

出國報告（出國類別：研究）

# 參加飛航事故調查員紀錄器（AIR） 會議出國報告

服務機關：行政院飛航安全委員會

姓名職務：副工程師／葉添福

派赴國家：英國倫敦

出國期間：民國 99 年 9 月 19 日至 9 月 26 日

報告日期：民國 99 年 10 月 11 日

# 目次

一、目的	2
二、過程	3
2.1 行程安排	3
2.2 會議議程說明	3
三、心得	6
3.1 受熱損壞磁帶式紀錄器	6
3.2 各式機載晶片解讀	7
3.2.1. NTSB 晶片解讀能量	7
3.2.2. 損壞式 GPSMap 196 解讀	8
3.2.3. Garmin GPS 晶片解讀程序	10
3.2.4. GAU 1000 紀錄器解讀	11
3.3 聲音處理	12
3.3.1. 輕型直升機聲音分析	12
3.3.2. 聲音分析軟體評估報告	14
3.4 影像紀錄器	15
3.4.1. NTSB 影像紀錄器解讀	15
3.4.2. S76C 影像紀錄器	16
3.4.3. 頭戴式攝影機影像解讀	17
3.5 會議列管事項	18
3.6 BEA 參訪心得	19
四、建議	22
附件 1、瑞典失事調查局聲音處理軟體評估報告	23

## 一、目的

新式飛航紀錄器近期間世，各國的飛航事故調查機構共同面臨解讀系統之更新及經驗傳承議題。有鑑於此，美國運輸安全委員會於 2004 年發起國際間政府機關飛航事故調查員紀錄器會議 (Accident Investigator Recorder Meeting, AIR)，主要發起國家包括：美國 NTSB、澳洲 ATSB、加拿大 TSB、法國 BEA、台灣 ASC 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。

2010 年 AIR 會議由英國航空失事調查局 (AAIB) 主辦，主要研討議題有四：1. 損壞式紀錄器解讀、2. 各式機載晶片解讀、3. 聲音處理、4. 影像紀錄器等。為保持本會在紀錄器解讀及發展能與先進國家並駕齊驅，由葉副工程師代表出席並發表 2 篇技術論文，會後參訪法國航空失事調查局 (BEA)。

## 二、過程

### 2.1 行程安排

日期	起訖地點	詳細任務
09/19-20	台北 - 倫敦 (長榮 BR67)	起程
09/21~23	倫敦	會議 (AAIB 會議室)
9/23	倫敦-巴黎 (火車)	轉程
9/24	巴黎	參訪 BEA 工程部
09/25~26	巴黎 - 台北 (長榮 BR88)	返國

### 2.2 會議議程說明

本屆會議有 15 個國家 23 個單位共 36 名代表參加，技術論文計 30 篇，其中美加英法澳台共發表 23 篇，本會發表 2 篇，主要的研討議題有四大項：1. 損壞式紀錄器解讀、2. 晶片解讀、3. 聲音處理、4. 影像紀錄器。

本屆會議議程如下：

#### 第 1 天

09:00	Opening Greeting Adrian Burrows, AAIB
09:10	Welcome by Chief Inspector of Air Accidents Keith Conradi, AAIB
09:15	Introductions All
09:35	<b>AF447 Systems Group: Lessons Learnt</b> Leopold Sartorius, BEA
10:00	<b>Technical Cooperation between Japan and South- East Asian Countries</b> Ryuichi Nagai, JTSA
10:15 - 10:45	Morning Break

10:45	Garmin GPS Chips readout process in ASC [飛安會之損壞式 Garmin GPS 晶片解讀程序] William Yeh, ASC
11:05	Data Recording Issues - Honeywell and L3 Mark Ford, AAIB
11:30	Update on S- 92 Accident and testing of the power interrupt circuit (including inertia switch) Ted Givins, TSB
12:00 - 13:00	Lunch Break
13:00	Survey of Audio Analysis Tools Christer Magnusson, for SHK
13:25	AAIB Audio Analysis Tool Peter Wivell, AAIB
13:45	Light Helicopter Audio Recording Tests Mark Ford, AAIB
14:05	Decoding CVR GMT/SFK Marker Data Ted Givins, TSB
14:25 - 14:50	Afternoon Break
14:50	Preconditioning of Tape Based DFDR Data Michael Hill, ATSB
15:15	Readout of Damaged Recorders Hans- Werner Hempelmann, BFU
15:35	Damaged Recorder Replay of Minsk Recorders Peter Wivell, AAIB
16:00	Finish

## 第 2 天

09:00	New Software Developments Jim Cash, NTSB
09:10	Chip Level Recovery Jim Cash, NTSB
09:25	Flash Memory Repackaging Frédéric Walbrou, BEA
09:50	Data Recovery from a Ag- Nav Guia GPS Unit Michael Hill, ATSB
10:15 - 10:45	Morning Break
10:45	Recovery of .mov File from Headcam Peter Wivell, AAIB
11:05	Data recovery from a GAU1000 Appareo Fatigue Recorder Michael Hill, ATSB

11:30	<b>Application of Data Mining and Advanced Anomaly Detection to Aircraft Data</b> Brian Larder, GE Aviation
12:00 - 13:00	Lunch Break
13:00	Group Photograph
13:20	<b>Introduction to the AAIB lab</b> Mark Ford, AAIB
13:30	Lab and Hangar Tour
14:45 - 15:10	Afternoon Break
15:10	<b>Data Fusion for Turkish Airlines Flight 1951 Crash Investigation</b> Michiel Schuurman, DSB
15:35	<b>The Implementation of Occurrence Investigation Management Information System [事故調查資訊管理系統開發及應用]</b> William Yeh, ASC
16:00	Finish

### 第 3 天

09:00	<b>EASA Activities in the Domain of Flight Recorders</b> Guillaume Aigoïn, EASA
09:25	<b>FAA' s Role in Accident Investigations</b> Robert Drake, FAA
09:35	<b>Animations in X- Plane</b> Nathan Rohrbaugh, FAA
09:55	<b>Flight Animation System: Future Perspective</b> Alexander Dyachneko, IAC (MAK)
10:15 - 10:45	Morning Break
10:45	<b>Image Data Recorders</b> Richard James, AAIB
11:10	<b>Triggered Data Transmission of Flight Data Working Group</b> Aude Le Berre, BEA
11:35	<b>New US Manufactured Recorders</b> Jim Cash, NTSB
12:00 - 13:00	Lunch Break
13:00	<b>ERJ 145Control position data errors</b> Ted Givins, TSB
13:25	<b>Airbus BSCU Failure</b> Frédéric Walbrou, BEA
13:50	Closing Remarks & AIR 2011 discussion
14:00	Finish

### 三、心得

#### 3.1 受熱損壞磁帶式紀錄器

本篇簡報由英國 AAIB 提報，背景為 2009 年 10 月 26 日一架 BAe 125-800B 客機墜毀於 Minsk-2 國際機場 (Belarus) 附近森林地，該機裝置 2 具飛航紀錄器，FDR 型號 PV1584，CVR 型號 A100，損壞情形如圖 3.3-1 及圖 3.3-2。



圖 3.1-1 PV1584 FDR 損壞情形

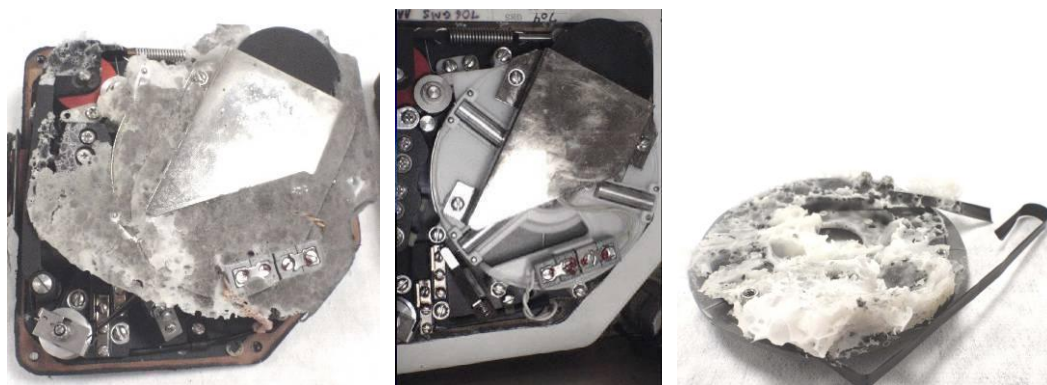


圖 3.1-2 A100 CVR 損壞情形，中圖為良品可供對照

由圖 3.1-1 可知 FDR 外圍磁帶已受損嚴重，但未知內部磁帶是否完好?AAIB 過去曾經成功地解讀損壞之 PV1584 紀錄器，故不願放棄任何機會，經過緩慢、仔細、小心地移除保護磁帶之金屬外蓋，發現 FDR 磁帶已受熱完全損毀，詳圖 3.1-3。



圖 3.1-3 左圖為移除 PV1584 FDR 保護磁帶之金屬外蓋過程，右圖為 FDR 磁帶已受熱完全損毀

由圖 3.1-2 可知 CVR 磁帶被融化的塑膠包覆，欲解讀 CVR 資料必須先移除這些塑膠。AAIB 思考 3 種移除塑膠的方法：1.化學法 2.加熱法 3.剝除法，評估第一種方式有太多未知數，第二種方式似乎有可能使磁帶傷的更嚴重，第三種方式似乎較可行，只是需要較多時間，便採用第三種方式移除融化之塑膠，如圖 3.1-4。最終，除了最外圍資料受熱損毀及最內側磁帶有折損降低資料品質外，大部分資料皆成功解讀，如圖 3.1-5。



圖 3.1-4 以手工剝除法移除包覆 CVR 之融化塑膠

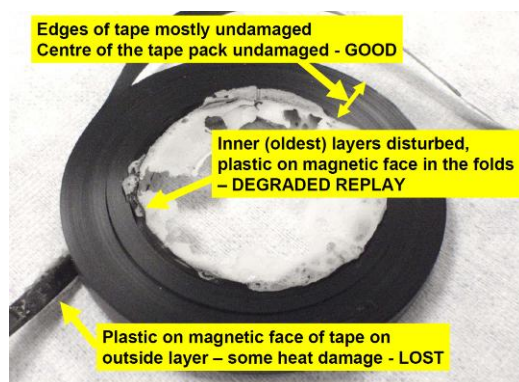


圖 3.1-5 除最外圍資料受熱損毀及最內側磁帶有折損降低資料品質外，大部分資料皆成功解讀。

## 3.2 各式機載晶片解讀

### 3.2.1. NTSB 晶片解讀能量

今年 NTSB 已解讀約 300 件非屬飛航紀錄器的紀錄裝置，約有 90%的成功率，其中 90%的時間花在小於 20%的裝置上，顯示沒有受損保護（CSMU）的紀錄裝置，遭受損壞時，有時難度更勝於飛航紀錄器。NTSB 仍繼續尋求適當的工具及合作夥伴可以讓晶片解讀工作更有效率。

NTSB 建置新的硬體裝備：如卸載 IR 晶片工作站（IR Chip removal station）、微噴砂機（Micro sand-blaster）、晶片讀取台（Chip reader station）、探針台（Probing station）；軟體開發晶片解讀前級程式可銜接 Cider 軟體（飛航資料



解讀及分析系統)，主要特性為：1.採用可重複利用樣板取代客製化讀取各裝置專用程式，2.採用 ARINC767 資料格式，3.關聯多重資料組，4.採用 plot/kml/animation。

Binghamton 州立大學為 NTSB 損壞晶片解讀的合作夥伴，其已投資 3 億美元於儀器及設備，具備有良好且完整的 IC 封裝能量及專業人員，圖 3.2-1 由左至右為損壞 RDM 晶片經過光學、X 光及超聲波顯微鏡 (scanning acoustic microscope, SAM) 檢驗之影像。

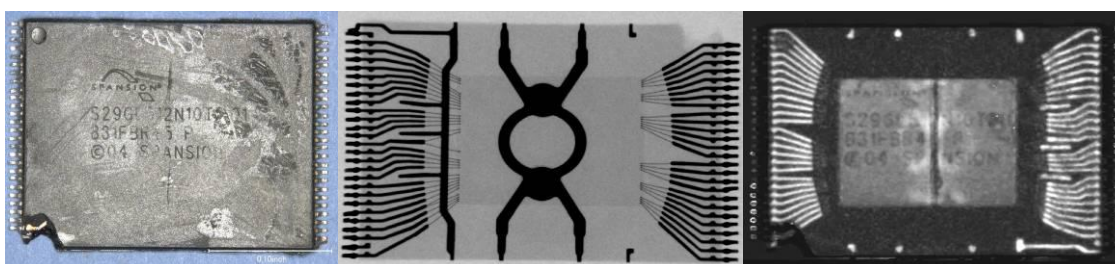


圖 3.2-1 RDM 晶片之光學、X 光及超聲波顯微鏡影像

NTSB 下一年度計畫為開發逆向工程工具，如：Data visualize, Pattern recognition, Deal with “wear leveling”, Bad blocks, Dealing with Encryption/encoding algorithms；及採購一台超聲波顯微鏡。

### 3.2.2. 損壞式 GPSMap 196 解讀

本報告由法國 BEA 提報，背景為 2008 年 5 月 26 日一架 SA-341 直升機事故，事故 30 小時後於水中取得機載手持式 GPS 型號 GPSMap196，5 月 28 日於 Serbian 實驗室進行外觀清潔，打開外殼發現有腐蝕現象，再度進行清潔與乾燥；接著嘗試開機，第一次使用外接電源無法開機，第二次使用電池仍無法開機。8 月 7 日 BEA 實驗室收到，依照 J-STD-033B 規範，將電路板放於烤箱以 90°C 溫度烘烤 23 小時，但 BEA 當時很忙，放在烤箱直到 10 月 6 日才處理。

BEA 使用解焊裝備為 Weller WQB3000 (圖 3.2-2 左)，可設定各工作階段溫度，並由監視器監控溫度剖面 (圖 3.2-2 右)；本案設定底部預熱為 300°C，第 1 階段 130°C100 秒，第 2 階段 200°C70 秒，第 3 階段 215°C45 秒，第 4 階段冷卻，最高溫度為 225°C。

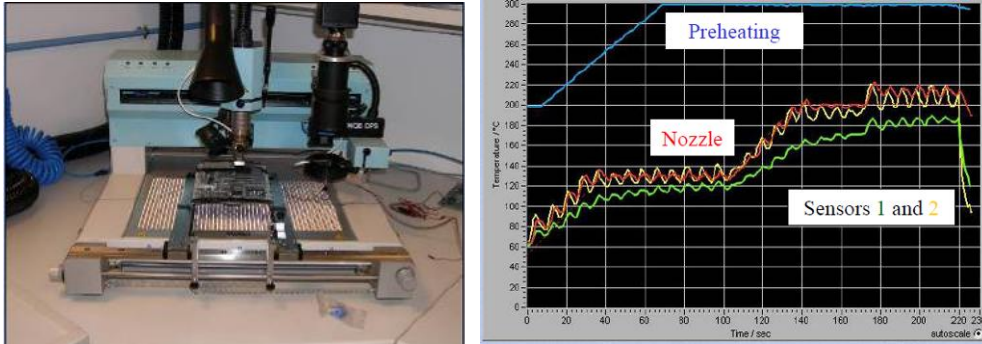


圖 3.2-2 解焊裝備 Weller WQB3000 及設定溫度剖面

取下晶片後使用 BEA 之 TSOP 晶片解讀裝備（如圖 3.2-3）仍無法成功下載原始資料，嘗試由各腳位讀取資料也失敗，接著使用 X 光機檢查，發現晶片內部接近核心位置之電路斷裂，如圖 3.2-4 所示。

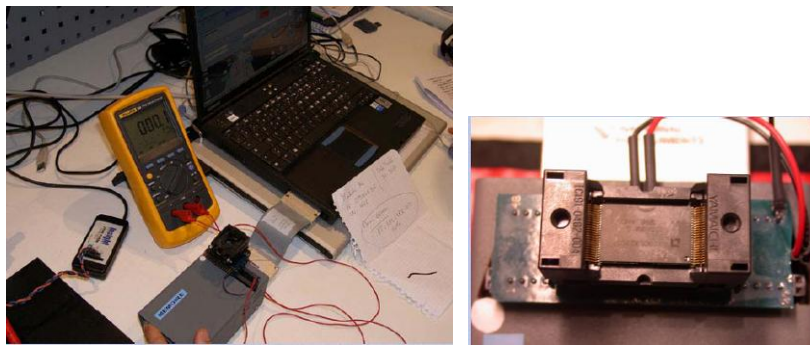


圖 3.2-3 BEA 之 TSOP 晶片解讀裝備

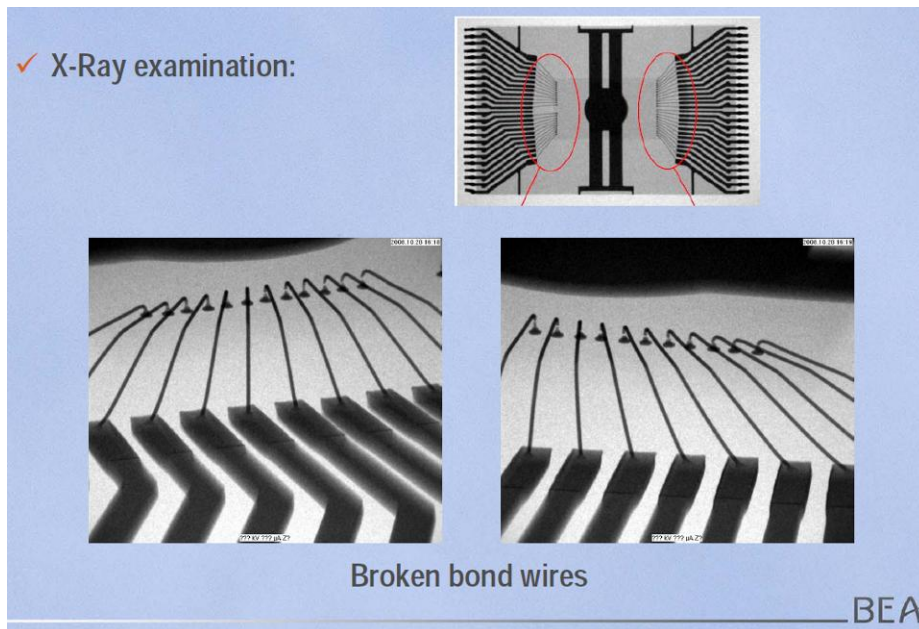


圖 3.2-4 X 光檢查晶片核心部分電路斷裂

2009 年 11 月 24 日 BEA 與法國私人實驗室合作，使用超聲波掃描儀檢驗，再利用化學方式溶解 IC 封裝取出核心（die），再用電學特性檢驗漏電狀態（leakage），過程如圖 3.2-5。

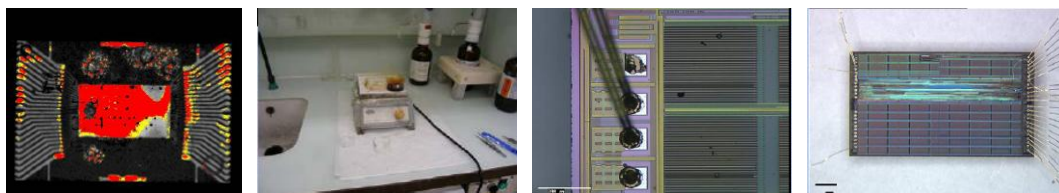


圖 3.2-5 晶片檢驗及取出核心過程

2010 年 2 月 15 日重新封裝成 BGA 晶片（圖 3.2-6 左），2010 年 3 月 11 日使用 BEA 開發之晶片讀取器（圖 3.2-6 右）成功下載原始資料，透過 BEA 開發之 LOLA 程式解讀，獲得事故航跡。

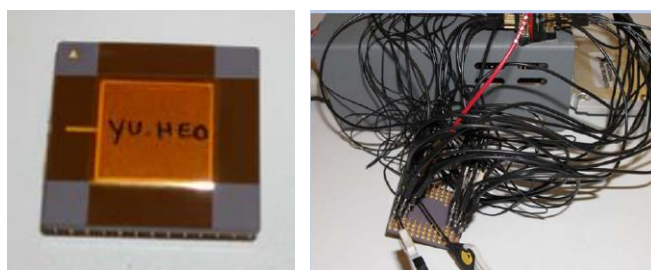


圖 3.2-6 （左）重新封裝之 BGA 晶片（右）BEA 之晶片讀取器

### 3.2.3. Garmin GPS 晶片解讀程序

本報告由台灣飛安會（ASC）提報，背景為全世界各國普通航空、超輕型載具或私人飛機使用 Garmin GPS 作為導航用途日益普及，這些 GPS 接收機並非設計作為事故調查用途，故沒有特別規範其耐撞擊、耐火燒或耐水壓之能力，因此事故現場取回之 GPS 接收機多數無法以正常程序下載紀錄資料，必須取下記憶晶片進行解讀。

2006 年 AIR 會議首次有調查單位提出此議題，AAIB、BEA、NTSB、TSB 等調查單位先後聯繫 Garmin 公司區域辦公室尋求協助，所獲得回應有限，因 Garmin 總公司設在台灣（台灣國際航電股份有限公司），台灣飛安會義不容辭著手聯繫，並爭取 2008 年 AIR 會議於台灣舉辦，特地邀請 Garmin 原廠人員參與討論，2009 年 Garmin 公司提供全球唯一調查套件（Investigation kit）給台灣飛安會。

2010 年法國 BEA 提供數筆不同型號 Garmin GPS 之原始資料給 ASC，目的為驗證 BEA 開發之晶片解讀程式（LOLA）之可靠度，並尋求原廠協助提供最新型

GPSMap496 的解讀編碼；過程中 Garmin 公司發現，設計上將使用者記錄的軌跡儲存於 A 晶片，自動記錄的軌跡儲存於 B 晶片，調查單位的需求應為解讀 B 晶片的內容，但 2009 年提供之調查套件乃為 A 晶片設計，故此重大發現，特地分享給其他單位知曉，圖 3.2-7 為 ASC 現行 Garmin GPS 之解讀流程。

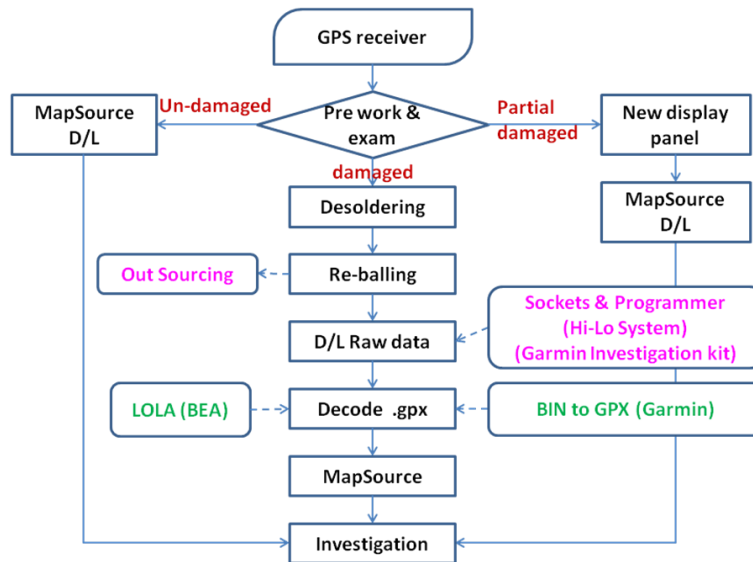


圖 3.2-7 ASC 現行 Garmin GPS 之解讀流程

### 3.2.4. GAU 1000 紀錄器解讀

本報告由澳洲 ATSB 提報，背景為 2010 年 1 月 14 日紐西蘭空軍一架 CT/4 教練機事故，該機裝置 Appareo systems 公司之 GAU 1000 型紀錄器，事故中被燒毀（如圖 3.2-8 右），紐西蘭空軍請求 ATSB 協助解讀。



圖 3.2-8 GAU1000 型紀錄器，左圖為正常裝置，右圖為事故燒毀裝置

ATSB 收到紀錄器後，首先關注儲存媒介-SD 記憶卡，小心取下 SD 記憶卡經過清潔等前置作業，使用 X 光機檢驗內部電路並與良好之 SD 記憶卡做比較，無發現

異狀，如圖 3.2-9 所示，接著嘗試以接腳方式下載資料，先下載良好 SD 記憶卡成功後，再試著下載損壞之 SD 卡，結果失敗。

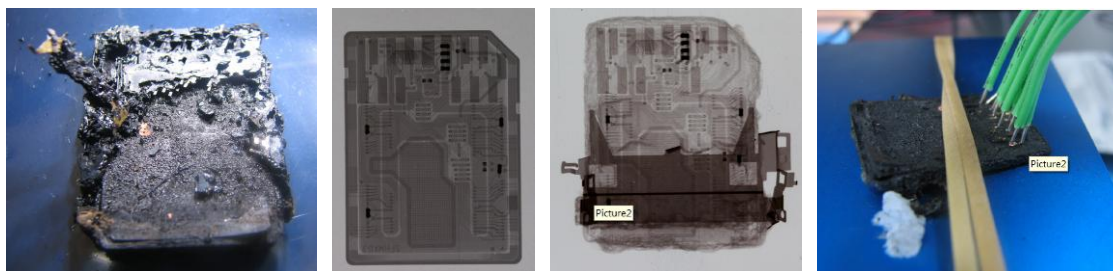


圖 3.2-9 損壞之 SD 卡經 X 光機檢查，並以接腳方式下載資料

經 Appareo systems 公司協助，指出該紀錄器設計上資料先寫入 NAND 晶片再寫入 SD 記憶卡，並提供良好基板供測試，但此紀錄器已嚴重燒毀，晶片上覆有大量熔化之塑料，如圖 3.2-10 所示，經過顯微鏡下小心仔細地清理及清潔，取下 NAND 晶片，並為接腳重新上錫，最後使用 Xeltek Superpro 5000 晶片編譯器成功下載原始資料，經過分析該原始資料共紀錄 47 筆資料，包含原廠測試至事故航班。

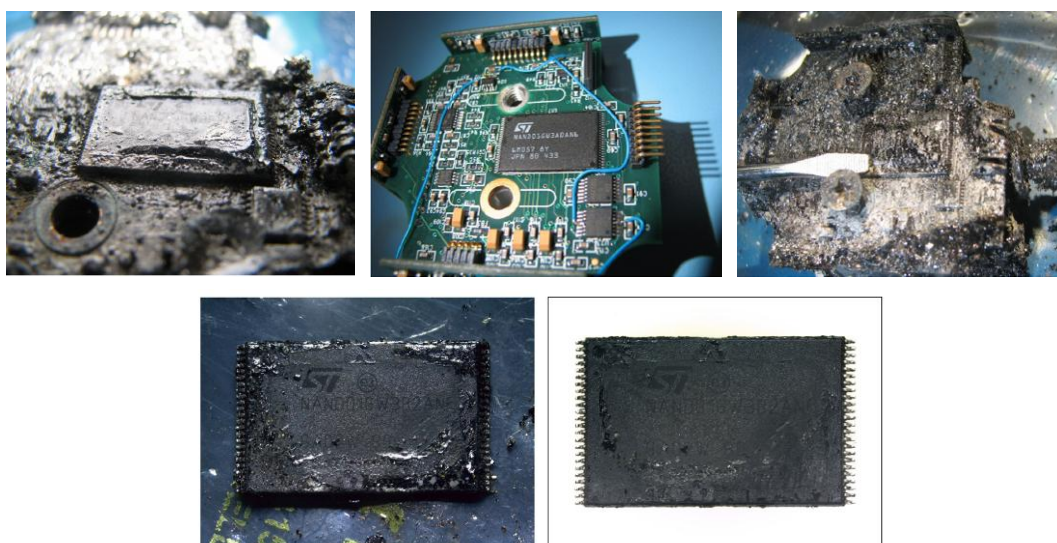


圖 3.2-10 NAND 晶片損害情形及取下清潔後狀態

### 3.3 聲音處理

#### 3.3.1. 輕型直升機聲音分析

本報告由 AAIB 提報，背景為 2009 年 9 月 22 日一架 Schweizer 300CB Model 269C-1 型直升機事故，該機無裝載 CVR 或 FDR，法規未規定須裝載飛航紀錄器；機上攜帶 Garmin GPS 430，但未具有軌跡記錄功能，開機功能正常，最後位置即

為事故位置；最後一筆雷達資料，位置距事故地點 45 公尺；事故前共 5 筆通聯記錄，前 3 筆通聯於爬升階段，第 4 筆為呼叫 Mayday（持續 3 秒），4 秒後第 5 筆為 Open Mic（持續 3 秒），聲音中出現 3063Hz 聲響。依據規格主旋翼低速警告正常為  $2900\pm 500\text{Hz}$ ，經測試為 3099Hz，原廠表示因氣壓、溫度、電壓等可能造成 ATC 通聯紀錄與測試結果間 36Hz 之差異。

針對 5 筆 ATC 通聯記錄進行頻譜分析，發動機正常運作的頻率僅出現於前 3 筆，未出現於最後 2 筆，顯示發動機於空中已停止運轉，AAIB 想了解 ATC 地面錄音是否有能力記錄發動機相關頻率聲響？以支持他們的分析結果。

AAIB 回到事故地點，使用相同機型直升機，配備 GPS 430 及幾乎完全相同之耳機麥克風進行一系列測試，同時機上架設 Sony PCM-M10 錄音機及 Sony HDR-CX11E HD 攝影機，後續使用 Sony Soudforge, Adobe Premiere Elements 8.0, AAIB SAT (Spectrum Analysis Tool), Cambridge audio analysis tool 聲音處理軟體進行聲音分析。參考 RTCA-D0214 MOPS 規範，建立麥克風頻率響應，經過基線測試，設定錄音最高及最低頻率。

測試項目：1. 透過地面裝備精確校正發動機及旋翼轉速計、2. 不同發動機轉速下進行旋翼連動（engaged）及脫聯（dis-engaged）測試、3. 在停懸及巡航狀態下針對不同馬力設定，進行無線電通聯測試、4. 兩次 autorotation。

測試結果：主旋翼齒輪箱的主要頻率吻合，尾旋翼頻率亦被記錄，其他細節如下：

- Some voice artifacts recorded below 160 hz but test tone sweeping from 0 hz to 400 hz was not recorded until reaching ~160 hz.
- Frequencies above 3,850 hz not recorded.
- The low rotor warning horn tone, both intermittent and continuous, was recorded.
- With the engine operating at rpm' s below 1,600 and the rotors not turning, it could not be reliably established if harmonics of the engine were present.
- With the engine operating at rpm' s below 1,600 and the rotors not turning, engine harmonics could be identified in the video record though

- With the engine operating at an rpm of 1,700 and the rotors turning, the predominant frequency was that of the main rotor blade passing. Engine related frequencies could not be identified.
- With the engine operating at an rpm of 1,700 and the rotors turning, main gearbox and engine harmonics could be identified in the video record.
- With the helicopter in the hover and with the engine operating at 2,600 rpm, it could not be established if engine related frequencies were present.
- With the helicopter in the hover and with the engine operating at 2,600 rpm, Main gearbox and engine related frequencies can be identified in the video record.
- In the cruise, with the engine operating at 2,530 rpm, it cannot be definitively determined if engine frequencies are present.
- In the cruise, with the engine operating at 2,530 rpm, engine frequencies can be identified in the video record.
- In the cruise, with the engine operating at 2,600 rpm, the presence of the fourth engine frequency harmonic can be detected.
- In the cruise, with the engine operating at 2,600 rpm, engine frequencies can be identified in the video record.
- In the cruise, with the engine operating at 2,700 rpm, the presence of the fourth engine frequency harmonic can be detected.
- In the cruise, with the engine operating at 2,700 rpm, engine frequencies can be identified in the video record.
- In an auto-rotation, with the engine operating at about 1,600 rpm, it could not be established if engine related frequencies were present.
- In an auto-rotation, with the engine operating at about 1,600 rpm, the second engine frequency harmonic can be readily observed in the video record.

結論：在特定的馬力設定下，無線電通聯紀錄未包含發動機運轉證據；故本測試未能完全支持發動機在事故中停止運轉之分析結果。

### 3.3.2. 聲音分析軟體評估報告

本報告由瑞典失事調查局（SHK）提報，針對市面上 20 套商用及免費軟體進行評估，評估項目包含：作業系統、分析功能、支援頻率範圍等共 47 個項目，詳細結果如附錄 1，可供未來選用聲音分析軟體之參考。

### 3.4 影像紀錄器

#### 3.4.1. NTSB 影像紀錄器解讀

NTSB 投入開發可由影像中直接萃取儀表上數據資料的軟體，主要特色為：

- 使用 National Instruments IMAQ engine
- 具有儀表開發模組 (Instrument template builder)
- 互動性資料編修模組 (Interactive data editor) 供修正錯誤及時間同步
- 產生 ARINC767 資料格式
- 通用 Cider 軟體既有圖表及動畫工具



圖 3.4-1 NTSB 影像紀錄器模組案例

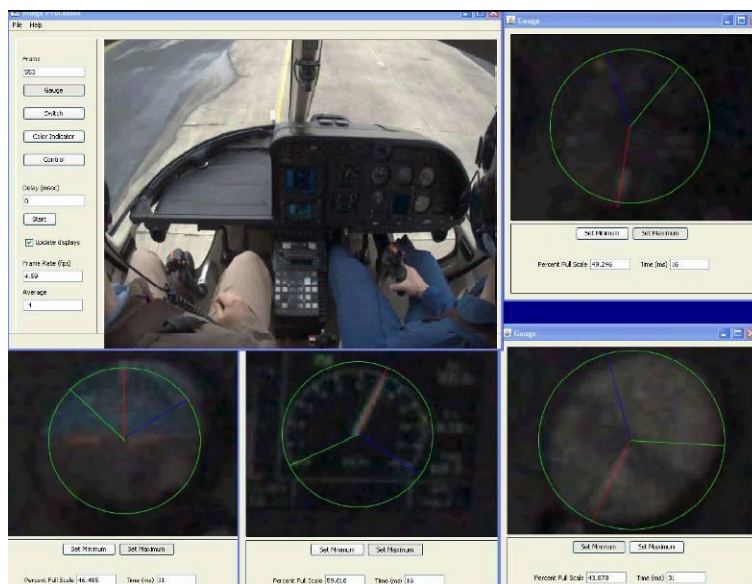


圖 3.4-2 NTSB 影像紀錄器模組案例



### 3.4.2. S76C 影像紀錄器

本報告由 AAIB 提報，背景為美國聯邦法規（FAR）與歐盟法規（JAR）不一致，直升機用紀錄器（CVFDR）完全符合 FAR 規範，卻未符合 JAR 規範，導致直升機無法進口；JAR-OPS §3.715（Flight Data Recorders）於 2004 年 1 月修訂，新增一項規定：*(c) The flight data recorder must, with reference to a timescale, record: (4) For helicopters equipped with electronic display systems, the parameters listed in Table C of Appendix 1 (shown below)*

- Selected barometric setting (Each pilot station)
- Selected altitude
- Selected speed
- Selected Mach
- Selected vertical speed
- Selected heading
- Selected flight path
- Selected decision height
- EFIS display format
- Multi function/Engine/Alerts format

欲解決這項衝突評估 3 種方式，1. 歐盟法規制定者同意接受這項衝突，讓直升機進口；2. 修改紀錄器設計，使其具有記錄這些參數之能力；3. 增設 Class C 級影像紀錄器，記錄相關參數；其中第 1 項不被採納，第 2 項所資不斐，第 3 項似乎為較可行方案。

影像紀錄器的需求條件為：1. 符合 ED-112, DO-160 及 DO-178 規範、2. 解析度足以辨識儀器顯示狀態及操作模式及數值、3. 至少每秒更新一次、8 小時紀錄能力、4. 紀錄彩色影像、5. 數位資料可供下載。

美國 FAA 於 2005 年 6 月曾經使用 King Air BE200 定翼機試裝影像紀錄器，並制定 TSO-176 標準，隨後 2006 年 7 月 28 日影像紀錄器問世；如今直升機載影像紀錄系統雛型如圖 3.4-3，具有影像紀錄器、控制面板、攝影機介面及 3 具攝影機。其左、右攝影機取樣率為 2.5Hz，中間攝影機為 5Hz，數位資料可由 8GB 的記憶卡或由 USB 介面透過 FAERITO 原廠之播放軟體下載至電腦，影像格式為 Mpeg-2，範例影像如圖 3.4-4。

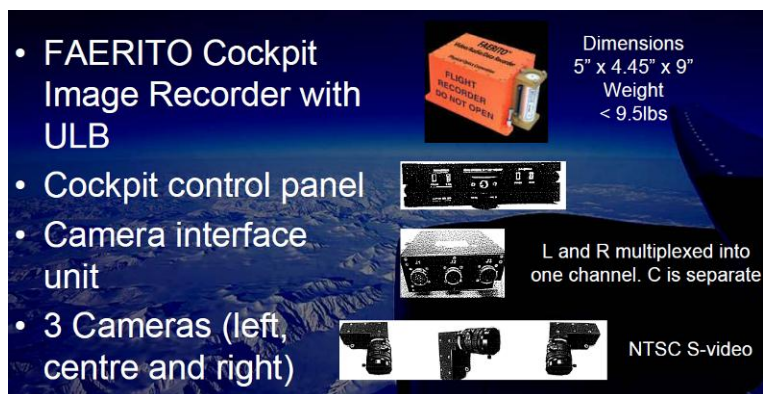


圖 3.4-3 S76C++影像紀錄系統雛型



圖 3.4-4 S76C++影像紀錄器範例影像

### 3.4.3. 頭戴式攝影機影像解讀

本報告由 AAIB 提報，背景為 2010 年 7 月 10 日一架 Stampe SV4C 小飛機事故，駕駛配戴 ContourHD 頭戴式攝影機，ContourHD 使用 MicroSD 記憶卡，記錄格式為 .mov，資料無法正常播放。完整的 mov 格式資料結構，應具有檔頭、資料起始位置及資料終止位置，如圖 3.4-5 左；有時檔頭遺失或不明確之終止位置，造成不完整之資料結構，如圖 3.4-5 右，導致資料無法辨識致無法播放。AAIB 需要了解詳細的資料格式，並開發軟體回復檔頭資料。

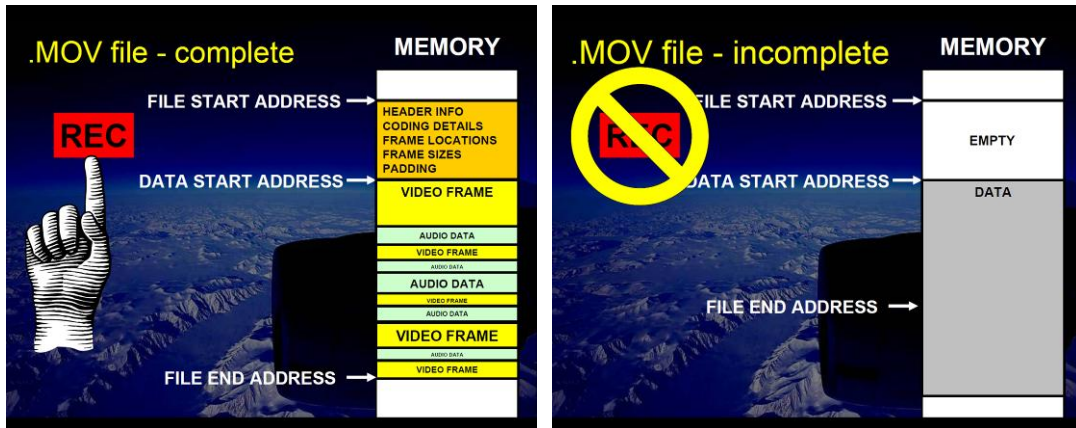


圖 3.4-5 完整及不完整之 Mov 格式資料結構

AAIB 之解讀策略為：1. 取得範例影片、2. 了解檔頭格式、3. 了解影音資料位置及大小、4. 重建影像及聲音。AAIB 使用事故機之 CoutourHD 重新錄製一段影片，與原廠提供之範例影片有點差異；針對檔頭格式 Apple 公司及攝影機製造商不願提供技術協助，僅能由網路拼湊得知類似 Adobe 格式，其餘只能靠自己測試及觀察；影像資料起始相當規則皆由 00 00 02 09 開始，聲音資料則完全不同有許多 2byte 的標記 (Marker)，如圖 3.4-6 所示，最後經過千辛萬苦的比對，終於重建紀錄內容。

0	0	0	2	9	10	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	30	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	30	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	30	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	30	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0
0	0	0	2	9	50	0	0

1	48	40	6	F9	60	0	0
1	1E	98	DA	93	31	CO	61
1	1C	F4	29	A8	F1	31	18
1	1C	34	29	6D	2	32	8
1	1E	34	29	6C	74	43	8
1	1C	34	29	A9	11	52	EB
1	1C	34	29	4C	E4	19	14
1	18	34	29	4C	B4	40	90
1	14	34	29	2C	54	79	24
1	12	34	29	6C	B4	31	14
1	1A	34	29	A8	56	32	18
1	1A	34	29	6C	B4	40	A0
1	14	34	29	6C	D4	30	A9

圖 3.4-6 左圖為影像資料，右圖為聲音資料

### 3.5 會議列管事項

明年飛航事故調查員記錄器會議 (AIR 2011) 將於俄國莫斯科舉行，日期為 2011 年 8 月 22 日該周。

### 3.6 BEA 參訪心得

此次參訪 BEA 工程部由其部門主管克里斯多福先生接待，除觀摩硬體設備外，亦與 CVR 專家菲利浦先生研討聲音處理心得，觀摩重點摘要如下：

1. BEA 訂製紀錄器打撈上岸後之儲存裝備，特地以透明材質製作，方便媒體拍照，可於運送過程保持紀錄器被發現時之狀態；分大中小 3 種尺寸，右圖為小尺寸容器，僅可容納 CSMU。
2. 具有完整金相檢驗能量，由前端切割、試體製作、研磨，至後端光學／電子顯微鏡、質譜儀等檢驗皆可獨立完成。
3. Nanomel x X 光機設備可供晶片電路檢驗，部分人員具有操作證照，需定期校驗儀器及證照維持考試。



4. 隔離靜電之儀電工作室，進入前需酌工作袍並作靜電測試，超標者須在腳踝部分配戴延伸至鞋底之導電條。



5. 儀電工作室主要任務為解讀各式晶片，包括損壞式 Garmin GPS，工作室中備有各型號 GPS 供測試使用，及完整建立參考文件。



6. 菲利浦先生表示，一般商用聲音處理軟體功能很多，但調查需求能用上的很有限，有些對調查幫助很大的基本功能，商用軟體卻不一定有提供，例如：均調處理 (Normalization)、泛音標示、重複音標示等；圖 3.6-1 左圖為一般頻譜分析 (FFT 轉換) 結果，無論使用高通、低通、特定頻率濾除等濾波器，皆無法如右圖般將所有顯著音頻皆保留，唯有使用均調處理可達到這樣的效果，便於後續聲紋分析及濾波作業；圖 3.6-2 左圖為重複音標示功能，便於計算特定時段內某一聲響重複次數，圖 3.6-2 右圖為泛音標示功能，選定基頻便可輕易分辨哪些是其泛音及哪些不是。

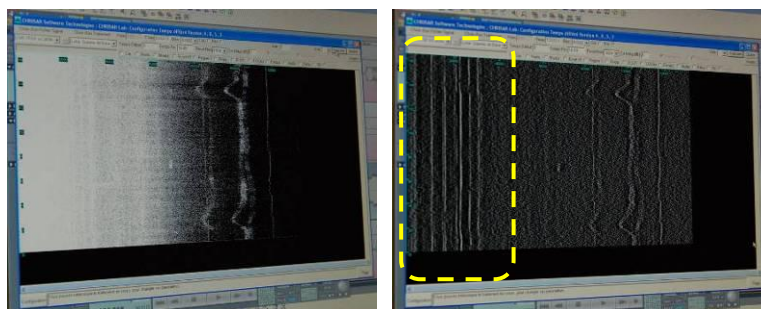


圖 3.6-1 均調處理

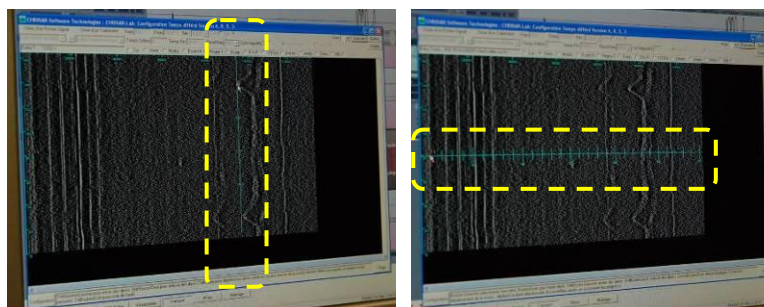


圖 3.6-2 重複音及泛音標示功能

7. BEA 進行聲音濾波處理前，必先執行頻譜分析，確認哪些頻率為雜訊，才選定適當濾波器處理，常用的方式有：1.降低特定頻率音量（去除發動機／旋翼基頻及泛音等）、2.低通濾波（去除高頻，使人聲明顯）。
8. BEA 目前使用 CHRISAR-PVS 軟體作第 6 點所述處理及標示，另用 Samplitude 軟體及自行開發軟體 ODASSE（英文版為 SAFIR）進行聲紋分析。

## 四、建議

本次參加「飛航事故調查員記錄器會議」，行程圓滿且收穫豐富。各國的飛航記錄器調查員計有 36 名代表出席，相關議題的討論及交流熱絡。尤其，藉此機會了解英、美、法、澳等國於晶片解讀已具有相當能量及經驗，英國及美國已為未來之影像紀錄器解讀做準備，各國面對嚴重損壞的紀錄器甚至記憶卡，皆極盡所能取出殘存可用的記錄資料，不輕易放棄之精神令人佩服及值得學習。

我國發展飛航事故調查起步較晚，歷經 12 年努力並藉由參與國際相關會議（ISASI、AIR、RAPS 等），我國飛安會的實驗室工程能量已引起歐美先進國家的重視，2008 年起更成為全世界調查單位與台灣國際航電公司（Garmin）之聯絡橋樑。針對 Flash 晶片記錄資料原始編碼及解譯方式，本會實驗室尚屬初探階段，為因應未來調查技術的挑戰，職提出 2 項建議：

1. 持續投入資源研發 GPS 晶片解讀及分析能量，主動協助鄰近國家，以增加實務經驗；
2. 持續整合國內相關資源及人才，逐步發展機載損壞記錄晶片之解譯能量。

# 附件 1、瑞典失事調查局聲音處理軟體評估報告

Sound Software	8 kHz	11.25 kHz	22.05 kHz	32 kHz	44.1 kHz	48 kHz	8 bits	16 bits	24 bits	wav	AIFF	Sound Designer II	QuickTime	MP3	Ogg/vorbis	Apple Core Audio	Multitrack	Split stereo files to Mono	Combine 2 mono to Stereo	UTC time (free start time)	Negative time	Timestretch	Pitch	De-clicker	Hum removal	Noise removal	Equalizer, frequency sweep	Loop playback	3D Spectrum	Spectrogram	Sonogram	Cepstrum	Color choice	Printing (audiogram)	Multiple undo	Reads CD	Digidesign Hardware	Audio Units	VST	Direct X	Split songs from LP record	Generates crap files	OS X	WinXP	Windows 7	Verdict	Price				
	Adobe Audition v3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	1)	-	X	X	X	X	X	X	X	X2	X4	-	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	4	€400	Former Cool Edit Difficult but lots of functions. Good clip positioning. UTC time easy.				
Wavelab v7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P2	R2	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4	€600	Limited settings for Spectrogra. Plays Sonogram. No gridlines in Spectrogram and Sonogram.					
Amadeus Pro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X2	X2	X	X	X	X	X4	X4	-	X	-	X5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4	\$40	Uses .NET. Essentially 2-channel (stereo). Cepstrum!. Some bugs.				
Sony SoundForge v10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X2	X3	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	€400	Bypassed by other software for investigation purposes.					
Audacity 1.3.2 beta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	Free	Included in Final Cut. Upgrade €400 incl. Timestretch only with same pitch. Pitch corr only with tones (not %).					
Sonogram v3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	Free	LE-\$99. Difficult.					
ProTools LE v8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	€285	Used .NET. Essentially 2-channel (stereo).				
Soundtrack Pro (Apple) v3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4-	€800	Very limited				
Cubase SX2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4	€15	Very limited				
Acoustica 2.21																													X																4-	\$15					
DECK 3.5																																														3-	\$399				
Logic Platinum																																															3-	\$999			
Sound Studio 2		Xa	Xa	Xa	Xa	Xa	Xa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	\$50	Limited import.				
Spark XL v 2.8																																														3-	\$399	Spark ME is free LE			
Peak		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	\$499	Overpriced.				
Sound Soap																																															3	\$99	Filter program for Peak		
AudioXplorer												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	\$15	Very limited			
SonicWORX																																															0-600E				
Tracktion		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	Free	Curious interface			
SoundEdit 16		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3		Discontinued. Only MacOS Classic.			
1-5 = Grade																																																			
- = No																																																			
+ = Extra																																																			
X = Full support																																																			
E = Export only																																																			

1) By moving each file on the timeline  
 2) With conversion to 44.1 or 48 kHz  
 3) Plug in DV Toolkit (€1314)  
 4) DINR (€500). Old and not so good.