

出國報告（出國類別：訓練）

「航空情報管理(AIM)進階訓練課程」出國報告書

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：姚昱安科員

派赴國家：盧森堡

出國期間：114年3月1日至3月9日

報告日期：114年6月8日

提要

本報告彙整出國人員參與「**From AIS to AIM Towards SWIM**」航空情報管理進階訓練課程之重點內容及學習心得、建議。本次訓練課程由 Eurocontrol Aviation Learning Center 辦理，聚焦航空情報服務（**Aeronautical Information Service, AIS**）過渡航空情報管理（**Aeronautical Information Management, AIM**）及邁向全系統資訊管理（**System Wide Information Management, SWIM**）轉型所需之技術與制度。課程涵蓋 AIM 推動策略、航空資料品質（**Aeronautical Data Quality, ADQ**）、地形與障礙物資料（**Terrain and obstacle, TOD**）、機場測繪資料庫（**Aerodrome Mapping Database, AMDB**）、SWIM 架構與 **SWIM Registry** 等相關議題，並介紹歐洲航空情報資料庫（**European AIS Database, EAD**）之運作及未來發展。此外，課程強調航空情報服務對飛航安全之重要性，並說明未來在航空業界航空情報服務之產生與應用將持續演進，最終將走向符合 **SWIM** 之架構。

名詞解釋

本報告內英文縮寫第一次出現時皆附中文翻譯或英文原文，爾後出現則不再提附，為使閱者方便查詢，特列此表。

縮寫	英文原意	中譯
AIM	Aeronautical Information Management	航空情報管理
AIP	Aeronautical Information Publication	飛航指南
AIS	Aeronautical Information Service	航空情報服務
AICM	Aeronautical Information Conceptual Model	航空情報概念模型
AIRAC	Aeronautical Information Regulation and Control	航空情報定期發布制度
AIRM	ATM Information Reference Model	飛航管理系統參考模型
AIXM	Aeronautical Information Exchange Model	航空情報交換模型
AMDT	Amendment	修訂
AMDB	Aerodrome mapping database	機場測繪資料庫
AMXM	Aerodrome Mapping Exchange Model	機場圖交換模型
ASBU	Aviation System Block Upgrades	航空系統區塊提升
ATM	Aeronautical Traffic Management	飛航管理
EAD	European AIS Database	歐洲航空情報服務資料庫
eAIP	Electronic AIP	電子式飛航指南
EASA	European Union Aviation Safety Agency	歐洲航空安全組織
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment	歐洲航空設備規範協會

EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	歐洲空中航行安全組織
FIXM	Flight Information Exchange Model	飛航情報交換模型
GANP	Global Air Navigation Plan	全球空中航行計畫
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
IWXXM	ICAO Meteorological Information Exchange Model	國際民航組織氣象情報交換模型
NOTAM	A notice distributed by means of telecommunication containing information concerning the establishment, condition or change in any aeronautical facility, service, procedure or hazard, the timely knowledge of which is essential to personnel concerned with flight operations	飛航公告
PBN	Performance-Based Navigation	性能導航
QMS	Quality Management System	品質管理系統
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics	航空無線電技術委員會
SARPs	Standards and Recommended Practices	標準及建議措施
SESAR	Single European Sky ATM Research	歐洲單一天空交通管理研究計畫
SMS	Safety Management System	安全管理系統
SOA	Service-Oriented Architecture	服務導向架構
SWIM	System Wide Information Management	全系統資訊管理
WGS-84	World Geodetic System-1984	世界大地系統— 1984
XML	Extensible Markup Language	可擴充式標記語言

目錄

一、	目的	1
二、	過程	2
三、	課程摘要	5
四、	心得與建議事項	22

一、 目的

為提升國際間飛航管理（Air Traffic Management, ATM）系統之運行效率，飛航相關單位可及時取得數位化情報並參與協同決策，國際民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）推廣全系統資料管理（System Wide Information Management, SWIM）資訊共享平台，透過航空情報（Aeronautical Information）、氣象情報（Meteorological Information）、空域及流量管理情報（Airspace and Flow Management Information）無縫交換，解決國際間資訊分散或不連貫的問題，並提升效率。為配合 SWIM 發展，ICAO 提出航空情報服務（Aeronautical Information Service, AIS）過渡至航空情報管理（Aeronautical Information Management, AIM）概念，計 3 大階段藍圖（Consolidation、Going Digital、Information Management），本區已進入第 2 大階段，未來並將朝向符合 SWIM 相關架構發展，爰了解國際間如何規劃及執行航空情報管理業務以配合 ICAO 各區域 SWIM 實施計畫有其必要性。

目前歐盟因應 Single European Sky 政策，已制定 SWIM 相關法規，歐洲各國 AIM 與 SWIM 之技術已由理論階段發展至實務應用階段，本次課程「AIS to AIM toward SWIM」介紹歐洲地區 AIM 之實施策略航空資料品質（aeronautical data quality, ADQ）之實施規則以及介紹 EUROCONTROL AIM 領域及歐洲行資料庫（European AIS Database, EAD）之最新發展，參與此課程及與他國民航人員交流可作為我國規劃與發展符合 SWIM 架構之航空情報管理業務參考。

二、 過程

本次公務出國行程自 114 年 3 月 1 日至 3 月 9 日共計 9 日，3 月 1 日搭乘中華航空班機前往英國倫敦，3 月 2 日搭乘火車前往訓練課程地點盧森堡，訓練課程日期為 3 月 3 日至 6 日。課程結束後於 3 月 7 日搭乘火車前往德國法蘭克福，3 月 8 日搭乘中華航空返臺，於 3 月 9 日抵臺。

本次訓練課程於盧森堡 Eurocontrol Aviation Learning Center 舉辦，學員分別來自奧地利、德國、愛爾蘭、挪威、克羅埃西亞及羅馬尼亞等歐洲國家共計 15 人，學員任職機關構多元，包含任職於飛航服務提供單位之航空情報人員、管制員，民用航空主管機關負責航空情報單位查核之查核員、負責無人機法規業務之查核員以及軍方單位處理飛航公告發布之航空情報人員。



Eurocontrol Aviation Learning Center 門口

課程介紹

本次課程以講師授課為主，於每日 09:00 至 17:00 舉行，每堂課結束前皆有小測驗，讓學員們得以馬上測試對該門課吸收了多少，另於課程最後一天有小組練習作業，並於作業完成後，講師針對各組之答案檢討並解說，以下為此次課程大綱及講師簡介：

- 1. Introduction to Aeronautical Data and Information Management**
- 2. Aeronautical Data Quality**
- 3. Terrain and Obstacle, TOD**
- 4. Aerodrome Mapping Database, AMDB**
- 5. Data House (Provider)**
- 6. AIS Cockpit View**
- 7. Digitalisation and SWIM**
- 8. EAD General Overview**

講師簡介

Ioana Toanchina

Ioana 為本次課程之班導師，現職為Eurocontrol航太工程師，擁有荷蘭台夫特理工大學（TU Delft）碩士學位，專攻人工智慧（Artificial Intelligence, AI），領域。她專精於人工智慧技術在航空產業中的應用與航空情報管理，致力於規劃未來將AI 技術整合於航空產業運作流程中，以提升整體營運效率與飛航安全。

Boris Coric

Boris為任職於EUROCONTROL之航空情報管理A專家，擁有超過 17 年於航空情報專業領域服務之經驗，其中逾十年效力於飛航服務提供單位。

他專精於航空情報管理、航空情報資料庫管理，以及ICAO標準及建議措施、歐盟航空法規之合規事項。Boris在多項關鍵計畫中扮演重要角色，包含歐洲航空情報資料庫（European AIS Database, EAD）、AIS過渡至AIM以及電子式地形與障礙物資料庫（eTOD）框架之導入。此外，Boris亦積極參與歐洲及西巴爾幹地區的航空情報人員訓練工作。

Scott Wilson

Scott目前正協助推動SWIM在歐洲ATM系統中之部署工作，為歐盟地區SWIM之專家。他於蘇格蘭完成學業，取得法學士（榮譽）學位（LLB Honours）以及資訊科技碩士學位（MSc in Information Technology）。在加入EUROCONTROL之前，他曾擔任系統分析師與軟體工程師六年，Scott亦曾參與 EUROCAE／RTCA 機場測繪資料標準化業務之推動，並參與航空情報交換模型（Aeronautical Information Exchange Model，AIXM）之發展。他也領導飛航管理系統資訊參考模型（ATM Information Reference Model，AIRM）之開發。

Francisco Hoyas

Fran於 2015 年加入EUROCONTROL，在擔任航空公司機師的本職工作之餘，同時兼任機場單位的作業專家顧問，近期則轉任至航空永續發展單位（Aviation Sustainability Unit）擔任相關職務。他最初任職於西班牙空軍，擔任駕駛員，駕駛 RF-4 Phantom 戰機。自職業生涯初期即參與飛行訓練相關工作，並成為航空事故調查員。Fran 於 2002 年加入一間商務噴射機公司，隨後於 2003 年轉至伊比利亞航空（Iberia Airlines），在該公司駕駛 A320 機型長達 13 年，目前則擔任該航空公司 A330 與 A350 機型之駕駛，並同時兼顧其於EUROCONTROL之工作與於 Eurocontrol Aviation Learning Center授課之職責。

Marko Zoricic

任職於 Jeppesen Aviation Technical & Regulatory Standards 部門，為該部門之經理，同時亦參與 ICAO 航空情報相關法規內容之制定，此次課程 Marko 也先給上課學員看 ICAO DOC 8126 即將要新出版的章節 Volume IV – Digital Products and Services 的 draft。

三、 課程摘要

(一)、 Introduction to Aeronautical Data and Information Management

AIM 的演進不僅代表了航空業界對安全與效率需求之回應，更反映數位時代下資訊處理方式之轉型。過去飛航所需的各種航空情報主要以飛航指南(AIP)、航圖與飛航公告(NOTAM)等紙本形式呈現，這種以「產品為中心」的模式在資訊量日益增長的現代航空環境中，已無法滿足安全與法規遵循的嚴格要求，且人工介入越多，效率容易降低且錯誤率容易增高。

在這樣的背景下，「航空資料鏈」(Aeronautical Data Chain)的概念成為 AIM 的核心架構。在資料鏈中，「原始資料提供單位」提供原始的航空資料，這些單位包含機場營運單位、儀航程序設計部門、空域管理部門、氣象單位及地形與障礙物資料提供單位等；接著，AIS 單位負責收集這些航空資料、經過驗證程序，並以適當之格式發布；最後，簽派員、駕駛員及航圖公司等「終端使用者」則依據需求，取得最新航空情報。這樣的分工合作，使得航空資料在生命週期每個環節都能被追溯與管控，並透過「詮釋資料」(metadata)標註來源、版本與更新時間，以確保每一筆航空資料之完整度與可驗證性。

AIM 之自動化架構，則遵循 ICAO 定義的四個層級發展。第 0 層從手動處理與文件記錄開始，第 1 層逐步邁向以資料庫為中心的數位化更新；第 2 層則引入自動化流程，讓資料能從來源端直接收集、處理並產出數位航空情報產品；最終的第 3 層，則建立服務導向架構 (Service-Oriented Architecture, SOA)，允許使用者依據需求即時查詢與取得各式航空情報。這種逐級提升的策略，不僅能分散轉型風險，更讓各國航空管理單位得以依照自身資源與法規需求，靈活調整推動進度。

另外，航空情報概念模型 (Aeronautical Information Conceptual Model, AICM) 與 AIXM 則在 AIM 中扮演關鍵角色。AICM 作為邏輯層的資料模型，透過對跑道、航路、儀航程序、導航設施等資料實體及其屬性進行抽象化定義，

提供一致且結構化的概念框架，使航空資料具備可理解性與一致性。而 AIXM 則是在 AICM 基礎上，以 XML 技術實現的資料交換格式，將抽象模型轉化為實際可被電腦讀取並跨系統交換的數位資料結構。

為加速 AIS 過渡 AIM，ICAO 制定了包含「Consolidation」、「Digitization」及「Information Management」的三個階段。在 Consolidation 階段，重點放在建立品質管理系統（Quality Management System, QMS）、採用全球統一的 WGS-84 坐標系統與嚴格遵守航空情報定期發布制度（Aeronautical Information Regulation and Control, AIRAC）；Digitization 階段則著重於建置地形、障礙物與機場測繪資料之數位資料庫，以及發展 eAIP 與 digital NOTAM；到了 Information Management 階段，旨在建立以服務為導向的資訊管理模式，使航空資料能即時交換、跨系統整合，全面支援未來 SWIM 架構的運作。

AIM 的發展需與 ICAO 所提出的全球航空導航計畫（Global Air Navigation Plan, GANP）及飛航系統區塊式提升（Aviation System Block Upgrades, ASBU）互相配合。GANP 提供自全球到區域乃至國家層級的多階段發展藍圖，協助各國在政策制定、技術導入與跨區域協調上維持一致方向；而 ASBU 則透過每六年為一周期的模組化設計，規劃航空系統階段性升級內容。藉由此兩大架構的指引，AIM 在數位化與標準化推動過程中，能與整體航空導航系統的現代化步調相互銜接，並確保其發展方向與全球航空運輸體系保持一致。綜上，航空情報管理是一場系統性、跨組織的深度變革。從概念框架之建立、自動化層級之提升，到符合國際規範，這一切皆旨在確保每一段飛航都能仰賴準確無誤、即時完整的航空情報，並持續提升全球航空運輸的安全與效率。未來，隨著技術的成熟與合作機制的加強，AIM 將真正實現「資料即服務」的願景。

(二)、 Aeronautical Data Quality

歐盟於 2010 年頒布 EU Regulation 73/2010，後納入 EU 2017/373 號規則，明確以「Aeronautical Data Quality ,ADQ」為名稱，要求各國須建立一套

可追溯、可被驗證之航空資料品質管理機制。**ADQ** 是確保能安全使用所有航空資料之基本要求。**ADQ** 涉及的並非單一資料點的校正或更新，而是一套貫穿資料整個生命週期的資料品質管理體系，確保每一筆資料在產成、傳遞、處理與使用各階段皆符合品質標準。**ADQ** 的構面包括精確度 (**Accuracy**)、解析度 (**Resolution**)、完整性 (**Integrity**)、可追溯性 (**Traceability**)、時效性 (**Timeliness**)、格式一致性 (**Format**) 與完備性 (**Completeness**)。每一項都對航空作業具有實質安全影響。實際上也有許多飛安事故能說明 **ADQ** 的重要性，案例如下：

案例一：2015 年土耳其航空於尼泊爾加德滿都國際機場降落時偏離跑道，經調查係該機場於 **AIP** 所公布之跑道頭坐標與飛行管理系統 (**Flight Management System, FMS**) 內之跑道頭坐標資訊，使航機在自動駕駛情況下，對準的是與實際跑道中心線左側錯約 26 公尺之位置。另外此事件的報告也指出公布於 **AIP** 之坐標解析度不足。

案例二：2017 年發生於愛爾蘭的海岸巡防直升機 **Rescue 116** 撞上燈塔導致墜毀事件，亦與該障礙物資訊未納入 **FMS** 及增強型近地警告系統 (**Enhanced. Ground Proximity Warning System, EGPWS**)，使得機組人員在無法察覺該障礙物的情況下與其發生碰撞。

案例三：2017 年，**Air Canada 759** 班機在舊金山國際機場準備進場時，誤將滑行道視為跑道，當晚該跑道因施工關閉，也已經發布 **NOTAM**，該資訊也有納入電子飛行包 (**electronic flight bag, EFB**) 的機場圖資。該機場圖資雖已包含跑道關閉資訊，但僅以文字方式標註，並未在圖面上以視覺化方式呈現。另外，現場燈光配置也未能明確區隔封閉跑道與滑行道，加上駕駛未手動設定 **ILS** 頻率導致無法對準跑道。此事件顯示即使航空情報資料內容準確，若該資訊未能有效呈現，仍可能導致操作錯誤。未來在推動航空情報數位化，應同時優化資料呈現方式，例如圖像化以提升資訊之可讀性。

為確保航空資料品質，歐盟制訂了一系列實施規範，以建立涵蓋所有航空資料

來源與處理單位之品質保證架構。自歐盟實施 **Commission Regulation (EU) No 73/2010** 號規則起，ADQ 開始受到正式監管。其後，2017 年發布之 **Commission Implementing Regulation (EU) 2017/373** 成為統一規範飛航服務提供者與主管機關的基礎法源。該法規中，**Appendix 3 (ATM/ANS.OR)** 規範飛航服務提供者之義務，**Appendix 6 (AIS)** 與 **Appendix 7 (DAT)** 則針對航空資料與資訊服務、資料提供、品質管理系統、資料交換格式與標準作業程序加以明定。

ADQ 的落實並不僅止於飛航服務提供者，更須涵蓋整個航空資料鏈。每個資料鏈參與單位皆須履行其於資料產製與管理過程中的責任。為落實制度化管理，歐盟法規亦要求所有資料鏈參與單位建置 **QMS**，因為單憑技術或人工檢查並無法保證資料是達到品質的，需透過一套有制度、有流程的管理機制來確保品質，這就是 **QMS**，並於適用情況下整合 **SMS**。簡而言之，ADQ 是「品質目標」，**QMS** 則是「達到該目標的手段」。同時，應依據資料類型與責任分工，於國內建立資料目錄（**Data Catalogue**）與正式安排（如 **formal arrangement** 或 **service level agreement, SOA**），以清楚界定各單位之責任區分、資料類別、標準格式、傳輸機制與更新頻率。

實務推動層面仍面臨諸多挑戰。如對法規認知不足、部門間職責不明，資料責任歸屬模糊；或因現行系統無法支援標準化格式，造成資訊落差。為因應此情況，**European Union Aviation Safety Agency (EASA)** 發布「**Easy Access Rules**」，作為指導文件，協助各國主管機關與航空業者採取「**績效基礎監理 (Performance-Based Oversight, PBO)**」，即在遵循核心安全原則前提下，允許各單位依本身能力條件彈性調整實施方式。

綜上，ADQ 是 **AIM** 架構中的重要的一環，唯有在每一筆資料皆具備完整驗證過程、符合格式標準並經正式傳輸機制傳遞之情況下，航空安全與營運效率才能獲得真正保障。ADQ 之落實需仰賴跨部門協調、工作流程制度化、標準化工具及人員持續教育訓練。

(三)、 Terrain and Obstacle Data (TOD)

地形與障礙物資料 (Terrain and Obstacle Data, TOD) 是 AIM 中不可或缺的核心資料集之一，廣泛應用於儀器飛航程序設計、FMS、EFB、合成視覺系統 (Synthetic Vision Systems, SVS)、地形認知警告系統 (Terrain Avoidance Warning System, TAWS) 及最低安全高度警告 (Minimum Safe Altitude Warning, MSAW) 等多元用途。隨著航空系統邁向數位化與自動化，TOD 之準確度、完整度與可交換性，已直接關聯到飛航安全與服務效率，亦為 AIS 過渡至 AIM 乃至 SWIM 之基礎。依據 ICAO Annex 15 – Aeronautical Information Services 與 ICAO Doc 10066 (PANS-AIM) 之規定，TOD 資料應依照 Area 1 至 4 劃分，並符合相對應之精確度與覆蓋範圍要求。傳統上，TOD 資料僅以文字或表格方式刊載於 AIP 中，難以支援現今飛航系統對即時、可機器讀取資料之需求。因此，推動 電子式 TOD (electronic terrain and obstacle, eTOD) 不僅是 ICAO、EUROCONTROL、EASA 等國際組織一致的發展方向，更是各國民航主管機關須發展之核心任務。

歷年多起飛安事故也顯示 TOD 資料之準確度與完整度對飛航安全影響重大，案例如下：

案例一：1985 年，一架 B727 客機在西班牙畢爾包機場撞上電視塔墜毀，主要原因係該障礙物之資訊並未列入 AIP 或其他航圖。

案例二：2012 年 Sukhoi Superjet 100 客機於印尼示範飛行期間撞山墜毀，主要原因之一係因該山脈障礙物資訊並未納入 FMS，加上駕駛員將 TAWS 之警報聲音視為故障而將其靜音，最終導致航機撞山。

案例三：美國南達科他州一架 Piper PA-32R 客機撞上風力發電機，該風機之資訊未列於 FAA Sectional Charts 圖資中，且其障礙物燈號也故障，但其故障資訊也並未發布 NOTAM，最後導致事故。

案例四：2014 年挪威 EC135 空中救護直昇機於降落時撞上高壓電纜，調查報告指出雖然該電纜之資訊有顯示於直昇機機載裝備裡之圖資上，然而並未

有高度資訊，在障礙物資料不完整的狀況下導致航機撞上電纜，最後失控墜毀。

以上這些案例共同顯示，TOD 相關資料若有不完整或未及時更新，極可能導致災難性後果。

TOD 的有效推動與落實目前在歐洲各國發展程度不一，主因包括缺乏全國性之法規架構、不明確之資料責任分工、以及跨國區域（特別是 Area 2）障礙物資料整合之複雜度。EUROCONTROL 推動的 ATM Master Plan Level 3 Implementation objective INF07 eTOD 計畫強調建立 National TOD Policy 之必要性，並鼓勵主管機關、飛航服務提供者及機場管理單位建立合作機制。截至 2023 年底，歐洲地區僅有 35% 國家達成 TOD 實施目標，推動速度緩慢，急需政策支持、技術協助與整合教育訓練資源。目前 EUROCONTROL 已提供 EUROCONTROL Terrain and Obstacle Data Manual，以利各國推動具體策略並落實實務規劃。

另外，資料蒐集方法為 TOD 實施之技術核心。依地形條件、障礙物密度與區域範圍不同，常見之測量技術包括地面測量、航拍影像測繪 (Photogrammetry) 光達 (LiDAR) 及干涉合成孔徑雷達 (InSAR)。地面測量精度極高，適合小型障礙物；航攝成本相對低廉，適用大面積地形繪製，但需高解析度影像與後處理作業；LiDAR 可同時高效取得地形與障礙物資料，甚至可穿透林冠，惟成本較高；InSAR 適合進行大面積、不分晝夜與天候之地形圖資建置，但垂直精確度相對不足。實務操作中，經常採取多技術混合運用方式，以兼顧效率、成本與精確度要求。

綜上，TOD 不再是航空情報產品中附屬性質的資料集，而是現代飛航管理系統核心之一部分。唯有透過國際標準規範的導引、國內法規與制度的建立、跨機構協同合作、以及持續的技術與品質管控，TOD 方能與 AIM 及 SWIM 整合。

(四)、 Aerodrome Mapping Database (AMDB)

本次課程內容針對機場測繪資料庫(Aerodrome Mapping Database, AMDB)的架構與應用進行說明，並結合 ICAO、EUROCAE 及 RTCA 所訂定的技術規範與標準，說明 AMDB 在數位航空情報環境下的角色。AMDB 是由各類機場地面設施與標誌的數位資料組成，包含跑道、滑行道、停機坪、助導航設施、建築物、障礙物等，這些地面實體以點、線、面等幾何圖形方式建檔並配有屬性資料。其目的在於提供狀況警覺 (situational awareness)、場面導引作業、訓練、製圖與計畫等用途。

AMDB 之建置與應用係依循多項國際標準加以規範：ICAO 在 ICAO Annex 15 及 ICAO Doc 10066 中明確定義機場測繪資料集 (aerodrome mapping data sets) 應納入數位航空情報服務產品之範疇，其應具備足夠的精確度與正確性，並可支援 EFB 裡之 Airport Moving Map, AMM 功能、先進場面活動導引與控制系統 (Advanced Surface Movement Guidance and Control System, A-SMGCS)、digital NOTAM 與飛航前簡報。以駕駛員為例，在低能見度條件下，若駕駛艙內裝有 AMM 系統，便能透過即時圖資與定位資訊減少誤入滑行道或跑道的風險。而航務單位亦可透過 AMDB 支援的測繪系統提升場面引導效率。另外，依據 EUROCAE ED-99D / RTCA DO-272D 等標準，AMDB 的使用已不限於導航與飛行安全，也逐漸擴展至資源調度、設施管理與工程施工之可視化規劃工具。

在資料交換層面上，AMDB 主要採用機場測繪交換模型 Aerodrome Mapping Exchange Model, AMXM，為 EUROCAE WG-44 / RTCA SC-217 所制定之資料交換標準，並與 AIXM 做出區隔。AIXM 主要支援 AIP、障礙物、儀航程序等，而 AMXM 則支援機場測繪資料。此外，若需進一步將資料輸出給 FMS，則可透過 ARINC 816 格式，以確保與機載設備相容。這樣的資料結構規劃有助於提升不同系統間之可互操作性 (interoperability)，為 SWIM 架構下的跨平台資料整合建立基礎。

與 SWIM 的關係方面，歐盟於 2021 年發布的 Regulation (EU) 2021/116 中，已明文要求各 ATM 系統需具備使用數位機場測繪資料與 digital NOTAM 的能力，並應透過符合 SWIM Yellow Profile 規範的技術架構提供資料服務。在實作上，機場資料由 Airport Data Drop Application (ADDA)上傳至 Airport Information as a Service (AlaaS)平台，再由 SWIM 架構下的 Aeronautical Information Feature Service (AIFS)與 Airport Mapping Information Service (AMIS)向使用者端分發，前者採 AIXM 格式，後者採 AMXM 格式。此資訊流程實例顯示 AMDB 已正式被納入 SWIM 架構下的一環，並可透過 Application Programming Interface (API)提供給航管單位、航空公司或其他應用系統使用。API 是一種應用程式介面，能讓兩個不同的系統或程式之間能夠互相傳送與接收資料。

然而，講師亦提及 AMDB 建置仍面臨數項挑戰。首先，原始資料來源眾多，須建立明確的責任分工與品質管理程序，確保資料更新頻率與正確性符合需求。其次，各單位在建置 AMDB 與資料交換格式之熟悉度不一，導致發展落差仍存在。依據現行歐洲做法，AMDB 建置作業多由飛航服務提供單位或航空情報服務單位與機場管理單位共同進行。

綜上，AMDB 在 AIM 與 SWIM 架構中扮演不可或缺的角色，隨著 ICAO 對數位資料集要求日益明確，在持續推動 AIM 之道路上，勢必需同步建置符合國際標準之 AMDB，以提升系統整合能力與資訊共享效率。

(五)、 Digitalisation and System-Wide Information Management (SWIM)

在現代航空運作中，ATM 逐漸從系統本位 (system-centric) 邁向資訊本位 (information-centric) 之運作模式，而這個轉型的核心就是 SWIM。SWIM 並非單一系統，而是一套由標準、治理架構與技術基礎設施所構成的「資訊管理生態系」，旨在透過標準化、可互操作 (interoperability) 之服務，讓被授權之原始資料提供單位與終端用者得以即時、安全地共享與存取各類航空資訊。歐洲區域之 SWIM 實務推動始於 ICAO GANP 的 ASBU 框架，其中的 Block

1 Module B1-SWIM 正式定義了 SWIM 的技術與營運標準。歐洲進一步透過「Common Project One, CP1」(Commission Implementing Regulation (EU) 2021/116) 將 SWIM 視為 Single European Sky ATM Research (SESAR) 優先實施項目之一。依據該法規，歐盟會員國航空單位必須建置具備 SWIM Yellow Profile 能力的資訊服務，並完成 ATM 系統與外部資料的整合，這些都為歐洲從傳統 AIS 過渡 AIM 再到 SWIM 提供了法規與技術基礎。

SWIM 的實作不僅涉及資料格式的標準化，更涵蓋服務描述、資訊管理與資料共享機制。課程中提到 EUROCONTROL 主導建置的 SWIM Service Ecosystem 涵蓋三類關鍵資訊領域：AIM、Meteorological Information Management (MetIM) 與 Flight Information Management (FIM)。這些服務係使用 AIXM、IWXXM 與 FIXM 等情報交換模型，並強調「語意可互操作性」(semantic interoperability)，避免因詞義差異造成誤解。SWIM Registry 目前列有各類資訊服務的註冊範例，可作為評估服務品質、能力與合規性之重要依據。為提升航空資訊的可交換性與標準化，SWIM 架構在設計與實務應用上可分為兩個層面說明：

1. 在系統架構層面 (System Architecture Level)，SWIM 強調以服務導向架構 (Service Oriented Architecture, SOA)，提供可程式存取的資訊服務。舉例來說，digital NOTAM 服務即結合 AIXM 與 Event Model 標準，讓使用者得以透過 API 或訂閱服務即時獲得事件資料。Event Model 的概念是「讓每一項飛航資料的變更都是一個事件 (event)」，例如滑行道關閉、障礙物之設立、臨時空域限制等，都可以被定義為一個事件，並具備「發生時間、地點、影響範圍、屬性變更」等欄位。這些事件以 XML 格式呈現，具備可篩選、可視覺化與可計算性等特性，是傳統 NOTAM 所無法達成的功能。目前 EUROCONTROL 已發展 Digital NOTAM Subscription and Request Service，支援 SWIM Yellow Profile 規格，並提供完整的 Service Definition 文件。

2. 在作業實施層面（Operational Implementation Level），歐洲目前採用三種模式，包含 Local Implementation、Hybrid Implementation 與以 Network Manager 為中心之集中式管理。這三種模式的差異主要在各單位是否具備獨立建置與提供 SWIM 服務的能力，或是否需仰賴 EUROCONTROL Network Manager 提供中央平台支援。課程展示的三種範例分別涵蓋航空情報服務單位、飛航服務提供管理單位以及機場管理單位與 Network Manager 之間的資訊流與互動關係，說明各單位如何依據業務需求提供與取用 SWIM 服務。在某些情境中，SWIM 資訊需由不同單位共同協作產製，如 TOD 可能由地方政府與機場合作蒐集，再由航空情報服務單位彙整及發布。

此外，EUROCONTROL 於 2022 年啟動 ACADIA（Acceleration of Aeronautical Digital Information Availability）計畫，旨在強化歐洲區域內航空資料的可用性與一致性，並進一步支援 SWIM（System Wide Information Management）架構。該計畫主要著重於改善資料從產出、處理到交換過程中的系統與流程，並解決目前紙本產品與數位化產品之間的落差與轉換障礙。

ACADIA 計畫的推動重點可分為四大面向：

1. 建置共用資訊平台（Common Information Services Platform）：整合分散於各國的資料來源與服務單位，讓使用者可透過單一介面查詢或訂閱標準化之航空資訊。
2. 強化資料品質監控（Quality Monitoring）：建立自動化品質檢核機制，確保所有提供至 SWIM 的資料均符合 ICAO、EUROCAE 對於資料品質之要求。
3. 導入服務認證制度（Service Validation and Certification）：針對各單位所提供的 SWIM 資訊服務進行技術審查與稽核，確認其具備穩定性、標準相容性與安全性後，方能於 SWIM Registry 正式註冊。
4. 推動新一代資料交換模式：鼓勵以 data sets 與事件導向(event-based)

之方式取代傳統文件情報（如 NOTAM），以支援系統間即時互通與自動化處理。

另外，ACADIA 計畫也與 EAD 整合，藉由與 EAD 的介接，建立一座資料轉換與驗證的橋梁，使原先以 PDF 或其他文件形式編輯的 AIP，得以轉換為符合 AIXM 格式標準之 data sets。

儘管 SWIM 的願景是資料即時流通與跨單位整合，但實務挑戰仍存在。推動 SWIM 最大困難在於各國組織文化差異性大、跨國航空資料分享責任劃分與資訊安全議題。例如，SWIM 強調資料應由原始來源提供並直接供應使用者，但許多原始資料提供者（如機場管理單位、氣象單位）尚未具備標準化資料發布能力，導致資訊仍需中介單位轉傳與驗證。此外，各國對資訊分類與權限控制標準不一，也增更加整合的複雜性。ICAO 目前持續更新 DOC 10039, SWIM Concept Manual 與 SWIM Governance Reference，以協助各國建立 SWIM 架構。

(六)、 AIS Cockpit View

這門課是由現役西班牙 Iberia 航空公司 A330/A350 機隊正駕駛 Fran Hoyas 所主講，由於駕駛員是航空情報資料鏈中的終端使用者之一，從他們的角度以及知道他們實務工作上的需求，能了解現行的航空情報產品是否符合使用者之需求。除了 Fran，這次訓練的導師在開課前及對大家表示，了解 user requirement 非常重要，要多從使用者的角度來規劃航空情報管理。講師一開始先介紹歐洲航空法規架構，說明機組人員在日常操作中所需遵循的多項規則與制度。這些規則可區分為三大類：

1. 第一類是涵蓋適航性與營運要求之核心法規，如 Regulation (EU) No 216/2008（現已由 Regulation (EU) 2018/1139 取代），以及適用於第三國營運者的 Regulation (EU) No 452/2014。
2. 第二類是針對 ATM/ANS 之規範，包括一系列自 Regulation (EC) No 549/2004 起，至 Regulation (EU) 2021/2085 所構成的 Single

European Sky 法規群。這些法規共同界定了空域運作、飛航服務提供者資格與情報交換標準，為整體航空資料環境建立基礎制度。

3. 第三類則為針對飛行與航管人員的執照與操作規則，例如 **Standardized European Rules of the Air (SERA)**，以及 **Regulation (EU) No 1178/2011**，該法規訂定了飛航人員之培訓、檢定與執照維持條件。

上述法規不僅構成管理體系的根本，也直接影響到駕駛員的資訊依賴與操作行為。舉例而言，**SERA** 明確要求飛航操作需依據最新的空域結構與限制資訊執行，這使得飛行員必須在起飛前確認所有相關的 **NOTAM**、空域警示與氣象變更情報。**Regulation (EU) 2017/373** 則進一步針對航空情報與資料服務提出品質與完整性的具體要求，要求各國民航主管機關與飛航服務提供者，應使用標準格式（如 **AIXM**、**ARINC 424**）發布資訊，並確保資料的時效性與可追溯性。對駕駛員而言，這些法規雖非直接針對其職責所設，卻深刻影響其駕駛艙內所能獲得航空情報的品質。

另外。講師以 **Airbus A330** 與 **A350** 兩機型為例，介紹現兩者在資訊整合與通訊功能上的差異與發展。首先針對機上通訊系統進行比較，包括傳統的 **VHF**、**HF** 無線電通訊，以及支援長距離通訊的衛星通訊（**Satellite Communication, SATCOM**）和選號呼叫系統（**Selective calling system, SELCAL**）。這些通訊方式可供機組與 **ATC** 在不同區域與階段中持續保持聯繫。此外，機上還整合 **CPDLC (Controller–Pilot Data Link Communications)**，允許以文字訊息方式進行空地間指令傳輸，提高語音頻道以外的通訊效率與精確性。

在導航與航電裝備方面，講師介紹了如全球導航衛星系統（**Global Navigation Satellite System, GNSS**）、測距儀（**Distance Measuring Equipment, DME**）、氣象雷達以及空中防撞系統（**Traffic Collision Avoidance System, TCAS**）等標準配置。值得注意的是，**A350** 作為較新之機型，其在資料鏈路連結（**datalink**）方面更為先進，能支援更高階的 **ACARS (Aircraft Communications**

Addressing and Reporting System，並可與地面透過 ADS-C (Automatic Dependent Surveillance – Contract) 主動傳送航機位置與狀態資料。

除了通訊與導航功能外，講師也詳細介紹了現代航機廣泛使用之 EFB。其功能包括即時下載與顯示 METAR、TAF 等氣象資料、解碼並呈現 digital NOTAM、進行雙渦輪發動機航空器延展航程作業規定(Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards, ETOPS)所需之油量平衡計算，以及飛行紀錄簿、Flight Data Monitoring 等。

講師並結合實際航班操作流程，逐步說明從起飛前檢查、滑行、起飛、巡航、下降到落地等各階段中，駕駛員如何運用各項機載設備與資訊服務。例如，在滑行前，EFB 可提示跑道方向與障礙物資訊；在巡航中，ADS-C 與 ACARS 可即時與地面單位交換飛航狀況；在下降與進場階段，TCAS 與氣象雷達則協助駕駛判讀空中與場面之情況。整體而言，這些機載資訊系統與 SWIM 架構所提供的數位化資料（如 AMDB、digital NOTAM、氣象資料）是相互連結的。

由於駕駛員處於航空資料鏈的末端，他們對於航空資料及航空情報品質之敏感度極高。資料若不準確、呈現不清、格式不統一或未即時更新，可能導致誤解、操作錯誤甚至飛航風險的提升。因此，在發展 AIM 與 SWIM 時，應考量終端使用者之需求，納入駕駛員之操作回饋意見。駕駛艙不再是資料接收的被動對象，而應該是航空資料及航空情報品質檢驗的第一線。

(七)、 **Data House (Provider)**

在現代航空運作日益依賴數位化導航、精準飛航程序與智慧駕駛艙系統的背景，航空資料品質已成為飛安關鍵。為確保從資料產出到最終應用的流程中符合標準、可追溯並具一致性，歐盟自 Commission Implementing Regulation (EU) 2017/373 規則中明確界定了「航空資料服務提供者 (Data Services Provider, DAT Provider)」之法律地位與技術要求，並於該規則 Annex VII–Part-DAT 詳列其責任範疇與合規機制。

依據 EASA，DAT Provider 係指一個獲得授權之機構，其可處理航空資料並提供符合資料品質要求 (Data Quality Requirements, DQRs) 之航空資料庫。依據適用範圍又區分為 Type 1 與 Type 2 兩類，Type 1 指用於未明確對應機載設備之資料應用環境；Type 2 則提供適用於具認證機載設備之資料庫，並與特定航機應用系統相容。這樣的分類設計，為不同層級之航空資料使用情境設立了相應的品質門檻。

DAT Provider 的核心職責包括接收、彙整、轉換、篩選、格式化、分發與整合來自授權來源之航空資料，並確保所產製之資料能用於航空資料庫中。若資料未納入 AIP 或未由正式授權來源提供，DAT Provider 可自產資料或由其他提供者處理後引入系統，但此類資料須經驗證與明確標示，並依據 EUROCAE ED-76A / RTCA DO-200B 標準進行品質管理。

前述標準文件提供了航空資料處理的流程規範，要求建立完整 QMS，其中包含資料驗證、錯誤回報、來源追溯與異動紀錄機制。文件亦強調資料處理單位應落實「四眼原則」(Four-eye principle)，確保資料審查與發布人員獨立性，並對外部設備製造商或主管機關通報任何錯誤或缺失情況，以預防潛在飛航風險。

資料品質要求 (Data Quality Requirements, DQR) 的定義涵蓋七個項目：精確度 (Accuracy)、解析度 (Resolution)、確保等級 (Assurance Level)、可追溯性 (Traceability)、時效性 (Timeliness)、完備性 (Completeness) 與格式一致性 (Format)。這些特性共同決定資料是否能符合最終使用目的所需的品質要求，在性能導航 (Performance-Based Navigation, PBN) 架構下，飛機不再依賴地面無線電臺導航，而是依據 FMS 中之資料庫，精準飛向預先定義之坐標點。若這些坐標之資料在數值上有偏差，即使只有幾十公尺，也可能導致航線偏離，引發飛安事故。

此外，課程亦強調「資料生命週期」概念，涵蓋自資料原始提供者 (如機場、軍方、氣象單位等) 產出，到經由 DAT Provider 整編、格式化，再到航圖、

FMS、EFB 等終端使用環節之資料管理。在此生命週期中的每一個階段，都必須確保資料品質能夠被追蹤與驗證，並且在資料格式與版本控制上維持一致性。

另外，DAT provider 亦須配合 AIRAC 發布期程，所有 AIRAC 相關資料應於生效日前至少 28 天前送達使用者。任何超出 AIRAC 時程之延遲、取消或修正，亦須透過正式機制執行，避免使用者取得錯誤資訊。

最後，講師亦指出即便資料來自非授權來源（Non-authoritative Source），只要符合驗證流程與品質要求，仍可納入資料處理流程，惟應清楚標註來源並由 DAT Provider 對外負責資料正確性。這樣能兼顧業界實務需求與品質管理標準，避免重要資料因來源未經授權而遭排除，提升了資料生態系之彈性。

綜上，DAT Provider 不僅是資料技術處理單位，更是飛航安全風險管控前線角色，其在 AIM 與 SWIM 架構中肩負資料整合、管理、發布與驗證資訊之責任。

(八)、EAD Overview

由 EUROCONTROL 管理之 EAD 為歐洲航空情報管理之核心基礎，為一個集中式、標準化並經過驗證之航空情報來源，該資料庫涵蓋 54 個國家，其中包含 43 個 European Civil Aviation Conference（ECAC）成員國。自 2003 年正式啟用以來，EAD 為飛航服務提供者、航空公司、機場及軍方等使用者，提供包含 NOTAM、AIP、航圖以及飛航前簡報等航空情報產品。其運作模式建立於原始資料提供單位、資料庫作業單位與使用者三大主體之協作之上，確保資料由輸入至發布過程中之完整性與一致性。EAD 同時支援 AIXM 4.5 及 AIXM 5.1，以維護靜態與動態航空情報之即時更新與驗證。

EAD 採用模組化架構，涵蓋 Static Data Operation、International NOTAM operation、AIP & Chart Production、Published AIP Management System 及 Workflow Management Tool 等功能模組，分別負責航空情報管理之不同領域。這些模組共同管理航空資料之完整生命週期，從資料產出、驗證至發布，全部

流程均符合 ICAO Annex 15。

使用者依其操作方式區分為「Full EAD Client」與「Partial EAD Client」兩種類型客戶：完整客戶完全於系統內維護資料，並直接從該系統資料庫產出 AIP 與航圖；而部分客戶則於自有系統維護資料，並將最終文件上傳至 EAD。系統另提供多層級存取模式，包括 EAD PRO (Business-to-Consumer, B2C)、MyEAD (Business-to-Business, B2B) 與 EAD Basic。EAD 系統亦提供多元連線方式與用戶介面，包括 VPN、HTTPS、AFTN 與 Web Services 等，對應不同使用者之安全需求與業務特性。依據 EUROCONTROL 訂定之三類客戶型態：

1. Type 1 為成員國與空域使用者。
2. Type 2 為非成員但有操作需求者。
3. Type 3 則為以資料為基礎從事商業應用與再行銷者，收費與授權條件各有差異。

為因應 AIM 之發展趨勢，並配合 SESAR 計畫與 SWIM 架構，EUROCONTROL 正積極推動從 EAD 過渡至 Enhanced European AIS Database (eEAD)。此轉型預計自 2025 年下半年展開，預計 2029 年完成，涵蓋系統架構現代化、資料可用性提升，以及導入 digital NOTAM、enhanced PIB、Issue/Resolution Management、What-if Provisioning 等功能。過渡初期將採平行作業模式；2027 年起將全面接納 Full EAD Client 進入 eEAD 系統，並於 2029 年正式關閉原 EAD 系統。EUROCONTROL 亦同步推動各會員國履行 Common Project One 之法規遵循責任，並於系統正式切換前完成三大目標，分別為：

1. (Structural Readiness): 指完成新舊系統平台與 IT 架構的技術整合。
2. (Data Readiness): 指現有航空資料之轉換、驗證與格式一致性確認。
3. (Service Readiness): 指相關航空情報產品(如 eAIP、digital NOTAM、PIB 等)能透過 eEAD 順利產製、發布與查詢，並與 SWIM 架構實現

跨系統互通。

未來透過 eEAD 與 Integrated Digital Layer, (iDL)的發展，EAD 將逐步實現從「航空情報資料庫」到「航空資料服務平台」之轉型目標，進一步強化其在 SWIM 架構下支援跨國資訊整合之核心角色。

四、 心得與建議事項

(一) 心得部分

1. 與各國航空情報管理業界人士交流獲益匪淺

此次參與 Eurocontrol Aviation Learning Center 所開設之「From AIS to AIM towards SWIM」課程獲益良多，首先是授課講師多元，經歷豐富，分別來自航空情報服務單位、民航主管單位、航空駕駛及航圖公司且每位皆與學員們互動熱絡，身為唯一非歐洲人的我也時常被講師點名分享，因為他們也希望能聽到歐洲地區以外的國家在發展航空情報管理之經驗。而這次課程學員們任職的機關構背景也多元，課堂間以及休息時間大家也時常分享實務經驗，發現其實很多國家對於在推動 AIM 及 SWIM 的道路上所遇到的問題皆有相同之處，例如部分 ICAO 規範不甚明確，使各國對於規範之解讀不同，致實際上要執行規範內容不易且執行成果落差甚大；又或是要建置 eTOD 以及 AMDB 所需經費龐大無法執行以及航空情報單位與原始資料提供單位在訂定正式安排（formal arrangements）時，會遇到機關內部權責劃分不明等問題。雖然各國面對以上問題處理方式不盡相同，但透過實際交流，仍可從中獲得許多借鏡的觀點。

2. 從歐洲地區 SWIM 建置計畫了解 ICAO 與歐盟推動 SWIM 相關政策推之實務與發展

透過本次課程對 EUROCONTROL 推動 SWIM 政策與技術之介紹，得以了解歐洲地區在航空情報數位化之整體架構與具體作法。歐洲地區之 SWIM 建置計畫推動是建構符合 ICAO 國際標準上，並且透過制定 Commission Implementing Regulation (EU) No 716/2014 等歐盟規則，明確要求會員國依序導入 SWIM 模組與資料交換之能力。

而在技術實施之方面，EUROCONTROL 則發展了 SWIM Yellow Profile 作為服務設計與介面開發之實務作業準則，並建置 SWIM Registry，其主要功能是登錄、管理並提供航空資訊服務的結構化描述與查詢功能。可將其視為一個「航空資訊服務之官方目錄與管理平台」，用來確保所有可交換的資訊服務都有明確定義、標準格式及可供授權使用者查詢與存取的機制。此外，歐盟亦透過 ACADIA 計畫推動 Digital NOTAM 與 AMDB 之實施，確保航空資料能即時傳遞並支援 ATM 系統運作。前述這些經驗顯示歐洲在推動 SWIM 上並非僅依賴技術導入，而是透過符合國際規範標準、法規制定等手段，逐步建構完整之 SWIM 架構。

(二) 建議部分：

1. 持續觀察 SWIM 國際發展趨勢，蒐集他國經驗作為未來我國發展 SWIM 之參考

隨著飛航管理（Air Traffic Management, ATM）系統持續朝資訊數位化、標準化與跨單位協同運作發展之發展趨勢，國際民航組織近年積極倡議各國導入 SWIM 架構以支援未來更高效、更具彈性的 ATM 大生態系統。在 SWIM 架構下，希望將以往無法即時整合及交換之飛航管制、空域及流量管理、儀航程序/航路、氣象情報、飛航情報及機場服務等眾多資訊，能透過 SWIM 架構正確派送至資訊需求端並有效運用。廣義的 ATM 生態環境已從系統本位邁向資訊本位，SWIM 就是這個轉變的核心。然而，目前 SWIM 相關技術仍在持續發展中，部分標準與應用模式尚未完全成熟，推動進程亦因各國資源條件與政策優先順序而不盡相同。因此，建議本局宜持續蒐集 ICAO、SESAR 及歐盟等主要區域之 SWIM 推動進程與執行經驗，掌握其在資料交換標準、跨機關協調模式及系統實務層面之具體做法，作為

未來我國發展 SWIM 相關規劃之參考。

2. **參酌歐洲與其他先進國家之實務經驗，研擬於航空情報管理體系中導入品質管理系統（Quality Management System, QMS）**

為配合 ICAO 對於航空資料品質（Aeronautical Data Quality, ADQ）在準確性、完整性、即時性、可追溯性、格式等方面必須符合標準，建立品質管理系統（Quality Management System, QMS）已成為當前各國航空情報管理單位之共識與實務做法。QMS 是各國為了確保其航空情報服務能夠持續、系統性地符合 ADQ 要求，所建立一整套之管理制度與運作流程。QMS 不僅能將航空資料自蒐集、處理、驗證至發布的各階段流程制度化，並透過標準作業程序（SOP）、角色分工、版本控管及文件管理，提升整體作業一致性與可追溯性，降低人為疏失風險，確保航空資料品質符合法規標準。未來在 SWIM 架構下，航空資料將以機器可讀之標準化格式進行即時交換，涵蓋導航、空域、氣象、飛航計畫、地形與障礙物、機場營運等多領域資料，因此資料品質更顯重要。建議我國可參酌歐洲與其他先進國家之實務經驗，研擬於航空情報管理體系中導入 QMS，使參與航空資料鏈的每一個單位均能依循一致標準作業，降低人為疏失，提升整體作業品質與效率。