

出國報告 (出國類別：開會)

**2025 美國無人機及先進空中交通
(AAM)論壇會議出國報告
(2025 FAA Drone and AAM Policy
Symposium)**

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：黃簡任技正洸洋

陳玉成技正

陳亭方技正

派赴國家：華盛頓，美國

會議期間：114.07.27-08.02

報告日期：114.10.23

目 錄

壹、目的	1
貳、行程	2
參、會議過程	3
肆、會議紀要	6
伍、心得與建議	31

壹、目的

本次美國無人機及先進空中交通（Advanced Air Mobility, AAM）論壇會議於 114 年 7 月 29 日至 7 月 30 日假美國華盛頓特區舉行，參加人員包括美國運輸部（Department of Transportation, DOT）、聯邦航空總署（Federal Aviation Administration, FAA）、商務部（Department of Commerce, DOC）、航太總署（National Aeronautics and Space Administration, NASA）、美國國會辦公室、州政府在內等諸多美國政府部門，以及無人機與先進空中交通產業專業人士（包括：美國 Joby Aviation 公司、Archer Aviation 公司、Beta Technologies 公司、波音 Wisk Aero 公司、Google Wing 及 Zipline International 無人機物流公司，以及國際標準組織 RTCA、ASTM 等）等共同參與之國際性重要論壇會議。針對無人機與先進空中交通最新管理法規及技術發展進行研討及交流。

本次會議提供美國業界與 FAA 及相關政府部門相互交流、分享重要法規資訊機會，本局並與會議出席人員建立聯繫管道，會中所討論之議題項目包含如下：

- 一、先進空中交通（AAM）法規發展。
- 二、無人機空中交通管理（Unmanned Aircraft System Traffic Management, UTM）。
- 三、視距外（Beyond Visual Line of Sight, BVLOS）操作、運營法規及安全管理（包括 FAA Part 108 法案最新進展）。
- 四、無人機檢驗、AAM 航空器檢定及法規符合方法。
- 五、無人機偵測與避讓（Detect and Avoid, DAA）。
- 六、無人機射頻識別（Remote ID）最新技術發展。

貳、行程

一、 本次行程安排如下：

本次出國行程計 7 日，行程簡述如下表

日期	人員	行程
114.07.27～ 114.07.28	黃洸洋等 3 人	桃園機場 - 美國華盛頓
114.07.29～ 114.07.30	黃洸洋等 3 人	參加論壇會議
114.07.31～ 114.08.02	黃洸洋等 3 人	美國華盛頓 - 桃園機場

參、會議過程

一、會議參與單位：

本次會議 FAA 委由美國國際無人載具系統協會（Association for Uncrewed Vehicle Systems International, AUVSI）籌辦，該協會為全球最大無人系統技術發展非營利組織，長期與 FAA 合作，向業者倡導法規，尤其是在無人機整合及視距外（BVLOS）法案方面，AUVSI 並彙集業界意見向 FAA 提供法案回饋意見，並就倡導基於性能的規則等政策變革與 FAA 合作，確保美國在安全和創新的無人機運作方面保持領先地位。會議由 AUVSI 總裁兼執行長 Mr. Michael Robbins、美國運輸部航空和國際事務代理助理部長 Mr. Daniel Edwards、FAA 政策與策略合作助理署長 Ms. Simone R. Pérez 進行會議開幕致詞。共有 8 個美國政府機構及美國無人機及 AAM 產業領袖齊聚共同交流研討。

二、議程摘要：

本次論壇會議日期為 7 月 29 日至 7 月 30 日共 2 天，主題包括由 FAA 主講無人機視距外運營法規草案（Notice of Proposed Rulemaking, NPRM）制訂進度、先進空中交通（Advanced Air Mobility, AAM）政策方向及適航檢定議題，NASA 主講有關國家空域系統（National Airspace System, NAS）導入創新型態航空器議題與相關研究，運輸安全管理局（Transportation Security Administration, TSA）表達視距外商業運營的保安問題，美國商務部（DOC）說明對於管制無人機生產紅色供應鏈政策方向。議程依日期順序摘要如後：

論壇議程 (07月29日)

Tuesday, July 29

9:00 AM – 10:00 AM

Opening Remarks - Michael Robbins, CEO, AUVSI

Keynote Conversations

10:00 AM – 2:00 PM

Drone Demonstrations

Participating Organizations: DEXA | Hextronics | Wing

10:15 AM – 11:05 AM

The Future of Flight: FAA's New Drone Rules and What They Mean for You

Participating Organization: FAA

Accelerating AAM: What to Expect from the FAA's SFAR Framework

Participating Organization: FAA

Unlocking the Airwaves: Navigating Spectrum Policy for Drone and AAM Integration

Participating Organizations: NTIA | FCC | FAA

11:15 AM – 11:40 AM

Designing the Future: Advancing Automation, Infrastructure, and the Next Era of Aviation

Participating Organizations: FAA | Reliable Robotics

11:15 AM – 12:00 PM

BVLOS in Practice: Supporting Diverse Use Cases Through Regulation

Participating Organization: FAA | Agricultural Drone Initiative (ADI) | Shell | Zipline

Enabling UAS Operations at the Border in an Evolving Regulatory Environment

11:45 AM – 12:00 PM

Transforming UAS Flight Operations through Trusted Multipurpose Remote ID and BVLOS Ops

1:35 AM – 2:05 PM

Congressional Perspectives: A Staff Roundtable

2:10 PM – 2:35 PM

What to Expect: How BIS Rulemaking Will Shape the Future of UAS Compliance

Participating Organizations: DoC - Bureau of Industry and Security

2:10 PM – 3:00 PM

Standards for BVLOS Integration: Aligning with the FAA's Part 108 Rule

Participating Organizations: ASTM | Zipline | Wing | Skydio

Enabling Cooperative Airspace: 3GPP Standards for Networked UAS Operations

2:40 PM – 3:05 PM

From Executive Order to Execution: How Tulsa Is Turning Drone Policy into Local Industry Power

3:10 PM – 3:35 PM

NASA on the Safe Airspace Integration of AAM

Participating Organization: NASA

3:10 PM – 4:00 PM

Building a Trusted Drone Base: U.S. Policy to Strengthen Domestic UAS Production

Participating Organizations: DoC - ITA | FAA | DoD

FAA ATO Operational Status Update on Integration

Participating Organization: FAA ATO

3:40 PM – 4:00 PM

The Future of Drones, Delivered Today

Participating Organization: Wing | Joby Aviation

4:10 PM – 5:00 PM

Integrating Autonomous and Remotely Piloted Operations into the NAS

Participating Organizations: Reliable Robotics | Wisk | FAA

Clearing the Air: Harmonizing Federal Roles in UAS Regulation

Participating Organizations: FCC | FAA | DoC-BIS

A Unified Approach to Safe Skies -Rethinking Spectrum for an Uncrewed, Autonomous Age

Participating Organizations: NTIA | DHS | FAA | Echodyne | Viasat | AURA

論壇議程 (07月30日)

Wednesday, July 30

9:00 AM – 10:00 AM

Congressional Keynote

Executive Outlook: The Next Chapter in Airspace Operations

10:00 AM – 2:00 PM

Drone Demonstrations

Participating Organizations: DEXA | Hextronics | Wing

10:15 AM – 10:40 AM

Momentum Toward Scale: Advancing Safety and Airspace Integration

Participating Organization: FAA | Amazon Prime Air

10:15 AM – 11:00 AM

Certifying AAM: Collaboration, Complexity, and the Road Ahead

Participating Organization: FAA AAM Operators

Transforming Emergency Response: Scaling UAS and AAM for Public Safety and National Resilience

Participating Organization: NASA | DRONERESPONDERS | Crown Innovations | Northern Plains Test Site

10:45 AM – 11:30 AM

Comment with Confidence: Shaping FAA Policy Through NPRMs

Participating Organization: FAA

11:15 AM – 12:00 PM

Securing the Skies: Federal Roles in UAS & AAM Threat Mitigation

Participating Organizations: DHS | FAA | TSA | DoD

Bridging the gap: NASA's Safety and Airspace Solutions for Commercial AAM Integration into the National Airspace NAS

Participating Organization: NASA

11:35 PM – 12:00 PM

Understanding the BVLOS Rule: Open Questions & Answers

1:35 PM – 2:05 PM

Congressional Staff Insights

2:10 PM – 3:00 PM

Scaling Smart: National Expansion of UTM Through Lessons Learned

Participating Organizations: FAA | Industry

TSA's C-UAS Technology and Testing

Participating Organizations: TSA

Strategic Thinking to Scale AAM: The Federal AAM National Strategy and Comprehensive Plan

Participating Organizations: DOT

3:10 PM – 3:35 PM

What Happens After an Accident: The NTSB Party Process

Participating Organizations: NTSB

3:10 PM – 4:00 PM

Unlocking Operations: FAA Guidance on Advanced UAS Waivers & Exemptions

Participating Organizations: FAA

Making the Invisible Visible: e-Conspicuity and the Future of Cooperative Airspace

Participating Organizations:

3:40 PM – 4:05 PM

The NJ Drone Investigation: What It Revealed About Airspace and UAS Integration

Participating Organizations: WarrenUAS | Drone Security Services

4:10 PM – 5:00 PM

Defining the Risk: How Standards Bodies and Safety Leaders Shape Operational Expectations

Participating Organizations: SAE | ASTM | NTSB | RTCA

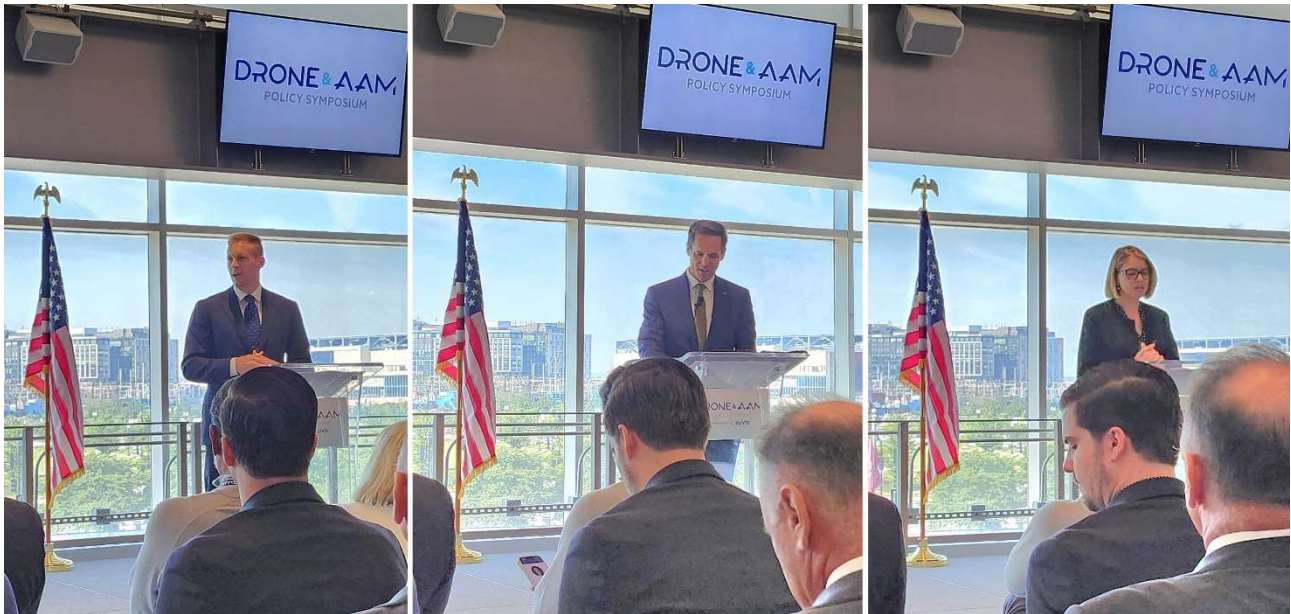
Bridging Gaps: Aligning Commercial Innovation with Government UxS Needs

Participating Organizations: DIU

肆、會議紀要

一、論壇貴賓致詞：

本次會議由 AUVSI 總裁兼執行長 Mr. Michael Robbins、美國運輸部航空和國際事務代理助理部長 Mr. Daniel Edwards、FAA 政策與策略合作助理署長 Ms. Simone R. Pérez 進行會議開幕致詞。



本次論壇會議致詞貴賓(左至右)：AUVSI 總裁、運輸部代理助理部長、FAA 助理署長

AUVSI 總裁兼執行長 Mr. Michael Robbins 指出當前美國對於航空創新發展及產業安全性首要處理的要項：

1. 核心法規的急迫性：現行 FAA 核准視距外作業（BVLOS）豁免（Waiver）案件數量累計超過 657 件，且今年已比去年同期成長 88%，創下歷史新高，造成 FAA 大量審核負荷，不利於行業長遠發展，因此公告視距外作業（Beyond Visual Line of Sight, BVLOS）運營法規草案（NPRM）是當前的首要任務，不僅是 FAA 和國會優先事項，也是美國總統 2025 年 6 月 6 日發布行政命令（Executive Order, EO）所聲明的優先政策，希望透過及時、基於風險的規則制定，加速無人機安全整合到國家空域系統（NAS）。
2. 航空領域重大科技突破：隨著技術演進，無人機出現新的使用情境，電動垂直起降（electric Vertical Take-off and Landing, eVTOL）航空器接近檢定完成的階段，日新月異的自主技術（Autonomy）增強飛行安全性，新的通訊網路也提高

空域感知（Airspace Awareness）能力，有鑑於此，AUVSI 將繼續與 FAA 合作，爭取基於性能規則制定，釋放先進空中交通（AAM）全部潛力。

3. 國防與國家安全供應鏈：有關無人機的國防應用，AUVSI 剛成為美國國防創新部門（Defense Innovation Unit, DIU）為無人機系統進行網路安全評估及政策合規性檢查及認證之 Green UAS 計畫的三個官方評估機構之一。另外，依據（1962 年制定）《貿易擴張法 Trade Expansion Act》第 232 條款（Section 232），美國可對包括無人機在內的進口產品，就其是否威脅國家安全，由商務部產業安全局（Bureau of Industry and Security, BIS）進行調查，處理無人機供應鏈的關鍵國家安全漏洞。

美國運輸部航空和國際事務代理助理部長 Mr. Daniel Edwards 則指出，在 1903 年萊特兄弟於北卡羅來納州 Kitty Hawk 首次動力飛行後，歷經 60 年 1962 年美國太空人 John Glenn 首次在地球軌道繞行，再經過 60 多年後的現在，航空業再次迎來新的先進空中交通（AAM）突破性發展（運輸部稱之為「航太業第三次革命」），運輸部將在美國總統和運輸部部長全力支持下，站在全球前沿，與各聯邦政府、國際夥伴和航空業界積極合作，共同促成先進空中交通（AAM）的實現與蓬勃發展：

1. 政府承諾：美國總統 2025 年 6 月 6 日所簽署兩項行政命令（Executive Order, E.O. 14307 “Unleashing American Drone Dominance” 及 E.O. 14305 “Restoring American Airspace Sovereignty”），將啟動美國無人機生產、確保空域安全、展示先進空中交通（AAM）優勢，並確保美國的全球領導地位，行政命令關鍵行動包括：發布基於風險的法規、確保關鍵基礎設施周圍天空安全並避免不必要的監管、更快地使 AAM 投入運營、指示 FAA 善用人工智慧簡化及加快視距外作業（BVLOS）豁免審查。
2. BVLOS 法規制訂：運輸部為履行國會和政府要求，正擬訂允許無人機視距外作業（BVLOS）法規，草案（NPRM）正處於最終審查階段，預計很快會發布。
3. AAM 營運規則制定：運輸部已於 2024 年 10 月 22 日發布關於動力升力航空器（Powered-Lift Aircraft）運營的最終規則（Final Rules Docket No. FAA-2023-1275, “Integration of Powered-Lift: Pilot Certification and Operations; Miscellaneous Amendments Related to Rotorcraft and Airplanes”, Effective January 21, 2025; Special Federal Aviation Regulation (SFAR) for a period of ten years）。這是航空運營規則自 1940 年代為直昇機設立新類別以來，首次為民用航空器再次設立新的類別。

4. 長期願景與全面整合：運輸部正在領導開發一項先進空中交通（AAM）國家戰略，將與超過 20 個聯邦機構合作共同制定。這是一項為期 10 年的戰略，其目的在大規模納入 AAM 航空器運營，並將其與無人機、傳統飛機與智慧化的地面交通選項完全整合。戰略內容不僅限於食品配送或空中計程車，將同時包括振興區域交通、普通航空、機場建設，並提供即時優先醫療服務。該戰略涵蓋的主題包括現代化、基礎設施開發、加速自動化、安全運營、供應鏈韌性以及高技能勞動力等。

FAA 政策與策略合作助理署長 Ms. Simone R. Pérez 就安全、創新與未來空域整合發表致詞：

1. 安全與創新：當前是航空航天令人興奮的時代，產業正被機器人技術、人工智慧、混合動力推進系統和空中計程車（Air Taxis）所重塑。FAA 核心使命是促進創新，同時堅持安全任務，FAA 並堅信安全與創新是可以齊頭並進的。
2. BVLOS 法規進展：FAA 與運輸部同樣表示該法規草案已接近完成階段，該法規將使無人機低空視距外（BVLOS）操作變得更加安全、常態化及規模化。
3. 歷史性突破：FAA 於 2024 年 7 月首次授權在德州北部進行沒有目視觀察員的商業無人機飛行，該飛行使用無人機系統交通管理（UTM）服務來協調操作。Zipline International 及 Google Wing Aviation 獲得 FAA 授權允許在運送包裹同時，使用 UTM 技術確保無人機安全分離，利用 UTM 服務，參與之業者可以與其他授權空域使用者共享資料和計畫飛行路線。
4. 簡化 eVTOL 檢定：FAA 於 2025 年 7 月發布新的動力升力航空器適航檢定指南（AC21.17-4 “Type Certification - Powered-lift”），簡化動力升力航空器型別檢定作業，使創新業者能更快將新穎的航空器安全地推進市場。
5. eVTOL 空域整合：FAA 正在建立一個 eVTOL 整合試點計畫（Electric Vertical Takeoff and Landing/eVTOL and Advanced Air Mobility Aircraft Integration Pilot Program, eIPP），以加速 eVTOL 運營在美國全國範圍內的部署。同時，FAA 正在進行「人在迴路」（Human-in-the-Loop）模擬，讓空中交通管制員與模擬的 AAM 操作情境互動，為整合 AAM 運營的關鍵步驟。
6. 國際協調合作：在 2025 年 6 月巴黎航空展上，FAA 宣布與澳洲、加拿大、紐西蘭和英國建立合作關係，五國聯合發表「先進空中交通航空器型別檢定路線

圖「Roadmap for Advanced Air Mobility Aircraft Type Certification」。該路線圖旨在協調 eVTOL 適航標準，以簡化 AAM 航空器安全進入多個市場的驗證流程。

7. 自主系統與研究：FAA 成立自主法制委員會（Autonomy Aviation Rulemaking Committee），負責制定自主性的共同定義。此外，FAA 正與德州農工大學合作發展新的先進航空技術中心（Center for Advanced Aviation Technologies, CAT），此為涵蓋政府、學術界和產業的合作項目，目的在推動航空創新。
8. 空中交通管制（ATC）現代化資金投入：FAA 表示確保創新蓬勃發展的同時，保持安全的關鍵在於建設新的空中交通管制系統。美國國會已同意 125 億美元的首期撥款，用於建立 FAA 航管現代化設備、設施及流程。

二、加速 AAM 發展：業界對 FAA SFAR 特別聯邦法規框架之期待 （Accelerating AAM: What to Expect from the FAA's SFAR Framework）

本場次由美國普通航空製造商協會（General Aviation Manufacturers Association, GAMA），及美國 AAM 業者：Joby Aviation、Wisk Aero、Pipistrel 等代表進行研討。FAA 於 2024 年 10 月 22 日發布（2025 年 1 月 21 日生效）有關動力升力航空器（Powered-Lift）駕駛員檢定及相關營運規則（SFAR Integration of Powered-Lift: Pilot Certification and Operations; Miscellaneous Amendments Related to Rotorcraft and Airplanes, Docket No. FAA-2023-1275），並制訂新的特別聯邦法規 SFAR No. 120 – Part 194，結合現有 Part 91 及 Part 135 飛航規則，並針對動力升力航空器的獨特性增加相關規定；在駕駛員部分，結合飛機與直昇機規定，經過針對該特定動力升力航空器獨特元素的培訓和測試合格後，取得該動力升力航空器特定機型之檢定類別（Type Rating）。

與會代表針對此 SFAR 研討摘要如下：

1. eVTOL 產業面臨的挑戰之一是動力升力航空器駕駛員的數量極為有限；在全球民用方面，目前總共可能只有約 200 人。而 SFAR 提供動力升力航空器駕駛員兩大檢定途徑，可望解決人才短缺問題：
 - (1) 如果駕駛員目前是擁有相關儀器等級的商業級固定翼或旋翼機駕駛員，基於已具備相應的航空經歷和訓練，可透過 SFAR 替代的減免機長（PIC）時數及訓練要求，順利高效地過渡，取得動力升力航空器檢定類別。

- (2) 因為許多正在開發的 eVTOL 採用單一操縱裝置（Single Flight Controls）及單一駕駛座位（Single Pilot Station）設計，與傳統上要求雙操縱裝置進行飛行訓練規定有所不同，SFAR 因而為此提供特別替代機制，允許在滿足嚴格的模擬和經驗要求下進行訓練後，取得動力升力航空器檢定類別。
2. 展望未來 - 業者追求「第二次解鎖」與自主性（Autonomy）：SFAR Part 194 被視為一個臨時的、不斷變動的法規框架，也是一個寶貴的測試平台，它當前重點是載人目視飛行規則（Visual Flight Rules, VFR）操作，但 SFAR 尚未解決自主操作問題。對於像波音 Wisk Aero 專注於有人監督下的自主飛行（需要遠端操作人員）的公司，以及 Pipistrel 的 Nuuva 機型（專為全自動視距外操作而設計的大型貨運無人機），新的監管框架是必要的。業者建議開始研擬下一階段的法規，相關需求包括：
- (1) FAA 成立一個專注於自主性的航空法規制定委員會（Aviation Rulemaking Committee, ARC）。
 - (2) 為遠端操作人創建第 61 部分（Part 61）下的新證照級別，以反映操作人與航空器之間新的動態關係。
 - (3) 針對遠端操作人證照取證與轉換，建置一個全球協調後的結構化途徑，以便在不同地區之間實現證照可轉移性。

三、開放空中頻譜：探索無人機與 AAM 整合的頻譜政策之道 （Unlocking the Airwaves: Navigating Spectrum Policy for Drone and AAM Integration）

本場次匯集來自美國國家電信和信息管理局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）、聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）、FAA 及運輸部專家，共同探討此關鍵且複雜議題。重點摘要如下：

1. 頻譜管理的複雜性與核心挑戰：無線電頻譜是一項珍貴且關鍵的公共資源，其管理涉及高度的技術與政策複雜性。在美國，頻譜管理權責依法律劃分為兩大機構：聯邦通信委員會（FCC）負責民間及非聯邦使用者的分配與許可，國家電信暨資訊管理局（NTIA）則負責聯邦政府的頻譜運用。由於國家安全、航空交通管制等聯邦任務均高度仰賴頻譜，而多數關鍵中頻段已被廣泛共用，如何

在有限資源下容納無人機與先進空中交通（AAM）日益增長的需求，成為當前政策與技術並重的重大挑戰。

2. 提高效率、利用現有資源：會中，運輸部與 FAA 專家指出，航空業不能單純追求更多頻譜，而應提升現有頻寬的利用效率。FAA 正評估現有通信、導航與監視（Communication, Navigation Surveillance / CNS）頻譜（例如：1090 MHz），是否能滿足 AAM 初期營運需求。FAA 也承認，其系統曾因效率低下而受到 FCC 批評，目前仍使用 1950 年代的類比無線電。因此，當前策略著重於透過數位化及更先進的調變技術，在現有無線電導航頻譜中釋放頻寬，而非單純依賴新增頻段。
3. 專用頻段與政策進展：為解決無人機控制鏈路經常使用缺乏保護的 Wi-Fi 頻段問題，FCC 已採取多項措施，包括：專門為無人機制定了 5,030 – 5,091 MHz 的規則，用於視距內（Visual Line of Sight, VLOS）控制與非酬載通信，以提供更高的頻譜保護。同時 FCC 亦致力於研究非視距（Non-Line-of-Sight, NLOS）通信的規範、評估 450 MHz 及 24 GHz 頻段的潛力，期望提供更寬頻鏈路以支持 AAM 發展，並在全美設立多個「創新區域」，如北卡羅來納州研究三角區，提供彈性實驗許可，鼓勵無人機進行廣泛開發與測試。
4. 未來的關鍵 - 標準與測試：目前業界普遍認為，必須淘汰易受干擾的 ISM 頻段（工業、科學與醫療頻段），因其缺乏干擾保護，屬於干擾敏感且不穩定的頻段，不利於可靠運作。未來策略應著重於：
 - (1) 性能型標準：FAA 與運輸部呼籲制定性能導向的標準，以支持利用現有基礎設施的智慧解決方案，確保操作安全與可靠。
 - (2) 持續測試：運輸部強調，需透過運營性能測試，驗證自主安全系統的能力與其局限性。
 - (3) 行業合作：專家鼓勵業界積極參與 RTCA、ICAO 等國際標準組織的工作，因標準是智慧法規的基石。監管機構表示，政策制定過程對業者開放，鼓勵透過公開程序與會議表達需求與創新想法。

四、擘劃未來：推動自動化、基礎建設和航空新時代

（Designing the Future: Advancing Automation, Infrastructure, and the Next Era of Aviation）

本場次由美國眾議院副幕僚長、立法主任暨航空委員會主席，以及美國著名大型飛機自動化系統開發商 Reliable Robotics 公司執行長共同進行研討。摘要內容如下：

1. 自美國航空 CRJ700 與美軍黑鷹直昇機在華盛頓波托馬克河空中相撞事件後，美國眾議院航空委員會積極成立一個兩黨合作的國家空域系統（NAS）現代化小組。目標是獨立於 FAA 重新授權和監督法之外，新制定一份兩黨政策改革法案，提供 FAA 所需的工具及資源以幫助航管系統現代化。
2. Reliable Robotics 公司就航空自動化部分，目前致力於開發大型飛機自動化系統，首個操縱自動化產品係安裝於 Cessna Caravan 貨機，該技術可實現完全無人駕駛、自主或遠端通過地面控制站的操作，並已申請 FAA 補充型別檢定證（Supplemental Type Certificate）。目前已花費約 7~8 年與 FAA 合作，處理檢定基礎、符合方法及檢定議題文件（Issue Paper）細節。為成功推出產品，公司努力在現有 FAA 檢定框架內運作，避免尋求需要變更檢定基礎的特殊條件（Special Conditions）或豁免（Exemption）審查流程，為求謹慎及安全性，儘管該公司自動化系統安裝於 Part 23 小飛機上（Cessna Caravan 貨機），但檢定仍舊大部分遵循 Part 25 運輸類飛機之適航標準。
3. Reliable Robotics 公司並參與美國飛航數位化（Digital Flight）長期（10 至 20 年）專案計畫，主要工作在空中交通管制數位化，包括：使用全數位通訊，取代已有 100 年歷史的 VHF 調幅系統；以及將空對空載具通訊，例如：ADS-B、CPDLC 等技術推進完全數位化。
4. 國會為促進 FAA 不同部門的合作，以因應創新及變革，在 FAA 重新授權法提出設立「安全與營運辦公室（Office of Safety and Operations）」，旨在跨越 FAA 不同機構邊界，使相關領域專家能夠同時解決相同的問題，例如：協調航空器驗證辦公室（Aircraft Certification Office, ACO）和空中交通管理部門（Air Traffic Organization, ATO）相互合作等。

五、視距外（BVLOS）飛行實務應用：以監理機制支持多元運用 （BVLOS in Practice: Supporting Diverse Use Cases Through Regulation）

本場次聚焦於無人機視距外飛行（BVLOS）法規的制定與實施。業界對新法規 Part 108 草案抱持高度期待，並強調亟需解決現行豁免制度造成的限制與瓶頸，重點如下：

1. 明確性與終結豁免制度：業界共識認為，新法規應具清晰、一致且可持續的架構，以取代現行繁複的豁免制度。過去多年，企業投入大量資源維持各類豁免，但多數已隨時間失效，形成行政負擔。業者期望未來能在既有法規內直接運作，而非仰賴逐案豁免。對已安全運作多年的業者而言，重點在於確保新規不破壞現有作業模式，並簡化流程。
2. 規模化挑戰與行政負擔：現行法規難以支撐無人機作業規模化，造成合規壓力與程序延宕。以農業領域為例，依 Part 137 規範的業者中，合規率不足 20%，主要因豁免審查冗長、耗時逾年。若法規過於僵化，部分操作者可能轉向偏遠地區進行未授權飛行，突顯改革急迫性。
3. 行政程序的關鍵瓶頸：會中與談人指出，現行制度在行政面仍存在多項障礙：
 - (1) 紙本註冊流程：超過 55 磅（25 公斤）無人機仍須紙本註冊，對於計畫量產數千架者而言效率極低。
 - (2) 維護認證限制：缺乏專屬無人機維護（Airframe and Powerplant, A&P）資格，致使維修工程師及維護人員仍須接受 FAA 面試及審核，程序冗長且效益有限。
 - (3) 投資決策受阻：法規與時程不明，使企業難以規劃。尤其是環境評估（Environmental Assessment, EA）成本高昂且週期不確定，企業往往被迫在資訊不足下倉促決策；而遠端操作人員訓練標準不明，也使人力投入停滯。
4. 展望 Part 108 風險分級與企業治理：業界普遍主張，新法規應採風險導向（Risk-Based）監理，承認不同 BVLOS 作業風險層級差異。應將低風險任務（如：私人土地監控、低空巡檢）與高風險任務（如：長距離物流配送）區分，避免對低風險操作施加過度「偵測與避讓」（DAA）要求。此外，監管焦點應由個別規定導向轉向企業治理與組織監督，透過企業自建標準、訓練與內控機制，讓 FAA 能以較高效率確保安全，並減少對日常操作的直接干預。

5. 過渡期實務建議：作為新法規正式發布前的橋接方案，與會者提出以下建議：

- (1) 明確駕駛員訓練與資格要求，使培訓與實際風險相符。
- (2) 推動行政流程數位化，取代紙本註冊與豁免修訂。
- (3) 儘速發布計畫性環境評估（Programmatic EA），降低單案成本、釋放投資潛能。
- (4) 確保法規不影響現行安全作業，並設置自願通報過渡期以協助非合規業者轉換。
- (5) 加強 FAA 與州、地方政府合作，推動教育與宣導，提升地方對聯邦法規及無人機產業的理解。

六、可信任多用途射頻識別及視距外操作轉變無人機操作生態 （Transforming UAS Flight Operations through Trusted Multipurpose Remote ID and BVLOS Ops）

本場次由研究「可信任多用途射頻識別（Trusted Multipurpose Remote ID, TMRID）」技術的 AnderSmith Solutions 公司執行長，以及應用 TMRID 進行無人機醫療運送服務的紐約州 Upstate Medical University 運營主管共同進行研討。摘要內容如下：

1. 透過「可信任多用途射頻識別（TMRID）」概念，可增強無人機操作應用系統安全性，並保護操作隱私。TMRID 經由認證、加密和單次交談識別碼（Session ID）等方式，使得射頻識別（Remote ID）功能更具防欺騙性（Spoofing Protection）與實用性，特別是在視距外運營商用擴展，及提昇電子顯著性（Electronic Conspicuity）方面。
2. TMRID 提供單次交談識別碼（每次飛行都是一個新的虛擬牌照）及地面控制站（GCS）加密遮罩功能，可以防止惡意行為者跟蹤醫療運送常規路線，或試圖攔截敏感物資（例如：器官運送），可滿足醫療單位運營者對於營運隱私之需要。且在身份驗證與安全性方面，透過防欺騙加密和身份驗證金鑰，醫院可以確信進出其複雜空域之無人機是可信賴的，並且判斷相關操作是否遵守規定。

3. TMRID 協議架構國際標準化，進一步鞏固其在無人機系統整合角色：

- (1) 國際協議制訂與互操作性（Harmonization）：目前 TMRID 相關工作正在國際網路工程任務小組（Internet Engineering Task Force, IETF）之無人機射頻識別協議工作組（Drone Remote Identification Protocol, DRIP）進行，確保國際標準協調一致。
- (2) ASTM 標準適用性與符合性：該協議已經符合 ASTM（美國材料與試驗協會）標準，並預計將被納入射頻識別（Remote ID）符合方法之 ASTM F3586 標準（Standard Practice for Remote ID Means of Compliance to Federal Aviation Administration Regulation 14 CFR Part 89），該 ASTM 標準是 FAA 可採納射頻識別功能是否符合第 89 部規定（Part 89）之可接受符合方法（Acceptable Means of Compliance, AMC）。
- (3) 國際民用航空組織（ICAO）將廣泛應用：ICAO 預計將採納 DRIP（Drone Remote Identification Protocol）框架，因此 DRIP 協議不僅適用於無人機，還可做為適用於傳統飛機，甚至行李安全的信任框架和數位身份協議。

七、國會觀點議題研討

（Congressional Perspectives: A Staff Roundtable）

本場次由美國國會幕僚就國會議員所關注議題進行研討，包括：眾議院交通和基礎設施委員會航空小組委員會副主席、參議院司法委員會（Senate Judiciary Committee）幕僚、眾議院科學/太空和技術委員會委員會（House Committee on Science, Space, and Technology）幕僚。摘要內容如下：

1. 反無人機系統（Counter-UAS, C-UAS）發展：C-UAS 問題涉及多個國會委員會管轄權，包括司法（隱私）、國土安全（TSA）和交通運輸及基礎設施（FAA 部分）。《2018 年美國聯邦航空管理局再授權法》（FAA Reauthorization Act of 2018）第 1204 條，授予美國司法部（Department of Justice, DOJ）和國土安全部（Department of Homeland Security, DHS），針對來自無人機的威脅，在特定情況下對惡意無人機採取反制行動，目前國會首要任務，在確保反無人機系統技術的現代化，使其達成應有之反制效果。

2. 貿易關稅與美國製造本土化：美國政府刻正依據《貿易擴張法 Trade Expansion Act》第 232 條款（Section 232），試圖將製造業帶回美國，鼓勵業界在美國移植整個供應鏈等。美國政府也發布「大而美法案」（One Big Beautiful Bill Act）進行研發稅收抵免，並對新工廠提供即時費用化（例如：符合條件建築物可享有 100%即時費用化）等。然而美國許多公共機構指出，在搜索及救援方面，國外無人機價格甚具競爭力，咸認是美國無人機生產本土化的重大挑戰。
3. 立法支持政府創新及 FAA 再授權法：美國國會已於 2023 年提出《國家無人機與先進空中交通倡議法案》（National Drone and Advanced Air Mobility Initiative Act, H.R.3560），協調聯邦政府立法創新工作，許多條款已納入最新 FAA 授權法。同時，國會於 2024 年透過 FAA 再授權法（FAA Reauthorization）特定條款（Provisions）推動設置「FAA 法規制定辦公室（Office of Rulemaking）」，試圖透過立法手段，減少不必要監管負擔，確保在無人機技術快速發展的背景下，聯邦法規之制定能夠跟上時代步伐，而維持美國全球競爭力。

八、視距外操作整合標準：符合 FAA 第 108 部分法規

（Standards for BVLOS Integration: Aligning with FAA's Part 108 Rule）

本場次由美國材料與試驗協會（ASTM）F38 無人機系統委員會（Unmanned Aircraft Systems）主席、副主席，美國無人機業界代表：Zipline International、Google Wing Aviation、Skydio 等，就國際標準組織（Standard Development Organization, SDO）目前所研擬制訂之共識標準（Consensus Standards），如何做為符合 FAA 第 108 部分法規之工作項目進行研討。摘要內容如下：

1. 標準制定背景及重要性：過往適用 25 公斤以下小型無人機視距內操作的 Part 107 法規，並未建立適航要求或技術標準。然而，預計即將發布的視距外（BVLOS）操作法規 Part 108，將要求無人機系統必須符合一系列技術標準，類似於傳統航空做法，雖然不需要型別檢定，但仍需要符合一系列要求及技術標準。由於 FAA 已經重申，新法規將具體提到行業共識標準作為符合方法，因此國際標準組織所制訂的標準，對於視距外（BVLOS）操作的商業營運，變得十分關鍵。與會人士咸認，制定行業共識標準是確保 FAA 能夠隨著行業發展，保持靈活性的重要途徑，因為如果採行制訂正式法規之途徑，將需要長達十年或更長的時間。

2. ASTM F38 委員會進展：F38 委員會已透過參與 FAA 聽證會及 F38 會議，詳細了解 FAA 所預期的法規符合要素（Compliance Elements）。

(1) 現有標準涵蓋率：針對 FAA 於 2023 年 10 月所提出視距外（BVLOS）操作約需涵括的 60 個主題領域，F38 委員會經內部檢視，發現約 85% 領域已有相關標準內容。也就是現行國際標準，對於視距外（BVLOS）操作已有大致的符合標準內容，僅再針對部分未完成項目完成標準制訂即可。

(2) 標準制定之衝突與協同：委員會認為現有標準與預期法規之間並無重大衝突，更多的工作是如何確保現有內容是屬於「正確內容」（Right Content），使能夠做為法規框架下有效符合方法。

(3) 缺漏項目與未來工作重點：F38 委員會發現缺失的標準項目（Gaps）並不多，其中一個例子是噪音標準。另一個重大需求，是需要審視並更新所有標準中的用語，以適應視距外（BVLOS）操作所採行的自主性（Autonomy）操作，因為許多現行標準仍假設有遠端操作人員，在迴路中控制無人機（Human-in-the-loop）。

3. 關鍵的標準開發概念與重點領域：

(1) 元標準（Meta Standard）：元標準被稱為「標準中的標準」（Standard Of Standards），旨在為製造商提供一個單一符合標準的切入點。它的作用是建立一個清單或矩陣，列出針對 Part 108 每個主題領域，FAA 已經接受或核准的行業共識標準或標準的特定章節。元標準允許 ASTM F38 委員會整合相關要求，藉由指出部分適用而非全部適用的標準，以快速支持 Part 108 新法規的需求，同時保持標準的持續演進。它也允許採用其他委員會（例如：F37 Light Sport Aircraft 超輕型載具委員會、F44 General Aviation Aircraft 普通類航空器委員會）相關經驗與適用內容。

(2) 適航與風險劃分：Part 108 草案預計將涵蓋重量高達 1,320 磅（600 公斤）無人機。FAA 已通告 F38 委員會，針對 0.1 磅到 1,320 磅的無人機適航標準將採取「一體適用」（One-Size-Fits-All）方式，不同於傳統航空器依據重量（例如：Part 23 小飛機與 Part 25 運輸類飛機適用不同適航標準）嚴格區分不同適航標準的做法。另外，營運風險可能會依據五個人口密度級別（Population Density Category）進行相關作業限制。

- (3) 偵測與避讓 (Detect and Avoid, DAA) : F38 委員會已發布一項 DAA 性能標準，該標準已經存在約 5 年。委員會目前則正制定另一項 DAA 驗證標準 (測試標準)，即將排入審查。同時也啟動對於特定空域假設和風險考量，針對合作型航空器 (Cooperative Aircraft，指裝備有能發送自身位置和軌跡等即時資訊設備，例如：應答機和廣播式自動相關監視系統/ADS-B 之航空器)，開發相應的 DAA 標準。
- (4) 操作風險與第三方服務：F38 委員會正在開發有關定量操作風險評估 (Specific Operations Risk Assessment, SORA) 的基礎性指導標準，並支持制定空域風險和地面風險的具體指導標準。關於基礎設施服務 (可能屬於 Part 146)，F38 委員會亦正制定無人機交通管理 (UTM) 的互操作性標準 (Interoperability)，以及針對天氣服務的標準。有關互通性標準，ASTM 正在達拉斯 (Dallas) 大型合作計畫中進行試驗和評估，預期透過試驗獲得的經驗，將回饋標準制定過程，以確保其有效性。
- (5) 維護與持續適航：F38 委員會亦設有關於維護標準 (例如：ASTM F2909)、維護人員資格及訓練標準。也關注持續操作安全 (Continued Operational Safety, COS) 方面，包括如何處理技術通報 (SB) 和系統中出現的安全缺陷。另外，F38 委員會過去亦依據 FAA 意見，制定品質與生產系統標準，確保大規模製造的品質一致性。

九、NASA 關於先進空中交通 (AAM) 安全空域整合之研究 (NASA on the Safe Airspace Integration of AAM)

本場次討論係根據美國國家航空暨太空總署 (NASA) 專家於「先進空中交通 (AAM) 整合」的研究與合作機制的內容。NASA 在航空領域扮演的角色是長程研究和技術轉移，主要專注於實施前約前五年的技術研發與驗證。會中 NASA 特別強調其不制定規則、法規或程序，而是將經過驗證的能力、數據和資訊轉移給國際標準組織、FAA 與業界，以供其制定相關規則、程序及發展商業產品。NASA 的成功衡量標準，即是技術是否成功移交給業界和實施機構。

1. 獨特的合作機制：研究轉移團隊 (Research Transition Teams, RTTs) : NASA 與 FAA 的合作堪稱政府機構間的典範，透過「NASA-FAA 研究轉移團隊 (RTTs)」開展策略性協作。這些團隊專責跨機構、跨研究中心的重大合作項

- 目，確保技術與數據順利轉移。在研究初期，FAA 與業界參與概念開發，提出核心「痛點」（Pain Points），協助塑造技術方向；當概念逐步成熟（實施前五 years 內），FAA 轉為積極角色，專注於部署與實施；技術轉移完成後，NASA 則轉為顧問，協助系統整合者解決實際運作問題。
2. 技術成熟度與技術轉移：NASA 技術研究通常處於 TRL（Technology Readiness Levels）1 到 TRL 6 之間。多數概念會在 TRL 4 到 6 之間轉移給業界和實施機構，轉移的目標是經驗證的資訊及在相關環境中經過操作測試的原型。此外，NASA 也會產生早期數據，協助業界縮小解決方案的「權衡空間」（Trade Space）。
 3. 業界合作與參與：NASA 認為，單靠自身無法完成驗證工作，因此積極尋求與業界、國際標準組織間的夥伴關係，目前的合作夥伴已超過 150 個。合作方式主要透過 NASA Space Act 協定，其中絕大多數是「不可償還」（Non-Reimbursable）協定，但由於業界看到其中價值，即願意雙方各自承擔成本，共同開發技術。
 4. 未來的願景與重點研究領域：NASA 的長期願景「Sky for All」（為所有人打造的天空），旨在將國家空域系統（NAS）轉型為數位化、聯合且無縫整合的交通管理概念，透過自動化與自主技術輔助人員操作，以應對未來空中交通的多樣性、密度與複雜性（例如：超音速飛機與低速 AAM 航空器共享空域）。目前 AAM 相關研究重點包括：
 - (1) 系統層級自主性（System Level Autonomy）：聚焦於多個自主航空器間及其與傳統航空器之互動。
 - (2) 空域衝突排除：研究 AAM 的戰略性與戰術性衝突排除，以及退化視覺操作（Degraded Visual Operations, DVO）。
 - (3) 產品原型：包括用於 UAM（Urban Air Mobility）服務的服務提供者（PSU）便攜式空域管理系統（Portable Airspace Management System, PAMS），業界可透過 NASA 了解產品並尋求合作。
 5. NASA 鼓勵業界透過 Space Act 協定、小企業創新研究（SBIR）補助，以及參與工作坊和研討會等多種途徑，共同開發技術，加速空域轉型。

十、將自主飛行和遠端操作整合至國家空域系統

（Integrating Autonomous and Remotely Piloted Operations into NAS）

本場次由 FAA、NASA 及美國業界，包括：Reliable Robotics、波音 Wisk Aero、GAMA 代表，研討關於將自主飛行和遠端遙控操作整合到國家空域系統（NAS）議題，包括航空器及相關裝備檢定、飛航規則及空域整合工作。討論重點在 FAA 如何處理不同程度的自動化、界定任務特定要求，以及業界與監管機構間的協作，對於加速從研究到實際運營進程的重要性，也提到透過初期運營獲取經驗及數據，並強調業界對於推出技術標準的共同承諾。摘要內容如下：

1. **Reliable Robotics** 公司目前致力於提供自主飛行安全強化能力，包括自動降落（Auto Land）、自動滑行（Auto Taxi）和自動起飛（Auto Takeoff），重點工作在於空域整合、開發偵測雷達（Detection Radar）、C2 通訊鏈路（Command and Control 命令與控制），以及遠端操作站（Remote Pilot Station）。
2. **FAA** 正領導團隊制定一個法規框架，以全面性地處理航空中飛行的自動化問題，目前區分不同層級自動化：從協助或由機組人員監督的自動化，到高層次、高等級的自動化，亦即自動化已是執行特定任務唯一手段。**FAA** 並強調自動化必須是「任務特定」（Task Specific），以明確界定自動化系統功能及任務要求，此為討論相關法規制訂要求、評估、訓練及檢定的基礎。
3. 波音 **Wisk Aero** 公司正積極進行其第六代 eVTOL 全自主飛行新機的檢定程序，即將首次飛行，計畫採用遠端監督（Remote Supervised）的操作模式，由監控人員（**Wisk Aero** 稱為多載具監控主管，Multi-Vehicle Supervisor），將監督各機空中飛行，並在需要時介入操控，或與航管人員通話。重點工作尚包括與 **FAA** 及 **NASA** 合作空域整合計畫，將加速參與 2025 年 9 月公布的 eVTOL 整合試點計畫（eIPP），並設立「沙盒」（Sandboxes）進行營運實驗，以獲取經驗並為未來商業營運鋪路。
4. 自動化操作模式比較：**Reliable Robotics** 著重於遠端遙控駕駛，從現有機場出發並遵循儀器飛行規則（IFR），而波音 **Wisk Aero** 著重於遠端監督（非完全自主），將使用專用營運地點（Dedicated Operating Sites），這些地點將遠離跑道和其他現有的傳統空中交通。儘管自動化設計理念不同，但皆同意要執行系統分析工作，以確保操作安全。且大多數製造商都努力符合 **FAA** 現有的監管框架，並明確定義在何時何處，將責任轉交給負責監控之人員。

5. 未來策略 - 「跳躍、略過、跳躍」：為避免過去 FAA Part 11 豁免與例外申請的冗長耗時，FAA 採取一種更靈活的策略，業界稱之為「跳躍、略過、跳躍（Hop, Skip, Jump）」，利用國會授予的彈性，在風險可控環境下允許初期規模化操作。透過這些早期運營，企業可快速累積操作經驗與數據，特別是關於操作程序及與塔台的互動。這些經驗將用於制定未來法規與政策。在技術基礎方面，業界調查顯示，CNS（通信、導航、監視）需求在很大程度上可由現有 NAS 基礎設施支持。FAA 亦鼓勵業界關注更廣泛的自動化進展，以提升通用航空領域的安全性。

十一、航空公司高階主管展望：空域營運新篇章

（Executive Outlook: The Next Chapter in Airspace Operations）

本場次由美國運輸部（DOT）代表主持小組討論，參與者包括來自聯合航空（United Airlines）、達美航空（Delta Airlines）和共和航空（Republic Airways）高層代表。討論的核心為空域現代化以及先進空中交通（AAM）技術整合，包括電動垂直起降（eVTOL）航空器及無人機。與會者討論如何在維持現有大型航空網絡安全運營的同時，引入這些創新交通模式與技術，並探討空中交通管制（ATC）現代化與人員配置、基礎設施（特別是充電設施）建設，以及獲得監管機構（例如：FAA）及地方社區支持與合作之重要性。討論集中於如何透過公私夥伴關係和技術創新，將 AAM 從理論推向實際運營，並提升美國在全球航空領域競爭力。摘要內容如下：

1. 航空公司的投資與戰略定位：傳統航空公司正在積極投資及利用 AAM，解決現有運營中的挑戰，並提升客戶體驗：
 - (1) 聯合航空（United）：設立全資子公司 United Airlines Ventures，投資美國 Archer Aviation 及巴西 Eve Air Mobility 等 AAM 公司，以及 Boom Supersonic 超音速客機新創公司及 Jet Zero 混合翼（Blended Wing）飛機新創公司。利用 AAM 創新交通模式，解決樞紐機場（例如：德州達拉斯、伊利諾州芝加哥、新澤西州紐瓦克）基礎設施不足，及空中交通壅塞問題，將旅客從市中心運送到樞紐。
 - (2) 達美航空（Delta）：投資 Joby Aviation（eVTOL 夥伴）及 Jet Zero。為乘客提供無縫的預訂和轉機體驗，讓乘客可以乘坐 Joby eVTOL 抵達機場，然後

轉乘達美航班。同時也利用無人機對飛機進行非安全關鍵維護檢查，並獲得 FAA 審查同意，可提高飛機維護效率和工作安全。

- (3) 共和航空 (Republic)：公司的核心任務是將所服務的社區城市機場，重新連接到達美航空、美國航空及聯合航空等大型樞紐機場，形成夥伴航網。目前投資巴西 Eve Air Mobility 及美國 Beta Technologies 公司，並認為 eVTOL 能提供更具成本效益運輸服務，並具備安靜、鄰里友好的營運模式。
2. 基礎設施與社區接受度挑戰：在電力充電需求方面，AAM 營運將充分依賴電動充電基礎設施，尤其是在偏遠站點。目前，大型機場仍缺乏足夠的充電基礎設施。另外，相關配套設施，需要管理大型機場的運輸安全管理局 (TSA) 流程。聯合航空正在內部與安全團隊合作，確保乘客在從 AAM 起降場降落後，能無縫通過 TSA 安檢。
3. 適航檢定與技術挑戰：
 - (1) FAA eVTOL 適航標準：FAA 已發布 eVTOL 檢定指南民航通告 (AC21.17-4 “Type Certification - Powered-lift”)，航空公司表示對於適航檢定深具信心。
 - (2) 關鍵技術突破：eVTOL 需要在電池技術上取得突破發展，以實現更高的功率密度 (Power Density) 和承載能力。
 - (3) 數據與維護：eVTOL 是高度電子化的航空器，需要大量數據上傳及下載，對於主動式維護、動力系統健康監測及電池狀態管理至關重要。
 - (4) 空域技術：必須利用 GPS、ADS-B、ACAS 等技術，實現安全抵達和起飛程序。在低空空域 (400 英尺以下) 需要配備偵測與避讓 (Detect and Avoid) 能力之裝置，以確保與無人機空域安全與協調使用。
4. 聯邦政府未來 24 個月關鍵行動：與會業界代表一致認為，美國聯邦政府在未來 24 個月內最關鍵的行動，包括：空中交通管制 (ATC) 現代化、允許業界參與政策解決方案研擬。另外，如何在不影響傳統樞紐機場航班流量情況下，讓 AAM 能夠以所需的節奏實現運行，同時應關注基礎設施之部署，以及自動化航管排序隔離 (Automated Sequencing Separation) 等技術重大突破。

十二、邁向規模化的動能：推進安全與空域整合

(Momentum Toward Scale: Advancing Safety and Airspace Integration)

本場次為 Amazon Prime Air 全球法規、策略與基礎建設總監，對 FAA 政府與產業事務辦公室助理行政官員（Assistant Administrator, Office of Government & Industry Affairs）之訪談，主要聚焦於無人機產業的安全發展、規模擴大及 FAA 監理作為，特別探討 FAA 政策優先事項、法規更新進度與空域整合挑戰。

在監理重點上，FAA 將持續推進 Part 108（BVLOS 無人機運作規則）的制定，目前法規已接近公布草案階段。

針對跨機構協作，FAA 正與國土安全部（DHS）及運輸安全管理局（TSA）研議無人機安全監理機制，FAA 強調業界應積極向政府部門傳達無人機營運實況與技術限制，以避免過度規範。

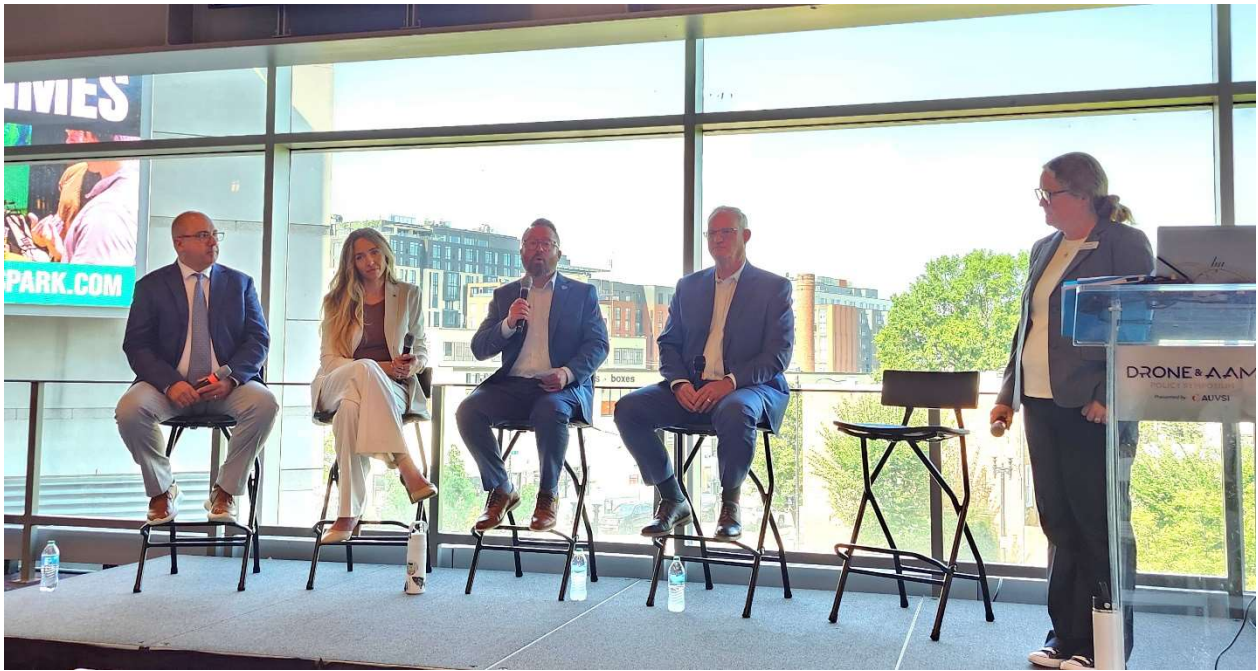
在空域整合方面，Amazon 代表指出無人機交通管理系統（UTM）為整合的核心，並倡議所有載人航空器應具備「電子顯著性（Electronic Conspicuity）」以降低衝突風險。FAA 也研擬將無人機審查權限部分下放至區域辦公室，以改善效率。

整體而言，FAA 正朝「可規模化、安全整合」的方向前進，並強調政府、業界與研究機構間的協作是達成目標的關鍵。

十三、AAM 適航檢定：協作、複雜性及未來挑戰

(Certifying AAM: Collaboration, Complexity, and Road Ahead)

本場次有關先進空中交通（AAM）產業的研討座談，與會者包括 FAA 及電動垂直起降（eVTOL）航空器新創業者，包括：Joby Aviation、Archer Aviation、Beta Technologies 及 AUVSI 協會代表。討論電動垂直起降（eVTOL）航空器的型別檢定現況，特別是與 FAA 合作進展。與會者普遍對目前法規進展表示正向、樂觀，尤其是在相關特別聯邦航空法規（SFAR）和動力升力航空器檢定民航通告（AC）發布之後，這些文件為行業提供明確路線圖。此外，與會者也著重於合作的重要性、執行階段的挑戰、從業經驗中吸取教訓，以及創新與安全之間的平衡。摘要內容如下：



本場次出席來賓(左至右)：Archer Aviation、Beta Technologies、FAA、Joby Aviation

AAM 重大政策突破與監管里程碑

與會業界普遍認為，當前正處於 AAM 適航檢定的「執行階段」(Execution Phase)，最難處理的檢定基礎已解決，目前實現 AAM 營運的動能 (Momentum) 非常豐沛。

1. 檢定文件發布與路線圖確立：過去一年內，FAA 發布多項關鍵文件，為電動垂直起降 (eVTOL) 載具的適航檢定和營運提供明確的法規框架：
 - (1) 動力升力航空器型別檢定民航通告 (AC21.17-4 “Type Certification - Powered-lift”) 發布：2024 年 6 月，FAA 發布 AC21.17-4 草案。隨後，在 2025 年 7 月發布最終版的 AC21.17-4。提供明確的 eVTOL 檢定路線圖，規範 AAM 廠商必須滿足的 eVTOL 基於性能的要求 (Performance-Based Requirements, PBRs)。
 - (2) 特別聯邦航空法規 (SFAR) 發布：SFAR Part 194 於 2024 年 10 月正式發布，提供 AAM 營運框架 (Operational Framework)，定義 eVTOL 航空器的營運要求。
 - (3) 流程精簡化：上述文件的確立，使得 eVTOL 型別檢定流程精簡化 (Streamlined)，使業界不必再經歷舊有 G1 Issue Paper 檢定基礎公開意見

徵詢流程。如果申請人選擇直接遵守 AC21.17-4，便可避免特別規則制定（Special Rule Making）的漫長過程。

2. 從制定要求到合規發現的轉變：目前 FAA 對於 eVTOL 型別檢定工作的重點，已經從「確定檢定基礎」，轉移到實際的執行面及證明法規符合階段：

- (1) 執行階段：AAM 業界已進 eVTOL 型別檢定執行階段，目前主要工作是進行法規符合審查（Compliance Findings），而不是持續辯證合適的型別檢定要求。
- (2) 基於性能要求（Performance-Based Requirements, PBRs）的實現：PBRs 根據安全意圖及所需的安全成果來制定規則，而非對於航空器工程規格的设计要求，這正是釋放技術創新所需要的法規靈活性。
- (3) 積累經驗與信任：FAA 在 AAM 檢定上，採取審慎的政策步調，逐案與業界合作，確保 FAA 熟悉新型態 eVTOL 航空器的性能、相關風險以及適當的安全要求，並成功在監管機構與申請人之間建立信任，以加速審查進程。

仍待克服的挑戰與未來重點

儘管 AAM 發展動能強勁，但由於涉及全新的技術與法規的同步制定，多項複雜挑戰仍待解決，以下是業界及 FAA 需持續努力的的關鍵領域：

1. 政策與法規的持續迭代：目前發布的關鍵文件仍處於不斷發展和完善的階段
 - (1) 特別聯邦航空法規（SFAR）的臨時性與後續修訂：SFAR 被設定為有時間限制的（Time-Limited）臨時規則。此係 FAA 需要在業界實際營運前儘快建立營運法規框架，以利實現 AAM 作業環境。因此，預計 SFAR 將會需要修改，以便 FAA 在業界營運後所學習到的經驗基礎上，不斷成長。
 - (2) AC 的完善—符合方法（Means of Compliance, MoC）：雖然最終版 AC21.17-4 已提供 eVTOL 檢定基礎，但尚未明確指出 FAA 可接受的適當符合方法。FAA 刻正在積極修訂 AC，以納入適當的 MoC，而這些 MoC 是申請人與 FAA 經過大量時間和精力合作確定的珍貴資訊。
 - (3) 協調型別檢定與營運許可：實現 AAM 的複雜性，在於必須同時完成 eVTOL 航空器的適航核准（Airworthiness Approval）及營運許可（Operational Approvals）之航機務審查，雖然兩者相互關聯，但在 FAA 內

部是包含航空器驗證部門（Aircraft Certification Service, ACS）及飛航標準部門（Flight Standards Service, FCS）不同的審核流程。

2. 維持系統靈活性與確保營運安全壓力：在新的 eVTOL 航空器投入營運服務後，必須維持系統的敏捷性，以確保持續操作安全（Continued Operational Safety, COS）。

- (1) 安全管理系統（SMS）的實施：隨著 eVTOL 航空器投入營運，系統必須保持靈活性，以便能夠透過 SMS 快速實施修復作業系統缺失，以及軟硬體更新。如果要求最高等級的嚴格性（例如：Level A 軟體安全要求），可能導致數百萬美元的成本，從而延遲甚至阻止安全修正的實施，這都是 FAA 與業者要共同克服的。

- (2) 檢定人力資源負荷：eVTOL 航空器檢定，同時涵蓋許多傳統上屬於多個獨立的檢定項目（例如：引擎、飛機、螺旋槳和航空電子設備），對於 FAA 政策部門及各驗證辦公室的檢定人力資源，造成大量的負荷。

3. 下一階段須推進的工作項目：要實現 AAM 發展規模化與長期成功，需要進一步的產業合作與監管行動：

- (1) 行業共識標準（Consensus Standards）的制定：這是下一階段檢定作業的關鍵。AAM 業界必須投入並支持共識標準的開發。這些標準未來將由 FAA 認可並納入 AC 的更新文件中，作為公司未來新機型開發及設計迭代的藍本。

- (2) 權力下放（Delegation）：有關審核權力下放的授權委託機制，仍是 AAM 領域待解決的議題，也是實現 AAM 產業規模化的關鍵。這需要時間累積對 eVTOL 航空器的設計及運作知識，才能建立授權的信心基礎。

- (3) 數據與飛行測試：必須收集大量的 eVTOL 航空器性能數據（Data, Data, Data），透過在不同運作環境下的試飛數據，以完善檢定發展路線圖。

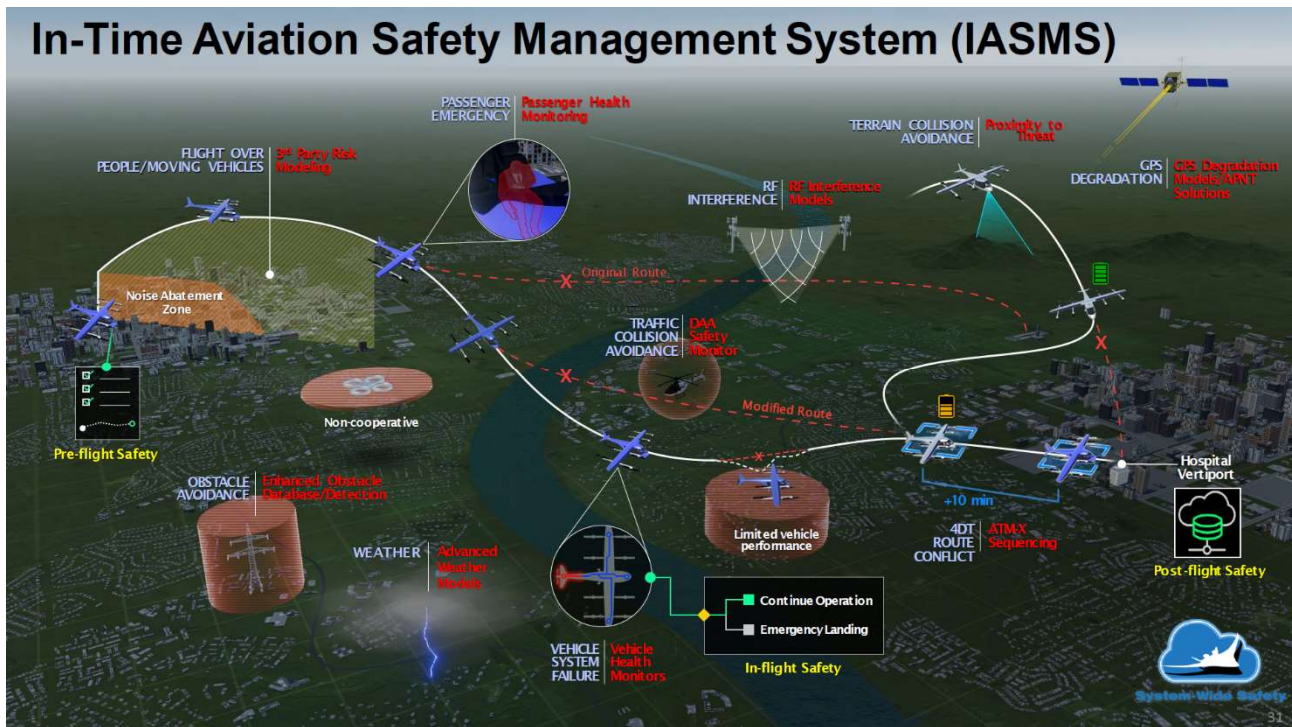
- (4) 解除監管（Deregulation）：FAA 通常面臨外界對於解除監管的挑戰，業界常說“在實施一個新要求的同時，就要移除十個舊規則（10-To-1 Rule）”。法規簡化及安全提昇，是天平的兩端，須取得平衡。

十四、消弭差距：NASA 有關 AAM 融入國家空域的安全及空域解決方案 (Bridging the gap: NASA's Safety and Airspace Solutions for Commercial AAM Integration into National Airspace)

本場次由兩位負責空中交通管理和系統級安全之 NASA 專案經理進行研究說明。相關研究重點在因應當前航空系統所面臨的挑戰，特別是空中交通管制員與駕駛員之間過度依賴語音技術，以及航空器操作的複雜性及運營航線密度，對駕駛員產生過重的壓力。NASA 因此開發航管數位化工作流程、提昇航空自動化程度，以及針對 AAM 發展「即時航空安全管理 (In-Time Aviation SMS, IASMS)」能力方面的研究及技術。摘要內容如下：

1. 兩大轉型解決方案：NASA 為解決前述挑戰，集中研究兩個核心主題：
 - (1) 空域整合與數位化工作流程 (Airspace Integration and Digitization)：將航管工作流程轉變為更數位化的形式，並為未來 AAM 常規化操作奠定基礎。相關研究包括：數位化通訊與互通性要求（例如：數位通訊鏈路、廣泛式空中交通管理 Extensible Traffic Management/XTM 之彼此互通性）、數位許可 (Digital Clearance)、數位複頌 (Readback) 程序、自動化方式給予許可、自動滑行 (Auto Taxi) 與其執行一致性 (Conformance) 要求。
 - (2) 提昇自動化程度 (Increasing Levels of Automation)：涵蓋多個系統面向，包括地面系統（基礎設施、監視與通訊服務）、空中交通管制技術與能力，以及駕駛艙操作自動化，以支持遠端遙控監管操作 (Remotely Supervised Operations) 之無人機或自主飛行航空器進入國家空域系統。
2. 系統面向安全專案 (System-Wide Safety Project, SSP)：SSP 任務在於探索、理解及克服影響未來航空系統安全的技術挑戰，並專注於系統設計與實際操作。
 - (1) 發展「即時 (In Time)」航空安全管理 (SMS)：傳統安全管理係事後反應性質，事故發生後調查人員分析大量數據，但許多緩解措施需要數年才能實施。事實上，調查人員所查看的許多資訊在飛行前就已存在，但當時系統缺乏獲取或利用這些資訊來識別漏洞的能力。因此 NASA 發展「即時航空安全管理 (In-Time Aviation SMS, IASMS)」，利用新技術趨勢（例如：大數據分析、高性能運算和社群連通性），更主動地監控、評估與緩解風險。最初 SMS 是針對傳統飛行操作後 (Post-Flight) 進行安全分析，NASA 後來擴

展到涵蓋創新興的 AAM 航空器操作，以利在 eVTOL 飛行前、中、後執行分析。其效益在於能夠從幾秒到幾天內更快地進行緩解，從而提高系統響應能力與涵蓋範圍。



NASA「即時航空安全管理 (In-Time Aviation SMS, IASMS)」示意圖

- (2) 針對高度自主系統的假設和危害緩解：針對在新興的 AAM 操作（例如：在城市環境中大規模飛行的自主小型無人機或 eVTOL 航空器），NASA 建立環境假設（例如：低空、低能見度、低風險容忍度，人類角色僅為監督性質等）。基於這些假設，須能夠識別所需緩解的相關危害，並開發出解決能力，例如：飛行前安全評估（Pre-Flight Safety Assessment），處理天氣預測或飛行路徑調整需求；導航品質評估（NAV Quality），建立四維估計 GNSS 在城市環境中訊號品質的能力；應變方案選擇與觸發能力（Contingency Select and Trigger Capabilities），可針對電磁干擾等危害，自動改變飛行路徑。

十五、智慧規模化：透過經驗教訓推動 UTM 全國性擴展

(Scaling Smart: National Expansion of UTM Through Lessons Learned)

美國無人機交通管理系統（UTM）的實務運作，正逐步從概念驗證與測試階段轉向大規模、全國性運營。多家業者一致認為，UTM 是推動無人機與載人航空共用空域的核心支柱，它不僅提供技術與運作的支撐，也為法規制定提供真實世界的數據。這些討論涵蓋了從測試場轉型至實際運營的經驗、技術擴展能力、公私協作模式，以及未來監管政策的期望。

1. **UTM 運營與合作架構：**UTM 實際部署已從過去的「測試站點」（Test Site）模式，逐步轉型為全國性的「初始運營評估」（Operational Evaluation / U.S. Shared Airspace Implementation），提供 FAA 真實世界運作數據，用於 Part 108 等未來法規制定。該運營橫跨多州，包括紐約、加州、阿肯色州及猶他州，驗證了不同地理與空域條件下的可行性。專案採用公私協作（Public-Private Partnership）模式，最初由四家業者組成，現已擴展至約 15 家，並遵循「合作先於競爭」的原則。這種協作使審批周期大幅縮短，一年內即可完成 FAA 核准，證明技術投入與合作模式的有效性。過去兩年的運營期間，也成功保持零嚴重度一級事故（Zero Severity-One Incidents），顯示出高度可靠的安全性。
2. **關鍵經驗與不可妥協要素：**與談業者及專家指出，UTM 運營中有幾個不可妥協的要素，是成功的基礎：
 - (1) **互通性（Interoperability）：**各系統必須能在不同運營者和空域管理者之間共享資訊，封閉的內部解決方案無法支撐全國性運營。
 - (2) **基於性能之標準（Performance-Based Standards）：**這類標準允許業界創新，並避免過度監管對操作的限制，使技術更靈活且可擴展。
 - (3) **早期啟動與持續驗證：**在系統尚未完全成熟前即啟動運營，可讓 FAA 與業界驗證合作模式的可行性，並及早調整運作流程。
 - (4) **納入公共安全夥伴：**公共安全及其他利益相關者的早期參與，對於社會接受度與政策推動至關重要，如未納入將形成為阻力，影響 UTM 的發展。
3. **技術擴展性與運營實用性：**針對外界擔憂系統在高密度飛行下可能崩潰，與會業者提供了數據佐證其可靠性。ANRA Technologies 的系統聲稱經過負載測試，模擬 50,000 架次同步飛行而未發生崩潰，Google Wing Aviation 和 Zipline

International 在實際運營中也支持 UTM 可促進 較高密度運作。然而，隨著空域密度增加，真正的挑戰在於操作的實用性（Operational Practicality）。例如，空域延遲可能影響業務績效，如外送服務延誤會直接影響顧客體驗（例如：送餐延誤導致「薯條冷掉變濕」，服務品質受到影響）。為此，運營委員會正建立數據指標，用於判斷何時需引入更嚴格措施，例如：調整飛行路徑或增設優先管控，確保服務品質與安全兼顧。

4. 標準與監管政策：業界認為，行業共識標準（例如：互通性與資料交換規範）已趨成熟，且在國際間逐步被採用，例如 ANRA 成為歐洲航空安全署（EASA）首個認證服務提供者（UTM Service Provider, USP）。雖然技術標準提供了實施的手段，但仍需 FAA 的監管層疊（Regulatory Overlay，指的在現有法規或計畫之上，額外增加的另一套法規或規範層級，通常是為了應對特定問題或情況而提出），以提供政策指導，例如：明確優先權分配、空域管理規則，以及地面控制站（GCS）等關鍵元素的認證流程。業界期望，未來 Part 108 等法規能提供清晰的路線圖，協助各方在操作與政策間保持一致。
5. 未來展望：業界呼籲 FAA 應充分運用低空 UTM 運營的寶貴經驗，將其融入更廣泛的國家空域現代化計畫（Airspace Modernization）。UTM 不應被視為孤立技術，而應被視為制定未來空域規則的政策熔爐（Regulatory Crucible）。在此過程中，FAA 作為公私合作的關鍵參與者，其持續投入和支持對 UTM 的長期成功至關重要。

伍、心得與建議

- 一、 遙控無人機檢驗是近來各國所面臨的航空器檢定創新課題，本局自 2020 年 3 月 31 日施行「遙控無人機管理規則」，並於 2024 年 11 月 14 日發布修正條文，預計 2025 年 12 月 1 日正式實施。本局除陸續針對 25kg 以上無人機執行型式檢驗、及針對自製使用或研發類無人機執行特種實體檢驗，以及對完成型式檢驗後之量產無人機執行實體檢驗。同時在作業能力審查方面，亦已針對視距外操作及物流運送作業訂有相關作業手冊規定，透過本次論壇會議，了解到美國正進行審查項目之改變，針對視距外（Beyond Visual Line of Sight, BVLOS）作業所訂 Part 108 法規，將制訂無人機適航標準，併同國際標準組織也將配合訂定行業共識標準，未來可保持追蹤相關法規及共識標準制訂進展，適時調適我國相關規範。
- 二、 本次參加論壇會議適逢業界所殷切期盼之視距外運營法規草案即將發布，且有關先進空中交通（Advanced Air Mobility, AAM）發展方興未艾，而美國在 AAM 方向之進展，目前領先全球，此透過參加論壇與會者分享及研討，可以獲知最新的法規與技術資訊，對於我國推動無人機及 AAM 法規架構有許多的啟發，非常有幫助。
- 三、 本局將依據新科技及無人機產業發展，持續檢視並提昇我國之無人機檢驗制度，以確保未來美國啟動無人機領域雙邊協議時，可適時展與 FAA 相關的溝通與交流，以推動我國無人機產品拓展國際市場。
- 四、 美國測試場域（Key Site）目前已累積無人機業者 UTM（Unmanned Aircraft System Traffic Management, UTM）的實務經驗，顯示技術與運作模式具有實際可行性與經驗基礎，並逐步朝向常態化方向持續推進。這些經驗不僅展現 UTM 在安全管理與效率提升的潛力，亦提供我方未來可參考的作業模式。本局將持續關注國際 UTM 各面相國際進展，並重視市場可行性，俾助於發展穩健且永續的 UTM 生態系，為未來無人機營運及空域管理提供實務依據與策略參考。
- 五、 美國的無人機產業發展相當蓬勃，各項討論與政策推動步伐亦可見產業對相關議題之高度參與與積極推進。本次研討會各個面向均設有議題討論的平台與機會，讓相關專業人員共同深度交換意見與經驗，形成跨領域的協作環境，議題涵蓋技術、政策、運作模式與安全管理等多方面，顯示無人機產業發展不僅是技術挑戰，也涉及廣泛的組織與協作需求。雖然有這些廣泛的討論，但就政府監理角度而言，不可諱言仍面臨許多挑戰，包括如何制定符合安全與效率的監理標準、確保各方協作的穩定性，以及如

何平衡創新發展與風險控管。對我方而言，這些實務經驗提供寶貴的借鏡與學習契機，有助於理解國際發展趨勢，並為國內無人機及空域管理策略提供參考。

- 六、 參與論壇除獲取國際發展資訊外，亦可透過與參與之領域專家相關交流，並建立聯繫管道，做為未來諮詢的資源，有鑑於目前航空產業正處於創新發展的起步階段，後續建議仍可持續派員參加此類歐美或亞太國家所舉辦論壇會議，保持與國際同步之資訊。