance in General Aviation investigations 普通業航空器事故之性能分析技巧

- BEA
- 14:00 - 14:30 : GPS readout capability updates & MP4 files recovery tool GPS 晶片解讀及 MP4 受損檔案救援方法
 - IAC
- 14:30 - 1500 : AAIB' s next generation of towed underwater ULB detection equipment 英國 AAIB 新一代飛航紀錄器水下定位系統
 - AAIB
- 15:00 - 15:15 : Coffee break*
- 15:15 - 15:40 : Electronic Device Recovery from a 16 Fatal Commercial Balloon Accident in Lockhart, Texas. Bell525 機載航電裝備解讀設備
 - NTSB
- 15:40-16:20 Transcribing a 26 Hour Audio Recording (Sinking of SS El Faro, 36 NM NE of Acklins and Crooked Islands, Bahamas) 26 小時輪船語音紀錄器之抄件製作經驗分享
 - NTSB
- 16:20-16:50 The use of CVR transcripts in reports 飛航事故之座艙語抄件公布事宜
 - AAIU

Thursday, September 21nd, 2017 - Day 3 第三天

- 08:40 -09:10 Erroneous Localizer Deviation Indications and the Autopilot Response 儀器進場訊號干擾導致自動駕駛異常事件調查
 - NRC
- 09:10 -09:40 Memory Access Retrieval System (MARS) 記憶體模組解讀方法
 - AIB/ Ismail Y Kashkash
- 09:40 -10:10 Tracking Instrument indications & Geographic positions 普通業航空器儀表識別及影像處理技術分享
 - BEA
- 10:10 - 10:30 : Coffee break*
- 10:30 - 11:10 Flight Path Reconstruction Based on the Video Recording 機載影像裝備之分析應用
 - ASC

11:10 - 11:40 General Aviation flying during the total solar eclipse
on August 21, 2017 普通業航空器事故案例分享

•NTSB

11:40 - 12:40 Lessons From SE-JVP, AS350B3 Helicopter Accident AS350
直昇機失事調查之經驗與教訓

•SHK

12:030 - 13:00 : Lunch break

13:00 - 14:30 : Open discussion --- All topics,suggestions received
included:

1. Damaged flight recorder operation
2. New developing tools for safety investigation
3. Flight Recorders regulation update (i.e. ICAO Flight Recorder Panel,
E/U working groups)
4. Light Recorder
5. Audio spectrum analysis
6. Video/image analysis
7. Data mining/big data application.
8. OEM license agreement requirements that have come to light this year,
specifically to Honeywell and L3 COM

14:30 - 15:00 : Close of meeting and wrap up discussions

三、心得

3.1 各國調查單位概況更新

今年會議有 25 個國家 35 位各國政府事故調查單位之飛航紀錄器調查員出席。目前，美國 NTSB 及法國 BEA 調查能量持續維持在高水準，與往年差異不大，以下選擇五個調查機構因發展新式調查技術或新加入會員之重要內容：

3.1.1 愛爾蘭航空失事調查局

愛爾蘭航空失事調查局 (Air Accident Investigation Unit, AAIU) 隸屬於愛爾蘭交通及旅遊部。負責愛爾蘭境內之民用及公用航空器之失事及重大意外事件調查。AAIU 根據 Annex 13 及歐盟法規 996/2010 制訂其組織法及事故調查法。

AAIU 完全參照 ICAO Annex 13 的附件研判重大意外事件的情況。現在，AAIU 有十名人員，其中七人屬調查技術人員 (首席檢查員具備飛行員資格，另三名調查員具備飛行員資格，四名調查員具備航機維修專業背景)。

一直以來，AAIU 與愛爾蘭民航局使用 ECCAIRS¹ 作為事件通報及處理系統。最近三年飛安事件的平均通報數 12,750 件。經過 AAIU 查證後，每年平均 70 件飛安事件會被紀錄於 ECCAIRS 資料庫；每年平均 20 件屬重大意外事件，ECCAIRS 存有初步報告及調查報告；每年平均 15 件失事案件。

AAIU 未建立飛航紀錄器下載及分析能量，所有飛航紀錄器都送至英國 AAIB、德國 BFU 或法國 BEA 下載及分析，它有一個很大的殘骸存放棚場。

3.1.2 澳洲運輸安全局

澳洲運輸安全局 (Australian Transport Safety Bureau, ATSB) 是多模組的獨立運輸安全調查機構，負責航空、軌道及海事調查，編制 45 位調查員。目前，只有 43 位人員，包括，22 位航空調查員、3 位海事調查員、4 位軌道調查員；4 位紀錄器專家、3 位材料專家、4 位人為因素專家、3 位資料研究員。以下摘要 ATSB 實驗室的最新工程能量以作為未來發展參考：

- ◆ 各式輪船及火車紀錄器下載及分析系統。

¹ 歐盟飛安資料庫系統 (European Coordination Centre for Accident / Incident Reporting System, ECCAIRS)，完全符合 ICAO ADREP 2000 分類法的飛安資料庫。

- ◆ 飛航資料紀錄器下載及分析系統：Lockheed/L3 COM/Honeywell/Smiths/Penny & Giles/Universal/Avionica RSU II/HMFI 下載裝備；分析軟體 RAPS 7.0/INSIGHT 4.5/GRAF 6.8/ROSE 4.8/STARS。
- ◆ 座艙語音紀錄器下載及分析系統：L3 COM/Honeywell//Universal/Nagra tape units 下載裝備；分析軟體 ProTools/Song Sound Forge/Audacity。
- ◆ 萬用型下載基座 (Golden Chassis)：L3 COM F1000/FA2100；Honeywell 全系列 SSCVR/SSFDR/HFR5；Smiths CVFDR。
- ◆ NOR/NAND 損壞晶片處理系統：IR rework station: PDR；Xeltek SuperPro 5000, SuperPro 6100；Netherlands Forensic Institute - Memory Tool Kit I and II。

近幾年，ATSB 投入近百萬美元發展損壞晶片處理系統，以儲備能量應付各式智能裝備、受損之第四代及第五代飛航紀錄器低階解讀能量。

3.1.3 加拿大運輸安全委員會

加拿大運輸安全委員會 (Transportation Safety Board of Canada, TSB) 是多模組的獨立運輸安全調查機構，負責航空、軌道、海事及管線調查，編制 220 位調查員。

TSB 委員會共有 1 名主任委員及 4 名委員，TSB 主任委員指派 1 名資深人員擔任首席執行官或稱執行長負責所有行政及調查工作。TSB 下設七個一級單位，包括：航空調查處 (分 8 科)、水路調查處 (分 4 科)、軌道及管線調查處 (分 4 科室)、技術服務處 (分 5 科)、行政處 (分 4 科)、通信處 (分 2 科)、通信處 (分 2 科)。

TSB 與會代表表示，今年 9 月技術服務處有比較大的變動是該處處長 Mr. Leo Donati 已辦理退休，重新組改為兩科：載具紀錄器及性能科、系統工程科。以下摘要 TSB 實驗室的最新工程能量以作為未來發展參考：

- ◆ TSOP/BGA 損壞晶片處理系統：reSolut Visual NAND Reconstructor，詳圖 3.2。

- ◆ 座艙語音紀錄器音頻分析軟體：Spectral Layers Pro 3.
- ◆ 光達測繪系統：Calipri

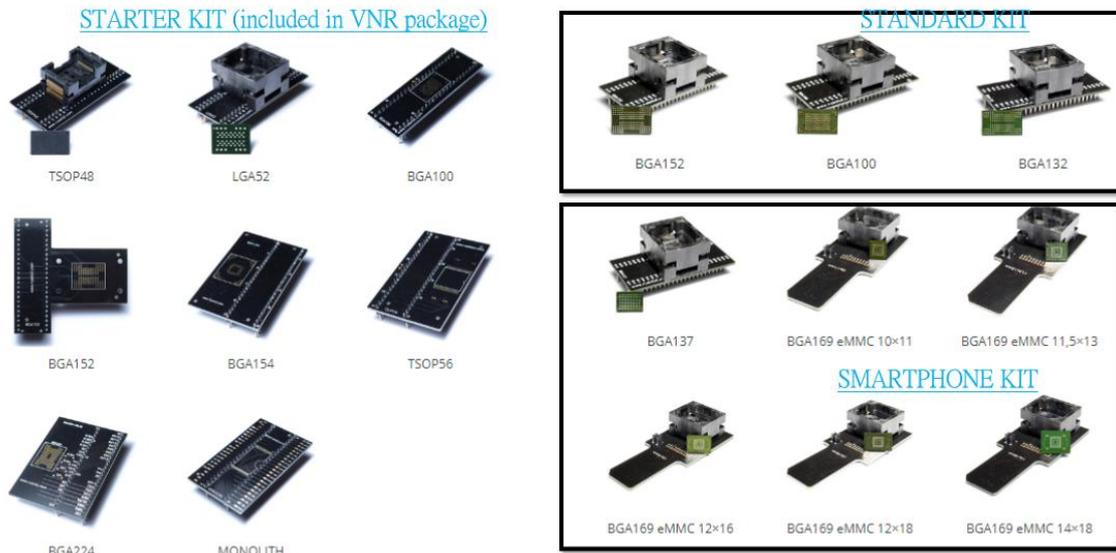


圖 3.2 reSolut Visual NAND Reconstructor 之各式晶片下載界面圖

3.1.4 瑞典失事調查局

瑞典失事調查局 (Accident Investigation Authority, SHK) 是多模組的運輸安全調查機構，但它隸屬於司法部，負責軍用/民用航空、軌道、海事及道路運輸調查。調查案的主任調查官是由瑞典前任法官擔任。SHK 並未完全參照 ICAO ANNEX 制訂其組織法及調查法。

目前，SHK 有 35 位員工，年度預算約 460 萬歐元。共有三個部門，詳圖 3.3。SHK 與愛爾蘭 AAIU 類似情況，未建立紀錄器下載及分析能量，如需解讀飛航紀錄器，則送至歐盟其他機構下載及分析。

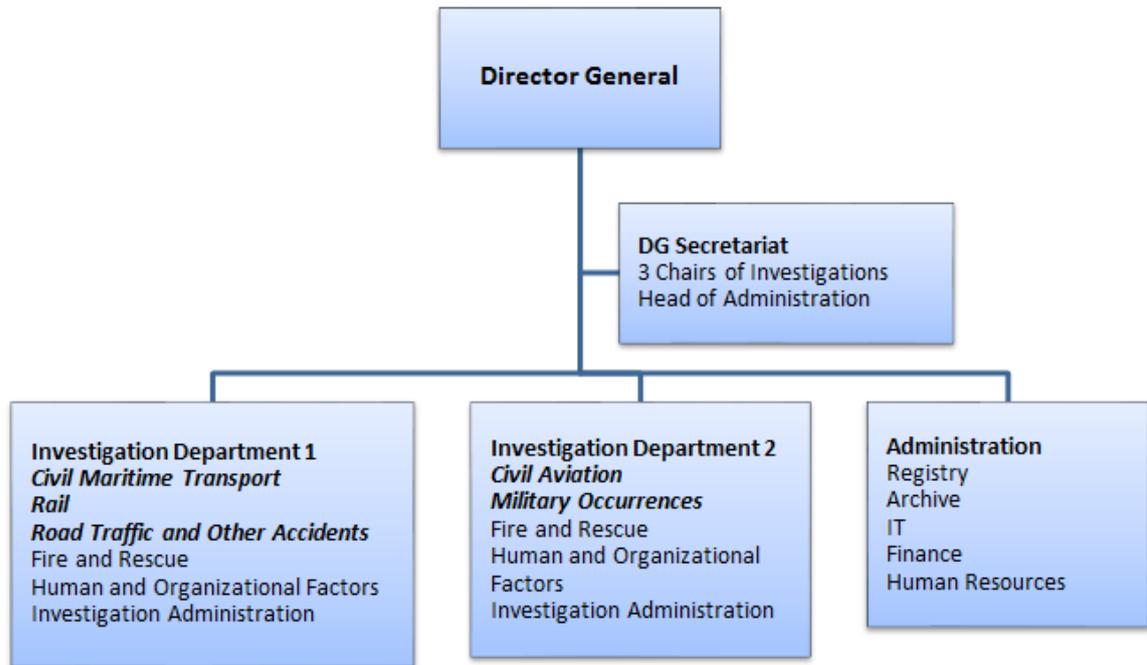


圖 3.3 瑞典失事調查局組織圖

3.1.5 馬來西亞航空失事調查局

2013 年 3 月 28 日馬來西亞政府修法成立航空失事調查局（Air Accident Investigation Bureau, AAIB）隸屬於交通部，負責民用航空飛航事故調查。直到 2014 年 3 月 18 日發生馬航 370 重大事故前，馬國 AAIB 並無積極作為以籌建其事故調查能量及作業程序。

2015 年，馬國交通部緊急調集十二名人員掛牌成立 AAIB，其機關首長稱為首席檢查員，目前從缺中。AAIB 採取一邊參與事故調查一邊陪訓調查人員，參與的事故調查案有三件：馬航 370、馬航 17 及 AS365 直昇機事故。

2016 年至 2017 年期間，AAIB 積極參與各種飛安研討會及技術研習會。籌建中的飛航紀錄器實驗室將選用加拿大 PSI 公司的 FAS 系統。

3.1.6 沙烏地阿拉伯航空失事調查局

2013 年 1 月沙烏地阿拉伯政府修法成立航空失事調查局（Accident Investigation Bureau, AIB）隸屬於交通部，負責民用航空飛航事故調查。2014 年至 2016 年期間，積極與美國 NTSB、德國 BFU、法國 BEA、加拿大 TSB 及澳洲

ATSB 簽屬合作協議，並投入大量的資源建立現代化飛航紀錄器實驗室。

目前，沙國 AIB 人數仍在擴編中，主要有四個處：事故調查處、飛航安全處、工程技術處，及行政與財政處。沙國 AIB 工程技術處，現有六人，主要的調查設備，包括：3D FARO SCANNER、四旋翼及六旋翼無人機，飛航紀錄器晶片解讀系統，詳圖 3.4。



圖 3.4 沙烏地阿拉伯航空失事調查局主要調查裝備圖

3.2 新式調查技術與應用

3.2.1 ILS 進場訊號干擾的分析方法

本案涉及發生於 2014 年 4 月的一起 CH149 直昇機意外事故，該機於某機場 13 跑道進場期間，左右定位台訊號多次干擾導致自動駕駛異常。圖 3.5 為 A CH149 直昇機進場期間之飛航參數變化圖，包括：左右定位台訊號、航向、氣壓高度、左右自動駕駛模式、航機地空模式等。09:41 時至 09:45 時期間，多次出現左右定位台訊號干擾，駕駛員於 09:45 時手動解除自動駕駛並修正航向後安全落地。

圖 3.6 為該機航向與左右定位訊號變化圖，ILS 訊號出現凸波期間造成航機的航向向右約偏移 13 度。加拿大國家研究院（NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA, NRC）的研究員使用 MATLAB 進行模擬與分析，結果如圖 3.7。NRC 指出，真正的干擾源仍有待調查，短期的解決方式為提醒飛行員，如發現此類狀況要解除自動駕駛採取方向舵修正航跡。

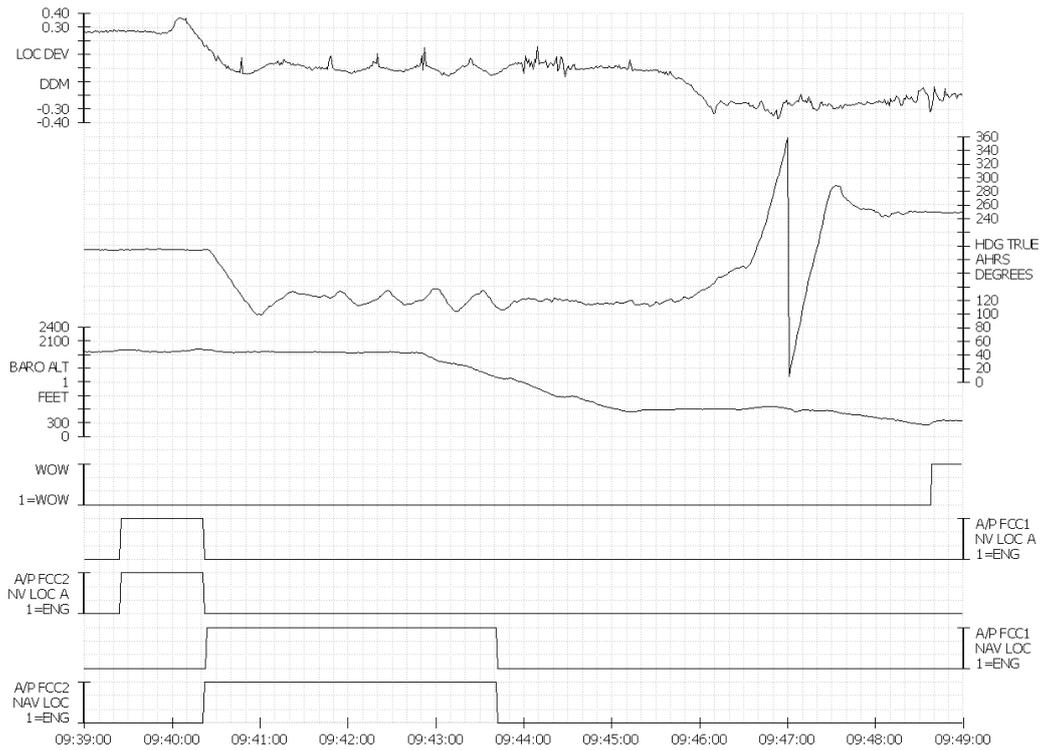


圖 3.5 CH149 直昇機進場期間之飛航參數變化圖

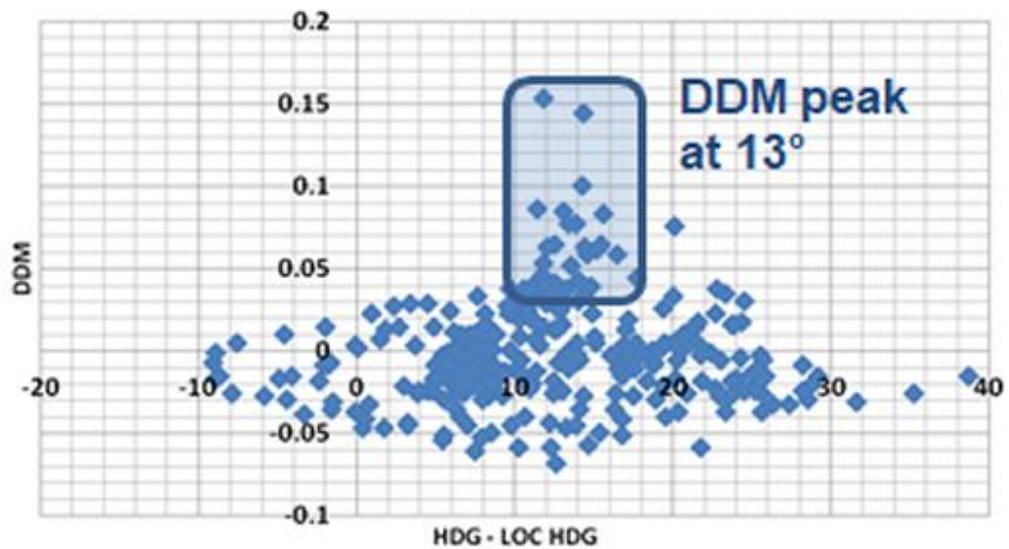


圖 3.6 CH149 直昇機航向與左右定位訊號變化圖

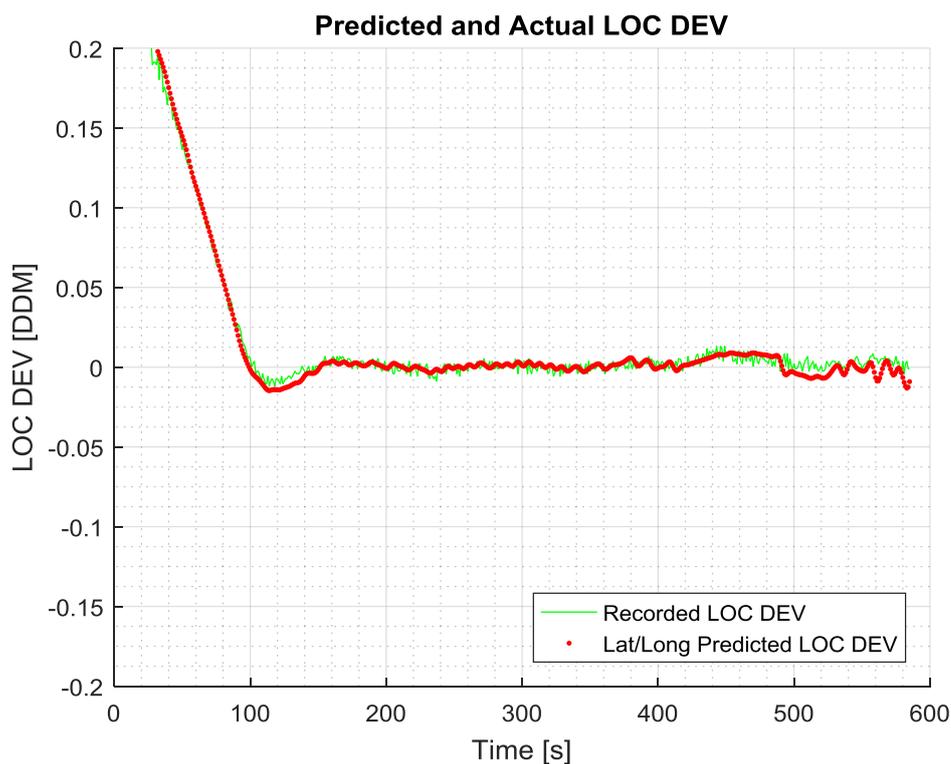


圖 3.7 該機 FDR 紀錄之左右定位訊號及 MATLAB 模擬結果比較圖

3.2.2 高取樣率飛航資料的處理技巧

2016 年 7 月 6 日，美國 NTSB 調查一起 Bell 525 直昇機的事故²。該事故涉及未取適航證書的直昇機發生致命事故，且其機上所有座艙語音紀錄器、飛航資料紀錄器、簡式飛航紀錄器都沒有紀錄。調查期間必須仰賴一台機載探測裝置 (Telemetry Storage Module, TSM)。TSM 是一台 128GB 固態硬碟，必須使用 Bell 公司特殊裝備 (Computer Aided Flight Test Analysis, CAFTA) 才能解讀，它記錄 5282 項參數，資料取樣率介於 31.5 HZ 至 4,000 HZ，紀錄時間 1 小時 26 分鐘。亦即，20 秒存在 20,000,000 筆資料。

此事故的 TSM 資料造成 NTSB 的飛航資料解讀系統 (Crash Investigation Data Extraction and Readout, CIDER³) 無法運作。因為 CAFTA 只能將飛航資料轉出成 CSV 格式，因此如何有效分割檔案及降低資料取樣率成為首要問題。

² NTSB 簡式報告 http://www.aeroboeke.nl/ntsb/62001_NTSB_DCA16FA199.pdf。

³ CIDER 係依據 TSB RAPS 解讀系統原始碼及 NTSB 的需求所開發的解讀系統，它各式飛航資料全部轉為 ARNIC 573/717/767 FORMAT。

經過研究及分類後，將原來 128 GB 檔案，按 8 種取樣率分別匯出 (31.5/62/125/250/500/1,000/2,000/4,000 Hz)，再轉為 ARINC 767 格式寫入 CIDER 系統。圖 3.8 為 TSM 最後 20 秒資料繪圖。

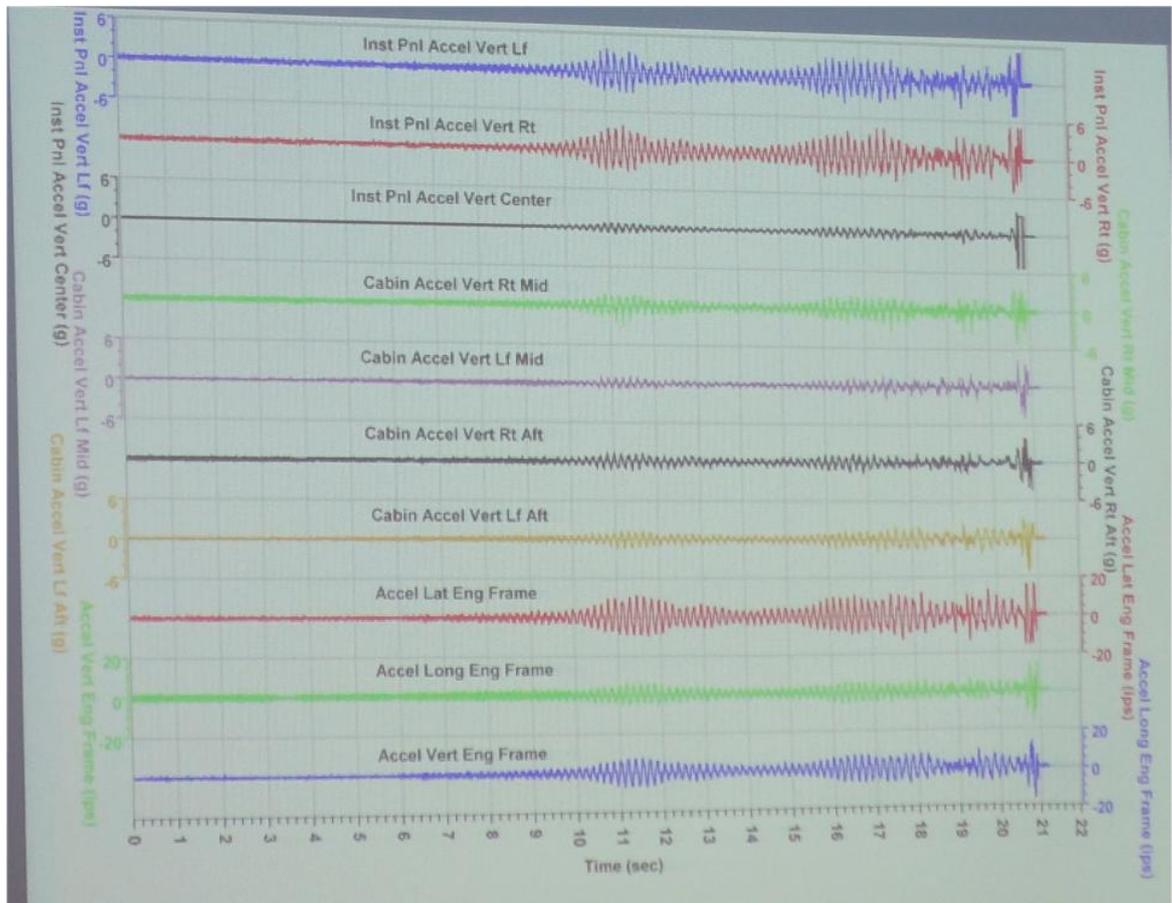


圖 3.8 TSM 最後 20 秒資料繪圖

根據 TSM 資料，該機主旋翼轉速於 92%時，出現巨大的 6 Hz 震動且另一具發動機失效，駕駛員操作失當導致直昇機動力不足墜毀，詳圖 3.9。

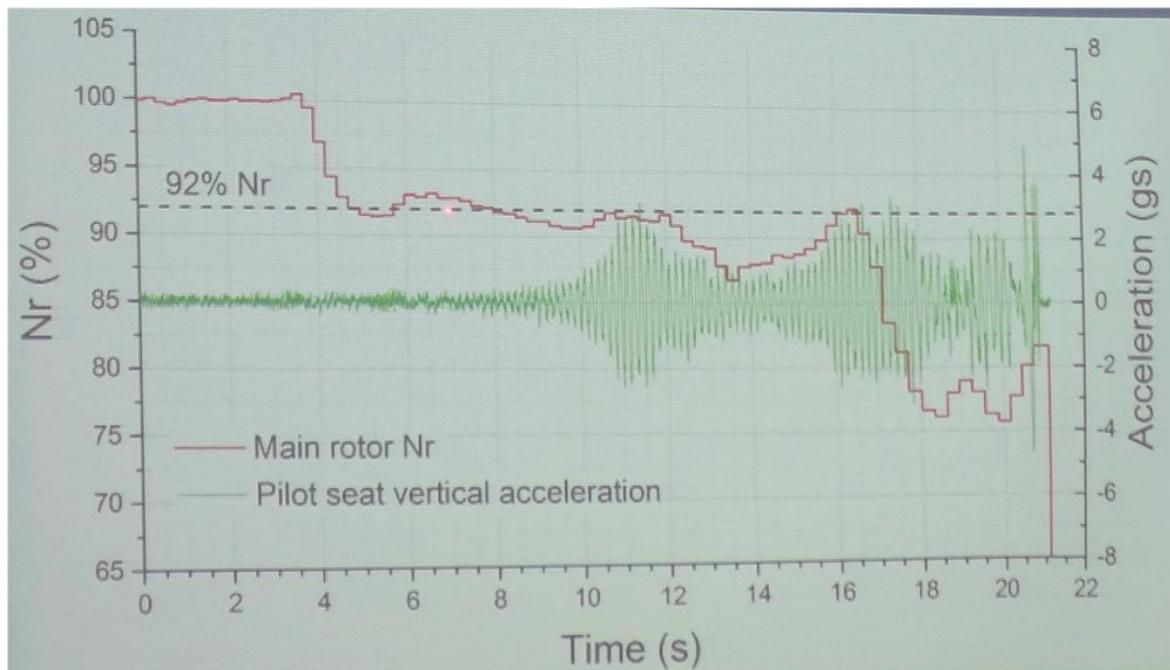


圖 3.9 該機最後 20 秒出現 6HZ 震動與主旋翼主速變化圖

3.2.3 動態影像晃動的處理工具

本案涉及 CH124 直昇機意外事故，如何應用機載四具維修用途攝影機的資料。NRC 調查員表示，本案的攝影機畫面常因劇烈晃動而無法辨識。經過研究，可以使用 VIRTUAL DUB 軟體加掛 DESBAKER 模組來改善晃動問題，詳圖 3.10。

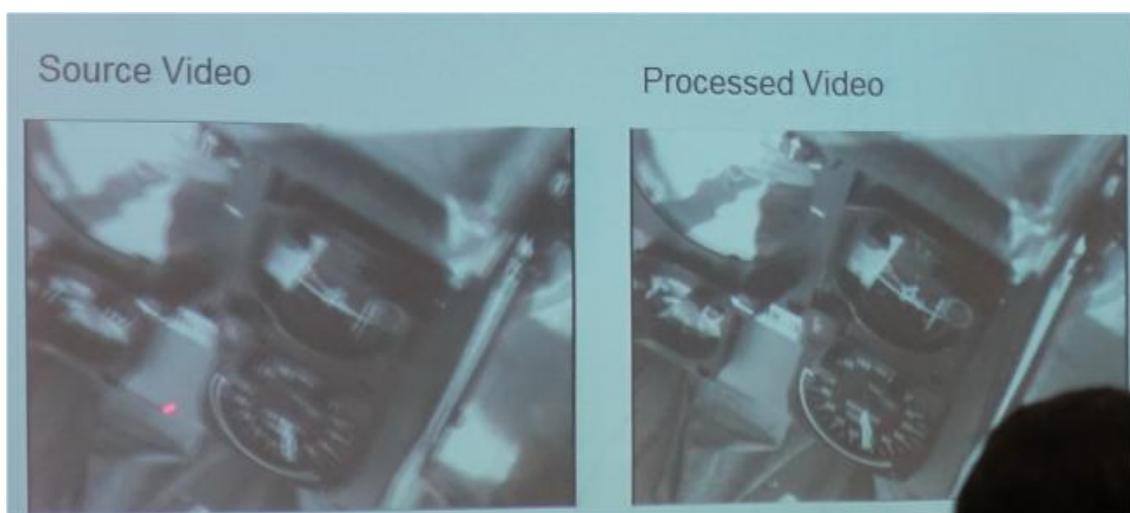


圖 3.10 攝影機畫面存在劇烈晃動處理前及處理後比較圖

3.2.4 雙頻水下聽音器的製作及實驗成果

過去 10 年期間，英國航空失事調查局（AAIB）、法國航空失事調查局（BEA）及我國飛安會各自發展飛航紀錄器水下定位系統。所使用的水下聽音器均為單頻 37.5 KHZ，搭配不同的 GPS 及任務規劃系統，用以提升海上空難的紀錄器定位時間。2015 年，AAIB 著手開發雙頻水下聽音器已取代舊有的飛航紀錄器水下定位系統（Underwater Locator Beacon Detection, ULBD）。以下簡述前揭三套系統的基本功能。

法國 BALISA

最近十年，法國 BEA 平均一年要處理一起海上空難及 ULB 偵查及打撈工作；對於水深低於 1,50 公尺，多數案例均由實驗室人員負責 ULB 海上搜索；對於水深高於 1,50 公尺，BEA 則委託法國專業顧問公司 ACSA 協助。2007 年，ACSA 公司被 ALCEN 集團併購，近期又被法國打撈公司 Alseamar 再併購。

面臨傳統手持式水下聽音器操作的不便性，無法即時定位等問題，2003 年 BEA 著手開發並整合飛航紀錄器水下定位系統（BALISA），詳圖 3.11。

BALISA 含有三部份硬體及軟體運算功能，硬體包括：指向性水下聽音器、無指向性水下聽音器、水下聽音接收機，另可搭配手持式羅盤及 GPS 接收機。軟體運算功能以 C 語言為核心。對於聽音器的搭配均為單頻作業，可依任務需求更換前述水下聽音器探頭。



圖 3.11 BEA 飛航紀錄器水下定位系統之相關硬體



圖 3.12 BEA 飛航紀錄器水下定位系統軟體界面圖

整個工作平台是一台防水筆記型電腦，所有的軟體功能類似簡單版的地理資訊系統，它可以規劃及執行 ULB 搜索任務，相關功能模組包括：選取 GPS 定位位置、ULB 方位角、計算模組等，詳圖 3.12。整個搜索任務之航點，GPS 航行軌跡及 ULB 探測訊號等有紀錄，ULB 音頻也可以進行後處理分析。

台灣 FRULS

為爭取飛航紀錄器搜尋及打撈之時效性，我國飛安會實驗室於 2005 年度開始發展飛航紀錄器水下定位系統 (Flight Recorder Underwater Locating System, FRULS)，配合全球衛星定位系統、水下聽音器、地理資訊系統 (GIS) 及定位定向估測程式，估算飛航紀錄器於水下之位置。

2011 年完成可攜式飛航紀錄器水下定位系統 (FRULS II)，提升原系統硬體操作靈活性，適用於海洋、湖泊及水庫等不同事故現場環境。2015 年發展第 3 代 FRULS III，搭配智慧型攜帶裝置、聲音訊號處理與紀錄器水下偵搜軟體工具等。整個搜索任務之航點，GPS 航行軌跡及 ULB 探測訊號等有紀錄，ULB 音頻也可以進行後處理分析。

FRULS III 系統主要由以下 4 個組件組成：平板電腦 (資料收集器)、智慧型手錶 (提供航向資訊)、ULB 水下搜索工具軟體 (程式核心)、水下聽音器 (RJE Underwater Receiver)。

資料收集器上安裝水下搜索工具軟體 (Android)，透過藍芽傳輸接收來自於智慧型穿戴式裝置上之電子羅盤方位資訊，記錄資料收集器之 GPS 定位資訊，處理來自於水下聽音器之音頻訊號，計算 ULB 最可能的位置，並於 Google Earth 呈現作業船艇移動之歷史軌跡、飛航紀錄器定位定向結果、飛航紀錄器解算結果等。

飛安會調查員於 2017 年 2 月底，赴新加坡參加第 3 屆飛航紀錄器水下技術研討會⁴，並參與海上事故演練，圖 3.13 為該次演練中 FRULS III 的執行成果。

⁴ 蘇水灶等三人，[報告名稱：赴新加坡參加「第 3 屆飛航紀錄器水下技術研討會」出國報告。](#)

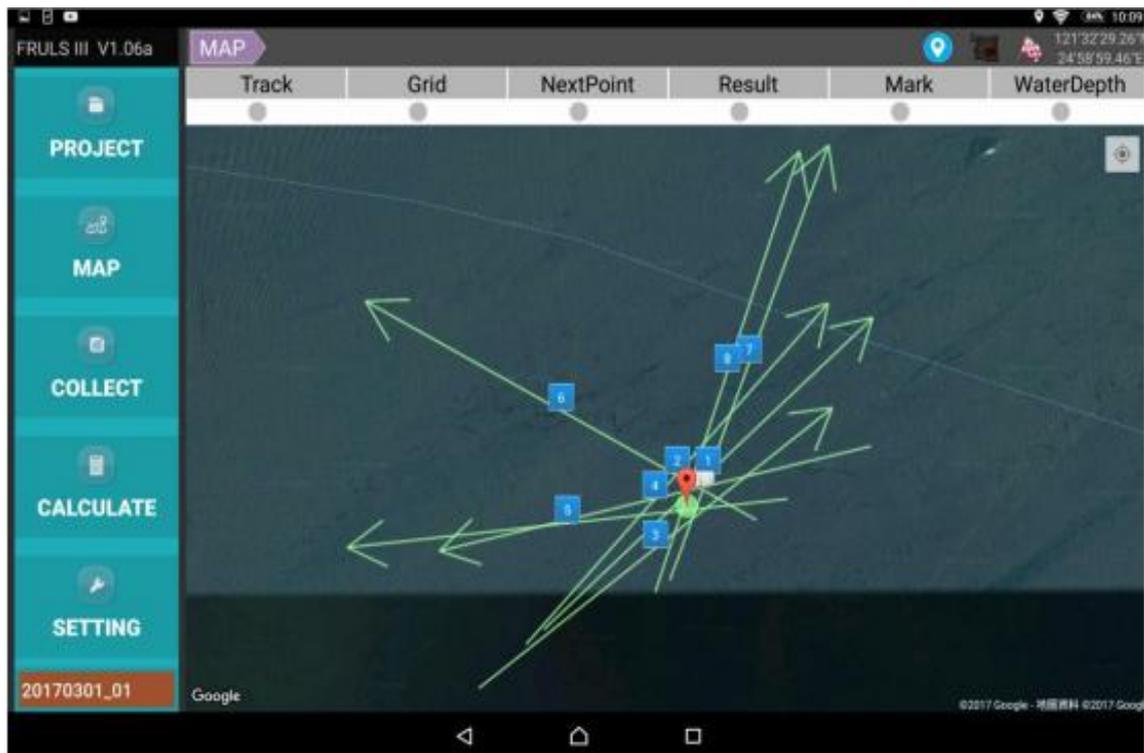


圖 3.13 ASC 飛航紀錄器水下定位系統軟體界面圖

英國 ULBD

英國 AAIB 自行開發的飛航紀錄器水下定位系統 (ULBD)，與一般手持式的水下聽音器不同。執行 ULB 訊號聆聽時船隻不用停止，它採用類似網拖信標 (TOWED-FISH) 的方式，它單根或多根繩索 (長度 130 公尺、300 公尺、700 公尺)，後端接上信標接收器，並測量水壓與水溫，透過繩索將探測訊號傳回船上，船上的電腦配有類似 GIS 的軟體，它可以根據預先規畫的行進路徑指揮船行方向 (半井型路徑，間格為 50~1,000 公尺，視水深而定)，並即時處理網拖信標之定位資料。

英國 AAIB 第一代 ULBD 系統優點有三：設備價格低廉，快速探測大區域，易於組裝及施放。缺點有三：體積龐大又重，未完全自動化處理音頻訊號耗費大量人力，定位精度約 100 公尺。

經過多年的改良，該水下定位系統具備即時音頻訊號處理功能，且能即時顯示 GPS 航跡、ULB 音訊訊號強度、自動標示輪船位置、並預測黑盒子水下位置圖 3.14 為 ULBD 系統之搜索航線及頻域響應圖，圖 3.15 為 ULBD 系統之硬體裝備界面。

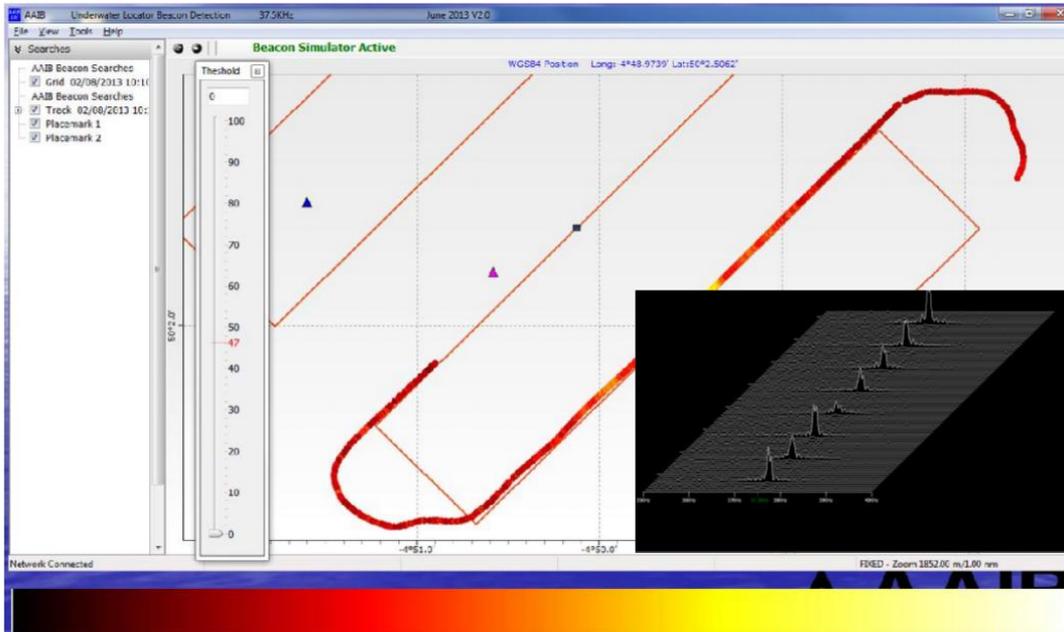


圖 3.14 AAIB 飛航紀錄器水下定位系統軟體界面圖

英國 AAIB 第二代 ULBD 系統，其網拖信標只用一顆，可同時處理 8.8 及 37.5 KHZ。整個系統整合則委託法國 Alseamar 公司，所有硬體分為三部分：水下聽音器訊號探頭及導線、ULB 訊號處理介面，以及防水筆電。AAIB 表示，第二代系統對 37.5 KHZ 探測效能增加 48%，及 4 公里內的 ULB 都可偵測到；對 8.8K HZ 可探測距離，初步測試達 6 公里至 8 公里。

英國 AAIB 第二代 ULBD 系統已具備商業化雛型，因可能取代傳統的手持式水下聽音器。AAIB 藉由法國 Alseamar 公司的工程整合，可能再進一步優化其系統介面與軟體功能。AAIB 建議，各國調查單位應積極研究雙頻水下聽音器的問題。我國應參考此發展趨勢，研擬未來海上飛航事故的相關作為。



圖 3.15 AAIB 飛航紀錄器水下定位系統硬體介面外觀圖

3.3 損壞飛航紀錄器之晶片解讀

3.3.1 固態式飛航紀錄器之拆解議題

Honeywell 產品 HFR5

針對 Honeywell 第五代飛航紀錄器 (980-4750-XXX 及 980-6032-XXX)，他們適用於 Airbus 350/380/A320 NEO/A330 NEO 及 Boeing 737 Max 機型的紀錄器，聲音 2 小時，資料 25 小時，NAND 晶片 3.3V 電壓。最大的差別是 P1 連接頭，它有兩種外型詳圖 3.16。BEA 自行製作 P1 兩個轉換接頭 (4 PIN VS. 3 PIN)，均使用 980-4700 的紀錄器當萬用基座使用 playback 32 軟體來下載原始資料。

在 playback 32 軟體內處理 980-6032-XXX CVR 時，全部勾選下載會遭遇一個錯誤訊息，只能單軌下載。此問題要等 Honeywell 軟體升級至 511 版才會獲得改善。

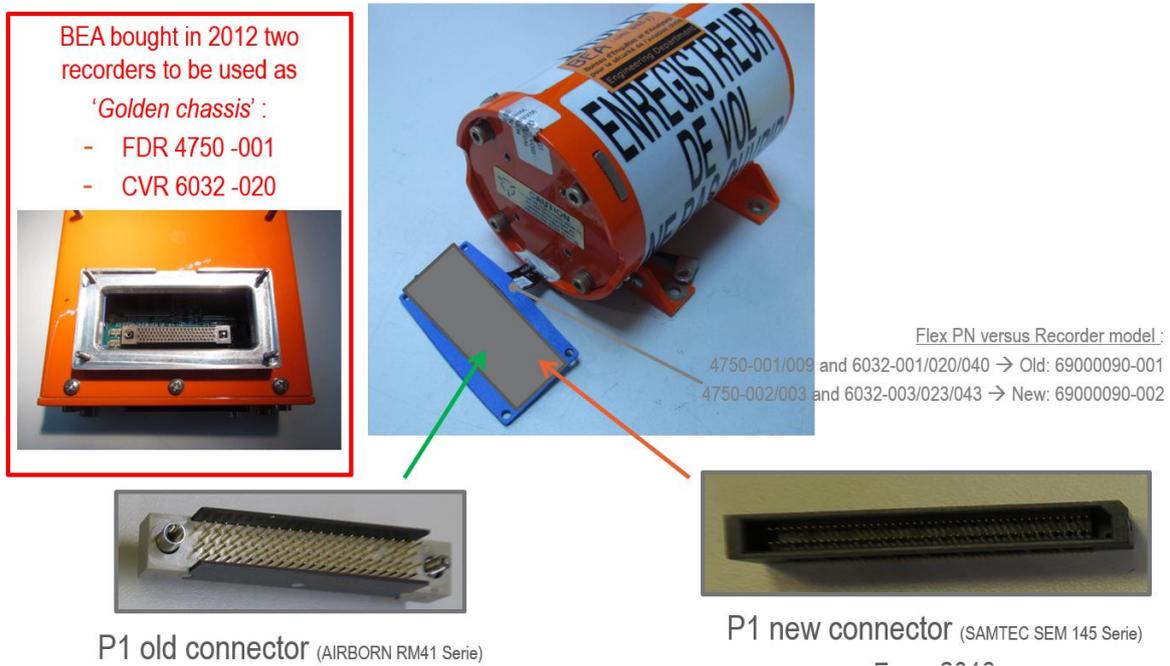


圖 3.16 Honeywell 第五代飛航紀錄器下載接頭外觀圖

L3 COM 產品 FA2100

針對 L3 COM FA2100 系列紀錄器晶片有兩種，舊型 FLASH 記憶體用 NOR 3V 或 5V；新型 FLASH 記憶體用 NAND 3V。配合 L3 的救援軟體（AIK）關鍵在 CICC 韌體的版本，目前只有兩種 CICC Loader 2.9 及 Loader 3.2。CICC Loader 4.0 未推出前，AIK 關鍵在 CICC 韌體版本可能無法完全下載原始資料。

	CICC loader 2.9 (< 3.2)	CICC loader 3.2	CICC loader 4.0
Configuration 'Golden chassis'	NAND ✘ NOR 3V ✔ NOR 5V ✔	NAND ✔ NOR 3V ✔ NOR 5V ✘	NAND ✔ NOR 3V ✔ NOR 5V ✔
Associated interface	CICC 2 (Parallel port)	CICC 2 (Parallel port)	CICC 3 (Ethernet port)

Curtiss - Wright 產品 D51615 MPFR

針對 Curtiss - Wright 的多功能飛航紀錄器，51615 型適用於 S76/AGUSTA 139/AS333/ EC225 等直昇機。今年 Curtiss - Wright 曾應 BEA 要求舉辦損壞紀錄器訓練課程，拆解過程詳圖 3.17。潛在的問題為記憶體可能因泡水數十天就會出現嚴重腐蝕。AAIB 及 BEA，近期可能會研擬一項飛安改善建議給 EASA 以解決本項議題。

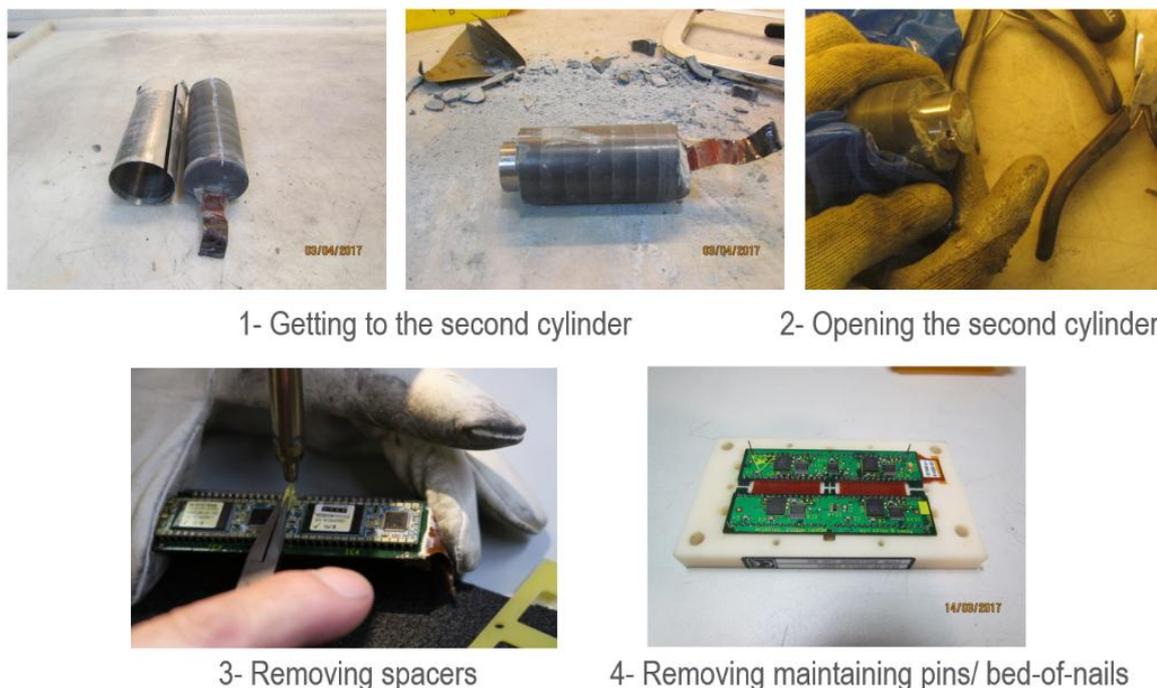


圖 3.17 Curtiss - Wright D51615 MPFR 拆解程序簡圖

General Electric 產品 EAFR

適用於 Boeing 787 的 EAFR 紀錄器，普遍存在兩個問題：所有 CVR 音軌會有突波雜訊及區域麥克風音軌品質很差的問題。

目前，NTSB 擁有 GE 的特殊程式可以將原始資料下載並去除第一部分資料 (datamap)，GE 的解讀軟體 IGS 只能將飛航參數以 CSV 匯入。BEA 正在與 GE 協商簽屬保密條款，以獲取晶片內原始資料的特殊內容，嘗試晶片的直接下載方法。

3.3.2 損壞飛航紀錄器之晶片解讀方法

BEA NAND 晶片解讀

長期以來，BEA 的調查員積極開發損壞飛航紀錄器的特殊解讀方法。針對高容量的 NAND 晶片，如 Vision 1000 的 NAND 晶片，BEA 選用 Arduino Due⁵ 模組來開發 NAND 晶片下載方法，詳圖 3.18。後來改用 Raspberry Pi⁶ 模組來提升工作效率。目前，BEA 只能處理 4GB 容量。

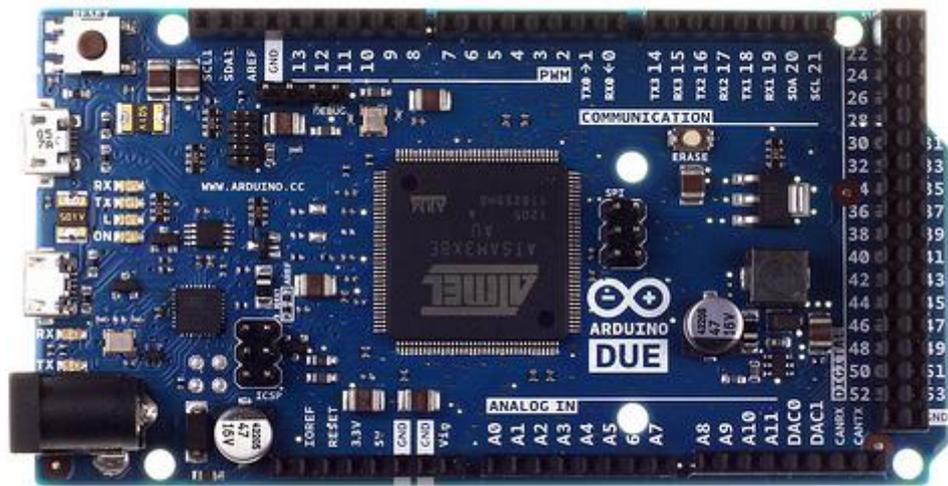


圖 3.18 Arduino Due 外觀圖

IAC BGA 晶片解讀

近年，俄羅斯航空失事調查局 IAC 使用 PDR - E3I 工作站來發展 BGA 晶片的解讀系統，它是先進的設備，具備電路板檢測工具、晶片拆解工具、雷射定位工具、BGA 植球處理等，詳圖 3.19。

⁵ Arduino Due 32-bit ARM core microcontroller. With 54 digital input/output pins, 12 analog inputs，一片約 40 美元。

⁶ Raspberry Pi Raspberry Pi 採用四核心 ARM Cortex A53, Broadcom BCM2837 晶片。

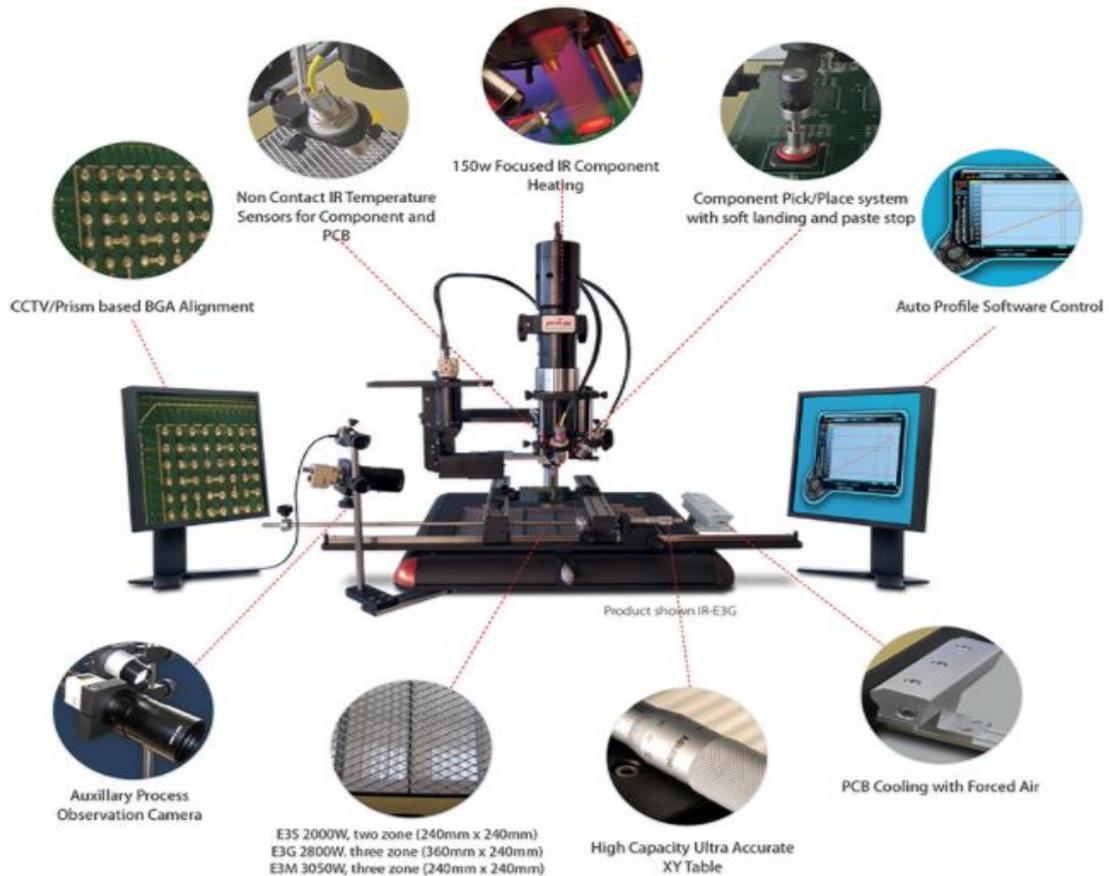


圖 3.19 PDR - E3I 工作站示意圖

IAC FAT 32 固態硬碟解讀

針對 GOPRO 的 FLASH 記憶體，影音資訊是以 FAT 32 格式儲存。因為，發生事故之航空器常因撞擊與火燒造成 SD 卡無法正確讀取資料。因此，IAC 開發一套 FAT 32 原始資料分析軟體。涉及技術細節不在此論述，IAC 已完成 GOPRO 的影音救援分析模組，詳圖 3.20。

IAC 調查員指出，完成救援分析後，GOPRO 的正常檔案命名為 GOPRO000X.MP4，” X” 從 1 開始；不完整的檔案命名為 GP01001.LRV，LRV 屬於低解析度影音，只要將 LRV 改為 MP4 即可播放。

GOPR0001.LRV	02.09.2017 12:12	Файл "LRV"	109 490 КБ
GOPR0001	02.09.2017 12:12	VLC media file (.mp4)	3 908 807 КБ
GP010001.LRV	02.09.2017 12:15	Файл "LRV"	18 944 КБ
GP010001	02.09.2017 12:15	VLC media file (.mp4)	651 776 КБ

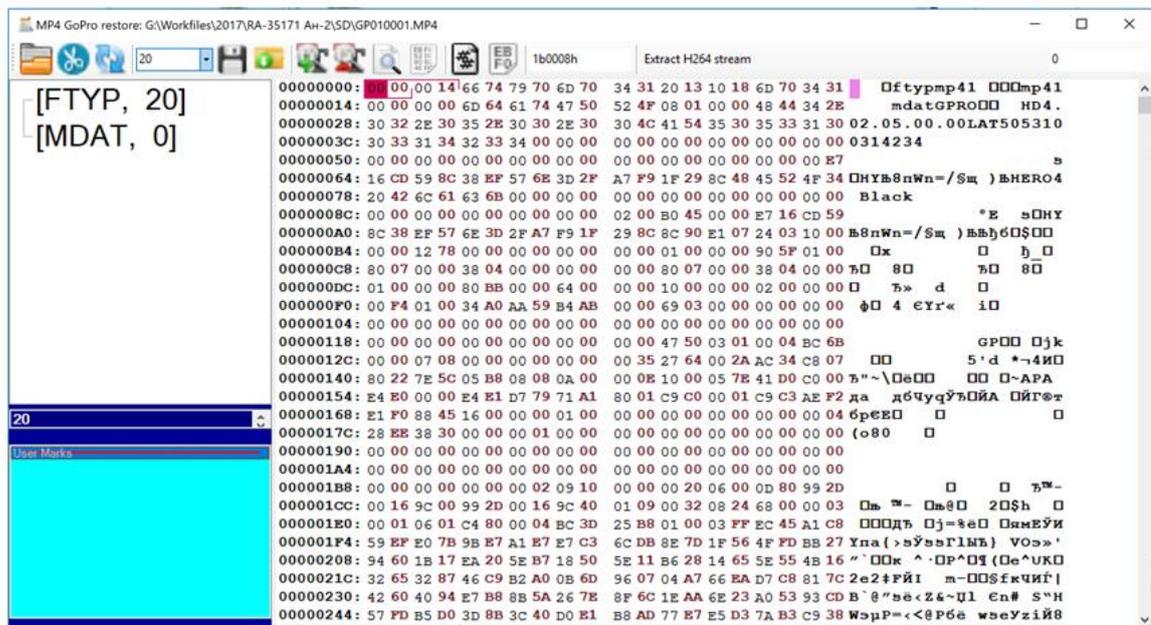


圖 3.20 FAT 32 固態硬碟解讀軟體截圖

3.3.3 記憶體模組解讀方法

1983 年，加拿大 TSB 發展萬用型數位磁帶的解讀系統 (Recovery, Analysis, and Presentation System, RAPS)，1985 年至 2000 年期間，20 多個國家的政府調查機構陸續參與 RAPS 的發展計畫。2003 年，TSB 礙於人力短缺且 RAPS 資深開發人員退休原因，RAPS 程式碼授權給 Flightscape 公司，後來 Flightscape 公司將 RAPS 改為 Windows 版稱為 Insight，約經過四年 Flightscape 公司將 Insight 版權賣給 CAE 公司，成立子公司稱為 CAE Flightscape。

2015 年沙烏地阿拉伯國的航空失事調查局與 PSI 簽屬一項研究計畫，費用高達 3,500 萬美元，該計畫稱為記憶體模組解讀系統 (Memory Access Retrieval System, MARS)，詳圖 3.21。

CAE 公司基於商業考量，2016 年年底將 Insight 程式碼還給 RAPS 資深開發人員，這些人員又籌組一家稱為 Plane Sciences Inc. 公司 (以下稱為 PSI 公司)。首先，PSI 公司開發出另一套飛航資料解讀及分析軟體稱為 Flight Analysis

System (以下稱為 FAS)。

MARS 系統完全捨棄飛航紀錄器廠商販售的下載裝備及軟體 (概估一廠牌一型別約 250 萬台幣)，也不用買萬用型下載基座 (一具約 80 萬台幣)，亦即 20 種型別的萬用型下載基座約 1,600 萬台幣。MARS 系統直接讀取 NAND/NOR 晶片模組，再低階重新組合元始資料。此作法可大幅降低調查員所需的專業訓練，及維護各廠商開發的設備所需的費用。目前的缺點為對於特殊型別紀錄器尚未完成解讀模組的開發。

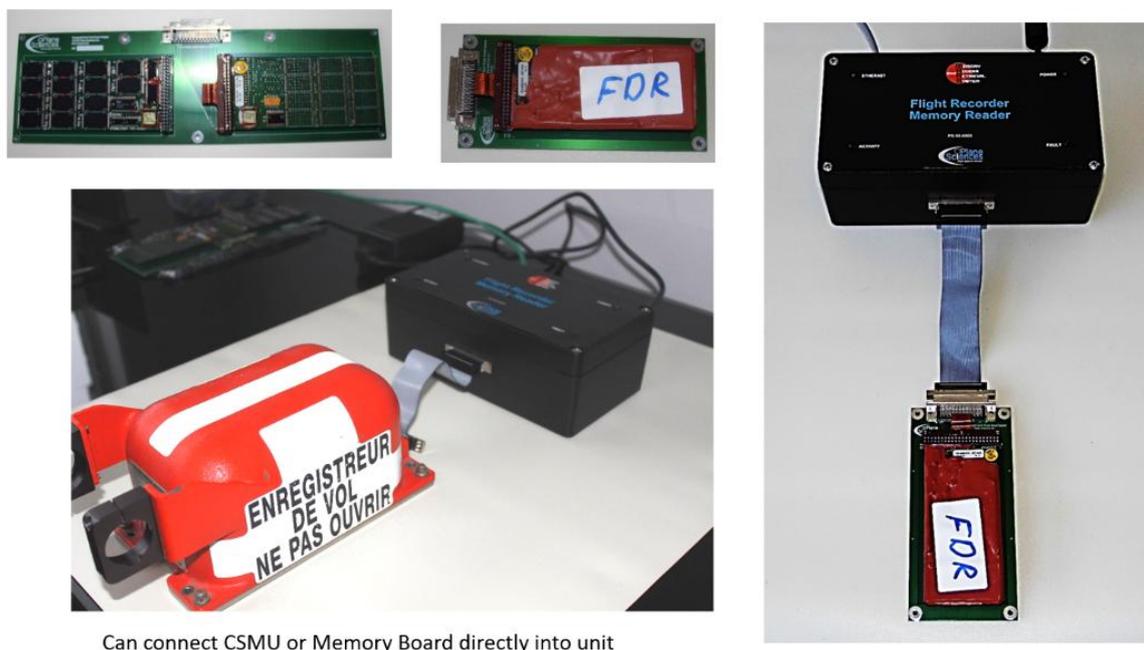


圖 3.21 記憶體模組解讀系統 (MARS) 外觀圖

第一版 MARS 已完成開發，將於 2017 年 10 月公開發表。目前，MARS 已支援 L3 F1000、FA2100 全系列 CSMU 及 Honeywell 980-4700-XXX、980-4710xx、980-6020-XXX、980-6021-XXX、980-6022-XXX、980-6023-XXX 系列 CSMU，詳圖 3.22。

原始資料下載後，PSI 公司提供兩套程式進行轉碼：Honeywell CLIP2DLU，及 Honeywell SS Audio Decompressor。任何 FDR 下載後，均使用 FAS 軟體進行解讀及分析工作。馬來西亞航空失事調查局，將於 2017 年 11 月建置 MARS 系統。

目前，PSI 公司及沙烏地阿拉伯國 AIB，正在尋求其他政府調查部門加入此計畫，持續發展第 5 代 FDR 的直接下載模組 (至少包括 L3 FA5000、Honeywell

HFR5、GE EAFR、Curtiss - Wright MPFR 等)。

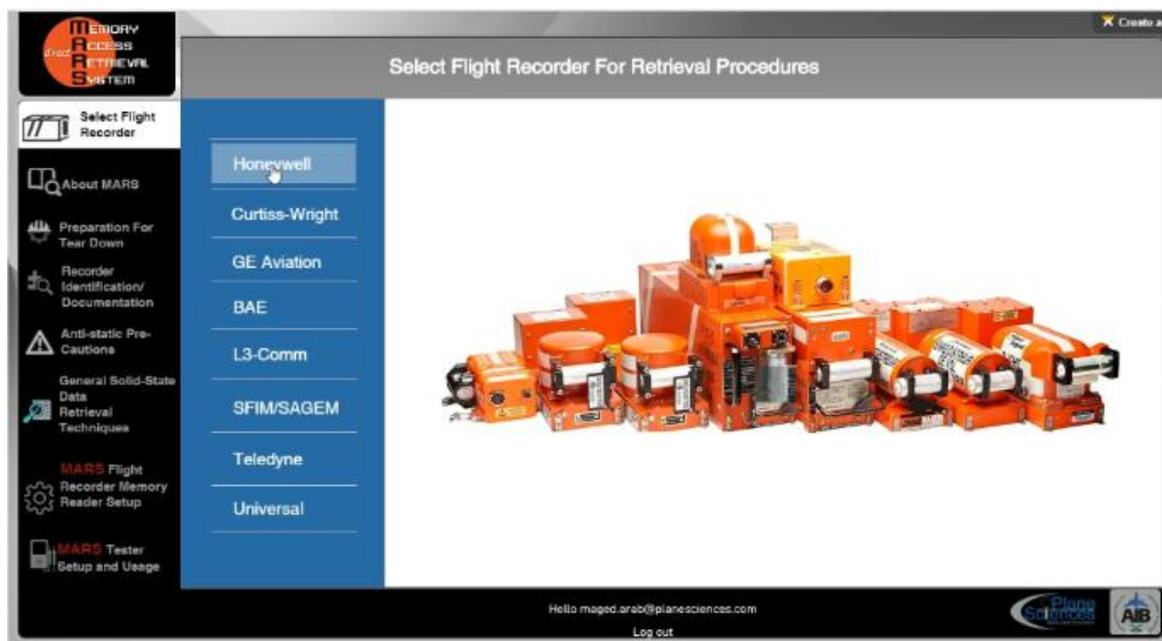


圖 3.22 記憶體模組解讀系統 (MARS) 之軟體介面截圖

因為，PSI 公司擁有豐富的損壞飛航紀錄器處理經驗，及系統開發能量。目前，有擁有 Insight 及 FAS 所有程式碼，未來 Insight Analysis 與 FAS 的飛航資料解讀分析功能將整合在一起，動畫的核心則以 Cesium 及 X-plane 為主軸。

3.4 普通航空業事故調查

3.4.1 愛爾蘭公務航空器 S-92A 直昇機事故調查

2017 年 3 月 14 日，一架愛爾蘭公務航空器 S-92A 型直昇機執行海上搜救任務時墜毀於在愛爾蘭西海岸的小島，主要殘骸掉入大西洋中，事故地點愛爾蘭 Sligo 省的黑石島。機上兩名飛航組員及兩名救護人員宣告失蹤。事故當日，海上搜救人員於海面上發現副駕駛，機長及兩名救護人員隨殘骸沒入海中，水深 40 公尺至 60 公尺，詳圖 3.23。

本次搜救任務及現場調查任務遭遇許多困難，值得大家反思及探討。事故當日愛爾蘭 AAIU 收到事故通報後主導整個現場調查工作，第一項考驗的海上搜救資源的動員及整合，AAIU 派出四位調查員（含首席檢查員），愛爾蘭海巡署、空軍、海軍及附近民間的作業船隻。愛爾蘭空軍接獲 AAIU 請求以「相關人員缺乏專業訓練

及人力短缺」拒絕協助，且該固的現場作業時間超出法定工時，且將搜救任務推給海巡署。

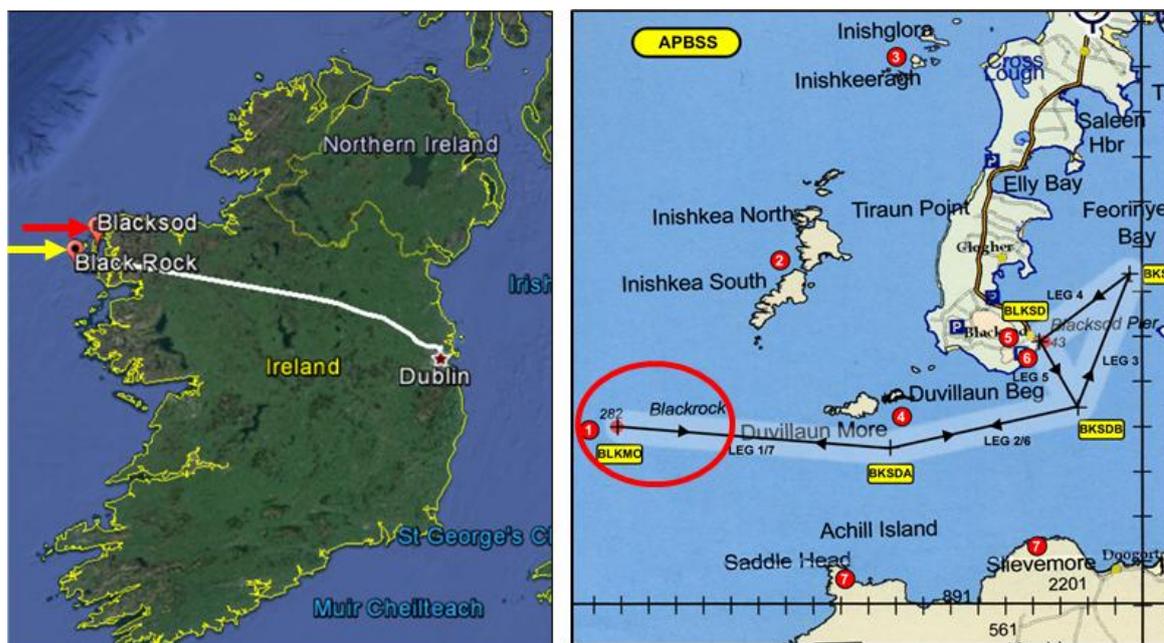


圖 3.23 S-92A 型直昇機事故地點及周遭航路圖

約經過 4 小時冗長的協調後，海巡署派出一架 CN-234 巡邏機抵達事故海域。第 4 天，AAIU 使用一艘動態定位測繪船及一台小漁船，並出動兩台 ROV（1 台作業另一台監控作業情況）及側掃聲納去搜尋 S-92A 殘骸及飛航紀錄器。經過 8 天，終於在水深 40 公尺處找到飛航資料紀錄器，為便利未來作業調查員施放另一枚水下信標於主殘骸位置。數天後該機主殘骸、紀錄器及機長的遺體打撈是委託一家私人公司共花費 10 萬歐元，全由 AAIU 支付，詳圖 3.24。

AAIU 於第 12 天才找到機長遺體並完成打撈工作。3 月 27 日，該具 CVFDR 送到英國 AAIB 解讀，4 月 1 日 AAIU 召開家屬座談會及公布事實資料記者會。此時，AAIU 又面臨另外兩個問題，召開家屬座談會時，多數家屬要求聆聽 CVR 聲音及複製完整 CVR 抄件（此作法完全違反歐盟飛航事故調查法），並要求 AAIU 持續打撈兩名救護人員的遺體。直到 2017 年 6 月，AAIU 共執行事故海域 8,500 平方公里（相當於 9 公里 X 92 公里）仍無下落。

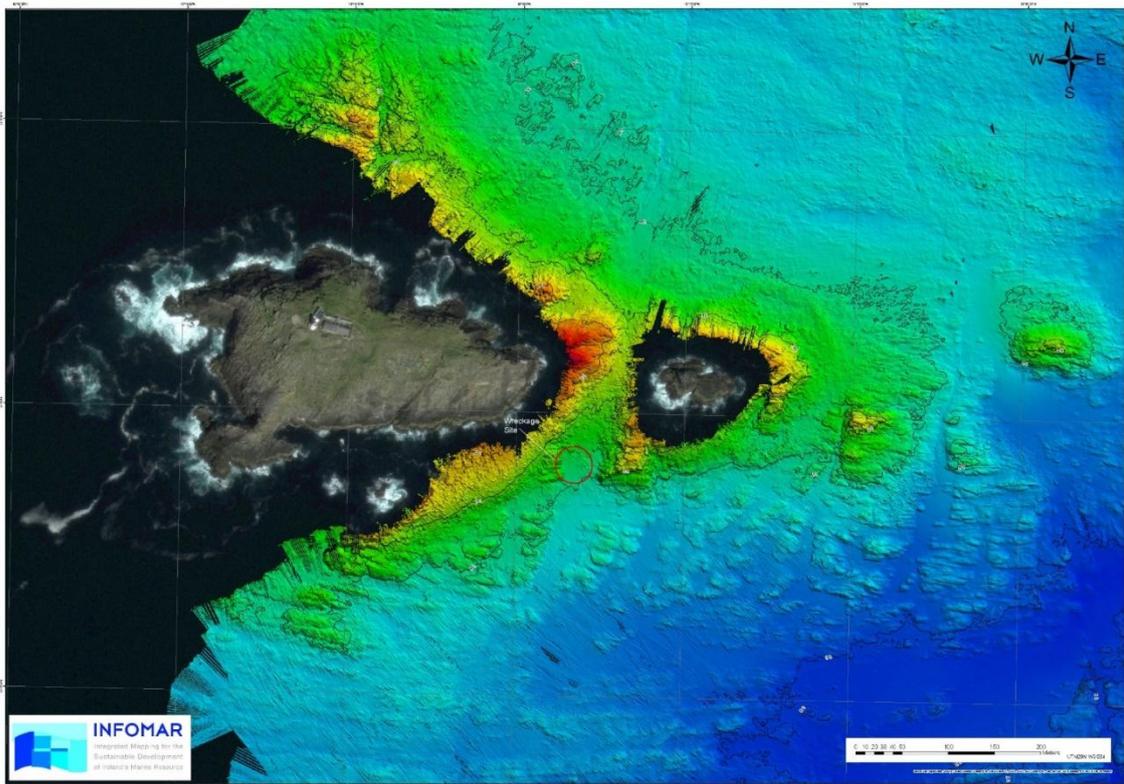


圖 3.24 S-92A 型直昇機事故地點之海事測繪圖

AAIU 最後妥協公布最後 5 分鐘 CVR 所有對話，並將此內容放入 4 月 12 日發布的事故初報內容中。值得一提的是，AAIU 使用 ECCAIRS 作為事故通報、發布初步報告、最終調查報告。

3.4.2 英國 ASG29E 滑翔機事故調查

2016 年 7 月 21 日，一架英國籍滑翔機於英國英格蘭漢普郡東北部的小鎮貝辛斯托克山區墜毀。英國 AAIB 調查員表示機上有一位經驗豐富的滑翔機飛行員。事故當日，飛行中他可能因心臟問題而喪失工作能力，導致該滑翔機高速撞擊陡峭山壁，飛機全毀。

該機裝配一套 LX8080 飛行電腦、一套 Dynon EFIS、一套 Navitor Oudie 地面導航平板電腦。調查後發現，事故發生前只有 LX8080 飛行電腦有開啟紀錄功能，其資料格式是國際滑翔委員會（International Gliding Commission, IGC）共通標準。經過解讀後取得飛航軌跡並與雷達航跡比對，詳圖 3.25 及圖 3.26。此部份

能量與應用值得本會持續關注。

```

AGNE001Glider network gateway
HFDT210716
HFGIDGLIDERID:FLRDDEE74
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095305h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000623" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.5dB0e+11.4kHzgps4x4 s6.01 h0F
B0953115111304N00101760WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095305h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000623" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.5dB0e+11.4kHzgps3x4
B0953115111304N00101760WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095315h5111.30N/00101.75W'000/000/A=000617" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.8dB0e+11.2kHzgps2x2
B0953215111304N00101760WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095335h5111.30N/00101.75W'000/000/A=000620" IW49lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.0dB2e+11.3kHzgps1x2
B0953415111304N00101759WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095355h5111.30N/00101.75W'000/000/A=000620" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.8dB0e+11.1kHzgps1x2
B0954015111304N00101759WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095359h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000620" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.0dB0e+11.1kHzgps1x2
B0954065111304N00101760WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095419h5111.30N/00101.75W'000/000/A=000620" IW49lid06DDEE74-019fpm+0.0rot8.2dB0e+11.0kHzgps1x2
B0954265111304N00101759WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095439h5111.30N/00101.75W'000/000/A=000617" IW49lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.5dB0e+11.0kHzgps1x2
B0954465111304N00101759WA0000000188
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095459h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000620" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot8.2dB0e+11.0kHzgps1x2
B0955065111304N00101759WA0000000188
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095519h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000620" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.5dB0e+10.8kHzgps1x2
B0955255111304N00101760WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095539h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000620" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.5dB0e+10.9kHzgps1x2
B0955455111304N00101760WA0000000189
"LGNE FLRDDEE74>APRS,qAS,EGHL:/095559h5111.30N/00101.76W'000/000/A=000620" IW40lid06DDEE74-019fpm+0.0rot6.5dB2e+10.8kHzgps1x1
B0956055111304N00101760WA0000000189
    
```

圖 3.25 LX8080 飛行電腦之 IGC 資料格式



圖 3.26 IGC 飛航軌跡與雷達軌跡整合圖

四、建議

本次赴愛爾蘭 AAIU 參加飛航紀錄器調查員研討會 (AIR 2017 meeting) 行程圓滿且收穫豐富，並成功爭取 2018 年的主辦權，據此出以下 3 項建議：

1. 盡早規劃 2018 年飛航紀錄器調查員研討會相關事宜。
2. 提升受損之智能裝備及新式飛航紀錄器其晶片的處理程序及解讀能量。
3. 建立動態影像分析的專業能量。