

財團法人電信技術中心出國報告

2025 年度 HAPS 聯盟會員大會 出國報告

單位名稱：檢測暨網通技術組、研究企劃組

姓名職稱：鄭師豪 副管理師、何佳伶 副研究員

派赴國家：美國

出國期間：2025 年 11 月 18 日至 2025 年 11 月 24 日止

報告日期：2025 年 12 月 19 日

摘要

伴隨 6G 技術持續發展，通訊網路正由傳統地面系統逐步延伸至空域，非地面通訊網路（Non-Terrestrial Networks, NTN）已成為國際通訊技術與產業發展的重要方向。其中，高空通訊平臺（High-Altitude Platform Station, HAPS）兼具部署彈性、機動性與災害應變等特性，被視為銜接地面網路與衛星通訊之關鍵中介層，亦為多層次 NTN 架構中具高度潛力之技術路徑。為促進相關技術發展與國際協作，通訊、航空載具及研究機構於 2020 年共同成立高空通訊平臺聯盟（HAPS Alliance），作為跨領域交流與共識建構之主要平臺。

延續 2023 年與 2024 年於美國舊金山及德國波昂舉辦之實體會員大會，HAPS 聯盟於 2025 年 11 月 20 日至 21 日於美國紐約召開第三屆實體會員大會。會議聚焦航空載具、電信技術、市場發展及國防應用等面向，並透過會員技術分享、實證經驗交流及專題演講，呈現 HAPS 技術由概念驗證逐步邁向應用化與制度化之國際發展趨勢。

本中心自 2024 年加入 HAPS 聯盟以來，持續以技術研究與國際交流支援角色參與聯盟相關活動，並於本年度再次出席本次實體會員大會。透過與國際業者、研究機構及相關單位之直接交流，本中心得以系統性蒐整 HAPS 與 NTN 之最新技術動向、國際應用實務與治理討論重點，並建立後續合作與對話之基礎。相關交流成果已由本中心納入既有研究、技術評估與國際合作架構中，作為後續協助我國推動非地面通訊相關技術發展、強化通訊韌性與提升整體資源運用效益之重要參考。

目錄

| | |
|---------------------|-----|
| 目錄 | ii |
| 圖次 | iii |
| 表次 | iv |
| 壹、 目的 | 1 |
| 貳、 行程 | 5 |
| 參、 會議過程及內容 | 6 |
| 一、 會議議程 | 6 |
| 一、 正式會議暨專題報告內容 | 8 |
| (一) 第一日上午會議 | 8 |
| (二) 第一天下午第一場次專題報告 | 18 |
| (三) 第一天下午第二場次演講 | 20 |
| (四) 第一天下午第三場次專題報告 | 21 |
| (五) 第一天下午第四場次專題報告 | 28 |
| (六) 第一天下午第五場次專題報告 | 35 |
| (七) 第一天下午第六至九場次專題報告 | 40 |
| (八) 第二天上午第一場次專題報告 | 47 |
| (九) 第二天上午第二場次專題報告 | 49 |
| (十) 第二天上午第三場次專題報告 | 54 |
| (十一) 第二天上午第四場次專題報告 | 57 |
| (十二) 第二天上午第五場次專題報告 | 61 |
| (十三) 第二天上午第六場次專題報告 | 65 |
| (十四) 第二天上午第七場次專題報告 | 67 |
| 肆、 心得及建議 | 70 |
| 伍、 附件：相關照片及資料 | 72 |

圖次

| | |
|--|----|
| 圖 1、HAPS 聯盟建議之非地面通訊架構 | 1 |
| 圖 2、HAPS 聯盟核心成員 | 2 |
| 圖 3、第一部《HAPS 國防應用技術成熟度白皮書》 | 9 |
| 圖 4、SoftBank 技術分享 | 14 |
| 圖 5、SoftBank 分享於八丈島實測結果 | 15 |
| 圖 6、SoftBank 分享日本發展方向 | 16 |
| 圖 7、HAPS 聯盟成立的目的與實踐方法 | 18 |
| 圖 8、HAPS 聯盟截至 2025 年 7 月 1 日仍存有會籍之會員名單 | 19 |
| 圖 9、Stratospheric Balloon 平流層氣球酬載組成 | 22 |
| 圖 10、Stratospheric Balloon 平流層氣球可控制於特定範圍 | 24 |
| 圖 11、Involve 輕量高空氣球提供即時高精細度米蘭區域圖 | 25 |
| 圖 12、Involve 高空氣球平臺發射基地 | 26 |
| 圖 13、天空基地臺組成 | 29 |
| 圖 14、TMYTEK 所研發模組化之相控陣列天線規格 | 30 |
| 圖 15、稜研所研發 HAPS 之天線-用於 Q 頻段 (33 - 50 GHz) | 31 |
| 圖 16、稜研所研發 HAPS 之電子掃描陣列天線 | 31 |
| 圖 17、TMYTEK 於今年日本大阪世博展示成功案例 | 33 |
| 圖 18、TMYTEK 於今年日本大阪世博展示成功案例 | 33 |
| 圖 19、至美國南達科他州試驗場地與飛行紀錄 | 38 |
| 圖 20、飛航載具小組工作進度更新 | 42 |
| 圖 21、電信小組工作進度更新 | 44 |
| 圖 22、市場溝通小組工作進度更新 | 45 |
| 圖 23、國防應用小組工作進度更新 | 46 |
| 圖 24、Rob Stallard 分享英國民航局概念文件之內容大綱 | 48 |
| 圖 25、HAPS 參與 NASA 空域交通管理模擬 CE-1 和 CE-1.5 測試 | 50 |
| 圖 26、HAPS 參與 NASA 空域交通管理模擬 CE-1 和 CE-1.5 測試 | 51 |
| 圖 27、HAPS 產業以實證展示協助形塑未來更高空監管規範與標準 | 53 |
| 圖 28、高空通訊平臺的國防小組論壇 | 56 |
| 圖 29、中國於今年在紐澳水域進行秘密實彈演習 | 61 |
| 圖 30、Kea Atmos Mk1 與 Mk2 的細部規格 | 62 |
| 圖 31、Kea Aerospace 的從載具研發、部署到數據收集三階段策略 | 63 |
| 圖 32、Votitude 的 CEO Paul Stevens 介紹該公司所研發之載具產品 | 66 |
| 圖 33、NASA 研究員 Jeff Homola 進行專題報告 | 69 |

表次

| | |
|--------------------------------|----|
| 表 1、出國行程表..... | 5 |
| 表 2、第一日會議參與及進程..... | 6 |
| 表 3、第二日會議參與及進程..... | 7 |
| 表 4、電信工作小組 2026 年預計撰寫之白皮書..... | 13 |

壹、目的

伴隨國際通訊技術朝向 6G 發展，人們逐漸將視野從地面網路向空中延伸，非地面通訊（Non-terrestrial Networks, NTN）網路成為近年來技術發展的重點。國際間主要國家與國際組織紛紛開始投入 NTN 的標準制定與發展當中。NTN 技術可結合多軌道（包含同步軌道、中軌道與低軌道）衛星、高空通訊平臺（High Altitude Platform Station, HAPS¹）與無人航空載體（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）等，實現綿密的全面涵蓋，並成為未來世代通訊的堅實基礎設施，國際間各組織亦積極籌劃相關架構以利業者投入相關應用。



圖 1、HAPS 聯盟建議之非地面通訊架構

（資料來源：HAPS Alliance）

其中，高空通訊平臺（HAPS）因為高機動性、方便布建等特點，成為各大業者主要的投入方向，不論是透過飛船（Airship）、氣球（Balloon）、無人機（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）或強調可於平流層穩定飛行的平流層平臺（Stratospheric Platforms）等各式各樣不同的航空載具，搭載通訊酬載（payload）來進行通訊服務。

有鑑於高空通訊平臺的潛力，空中巴士（AIRBUS）、諾基亞（Nokia）與軟銀集團（SoftBank）在 2020 年共同攜手組建了高空通訊平臺聯盟（HAPS Alliance，下稱 HAPS 聯盟），廣邀各方航空載具與電信事業等一同加入，經 2025 年度聯盟

¹ 亦有組織將其稱為高空偽衛星（High Altitude Pseudo Satellite, HAPS），以凸顯其與衛星系統的連結性。

改選後，目前主要聯盟成員稍有變動，以 Aerostar、德意志電信（Deutsche Telekom AG）、SCEYE 與軟銀集團（SoftBank）共同帶領聯盟運作，期盼透過集體力量共同探索這個全新領域的潛力，加速商業化應用與標準化²。

Principal Members



圖 2、HAPS 聯盟核心成員
（資料來源：HAPS 聯盟官網）

目前已有超過 100 家業者或學研單位加入聯盟當中，包含日本電信事業 NTT DOCOMO、KDDI、臺灣稜研科技（TMYTEK）、英國約克大學（University of York）與美國俄亥俄州立大學（OHIO University）等。

為了能夠從多個面向拓展高空通訊平臺的可能性，聯盟於成立後便組織了三個工作小組（Working Group, WG）來提升各項議題的討論與推進效率，分別是飛航載具小組（Aviation WG）、電信小組（Telecommunications WG）與市場溝通小組（Marketing Communications WG）。並且在 2024 年受俄烏戰爭的啟發，進一步組織了全新的第四個工作小組：國防應用小組（Defense Applications WG）。

以下說明各個小組近年來主要的執行情形與短期目標：

- **飛航載具小組**：由軟銀集團（SoftBank）與美國 Aerostar 公司擔任召集人與副召集人。致力於鼓勵會員共同合作，加速安全、可靠之 HAPS 系統的技術成長，以開啟平流層在全球服務上的應用潛力，並透過與主管機關及利害關係人分享以 HAPS 聯盟為核心的作業概念（Concept of Operations, ConOps），共同尋找最具可行性的前進路徑。並且制定 HAPS 指導手冊，協助 HAPS 產業初期發展之國家；以及推動修改「特定操作風險評估」（Specific Operations Risk Assessment, SORA）評估標

² <https://hapsalliance.org/>

準，以確保 HAPS 能夠安全且有效地融入現行國際航空運作秩序當中。

- **電信小組**：由德意志電信 (Deutsche Telekom) 與軟銀集團 (SoftBank) 擔任召集人與副召集人。致力於透過教育、研究、法規倡議與技術標準制定，推動全球 HAPS 生態系於電信應用場景之發展。目前工作重點聚焦於對多個國際組織的標準貢獻，以及提供支持 HAPS 解決方案之法規指引。
- **市場溝通小組**：由 SCEYE 公司 (SCEYE, Inc.) 與軟銀集團 (SoftBank) 擔任召集人與副召集人。透過支持聯盟在提升認知、強化安全、推動法規一致性及促進商業採用等目標，協助建構 HAPS 生態系。目前著重於向利害關係人推廣平流層與混合式網路的價值，建立 HAPS 營運的專業可信度與權威性，並透過促進跨產業合作，銜接航太、電信與監理體系之間的落差。
- **國防應用小組**：由美國航空公司 Aerostar 擔任召集人。致力於在 HAPS 聯盟成員之間，建立一個促進國防應用議題公平討論與參與的交流平臺。小組目標在於清楚闡述 HAPS 技術在國防領域的應用潛力，包括指揮、管制、電腦系統、通訊、網路情報、監偵與偵察 (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, C5ISR)。

我國近年來也積極布局非地面通訊網路，從國家太空中心規劃臺灣自行擁有的低軌衛星星系，或是中華電信股份有限公司獨家代理目前全球第二大的低軌衛星星系 Eutelsat OneWeb，以及遠傳電信股份有限公司預計代理 Amazon LEO，皆顯示了我國緊跟國際趨勢的努力。除了跟上全球衛星的浪潮，考量到我國獨有的地緣政治風險，頻繁的重大天災（如地震、颱風、強降雨等）導致快速因應與災後復原的韌性成為關鍵議題，由國內團隊自行研發與自行製造、我國可完全自行調度、掌握的高空通訊平臺，成為與既有通訊技術以及衛星通訊互補的解方之一。

我國電信技術中心加入 HAPS 聯盟並積極參加聯盟會議，期望能在第一線與國際技術趨勢接軌，並與國際高空通訊平臺相關業者建立連結。由於 HAPS 聯盟尚在起步階段，主要成員多為歐美業者，亞洲地區目前主要活躍的成員有日本的軟銀集團與 NTT DOCOMO，今年度更新增加了我國稜研科技，又考量我國地理位

置位於第一島鏈中間且於東亞之中心點，具備國際樞紐之潛力，因此若透過積極締造國際連結，在後續高空通訊平臺亞洲地區發展機會誠屬極高。

貳、 行程

今年度 HAPS 聯盟年度會員大會由核心成員美國 SCEYE 公司 (SCEYE, Inc.) 主辦，11 月 20 號至 21 號於美國紐約舉辦。由於本計畫為數位發展部重點計畫，執行計畫單位為電信技術中心檢測暨網通技術組(下稱檢技組)與研究企劃組(下稱研企組)共同執行。因此，由數位發展部韌性建設司牛信仁司長以及資源管理司陳玟良副司長帶領，偕同電信技術中心檢技組鄭師豪副管理師(計畫主 PM)與研企組何佳伶副研究員，一同代表參與會員大會。

一、 出國時間：數位發展部為 114 年 11 月 19 日至 11 月 24 日；電信技術中心為 114 年 11 月 18 日至 11 月 24 日。

二、 行程安排

表 1、出國行程表

| 日期 | 行程 |
|------------------|--|
| 11 月 18 日 (二) | 差旅時間：臺灣－美國 TTC 團隊： 桃園機場 11 月 18 日 19:20 出發 美國紐約甘迺迪機場 11 月 18 日 21:05 抵達 (臺灣時間 11 月 19 日 20:05) |
| 11 月 19 日 (三) | 數位發展部： 桃園機場 11 月 19 日 19:20 出發 美國紐約甘迺迪國際機場 11 月 19 日 21:05 抵達 (臺灣時間 11 月 20 日 22:05) |
| 11 月 20 日 (四) | 2025 高空通訊平臺聯盟年度會員大會兩日議程 |
| 11 月 21 日 (五) | |
| 11 月 22 日 (六) | 與個別國內外業者交流 |
| 11 月 23 日 (日) | 差旅時間：美國－臺灣 |
| 11 月 24 日 (一) | 美國紐約甘迺迪國際機場 11 月 23 日 00:05 出發 (臺灣時間 11 月 23 日 13:05) 臺灣機場 11 月 24 日 06:20 抵達 |

參、會議過程及內容

一、會議議程

表 2、第一日會議參與及進程

| 2025 年 11 月 20 日 | |
|---------------------|---|
| 時間 | 主題 |
| 09:30 - 12:00 | Aviation Working Group Meeting |
| | Telecommunications Working Group Meeting |
| | Marketing Communications Working Group Meeting |
| | Defense Applications Working Group Meeting |
| 12:00 - 13:00 | Lunch |
| 13:20 - 13:40 | Opening Remarks from HAPS Alliance President |
| 13:40 - 13:50 | Sceye, Inc. Host Presentation |
| 14:10 - 14:30 | Keynote Presentation How Space Balloons Answer Earth' s Questions |
| 14:30 - 14:50 | 6G from Ground to Sky— Enabling NTN, HAPS & SATCOM with Phased Arrays |
| 14:50 - 15:10 | High Altitude Defense Operations - UK MOD Project AETHER |
| 15:10 - 15:20 | Coffee Break |
| 15:20 - 15:35 | Telecommunications Working Group Update |
| 15:35 - 15:50 | Aviation Working Group Update |
| 15:50 - 16:05 | Marketing Communications Working Group Update |

| 2025年11月20日 | |
|----------------|---|
| 16:05 16:20 | - Defense Applications Working Group Update |
| 16:30 18:30 | - Networking Reception |

表 3、第二日會議參與及進程

| 2025年11月21日 | |
|----------------|--|
| 時間 | 主題 |
| 09:10 09:40 | - Keynote Presentation Higher Airspace: A New Frontier for the UK Airspace Modernisation Strategy |
| 10:00 10:20 | - A Call to Action: Industry-Led Regulatory Frameworks & Cross-Border Flight Trials to Enable a Viable Future for Commercial HAPS Operations |
| 10:20 10:30 | - Coffee Break |
| 10:30 11:30 | - DAWG Defense Panel |
| 11:30 11:50 | - The Triple-C Paradigm: Cooperative, Complementary, and Competitive Modes for Terrestrial - HAPS - Satellite Integration |
| 11:50 12:10 | - Unlocking The Stratosphere For The Pacific |
| 12:10 12:30 | - Attributable Stratospheric Platforms: Filling the ISR and Weather Data Gaps |
| 12:30 12:50 | - NASA and Higher Airspace Traffic Management: Charting a Path to the Stratosphere |
| 12:50 12:55 | - Closing Remarks/Member Meeting Concludes |
| 13:00 15:00 | - Executive Board Meeting (Executive Board Meeting Participants Only) |

一、正式會議暨專題報告內容

(一) 第一日上午會議

由於 2025 年度 HAPS 聯盟會員大會第一日上午之會議，分別由 HAPS 聯盟之飛航載具、電信、市場溝通及國防應用等四個小組同時召開工作小組會議，礙於時間及人員之限制，因此由數位發展部偕電信技術中心檢技組鄭師豪副管理師，以及電信技術中心研企組何佳伶副研究員，依我國 HAPS 未來發展需求之重要性，分別參與電信小組及國防小組之小組工作會議，會議相關內容分述如下：

1. 國防小組會議 (Defense WG)

本次國防小組會議主要聚焦於四大重點議題，包括最新國防工作小組發布之技術與成熟度 (TRL) 白皮書簡介，深入探討包含啟動「建模與模擬 (Modeling & Simulation)」主題之第二份白皮書，以及推動與國防單位交流的「季度圓桌會議」機制討論等，最後再針對未來白皮書撰寫方向廣納各與會會員之建議，其中包含多項潛在主題，例如酬載介面與平臺服務的標準化方向、不同地緣環境(極區、赤道)下的 HAPS 運作差異、軍民兩用 (Dual-use) 發展的政策如何影響 HAPS 發展，以及在重大防衛計畫 (如飛彈防禦、通訊備援) 中的 HAPS 角色定位，和對 Starlink 等低軌衛星系統的 HAPS 成為互補的替代性分析，詳細內容分述如下：

(1) 年度工作重點與合作概況

HAPS 聯盟自成立之初並無國防應用小組這個工作小組，而是去年為因應烏俄戰爭之影響而於聯盟執行會議中通過而成立的工作小組。過去一年多以來，國防應用工作小組已正式啟動多項對外合作與國際交流計畫，並逐步建立與美國及歐洲國防體系的制度性對話基礎。其中包括與美國國防部相關單位國防部戰爭部門 (Office of the Under Secretary of War for Intelligence & Security, OUSW) (原 Under Secretary of Defense for Intelligence, USDI)，之交流合作，並與美國陸軍、比利時、英國及其他歐洲國防機構進行多場分組研討與技術討論。

此外，聯盟亦在今年美國航空航天學會 (American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA) 於拉斯維加斯舉辦的國際論壇 (2025

AIAA AVIATION Forum)³期間進行專題交流，並與多所大學建立研究合作關係。部分會員已與國防大學展開聯合研究構想，促成學生與產業端之直接接軌，提前導入高空平臺（HAPS）相關技術應用與實務問題，為未來國防與產業人才培育奠定基礎。

(2) TRL 國防技術成熟度白皮書發布進展

國防應用工作小組首份《HAPS 國防應用技術成熟度 (Technology Readiness Level, TRL) 白皮書》已於近日正式對外發布，全文約 20 頁，內容建構一套針對高空平臺於國防應用領域的系統性評估框架，並提出平流層情報、監偵、偵察 (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, ISR) 與作戰效應之分類架構，如下圖示：

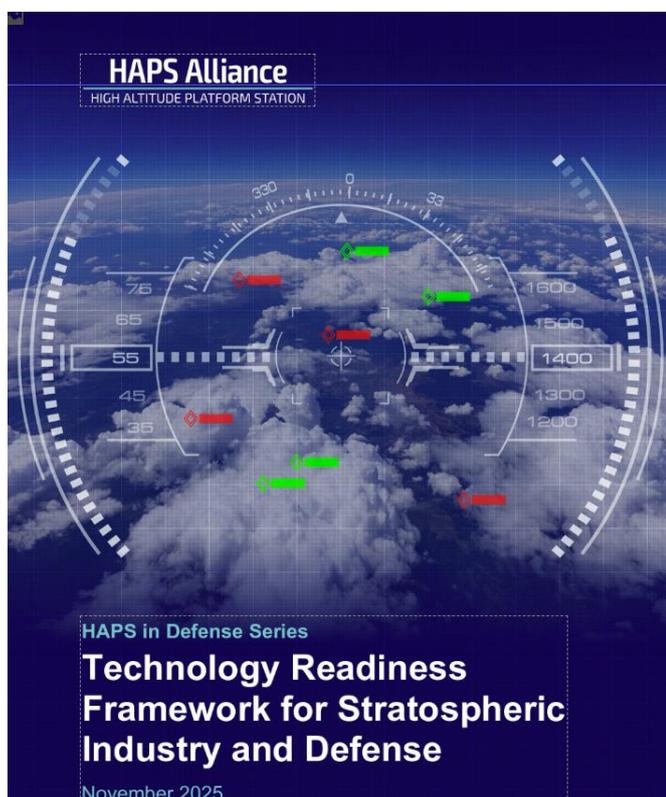


圖 3、第一部《HAPS 國防應用技術成熟度白皮書》
(資料來源：HAPS Alliance 官網)

本白皮書之主要目標族群為新設立之國防計畫辦公室與初期導入單位，協助其建立以下能力：

³ <https://aiaa.org/events-learning/events/2025-las-vegas/>

- 新興高空平臺技術之成熟度判讀
- 不同技術層級之風險評估 HAPS
- 與既有防務體系之整合方式
- 跨系統整合與協同運作規劃

白皮書中特別標示數項被產業界認定為關鍵之技術支柱，包括：

- 測試與驗證環境設計
- 系統風險管理
- 跨平臺整合能力
- 實驗設計與模擬驗證方法

工作小組指出，本白皮書僅為初步架構，相關議題將於後續出版品中持續深化，方向例如：在平流層環境無法完整重現的情況下，如何在實驗室進行等效測試？又或不同成熟度的技術如何整合？以及如何管理風險與測試條件…等，國防應用工作小組也與航空工作小組進行部分交集，討論受限空域內如何測試長航時、長距離平臺。

(3) 同步推動第二份白皮書「建模與模擬」之撰寫

第二份白皮書將聚焦於 HAPS 之建模與模擬 (M&S) 方法，預計於今年底前完成初版。該白皮書將針對 HAPS 與以下系統進行對照分析：

- 無人機 (UAS)
- 固定翼飛機
- 低軌衛星 (LEO)

重點說明哪些建模方法具有可比性，哪些屬於平流層平臺所獨有之運作挑戰。同時將納入通訊、LTE、ISR 酬載等代表性資料集，並與航空與電信工作小組進行跨組協作。目前已正式向會員徵求撰寫協助、模擬模型、實測數據與實務建議。

此外，包含平流層運作所需的建模與模擬能力，與傳統衛星或無人機模式完

全不同，也將是後續白皮書深入探討的重點。最後，全球導航與預測亦是關鍵議題，因為在赤道與極地操作 HAPS 的難度與風險是完全不同的，以上是接下來的出版品能持續延伸的相關主題。

(4) 國防圓桌論壇與制度化互動機制

鑑於過去產業界與國防單位之互動缺乏穩定制度性管道，國防應用工作小組已規劃每季舉辦一次線上「國防圓桌論壇」，以 Teams 或 Zoom 形式進行，建立產業端與國防端之常態性雙向交流平臺。圓桌論壇將包含：

- 會員技術簡報
- 國防單位需求與計畫說明
- 開放討論與產業媒合

初步規劃下次會議於明年第一季舉行，並依實際行政情況機動調整時程。

(5) 明年之白皮書主題方向與政策延伸

目前已初步盤點之潛在主題包括：

- 酬載介面與平臺服務標準化（供電、散熱、資料介面）
- 極區與赤道等不同地理環境下之運作差異
- 平流層平臺於重大防衛計畫（如飛彈防禦體系）之角色定位
- 軍民兩用（Dual-use）發展對產業擴張與國防管制之影響

部分會員亦建議可針對重大防衛政策撰寫 2-3 頁短版政策型技術白皮書，作為產業共同立場文件。

(6) 平流層建模困境與資料基礎限制

與會者指出，目前多數防務單位仍以衛星或航空器思維錯誤建模 HAPS 任務，導致模擬結果高度失真。此外，現行平流層氣象資料解析度不足（如 GFS 模型約每 5,000 英尺一筆資料），亦嚴重限制高精度任務模擬之可行性。HAPS 實際運作模式為「利用氣流變動而非平均值」進行航行，與現行軍方建模邏輯存在根本性差異，亟需建立專屬之平流層建模標準。部分與會者進一步提出，應

由國際產業共同推動開源平流層建模模組，透過 GitHub 與 AI 工具共享標準模型，避免各國與各公司重複投入基礎建模工作。

(7) 低軌衛星 (Starlink) 對 HAPS 之衝擊與戰略定位

Starlink 被普遍認為是目前對 HAPS 影響最大之外部系統。一方面提供高速回傳與全球指揮控制能力，另一方面亦對 HAPS 商業市場定位造成結構性壓縮。

然而，從國防角度觀察，「無太空日 (Day Without Space)」情境反而突顯 HAPS 作為關鍵備援通訊與偵測層之戰略價值。次外，另有與會專家指出，Starlink 具備遠端軟體更新與設備控管能力，對國防任務自主性構成潛在高風險，因此在國防應用層面，須同步評估 Starshield 等替代方案。

綜上所述，國防應用工作小組目前已完成從「概念驗證」邁向「制度建構」的第一階段，未來將持續以白皮書、圓桌論壇與跨國合作為主要推動工具，逐步建立 HAPS 在國防體系中的正式技術角色與政策定位。

2. 電信小組會議 (Telecommunications WG)

電信小組會議由召集人德意志電信與副召集人軟銀集團主持，針對高空通訊平臺於電信事業之發展，說明後續年度新技術白皮書的選題、應用規劃及其他相關內容。

(1) 工作小組推動事項內容概述

本次討論首先由主席回顧白皮書撰寫進度，包括 HAPS 架構、後傳鏈路以及與低軌衛星頻譜共存等議題。多項白皮書內容已在今年度累積完成，其中部分正在視覺編輯階段，部分則接近定稿。值得注意的是，過去白皮書以各個貢獻公司名義署名，但為避免造成外界誤會、單一公司被認為不夠有代表性等議題，本次工作小組會議達成共識：未來白皮書皆以聯盟名義發布，避免影響其政策參考價值。

接著進入下一年度的工作規劃，討論內容從定位 HAPS 平臺角色延伸至國際頻譜與標準化議題。許多成員提出以 Direct-to-Handset (直連手機) 與多層 NTN (地面／平流層／低軌衛星) 協作為重要方向。會中並討論 2026 年新增白皮書主題，除延續現有方向外，日本代表提出新增針對「HAPS 平臺運作 (Platform

Operation)」的白皮書；該文件將調查平臺在起飛、巡航、定位等不同階段所需的無線電臺與相關監理條件，日本亦願意在此議題中擔任主筆，該提案在會議中獲得肯定，並納入後續發展方向。因此電信小組預計明年度將撰寫總共 6 本白皮書，白皮書主題如下：

表 4、電信工作小組 2026 年預計撰寫之白皮書

| 序號 | 涉及主題 |
|----|-----------------------------------|
| 1 | 高空通訊平臺酬載 (Payload) 型態 |
| 2 | 自由空間光通訊 (Free Space Optical, FSO) |
| 3 | 高空通訊平臺與地面網路之整合 |
| 4 | TDD 頻譜運用於高空通訊平臺 |
| 5 | 高空通訊平臺直連手機 (Direct to Handset) |
| 6 | 高空通訊平臺之維運 |

(2) SoftBank 通訊酬載技術分享

SoftBank 由其資深技術研發人員進行該公司酬載研發技術分享，本次分享聚焦於零位元控制 (Nullforming) 技術⁴，以及分享該公司今年度運用此技術於日本東京外海的八丈島進行實地驗證測試⁵。

⁴ SoftBank Corp. (2024, August 26). *Keywords explained: Nullforming, a technology that prevents radiowave interference*. SoftBank News. 引用自 https://www.softbank.jp/en/sbnews/entry/20240826_01

⁵ SoftBank Corp. (2025, September 18). *Develops high-capacity 6-cell capable HAPS payload, delivers 5G connectivity from the sky in field trial*. 引用自 https://www.softbank.jp/en/corp/news/press/sbkk/2025/20250918_02/

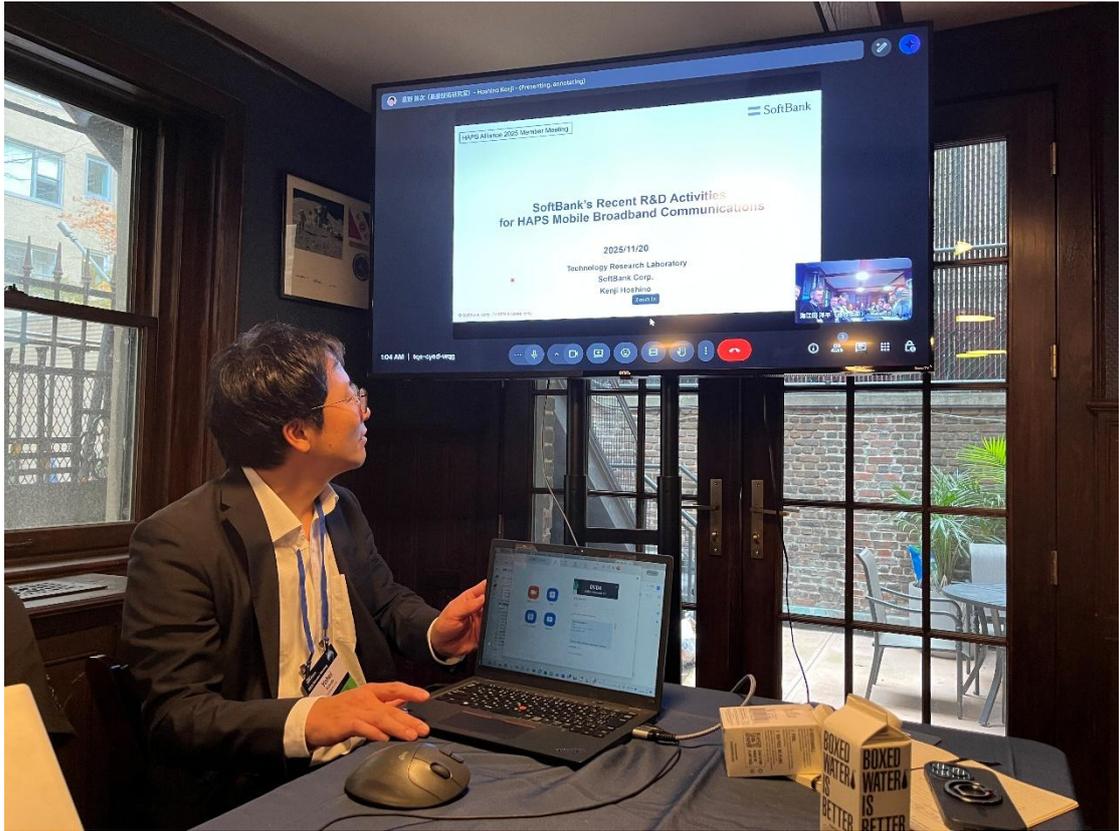


圖 4、SoftBank 技術分享
(資料來源：本報告拍攝)

SoftBank 今年 6 月整合其過往幾年的技術成果，包含曾於其繫留型飛船 ST-Flex 驗證的圓柱形天線，以及零位元控制技術來實現與既有地面基地臺的頻譜和諧。透過將飛機高度設定在 3 公里，穩定環繞八丈島進行飛行，並且搭載圓柱形天線提供涵蓋服務。根據實測，最遠可提供距離中心 15 公里處行動通訊服務，且最大下載速率可達 33 Mbps。



圖 5、SoftBank 分享於八丈島實測結果
(資料來源：本報告拍攝)

(3) 臺灣稜研科技 (TMYTEK) 分享技術成果

臺灣資通訊業者稜研科技分享其於毫米波天線深耕的技術成果，包含該公司已展開之相控陣列天線模組化設計與應用。

(4) 日本 (SoftBank) 之政策治理觀察

SoftBank 代表報告 Phase 2 (預商用) 監理規劃，此為會議中較具政策突破性的內容。日本現正設置 HAPS 專章之無線電規定，延伸現有 IMT 規格，使其能適用於平流層行動通訊⁶。服務鏈路與後傳鏈路採分層監理方式，其中服務鏈路使用頻段為 2.1 GHz，而後傳鏈路包含 38 - 39 GHz 與 2.5 GHz。日本同時考量基地臺型與中繼型兩種平臺型態，顯示政策端已朝商用邏輯處理，而不僅是實驗性質

⁶ 總務省. (2025 年 11 月 14 日). 「新世代モバイル通信システムの技術的条件」のうち「高高度プラットフォーム (HAPS) の技術的条件」.

引用自 https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000747.html

的頻譜管理。

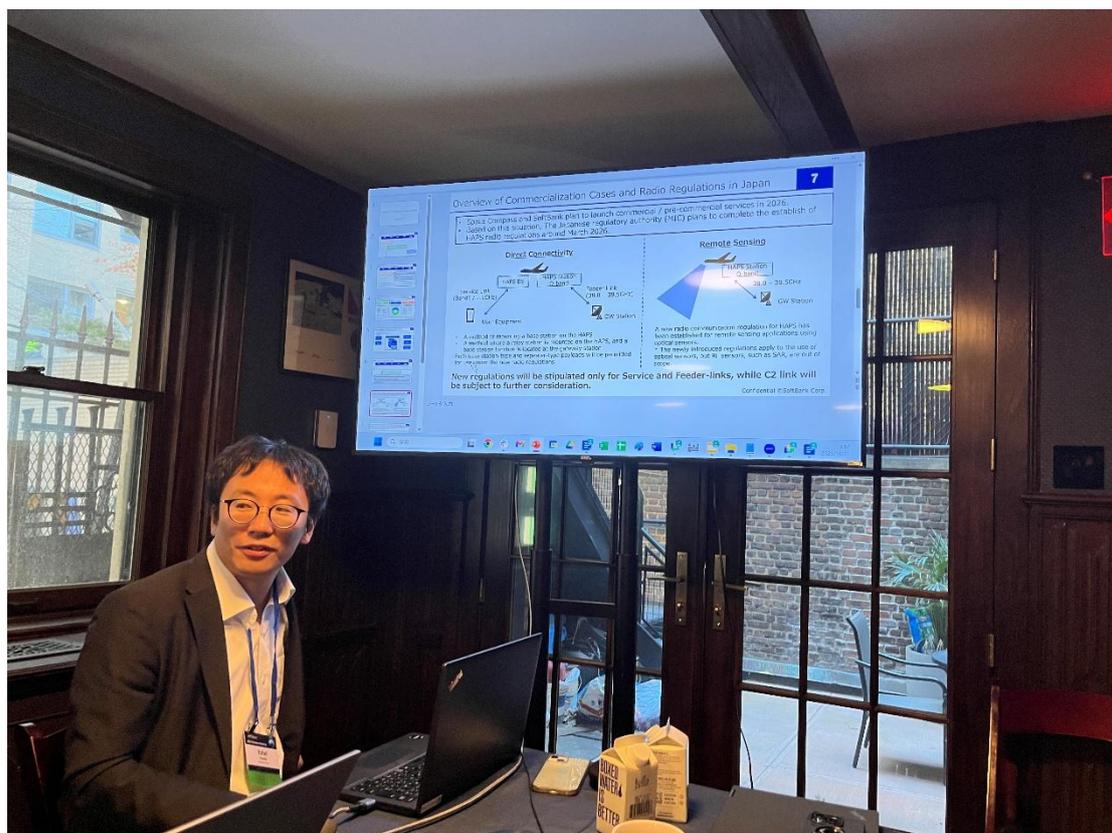


圖 6、SoftBank 分享日本發展方向
(資料來源：本報告拍攝)

日本的做法具有示範作用——其並非研擬全新制度，而是以「HAPS 專章補充 IMT」之方式形成政策框架，同時保留彈性調整之空間。此方式可供我國日後監理討論參考。

(5) 技術驗證案例：Abside Networks

Abside Networks 於會議中分享其與 NASA 合作之 Direct-to-Device 空中通訊測試。測試平臺在約 10,000 英尺高度執行，使用 100 MHz 頻寬之 N79 (4.4 - 5.0 GHz) 進行端到端 5G 連線。飛行方式包含螺旋式航跡與近距離測試，用以觀察動態波束追蹤與容量表現。

測試結果顯示，即使在具姿態變動的空中平臺上，圓形 ISA 天線仍能維持穩定波束指向，實測吞吐量超過 400 Mbps，並成功維持 Rank-2 MIMO。此成果在技術上具代表性，尤其其顯示高頻段直連模式可能優於早期低頻實驗（例如 Google Loon）。Abside Networks 計畫擴展到平流層高度，並願意提供測試資料供聯盟

未來白皮書及標準化討論參考。

(6) 會議結論與後續作業

整體而言，本場會議清楚收斂了三大方向：

首先，在標準與技術知識架構方面，數項白皮書將於近期陸續發布，並將再新增更貼近監理需求的「平臺運作」主題，顯示聯盟開始從純技術分析向系統化治理議題延伸。其次，日本監理政策逐漸具體化，採 IMT+HAPS 組合制定方式，對於平流層平臺概念邁向商業發展具有重要意義。最後，Abside Networks 分享的實測數據顯示平臺技術成熟度正快速提升，未來在偏鄉覆蓋、災害韌性與國防領域皆具有可行性。會議最後確認，工作小組將於近期公布白皮書撰寫架構與分工方式，並預計在下月召開跟進會議。

(二) 第一天下午第一場次專題報告

專題名稱：聯盟主席開場報告(Opening Remarks from HAPS Alliance President)

報告人：美國 Aerostar 副總裁—Russ Van Der Werff

會議一開始由聯盟主席，也就是美國 Aerostar 副總裁—Russ Van Der Werff⁷ 引言說明本次 HAPS 聯盟會員大會匯聚來自全球的平流層平臺、載具 (Payload) 設備、電信業者、使用端單位與監理機關代表，透過多場專題演講與工作小組交流，共同探討高空平臺 (HAPS) 在通訊、感測與國防應用的最新發展趨勢。主席進一步說明，聯盟核心願景為「解鎖平流層」，亦即利用平流層的最新通訊平臺技術以強化民用與政府領域的通訊與感測等服務，聯盟的努力方向如下圖所示：

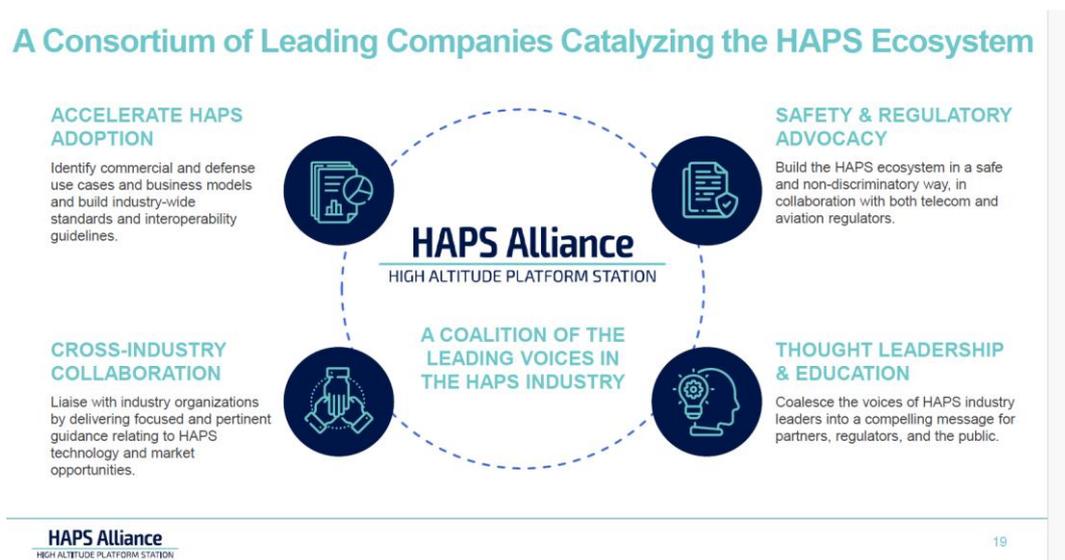


圖 7、HAPS 聯盟成立的目的與實踐方法
(資料來源：HAPS Alliance)

除此之外，綜觀本次大會內容，不僅涵蓋會員針對新興科技與應用之技術突破發表，更有政府與國防單位的觀點分享，以及跨產業應用經驗回饋，呈現 HAPS 產業從技術驗證邁向實際部署與市場化的重要轉折點⁸。

另外，聯盟透過最近一年來的努力，成果包含新增了 18 個新會員，使得目前聯盟成員超越 100 個會員門檻，完整會員名單如下圖：

⁷ Russ Van Der Werff, <https://www.linkedin.com/in/russvdw/>

⁸ 參見 <https://web.cvent.com/event/9e4abc40-e8ee-4b77-8a90-dea3d027d609/summary>

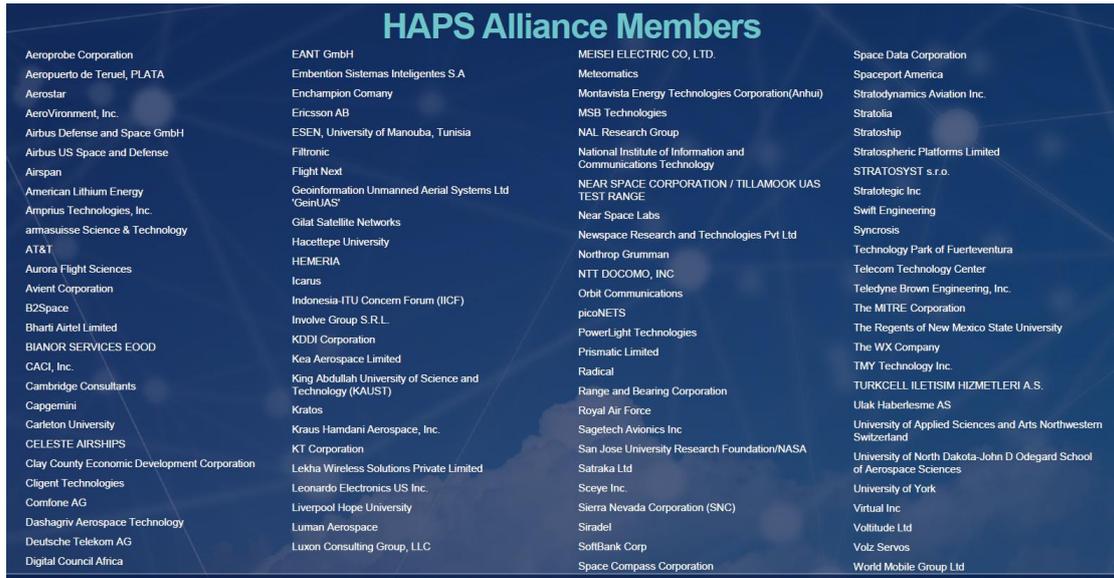


圖 8、HAPS 聯盟截至 2025 年 7 月 1 日仍存有會籍之會員名單
(資料來源：本報告拍攝)

並且，聯盟於今年連續發布了 3 份架構白皮書⁹，其中包含國防應用工作小組首份成果，聚焦 HAPS 系統於國防領域的技術成熟度與整合應用，為相關單位提供重要參考依據。

當前的 HAPS 聯盟理事會由 Aerostar、Sceye、日本軟銀集團 SoftBank 以及德國電信 Deutsche Telekom AG 等四家企業共同組成¹⁰，持續推動聯盟營運、產業倡議與國際合作。再者，主席呼籲支持 HAPS 聯盟的發展與 HAPS 產業的永續推動，成功關鍵在於會員廣泛的參與，例如透過每月工作小組會議與跨界協作，才能確保技術、法規與商業模式同步發展。

最後，主席表示根據近期會員相互交流的態度與各項資料數據顯示，HAPS 產業正逐步從概念驗證走向規模化應用，未來有望成為介於飛機與低軌、高軌衛星之間的關鍵通訊與感測基礎設施，為全球數位連結與國防安全帶來嶄新動能。

⁹ 參見 <https://hapsalliance.org/publications/>

¹⁰ 參見 <https://hapsalliance.org/our-members/>

(三) 第一天下午第二場次演講

專題名稱：會議主辦方報告 (Sceye, Inc. Host Presentation)

報告人：美國 Sceye, Inc.—Mikkel Vestergaard

Mikkel Vestergaard¹¹作為美國 Sceye 公司創辦人兼 CEO，2014 年 Mikkel 創立 Sceye，一家專注於研發與營運新世代高空平臺站 (HAPS) 的材料科學公司。Sceye 的太陽能平臺於平流層約 65,000 英尺高度運作，能即時提供網際網路連線服務，並擷取高解析度地球影像。在 Sceye 公司的創新影響下，不僅有助於實現全球普及且公平的寬頻網路服務，也可強化氣候變遷監測能力，並大幅提升天然災害的即時偵測與應變效率。

2025 年 HAPS 聯盟年會由 Sceye 公司主辦，並透過特殊關係才能順利於美國紐約上東城區一非常具歷史文化意義的地點—探險家俱樂部 (The Explorers Club) 舉行。Mikkel 分享 The Explorers Club 的歷史沿革，並且說明 HAPS 與平流層對未來連結、觀測及人類發展的重要性。同時，分享其個人生命歷程與創業故事。

本場演講為 HAPS 聯盟社群接下來為期兩天的深度對話與實際行動揭開序幕，奠定合作交流與策略發展的核心基調。

¹¹ <https://www.explorers.org/the-explorers-club-welcomes-mikkel-vestergaard-frandsen-to-the-board-of-trustees/>

(四) 第一天下午第三場次專題報告

專題名稱：高空氣球如何成為地球問題的解答 (How Space Balloons Answer Earth's Questions)

報告人：義大利 Involve Space 公司 CEO—Jonathan Polotto

主講者 Jonathan Polotto¹²開宗明義闡述了高空平臺系統 (HAPS) 正日益被視為「可顛覆傳統衛星的替代方案」之事實，尤其是在經歷這麼多年類似 Google Loon 等計畫的發展之後，對於發展 HAPS 的產業界而言，向潛在客戶解釋平流層的潛力及解決方案的商業價值，已經是越來越容易的事。易言之，因 HAPS 具備成本更低、部署速度更快且可取得超高解析度資料等優勢，因此，此刻正是部署商業化解決方案的時刻。Involve 創辦人介紹該公司所持有之特殊技術，能將可重複使用的平流層平臺從單次任務，發展為可規模化部署的星群系統 (constellations)，進而提供連續性監測與電信通訊服務。以下分點詳述：

1. Stratospheric Balloon (平流層氣球) 系統簡介

2021 年 Involve 啟動了旗下的 Stratospheric Balloon (平流層氣球) 系統。如下圖示，為最早期的單機型平臺，也是主要原型版本。另外，照片中的氣球高度約 20 公尺，直徑也約 20 公尺，則係我們的標準型設計，目前 Involve 公司基本上有兩個主要尺寸版本，寬度相當可觀。

此外，在氣球下方有一個約 1 公尺高的艙體 (吊艙)，內部整合了飛控系統、電子設備、各式酬載，當然也包含即時下傳資料至地面的通訊系統。

¹² Jonathan Polotto 是 Involve 的執行長兼創辦人。Involve 航太公司致力於製造可重複使用的平流層平臺，用於超高解析度地球觀測和電信服務。

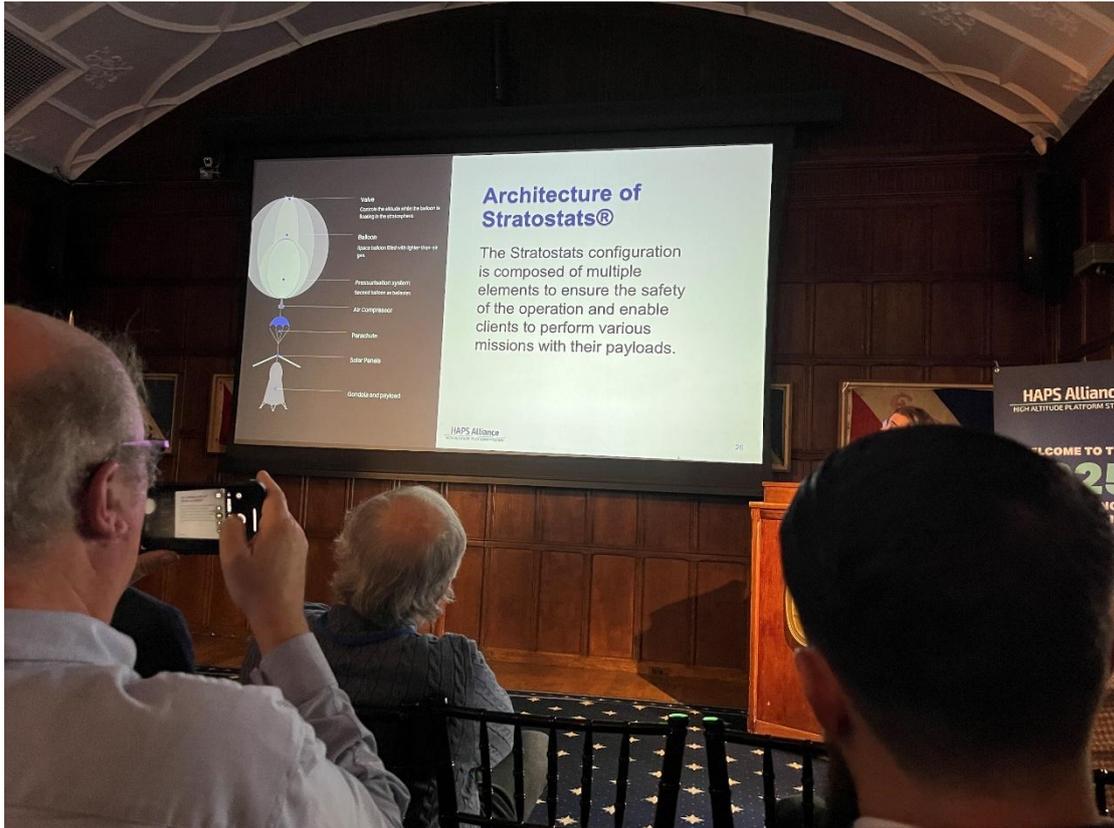


圖 9、Stratospheric Balloon 平流層氣球酬載組成
 (資料來源：本報告拍攝)

2. 平流層氣球系統之應用

Stratospheric Balloon 計畫在過去三年內，已執行約 30 次商業任務，主要應用於：

- 基礎設施監測
- 天然災害監測
- 國防應用

事實上，回顧整體計畫的發展歷程，八年前第一次進行最原始的實驗性發射時，其實只有單純依當時美國一些實驗手冊複製實驗而已，而至今本專案總共已完成 200 次測試飛行，實際累積飛行距離是極為可觀的。

目前本專案正在實現的目標，特別是著重在義大利與整個歐洲，同時也包括在美國的擴張布局，其中的實際應用包含所有與物流、交通、基礎設施監測相關的部署，在歐洲對各式企業來說，都極為重要。尤其，針對機場、高速公路、鐵

路系統，也就是所有我們所說的一以非常快速度運轉的系統，更顯現出高空監測系統的價值性。

此外，所有與能源產業、能源基礎設施相關的部分，也是相同的邏輯，因此我們會搭載不同類型的酬載。我們基本上可以取得資料、關鍵資料，例如關鍵輸送管線的狀態數據，或是有關地面安全的關鍵安全資訊。簡單來說，平流層的潛力極具影響力，但目前仍尚未被完全解鎖或充分釋放。

3. 平流層氣球系統與衛星之差異

Jonathan 指出，Involve 與許多原本使用衛星影像的客戶溝通，了解到他們長期面臨的兩大問題，包含：

- 重訪時間 (revisit time) 過長
- 解析度受限，尤其是夜間高解析度問題無法克服

換句話說，使用衛星服務例如即時影像之收集時，即是依賴衛星本身的軌道與能力，必須等該衛星再次通過相同的關注區域才能取得影像，例如要監測紐約，必須等下一次衛星再飛過來拍攝影像；但如果要即時監測變化快速的目標，例如即時通訊負載或突發事件，事實上是不可能，技術上做不到的。

是以，我們需要的是一種，能即時飛行在上空、如同「空中飛行中的導引平臺」的系統（如下圖示），以便即時並精準理解地面正在發生的事，這正是我們開發這套系統的原因。

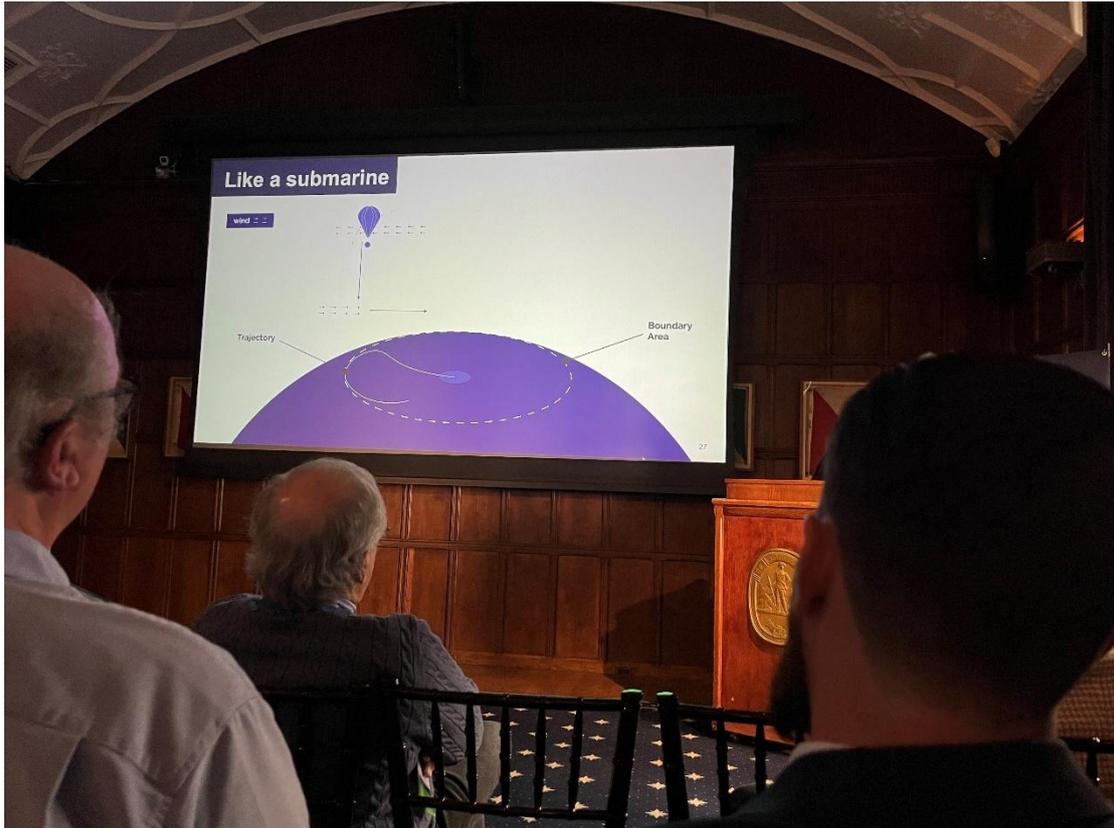


圖 10、Stratospheric Balloon 平流層氣球可控制於特定範圍
(資料來源：本報告拍攝)

4. 平流層氣球系統雙平臺架構

Stratospheric Balloon 系統是可規模化 (scalable) 的原因在於，Involve 不只是部署氣球，也親自製造氣球、設計氣球。因此，我們可以根據主體結構設計，靈活調整氣球的尺寸規模。這一點非常重要，因為我們目前有兩種平臺版本。其中一種 20 公尺高的大型氣球平臺，可承載約 100 公斤的酬載；但當然，它的部署並不簡單也不算快速，部署一次大約需要三個小時的作業時間；而且更需要一個類似太空港 (Spaceport) 的發射場地。這一型平臺可以執行多種任務，例如：飛行驗證、各類測試任務與科學任務等。

隨後 Involve 又開發了另一種解決方案，也就是更輕量的版本，其搭載的是較輕的標準化酬載，例如攝影機與各式感測器，可支援光學影像、參數型影像、多光譜影像…等，除可在 40 分鐘內完成部署外，更可由卡車直接施放，用於空域監測、緊急災害應變及國防即時任務等。

另外，在透過與歐洲太空總署（ESA）的合作，Involve 正在開發搭載合成孔徑雷達（Synthetic Aperture Radar, SAR）的輕量防衛型版本平臺，也能在部署速度上可以變得更快速。

5. 目前輕量高空氣球平臺實際執行狀況

(1) 每週對米蘭進行高解析度監測

現正與義大利的民防單位合作，特別是米蘭的團隊，使用 Involve 輕量級的氣球平臺，刻正針對米蘭所有區域進行精細化的解決方案規劃，基本上是以 3 顆氣球來建立戰略區域高精細度地圖（如下圖示）。



圖 11、Involve 輕量高空氣球提供即時高精細度米蘭區域圖
（資料來源：本報告拍攝）

透過上述平臺，經過多次反覆測試與改良後，達到於 40 分鐘內部署氣球的成果。我們找到了一種既能快速部署、又能在這類應用中發揮重大影響力的氣球設計。本專案未來規劃擴展至義大利羅馬以及一些美國主要城市，終極目標是建立類「衛星資料平臺」的商業模式，讓使用者可直接登入平臺、下載指定區域資

料，然後進行所需要的類別分析。

(2) 高空氣球平臺部署與技術細節

呈上所述，在米蘭等地由高通平臺於拍攝高度約 20,000 公尺所提供之影像，其解析度能力目前可達 10 公分的像素解析度¹³，據了解此種等級的影像已能滿足大部分的國防單位需求，以及能源設施監測、鐵路、道路、交通管理與鐵路、高速公路安全評估等應用。

此外，講者也介紹 Involve 的發射基地部署大型平臺（如下圖）給與會專家學者參考，在需固定發射場方面，主要發射場在義大利中部（佛羅倫斯附近），另在義大利南部太空港也有發射並執行地中海監測專案。在美國休士頓太空港（已完成首次發射測試）。

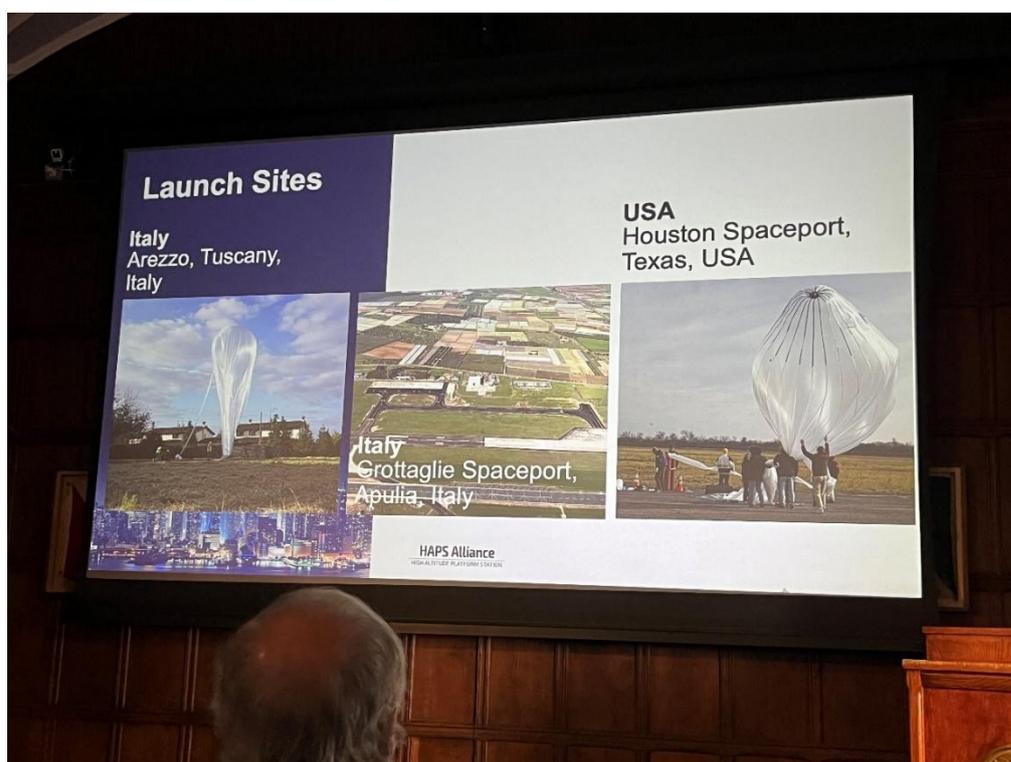


圖 12、Involve 高空氣球平臺發射基地
（資料來源：本報告拍攝）

最後，Jonathan 強調 Involve 最具機動性的優勢來自於輕量平臺，因其完

¹³ 換算成正確單位應為 300 DPI \approx 1182 像素。

全不需要固定發射場，可由卡車直接部署，且在 30 至 60 分鐘即可升空執勤，並可即時支援災後救援、國土安全與國防即時偵蒐等任務。更重要的，對於 Involve 而言，HAPS 平臺並非要取代衛星，而是「補強衛星」的不足（例如：解析度與即時性）。因此，我們也刻正與多家衛星影像公司整合資料，包括義大利的 Planetek¹⁴、以及歐洲的 Planet¹⁵等。

¹⁴ <https://www.planetek.it/en>

¹⁵ <https://www.planet.com/>

(五) 第一天下午第四場次專題報告

專題名稱：從地面到太空—相控陣列實現高韌性網路 (6G from Ground to Sky—
Enabling NTN, HAPS & SATCOM with Phased Arrays)

報告人：臺灣稜研科技 (TMYTEK) —Jackrose Kuo

Jackrose Kuo 於本場次專題演講中，分享 TMYTEK 的相控陣列 (phased array) 創新如何實現無縫的非地面網路 (Non-Terrestrial Network, NTN) 通訊和 SATCOM (衛星通訊)，以滿足對靈活、高成本效益和任務就緒架構日益增長的需求。本場講座重點介紹 Ku/Ka/Q 頻段的電子掃描陣列 (ESA)，並且分享在今年大阪世界博覽會成功地將其相控陣列技術應用的實例。

其模組化堆疊 (tile-up) 設計支援多波束、波束分裂以及在 LEO (低軌)、MEO (中軌)、GEO (高軌) 和 HAPS 平臺之間的超快速切換。這些相控陣列解決方案為閘道器、用戶終端和雷達應用提供動力，為 NTN 和 6G 部署帶來軟體定義的敏捷性和可擴展性，詳細內容說明如下：

1. 目的為完善整體天空基地臺

天空基地臺主要指衛星系統，包括傳統的地球靜止軌道 (GEO)、中軌道 (MEO) 以及近年快速發展的低軌道 (LEO) 衛星。若要將地面網路與非地面網路整合，高空平臺站 (High Altitude Platform Station, HAPS) 被視為關鍵。透過 GEO、MEO、LEO 與 HAPS 所形成的多層次平臺，方能建構完整、無縫且可靠的通訊網路。

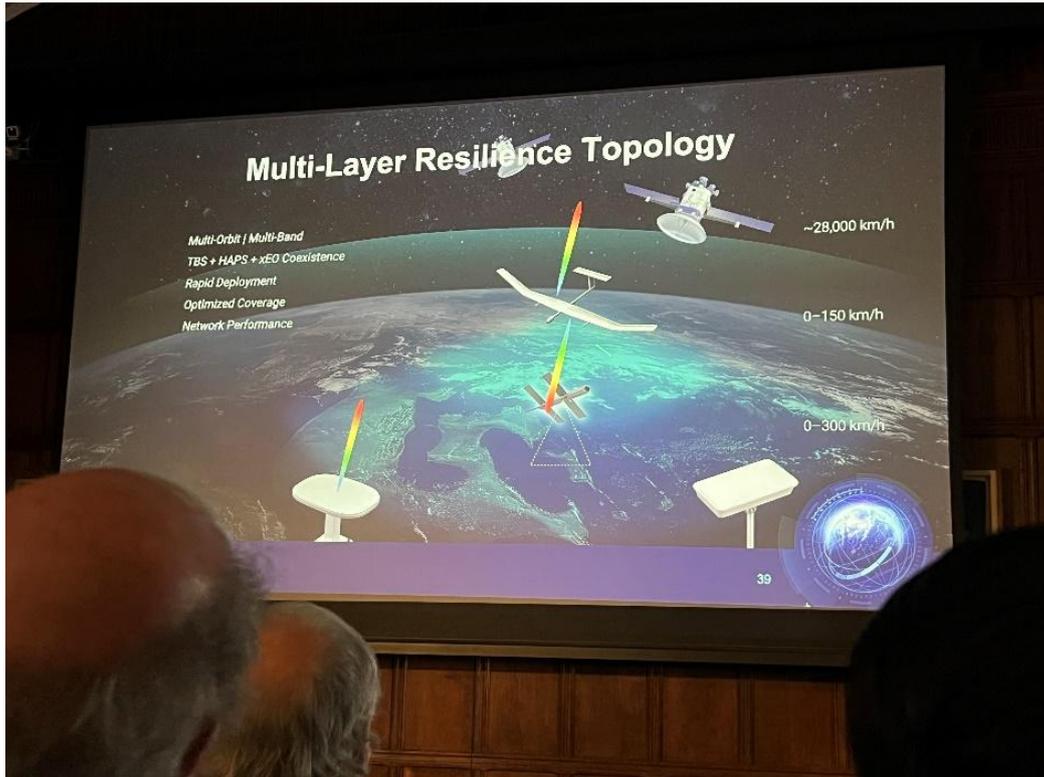


圖 13、天空基地臺組成
(資料來源：本報告拍攝)

2. 使用技術：毫米波技術、相控陣列、多軌道與多波束通訊

毫米波具備大頻寬與高速傳輸的優勢，但其訊號傳播距離有限。為解決此問題，相控陣列天線成為有效方案。TMYTEK 自 2017 年起提供毫米波儀器，協助全球工程師進行研究；近年更投入毫米波相控陣列模組的開發，應用於 5G/6G、回程 (backhaul)、車載與國防領域。相控陣列技術雖已存在三十餘年，但過去因成本高昂而主要用於軍事與航空。TMYTEK 透過模組化設計降低成本並提升效率。通用模組可重複使用，僅需針對約 30% 的部分進行專案化設計，藉此加速開發並提升成本效益。

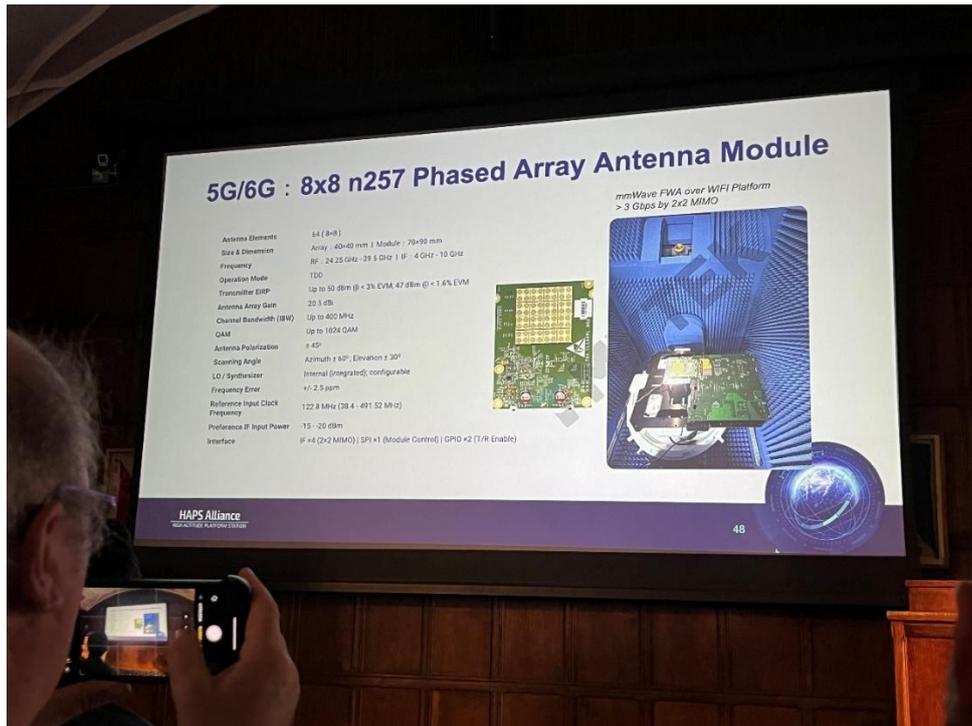


圖 14、TMYTEK 所研發模組化之相控陣列天線規格
(資料來源：本報告拍攝)

眾所皆知，衛星產業正朝向多軌道、多頻段的接收拓撲發展，不同公司針對不同客群定位，例如 Starlink 以消費者市場為主，而其他業者則專注於企業、政府與國防客戶。這些客戶的共同需求是具韌性的網路，能在任何情境下保持連線。因此，多軌道通訊成為解決方案。換句話說，在非地面網路（NTN）與未來 6G 部署的發展脈絡中，電子掃描陣列（Electronic Scanning Array, ESA）技術扮演關鍵角色。TMYTEK 所提出的 Ku、Ka 與 Q 頻段相控陣列模組，透過模組化堆疊（tile-up）設計，能支援多波束生成、波束分裂以及跨軌道平臺的超快速切換。此設計理念不僅降低了傳統軍用與航空領域 ESA 的高昂成本，更使其具備大規模生產與商業化的可能性。透過模組化積木式的重複利用，僅需針對部分專案進行客製化設計，即可快速完成系統整合，進而提升成本效益與研發效率。此技術的應用範疇涵蓋地面閘道器、用戶終端以及雷達系統，為多層次通訊架構提供了高度靈活的解決方案。

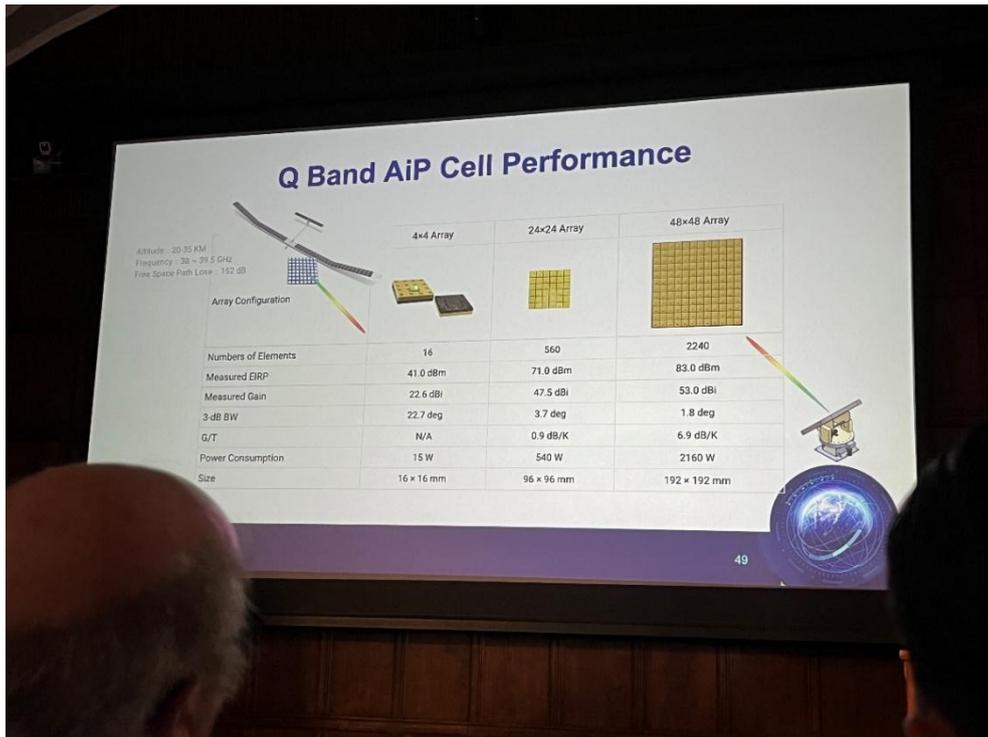


圖 15、稜研所研發 HAPS 之天線-用於 Q 頻段（33 - 50 GHz）
（資料來源：本報告拍攝）

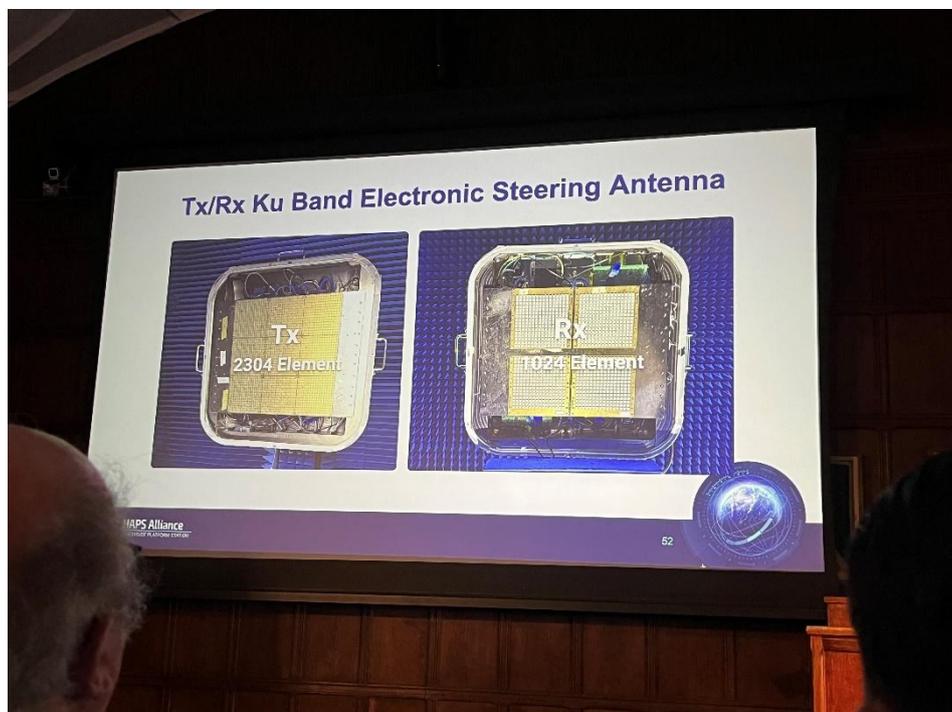


圖 16、稜研所研發 HAPS 之電子掃描陣列天線
（資料來源：本報告拍攝）

更重要的是，ESA 的模組化設計賦予系統軟體定義的敏捷性與可擴展性，使其能在 LEO（低軌）、MEO（中軌）、GEO（高軌）以及 HAPS（高空平臺站）之間進行即時切換，確保通訊的韌性與持續性，此多層次通訊架構結合 HAPS，能提供真正的無縫網路。

此外，多波束技術亦為必要，因若僅依靠單一波束，追蹤過程中可能失去連線；多波束設計則能確保穩定性。TMYTEK 刻正與國際合作夥伴共同開發多軌道使用者終端，核心技術亦包含可切換協定的軟體數據機與相控陣列天線。

3. 稜研的 HAPS 的戰略藍圖

HAPS 運行於平流層約 20 公里高度，以採用太陽能驅動的無人機為例，約可持續運行長達 40 天。其優勢在於距離地面較近，訊號品質優於衛星，且部署成本低於衛星系統。

另外，HAPS 具備兩種回程路徑：其一為毫米波饋電鏈路，將資訊回傳至地面閘道器；其二為衛星回程，確保在地面站點受損時仍能維持連線。TMYTEK 的此架構使 HAPS 成為非地面網路（NTN）的理想平臺。

在近期執行日本專案中，TMYTEK 負責毫米波酬載與回程端設計，並開發涵蓋 37 – 43 GHz 的天線封裝，適合大規模生產。此技術已於大阪世博會進行示範，並獲得 NTT DOCOMO 的肯定，如下二圖：

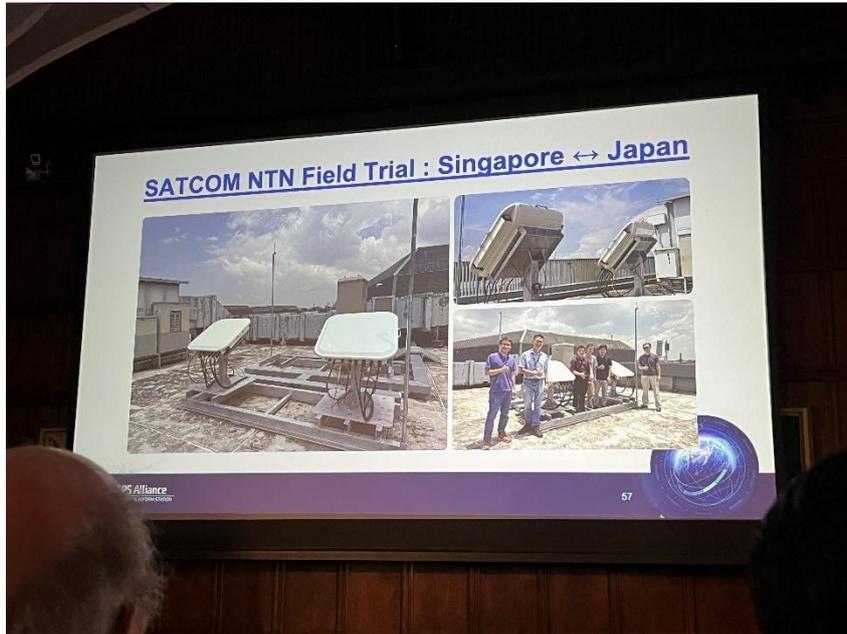


圖 17、TMYTEK 於今年日本大阪世博展示成功案例
 (資料來源：本報告拍攝)

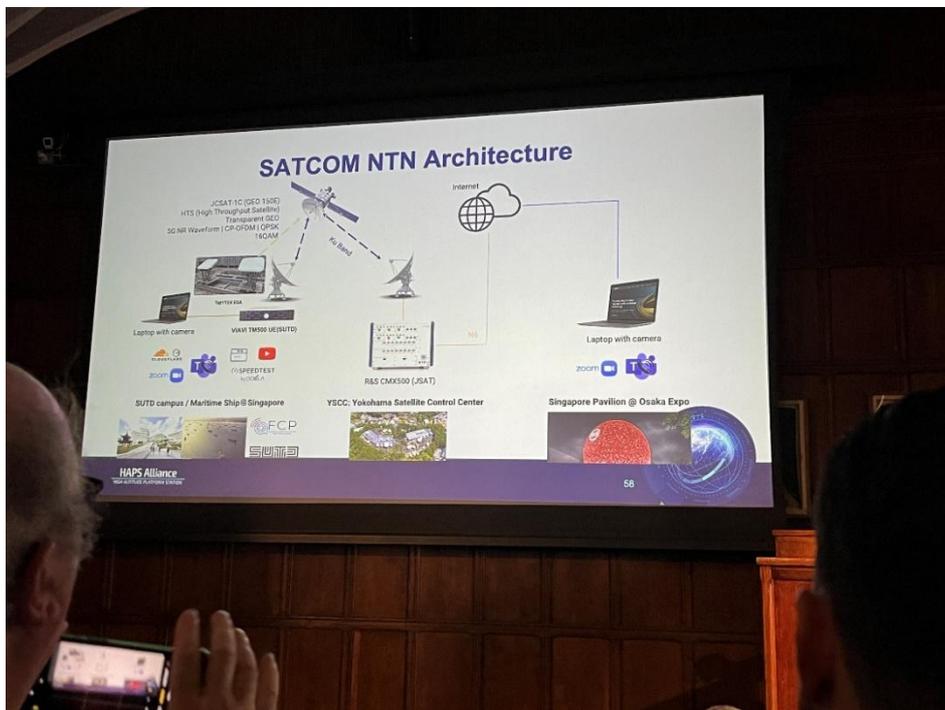


圖 18、TMYTEK 於今年日本大阪世博展示成功案例
 (資料來源：本報告拍攝)

4. 結論與政策建議

在研發及應用上述技術時，不得不提到有關戰略部屬與國防應用面向上，TMYTEK 的創新可為國家帶來何種防衛量能的提升。以臺灣為例，目前僅有 14 條海底電纜¹⁶，其中部分已受損，顯示網路基礎設施的脆弱性。HAPS 可作為戰略性補充，應用於災害監測、臺灣海峽監視及颱風預測，並可結合人工智慧提升精準度。在戰事或極端情境下，HAPS 能確保通訊頻道持續運作，維持國防與社會韌性。

HAPS 系統不僅具商業價值，更攸關國家安全與主權。臺灣需自主部署 HAPS 網路，確保韌性與獨立性，並結合 AI 技術進行威脅管理與預部署。政府應制定戰略計畫與產業路線圖，提升至國防層級，加速部署並驗證使用情境。唯有如此，方能建立普及網路（ubiquity network），透過多層架構與數據驅動，持續推動創新與韌性。

¹⁶ 備註：對於臺灣的海底電纜總數引用資料有誤。

(六) 第一天下午第五場次專題報告

專題名稱：高空防衛行動 - 英國國防部 AETHER 專案 (High Altitude Defense Operations - UK MOD Project AETHER)

報告人：英國皇家空軍飛行中隊長—Ben Parkin

Ben Parkin 所介紹之研究計畫，係由英國國防體系所主導，目的在於回應當前英國國防與透明治理相關之作業能力缺口。本場專講透過說明英國平流層作業化計畫「Project AETHER」之政策背景、能力定位、技術驗證試驗成果，以及後續發展方向，讓與會者對於政府國防端正進行的專案有所掌握，相關內容詳述如下：

1. Project AETHER 計畫之政策背景

經英國國防部多次內部稽核後發現，現行國防體系在「超高持續性 (ultra-persistent)、廣域監視 (wide-area surveillance)」方面存在結構性能力不足。為彌補此一缺口，英國政府遂正式編列專案經費，系統性評估當時市場上可行之技術解決方案。Project AETHER 於 2018 年正式成立，整體專案期程規劃約 10 年，預期總投資規模達 2.02 億英鎊，其核心任務在於建立一套可長時間駐留於平流層之情報、監視與偵察 (Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, ISR) 能力體系。

2. AETHER 之作業區域與能力定位

依據未來作業構想，AETHER 設定其主要作業空域涵蓋了全歐洲地區、北極高緯度地帶 (High North) 並且向東延伸之其他戰略區域。又為符合作業環境需求，AETHER 系統平臺必須具備於高緯度地區「全年 365 天、每日 24 小時」持續運作之能力。此外，AETHER 並非傳統意義下的單一武器系統，亦非用以取代既有的空中、海上或太空偵察平臺，而是將其功能定位為：

- 加厚既有情報、監視與偵察分層架構
- 與現存多域偵察平臺形成互補
- 於戰爭期間即時填補能力缺口
- 於平時亦具備穩定支援價值

該系統同時具備可消耗性 (Attritable)、低成本 (Low-cost)、高性價比 (Value-for-money)、可快速部署 (Rapidly deployable) 且近用性高 (High availability) 等政策與作戰關鍵特性。AETHER 亦被定位為可同時支援陸、海、空三軍作戰單位，並為英國政府在國家安全、關鍵基礎設施防護與整體韌性建構方面，提供額外戰略選項。

3. 英國對 HAPS 政策定義與平臺取向

在詳細介紹本專案應用與執行細節之前，必須先有一個英國政府看待 HAPS 的背景知識，亦即在英國國防體系中，「高空平臺系統 (HAPS)」係被界定為介於「太陽能電動滑翔機」與傳統平流層平臺之間的技術型態。目前以太陽能電動飛行器為基礎之 HAPS，在航程與高緯度續航能力上仍無法完全符合英國多數軍事任務需求，因此其相關試驗發展進度暫時放緩。

然而，在中緯度地區之特定應用場景中，HAPS 仍展現高度應用潛力，尤其是在非戰鬥人員撤離行動 (Noncombatant Evacuation Operations, NEO)、人道援助與災害救援 (Humanitarian Assistance and Disaster Relief, HADR)、5G 臨時通訊節點架設等情狀下之任務類型中，HAPS 可提供具高度價值之通訊與感測支援。

4. AETHER 平流層氣球試驗之執行

(1) 執行背景

AETHER 計畫現階段之重點試驗工作，主要集中於「氣球型平流層平臺 (High-Altitude Balloons, HABs)」領域。所有實體飛行驗證均於美國本土進行，包含大規模跨州飛行測試，以驗證高空氣球之航程能力與有效載重表現。

經歷過多次試驗結果使研究團隊得以充分掌握高空氣球之力學飛行特性、氣流條件對任務持續性的影響，以及回收階段對地面作業之影響等重要資訊，此一系列結果亦成為後續對產業提出具體技術規範與極限要求之依據。

(2) 美國南達科他州 (South Dakota) 高緯度多日持續試驗

在預算回收條件允許下，研究團隊於去年規劃並實施一次「多日高緯度氣球試驗」。該試驗須於極為緊縮之時程內完成，並對外公開競標，共有三家主要廠商聯合得標：

- Aerostar：提供位於南達科他州蘇瀑市 (Sioux Falls) 之飛行與工程操作基地，並供應 3 套 Lightning 氣球系統。
- Voltitude：提供 12 套微型高空氣球系統 (Micro High-Altitude Balloon) 及至少 24 架次所需備品。
- Landguard¹⁷：提供 15 組 Gansman L531 X-Ray SDR 任務載荷。

此外，蘇瀑市本身亦因其都市地形、高緯度與極端低溫條件，被視為第四項關鍵試驗條件。

(3) 實際試驗成果與 ISR 持續性驗證

本次於美國南達科他州整體飛行成果如下：

- 共發射 23 顆 Stratosonde 微型高空氣球
- 總飛行時數：311 小時 (其中 272 小時於 60,000 呎以上)
- 共發射 3 顆 Lightning 高空氣球
- 總飛行時數：72 小時 (其中 68 小時於 60,000 呎以上)

第一階段在低風速條件下，需動用 14 顆氣球方可維持 7 日無間斷情報、監視與偵察覆蓋，推算 30 日需約 42 套系統。第二階段在高風速條件下，發射間隔縮短至每 8 小時一次，成功創下目標區域 (Area of Interest, AOI) 內零「時間間隙」(Gaps) 連續情報、監視與偵察 (ISR) 覆蓋紀錄 (詳如下圖)，推算 30 日需約 90 顆微型高空氣球 (若不進行回收與重複使用)。

值得注意的是，本次所有氣球與載荷均成功回收於南達科他州境內，且多數

¹⁷ <https://www.landguardsystems.com/>

載荷具備重複使用能力。

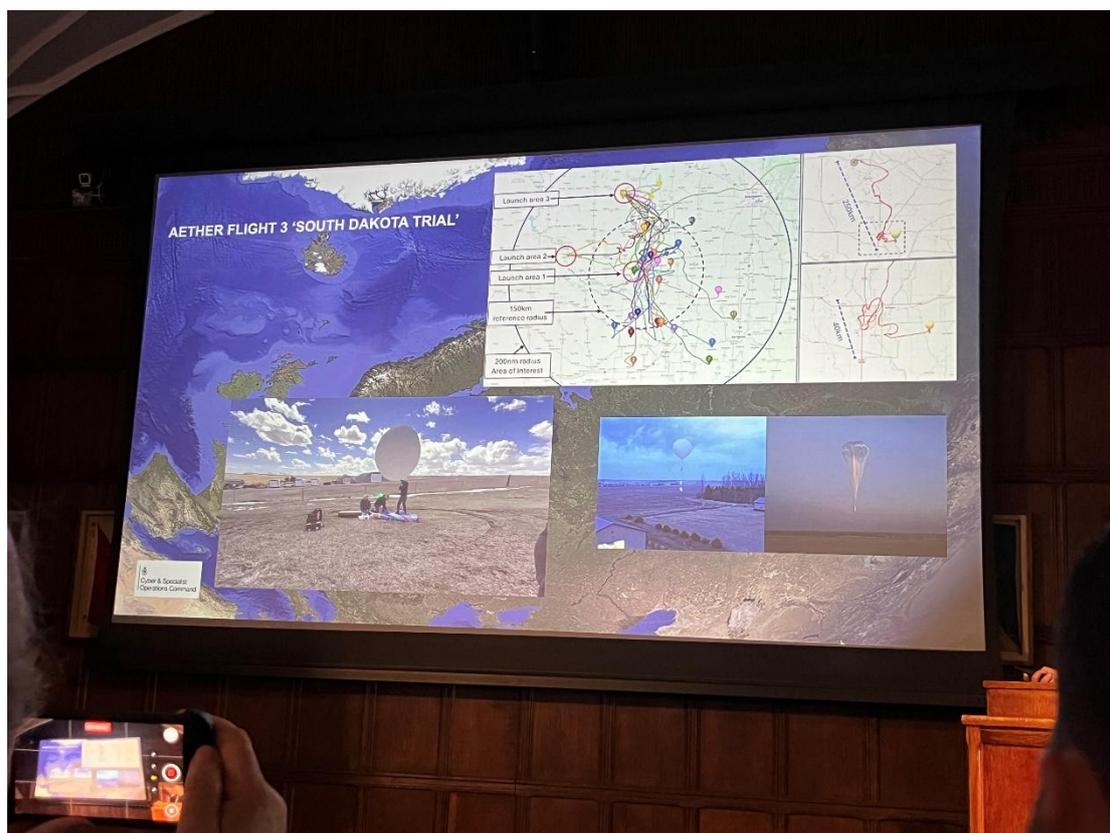


圖 19、至美國南達科他州試驗場地與飛行紀錄
(資料來源：本報告拍攝)

本次試驗成果後續已彙整為正式評估報告，並由英國國防採購事務部長向國會進行專案簡報，該次彙報亦被形容為高度關鍵之政策決策參考依據。

5. Project AETHER 未來三大發展方向

(1) 第三階段作戰概念驗證

AETHER 第三階段將作為「作戰概念驗證系統」，並預計納入 2027 年無畏之盾 (Formidable Shield 2027) 多國海上演習，在蘇格蘭北方海域執行兩項技術，包含：氣球與艦艇之自由空間光學通訊 (Free-Space Optical Communication, FSO) 以及艦艇與陸地間之即時回傳。測試完成後，將正式列入部隊之決策依據。

(2) 飛彈防禦與高超音速監測整合

AETHER 同步配合英國飛彈防禦體系，監測俄羅斯長程轟炸機與潛在高超音

速威脅，並納入國家通訊韌性體系。

(3) 氫能源 HAPS 與 Project Arcturus

另與英國空軍單位合作推動 Project Arcturus，評估氫能源 HAPS 於高空任務之可行性。

(七) 第一天下午第六至九場次專題報告

專題名稱：飛航載具、電信、市場溝通及國防應用小組工作進度更新 (Aviation Working Group Update、Telecommunications Working Group Update、Marketing Communications Working Group Update & Defense Applications Working Group Update)

報告人：飛航載具小組召集人—Bob Lee、電信小組召集人—Jaroslav Holiš、市場溝通小組召集人—Sara Yellin 與 Abby Dickes，及國防應用小組副召集人—Kyle Doverspike

1. 飛航載具工作小組 (Aviation Working Group)

(1) HAPS 聯盟飛航載具工作小組的使命、願景與核心理念

飛航載具工作小組首要使命與總目標是與各利害關係者能共同合作，以達到加速安全、可靠之 HAPS 系統的技術成長，從而釋放平流層的全球服務潛力。為達成此目標，飛航載具工作小組積極與各國監管機構和利害關係人分享以 HAPS 聯盟為中心的營運概念 (concept of operations)，藉此尋求最佳的前進路線。

本組重點工作為產出白皮書和監管指引，並透過外部活動來影響法規，例如與國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO)、歐盟航空安全署 (European Union Aviation Safety Agency, EASA) 和美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 等監管單位進行聯絡工作，期能在 HAPS 相關官方指引和監管法規的訂定過程發揮影響力。再者，HAPS 聯盟最新相關出版文件已於 2025 年 5 月發布，此願景文件正受到業界和監管機構的關注，如美國聯邦航空總署正針對此一概念進行內部討論，民用飛航服務組織的全面飛航服務願景 (Civil Air Navigation Services Organization Complete Air Traffic System, CANSO CATS) 中亦包含該文件提及之內容。

(2) 國際監管合作與技術驗證重點工作

本工作小組目前積極參與多個國際工作流程，以推動 HAPS 進入全球空域。舉例說明，在空域交通管理 (Traffic Management) 方面，小組成員與 NASA 積

極合作，參與 E 級空域交通管理¹⁸（Upper-Class E Traffic Management, ETM）的持續發展。另外，在國際標準制定方面，本小組更直接參與了 ICAO 的兩個主要工作流程，一是直接參與起草針對「輕於空氣的高空平臺」（Lighter Than Air HAPS, LTA HAPS）的指引文件，其初稿已處於成員國諮詢階段；另一項是成立了工作組來制定全球「更高空域行動」（Higher Airspace Operations, HAO）願景文件。此外，工作小組成員還參與無人系統規範制定聯合機構（Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems, JARUS）的作業風險評估（Specific Operations Risk Assessment, SORA）等標準制定活動。

(3) 展望 2026 年至 2029 年，飛航載具工作小組的重點工作

- 試飛驗證：計劃在 2027 年進行飛行試驗，以展示多個 HAPS 在平流層進行協作營運的能力。
- 治理與數據共享：將建立「上層 UTM」治理機制，並在 2026 年致力於數據共享和治理協定的制定，為 2027 年的試驗做準備。
- 風險與收費框架：針對無人系統規範制定聯合機構（JARUS）作業風險評估，提出評估空中與地面風險的業界提案。同時，起草 HAPS 使用有限安全服務的收費框架。
- 合作與資訊交換：與民用飛航服務組織合作，將 HAPS 飛行活動與其全面飛航服務願景營運概念的實施里程碑對齊。

綜上所述，以上工作項目包含利用國際試驗來驗證營運概念、指導文件、操作程序、跨境轉換，以及建立治理機制，都是為了加速 HAPS 技術的商業化和提升相關法規成熟度。

¹⁸ ETM 係針對國家空域系統（National Airspace System, NAS）中，於 FL600（飛航高度 60,000 呎）以上所進行飛航作業之空域管理概念。隨著近年相關技術的快速進展，對平流層空域的使用需求顯著提升，各類飛行載具型態日益多元，且其操作模式亦呈現高度混合化，進而為建立一種具備協作性與互動性的空域交通管理新視角，創造了嶄新的發展契機。請參考：<https://hsi.arc.nasa.gov/groups/aol/research/etm.php>, Upper Class E Traffic Management, NASA, 2024.（最後瀏覽日:2025/12/10）



圖 20、飛航載具小組工作進度更新
(資料來源：本報告拍攝)

2. 電信工作小組 (Telecom Working Group)

召集人 Jaroslav Holiš 表示，小組目標非常明確，即是正在推動一個「能整合不同標準化負責組織的樞紐 (hub) 架構」，特別是在法規與標準制定層面。以近年最重要的成果來舉例說明，在 SoftBank 的領導與協助下，自 2023 年起，HAPS 聯盟已成功讓「地面頻譜」可大量適用於 HAPS 應用。對於業者與操作者而言，能於平流層直接使用基地臺，而不必面對繁重的行政程序，是一項極大的優勢。這部分 HAPS 聯盟貢獻良多，功勞亦屬於許多國際夥伴。

更進一步，在全球標準化體系中，因我們主要對應的是 3GPP，所以目前小組工作重點之一是確保 HAPS 能在即將到來的 6G 時代中被正式納入標準架構。目前雖大眾仍使用現行行動網路（4G、5G），然而 6G 的標準化前期準備工作已正式展開，小組正與同時參與 HAPS 聯盟與 3GPP 的成員密切合作，確保 HAPS 在 6G 架構中具有明確定位。又非地面網路（NTN）已被視為 6G 三大核心支柱之一¹⁹，有業界人士指出，在 6G 所有議題中，NTN 的重要性僅次於 AI，排名第二，因此，確保 HAPS 能在 NTN 架構中，成為關鍵的「構成平臺類型」對小組而言是未來工作重點。

此外，透過白皮書、論壇與國際會議，小組持續推動相關議題，目的在於促進實驗室驗證、產業優先排序與商業化落地。自上次在波昂（Bonn）舉辦的會員大會以來，通訊工作小組已完成四份白皮書，而其中三份聚焦於 6G，最後一份則是說明 HAPS 如何與 LEO 星座系統協同運作，目前已進入最終定稿階段，預計於未來數週內完成，並於今年底正式對外發布。也持續參與多個國際標準組織，包括在 3GPP 近期會議中，也與多方代表進行深入交流。會後相關工作方面，目前小組仍有許多新構想正在形成中，未來將透過白皮書持續推進，關注主題包含全球行動網路、新興商業模式，以及如何將既有挑戰轉化為正向發展動能。

最後，近期小組代表與董事會技術主管討論未來方向時，提出「HAPS 正是電信產業回應變局、創造人本價值的重要解方之一。」為此，我們也將進一步詳細說明各類任務酬載（payload）的設計與標準化方向，使其能以更模組化方式部署於氣球或固定翼平臺之上。

總體而言，過去這段時間本小組投入大量心力與各國監理機關對話、撰寫白皮書，如今正式進入商業化與產業優先發展階段。我們期待隨著 6G 預計在 2030 年前後進入實質應用，HAPS 技術屆時也將成熟完備，並可正式導入電信營運體系。

¹⁹ 6G 的核心技術發展方向，依據產業白皮書與學界歸納，常可概括為三個支柱，分別為 Native AI、Ubiquitous Connectivity（含 NTN），以及 Native Trustworthiness（涵蓋資安、韌性與永續）。此一分類並非 ITU 的正式支柱架構，而是對 ITU IMT-2030 使用情境之統整。請參考：<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/pages/default.aspx>.



圖 21、電信小組工作進度更新
(資料來源：本報告拍攝)

3. 市場溝通工作小組 (Marketing Communications Working Group)

(1) 市場溝通工作小組戰略定位與長期願景

本工作小組的設立宗旨在於透過跨產業協作，加速 HAPS 技術在民用和國防應用中的商業採用；小組的雙核心策略定位 HAPS 技術為能夠彌補連線和感測領域關鍵差距的商業可行解決方案，後將 HAPS 聯盟定位為業界的權威，以獲取在民用與國防領域客戶、監管機構和媒體之信任。

易言之，市場溝通工作小組期望打造一個未來願景，即 HAPS 被公認為連線與感測應用不可或缺的基礎設施。在此願景中，客戶、監管機構和成員都能清晰闡述 HAPS 技術的價值主張，HAPS 技術及聯盟本身成為媒體、分析師和監管機構的首選資源。市場溝通工作小組致力於透過對外一致之品牌資訊、揭示明確之價值主張，以及尋求有效之合作模式，以建立國際間對 HAPS 聯盟之信任，並且提升 HAPS 聯盟之國際知名度及影響力。此外，小組主要接觸之目標對象包含國家政府、政策制定者、環境研究機構、投資者及電信事業，並透過使用 LinkedIn 等社群平臺以增加 HAPS 聯盟之可信度。

(2) 2025 年度成就與未來推廣計畫

今（2025）年市場溝通工作小組在推廣 HAPS 方面有顯著的進展，聯盟成功地獲得相關媒體的引用，例如 IEEE Spectrum 報導平流層對於電信業的未來重要性，並強調聯盟提出一項全球協調、跨境和整合的高空空域交通管理方法。在業界活動方面，聯盟積極參與了 AIRSPACE WORLD 2025 等盛會，深入討論了跨境合作交通管理等議題，旨在為更高空域營運建立全球範例。

在內容產出方面，聯盟重點推廣了數份白皮書，其中《HAPS Advantages in an Era of Satellite Connectivity》（2025 年 4 月）累計下載量達 517 次，相較去年平均成長 43%。另一份關於更高空域整合的白皮書《Cooperative, Seamless, and Global Digital Skies》（2025 年 5 月）亦獲得 400 次下載。

此外，聯盟在 LinkedIn 上的社群表現強勁，總追蹤人數已達 6,091 人。針對未來的計畫，本小組將持續參與產業活動，在 LinkedIn 上發布富含教育和策略性內容，並將白皮書轉化為易於理解的形式。其他重點工作還包括付費推廣、舉辦網路研討會、更新宣傳手冊，以及主動吸引新成員以擴大聯盟的影響力。



圖 22、市場溝通小組工作進度更新
（資料來源：本報告拍攝）

4. 國防應用工作小組 (Defense Applications Working Group)

國防應用工作小組 (DAWG) 作為 HAPS 聯盟的關鍵部門，其核心職責是透過積極參與各式會議和產出專業出版物，以加速高空平臺 (HAPS) 技術在國防領域的採用與成熟度。在戰略規劃上，本工作小組專注於與國防界的深度互動，包括在 2025 年和 2026 年持續支援國防大學團體、美國陸軍以及參與 OUSW 問卷調查。為提供業界與軍方間的常態化交流，國防應用工作小組於 2026 年 2 月 11 日啟動季度線上圓桌會議，此虛擬活動旨在為 HAPS 產業與國防代表提供一個重複性的互動機會，以便介紹新的能力、國防計畫與合作機會。

此外，本工作小組的重要產出包括一系列專業出版物，例如已發布或計劃發布的《技術成熟度 (TRL) 與成熟度白皮書》(2025 年) 和《建模與模擬 (Modeling and Simulation, M&S) 指南白皮書》(計劃於 2026 年初發布)，用以標準化 HAPS 系統在硬體、軟體和平流層建模與模擬 (Stratospheric Modeling and Simulation, SMS) 方面的開發與評估流程。



圖 23、國防應用小組工作進度更新
(資料來源：本報告拍攝)

(八) 第二天上午第一場次專題報告

專題名稱：更高的空域：英國現代化空域策略新前線 (Higher Airspace: A New Frontier for the UK Airspace Modernisation Strategy)

報告人：英國民航局 (UK CAA) 現代化策略長—Rob Stallard

1. 英國高空空域現代化之策略框架與必要性

英國民航局 (UK Civil Aviation Authority, UK CAA) 領導的空域現代化策略 (Airspace Modernisation Strategy, AMS)，其目的在於確保英國空域系統具備應對新興需求、特別是整合如高空平臺站 (HAPS) 這類新興空域使用者的能力。然而，目前針對更高空域 (通常指傳統航空器飛行水平之上，例如 FL660²⁰ 以上) 的管理，英國尚缺乏足夠成熟的政策、流程與營運能力。Rob Stallard 說明此一現況構成一個「空白畫布」式的全新挑戰，要求業界與監管機構必須擺脫既有思維，尋求根本性的變革以實現與提高更高空域的近用性 (higher access)。

為此，英國民航局的當務之急是起草一份「概念文件」(Concept Paper)，用以匯集英國政府內部，如英國國防部 (Ministry of Defence, MOD)、交通部 (Department for Transport, DfT) 及國際合作夥伴，如美國聯邦航空總署、歐洲空中航行安全組織 (European Organisation for the Safety of Air Navigation, EUROCONTROL) 對於「更高空域行動」(Higher Airspace Operations, HAO) 的共識與建議。此項工作是為了奠定基礎，確保英國能在 2026 年空域現代化策略 (Airspace Modernisation Strategy, AMS) 更新中明確界定其更高空域行動管理方案，從而領先全球，推動全球平流層營運 (Global Stratospheric Operations) 目標的實現。

2. 推動體制變革的關鍵驅動與實施路徑

在複雜的空域改革中，Rob Stallard 強調「國防視角」(The defense angle) 可能是啟動體制變革的關鍵催化劑。易言之，透過國防需求證明 HAPS 應用的迫切性，能夠有效突破民航局與國防部內部的決策阻力，確立對高空空域的策略立即進行現代化的必要性。與傳統低空空域的管制變更相比，更高空域行動領域具

²⁰飛航空層高度 (Flight level, 簡寫為 FL)，是民航界基於海平面上的國際標準大氣壓力 (1013.25 毫巴，76 公分水銀柱) 所推算出來的飛行高度。

備兩大優勢：其一是該領域缺乏在位產業（incumbent industry），因此得以避免既得利益的阻礙；其次則是更高空域行動可規避社區噪音衝擊等擾民問題。在具體實施上，儘管將新型使用者整合至空域是一項挑戰，但可借鑒低空空域整合的經驗，特別是透過試驗（trials）來驗證和最佳化操作程序與技術。

另外，在技術與法規層面上，相對容易解決的是空域背景分類的修正，而更具效益的策略應是建立一個可擴展的系統，讓該系統能全面性地促進相關工作並有效解決衍生問題。

總結來說，當前的核心任務是透過策略性地累積群眾能量（critical mass），促使英國民航局、交通部和國防部等關鍵機構將更高空域行動正式列為一項必須立即執行的任務，以此加速推動整體的體制與技術變革。



圖 24、Rob Stallard 分享英國民航局概念文件之內容大綱
（資料來源：本報告拍攝）

(九) 第二天上午第二場次專題報告

專題名稱：行動呼籲：以產業主導的監理架構與跨境飛行試驗，共同促成商業高空平臺（HAPS）營運具可行性的永續未來。（A Call to Action: Industry-Led Regulatory Frameworks & Cross-Border Flight Trials to Enable a Viable Future for Commercial HAPS Operations）

報告人：美國 Sceye Inc. 的 Hunter Hall 與 Léonard Bouygues

高空平臺站（High Altitude Platform Stations, HAPS）技術雖具備彌補通訊連結與感測領域的巨大潛力，然而其商業化進程正受到現有以人為本、高成本且碎片化的空域管理模式嚴重阻礙。本場專題演講點出 HAPS 產業面臨的三大挑戰—非適配的運營模式、難以承受的成本結構以及自動化瓶頸—並呼籲採取產業主導的行動（Call to Action）。講者建議針對上述挑戰採取相對應策略，透過開發高度數位化、具成本效益的空域整合概念，並藉由跨境聯合飛行演示（Cross-Border Joint Flight Demo）來驗證技術的可行性與安全性，以主動形塑全球一致的監管框架，避免被不適用於 HAPS 需求的框架所制約。

1. 現行空域管理模式對 HAPS 商業化之挑戰分析

現行的航空交通服務（Air Traffic Services, ATS）系統是基於傳統航空器的需求設計，其固有的特性對 HAPS 欲實現安全、可擴展且具成本效益的運營模式構成根本性挑戰。

(1) 獨特的平臺特性與營運模式之不適配性

HAPS 平臺的載具與營運模式（例如，長時間停滯、低空域密度）與傳統航空器截然不同，導致其難以適應現有體系。傳統空域管理仰賴人與管制員的語音溝通，以及一套昂貴的雷達、無線電和監視基礎設施。這種人力密集和資本密集的模式，並非為 HAPS 在低密度、低風險的平流層營運環境所設計，無法有效支援商業與政府共享同一空域的需求。

(2) 高昂的成本結構與商業模型之不可承受性

當前空域管理成本主要由使用者（如航空公司）透過燃油稅或服務費用支付，並回饋於基礎設施與航管員的薪資。然而，HAPS 的商業模型經濟效益與傳統航

航空公司截然不同，無法承擔同等量級的傳統航空交通服務費用。因此，若欲以具備競爭力的價格提供連線服務，HAPS 服務的空域管理與驅動模式，將勢必轉向高度數位化、分佈式架構及低成本基礎設施，以實現全球統一、可擴展的部署。

(3) 自動化與可擴展性之瓶頸

呈上所述，現行航空交通服務以人為中心的控制方式，與 HAPS 追求大規模（to scale）、高度自動化營運的願景相悖。若缺乏自動化和數位化的解決方案，HAPS 無法成為近用性高的空中基礎設施。因此，講者提出實現可擴展營運的幾項先決條件，其中應包含安全數位身份識別、選擇性資訊共享以及商業與國防 HAPS 的無縫整合。

2. 產業主導策略：從概念輸出到實體驗證的流程圖

為避免監管環境日益碎片化、不相容且高成本的風險，HAPS 產業必須立即採取行動，從概念輸出階段過渡到實體驗證階段。

(1) 概念基礎與文獻積累

自 2018 年以來，HAPS 聯盟積極與 FAA、NASA 等機構合作，參與 NASA 空域交通管理模擬（如下圖），並在 ICAO 等國際組織中貢獻初期概念。



圖 25、HAPS 參與 NASA 空域交通管理模擬 CE-1 和 CE-1.5 測試

（資料來源：本報告拍攝）

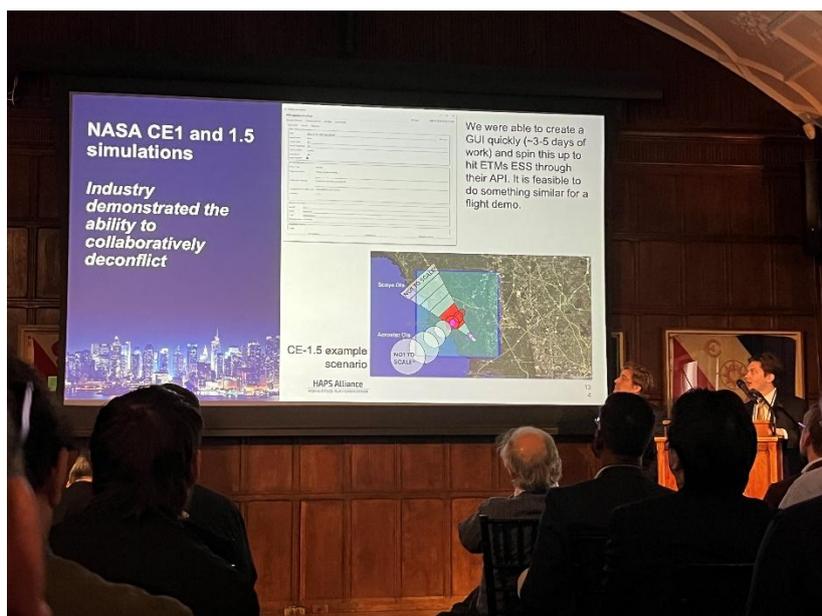


圖 26、HAPS 參與 NASA 空域交通管理模擬 CE-1 和 CE-1.5 測試
 (資料來源：本報告拍攝)

此外，聯盟已發布的白皮書如《Cooperative, Seamless, and Global Digital Skies for Higher Airspace》(2025年5月)，提出業界關於合作、無縫且全球數位化空域的願景，旨在提供跨境自我分離的手段。然而，部分監管機構對這些概念抱持懷疑態度，認為其過於雄心勃勃或未經證實，傾向於更漸進式的增量方法。

(2) 行動號召：以試驗消除不確定性

正如小型無人機 (small-UAS) 產業透過主動開發、標準化和實體演示獲得可行的監管框架一樣，HAPS 產業必須採取相同的路徑，迅速追趕近十年的發展距離。

- 產業共同門戶 (Industry Common Portal)：產業應建立一個共同的資料門戶，向監理機關展示 HAPS 平臺的空中資產，並利用如網路化數位身份識別 (Networked Neural ID) 等數位技術，解決無監視覆蓋地區的定位與識別問題。
- 跨境聯合飛行演示 (Cross-Border Joint Flight Demo)：HAPS 聯盟計劃在 2026 年底或 2027 年進行一項關鍵的跨境飛行試驗。此試驗目的為：

- 驗證合作：演示多個 HAPS 營運商如何透過數位媒體交換數據，並在沒有傳統空中交通管制員介入的情況下，執行合作式避讓（Cooperative Deconfliction）。
- 消除疑慮並推動統一：透過真實世界的證據，驗證高度自動化營運和數位化空域概念的可行性與安全性。在缺乏實證的情況下，紙上談兵式的辯論難以獲得監管部門的支持與背書，從而阻礙全球框架的統一（Harmonization）。
- 建立治理與技術標準：在 2026 年，將協同定義合作營運程序（Cooperative Operating Procedures, COPs）、治理協議，並共同開發最低可行衝突偵測技術（minimum viable conflict detection technology），為 2027 年的試驗奠定技術基礎。

3. 結論：HAPS 應追求領導以防止被不合宜的框架限制

HAPS 產業正處於決定性時刻。如果業界不立即採取行動，透過實際的演示來塑造和證明其所設想的全球統一、高度數位化的更高空域管理，則規則和標準將會由他人定義，而這些制度將不會依照 HAPS 的特定需求設計。因此，驗證、測試與演示不再是選項而已，而是實現 HAPS 商業可行性、安全性和全球統一性監管環境的唯一途徑。業界必須以具體的行動領導，以確保 HAPS 能夠安全地融入全球空域。

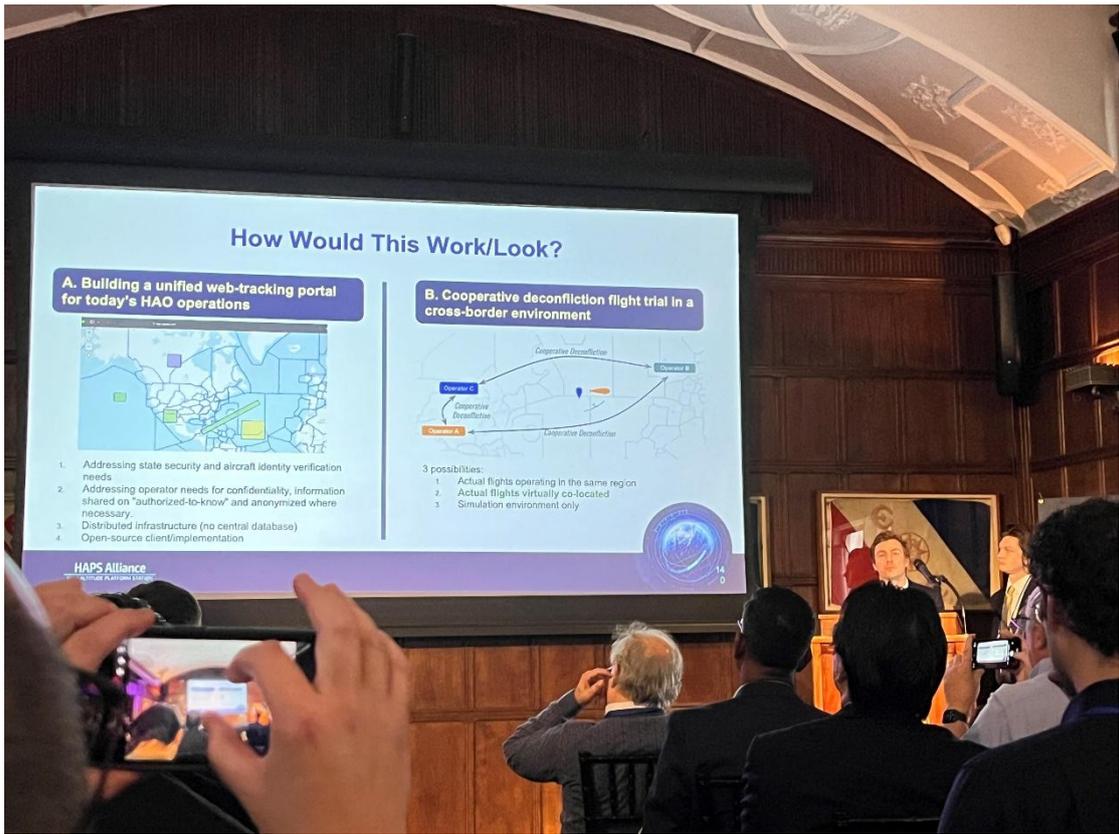


圖 27、HAPS 產業以實證展示協助形塑未來更高空監管規範與標準
(資料來源：本報告拍攝)

(十) 第二天上午第三場次專題報告

專題名稱：高空通訊平臺的國防小組論壇（DAWG Defense Panel）

與談人：航空器公司 Aerostar 代表 Kyle Doverspike（國防應用小組共同召集人）

英國國防部代表 Ben Parkin

英國皇家空軍代表 Anthony Bird

有鑑於高空通訊平臺的高機動性與可搭載酬載的彈性，英國軍方確實相當重視高空通訊平臺的發展，HAPS 聯盟於去年因此成立了國防應用小組，並且在共同召集人 Aerostar 的積極邀請之下，邀請到英方的軍方成員參與本次論壇進行交流。今年度 HAPS 國防應用研討會由 Aerostar 公司的 Kyle Doverspike 擔任主持人，旨在聚焦高空平臺站（HAPS）在國防領域的應用與發展。由於美國政府代表因故²¹未能出席，因此本次論壇成員主要來自英國。以下將論壇重點分段說明：

本次研討會設定了四項核心主題，旨在促進產業界與國防部門的交流，包含技術成熟度等級（TRL）與成熟度白皮書，探討 HAPS 在國防應用的整體成熟度；聚焦建模與模擬（Modeling and Simulation, M&S）的技術。第三點「全球營運」，討論 HAPS 實現全球化運營的路徑；最後則是「強化業界與國防部門的合作」，探討如何增進產業與國防用戶之間的互動。

1. 技術成熟度等級（Technology Readiness Level, TRL）與應用價值，針對國防應用工作小組甫發布的《技術與成熟度等級白皮書》，講者們確認其在國防領域的實用性：

- 與英國國防部流程高度契合：Anthony Bird 指出，該文件與英國國防部（UK MOD）現行的技術成熟度等級流程高度一致。在國防科學領域，技術成熟度等級流程是將概念與科學數據轉化為最終作戰能力（capability）的關鍵步驟。因此，定義 HAPS 技術成熟度等級流程的

²¹ 美國史上最長的政府公部門全面停擺，請參考：Trump signs deal to end longest US government shutdown in history, Reuters, 2025,

<https://www.reuters.com/legal/government/us-house-vote-deal-end-longest-government-shutdown-history-2025-11-12/>

文件極具實用價值，有助於將技術能力快速導入實際應用。

- 促進跨國技術交流與標準化：以美國觀點來看技術成熟度等級是技術發展的支柱，廣泛用於驅動採購和決策。該文件尤其有助於跨國翻譯與共享技術，解決語言障礙。例如，該白皮書的研究引用了東南亞國家聯盟（Association for Southeastern Countries）的經驗，證明技術成熟度等級系統能夠在多國組織中實現技術共享的共通性（commonality），有助於推動標準化與全球協作。

2. 建模與模擬（Modeling and Simulation）的合作潛力：鑑於國防領域通常將 M&S 視為一個獨立於硬體和軟體的技術領域，DAWG 計劃以建模與模擬白皮書作為下一份出版物的核心。

- 建模與模擬的焦點領域：Anthony Bird 認為，建模與模擬的合作重點應放在空域管理（airspace management），因為空域管理是 HAPS 系統中最棘手的環節之一，涉及認證和技術接口問題。此外，建模與模擬可作為連接國防與民用空域的邊界或橋樑。
- 載具影響（the effects of the payloads）的建模與模擬需求：國防部門特別希望瞭解 HAPS 載具（payloads）的影響。考量到 HAPS 相對於地面的距離差異（遠於地面、近於太空），其載具性能需要透過建模與模擬進行詳細評估。
- 驗證的重要性：國防領域當前的發展趨勢是，除非有確鑿的科學證據支持，否則難以獲得資助。因此，對建模與模擬的驗證（validation）至關重要。驗證可透過實際飛行測試來證明模型準確性，從而強化能力的證據基礎（evidence base）。
- 產業的角色：業界應利用其外部的建模與模擬成果與資料，讓國防部門能夠整合並納入（ingested）於其內部的建模與模擬系統中。此外，熟知美國軍事系統的主持人也指出，應與國防建模與模擬領域的利益相關者，如約翰霍普金斯大學（Johns Hopkins）、研究機構 MITRE²²等專業

²² <https://attack.mitre.org/>

單位建立合作，確保產業開發的建模與模擬能夠符合國防規格，避免因不相容而導致努力白費。



圖 28、高空通訊平臺的國防小組論壇
(資料來源：本報告拍攝)

(十一) 第二天上午第四場次專題報告

專題名稱：三 C 典範 (Triple-C Paradigm)：合作 (Cooperative)、互補 (Complementary) 與競合 (Competitive) 下的地面網路 - 高空平臺 (HAPS) - 衛星整合模式 (The Triple-C Paradigm: Cooperative, Complementary, and Competitive Modes for Terrestrial - HAPS - Satellite Integration)

報告人：阿布都拉國王科技大學教授 Mohamed-Slim Alouini

1. HAPS 定位問題與國際討論落差

在本次 HAPS Alliance 技術研討會中，講者提出一項值得重視的觀察：即便全球通訊社群正積極討論 6G 與 NTN，包括其頻譜議題、網路延遲、服務模式與 IoT 擴展等面向，然而 HAPS 在這些討論中長期處於邊緣位置。其被忽略的程度並非因為技術缺陷，而是源自「錯誤的定位前提」。亦即，多數討論以「航空器」視角來看待 HAPS，而非將其視為「網路架構中的中介節點」。這一錯誤基礎認知，使各國在策略思考、標準制定與場景比對上，都無法正確評估 HAPS 在 6G 生態系統中的潛在貢獻。

講者指出，國際上多數 6G 與 NTN 研究常將焦點集中在衛星（特別是 LEO 類星系），認為其能提供全球覆蓋，卻忽略衛星在延遲、容量與終端設備門檻上仍存在限制。與此同時，地面網路雖能提供密集、低延遲與高可靠度之服務，但在地形阻隔、佈建成本與災害韌性方面亦有其限制。因此，全球討論普遍受限於「地面與衛星二分法」，缺乏對於「中層架構 (middle-layer architecture)」之思維，導致 HAPS 並未獲得其應有的關鍵地位。講者並特別指出，這種誤解也影響了 HAPS 的技術路線選擇。若以載具角度理解 HAPS，容易陷入「翼展大小」、「載重極限」、「續航小時」等比較，但若以網路層級理解 HAPS，其真正價值反而在於「動態部署彈性」、「跨層協同能力」、「直接或間接回傳設計」以及「搭配 FSO 的跨層串接能力」。

換言之，若仍以航空器標準衡量 HAPS，將無法擷取其策略價值。因此，全球對 HAPS 的忽略不是技術議題，而是定位問題。這也是本次演講的出發點—重新修正 HAPS 在通訊體系中的定位，才能討論它的真實價值。只有在承認 HAPS 具備結構性角色的前提下，後續關於合作策略、頻譜治理、跨層整合與 6G 服務設

計等議題，才具有討論空間與政策意義，也就是從基礎設施、整體網路（包含 TN 與 NTN）的角度去審視 HAPS 作為一種更具彈性的通訊基礎設施能夠具備什麼能力，或是應該具備什麼能力，方能真正彰顯 HAPS 的發展意義。

2. HAPS 是介於地面網路與衛星之間的銜接角色

從架構視角來看 HAPS 的戰略位置，其並非地面網路（TN）的替代方案，也非衛星網路的競爭者，而是介於兩者之間、可彌補各方限制的「中介層架構（middle-layer architecture）」節點。此觀點旨在突破傳統二元分類（地面 vs. 衛星）所造成的分析侷限，並揭示 HAPS 在多層網路拓撲中可能扮演的關鍵角色。講者指出，地面網路（如 4G/5G 基地臺）雖然在都市密集區具有極高的效能與頻寬，但在山區、離島、沿海等區域，部署成本高、鏈路難以佈建，且其通訊品質易受地形遮蔽與災害破壞。此外，若需在短時間內提供臨時大容量網路，地面網路顯得缺乏彈性。

相較之下，衛星雖然提供大範圍覆蓋，尤其在偏遠區域具備無可替代性，但其延遲較高、雙向傳輸時效不足，且當服務範圍內用戶密度提高時，易面臨容量擁塞與 QoS 下降。衛星通訊還存在一項重要限制，即使用者端需要具備特殊終端或低仰角天線，使其與行動通訊之無縫銜接難以達成。HAPS 介於此兩者之間，剛好能避免上述缺陷。由於 HAPS 在平流層高度運行，其與地面用戶距離遠低於衛星，故延遲表現更接近地面網路。同時，一架 HAPS 即可覆蓋直徑百公里等級之區域，使其展現類似衛星的「廣域覆蓋能力」。此外，HAPS 可按需求重新定位（無論水平位移或高度調整），能在衛星與地面無法快速反應之情境下，提供「戰略機動性」。因此，HAPS 的架構價值實際表現在「提供地面與衛星所缺乏的中介層能力」。

講者亦強調，這種能力並非取代地面或衛星，而是透過「補位」與「銜接」來提升整體網路效能與韌性。例如，在區域內既有地面網路但容量不足時，HAPS 可作為臨時輔助；衛星可作為廣域骨幹時，HAPS 可作為區域分流節點。此種「跨層角色邏輯」明確地揭示了 HAPS 在 6G 與 NTN 整體佈局中不可被忽略的結構性位置。從網路工程觀點來看，HAPS 的意義在於其可以讓「多層聯網（multi-layer networking）」成為可能，並將原來斷裂的「地面層」與「外太空層」透過「平流層層」銜接起來。換言之，本節之核心論述並非主張 HAPS 性能優於衛星或地

面，而是指出：在多層網路中維持系統彈性、均衡效能及跨層協同，HAPS 是不可或缺的一環。

3. FSO 與 HAPS 結合有望帶來 6G 時代 NTN 融合的架構突破

講者指出 HAPS 的價值並不僅止於單純承載射頻鏈路，而在於其位於紊流高度之上，使其成為 FSO 跨層中繼的理想節點，進而有效彌補地面網路與衛星系統之間的結構性斷層。這一思維並非以傳統「通道容量比較」或「單點連結」觀點看待，而是以完整網路分層架構（layered architecture）視角，重新理解 HAPS 的系統作用。講者進一步說明紊流特性與高度關係：地面光通訊常面臨紊流影響，導致訊號散射、相位干擾與穩定度下降，因此其在長距離應用上始終受限。然而，紊流主要集中於 20 公里以下的大氣層，而 HAPS 的運行高度正好處於 20 公里附近甚至更高的位置，使其上方的環境紊流極低，可提供穩定且高效率的光通訊傳輸條件。基於這項物理環境特性，光通訊在 HAPS 與衛星之間的應用，其可靠性與長距離效能均可顯著提升。光通訊在此架構下不僅僅是「資料轉傳」，而是具有跨層協同（cross-layer coordination）的意義。講者指出，HAPS 可作為光學中繼節點（optical relay），不只是將接收到的光訊號直接倍增放大，而是能透過光學處理與信號校正，使接收訊號的品質得以提升，再將其轉發至衛星或其他 HAPS 載具。換言之，HAPS 並非被動的通訊中介，而是「具備訊號處理能力的結構性網路節點」。

在此基礎上，講者將 HAPS 與 FSO 結合的意涵擴大至 NTN 整體整合議題。地面網路雖能提供區域性高容量，但其覆蓋無法輕易推展至偏遠或海域；衛星雖具全球覆蓋能力，但其延遲與容量限制難以滿足即時性與局部密度需求。而 HAPS 若能搭配光通訊，不僅能承接地面資料，也能以高效率方式傳輸至衛星，進而協助形塑區域至全球的多層次路徑（multi-hop backbone）。這代表未來的網路架構不再是單層網路，而是能在不同高度、不同傳輸媒介之間動態調整與協同的智慧化通訊系統。講者的論述從技術角度看，提供了 FSO 應用的新方向；從架構角度看，則重新定位了 HAPS 在整體 6G NTN 中的戰略位置。若將前述論點綜合，可以理解到 FSO 並不是「讓 HAPS 更快」，而是「讓多層網路得以被整合」。換言之，HAPS×FSO 組合並非單純性能加成，而是網路拓撲進化的基礎，使真正的多層通訊（multi-layer NTN）得以成形。

4. 3C 框架

在前述的分析基礎之上，講者進一步提出「3C 框架」，作為理解 HAPS 與地面網路及衛星之間互動關係的全新分析框架。這個架構的核心意義在於，HAPS 與其他網路層並非零和競爭，也不是線性替代關係，而是依據網路負載、延遲需求、地理分布、系統成本與頻譜條件等因素，以情境適配（context-driven adaptability）方式形成「共存（Coexistence）、協作（Collaboration）與競合（Competition）」的多層次組合。因此，3C 框架不只是分類概念，而是一種網路行為模式的結構性描述。

首先，在「共存」的層面，講者指出 HAPS 與地面網路可在相同頻段或相鄰頻段條件下併存，但需透過適當管理避免互相干擾。此種共存並非妥協，而是一種「線上協同」的關係：地面網路可專注提供密集區域高容量服務，而 HAPS 可於更大範圍提供宏觀覆蓋，彌補地面網路因地形或成本無法有效覆蓋之區域。換言之，共存的本質是「系統整體效益最大化」，而非「競爭性排他」。接著在「協作」層面，講者認為 HAPS 與衛星的互動最能展現多層網路設計的技術成熟度。當 HAPS 搭配自由空間光通訊進行跨層傳輸時，其在資訊清理與轉送上發揮的作用，使衛星能更有效提供跨國或跨海區域之骨幹服務，HAPS 則負責中距離覆蓋與區域化流量管理。這種協作不是單向依賴，而是多層協同（multi-layer orchestration）下的分工互補，其影響不僅在傳輸層，更體現在網路路由、負載管理與彈性資源分配等層級。至於「競爭」層面，講者並未將其定位為消極意義，而是指出在特定市場條件下，HAPS、地面網路與衛星可能皆能提供某一通訊服務，但成本、效能與覆蓋特性不同，因而形成實際選擇。特別是在郊區或人口密度不均的區域，地面網路若依賴傳統方式擴建，投入成本高且效益有限；而衛星雖能提供服務，但其容量與延遲在密度提升後即顯不足。在此類情境中，HAPS 具備成本、延遲與部署彈性之綜合優勢，因此產生競爭可能性。然而這種競爭並非對抗，而是一種「市場引導資源投入最適化」的動態機制。綜觀 3C 框架，其本質不在於製造區隔，而在於理解多層系統如何在不同情境下轉換關係。講者強調，若以傳統二元分類「誰取代誰」來看待 HAPS，將忽略其多面向角色；只有採用情境依據的 3C 視角，才能真正認識 HAPS 在未來 6G 與 NTN 架構中的價值。換言之，3C 框架揭示的不是新競爭，而是新秩序；不是新技術，而是新架構。這也為後續政策設計、產業配置與跨層網路治理提供了思考基準。

(十二) 第二天上午第五場次專題報告

專題名稱：為太平洋上的平流層解鎖 (Unlocking The Stratosphere For The Pacific)

報告人：紐西蘭 Kea Aerospace Limited CEO—Mark Rocket

隨高空平臺站 (High Altitude Platform Station, HAPS) 技術逐漸成熟，平流層航空載具在國防監測、環境監控與通訊領域的應用日益受到重視。紐西蘭新創公司 Kea Aerospace 以「Kea Atmos」系列太陽能飛機為核心，提出持續滯空、低成本、高解析度的解決方案，旨在填補紐澳兩國在廣大海域監測上的缺口。

根據講者所提供之資料，紐西蘭與澳洲需共同監控約占全球 21% 的海洋面積，然而現有軍事與民用監測能力不足，導致在非法漁撈、走私、移民管制及軍事活動上存在顯著盲點。今 (2025) 年初，中國海軍曾在紐澳水域進行秘密實彈演習，凸顯區域監測能力的不足。即便每日投入約百萬美元於監測航空器，仍難以全面覆蓋 800 萬平方公里的海域。(如下圖) 因此，上述情境顯示傳統航空器與衛星監測模式在持續性與成本效益上皆面臨挑戰。



圖 29、中國於今年在紐澳水域進行秘密實彈演習
(資料來源：本報告拍攝)

Kea Aerospace 提出的 Kea Atmos Mk1 與 Mk2 採用太陽能驅動，具備持續滯空能力，如下圖示。其主要特徵包括：

- 持續滯空：利用太陽能供電，能長時間在平流層巡航。
- 低成本：相較傳統軍用監測平臺，成本降低約十倍，並採租賃模式，減輕政府與軍方維護負擔。
- 高解析度影像：距地球僅約 20 公里，解析度優於衛星，可達 0.15 公尺/像素。
- 多樣化酬載：可搭載多光譜相機、合成孔徑雷達（SAR），提供全天候、跨領域的數據。

此設計使其能在國防監測、環境保護與商業應用上展現高度靈活性。



圖 30、Kea Atmos Mk1 與 Mk2 的細部規格

（資料來源：本報告拍攝）

Kea Aerospace 的策略不僅限於技術研發，更著重於市場模式創新。其三階

段策略（如下圖），包括：

- 載具研製：完成 Mk2 平臺並進行測試。
- 載具部署：與國際合作夥伴（如 NASA、德國航空航太中心 DLR）進行酬載測試。
- 數據服務：建立全球資料供應鏈，涵蓋電信、礦業、農業、災害應變等領域。

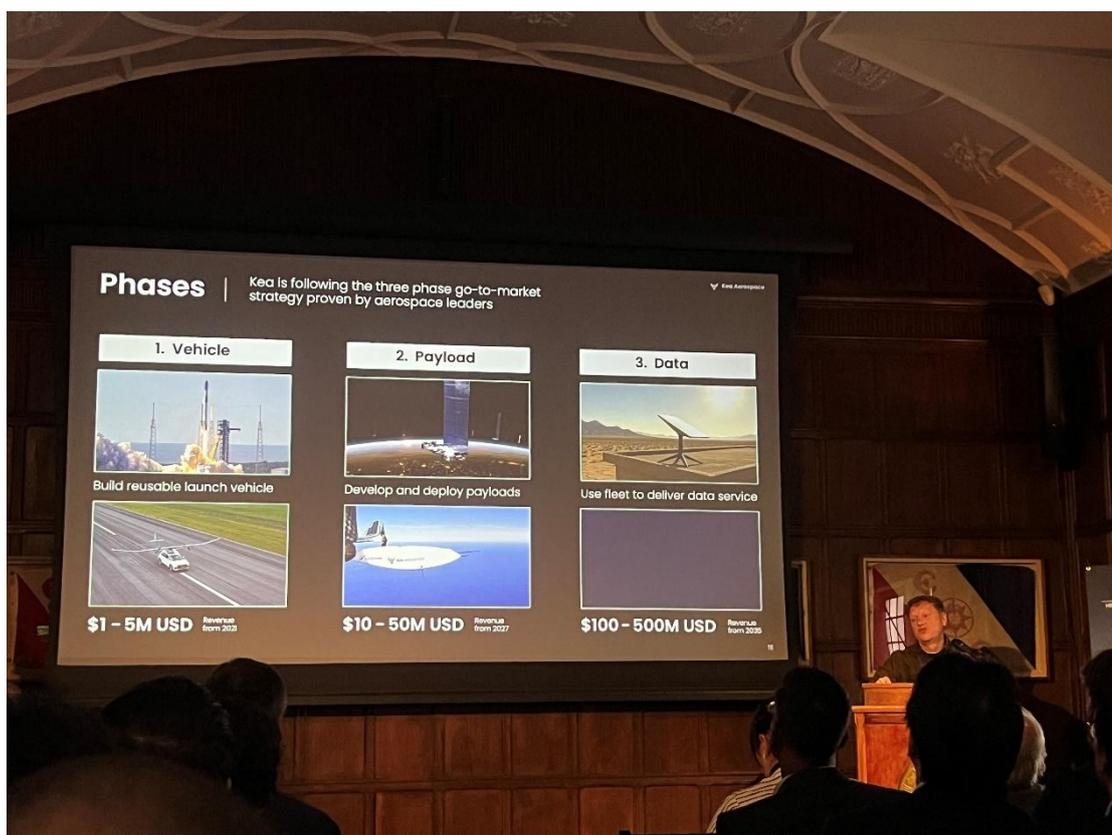


圖 31、Kea Aerospace 的從載具研發、部署到數據收集三階段策略
（資料來源：本報告拍攝）

此模式不僅符合紐西蘭政府 2025 - 2029 國防能力建設計畫中對長程無人航空器的投資方向，也展現了南半球在全球航空產業中的新興角色。

Kea Aerospace 透過 HAPS 技術，成功將紐西蘭定位於平流層航空的前沿。其解決方案兼具 持續性、成本效益與高解析度，能有效補足傳統航空器與衛星

的不足。更重要的是，透過國際合作與租賃模式，Kea 不僅強化紐澳的海洋監測能力，也為全球環境監測與人道救援提供新型工具。未來，若能進一步整合國際規範與區域安全需求，Kea Atmos 有望成為太平洋平流層治理的重要基礎設施。

(十三) 第二天上午第六場次專題報告

專題名稱：可耗損式平流層平臺：填補情報、監偵與氣象資料的關鍵缺口
(Attritable Stratospheric Platforms: Filling the ISR and Weather Data Gaps)

報告人：英國 Voltitude Ltd CEO—Paul Stevens

隨著高空平臺站 (High Altitude Platform Station, HAPS) 技術的持續演進，如何在成本與可用性之間取得平衡，成為產業與國防領域的重要課題。Voltitude Limited 提出「可耗損型平流層平臺 (Attritable Stratospheric Platforms)」概念，結合固定翼 HAPS 與微型高空氣球 (micro-High-Altitude Balloons, mHAB)，以低成本、高可用性方式填補情報監視偵察 (ISR) 與氣象資料的缺口。本文將探討其技術設計、應用場景與制度意涵。

傳統固定翼 HAPS 雖具備持續滯空與高解析度優勢，但在實際操作中常受限於天候、氣流與能量管理，導致可用性不足。Voltitude 創辦人 Paul Stevens 指出，固定翼平臺在平流層中雖能運作，但在地面至平流層的過渡階段易受亂流影響，造成損耗率偏高，削弱使用者信心。另一方面，全球氣象監測仍存在顯著空白，尤其在熱帶氣旋生成區與北極偏遠海域，缺乏高解析度的垂直觀測資料。

Voltitude 術的核心創新在於 StratoSonde® mHAB 系統。此系統利用簡易乳膠氣球加裝排氣閥與壓艙設計，使其能在平流層漂浮數日，並搭載多達 16 枚微型探空器 (dropsondes)。每枚探空器可在下降過程中收集約 1200 層的氣象數據，涵蓋風速、風向、溫度、濕度與氣壓，並延伸至海平面。此設計不僅大幅降低成本，也能在颶風核心區或極地環境中提供高解析度資料，改善氣象預報。另一方面，Voltitude 亦開發 StratoSat® 固定翼平臺，重量分別低於 25 公斤與 75 公斤，具備專利的「陣風緩解技術 (gust alleviation technology)」，能在更廣的操作包絡下起降，降低運行成本並提升商業化可能性。此設計兼顧 ISR 與氣象觀測，形成「可耗損型」平臺概念，即允許在高風險環境中以低成本平臺進行任務，達到「缺口填補」效果。

Voltitude 的平臺應用場景已在多項任務中展現潛力：

- 熱帶氣旋監測：於大西洋颶風季，從西非海岸發射 mHAB，漂移至颶風生成區，投放探空器以捕捉垂直結構。

- 北極任務：在冬季高緯度地區進行探測，填補極地氣象資料不足。
- ISR 演示：搭載 2 公斤級 ISR 載具，進行 24 小時以上的持續監測。
- 科研合作：支援「CryoWatch」計畫，利用持續性 HAPS 監測冰川水文與冰舌動態，展現環境科學應用價值。

Voltitude 的「可耗損型平流層平臺」提供了一種兼具 低成本、高可用性與多樣化應用 的新型解決方案。透過 mHAB 與固定翼 HAPS 的互補設計，不僅能改善氣象預報與災害應變，也能在國防 ISR 領域提供持續性監測能力。此模式挑戰了傳統「高價值、低容錯」的航空器思維，轉而以「高可用性、低成本」為核心，為平流層治理與全球氣象資料收集開啟新局。未來若能與國際航空規範及氣象組織整合，Voltitude 的技術有望成為全球平流層應用的重要基礎設施。



圖 32、Voltitude 的 CEO Paul Stevens 介紹該公司所研發之載具產品
(資料來源：本報告拍攝)

(十四) 第二天上午第七場次專題報告

專題名稱：美國太空總署與更高空域交通管理： 開拓通往平流層的發展路徑

(NASA and Higher Airspace Traffic Management: Charting a Path to the Stratosphere)

報告人：美國太空總署 NASA Ames Research Center 研究員—Jeff Homola

隨著 HAPS、高超音速載具、商業太空系統等新興技術快速發展，平流層空域（介於對流層與太空軌道之間）逐漸成為航空與太空治理的新戰略場域。傳統民航空域管制架構難以因應此空域的高度異質性與密集運作需求，導致制度空白與安全風險。講者提出「更高空域交通管理(Higher Airspace Traffic Management, HATM)」制度，以安全性、可擴展性、效率性與公平性為核心，建構多方協作的治理架構，成為未來空域秩序化的關鍵制度基礎。以下分點說明：

1. 制度理念與治理必要性

更高空域交通管理的核心理念為「產業—政府協作治理（Industry - Government Cooperative Governance）」，強調利害關係人共同參與制度設計與操作準則的制定，取代傳統中央集權式監管。其制度推動的必要性來自五大結構性變遷：

- 新進入者（如 HAPS、商業太空載具）快速崛起
- 既有使用者（如軍用與民航）需持續維持安全與可接入性
- 空域使用需求持續上升
- 載具型態與操作模式高度多樣化
- 產業擴張前提是制度具備高度彈性與整合能力

更高空域交通管理支撐的應用領域涵蓋國防偵察（ISR）、通訊（如 6G NTN）、超音速運輸、商業太空發射等，成為平流層經濟發展的制度基礎建設。

2. NASA 的制度推進策略與實證成果

NASA 在 HATM 制度發展中扮演三重角色：制度架構設計者、產業中介者與高風險技術驗證者。其策略採「研發先行、制度後設」的雙軌模式，透過技術實證

推動制度化進程。

(1) 合作歷程與制度演進

自 2019 年起，NASA 與 FAA 及產業夥伴透過一系列工作坊與引導式討論，逐步建立制度架構與技術基礎。重要里程碑包括：

- 2019 – 2020：兩次 Tabletop 模擬與初步概念建構
- 2021 – 2023：四次引導式討論，聚焦操作實務 (COPs) 與資訊交換機制
- 2024 – 2025：兩次「協作評估 (Collaborative Evaluation, CE)」模擬，驗證系統架構與即時操作能力

(2) 技術架構與模擬成果

NASA 開發並部署「數位化參考架構 (Reference Architecture)」，支援 HATM 系統的模擬與測試。在 CE-1 (2024) 與 CE-1.5 (2025) 中，NASA 與多家產業夥伴進行實地模擬，成果包括：

- 成功展示「操作意圖 (Operational Intent, OI)」與即時位置資訊的交換能力
- 建立「協作操作實務 (COPs)」並進行三種情境模擬與風險緩解策略討論
- 整合防衛場景與空域管理系統，驗證資訊可視化與即時決策能力
- 與 ATM 專家共同探討高空域整合方式，提升制度可行性與操作效率

3. 制度化展望與國際協調

NASA 持續透過「研究轉移團隊 (Research Transition Team, RTT)」與美國聯邦航空總署 (FAA) 協作，並參與國際民航組織 (ICAO) 高空域工作小組，推動制度國際化。2026 年預定於 NASA Ames 舉辦工作坊，將進一步整合產業意見與制度細化。

更高空域交通管理不僅是技術系統，更是一種跨越民航、國防、太空與通訊的多層空域治理典範。其制度化進程將影響全球平流層治理架構，並可能成為國

際民航組織（ICAO）與全球太空交通管理（Space Traffic Management, STM）制度演進的重要參考。



圖 33、NASA 研究員 Jeff Homola 進行專題報告
（資料來源：本報告拍攝）

肆、心得及建議

本次赴美國紐約參與 2025 年高空通訊平臺聯盟 (HAPS Alliance) 年度會員大會，本中心基於其技術研究與國際交流支援角色，系統性掌握非地面通訊網路 (Non-Terrestrial Networks, NTN) 於國際間之最新技術驗證進展、通訊韌性發展策略及頻譜運用方向，對我國相關技術布局、研發方向與國際合作具重要參考價值。會議期間，出訪成員與多家國際業者就 HAPS 實證經驗與應用情境進行交流，有助於提升我國在新興通訊技術領域之能見度；同時，今年度亦有我國資通訊業者稜研科技加入成為聯盟會員，顯示我國產官學多方參與國際社群之能量正逐步累積。

綜整本次會議內容與國際交流觀察，HAPS 技術體系已由早期概念性討論，逐步邁入跨領域整合與標準化加速之階段。於通訊系統整合面向，HAPS 已不再單純被視為獨立通訊載具，而是逐步與既有行動通訊系統 (4G/5G) 形成高度互補的多層次架構。部分業者已透過實地驗證調整載具飛行高度以回應不同任務需求，例如 SoftBank 於八丈島之測試，即展現 HAPS 可在災害或偏鄉環境中，於不干擾既有地面網路架構下，提供具彈性之補網能力，顯示其應用邏輯正朝向更務實、需求導向的方向發展。

在載具技術發展方面，部分領先業者持續投入平流層 (約 20 公里高度) 大型載具之研發，並與國防單位合作探索國土監測與防衛應用之可能性。儘管此類平流層載具仍面臨成熟度與成本等挑戰，其於廣域監測與長時間駐留任務中的潛在價值，使其成為國防與安全領域高度關注之發展方向。此一趨勢亦顯示通訊技術與防衛科技之間的交互關係日益緊密，對於我國未來評估 HAPS 技術之多元應用價值，具有重要啟示。

從市場定位與商業模式觀察，國際業者已開始提出具體且可量化之城市型應用案例，例如透過 HAPS 於大型都會區外圍進行動態補強，以因應尖峰時段之網路壅塞，並避免干擾市中心既有基地臺運作。此類案例顯示，HAPS 並非僅限於偏鄉或緊急應變情境，亦具潛力於高度人口密集之城市環境中，作為具彈性調度能力之通訊補充層，並與未來 6G 所強調之需求導向網路架構相互呼應。

然而，綜合各界討論，HAPS 發展仍面臨建置與維運成本、空域管理與飛航規範、以及跨系統測試與互通標準尚待成熟等挑戰。值得關注的是，HAPS 聯盟已逐

步於國際通訊標準組織中累積成果，並嘗試將通訊標準化經驗延伸至飛航與空域管理領域，反映國際社群正由「技術共識」邁向「跨域治理協作」，此一制度發展趨勢具有高度觀察與參與價值。

基於本次交流成果與上述觀察，本中心建議後續可朝以下方向進行評估與推動：一是將 HAPS 視為多域整合之通訊平臺，納入非地面通訊網路（NTN）之中長期技術研究與驗證架構，而非僅作為單一補網工具；二是結合我國災害治理與通訊韌性需求，優先以災時通訊支援作為應用情境，逐步累積自主評估與運用能力；三是持續追蹤國際標準與制度發展脈動，透過國際合作與技術交流，協助我國提升於次世代通訊領域之制度對話與標準參與能量。

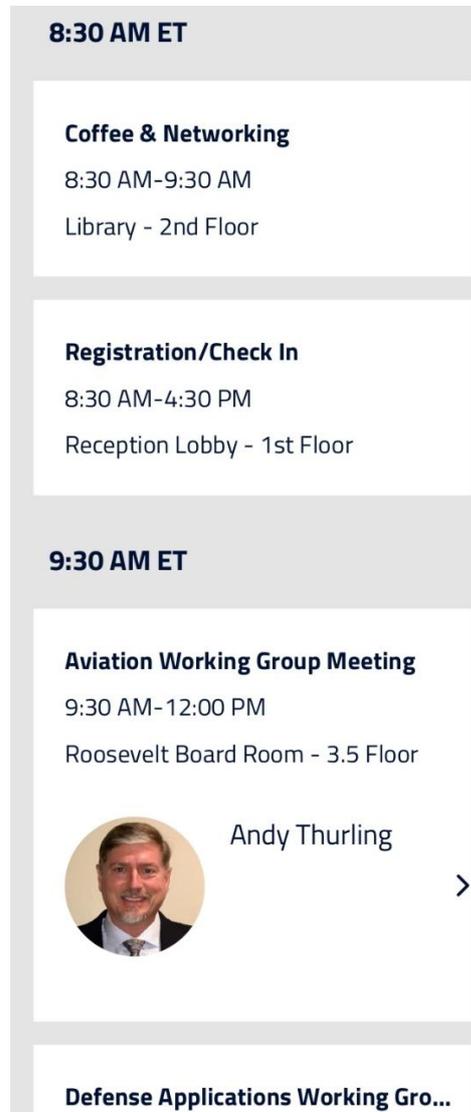
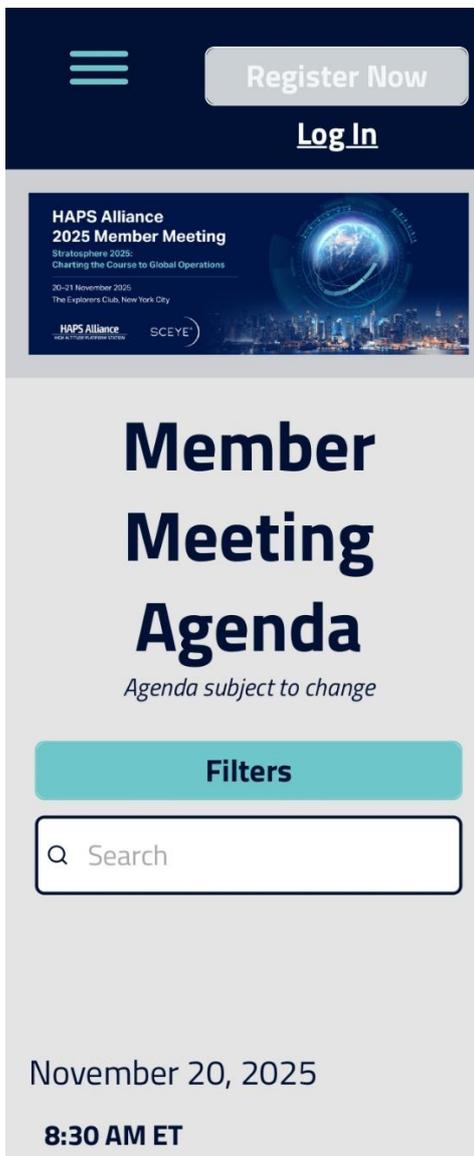
綜言之，高空通訊平臺之發展已進入跨領域整合與制度化推進階段，其技術內涵、應用模式與治理框架均展現可操作性。本次參與成果已由本中心納入既有研究與國際合作脈絡中，作為後續支援我國非地面通訊網路相關政策研擬與技術評估之重要參考，並有助於逐步形塑具長期韌性之通訊基礎。

伍、附件：相關照片及資料

本次大會海報：



本次大會議程：



Defense Applications Working Gro...

9:30 AM- 12:00 PM

Gallery Room - 5.5 Floor



Kyle Doverspike
Aerostar

Marketing Communications Worki...

9:30 AM- 12:00 PM

Map Room - 6th Floor



Sara Yellin
Softbank Corp



Telecommunications Working Grou...

9:30 AM- 12:00 PM

Apollo Room - 1st Floor



Jaroslav Holiš
Deutsche Telekom AG

12:00 PM ET

Lunch

12:00 PM- 1:20 PM

Library - 2nd Floor

1:20 PM ET

1:20 PM ET

Opening Remarks from HAPS Allia...

1:20 PM- 1:40 PM

Clark Room - 2nd Floor



Russ Van Der Werff
Aerostar

1:40 PM ET

Sceye, Inc. Host Presentation

1:40 PM-2:10 PM

Clark Room - 2nd Floor

Mikkel Vestergaard Frandsen will welcome attendees to the 2025 HAPS Alliance Annual Meeting, hosted by Sceye at The Explorers Club. Mikkel will discuss the history of The Explorers Club, the importance of HAPS and the stratosphere to the future of connectivity, observation, and humanity, and share his personal story. This presentation will set the stage for two days of conversation and action for the HAPS Alliance community.



Mikkel Vestergaard
Sceye Inc.

2:10 PM ET

How Space Balloons Answer Earth'...

2:10 PM-2:30 PM

Member Presentation

How Space Balloons Answer Earth'...

2:10 PM-2:30 PM

Member Presentation

Clark Room - 2nd Floor

High-Altitude Platform Systems (HAPS) are increasingly recognized as a disruptive alternative to satellites, offering lower costs, rapid deployment, and ultra-high-resolution data. In this presentation, Jonathan Polotto, CEO and Founder of Involve, will share how reusable stratospheric platforms can evolve from single missions to scalable constellations that deliver continuous monitoring and telecom services.

The session will explore three main pillars: (1) the technological breakthroughs enabling long-endurance stratospheric operations, including autonomous station-keeping and modular payload architectures; (2) the transition from mission-as-a-service to data-as-a-service, with clear value for energy, infrastructure, agriculture, disaster response, and secure communications; and (3) the integration of AI and conversational GeoAI (CLEAR) to transform complex Earth Observation data into operational answers accessible to non-experts.

Attendees will gain insight into the opportunities and challenges of scaling HAPS from prototypes to operational constellations, the regulatory pathways that enable international expansion, and the strategic role of industry collaboration in unlocking global adoption. The key takeaway: HAPS are not just experimental platforms—they are on the path to becoming a cornerstone of sustainable, dual-use infrastructure for the next decade.



Jonathan Polotto
Involve Space

2:30 PM ET

6G from Ground to Sky— Enabling ...

2:30 PM-2:50 PM

Member Presentation

Clark Room - 2nd Floor

As 6G expands beyond terrestrial boundaries, resilient connectivity must span from ground networks to stratospheric HAPS and multi-orbit satellite constellations. This session explores how phased array innovations from TMYTEK enable seamless Non-Terrestrial Network (NTN) communication and SATCOM, addressing the growing demand for flexible, cost-effective, and mission-ready architectures.

We highlight Ku/Ka/Q-band electronically steered arrays (ESA) with modular tile-up designs that support multi-beam, beam-split, and ultra-fast handover across LEO, MEO, GEO, and HAPS platforms. These phased array solutions power gateways, user terminals, and radar applications, bringing software-defined agility and scalability to NTN and 6G deployments.

Real-world use cases—including HAPS gateways demonstrated at Osaka Expo 2025, multi-orbit SATCOM terminals, NTN mobility, radar sensing, and V2X—illustrate how TMYTEK accelerates the path from lab to field. By integrating phased arrays and RIS, we show how resilient ground-to-sky connectivity is becoming a cornerstone of the 6G era



Jackrose Kuo
TMYTEK

2:50 PM ET

2:50 PM ET

High Altitude Defense Operations - ...

2:50 PM-3:10 PM

Guest Speaker

Clark Room - 2nd Floor

In 2025, Project AETHER tested use of uncrewed, high-altitude balloons to conduct intelligence, ISR missions, boosting national security and delivering on the UK government's Defense Reform. Recent test flights have involved HAPS Alliance industry partners Voltitude (UK) and Aerostar (USA). Project AETHER is making initial plans to continue stratospheric testing with HAPS in 2026 in the next phase of capability demonstrations. Flt Lt Ben Parkin will provide an overview on Project AETHER and recent HAPS testing, trials, and demonstrations by DAWG partner (non-member) UK MOD.

Project AETHER is a UK Ministry of Defense program to develop and test high-altitude, long-endurance (HALE) uncrewed platforms, including HAPS, for global intelligence, surveillance, reconnaissance (ISR), and communication missions. The project aims to use stratospheric platforms to provide ultra persistent, wide-area surveillance for strategic decision-making.



Flt Lt Ben Parkin
Royal Air Force

3:10 PM ET

Coffee Break

3:10 PM-3:20 PM

Library - 2nd Floor

3:20 PM ET

Telecommunications Working Grou...

3:20 PM-3:35 PM

Clark Room - 2nd Floor



Jaroslav Holíš
Deutsche Telekom AG

3:35 PM ET

Aviation Working Group Update

3:35 PM-3:50 PM

Clark Room - 2nd Floor



Bob Lee
Aerostar

3:50 PM ET

Marketing Communications Worki...

3:50 PM-4:05 PM

Clark Room - 2nd Floor



Sara Yellin
Softbank Corp



4:05 PM ET

Defense Applications Working Gro...

4:05 PM-4:20 PM

Clark Room - 2nd Floor

4:05 PM ET

Defense Applications Working Gro...

4:05 PM-4:20 PM

Clark Room - 2nd Floor



Kyle Doverspike
Aerostar

4:30 PM ET

Networking Reception

4:30 PM-6:30 PM

Member Lounge - 1st Floor

November 21, 2025

8:00 AM ET

Coffee & Networking

8:00 AM-9:00 AM

Library - 2nd Floor

Registration/Check In

8:00 AM- 1:00 PM

Reception Lobby - 1st Floor

9:00 AM ET

Executive Board Roundtable

9:00 AM-9:40 AM

Clark Room - 2nd Floor



Mikkel Vestergaard
Sceye Inc. >

Clark Room - 2nd Floor

The UK Civil Aviation Authority (UK CAA) is responsible for overseeing and regulating all aspects of civil aviation in the United Kingdom. As aviation technology rapidly evolves, the UK's Airspace Modernisation Strategy (AMS) aims to ensure the nation can respond to new demands and integrate emerging airspace users. A key focus is the development of common rules and frameworks to support the safe, secure, and sustainable operation of civil aviation in higher airspace—typically above the levels used by conventional aircraft. The presentation will update the audience on our current activities and the next steps to expect from the UK approach to Higher Airspace.

Currently, the UK has only limited policies, processes, and management capabilities for aviation activities within the higher reaches of its airspace and Flight Information Regions (FIR/UIRs). Higher Airspace Operations (HAO) present unique challenges, as new entrants such as high-altitude platforms and stratospheric vehicles seek routine access to this domain. To address these gaps, the UK CAA, as part of the AMS programme, is collaborating with national and international partners—primarily the US and EUROCONTROL/EU. The initial phase involves producing a CAA paper to inform UK Government policy and guide cross-departmental and international engagement on Higher Airspace.

The goal is for the 2026 AMS refresh to clearly define the UK's approach to managing higher airspace, including above FL660, ensuring that the UK remains at the forefront of safe and innovative airspace management as new technologies emerge and helping enable the course to Global Stratospheric Operations.



Rob Stallard
UK CAA

10:00 AM ET

A Call to Action: Industry-Led Regu...

10:00 AM- 10:20 AM

Member Presentation

Clark Room - 2nd Floor

The HAPS industry is fundamentally committed to safety, and the concepts presented here detail how new approaches to airspace management will not only enable commercial operations but also improve and sustain the safety of the higher airspace.

High Altitude Platform Stations (HAPS) will not scale—or even survive—under today’s model of airspace management. The current system depends on human-centric control, voice communications, and an expensive legacy network of radars, radios, and surveillance infrastructure. This model is labour-intensive and capital-intensive. Beyond cost, traditional Air Traffic Services (ATS) were never designed for the unique characteristics and needs of HAPS operations, which occur in a low-density, low-risk airspace, and will not efficiently enable a mix of commercial and undisclosed state operations sharing the same volume.

To unlock viable HAPS services and deliver connectivity at competitive prices, airspace management must transform. It needs to become automated, digital-first, distributed architectures, and powered by cost-effective infrastructures. Secure digital identification, selective information-sharing, and seamless integration of commercial and defence HAPS are not optional—they are prerequisites for safe, scalable operations.

Since 2018, the HAPS community has helped shape early concepts—contributing at ICAO, influencing regional initiatives, participating in NASA simulations, and publishing the HAPS Alliance Higher Airspace CONOPS. Industry’s concepts are

however sometimes perceived as too ambitious, too novel or undemonstrated for some regulators who prefer the familiarity of a more incremental approach.

As a result, regional concepts are now diverging, often using overly complex solutions to address unproven assumptions and challenges. If this continues, the result will be a fragmented regulatory environment that is costly, incompatible, and ultimately unworkable for global HAPS operators.

We have seen what works. The small-drone industry gained a workable regulatory framework by proactively developing and demonstrating solutions: building the proven technology, creating the standards, open-sourcing the tools, and proving—in real world demonstrations—that the solutions are safe and scalable. Regulators followed because industry led with tangible proof.

HAPS must now urgently follow suit. We are a decade behind the small UAS industry and have not dedicated the same energy to technology development. We must create the technical solutions we envision, open-source them to expedite global standardization, and prove their viability through real-world, cross-border flight trials that eliminate any uncertainty.

If we do not act now, others will define the rules and tools for us—and those will not be built around HAPS needs. This is our moment of decision. Either we lead with demonstration to shape the globally harmonized future for higher-air-space management we envision, or we are locked into systems designed without us in mind. The window is narrow, closing fast, and will not reopen.



Hunter Hall
Sceye Inc.



10:20 AM ET

Coffee Break

10:20 AM-10:30 AM

Library - 2nd Floor

10:30 AM ET

DAWG Defense Panel

10:30 AM-11:30 AM

Guest Speaker

Clark Room - 2nd Floor

DAWG will bring together defense partners (non-members) from several governments to speak in a panel format about their experience, recommendations, and desires for HAPS in Defense. Both the moderator(s) and general audience will have the opportunity to ask questions of the panelists.



Kyle Doverspike
Aerostar

11:30 AM ET

The Triple-C Paradigm: Cooperative...

11:30 AM-11:50 AM

Member Presentation

Clark Room - 2nd Floor

The successful integration of HAPS into International Mobile Telecommunications (IMT) systems hinges on one critical factor: effective spectrum coexistence. This talk examines how HAPS and terrestrial base stations can share spectrum resources without degrading network performance.

Using stochastic geometry models, we analyze coverage under coordinated and uncoordinated deployments, highlighting trade-offs between interference management, spectrum efficiency, and service reliability. The discussion will outline strategies for enabling harmonious operation of HAPS and ground-based networks, offering insights for regulators, operators, and researchers working to unlock the full potential of HAPS in future IMT ecosystems.

potential of HAPS in future IMT ecosystems.



Mohamed-Slim Alouini
KAUST

11:50 AM ET

Unlocking The Stratosphere For Th...

11:50 AM-12:10 PM

Member Presentation

Clark Room - 2nd Floor

Kea Aerospace, headquartered in Christchurch, New Zealand, is pioneering the next generation of aerial intelligence. Our mission is to transform how we see and understand our world by developing solar-powered, remotely piloted aircraft that can fly for months at a time in the stratosphere.

Operating at altitudes above 50,000 feet, HAPS deliver persistent, high-resolution imaging and real-time data for critical applications—from maritime surveillance and environmental monitoring to disaster response. Our current demonstrator, the Kea Atmos Mk1, with its 12.5-metre wingspan and weighing under 40-kilograms, successfully flew to 56,000 feet in February 2025 and has subsequent high-altitude flights scheduled from November 2025. The company has started the design phase of the Kea Atmos Mk2—a 30-

metre wingspan aircraft designed for continuous multi-month missions, bringing game-changing persistence and coverage to the Pacific region.

This presentation will explore our operational roadmap, beginning with maritime surveillance in New Zealand and Australia before expanding into terrestrial applications. Attendees will gain insight into our fast, iterative approach to HAPS development, collaborations with customers and payload partners, and the transformative opportunities this technology unlocks for security, climate science, and resilience in the Pacific.



Mark Rocket
Kea Aerospace Limit...

12:10 PM ET

Attributable Stratospheric Platforms: ...

12:10 PM-12:30 PM

Member Presentation

Clark Room - 2nd Floor

This session introduces the StratoSonde® system, a novel upper-air observation platform that combines a lightweight, long-endurance high-altitude balloon (HAB) with a micro-dropsonde dispensing system. Designed for low-cost deployment in remote regions, StratoSonde® delivers critical atmospheric data to improve forecasting of extreme weather events such as tropical cyclones, extra-tropical storms, and polar-origin winter systems.

The balloon, weighing under 3kg, achieves multi-day stratospheric endurance by navigating wind layers, while each unit can deploy up to 16 micro-dropsondes (<20g each) for vertical atmospheric profiling. This capability not only enhances global weather models but also supports safer navigation for both HAB and fixed-wing HAPS platforms.

The session also highlights a successful March 2025 demonstration for the UK MOD's Project Aether, showcasing StratoSonde's ISR potential in high-latitude winter conditions. Looking ahead, Voltitude is preparing to launch StratoSat-25, a fixed-wing HAPS featuring patented gust alleviation technology, expanding the operational envelope for solar-electric stratospheric UAS.



Paul Stevens
Voltitude Limited

12:30 PM ET

NASA and Higher Airspace Traffic ...

12:30 PM-12:50 PM

Guest Speaker

Clark Room - 2nd Floor

For years, NASA has been working closely with industry, FAA, and other government agencies to develop a concept of operations and lay the technical foundations for integrated cooperative operations in the stratosphere. NASA's engagements started with the hosting of multiple in-person workshops with stakeholders to form a community and establish a forum for discussion and development. From those engagements, a cohort has been established that are interacted with regularly with agreements in place for dedicated technical collaboration. In parallel, NASA has developed and implemented a reference architecture with supporting services to test the technical approach to higher airspace traffic management. As of 2025, NASA has now conducted two simulations with three industry partners using a deployed reference architecture and services exchanging digital information and operational intents with partner systems. Additionally, the same services were used to ingest real-time data from a live ongoing flight of a stratospheric

balloon that demonstrated the feasibility and proof of concept of the technologies. This presentation will cover NASA's contributions to the development of the higher airspace traffic management concept and provide an overview of the most recent achievements. Future considerations will also be discussed with potential paths ahead.



Jeff Homola
NASA

12:50 PM ET

Closing Remarks/Member Meeting...

12:50 PM-12:55 PM

Clark Room - 2nd Floor

1:00 PM ET

Executive Board Meeting

1:00 PM-3:00 PM

Roosevelt Board Room - 3.5 Floor

Executive Board Meeting Participants
Only

[Privacy Policy](#)

本次與會成員：



照片左起：電信技術中心鄭師豪副管理師、數位發展部韌性司牛信仁司長、電信技術中心何佳伶副研究員、數位發展部資源管理司陳玟良副司長