

## 出國報告審核表

出國報告名稱：參加船舶資料紀錄器解讀訓練出國報告				
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	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 checked="" 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 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預算類別填列)				
出國期間：113年11月19日至113年11月28日		報告繳交日期：114年2月10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 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： (1) 不符原核定出國計畫 (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 (3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 (4) 抄襲相關資料之全部或部分內容 (5) 引用相關資料未註明資料來源 (6) 電子檔案未依格式辦理 9.本報告除上傳至公務出國報告資訊網外，將採行之公開發表： (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。 (2) 於本機關業務會報提出報告 (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。

本頁空白

## 出國報告（出國類別：進修）

# 參加船舶資料紀錄器解讀訓練出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：研究員／陳沛仲

助理研究員／張祐強

派赴國家／地區：英國南安普敦市

出國期間：民國 113 年 11 月 19 日至 11 月 28 日

報告日期：民國 114 年 2 月 10 日

本頁空白

公務出國報告提要 系統識別號\*\*\*\*\*

出國報告名稱：參加船舶資料紀錄器解讀訓練出國報告

頁數：40 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) 7727-6228

出國人員姓名：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：研究員

電話：(02) 7727-6335

出國人員姓名：張祐強

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：運輸工程組

職稱：助理研究員

電話：(02) 7727-6219

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 視察 6 訪問 7 開會 8 談判 9 其他

出國期間：民國 113 年 11 月 19 日至 11 月 28 日

出國地區：英國

報告日期：民國 114 年 2 月 10 日

分類號/目

關鍵詞：船舶航行資料紀錄器、海事事故調查、運輸安全

內容摘要：

本會自 108 年由前身飛安會改制後，跨足水路重大運輸事故調查，並開始積極建置船舶航行資料紀錄器（Voyage Data Recorder, VDR）解讀能量至今，其重要環節之一為向國際上成熟的水路事故調查機構取得連繫並建立技術交流管道，了解先進各國水路事故調查機構 VDR 解讀能量建置之歷程、設備投資與調查應用實績，以縮短本會 VDR 相關技術能量建置之學習曲線。其中於 1989 年成立的英國海事事務調查局（Marine Accident Investigation Branch, MAIB）為世界水路事故調查領域之領先指標，本會於 110 年就 VDR 調查技術培訓事宜向 MAIB 尋求協助，111 年首度派員前往學習 VDR 與海事事務調查資料分析系統（Marine Accident Data Analysis Suite, MADAS）相關應用技術。

本(113)年度經 MAIB 協調相關單位之訓練主題有三項，第一項為 MAIB 主辦 VDR 調查技術實作訓練，講授 VDR 國際法規、技術規格、歷史發展與實務應用，並分享豐富的案例，隨後也帶領學員導覽 MIAB 實驗室，並進行 VDR 膠囊紀錄資料下載實作訓練，以及實際演示其新導入的音訊處理系統處理音頻信號的效能。

第二項主題為 MADAS 開發廠商 AVENCA 公司主辦之使用者研討會，由 AVENCA 對 MRP（MADAS Replay Pro）的發展現況及進階功能進行介紹，與會單位分享各自使用 MADAS 的狀況及展示實際案例，AVENCA 最後蒐集各單位所需求的功能，以及說明今後的開發方向。

第三項主題為 BMT 公司主辦之即時操船模擬系統（Real time Maneuvering, Berthing and Training System, REMBRANDT）事故調查應用訓練，除了功能操作、各單位使用之疑難排除或建議，亦展示了以 REMBRANDT 為核心所建置的多機同步操船模擬系統，並和各用戶單位說明 REMBRANDT 開發現況以及授權模式之改變與後續與用戶交流的規劃。

本次訓練除結合了理論與實務併行，更促進了與國際先進調查機構之間的經驗交流及管道，有效提升本會水路事故調查領域的知識與技術。

# 目次

一、前言 .....	1
二、行程 .....	3
三、訓練摘要及心得 .....	9
四、訓練心得及建議事項 .....	39

本頁空白

## 一、 前言

船舶航行資料紀錄器 (Voyage Data Recorder, VDR) 為基於國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 相關法規要求，安裝於國際航行之客船，或一定噸位以上之貨船之資料紀錄裝置，可保存至少 12 小時以上之駕駛台聲音、無線電通聯、航儀錄影以及船位資訊等法定必要參數，其儲存媒體並需具備一定程度之抗毀殘存性能，以在重大水路事故發生後仍能保存重要資料供後續調查分析使用，因此 VDR 解讀之能力為各國水路事故調查機構必備之基本調查能量。

本會自 108 年改制後始跨足水路重大運輸事故調查，開始積極建置 VDR 解讀能量至今，並比照飛航紀錄器解讀能量建置之經驗，每年進行水路紀錄器普查以掌握國籍船舶之 VDR 安裝情形與趨勢，再透過法規需求、技術規格及事故調查實務面向逐步掌握其技術細節及作業流程，逐步建置相關技術能量；建置過程中其重要環節之一為向國際上成熟的水路事故調查機構取經，藉由與歐美先進國家水路事故調查機構建立技術交流管道，了解其 VDR 解讀能量建置之歷程、設備投資與調查應用實績，以縮短本會 VDR 相關技術能量之學習曲線。

英國為近代長久以來的海洋大國，英國政府於 1989 年成立的海事事故調查局 (Marine Accident Investigation Branch, MAIB) 亦為世界水路事故調查領域之領先指標，辦公室所在之南安普敦港為近 200 年來英國歷史上之海運重鎮，也是鐵達尼號郵輪失事前的出發港，因此進入 MAIB 之會客區即可見到百年歷史的鐵達尼號事故調查<sup>1</sup>報告附錄陳列於展示櫃中，以其歷史教訓提醒調查人員引以為鑑。

MAIB 屬於英國交通部下轄之獨立機關，現有編制員工 35 員，包括行政團隊、4 個水路調查小組以及技術支援小組 (Technical Support Team)，其中技術支援小組負責業務包括 VDR 下載、船上其他數位資料下載 (如航儀

---

<sup>1</sup> 本案之事故調查由法院主導調查委員會，並由當時負責制定英國海事法規之英國貿易委員會承辦。

或攝影機等)、損壞紀錄器資料救援、航行數據整合分析及視覺化輔助分析等,目前有4位專門技術人員,除協助各個調查小組進行調查案數據收集、整合及分析外,亦積極協助世界各國水路事故調查機構之調查作業或能量建置,包括領導海事事務調查員國際論壇(Marine Accident Investigators International Forum, MAIIF)之VDR資料庫建置、委外開發針對事故調查應用之海事事務資料分析系統(Marine Accident Data Analysis Suite, MADAS)與具備VDR回放功能之即時操船模擬系統(Real-time Maneuvering, Berthing and Training, REMBRANDT)、協助他國下載並解讀因事故受損之VDR甚至協助培訓他國水路事故調查人員。

本會於110年就VDR調查技術培訓事宜向MAIB尋求協助,111年首度派員前往學習VDR與MADAS相關應用技術,112年參加其主辦之海事事務調查技術工作坊之外,更在MAIB技術支援小組協助下順利下載解讀高雄港外沉沒之天使輪貨櫃輪沉船VDR數據。

本(113)年MAIB藉辦理MADAS使用者研討會之機會,一併安排本次VDR解讀訓練,除了本會之外,另外有美國運安會(National Transportation Safety Board, NTSB)及日本運安會(Japan Transport Safety Board, JTSA)實驗室之調查技術人員一同參與,主題包含VDR調查技術實作訓練、MADAS使用者研討會以及REMBRANDT調查應用訓練三部份,訓練後參加學員並與軟體原廠開發人員面對面進行實際座談,針對本會使用經驗進行反饋及後續功能需求討論。

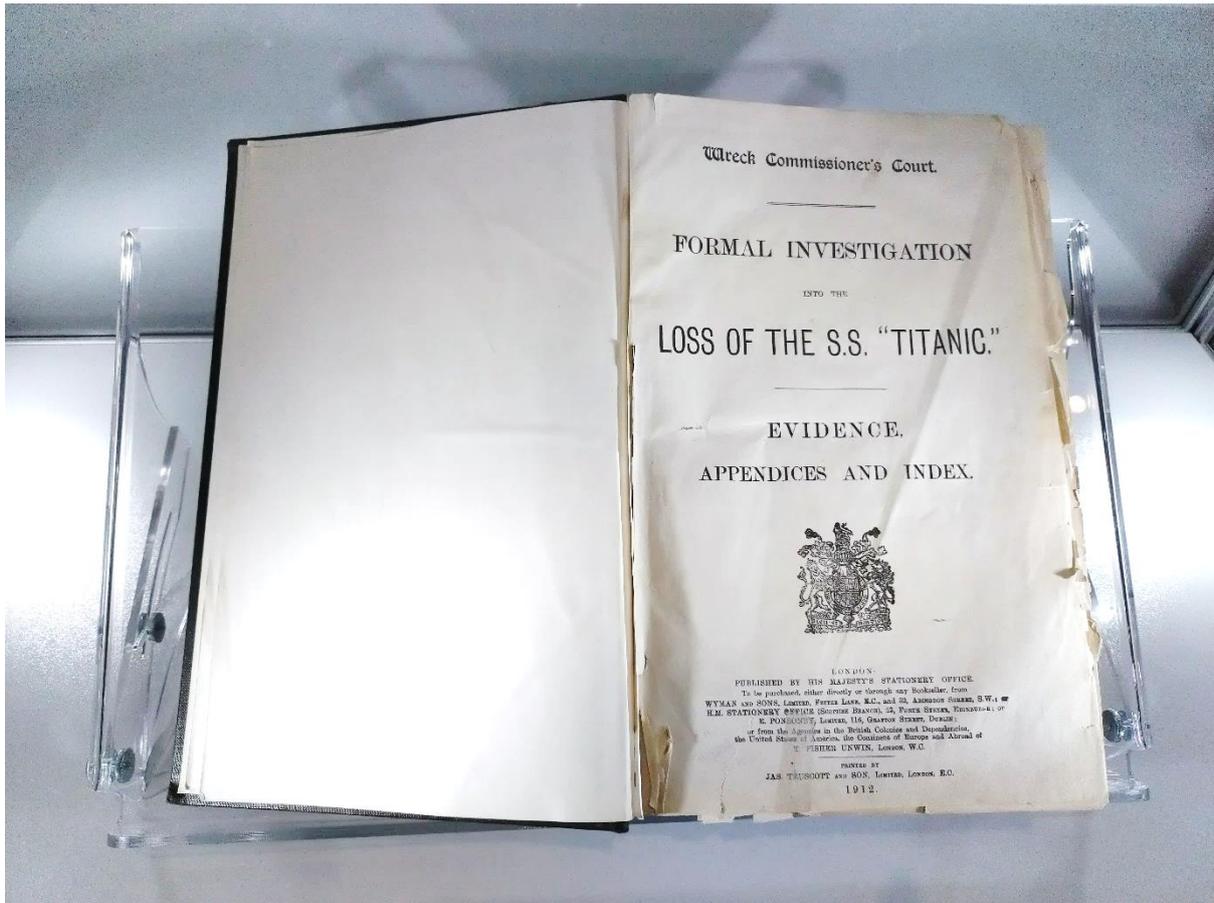


圖 1、陳列於 MAIB 會客區的鐵達尼號事故調查報告附錄

## 二、 行程

本訓練為期 4 天，本會工程組 2 員參加，日本運安會（JTSB）實驗室 2 位水路調查官全程參與，其他單位主要參加 11 月 22 日之行程，包含美國運安會（NTSB）、澳洲運安會（Australian Transport Safety Bureau, ATSB）、加拿大運安會（Transportation Safety Board of Canada, TSB）、新加坡運安會（Transport Safety Investigation Bureau, TSIB）、瑞士安全調查委員會（Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle, SUST）、印尼運安會（Komite Nasional Keselamatan Transportasi, KNKT），本會工程組與水路組同仁另有 4 員線上參與 11 月 22 日會議，本次出國行程如表 1：

日期	起訖地點	記要
11/14-15	台北-倫敦-南安普敦	啟程及移動
11/21	南安普敦	VDR 調查技術實作訓練
11/22	南安普敦	MADAS 使用者研討會
11/23-24	南安普敦	例假日 研讀受訓教材
11/25-26	南安普敦-倫敦	REMBRANDT 調查應用訓練及移動
10/27-28	倫敦-台北	返程

表 1、訓練行程表

11 月 21 日由 MAIB 於南安普敦總部主辦 VDR 調查技術實作訓練，內容包含船舶資料紀錄器相關法規與技術規範、英國海難調查局（MAIB）VDR 解讀案例分享、美國運安會（NTSB）、日本運安會（JTSB）及本會解讀案例分享、特定型號紀錄器下載解讀實作。

11 月 22 日由 AVENCA 於 MAIB 總部主辦 MADAS 使用者研討會，內容包含海事事故資料分析系統(MADAS)當前及未來發展介紹及使用者座談。

11 月 25、26 日由 BMT 於惠德雷市原廠設施主辦即時操船模擬系統（REMBRANDT）應用訓練及使用者座談。

每日詳細議程如圖 2、圖 3、圖 4，圖 5 為本會人員與 JTSB、MAIB、BMT 成員於 BMT 操船模擬室之合影。

## **MAIB Technical Day Agenda 21<sup>st</sup> Nov. 2024**

09:00 – 09:15 - Meet and greet with coffee

09:15 – 10:30 - MAIB Introduction to VDRs

10:30 – 10:45 - Coffee Break

10:45 – 11:50 - MAIB Introduction to VDRs (continued)

12:00 – 13:20 - Lunch

13:30 – 14:30 - JTSB and TTSB presentations.

14:30 – 14:45 - Coffee Break

14:45 – 16:30 - Hands on VR-5020 data recovery (DRU Clone on SATA Hard drive)

圖 2、11 月 21 日 VDR 調查技術實作訓練議程

**MADAS User Group Meeting  
MAIB UK  
(Spring Place, 105 Commercial Rd, Southampton SO15 1EG)**

**Friday 22<sup>nd</sup> November 2024**

**AGENDA**

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 09:30 <sup>1</sup> | Arrival/signing in/get a coffee etc.   |
| 09:45              | Welcome / Overview of the Agenda.  |
| 09:50              | Getting the most from MADAS Replay Pro (MRP) (Matt Ashman, Avenca)                 |
| 10:35              | Indonesian Demo (Renan Hafsar, Indonesian KNKT)                                    |
| 10:40              | TTSB Investigation Cases (Johnny Change, Taiwan TSB)                               |
| 10:50              | NTSB Experiences using MADAS (Matthew Randrick, NTSB)                              |
| 11:00              | Coffee Break   |
| 11:30              | MAIB AIS MRP examples (two examples – one with 900 ships, the other many hundreds) |
| 12:00              | Parser updates/possible associated enhancements (Joe Turner, Avenca)               |
| 12:30              | Lunch  |
| 13:30              | MAIB examples (Collisions, with VDR gauge examples, MADAS and MPR)                 |
| 13:45              | MADAS Replay Pro Enhancements (Matt Ashman, Avenca)                                |
| 14:30              | MAIB MRP Examples – Weather; Interpolation   |
| 15:00              | Coffee Break   |
| 15:15              | Enhancements – summary of current status, and possible additions...                |
| 15:45              | General Discussion/Open Forum Session  |
| 16:00              | Close.   |

圖 3、10 月 20 日 MADAS 使用者研討會議程



## BMT REMBRANDT WORKSHOP AGENDA

### Agenda

---

#### Monday 25th November

09:00 - 10:30 Introduction to Rembrandt functionality (Includes safety Brief and Welcome)

10:30 - 11:00 Break

11:30 - 13:00 Introduction to Rembrandt functionality

13:00 - 14:00 Lunch

14:00 - 16:00 Discussion 'REMBRANDT and where it sits in accident investigation' (MAIB, BMT, JTSB & TTSB)

#### Tuesday 26th November

09:00 - 10:30 Addressing specific topics

10:30 - 11:00 Break

11:30 - 13:00 Addressing specific topics

13:00 - 14:00 Lunch

14:00 - 16:00 Exploring the Full Mission Bridge and Tug Simulators

圖 4、10 月 25-26 日 REMBRANDT 調查應用訓練課程



圖 5、各國調查員於 BMT 設施合影

### 三、 訓練摘要及心得

本次訓練內容因牽涉各國調查中案件應保密、廠商專利技術及講者未授權等因素，簡報資料不公布，僅以網路已公開之參考資料及文字記述相關內容摘要及本會參訓人員心得。

#### 3.1 VDR 調查技術實作訓練

本日訓練內容主要分為以下幾個部分：1.VDR 法規、歷史發展及規格簡介；2. MAIB 執行或參與過之調查應用案例介紹；3.參與單位（本會、NTSB 及 JTSC）簡報 VDR 解讀能量現況；4.舊型 VDR 膠囊資料下載實作；5.技術交流討論。各個部份內容概述如下：

- VDR 法規、歷史發展及規格簡介

現行之 VDR 強制安裝法規緣自於海上人命安全公約 1974 版本（Navigation of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, SOLAS 1974），該版本於 1980 年強制施行，律定凡是遵循 IMO 規範航行之客輪或是 3000 總噸以上之其他船舶皆需要強制安裝 VDR，最早之技術規格需求為 1997 年為 IMO 所發布之 IMO Resolution A.861（20）決議文以及配套之國際電工委員會（International Electrotechnical Commission, IEC）IEC 6199:2000 性能標準規範所律定，可保存至少 12 小時以上之駕駛台聲音、無線電通聯、雷達及/或電子海圖顯示與資訊系統（Electronic Chart Display and Information System, ECDIS）連續截圖、船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）數據、船位、舵令及俾令數據等必要參數，MAIB 在調查中發現關鍵參數存在疑慮的時後，會盡量回到事故船舶進行實際測試，在現場紀錄實際操作並再次下載 VDR 資料進行比對，以確認數據的可用性，並要求船方提供 VDR 上一次年度檢查時之年度性能測試（Annual Performance Test, APT）報告以釐清哪些數據是經過測試及確認的。MAIB 目前正對 IMO 的 VDR 性能需求提出新的標準建議，其中包括紀錄船的動態

傾斜 (inclining) 及橫傾 (list) 角度，用以紀錄船舶的動態安定性狀態。

VDR 之資料儲存媒體 (VDR 膠囊) 需具備一定程度之抗毀殘存性能，其數據必需以業界常見通用格式方式提供，以在重大水路事故發生後仍能保存重要資料，並供後續調查分析使用；相關標準於 2000 年施行，2004 年通過的 SOLAS 第 V 章 (航行安全章節) 修正案則增加過渡性需求，對於部份老舊且技術上難以改裝之船舶，可以安裝簡式 VDR (Simplified Voyage Data Recorder, S-VDR) 做為階段性暫行措施，S-VDR 相比 VDR 收集之數據較少，但仍需具備基本的船位、動態及指揮控制等資訊。傳統膠囊為固定安裝在甲板上，附帶一個水下定位發報器 (Underwater Locating Beacon, ULB) 以對應沉船事故後定位並回收 VDR 之需求，然有時可能發生沉船位置難以打撈以致膠囊難以取得的狀況，因此多數開發商亦提供附帶船舶應急指位無線電示標 (Emergency Position-Indicating Radio Beacon, EPIRB) 的飄浮式膠囊做為選配，因此 IMO 於 2012 年發布 Resolution MSC.333 (90) 決議文，要求 2014 年以後安裝 VDR 的船舶兩種膠囊皆需安裝。

有別於航空調查使用之飛航紀錄器屬於特殊規格，下載及處理都需要原廠專利工具，Resolution MSC.333 (90) 決議文同時要求所有安裝的 VDR 都應一併提供一台包含資料下載介面及播放工具的外部電腦，VDR 資料傳輸介面並必需為國際通用標準規格如乙太網路線、USB、火線 (IEEE 1394) 或類似介面，一份資料下載及播放軟體的安裝檔副本亦必需於 VDR 安裝時一併提供，軟體必需相容於現有之商用筆記型電腦，儲存媒體必須為通用可攜式裝置如 CD-ROM、DVD 或是 USB 隨身碟等，同時規定若 VDR 內之儲存原始資料為非標準或專利之格式，則應在 VDR 內或前述軟體儲存之可攜式裝置上提供將原始資料轉換為通用標準格式之軟體工具。也因此 VDR 之下載及解讀有別於需要高度知識專業背景之飛航紀錄器，任何人只要照著原廠說明手冊以及隨附在 VDR 主機旁之筆記型電腦、連接線以及軟體皆有能力下載 VDR 資料，因此許多 VDR 數據其實在安全調查人員登船前已經由船公司委託的原廠技術代表、船員甚至其他公部門 (海巡或航港局人員) 下載。另外現在有愈來愈多船公司會將船舶資料以遠端衛星連線之方式即

時回傳 VDR 數據到船公司的伺服器中進行船隊管理，MAIB 舉例丹麥的 VDR 製造商 Danelec 已為自家的產品提供這種服務，因此在事故第一時間向船公司確認是否有遠端數據有時也能讓調查人員先掌握狀況，預作準備並要求船上保留所需期間之 VDR 資料。

當前主要之船舶航儀數位通訊協定為 1983 年發布之美國國家海洋電子學會（National Marine Electronics Association, NMEA）0183 標準，即 NMEA 0183 資料格式，因此 VDR 通常亦以 NMEA 0183 格式儲存數據資料，以確保數據共通性標準，並提供原廠播放軟體供後續回放相關數據使用，然而過去常常發生在回放時因為 VDR 系統安裝時的設定檔不正確或遺失，亦難以與當年安裝 VDR 系統之技術人員取得連繫，甚至有些船上設備使用非標準 NMEA 格式之自定義參數，導致資料無法正確顯示或輸出，因此 MAIB 找上了 AVENCA 公司請後者開發包含可自定義解譯資料庫(NMEA Parser) 在內之 MADAS 系統，從根本直接轉換 VDR NMEA 原始碼為工程數據，並提供調查人員自行編輯 MADAS Replay 播放視窗之配置，可同步播放複數船舶之 VDR 數據，並可與其他外部資訊進行時間同步整合播放，MADAS 導入之後大幅增加調查人員掌握整個事故經過情境的能力，並獲得包含 NTSB 在內的多國海事調查機構以及海事保險集團之調查人員採用。

- MAIB 執行或參與過之調查應用案例介紹

MAIB 技術小組自 1998 年開始統計以來總計處理過 250 筆以上之 VDR 資料及相關整合回放專案，其中光 2008 一年之內就處理了 45 筆 VDR 數據，講師介紹其 2007 年加入技術小組至今參與過之 VDR 相關案例，羅列如下：

1. 2006 年 MS al-Salam Boccaccio 98 事故，本案船舶為 1970 年開始營運之客輪，排水量 6,650 噸，輾轉經過多手之後於 1999 年到了埃及，運行沙烏地阿拉伯與埃及之間的紅海航線，於事故當日由於船艙失火，雖然火勢受到控制，然因為船上的排水泵故障，積水導致船體傾斜，加上改裝（如圖 3.1.1）、超載及其滾裝船之開放設計讓海水大量湧入而快速翻覆沉沒，約 1,400 名乘客及組員中僅約 300 人生

還，沉船位置水深約 920 公尺，為了找尋 VDR 所以 IMO 連繫上 MAIB 請其協助，MAIB 本身未具備水下偵搜能量，因此前往開車 40 分車程的地方請求航空事故調查局（AAIB）協助，AAIB 派出了一個三人的水下偵搜團隊參與 VDR 定位，並於後續打撈作業中取回 VDR 並由 MAIB 完成下載作業，此案亦為 MAIB 處理之第一個 VDR 膠囊。

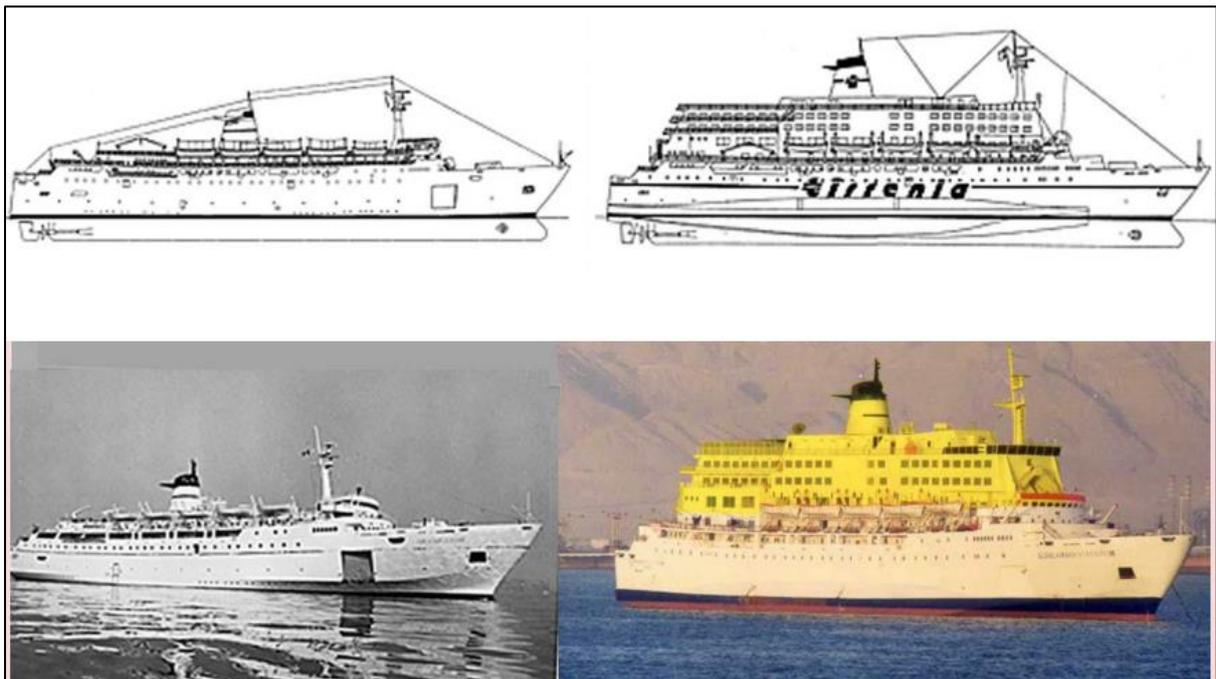


圖 3.1.1、MS al-Salam Boccaccio 98 下水時（左）與改裝後（右）之對比  
（網路新聞照片）

2. 2008 年 MV Fedra 事故，該輪於 12 級風之惡劣天候中主機失效並擱淺於英屬直布羅陀後棄船，MAIB 於新聞畫面中看到船上燈仍亮著，表示緊急電源仍然供電，為避免 VDR 資料被洗掉於是直接打電話去直布羅陀海事局確認現場是否還有人，及時派人至船上取回 VDR 主機內的 2.5 吋備份硬碟（俗稱的白盒子），避免失去關鍵證據。由於棄船後不久該船即斷成兩半（如圖 3.1.2），大部份的船上文件皆遺失亦難以確認主機的失效過程，以及船員們的消極配合，後續調

查作業極端仰賴 VDR 資料還原實際過程。



圖 3.1.2、MV Fedra 擱淺後斷裂成兩部份之殘骸（網路新聞照片）

3. 2007 年 MS Sea Diamond 事故，在希臘聖托里尼島擱淺後，船艙進水沉沒在水深 62-180 公尺的海底火山口陡坡（如圖 3.1.3），VDR 回收後請 MAIB 協助下載。



圖 3.1.3、MS Sea Diamond 擱淺並撞擊峭壁後之救援情形（網路新聞照片）

4. 2012 年 Costa Concordia 事故，該船因過於靠近沿岸撞擊海底礁岩，導致進水失去動力，飄流並擱淺於岸際（如圖 3.1.4），船上 4,000 多人有 32 人死亡，一開始 MAIB 被請求<sup>2</sup>前往支援該船的 VDR 解讀，然由於事故當地的義大利托斯卡尼檢察官非常強勢，不但完全拒絕非檢調合作的國際支援，其國內安全調查機構亦無法第一時間掌握包含 VDR 在內之關鍵證物，後來 MAIB 透過認識的律師（前 MAIB 調查官）人脈，接觸到實際參與本案調查的調查團隊人員，引薦一位過去與 MAIB 有合作且熟悉 VDR 及浸水電子設備資料救援的外部專家協助該案之 VDR 資料下載。

---

<sup>2</sup> 講師未提到委託來源，然參照網路資料有可能是來自義大利海巡部門所屬的義大利海上事故調查中央委員會（Italian Marine Casualty Investigation Central Board /Commissione centrale di indagine sui sinistri marittimi, CCISM）



圖 3.1.4、Costa Concordia 事故後失去動力飄流並擱淺於岸際海床上（網路新聞照片）

5. 2007 年 MV Explorer 事故，該船於南極撞擊冰山後進水棄船（如圖 3.1.5），事發第一時間 MAIB 收到該船 VDR 製造商 Kelvin Hughes 熟人的通知，確認該船使用的 VDR 型號、膠囊及白盒子位置，轉而通知船旗國（賴比瑞亞）提醒船長應於離開時取下，然船長並未回收白盒子或膠囊，相關資料隨船沉沒在南極 1,400 公尺水深處，原本預期的打撈作業亦因船東認為事故資訊完備以及環境破壞的考量拒絕負擔打撈責任而取消；事故 4 年後微軟創辦人之一保羅艾倫私有的遊艇尋寶船「Octopus」在事故地點打撈到 VDR，營運遊艇的租船公司向船旗國索取打撈費用，並表示如不付款將公開 VDR 資料，由於船東及船旗國都禁止其公開數據及支付費用，因此租船公司向其所在的華盛頓法院申告，提起訴訟聲請擁有 VDR 數據的權利及要求打撈費用，然因承辦的華盛頓法院因查無前例，從各種判例中無法確認 VDR 內之數據所有權是屬於打撈方、船東還是安全

調查單位，退回了租船公司的上訴而不了了之，MAIB 表示至今亦仍未看到 VDR 資料被公開，其製造商 Kelvin Hughes 亦未收到該案的下載技術委託，本案點出了船上紀錄資料在法律上之實質權利擁有者到底是誰的有趣問題。



圖 3.1.5、MV Explorer 進水後沉沒前之情形（網路新聞照片）

6. 2015 年 SS El Faro 事故，該船因進入颶風暴風圈而進水沉沒於巴哈馬北方 120 海里處約 4,600 公尺深的海底（如圖 3.1.6），船上 33 人全數罹難，NTSB 協調美國海軍及打撈業者於一年內進行了三次出

海作業搜尋、定位殘骸位置並以 ROV 回收 VDR，雖然未公開實際花費金額然而 MAIB 以過去協助 al-Salam Boccaccio 98 打撈的經驗估算其花費可能為 300 萬美金，於海底躺了近一年的 VDR 膠囊回收後，MAIB 應 NTSB 之請求前往華盛頓，與 VDR 製造商丹麥 Danelec 一起協助下載 VDR 資料，NTSB 的參加者現場表示他們實驗室後來花了超過 1 萬小時的人力工時完整解譯 VDR 錄音抄件。

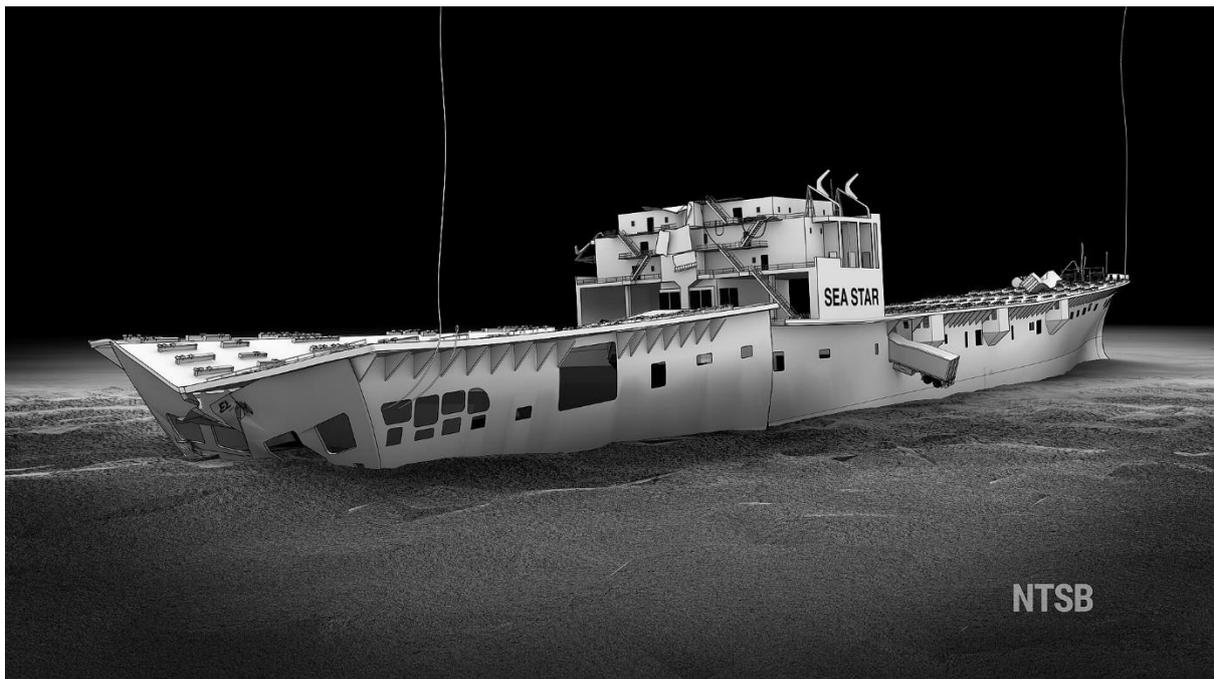


圖 3.1.6、NTSB 依水下探勘成果委外繪製的 SS El Faro 殘骸示意圖（NTSB 報告）

7. 2017 年 Stellar Daisy 事故，該艘約 15 萬總噸、27 萬載重噸的油輪改裝礦砂船因無預期結構破壞快速沉沒於離開普敦西方 1,800 海里、南大西洋的正中央，24 名船員只有 2 名獲救，事故後船東所在的韓國政府出資請美國海底勘探公司 Ocean Infinity 前往搜尋 VDR，於水深約 3,500 公尺處找到並回收了該船 VDR 膠囊(如圖 3.1.7)，在 IMO 的協調下送至 MAIB 實驗室進行處理，然拆解後發現其保護記憶體電路板的金屬容器受水壓破壞變型，電路板上的記憶體晶片也已遭

受到金屬容器壓迫而破裂，MAIB 委託專業數位鑑識公司 Cellebrite 於英國之分公司協助進行晶片等級資料救援，最後僅能確保約 7% 的 VDR 數據，在船旗國調查報告中亦未提及可引用的 VDR 資訊。



圖 3.1.7、打撈團隊於沉船殘骸回收 Stellar Daisy VDR 膠囊時之影像（網路新聞照片）

- 2024 年 HMNZS Manawanui 事故，該船為紐西蘭海軍測量軍艦，因為船員於惡劣天候中未正確解除自動駕駛裝置，以為是船隻故障不受控制而擱淺、失火並沉沒於薩摩亞外海的珊瑚礁（如圖 3.1.8），將沉船回收的 VDR 膠囊委託紐西蘭交通事故調查委員會（Transport Accident Investigation Commission, TAIC）進行下載解讀，由於 TAIC 未具備相關處理能量，將其送至英國委由 MAIB 進行膠囊拆解處理及資料下載作業。

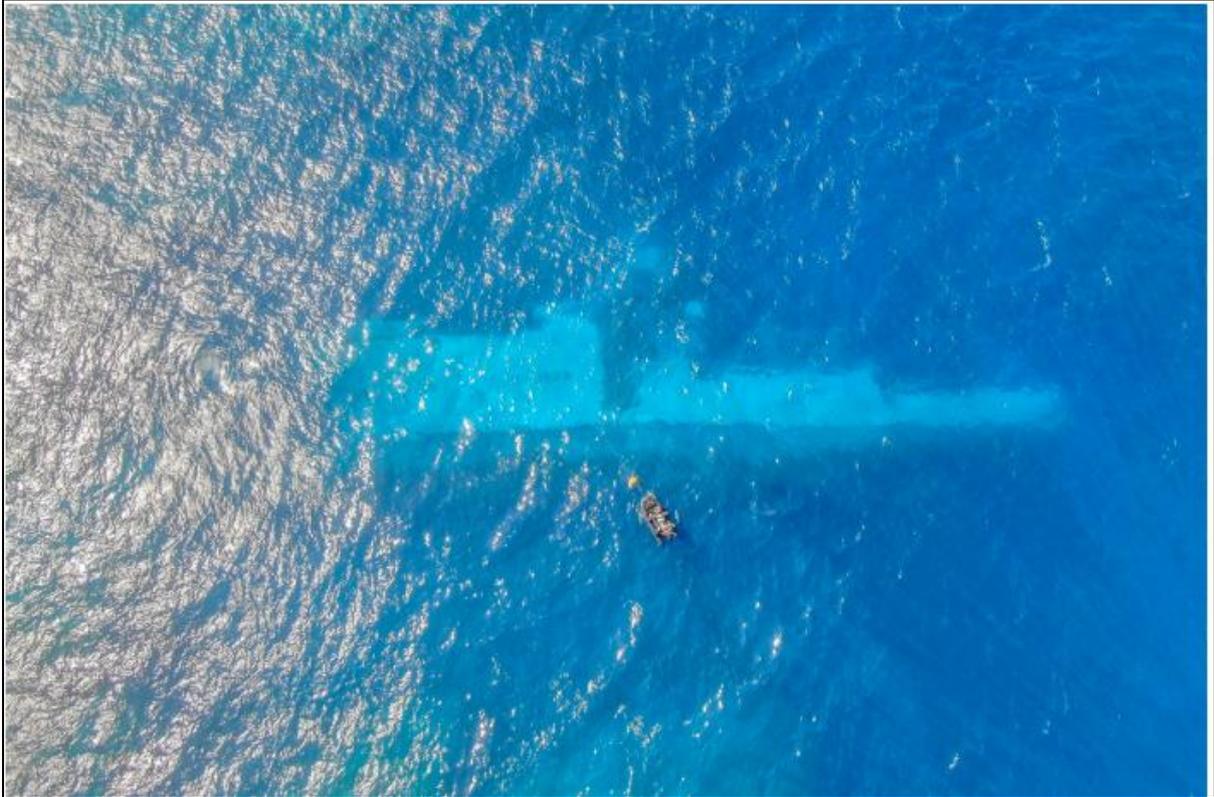


圖 3.1.8、HMNZS Manawanui 沉沒後之空拍照片（網路新聞照片）

- 本會、NTSB 及 JTSB 簡報 VDR 解讀能量現況

本會簡報內容主要為本會 108 年成立至今，VDR 小組之人員組成、經驗以及對於 VDR 解讀能量的發展歷程階段、現況以及未來發展規劃。VDR 小組的組成大致分為四個主要發展階段（如圖 3.1.9）：1.熟悉階段：以熟悉 VDR 原廠下載、播放軟體為主，主要工作為進行 VDR 抄件撰寫；2.數據處理階段：掌握 VDR 之 NMEA 數據格式，透過 MADAS 相關工具整合不同數據來源及建置同步回放場景，強化調查員掌握事故當下相關情境認知；3.三維視覺整合階段：導入 REMBRANDT 系統將海圖回放升級至三維模擬環境，除重現 VDR 數據外並增加天候視覺效果及客製化港口模型，甫以操船模擬功能供調查人員更貼近事故情境；4.泡水 VDR 資料救援作業能量建置階段：於調查案實際操作沉船回收之 VDR 膠囊拆解、清潔、乾燥、檢測以至於調查員套件（Accident Investigation Kit）下載作業，透過處理流程確立相關標準作業準則，擴充 VDR 小組技術能量，以接近與先進國家水路事故調查單

位相當之技術等級。未來發展方向包括逐步擴充對各不同廠牌 VDR 之處理能量、嘗試導入數位鑑識相關設備以完善數位證據保存及保護機制、利用人工智慧輔助音頻分析工具減輕抄件撰寫工作負擔、以及利用港口流場模擬成果導入操船模擬系統供調查人員分析事故情境參考使用等精進目標。最後並例舉近期本會調查案例與 MAIB 及其他參與學員分享。

JTSB 參與人員為第一次與 MAIB 接觸，皆來自事故調查解析室（實驗室）之水路調查官，JTSB 之解析室之任務等同本會工程組，於 2019 年開始籌建、期間經過兩次會本部搬遷規劃後於 2022 年於東京四谷的新辦公室成形，並於 2024 年補足員額正式掛牌，其業務亦由過去純飛航紀錄器解讀業務開始，仿倣各先進國家建立跨調查模組之實驗室，然而由於組織員額分配之背景因素，目前 15 名編制成員中僅有 6 員（含實驗室主任）為專任編制，另外 9 員皆為來自航空、水路及鐵道調查組各 3 位調查官兼任解析室技術專家；在水路調查相關技術能量上，由於 JTSB 之行政主體為過去海難審判廳的事故調查部分，因此水路調查官為專任人員，而非航空或鐵道調查官約 7 成是由民航局及鐵道局輪調的，因此技術能量及人力資源相對紮實，包含實驗室成員在內東京 JTSB 本部 20 位以及日本各地方分部 37 位水路調查官皆受過日本 VDR 原廠之下載及解讀訓練，雖然近年才與本會同步引進 MADAS 及 REMBRANDT 系統，然已經可以熟練運用相關工具於事故調查業務上，另外亦導入光達（LiDAR）掃描運用於部份重大調查案上。

NTSB 實驗室之參加人員背景航電專業工程師，在 NTSB 主要負責普通航空業紀錄器及 VDR 解讀作業，目前 NTSB 實驗室有 14 名技術人員且大多為航太、機械、電機或軟體工程師背景，表示 NTSB 實驗室在 VDR 的數據處理上仰賴 MADAS 的 NMEA Parser 對原始數據進行轉換後，導入 NTSB 自行開發的紀錄器資料處理平台，對於整合資料同步播放或是動畫等作業較少進行，實驗室之主要業務還是集中在紀錄器資料抽取與正確性確認等議題上，本身具備晶片等級之損壞設備資料解讀及數位鑑識能量，亦能從損壞的消費性電子產品比如運動攝影機、智慧型手機或平板內之加密晶片抽取有助於事故調查之資訊。



圖 3.1.9、本會簡報 VDR 解讀能量的發展歷程階段

- 舊型 VDR 膠囊資料下載實作

本次訓練於協調安排階段，適逢本會處理鈺洲啟航輪擱淺案，事故船使用之 VDR 系統採用 IEEE-1394（火線）為主要傳輸介面，該規格原為蘋果公司開發之高速傳輸介面，然已於 2008 年被蘋果公司放棄，2010 年後之已很少主流電子產品採用，本會實驗室目前僅有一台 2009 年早期水下偵蒐系統使用之 Windows XP 筆電內建其介面，加上事故船回收之膠囊因缺乏原本 VDR 系統之供電，必需透過專用之訊號增益器（IEEE-1394 Repeater）驅動膠囊內之控制電路方能進行下載作業，本會訪商國內各電子賣場（網路及實體）皆表示相關產品不是已經停產就是從未在消費市場上出現過，現在僅剩下工業界少量生產運用於 VDR 這類舊有設備上，主流 VDR 製造商如日本古野電器（Furuno）及丹麥 Danelec 有少量製造供其生產之 VDR 於船上安裝及測試使用，故本會在採購評估階段洽詢 MAIB 事否可在訓練期間安排此型號膠囊之實作訓練，以利本會籌備相關能量對應火線規格膠囊之下載需求。

由於 MAIB 在剛完成紐西蘭海軍 Manawanui 事故 VDR 膠囊之下載作業，碰巧與鈺洲啟航輪為同型號膠囊，且其實驗室亦擁有一顆訓練用的同型膠

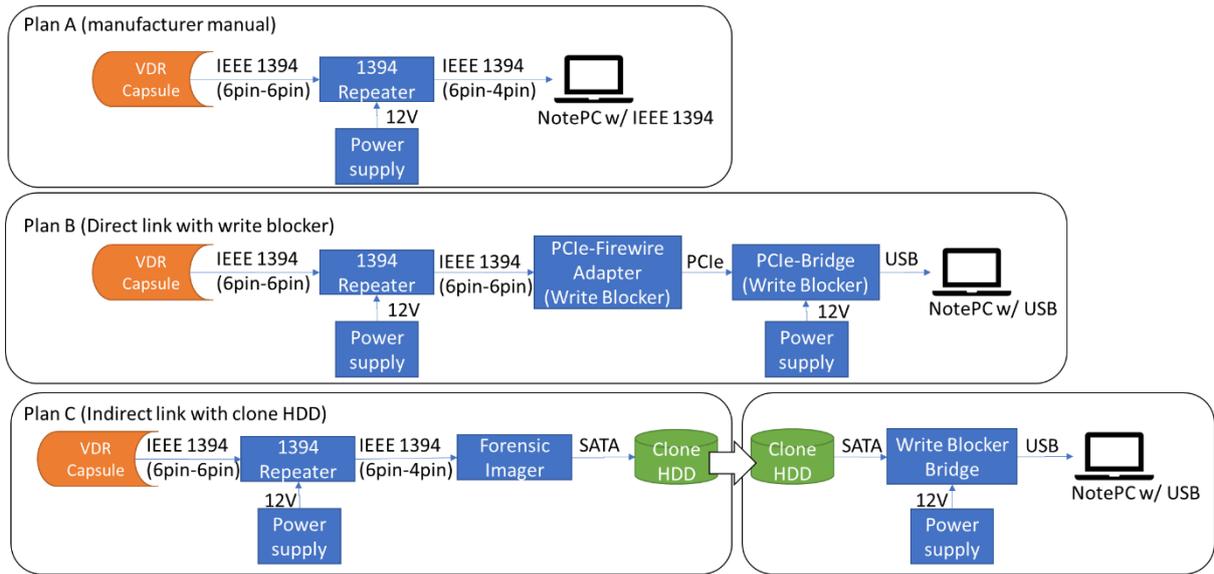
囊以及下載所需之設備，包含預裝好 VDR 原廠下載軟體之筆記型電腦、火線訊號增益器、火線介面防寫轉接器（Write-blocker Adapter）、PCIe 介面防寫橋接器（PCIe Write-blocker Bridge）、SATA 介面防寫橋接器（SATA Write-blocker Bridge）、鑑識級硬碟複製機（Forensic Imager）以對應規格之必要線材，故以訓練膠囊示範其下載配置與各種方案，並提供與會學員動手操作之機會；MAIB 現場展示了三種下載策略（如圖 3.1.10），分述如下：

方案 A（原廠手冊方式）：最基本之必要配置，膠囊與火線訊號增益器連接（如圖 3.1.11）後，直接以備有原廠軟體的筆電連線下載資料，然而使用的筆電亦需配有火線介面或是利用舊式 PCMCIA 擴充介面安裝火線轉接器，對 MAIB 而言由於目前主流筆電已不支援火線介面，加上整個下載線路上並未具備防刪保護機制，存在因為意外或軟體錯誤而反向寫入並破壞膠囊內數據之風險，在數據傳輸安全性以及筆電設備維護的前提下並不是最佳方案，因此相對比較少運用此方案下載。

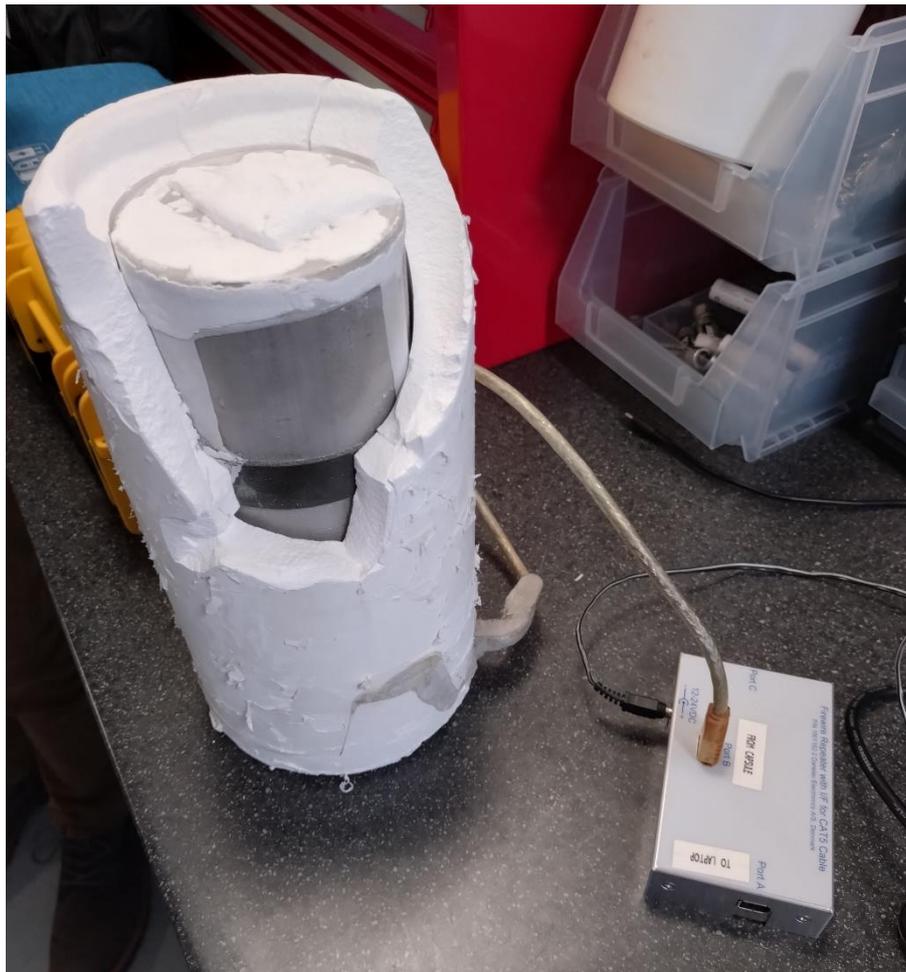
方案 B（防寫方式直接下載）：一般事故調查中比較常見之下載方案，膠囊與火線訊號增益器連接後，透過數位鑑識專用的防寫橋接器搭配火線轉接器後轉為 USB 介面（如圖 3.1.12），雖然需要多一組設備然具備資料防寫之數據安全保障，且使用 USB 介面的筆電非常易於取得而降低了設備維護的負擔。

方案 C（複製膠囊並以副本方式間接下載）：面對重大事故、可能有爭議、檢警委託或是跨國委託之重大調查案件所採用之最保險且具有採證公證力之下載方案，首先將膠囊與火線訊號增益器連接後，連接至鑑識級硬碟複製機將膠囊內之記憶體數據以原始電子訊號之方式完全複製為一個印象檔（image file），並將該印象檔複製（clone）還原至一個外部硬碟（示範使用的是 SATA 介面的 2.5 吋傳統磁碟機），該硬碟即為與原始膠囊記憶體相同的模擬膠囊（capsule emulator），後續再將該硬碟透過防寫橋接器轉為 USB 介面後即可從筆電下載 VDR 數據（如圖 3.1.13），優點為不會直接對證物膠囊進行存取操作及僅會通電一次，較方案 B 進一步降低對證物的物理

刺激並有利於後續重複測試下載流程使用。



圖、3.1.10 MAIB 針對事故膠囊下載之三種下載策略



圖、3.1.11 舊型膠囊與火線訊號增益器連接

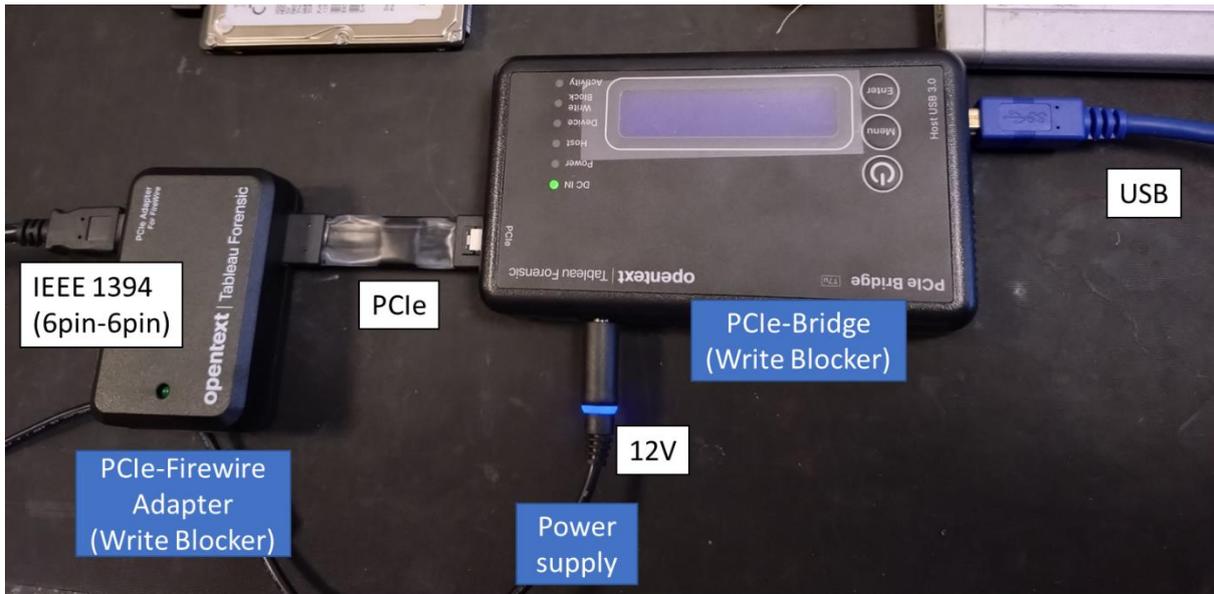


圖 3.1.12、數位鑑識專用的防寫橋接器下載設定

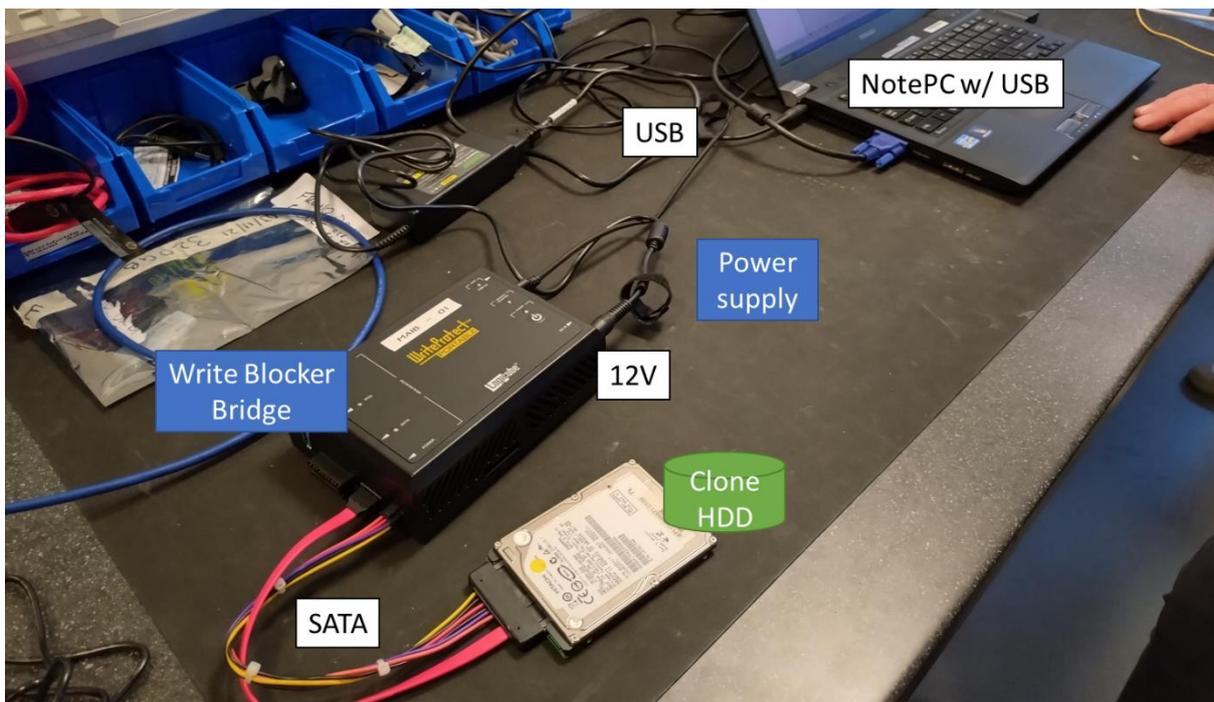


圖 3.1.13、模擬膠囊透過防寫橋接器轉為 USB 介面下載

- 技術交流討論

當日訓練最後的討論時間，MAIB 技術小組表示他們跟其他模組的調查單位（AAIB 及 RAIB）有著緊密的合作關係外，亦長期投資 Cellebrite UK 以持續更新數位鑑識能量，另外也與司法單位刑事鑑識或檢調部門之間簽署

合作備忘錄提供調查技術支援，MAIB 亦負責英國船級社 Red Ensign Group 所登記的百慕達、開曼群島、直布羅陀、英屬維京群島等海外領地船旗船之重大意外事故調查；MAIB 實驗室並展示了他們新導入的一些設備，其中包括英國專門提供劇院音訊降噪設備的 CEDAR Audio 公司生產的 Cambridge 音頻訊號處理系統（如圖 3.1.14），專門運用於 VDR 錄製之艦橋吵雜錄音中之語音增強和音訊復原，除了透過硬體加速處理效率外，人性化的使用者介面設計亦協助使用者能快速熟悉系統並運用相關功能達到期望的效果；最後並展示新建置的 RIEGL VZ-600i 地面雷射掃描儀（Terrestrial Laser Scanner, TLS，又稱地面光達），其標準解析度單站掃描速度約為 30 秒一站，掃描效率為本會原有 FARO S350 plus(約 7 分鐘一站)之 14 倍與 JTSCB 之 Leica RTC 360（約 2 分鐘一站）之 4 倍，MAIB 亦已實際應用於 2023 年於北海受撞擊沉沒後之 MV Verity 貨輪撈殘骸（如圖 3.1.15）掃描作業，並與本會參加人員就相關掃描成果後續應用經驗進行交流。



圖 3.1.14、MAIB 使用之音頻訊號處理系統



圖 3.1.15、切割後打撈之 MV Verity 後段殘骸（網路新聞照片）

### 3.2 MADAS 使用者研討會

MADAS 是為了調查目的開發的船舶數據資料整合解決方案，以轉譯 VDR NMEA 數據的 NMEA Parser 資料庫及整合數位資料的 MADAS Replay 平台為核心，開發商 AVENCA 每年皆會在 MAIB 辦公室辦理使用者研討會，由開發人員直接面對身為使用者的 MAIB 及各國事故調查單位，面對面就最新功能介紹、使用經驗反饋及未來功能需求等議題進行討論，本（2024）年度為 MADAS Replay 自傳統 ArcMAP 核心改為全新 ArcGIS SDK 引擎、重製為 MADAS Replay Pro（MRP）發布後之第一次使用者研討會，與會者除本會、NTSB 及 JTSC 之外，尚有澳洲運安會（Australian Transport Safety Bureau, ATSB）、加拿大運安會（Transportation Safety Board of Canada, TSB）、新加坡運安會（Transport Safety Investigation Bureau, TSIB）、瑞士安全調查委員會（Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle, SUST）、印尼運安會（Komite

Nasional Keselamatan Transportasi, KNKT) 以及採用 MADAS 的保險集團或海事法務顧問公司等 VDR 調查技術人員與會，研討會主題包含 MRP 現況與進階功能介紹、使用案例分享 (KNKT、本會、NTSB 及 MAIB)、AIS 數據可靠度及 MRP 處理性能壓力測試 (MAIB)、NMEA Parser 資料庫更新現況、使用者需求功能之開發情形以及綜合座談等，相關重點列舉如後：

- MRP 現況與進階功能介紹

由原廠軟體工程師介紹目前開發中即將發布之新功能及使用者可能不會注意到之隱藏功能，包括可以定義回放介面上任一視窗或儀表物件在失去其有效數據輸入之後會自動隱藏的功能，以避免回放期間儀表無動作而被誤以為仍是有效數據；可自行定義不同顯示物件之數據更新率以最佳化利用電腦效能，或讓重點資料可以用更即時的速度更新；可在地圖上的軌跡圖連續上依指定時間等間隔生成船位符號外、並能客製化時間標記的顯示密度以配合回放版面設計；可以在回放專案中儲存不同的視窗版面配置設定；更細膩的視窗尺寸、位置數值輸入設定；自定義參數有效判斷邏輯以避免明顯錯誤之數據影響回放物件；新增硬體效能監控燈號以讓使用者確認回放專案是否因為硬體負擔過重而造成延遲；回放畫面可以新增客製化文字標記 (Label) 圖層等；總而言之對使用者介面進行了許多改良，有效降低調查人員實際運用 MRP 之工作負擔。

- 使用案例分享

首先由 KNKT 簡報他們使用 ArcGIS 客製化圖層放入自己需要之資訊 (比如航行計畫資料) 後，由 MRP 的圖層管理功能中匯入套疊於原本之海圖上之使用經驗；本會簡報案例為公務船與漁船相撞之案例，由於兩船皆未安裝 VDR，因此需透過同步兩船分別僅有的 AIS (漁船)、ECDIS (公務船) 數據、輔以船上監視器畫面及恰有紀錄到兩船位置之岸際雷達資料進行整合套繪，進一步確認正確的事件順序；NTSB 的簡報主要焦點於 VDR 數據之原始紀錄格式會因不同的製造商而有不同的儲存方式：有的會以 1 分鐘為單位放入各頻道之 NMEA 數據、有的會將各頻道數據集中在一個文

件中、有的會加入自家回放軟體用的標頭指令以及每間廠商對於時間日期標記的格式皆不一致等問題，所以 NTSB 實驗室工程師常常自行以 Python 程式編寫小工具來匯整不同原始格式之 VDR 數據，轉為帶時間標記的 NMEA 文件後再匯入 MADAS NMEA Parser 資料庫解譯，再以 NTSB 內部統一的製圖系統提供調查使用或產置後續之同步動畫，較少使用 MRP 製作同步回放動畫。MAIB 簡報了整合 MRP 及 REMBRANDT 之案例，使用前面提到的 2023 年 MV Verity 貨輪（3,600 噸）與 MV Polesie（38,000 噸）碰撞後沉沒事故，展示以 REMBRANDT 模擬事故發生時的微光環境及兩船導航燈光，並模擬兩船艦橋視角之視野情形，輔以 MRP 顯示兩船位置及航行數據之客製化圖層等技巧。

- AIS 數據可靠度及 MRP 處理性能壓力測試

MAIB 於過去的調查案中發現到 AIS 數據的異常，有些船舶的船位與時間並未同步更新，導致在 MRP 中依時間播放軌跡時船舶位置可能忽前或忽後的狀況，MAIB 不確定是單一個案或是某些時空背景環境所造成的，因此從三個不同的 AIS 資料服務供應商取得相同時段於地中海所有船隻 AIS 的大數據資料，並將其批次匯入 MRP 之中同步回放，順便測試 MRP 可以同時繪製多少船舶的回放數據而仍能運作。

以一台沒有獨立顯示卡的普通筆記型電腦安裝 MRP 進行測試，最終放入了約 900 艘船的軌跡並且隨時間同步播放，並且在 MRP 的硬體效能監控燈號上並未看到硬體過載的警告，然而仍然在某些時間點可以看到該區域大部份船舶之軌跡不正常忽前忽後之瞬間移動，證明其船位不正常問題並非單一船舶之問題，而為區域性之數據可靠度問題。

MAIB 將此一發現反應給他們主要的 AIS 資料服務供應商，供應商依據相關資訊研判可能是由於部份區域船舶數量過多，透過衛星接收的 AIS 數據量過大導致數據擁塞而造成時間戳記（timestamp）無法即時更新，此一現象通常於利用地面 AIS 接收網建立的網路 AIS 服務較少發生，然而如果是走衛星 AIS 服務的管道則有可能會出現；MAIB 同時利用大量船舶同步回

放觀察到地中海東部存在區域性 GPS 干擾或虛假 AIS 信號的現象，或是可發現在正常的 AIS 回放區域中有船舶不正常關閉 AIS 至其他地方重新開啟的個案，所以 MAIB 提到許多海事情報機構已經開始利用這些 AIS 特徵編寫演算法自動研判並掌握有問題的船舶。MAIB 同時已經將這些針對 AIS 及 GPS 的假訊號與干擾發現寫成一篇報告提交給英國國家網路安全中心。

- NMEA Parser 資料庫更新現況

原廠代表簡報 NMEA 目前版本以及正在開發中的新功能，除了改善使用者體驗的介面設計，軟體的穩定性更新外，重點是增加對於非標準化參數的使用者自定義數據程式碼（script）功能，使用者可以針對 VDR 數據中非 IEC 61162-1 標準定義之原廠參數，自行編寫邏輯處理程式碼將其轉換為正確的工程參數，亦可利用軟體提供的既有程式碼模板透過下拉式選單介面進行排列組合達到相同的目標。

資料庫中自定義的部份可以輸出為交換檔格式，以利使用者在不同的 MADAS 工作站間利用，另外 2024 年 IEC 發布了最新版的 IEC 61162-1 標準文件，新增的 NMEA 標準參數將會擴充至新版的 NMEA Parser 資料庫中。

- 使用者需求功能之開發情形

原廠代表簡報目前 MRP 開發中的功能：海圖上之動態距離量測，可以自動計算指定的船舶與船舶、或船舶與特定座標間之距離並顯示在回放畫面上；自定義圖層讓使用者能在 MRP 中於海圖上自行添加點、線、面以及文字標記；新支援匯入 CSV 座標數據於回放之海圖上自動產生點、線及面之圖徵等功能。然而去年使用者提出之兩船最近距離（Closest point of approach, CPA）計算功能、海圖自動網格（grid）顯示、額外的船舶圖標等功能仍在開發之中；本會並提出了船舶行進向量及航向於海圖上船舶符號對齊位置改善的需求，得到原廠及現場其他使用者代表的同意與支持。

- 綜合座談

MAIB 表示以 MV Verity 為代表，許多事故的船舶由於在適航認證時低

於 3,000 總噸而未安裝 VDR，在事故後往往缺乏關鍵的艦橋語音以釐清事故發生時之情境，然而 MAIB 對照了其海難統計數據發現，相比更大型的船舶而言這類中小型船舶造成的死亡事故其傷亡比率明顯更高，MAIB 期望能推動 IMO 修法將 VDR 強制安裝需求降低至 500 噸或甚至 300 噸以上。

### 3.3 BMT REMBRANDT 事故調查應用訓練

BMT Group Ltd (British Maritime Technology) 創立於 1985 年，過去在全球有二十多家分公司，2023 年已重整為三大區域，即英國與歐洲地區、北美地區、與亞太地區。在業務應用上，BMT 一方面使用 REMBRANDT 為工具，向外提供船舶運動分析、船港工程、新船型驗證、風險評估及海事顧問等專業諮詢服務，另一方面也將 REMBRANDT 作為獨立產品，提供國際市場多元客戶使用，包括事故調查機關、教育培訓中心（航港與駕駛模擬）、船公司與造船廠等。典型應用場景包括：港口與港務機構利用 REMBRANDT 進行引水人引航與停靠訓練；郵輪公司（如迪士尼郵輪、公主郵輪）安裝簡化版 REMBRANDT 用於船員培訓與路徑評估；以及事故調查機關用於 VDR 回放、事故情境重建與視覺化建模，進行視距驗證與燈光辨識等分析。

REMBRANDT 原本目的為即時操船模擬系統應用，因 MAIB 認為 REMBRANDT 也適用於水路事故調查，利於事故情境之 3D 視角還原，因此 BMT 更新 REMBRANDT 為可讀取 VDR 資料。本會亦在 MAIB 已採用 REMBRANDT 做為解讀與應用 VDR 資料以還原事故情境的工具下建置 REMBRANDT 系統能量，並與 MAIB 及 BMT 皆建立交流管道以精進 REMBRANDT 在水路事故之應用。

#### 3.3.1 REMBRANDT 功能操作訓練

本次前往 BMT 進行 REMBRANDT 教育訓練除了本會參加，尚有 JTSC 實驗室兩位水路調查官全程參與，本訓練包含 REMBRANDT 基本操作開始介紹，而本會及 JTSC 事先也準備一些當前使用 REMBRANDT 遇到的狀況或未來希望可以更新軟體的方向，以下將逐一做說明。

REMBRANDT 基本操作包含熟悉該視窗介面，使用者可將視窗分割成海圖二維視角以及三維視角；船舶初始化設定並放置於電子海圖上進行操船，也可設置其他交通船舶，此時使用者可以於海圖上自由選擇要控制的船舶以進行操船模擬；環境設定包含天空的晝夜光線、天氣狀況（雨、雪、霧）、能見度、海況、風向風速、流向流速等。

REMBRANDT 操船模擬功能全面，包含船舶自動引航 (auto-pilot)、拖船輔助、纜繩繫泊、下錨皆可模擬。自動引航先為控制船舶設置數個轉向點 (way point)，有了連接轉向點的航線後，該船舶即可依循此航線進行自動操船，也可以對每一轉向點設定航行速度，控制船舶經過該轉向點後即會自動加減速使船速接近設定速度，如圖 3.3.1.1。

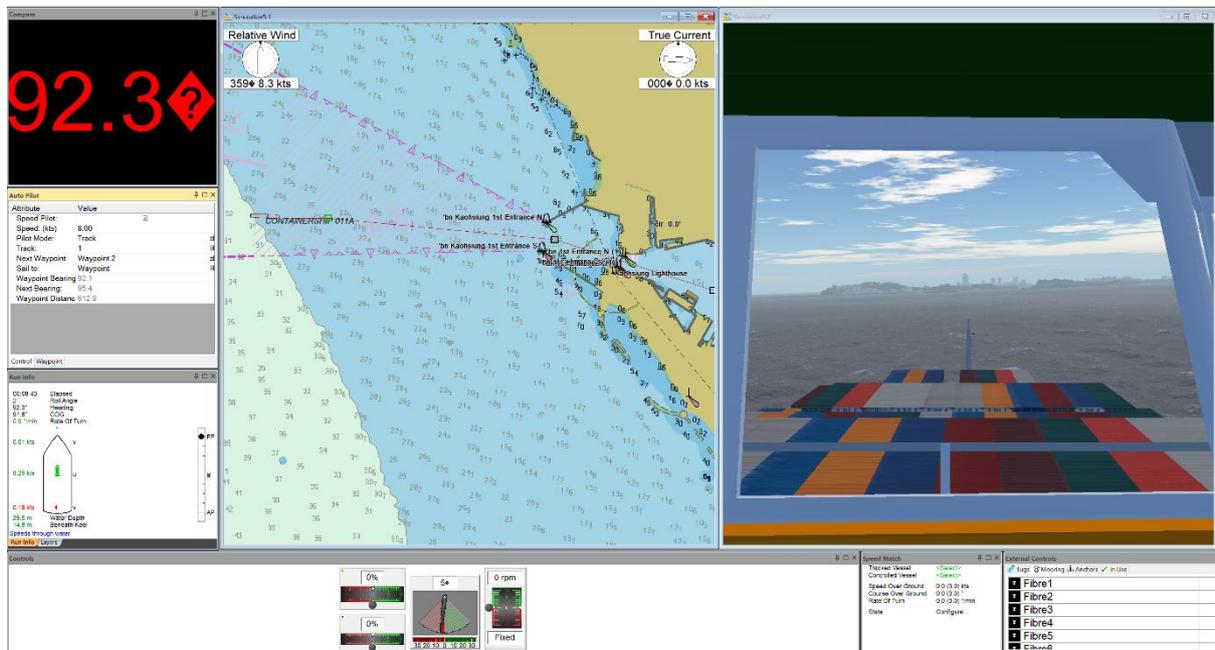


圖 3.3.1.1、設定 way point 進行自動引航

REMBRANDT 拖船模擬控制拖船對船舶使用纜繩拖帶或推頂船舶，可選擇內建拖船之噸位、推頂與拖拉時的拖船出力比例大小。船舶碼頭繫泊功能模擬，若未經設定，REMBRANDT 船舶碰觸陸地會發生穿模的狀況，所以需要先設定欲靠泊之陸地碼頭為硬碼頭 (hard quay)，接著可以在碼頭設置數個纜樁，當操控的船舶靠近該碼頭時，即可使用纜繩從該船預設的

纜樁連接到碼頭纜樁上以達到碼頭繫泊模擬，而在視窗上也可觀察每一條纜繩模擬受力的情況，若風力過大或有別艘船舶經過引起波浪波及繫泊船舶，可能造成纜繩斷裂的模擬情況發生，除了繫泊於碼頭外，REMBRANDT也可模擬船靠船纜繩繫泊的情況，模擬拖船輔助及纜繩繫泊靠岸如圖 3.3.1.2。

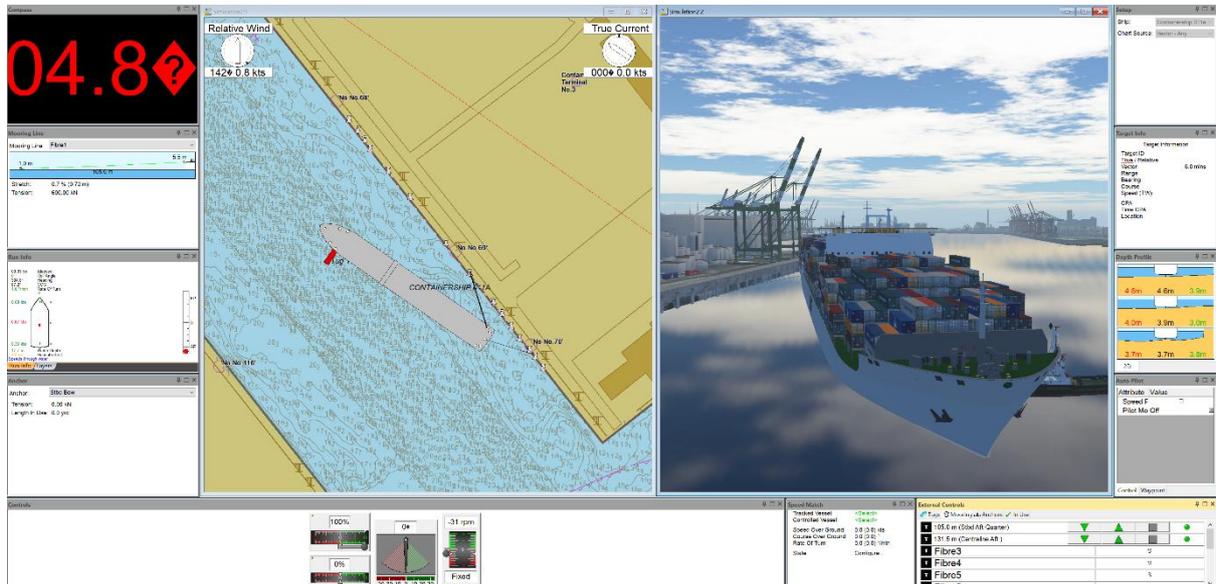


圖 3.3.1.2、模擬拖船輔助及纜繩繫泊靠岸

因 JTSB 有船舶下錨後走錨的調查案，因此 BMT 也特別為船舶下錨功能做介紹，下錨功能和現實操作狀況相當接近，船上備有左錨及右錨，非緊急狀況下錨時，會先用纜機將錨下放至接近水面高度，待將船舶操縱至欲下錨地點時，再將已脫離纜機之錨鍊鬆開煞車，此時錨鍊會直接受重力快速落入水中，接著 REMBRANDT 會開始模擬錨鍊落下海床後的受力情況，下錨與船靠船繫泊模擬如圖 3.3.1.3。



if」操作。然而目前的報表與繪圖功能僅能顯示控制接手後的模擬結果路徑，無法同時繪製 VDR 原始路徑。若需要重疊 VDR 與接手控制之航跡，可考慮將模擬結果航跡匯出，然後在外部工具(例如 Excel)進行合併比較，BMT 表示會考慮將此兩者報表比對的功能納入開發需求中。

BMT 已為本會建置台中港及高雄港的 REMBRANDT 客製化港區模型，經詢問 BMT 是否能小範圍地將 3D 模型自行匯入 REMBRANDT，以達到較高的軟體使用自由度 BMT 仍需要透過他們進行轉檔以相容於 REMBRANDT。也提到客製化夜間燈光於某一模型特定位置也需要經由 BMT 進行製作，若有少量的燈光需求，則可在 REMBRANDT 內建的 3D 模型清單裡，挑選已帶有燈光效果的物件，例如帶燈光的起重機放置到地圖上。

一同參加訓練的 JTSC 有關於船舶流錨的水路事故，因此想了解 REMBRANDT 是否能針對錨的規格參數客製化，BMT 表示需再聯絡他們進行客製化，而在 REMBRANDT 中模擬下錨、收錨可以即時看到錨鏈張力，也可選擇不同海床類型(如沙泥、礫石、岩床等)以對應不同抓力，在模擬過程中，REMBRANDT 會根據內部演算法估算最大抓力，若遇到大風或強流超過抓力即會產生流錨，而使用者可透過修改錨鏈長度、施加倒俾等方式來調整並避免流錨狀況。

REMBRANDT 提供之優勢主要在 3D 視覺與船舶操縱動力學，MADAS 側重 2D 航跡分析、航儀數據整合等，而 MAIB 已有多起事故調查案採用 MADAS 結合 REMBRANDT 的方式呈現事故經過，因此希望 REMBRANDT 與 MADAS 的資料相容性能提高，最終希望能直接在 2D (MADAS) 與 3D (REMBRANDT) 切換視角，不必對相同紀錄器資料反覆處理僅因兩者資料不相容。

### 3.3.3 REMBRANDT 授權模式

本(104)年度起 BMT 將更新 REMBRANDT 至第七版，並且改變

REMBRANDT 授權模式，由原本的永久授權改變為每年授權與每年軟體支援服務，並將授權與支援分為數個等級，使用單位依需求付費，BMT 希望能因此帶來持續且穩定的開發資金，以利功能優化與更新。

MAIB 召開會議參與單位為 MAIB、TTSB、JTSB 和 BMT，該會議主要目的為應 REMBRANDT 改變授權模式後希望 BMT 能更關切到用戶的需求，並有更緊密的交流，比如比照 AVENCA 每年舉辦 MADAS user meeting 的方式，BMT 也能每年舉辦實體或線上會議，與各用戶一起審視需求清單，確定開發進度，避免各用戶單獨客製的功能被忽略。BMT 對此表示正面看待，也提到若因用戶分散世界各地，也可採線上研討會方式進行 REMBRANDT 使用者會議，並且未來可能發起一網路平台彙整用戶常見問題，以統一進行解答。

#### 3.3.4 操船模擬機

BMT 辦公室目前配置了三間操船模擬室，包括一間艦橋型操船模擬室，由 9 個螢幕提供 270 度包覆視野（如圖 3.3.4.1），以及兩間由 12 個螢幕提供 360 度環繞視野的拖船模擬操船室（如圖 3.3.4.2）。



圖 3.3.4.1、270 度操船模擬室



圖 3.3.4.2、360 度操船模擬室

這些操船模擬器的應用範圍廣泛，涵蓋引水員與港口操作訓練，利用真實港區地形、建築物與 3D 水文模型進行操船演練，多船聯機互動的模擬則在真實風浪流環境下呈現主船與拖船的協同操作。此外還能用於事故重建，設置事故點及環境條件並從多視角觀察，例如駕駛台視角或上帝視角。在硬體與軟體結構方面，每個 360 度模擬艙由多台 PC 驅動，搭配圖形顯示卡實現多面投影，由中央控制臺統一控制環境參數。

在實作觀察中，與會者分別進入兩間 360 度模擬艙操作全向式雙俾拖船，體驗兩艘拖船協同輔助大船靠離岸。整體而言模擬器在視覺呈現、環境細節和多船互動的效果良好。

本頁空白

#### 四、 訓練心得及建議事項

此次訓練從 VDR 的國際法規、技術規格、歷史沿革、到具體的案例應用及實作操作，皆進行了廣範與深入的介紹。MAIB、NTSB 及 JTSB 等國際先進單位分享了實際調查的案例經驗，使參訓人員能夠從各案例學習到在取得 VDR 資料時可能會遭遇到的困難與挑戰，以及面對這些困難的應對方式，還有 VDR 資料應用及呈現的方式也是值得參考之處。

針對 VDR 膠囊資料下載部分，MAIB 展示了三種下載方式，並強調了資料防寫入的原則，為增進本會 VDR 膠囊資料下載的能量，並確保未來若可能出現爭議性事故調查案中相關數位證據的安全性與證據力，可考慮購置 MAIB 展示下載時使用的必要線材設備以及引進類似的數位鑑識設備能量。

當前本會水路事故調查案之事件序情境整合主要仰賴以 MADAS 匯入 VDR 資料來進行事故過程還原，未來若有視覺化模擬的情境需求，也可仿效 MAIB 結合 MADAS 在數據呈現上的優勢以及 REMBRANDT 在 3D 視角的擬真呈現。

對於水路調查案 VDR 語音轉錄抄件的作業，本會目前主要比照飛航事故調查之座艙語音紀錄器抄件作業模式，採取人工直接聽取轉錄，然而因為環境音源吵雜及麥克風音質等問題往往需要投入更多人力資源來克服，未來也可視需要仿效 MAIB 對 VDR 錄音使用音訊處理軟體進行去除雜訊、語音增強和音訊復原等前處理後再進行抄件轉錄或使用 AI 技術協助轉錄。

本會建置 MADAS 與 REMBRANDT 系統至今，對水路事故調查案已有顯著效益，亦有利於和使用相同系統之國際先進調查單位進行技術交流，以精進本會水路調查案之能量，故未來仍將持續與各國水路事故調查機構合作，投資並維護 MADAS 與 REMBRANDT 系統，並透過使用者會議與各國先進進行技術交流，汲取各國在事故調查中的最新案例、技術挑戰與創新解決方案。

另外透過本次訓練期間與 JTSB 水路調查員交流，得知 JTSB 每年會請 VDR 製造商開設 VDR 相關課程讓水路調查員參加訓練，未來本會也可考慮派員參加類似訓練課程，以強化本會水路調查相關人員 VDR 知識與資料下載技術。

## 參加船舶資料紀錄器解讀訓練出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

出國人職稱：研究員

姓名：陳沛仲等 2 人

出國地區：英國

出國期間：民國 113 年 11 月 19 日至 11 月 28 日

報告日期：民國 114 年 2 月 10 日

### 建議事項：

	建議項目	處理
1	維護並精進船舶航行資料紀錄器解讀、音訊處理及數據整合技術能量，以期與世界海事調查先進國家技術同步。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	協調船舶航行資料紀錄器（VDR）原廠辦理教育訓練，強化本會水路調查相關人員 VDR 知識與資料下載技術，並建立原廠技術支援管道。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行