

出國報告（出國類別：考察）

赴日本東京參加「Wireless Japan × Wireless Technology Park 2026 無線 通訊展暨論壇」出國報告書

單位名稱：應用服務組

姓名職稱：王牧寰 資深研究員兼副理

派赴國家：日本

出國期間：115/5/26-115/5/30

報告日期：115/6/30

摘要

報告人王牧震資深研究員兼副理暨行動寬頻專用電信網路推動辦公室主任
本次奉數產署指示派赴日本東京參加「Wireless Japan × Wireless Technology Park 2026」(以下簡稱 WJ×WTP 2026)無線通訊展暨論壇，考察期間為 2026 年 5 月 26 日至 30 日，重點涵蓋日本電波政策、Beyond 5G/6G、AI 原生網路、地面與非地面網路整合、毫米波、Local 5G、自營無線及產業場域應用。展會於東京國際展示場西 3、4 館舉行，聚焦由傳統單一接取技術而擴展為頻譜、算力、人工智慧、衛星、資安及產業流程共同構成的無線通訊暨數位基礎設施議題。

政策面，日本總務省以 2030 年代為觀察尺度，推進 26 GHz 高頻資源、800 MHz 頻段 Wi-Fi HaLow 及 Local 5G 海上利用等制度調整。其中，展會熱議日本將首度以價格競爭方式辦理 26 GHz 頻率釋出(已於 2026 年 6 月完成)，並將整備 800 MHz 頻段供 Wi-Fi HaLow 使用(已於同年 7 月完成)。其共同方向是提高頻率利用效率、擴大新進者與垂直產業參與，並以差異化頻段回應大容量熱點、廣域低功耗感測及韌性通訊等需求。

技術面，NTT DOCOMO、KDDI、SoftBank 及 NEC 均將 AI 與網路雙向結合視為下一階段核心；NICT 則進一步說明地面網路與衛星、HAPS 等非地面網路之整合及跨營運者協同。

場域面，本次最具政策參考價值者，包括一體型戶外 Local 5G 基地臺所呈現之低成本、快速建置與訂閱或租賃商模；新丸山水壩以 Local 5G 支援纜索起重機自動、自主運轉及 4K 即時監看；以及 NTT 東日本依需求組合 Wi-Fi、Local 5G 與 Wi-Fi HaLow 的混合自營無線策略。在在顯示，日本 Local 5G 正由高成本、專案式驗證，轉向小型化、模組化、可複製及與其他無線技術協作的社會實裝階段。

於綜合研析部分，本報告建議我國以既有 4.8-4.9 GHz 頻段之行動寬頻專用電信網路制度為基礎，優先推動國產低成本整合型設備示範、建立 5G 專網搭配 Wi-Fi/Wi-Fi HaLow、或甚至衛星備援之混合網路導入典範，並強化營運成本面的精省，尤其可選定營建、製造、物流、災防等上行大流量或高可靠需求場域進行概念驗證(PoC)至商業驗證(PoB)。至於連接公眾網路與毫米波專頻專網等議題，宜在確保資通安全之前提下，逐步、分階段行制度研議，以兼顧創新與專頻專網安全性。

目 錄

壹、 前言（出國目的）	1
貳、 團員及任務分工	5
參、 行程表	6
肆、 工作內容	7
伍、 結論	51
陸、 建議	62
柒、 檢附相關資料	66

壹、前言（出國目的）

一、展覽暨論壇整體說明

WJ×WTP 2026 由 Wireless Japan 與 Wireless Technology Park 共同舉辦，於 2026 年 5 月 27 日至 29 日在東京國際展示場（Tokyo Big Sight）西 3、4 館舉行。主辦單位以「Road to 6G」、「Wireless Ignites DX」及「NTN New Horizons」為聚焦主題，展覽與論壇橫跨行動通訊、Local 5G、自營無線、物聯網、毫米波、B5G/6G、衛星/高空通訊平台（HAPS）、AI 網路、自動化及測試量測等領域。官方公布 WJ×WTP 三日參觀人次為 26,058 人。

本屆論壇安排政府機關、研究法人、電信業者、設備商及場域使用者同臺說明。政府與研究端包括日本總務省及 NICT；電信與設備端包括 NEC、NTT DOCOMO、KDDI、NTT 東日本及 SoftBank；應用端則可見大林組、理光工業（Ricoh Industry）與行動運算推進聯盟（モバイルコンピューティング推進コンソーシアム，MCPC）等案例。此種議程配置使參觀者得以從政策制度、網路架構、設備產品、導入商模及場域績效五個層次，觀察日本無線產業由研發驗證邁向實際營運之進程。

由議程主題可看出，日本無線產業已由「能否連線」進一步轉向「如何持續營運」。政府端討論頻率配置、共享與新型態利用；研究端聚焦 AI、地面網路（Terrestrial Network, TN）與非地面網路（Non-Terrestrial Network, NTN）協同；業者端則將網路、雲端與分散式算力包裝為服務；場域使用者更直接以工安、品質、工期及人力等業務成效說明投資價值。對專頻專網政策而言，這種由制度、技術到營運成效的完整鏈結，比單純比較案例數、基地臺數或使用期間更具參考價值。

本次考察亦特別區分論壇中已商用之產品、與正在示範之技術及仍處標準化階段之 6G 概念。Local 5G 一體型設備、工地遠端控制及工廠影像應用已有具體導入條件；AI 原生空中介面（radio interface）、厘米波（centimeter-wave）、太赫茲（THz）與多軌道非地面網路整合，則多屬研發或前標準研究。政策研議與採納時，仍應考量技術成熟度設定不同工具：成熟設備重在審驗、互通與採購規格，示範技術重在場域實證，前瞻技術則宜以研究發展及國際標準參與為主。

展場與論壇反映五項共同趨勢：第一，6G 發展重點已不僅是峰值速率，而

是 AI、運算與網路協同；第二，地面網路與低軌（LEO）衛星、HAPS 等非地面網路逐步整合；第三，毫米波由廣域覆蓋思維轉向車站、場館與大型活動等容量熱點；第四，Local 5G 設備持續小型化、軟體化並降低建置門檻；第五，企業自營網路不再追求單一技術包辦所有需求，而是依距離、移動性、上行量、可靠度與成本，組合 5G、Wi-Fi、Wi-Fi HaLow 與衛星回傳。

國際標準進程亦支持上述觀察。國際電信聯合會（ITU）無線電通信部門之 IMT-2030 框架，已將沉浸式通訊、超高可靠低延遲、大規模通訊、「無所不在的網路」（ユビキタスネットワーク）、人工智慧與通訊融合，以及整合「感測與通訊」列為六類使用情境，並將資安與韌性、永續性及縮小數位落差納入整體設計原則。第三代合作夥伴計畫則以 Release 20 完成 5G-Advanced 後續增強，並規劃以 Release 21 作為第一個具規範性 6G 內容的版本。是以，6G 政策宜同時涵蓋技術性能、產業場景、能源效率及治理責任，避免僅以世代名稱帶動重複投資。

二、出國目的與預期效益

(一) 掌握日本無線電政策與 Local 5G 制度演進

本計畫負有行動寬頻專用電信網路（即 5G 專頻專網）申設輔導、治理精進與產業應用推動任務。日本自 2019 年建立 Local 5G 制度後，持續就高頻資源、海上利用、自營網路建置及新型態 IoT 頻段進行調整；本次冀希透過總務省代表之演講及相關展出，掌握其以多層頻譜支援不同場域需求之治理思路，作為我國後續制度檢視、申設服務與頻譜創新應用研析之參考。

此外，考察重點並非直接複製日本頻段或免許制度，而是辨識其政策問題與解決工具。要之，日本 Local 5G 同時使用 Sub-6 之 n79 與毫米波頻段，且以土地權利、自己土地／他人土地、海上固定設施及干擾協調等概念界定使用；我國則以 4.8-4.9 GHz 頻段、核准場域及專網獨立性為核心。兩國制度基礎不同，除斧底抽薪的制度調整外，真正可借鏡者是需求分層、申設流程標準化、降低導入成本及以實證資料支持制度調整的方法。

(二) 觀察 B5G/6G、AI 原生網路與 TN/NTN 融合技術

本次展會及論壇邀請日本主要電信業者與國立研究開發法人資通訊研究機構（NICT）進行演講，主題包括 6G 高頻段、分散式多輸入多輸出、智慧反射面、AI 原生空中介面、網內運算、網路切片（network slicing）、衛星與 HAPS 等研發方向，並辨識其與企業專網之關係。預期可將技術名詞轉化為可驗證之應用需求，避免僅以世代升級或速率提升作為政策目標。

預期效益包括掌握 B5G/6G 技術成熟度，辨析於 5G 專頻專網應用面之「可立即推廣導入」、「仍需透過實驗驗證」及「應持續追蹤技術與標準」三類項目；未來並可考慮把端到端延遲、上行資料量、服務連續性、算力位置、能源消耗、模型更新與資安責任納入專網應用評估。此一作法可使政策投入資源聚焦於場域真正受限的環節，也可降低以單一設備規格取代整體服務成效的風險。

(三) 蒐集低成本建置與垂直場域商用案例

本計畫過去研析我國 5G 專頻專網普及的主要障礙仍包括設備成本、終端稀缺、執照申請時程、維運人力與可量化效益等。本次赴日將特別觀察一體型基地臺、租賃服務、建設機械自動化、工廠影像 AI 及 Wi-Fi HaLow 廣域感測等案例，

藉以形成我國中小企業可採用之導入模組與場域篩選條件。

案例蒐集將特別關注可複製性：相同方案能否在不同工地或產線快速重建、是否具備標準介面、終端取得是否容易、誰負責資安維運，以及租賃或訂閱是否真能降低總持有成本。藉由把技術功能轉化為採購、維運及成效考察項目，可作為我國推動、篩選後續建立亮點示範場域、模組化網路結構與應用套件等判斷門檻。

貳、團員及任務分工

一、出國人員

單位：應用服務組

職稱：資深研究員兼副理暨行動寬頻專用電信網路推動辦公室主任

姓名：王牧震

二、工作內容

本次由一人執行考察，包括參加展覽與論壇、蒐整日本頻譜政策、B5G/6G 及 Local 5G 趨勢、訪察低成本設備與垂直應用案例、研析對我國 5G 專網治理與產業推動之啟示等。

在展會現場採「論壇聽講、展場觀察、資料查核、返國研析」方式進行。報告內容以會場聆聽、訪談之筆記及自行拍攝照片為基礎，並於返國後以主辦單位、政府機關、研究法人及企業官方資料交叉確認。涉及廠商價格、產品功能與推廣成效者，均視為當時現場之說明，實際採購或政策引用仍另行查證。

資料整理採「現場紀錄、官方來源、制度比較、政策研析」四階段進行。現場紀錄用以掌握講者脈絡與展示重點；官方來源用以校正法規日期、頻率範圍、產品規格及後續政策結果；制度比較用以釐清日本 Local 5G 與我國行動寬頻專用電信網路之法律效果；最後再就可行性、成本及產業效益提出建議。

參、行程表

日期	行程	地點
5/26	啟程(台灣台北→日本東京) 07:20(TSA)→11:35(HND)； 下午-預備參展文件、交通路線及會場場勘	台北-東京
5/27-	上午-日本頻率政策最新動向專題演講、考察展覽； 下午-次世代網路戰略專題演講、6G 技術標準專題演講、 5G 專網展望專題演講、O-RAN 專題演講、考察展覽	東京
5/28	上午-NTT 6G 專題演講、考察展覽； 下午-考察展覽、建築場域 5G 專網專題演講、軟體銀行次 世代通訊基盤專題演講	東京
5/29	上午-B5G/6G 空天地一體專題演講、考察展覽； 下午-考察展覽、5G 專網專題演講	東京
5/30	返台(日本東京→台灣台北) 07:55(HND)→10:30(TSA)	東京-台北

肆、工作內容

由於大會論壇安排相當密集，因此執行人員係利用每日論壇間的空檔進行展覽之考察。基此，本章前三節將分別說明三日論壇之內容摘錄；第四節再一併說明考察展場之所獲。



圖 1、WJ×WTP 2026 會場入口

資料來源：本計畫自行拍攝



圖 2、展場人流與無線通訊解決方案展示情形

資料來源：本計畫自行拍攝

一、論壇首日（5/27）內容

（一）會議議程

首日論壇以日本政府電波政策與 AI 原生社會所需之次世代通訊基礎設施為主要觀察軸線。上午首先由日本總務省綜合通信基盤局電波部長翁長久主講「電波政策的最新動向」，說明日本因應 AI、數位轉型及無線應用擴張所推動之頻譜政策，包括頻譜有效利用、毫米波高頻段活用、Wi-Fi HaLow 低頻廣域通訊，以及 Local 5G 使用彈性化等政策方向，藉以掌握日本由頻譜管理逐步轉向支援無線產業成長之政策思維。中午則由 NEC Corporate SVP 佐藤崇以「以可信賴的連結，驅動 AI 原生社會」為題，從 AI 大量導入產業與社會的趨勢出發，說明未來通訊網路除高速傳輸外，更須具備可靠、安全、不中斷及可支援分散式 AI 運算之連結能力。下午接續由 KDDI CNO 古畑和弘主講「支持 AI 前提社會的 KDDI 次世代網路構想」，介紹 KDDI 面向 AI 社會所規劃之次世代網路架構，涵蓋 5G／6G、衛星、資料中心及海底電纜等陸海空整合通訊基礎設施。論壇結束後則安排參觀展覽攤位，實地觀察 Local 5G、次世代無線通訊及 AI 整合應用之最新設備與解決方案。

時間	論壇主題	講者或與談專家
10:30 — 11:10	電波政策的最新動向	翁長久 (日本總務省綜合通信 基盤局電波部長)
12:30 — 13:30	以可信賴的連結，驅動 AI 原生社會	佐藤崇 (NEC Corporate SVP)
13:30 — 14:10	支持 AI 前提社會的 KDDI 次世代網路 構想	古畑和弘 (KDDI CNO)
14:10 — 18:00	安排參觀展覽攤位	--

(二) 首日論壇內容摘錄

1. 日本總務省：電波政策的最新動向

日本總務省綜合通信基盤局電波部長翁長久以「電波政策的最新動向」為題，說明日本面對 AI、數位轉型、IoT、無人載具及 B5G/6G 等新興需求時，電波政策已逐漸由傳統強調「稀有資源之有效利用與干擾防止」，轉向將頻譜視為數位社會與無線產業發展的成長基礎。此一政策轉變與總務省自 2023 年起推動之「擴大數位商業之電波政策懇談會」及 2024 年公布的「無線轉型 (Wireless Transformation, WX) 推進戰略」相互呼應。日本政府認為，電波利用已由傳統地面廣播與行動通信，迅速擴張至陸、海、空與太空，政策不能只處理既有使用者之間的分配，而須透過高頻段開發、頻率移轉與共用、制度簡化及新型態分配方式，使頻譜成為 AI、智慧農業、自動駕駛、災防、遠距服務等產業創新的投入要素。日本並設定至 2040 年再確保約 70 GHz 頻寬供行動通信、非地面網路及 Wi-Fi 等新興用途使用，顯示其頻率政策已與國家數位產業政策逐漸結合。

本次演講首先值得注意的是日本首次導入頻譜拍賣制度。日本過往對行動通

信頻率主要採比較審查方式(亦稱「選美制」),也即依事業者之基地臺建設計畫、涵蓋範圍及服務能力等條件決定頻率分配;但對 6 GHz 以上之高頻段,日本政府認為其傳播距離較短、適合局部高容量使用,若仍要求傳統全國性廣泛涵蓋,反而可能降低業者投入誘因。因此,2025 年修正《電波法》,新設日本法律稱為「價額競爭」也即競標之分配機制,原則上在先確認申請者具備必要資格後,以出價高低作為分配的重要依據。日本國會亦明確指出,此種設計是考量高頻段較適合據點式利用,因而盡量減少附加的整備條件,以提高業者依商業需求自行部署之彈性。

基此,第一個適用競標制度的頻段即為 26 GHz 毫米波。翁長部長演講時,日本已規劃將 25.8 至 26.2 GHz 的 400 MHz 頻寬作為「全國框」,另將 26.8 至 27.0 GHz 的 200 MHz 頻寬設計為可依市區町村選擇使用之「地域框」。此種「全國及地域」雙軌架構具有重要政策意義:毫米波並非像 700 MHz 或 Sub-6 般以全面覆蓋為主要價值,而是適合車站、大型活動、商業設施、工業區等流量高度集中的地點,因此地域框可以讓基礎設施共享業者、地方型業者或其他新進者只取得實際有商業需求之地區,而無須承擔全國頻率及網路建設成本。而報告人返國後,日本確於 2026 年 6 月 11 日至 25 日正式進行首次價額競爭,最終全國框由 NTT DOCOMO 得標,地域框則由 JTOWER 及 High Tech Inter 得標,證實日本頻率分配制度已正式由單一比較審查進入「依頻率特性採取不同分配工具」的新階段。

第二項政策重點則是 800 MHz 廣域低功率無線系統及 Wi-Fi HaLow。日本原有 800 MHz 數位 MCA (Multi-Channel Access, 多頻道)系統預定於 2029 年 5 月底結束服務,總務省因此並未單純讓既有頻率閒置,而是檢討利用其傳播距離長、建築穿透能力較佳的特性,引進「800 MHz 頻段廣域低功率無線系統」,其中可支援 IEEE 802.11ah,即 Wi-Fi HaLow。規劃頻率範圍為 846.5-854.5 MHz;在既有系統完成移轉以前,先限制部分頻段使用,待 2029 年後再擴大可利用頻寬。相較日本既有 920 MHz IoT 頻段,新制度可提高發射功率、增加頻寬並改善涵蓋能力,因而適合智慧農業、河川及防災監測、設施巡檢及其他低成本廣域 IoT 用途。翁長部長演講時相關法制作業仍在進行,而報告人返國後,日本確於 2026 年 7 月 30 日完成主要制度公布,顯示其演講所提出的政策已迅速進入實施階段。

此項政策亦反映日本並未將 5G 視為所有無線應用的唯一答案。5G 及 Local 5G 適合大容量、高可靠、移動控制與即時影像等需求,但大量 IoT 設備只需傳

送感測資料或低資料量影像，若一律採 5G 反而可能增加基地臺、終端及維運成本。因此，日本頻率政策正形成不同頻段分工：毫米波負責高密度、大容量熱點；Sub-6 及 Local 5G 支援產業自動化及高可靠通信；800/900 MHz 等較低頻率則支援低成本、長距離 IoT。亦即，頻譜政策的目標不再只是「提高使用率」，而是依不同產業痛點提供適當頻率工具，藉此形成完整的無線產業生態系。

而與我國 5G 專頻專網最直接相關者，是日本近年持續推動的「Local 5G 彈性化」。日本 Local 5G 制度早期強調特定土地及固定場域使用，但隨無人機、港口、海上風電、工程建設及災害通信需求增加，固定場域概念逐漸成為應用限制。總務省因此自 2023 年起陸續放寬共同利用、他人土地上的移動運用及定期檢查等制度；2025 年 2 月再完成 4.8-4.9 GHz Local 5G 之「海上利用制度」，5 月則完成 TDD 方式行動通信及 Local 5G 之上空利用規範，使無人機得在符合干擾控制條件下使用 Local 5G。2025 年度日本頻率（周波數）再編行動計畫並進一步要求研議透過運用協調機關簡化與加速 Local 5G 執照（免許）程序。這顯示日本制度改革的基本方法並非取消頻率管理，而是隨實證經驗逐步精緻化傳播參數、干擾範圍與協調程序，使規範從「事前禁止」逐步轉為「符合可控制干擾條件即可使用」。

例如 Local 5G 使用 4.8-4.9 GHz 進入海域後，可望支援港灣設備、離岸設施、海上施工及風力發電維運；上空使用則可結合無人機，執行基礎設施巡檢、災害影像即時回傳及物流等工作。其政策意涵在於，日本逐漸將「場域」從傳統有明確建物及土地邊界的工廠或校園，擴張為具有移動性與立體空間特性的作業環境。對未來機器人、自動駕駛及無人載具而言，無線網路亦必須跟隨設備移動，若頻率制度仍完全以固定基地臺及固定土地邊界為前提，即可能阻礙應用發展。

從我國 5G 專頻專網政策進行比較觀察，日本經驗首先值得借鏡的是由「固定場域管理」朝「風險及干擾管理」逐步轉型。我國現行行動寬頻專用電信網路使用 4.8-4.9 GHz，並以經主管機關核准之設置場域作為制度核心。未來若無人機、海上作業、港區物流、離岸風電、災害救援及大型活動等需求持續增加，可以評估是否建立更有彈性的場域認定、臨時使用或快速申請機制。關鍵不必是全面取消場域限制，而是透過精確的電波模擬、發射功率控制、使用期間限制及干擾協調，讓「可控制的使用」取代「因場域型態特殊而原則不得使用」，使制度能跟上垂直應用之變化。

其次，日本 26 GHz 政策也提供我國檢討毫米波應用的參考。目前我國行動

寬頻專用電信網路法定使用頻段為 4.8-4.9 GHz，並未另配置毫米波之 5G 專頻專網頻率。然而日本經驗顯示，毫米波並不適合要求廣域覆蓋，但在大型活動、車站、影像即時上傳及其他高密度熱點，具有明確使用價值。因此，我國未必要直接複製日本 26 GHz 拍賣制度，但可評估以實驗頻率、示範場域或特定高容量應用方式，驗證毫米波在企業及公共場域的需求，再決定是否有必要形成長期專頻專網使用或共享頻率制度。

第三，專網政策亦可進一步納入「混合式無線架構」思維。要之，日本同時推動 Local 5G、Wi-Fi HaLow、毫米波及其他自營無線，說明未來企業數位轉型並不應由單一傳輸技術包辦。我國可將 5G 專頻專網定位於高可靠、大容量上行、移動控制等核心需求，再由 Wi-Fi 或其他低成本廣域 IoT 技術補足一般終端及長距離低資料量感測。政府推廣方向因而可由「鼓勵更多企業建置 5G」提升為「協助企業選擇最適合『包括 5G 專頻專網』的無線通信組合」，如此反而能降低企業認為 5G 專頻專網成本過高或過度設計的疑慮。

最後，本場演講最重要的宏觀啟示，是頻率政策本身可以成為產業政策。日本目前的改革並非單純增加可使用頻率，而是依頻段物理特性重新設計分配方式、利用條件與監理程序：高頻段透過競標及地域框提高市場進入彈性；低頻段利用既有系統退場機會導入廣域 IoT；Local 5G 則持續透過海上、上空及發照程序改革拓展應用。其共同邏輯均是讓頻譜由被動管理的稀有資源，轉化為可支援 AI、數位轉型（DX）及新興產業的政策工具。對我國而言，5G 專頻專網制度下一階段的精進亦不宜只著眼於申設案件數，而可進一步思考如何透過頻率、場域、干擾協調及申辦程序的制度設計，降低創新應用進入成本，同時維持既有通信安全與頻率使用秩序，讓 5G 專網真正成為產業數位轉型與新技術實證的通信基礎。

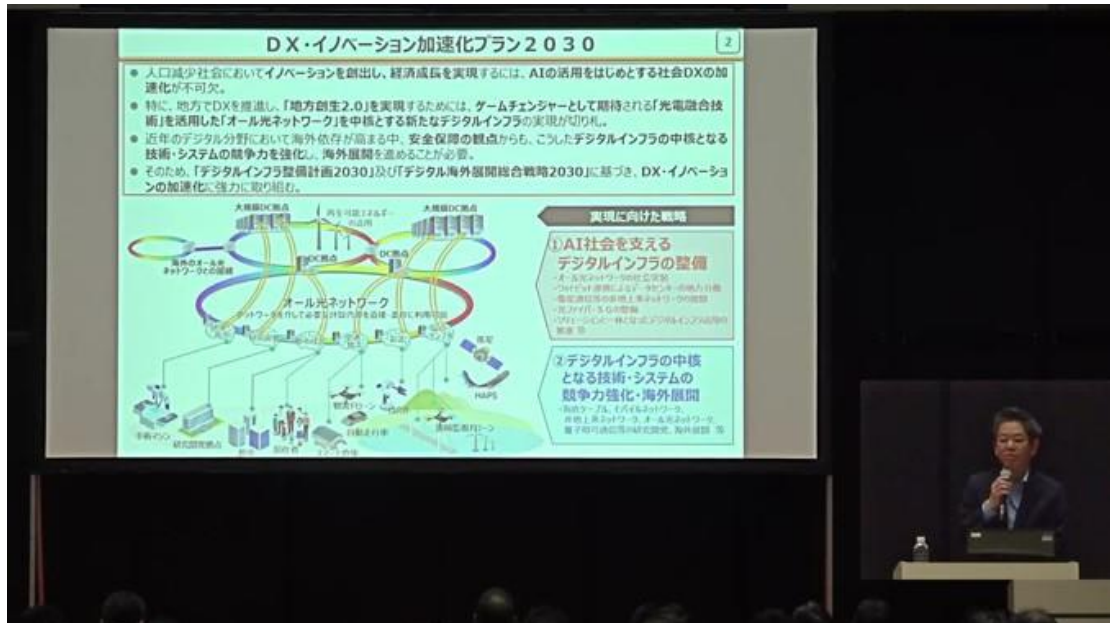


圖 3、日本總務省說明電波政策及數位轉型推動方向

資料來源：本計畫自行拍攝

2. NEC：以可信賴的連結驅動 AI 原生社會

NEC 之 SVP 兼網路解決方案事業部門長佐藤崇以「以可信賴的連結驅動 AI 原生社會」為題，從 AI 快速發展所帶來的通信需求變化出發，說明未來網路的價值不應僅以速度、容量等傳統性能衡量，而應進一步思考如何成為 AI 可以「安心依賴」的社會基礎設施。NEC 所稱的「AI 原生社會」(AI Native Society)，係指 AI 不再只是使用者主動開啟的特定工具，而是自然融入日常生活、企業活動及社會基礎設施之中，在使用者未必察覺的情況下持續進行分析、推論與判斷並創造價值。當 AI 由「人下達指令後回應」進一步演變為能夠自主感知環境、彼此協作並採取行動的代理式 AI (Agentic AI) 時，通信網路即不能只是把資料從甲地送往乙地，而必須即時支援大量資料交換、AI 推論及不同 AI 間的協同。這也是 NEC 提出「可信賴的連結」(Trusted Connectivity) 概念的背景。

所謂「可信賴的連結」，其核心可理解為具有足夠可靠性、安全性與持續性的連結能力。對 AI 而言，一般網路短暫壅塞或斷線可能只是造成服務等待，但當 AI 開始控制機器人、交通設備、公共設施，甚至參與安全判斷時，通信品質就直接影響 AI 決策是否能正確執行。因此，AI 原生社會需要的並非單純「更快的網路」，而是可以信賴其資料在需要的時間送達、網路故障時迅速恢復，且能因應 AI 工作負載動態變化的通信基礎。NEC 於同時期公布的 2030 年通信基礎設施事業戰略，即將可信賴的連結」定位為 AI 原生社會的重要原動力，並將其

涵蓋範圍由基地臺延伸至虛擬化無線接取網路（virtualized Radio Access Network, vRAN）、行動核心網路、網路營運管理、光傳輸、海底電纜、資料中心及非地面網路（NTN），呈現從接取網路至全球骨幹的一體化布局。

在網路技術方面，NEC 的構想可分為「連得上」、「傳得動」及「不中斷」三個層次。行動網路方面，持續發展 5G/6G 無線接取網路、Open vRAN 與雲端原生核心網路，使基地臺與核心功能可以軟體化及彈性擴充；固定與骨幹網路則透過高速光傳輸、光收發模組及海底電纜承擔 AI 資料中心間日益增加的大容量流量；進一步再由 NTN 補充地面網路不易涵蓋之區域。換言之，AI 原生社會所需要的通信基礎並不是單一 6G 無線技術，而是由無線、光纖、資料中心與衛星等多層網路共同支撐。NEC 因此同時將「高容量」、「高可靠」、「可擴充」及「永續性」列為下一代通信基礎的重要要求。

另一方面，AI 所帶來的問題不只是資料流量增加。未來大量代理式 AI 若持續從攝影機、感測器、穿戴設備與機器人取得影音及其他多模態資料，再全部傳送至遠端大型資料中心處理，無論無線頻寬、網路容量、AI 算力或能源消耗都可能成為瓶頸。因此，NEC 亦將「通信與運算的協同最佳化」視為重要方向。NEC 與東京大學、NTT 於 2026 年公布的 6G/IOWN 實證，即結合「串流語意通訊」（Streaming Semantic Communication）、AI 導向媒體控制及網路內運算（In-Network Computing, INC）。前者並非傳送所有原始資料，而是辨識 AI 真正需要的資訊並加以壓縮；後者則讓部分 AI 處理靠近網路或邊緣執行，避免所有資料集中傳往遠端雲端。實證以即時 AR 支援為例，驗證透過通信與運算共同配置，可以降低代理式 AI 處理大量資料時的延遲與負荷。這反映未來通信網路將逐漸由單純的「傳輸通道」，轉型為能夠協助判斷資料重要性及安排運算位置的 AI 基礎設施。

講者所描繪的另一重要方向，則是「AI 反過來改變網路本身的建置與營運方式」。隨 5G 核心網路雲端化、vRAN 及邊緣運算普及，通信系統包含的虛擬化資源與設定組合快速增加，若仍完全依賴高度專業工程師逐項設計、設定及排除故障，不僅成本上升，也難以即時因應 AI 服務快速變動的需求。因此，NEC 正利用代理式 AI 將通信業者過去累積的設計及維運知識轉化為 AI 可以執行的程序。2026 年 NEC 與 AWS 完成的實證，即讓代理式 AI 自主執行 5G 核心網路使用者平面功能（UPF）從設計、建置、部署到監控的整個生命週期，並驗證異常自動偵測及自我修復；原本由工程師人工處理需要數週的作業，可縮短至數小時。

其技術意義不只是「用 AI 節省人力」，而是讓網路朝向能依需求自行配置、發現異常並恢復服務的「自律型網路」演進。

這種 AI 原生化也已由研究逐漸進入商用網路。2026 年 2 月，NTT DOCOMO 開始使用建置於 AWS 上的 NEC 5G 核心網路商用服務，將電信等級核心網路與公有雲結合，使系統可依流量需求彈性擴充；同時利用代理式 AI 與 GitOps（即以 Git 為核心的自動化維運模式）自動化 5G 核心網路設計及建置程序，使建置時間較傳統方式縮短約 80%。對電信業者而言，這種變革意味未來競爭力不只來自擁有多少基地臺，而在於網路能否像雲端服務一樣快速擴充、重新配置與修復，讓新型 AI 服務不必等待冗長的通信基礎設施建置程序。

從應用面觀察，NEC 所構想的 AI 原生社會特別適合需要「AI 持續感知、即時推論、立即行動」的情境。例如智慧城市中的攝影機及感測器持續監控環境，由代理式 AI 辨識異常後提供 AR 資訊給現場人員；製造現場則可由機器人與 AI 交換大量影像及感測資料；交通、災防及公共基礎設施亦可能依賴 AI 即時判斷並採取措施。這些服務與傳統影音串流最大的不同，在於 AI 處理結果可能直接改變實體世界，因此網路是否具有可預期的品質及快速復原能力，將成為服務本身的一部分。「可信賴」也因此不是抽象品牌訴求，而是 AI 由資訊服務走向實體控制後，對通信基礎設施產生的新要求。

綜合以觀，本場演講所呈現的 NEC 網路戰略，重點並不是宣稱 6G 將提供更高的傳輸速度，而是重新定義 AI 時代通信基礎設施的角色，也即一方面以 5G/6G、全光網路（All-Photonics Network, APN）、資料中心及 NTN 等技術提供可信賴且持續的連結；另一方面將運算逐漸分散至網路及邊緣，使通信資源與 AI 算力協同調度；同時再運用代理式 AI 將網路本身由人工配置提升為自律建置、監控與修復。由此形成的「可信賴的連結」，本質上是要讓 AI 不只「可以使用網路」，而是能夠放心將感知、推論、協作與行動建立在網路之上。這也顯示 AI 原生社會中的網路價值將逐漸由「連線速度」轉向「能否長時間、即時且可信賴地支撐 AI 運作」，而可靠通信、分散式運算與自主維運的整合，將成為 6G 及下一代數位基礎設施的重要發展方向。



圖 4、NEC「以可信賴的連結，驅動 AI 原生社會」演講

資料來源：本計畫自行拍攝

3. KDDI：AI 前提社會與「數位紐帶構想」

KDDI 執行董事兼 CNO 古畑和弘以「支持 AI 前提社會的 KDDI 次世代網路構想」為題，從日本勞動力不足及社會數位化需求切入，說明當人工智慧由特定工具逐漸轉變為廣泛融入工作、生活與實體設備的基礎技術後，通信網路所需承擔的功能亦將出現質變。KDDI 將未來稱為「AI 前提社會」，意指社會將由「使用 AI」進一步發展為「AI 普遍存在並持續運作」的環境；其中既包括依個人需求自主規劃及執行任務的代理式 AI，也包括讓汽車、無人機、機器人等實體設備具備自主感知、判斷及行動能力的「實體 AI」(Physical AI)。因此，未來通信網路不只是讓人使用智慧型手機連上網際網路，而將成為 AI 感知現實世界、交換資訊、取得算力並控制實體設備的重要基礎設施。

此種 AI 應用也將改變網路流量的方向與品質要求。過去行動通信主要由影音串流、網頁及社群媒體形成大量「下行」流量，但 AI 時代將有愈來愈多攝影機、車輛、機器人及感測裝置持續將影像與環境資料送往邊緣或資料中心分析，使上行流量顯著增加；自動駕駛或機器人控制則要求更低且更穩定的延遲；此外，不同 AI 模型及代理式 AI 可能分散部署於多個資料中心及邊緣節點，彼此頻繁交換資料，又將造成資料中心之間「橫向流量」增加。因此，KDDI 認為次世代網路不能只以峰值下載速率衡量，而須從上行能力、端到端延遲、資料中心互連及整體可靠度重新設計。

在此基礎上，講者首先強調「連得上」仍是所有創新應用的前提。KDDI 持續擴大 5G SA（獨立組網，Standalone）涵蓋，並以資料分析與 AI 輔助通信區域最佳化，同時結合工程人員進行現地量測與基地臺改善。講者特別指出，AI 雖可以提高網路規劃與維運效率，但優良的使用者體驗仍不能完全取代現場工程工作；資料、AI 與實際電波調查必須並用。此一觀點亦反映 KDDI 對次世代網路的基本態度：AI 不是取代通信工程，而是使高度複雜的網路能更快速掌握問題、配置資源與改善品質。KDDI 目前已將多個 AI 協作的基地臺區域最佳化技術導入全國網路，並於 2026 年啟用「復原支援代理式 AI」，自動整合設備警報、系統相依關係及維護資訊，協助即時判斷通信障礙原因，後續並朝由 AI 自動執行復原處置的自律型維運發展。

演講最具戰略性的內容則是 KDDI 提出的「數位紐帶構想」（デジタルベルト構想）。其目的在於將傳統通信基礎設施與 AI 運算基礎設施整合，建立涵蓋日本陸、海、空及太空的「全國低延遲網路與 AI 運算資源基礎」。在陸地部分，由分散各地的資料中心及行動、光纖網路形成 AI 算力節點；各資料中心再逐步以全光網路高速互連，使資料與 AI 工作負載可跨區域配置。海洋部分則利用日本位於亞洲與北美之間的地理位置，持續布局大容量、低延遲海底光纜；空中及太空則透過衛星等非地面通信補足地面網路。換言之，KDDI 所構想的 AI 基礎設施並非把所有 GPU 集中於單一巨型資料中心，而是讓分散各地的通信與運算資源透過高速網路形成一個可協同工作的整體。

全光網路在此架構中扮演關鍵角色。AI 模型訓練與推論會產生龐大的資料中心間流量，如果資料中心仍透過傳統多層封包轉送，容易增加延遲及能源消耗。APN 則可在需要時提供大容量、低延遲的光通道，使分散式資料中心之間更接近「一座大型運算系統」的運作方式。KDDI 於演講當日亦展示與 KDDI 綜合研究所、Nokia 及 APRESIA Systems 完成 Point-to-Multipoint 型 APN 商用環境實證，使單一據點可透過光網路直接連接多個據點；相關技術正是其「數位紐帶」中連接 AI 算力節點的重要構成。此一方向也顯示 AI 時代網路技術的重點已不再侷限於基地臺，而是由無線接取、都會與骨幹光纖，一路延伸至資料中心與海底電纜。

應用方面，講者以 AI 無人機及自動駕駛說明此類分散式通信與算力基礎的價值。AI 無人機若執行巡檢、物流或災害觀測，需要持續回傳高解析影像，由 AI 進行辨識，再將判斷結果回饋至無人機；自動駕駛則須整合車端感測、道路資訊

及雲端或邊緣 AI，在極短時間內完成資料交換。這些服務都難以只依靠遠端單一雲端，因此未來網路需要依照終端位置與應用要求，選擇較適當的邊緣或資料中心進行運算。其核心思維可概括為「通信與運算一體化」，也即網路不只是把資料送往既定伺服器，而須考慮資料在哪裡產生、AI 算力位於何處，以及哪一條路徑可以用最低延遲完成處理。

而在無線接取部分，KDDI 亦將 6G 視為此一整體架構的延伸，而非單純追求更高速率。同場展示的 6G 研發包括「使用者中心型 RAN」(User-Centric RAN)、基地臺節能、高頻段利用及 AI 驅動網路最佳化。所謂「使用者中心型 RAN」，是由傳統「終端連接某一固定基地臺」的概念，逐步轉向由多個分散式天線或基地臺依使用者所在位置協同提供服務，使網路資源跟隨使用者與需求進行配置。對未來 XR、無人載具或實體 AI 而言，這種架構可以降低因基地臺邊界或遮蔽物造成的品質變動。另一方面，毫米波等高頻段雖可提供大容量，但存在傳播距離短、容易受遮蔽等問題，因此 KDDI 亦同步研究中繼器及超穎表面(metasurface)反射板，藉由改變電波傳播路徑擴大高頻段實際可用範圍。

除地面網路外，衛星亦已被 KDDI 納入整體通信基礎設施，而不再只是偏遠地區的特殊備援。KDDI 透過 Starlink 推動手機及 IoT 裝置與衛星連線，並實際研究災害通信、南極大容量資料傳輸及企業安全網路等應用。其政策與技術意義在於，AI 時代所需蒐集的資料並不只存在都市，農林漁業、海洋、山區、災害現場乃至空中載具都有即時通信需求，因此未來網路須整合地面行動通信、光纖與衛星，形成跨越既有地理涵蓋限制的通信環境。KDDI 的「數位紐帶」也因此並非單純一條日本國內光纖骨幹，而是試圖將陸地資料中心、海底電纜及空中與太空通信整合為一套 AI 時代的數位基礎設施。

綜合以觀，KDDI 所提出的次世代網路構想，最重要的概念是「AI 將改變通信網路的設計起點」。過去行動通信世代演進主要以提高速度、容量及涵蓋為目標；進入 AI 前提社會後，網路必須同時處理大量上行影像、代理式 AI 間的橫向流量、低延遲實體控制、分散式 AI 算力及更高程度的自動維運。KDDI 因此並未將未來押注在單一 6G 技術，而是以 5G SA、AI 網路營運、APN、資料中心、海底電纜、高頻無線及衛星通信共同建構「數位紐帶」。這顯示次世代電信事業的角色亦正在改變，也即電信業者不再只是提供連線，而可能逐步成為協調通信、資料與 AI 算力的基礎設施提供者。對 AI 無人機、自動駕駛、機器人及其他實體 AI 而言，真正重要的也不只是「連得更快」，而是無論資料與 AI 位於何處，都

能取得穩定、低延遲且具備足夠運算能力的端到端服務。這正是 KDDI 所描繪之 AI 前提社會次世代網路的核心方向。



圖 5、KDDI 說明支撐 AI 前提社會之次世代網路構想
資料來源：本計畫自行拍攝

二、論壇次日（5/28）內容

（一）論壇議程

第二日論壇議程涵蓋 6G、Local 5G、自營無線、營建自動化及 AI 原生網路等議題，從電信業者的次世代網路策略、專網設備產品化，到實際垂直場域導入經驗，呈現日本無線通訊產業由技術研發逐步走向低成本化、混合網路整合與產業實裝之發展方向。上午首先由 NTT DOCOMO 執行董事兼 6G 技術部長音洋行以「邁向 6G 時代的 DOCOMO 作為」為題進行專題演講，說明 DOCOMO 面向 6G 時代的技術與網路布局。其核心思維係將 AI 與網路發展視為雙向整合關係：一方面以「Network for AI」建構可支援分散式 AI、代理式 AI、機器人及邊緣運算的通信與算力基礎；另一方面則以「AI for Network」導入 AI 進行網路品質預測、資源配置及維運自動化，使網路逐步具備自主最佳化及自我修復能力；並延伸說明高頻段、Sub-THz、可重構智慧表面技術(Reconfigurable Intelligent Surface, RIS；或稱智慧反射表面)、NTN 及網路內運算(In-Network Computing)等 6G 關鍵技術方向。上午專題結束後，安排參觀展覽攤位，實地觀察 Local 5G、IoT、機器人、Wi-Fi 及次世代無線設備之最新發展。

午後議程則由 Local 5G 設備與垂直場域實裝切入。首先由 3W 株式會社首席技術推廣官植田敦主講「改變 Local 5G 既有概念的一體型基地臺」，介紹將 5G 核心網路、CU、DU 及 RU 等功能整合於單一設備的新型 Local 5G 架構。相較傳統專網須設置核心伺服器、機櫃、空調及鋪設光纖等方式，此類一體型設備著重降低初期建置與後續維運成本，並透過圖形化操作介面簡化參數設定，使 Local 5G 由高度客製化的系統工程，逐步轉型為可快速建置、搬移及導入的產品化方案；相關設備亦標榜 20W 輸出、最多 400 台終端連線等能力，反映日本 Local 5G 市場正朝小型化、一體化及降低導入門檻方向發展。

隨後由大林組西日本機器人技術中心施工技術部技術開發課主任岡本邦宏主講「建設現場 Local 5G 與無線通訊基盤」，從大型營建工程實務說明 Local 5G 如何支援工程機械遠端操控及自動化施工。營建工地具有地形持續變動、設備頻繁移動及無線環境複雜等特性，傳統 Wi-Fi 容易受到遮蔽、干擾或基地台切換影響，因此大林組著重以 Local 5G 建立穩定且低延遲的無線通訊基盤，使操作人員得以由遠端控制室取得即時影像及機具資訊，支援纜索起重機、重型工程機械等設備之遠端操作。此一案例顯示，營建場域導入專網的核心需求並非單純追求

最高傳輸速率，而在於確保移動作業過程中的「不中斷通訊」，藉此提升自動化施工的安全性與可靠性，並回應日本營建產業缺工及技術傳承問題。

其後「IoT 暨機器人時代的自營無線」由 NTT 東日本行銷統括本部事業開發本部無線暨 IoT 事業部長渡邊憲一主講，從系統整合觀點指出，未來企業自營網路並非由 Local 5G 全面取代 Wi-Fi，而應依據傳輸容量、移動性、涵蓋距離、功耗、可靠度及終端成本等需求採取「Best Mix」策略。

當日壓軸專題「演進的通訊基礎設施與次世代數位社會」則由 SoftBank 常務執行役員兼 CNO 大矢晃之主講，從大型電信業者角度說明 5G SA、網路切片、AI-RAN、Telecom LLM 及 HAPS 等技術如何共同支撐 AI 時代的數位社會。

論壇結束後，則再度安排展覽攤位參觀，藉由現場設備展示與業者交流，進一步比對各場演講所揭示之 6G、Local 5G、混合式自營無線及 AI 網路技術的實際產品與應用發展。

時間	會議主題	講者或與談專家
10:30 — 11:10	邁向 6G 時代的 DOCOMO 作為	音洋行 (NTT DOCOMO 6G 技術部長)
11:10 — 13:30	安排參觀展覽攤位	--
13:30 — 14:10	改變 Local 5G 既有概念的一體型基地 臺	植田敦 (3W 首席技術推廣 官)
14:30 — 15:10	建設現場 Local 5G 與無線通訊基盤	岡本邦宏 (大林組 西日本機器 人技術中心施工技術部 技術開發課主任)
15:30 — 16:10	IoT 暨機器人時代的自營無線	渡辺憲一 (NTT 東日本 行銷統 括本部事業開發本部無 線暨 IoT 事業部長)
16:30 — 17:10	演進的通訊基礎設施與次世代數位社 會	大矢晃之 (SoftBank CNO)
17:10 — 18:00	安排參觀展覽攤位	--

(二) 論壇第二日內容摘錄

1. NTT DOCOMO：AI × Network 的雙向演進

NTT DOCOMO 執行董事兼 6G 技術部長音洋行以「邁向 6G 時代的 DOCOMO 作為」為題，從行動通訊世代演進、AI 與網路融合、新頻段利用及具體應用實證等面向，說明 DOCOMO 對 2030 年代 6G 社會的構想。DOCOMO 將行動通訊發展區分為數個階段：早期行動電話帶動「第一波」普及，3G、4G 與智慧型手機形成行動多媒體的「第二波」，5G 開始延伸至產業應用，而 6G 則預期進入由代理式 AI、AI 裝置、機器人及產業數位化共同驅動的「第三波」，網路價值亦由提供人與人之間的通信，逐漸轉向支援 AI 與機器運作、解決社會課題及創造新型態產業價值。其指出，6G 預計於 2030 年前後開始商用，目前 3GPP 已展開相關技術研究，標準化方向大致涵蓋使用者體驗提升、網路部署及營運效率，以及創造無線感測、NTN 與 AI 等新價值。

其中最重要的技術主軸，是 DOCOMO 提出的「AI-Centric Network（以 AI 為中心的網路）」構想，並區分為「Network for AI」與「AI for Network」兩個相互補充的方向。前者可譯為「以網路支援 AI」，亦即重新設計網路，使其不只是傳輸 AI 所需要的資料，而能直接提供 AI 及機器人所需的即時資料、運算資源及通信品質。DOCOMO 認為，生成式 AI 正由單一大型語言模型逐步演進至多個專業代理式 AI 協同工作的代理式 AI，未來 AI 將廣泛存在於各種軟體、終端及實體設備，大量代理式 AI 彼此交換資訊，將造成資料量及流量型態的重大變化。因此，6G 必須從一開始即考量 AI 的運作需求，而不能在網路完成後再額外疊加 AI 服務。DOCOMO 將此願景稱為「調和式智慧」（Harmonized Intelligence），希望形成由人、AI、機器人及各種機械共同協作的環境。

其具體應用之一為「無感測器機器人」（sensorless robot）。傳統機器人通常在機體內配置攝影機、感測器及高性能運算設備，因而增加重量、成本與硬體複雜度。DOCOMO 提出另一種架構：由環境中的外部攝影機及感測器蒐集資訊，再透過 6G 網路將資料傳送至網路側的運算資源，由 AI 判斷環境並控制機器人，使機器本體僅保留必要的感測及運算功能。換言之，機器人的「感覺」與部分「智慧」可以由網路提供，使硬體本身變得更簡單、柔軟且容易擴充。DOCOMO 亦研發可在人類不易進入的區域自主運作之「自主共生機器人」，以及未來取代智慧型手機、讓人與 AI 更直覺互動的新型介面，顯示 6G 應用已逐漸由智慧型手機中心轉向「AI 結合機器人及環境感測」的實體世界應用。

與此相連的另一項核心技術是「網路內運算」(In-Network Computing, INC)。傳統架構中，高負載的 AI 影像辨識、3D 繪圖或延展實境 (XR) 運算通常由終端或遠端雲端處理；INC 則將部分運算能力配置於通信網路內，由網路依據終端性能、延遲及服務需求動態提供計算資源。例如智慧眼鏡或穿戴式裝置不必配置高耗電 GPU，即可將 AI 辨識或 3D 渲染工作卸載至網路側處理，再將結果低延遲回傳。NTT 與 DOCOMO 已完成網路與運算資源統合控制實證，並將其視為 6G/IOWN 時代支援高階服務的重要架構。DOCOMO 並於 2026 年進一步驗證利用商用虛擬化無線接取網路 (vRAN) 的既有 CPU 資源執行 AI 應用，使基地臺基礎設施未來可能同時具備通信與分散式運算功能。

而另一方向的「AI for Network」則可譯為「以 AI 優化網路」，也就是將 AI 直接導入無線接取網路、核心網路及維運管理 (OAM)。其目標不只是利用 AI 分析流量，而是使網路逐步具備「自己察覺、自己判斷、自己最佳化」的能力。DOCOMO 目前已將多代理式 AI 技術應用於網路維護，整合無線接取、傳輸及核心網路超過 100 萬台設備之資料，自動進行異常偵測、故障位置推定及處置建議；其實際商用案例顯示，對原本需要專家介入的複雜故障，可透過 AI 代替部分耗時分析程序，使復原時間縮短 50% 以上。這意味著 6G 的 AI 原生化並非僅屬 2030 年代的遠期構想，而已開始由 5G 網路維運逐步導入。

DOCOMO 並提出「自我認知網路」(Self-awareness Network) 與「AI 原生無線介面」(AI-native Air Interface) 等技術。前者利用數位雙生 (digital twins) 重現現實無線環境，再根據位置及電波傳播資訊預測未來通信品質，使系統可在使用者實際發生品質下降以前調整無線資源，特別適合汽車、鐵路等通信環境快速變動的情境。後者則嘗試將 AI 直接納入無線收發訊號處理，由基地臺與終端兩端的 AI 共同最佳化傳輸；DOCOMO 在不同環境實驗中，已觀察到相較傳統方法提高傳輸效率的效果。由此可見，6G 中的 AI 已不只是「管理網路的外掛工具」，而可能深入無線介面及協定本身。

網路營運方面，DOCOMO 亦研究「意圖驅動管理」(Intent Driven Management)。傳統基地臺需要工程人員逐項設定功率、頻段、天線傾角等參數；意圖驅動架構則允許營運者以較高層次甚至自然語言表達目標，例如「在維持一定通信品質的前提下降低耗電」，系統再結合列車運行情形、活動舉辦、人流及天候等外部資訊，由不同 AI 自行調整基地臺休眠、頻段開關及天線參數。演講以活動場館與車站為例：平時可關閉部分頻段降低能源消耗；若突發豪雨導致大

量人潮轉往車站，系統則重新啟用頻段，在電力消耗與通信品質間動態取得平衡。其意義在於，6G 網路將由預先固定設定，演變為隨環境變化即時調整的自律型基礎設施。

在無線傳輸技術方面，DOCOMO 並未將 6G 簡化為「使用更高頻率」，而是採取多頻段並用策略。除既有 Sub-6 及毫米波外，研究範圍向上延伸至 100-300 GHz 的次太赫茲 (Sub-THz)，同時特別重視 7-24 GHz 的 FR3 中頻段。FR3 位於現行 Sub-6 與毫米波之間，可在較大的可用頻寬與較佳傳播距離間取得平衡。DOCOMO 與 Nokia 於芬蘭以 7 GHz、200 MHz 頻寬進行 Massive MIMO 戶外實驗，最高下載速率達 2.2 Gbps、平均約 1.1 Gbps，最遠約 420 公尺仍有多處達到 Gbps 等級，顯示 FR3 可能成為 6G 都會區兼顧高速率與涵蓋範圍的重要頻段。

另一方面，毫米波及次太赫茲雖能提供更大容量，卻具有遮蔽敏感與傳播損耗較大的問題，因此 DOCOMO 同步研究可重構智慧表面 (RIS)、超穎表面、智慧型中繼器、IAB 及分散式天線等技術，目的不是無限制增加基地臺，而是利用反射、導引及中繼方式更有效率地將高頻訊號送達使用者。應用情境包括都市建築遮蔽區、工廠生產線、商業設施及鐵路。DOCOMO 更提出可沿介電質波導自由改變天線位置的「捏夾式天線」(つまむアンテナ) 概念，使工廠重新配置生產線時，可快速移動毫米波涵蓋區域，反映 6G 無線網路將更加重視「可調整的傳輸環境」。

高速移動亦是演講的重要實證方向。DOCOMO 正參與以最高時速 500 公里高速鐵路為對象的研究，構想是在車廂內利用基地臺提供穩定行動通信，再以毫米波作為地面與列車間的大容量無線回傳；另與 NEC、NTT 於實尺寸隧道中完成多輛高速移動車輛之 40 GHz 毫米波分散式 MIMO 實驗，藉由事先補償不同車輛的頻率偏移與時序差異，使平均吞吐量較既有方法提高約 1.3 倍。此類研究顯示毫米波未必只適用於固定熱點，其未來亦可能成為高速鐵路、自動駕駛及車聯網的大容量傳輸工具。

綜合而言，講者所描繪的 DOCOMO 6G 路線並非單純追求「比 5G 更快」，而是同時推進 AI 與網路雙向融合、通信與運算融合、多頻段協同、高頻涵蓋技術、非地面網路及自律化維運。其應用重心亦由智慧型手機逐漸向機器人、代理式 AI、穿戴裝置、XR、自動駕駛及高速交通等領域擴張。尤其「以網路支援 AI」與「以 AI 優化網路」兩條路線顯示，6G 的角色將從資料傳輸基礎設施轉變為 AI 社會的分散式感測、運算與控制平臺；通信能力本身仍然重要，但更關鍵的競爭

將在於網路能否理解應用需求、調度算力、預測通信品質，並在實體世界中可靠支援 AI 與機器自主運作。這也是 DOCOMO 對 6G 相較歷代行動通信最重要的典範轉變。

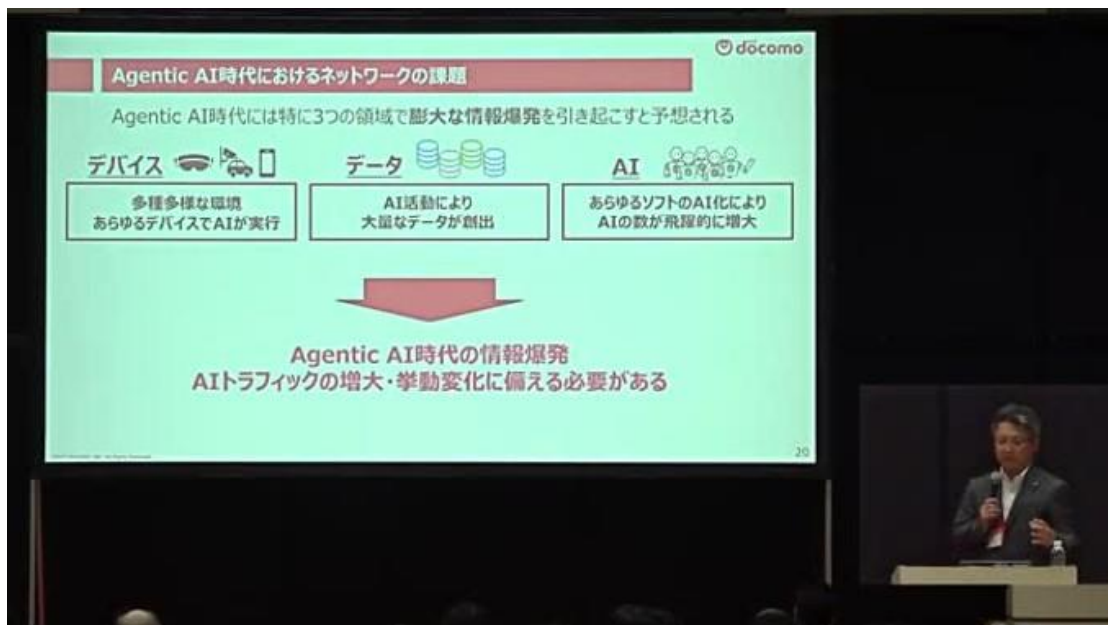


圖 6、NTT DOCOMO 說明代理式 AI 對網路之需求

資料來源：本計畫自行拍攝

2. 3W 之一體型戶外 Local 5G 基地臺與低成本商模

3W 現場展示一體型基地台「FJSRS Type-DEUX」，其將 5G 核心網路、CU、DU 及 RU 整合於戶外型設備，以 100 V 電源與單一纜線即可部署，並以圖形化介面降低設定與維運門檻。其稱該地台輸出功率為 20 W、最多可管理 400 個使用者終端，並規劃 eSIM、RedCap、VoNR 及 Local Breakout 等功能。



圖 7、3W 說明一般商用 Local 5G 架構與一體型方案之差異

資料來源：本計畫自行拍攝

要之，傳統 Local 5G 常需機房、核心伺服器、光纖配線、冷卻及專業人員，導致概念驗證亦承擔大量固定成本。3W 的設計則將核心與無線功能集中於單一戶外機箱，降低現場光纖與機房需求；搭配圖形化設定及在地分流，可把部分網路建置工作由大型系統整合專案轉為標準化產品部署。SMFL Rental 公開方案另提供最短一個月、月租十萬日圓級起之設備租用，以及以電波遮蔽帳篷進行短期驗證的套件，顯示日本市場正以降低資本支出及縮短決策週期吸引中小型場域。

傳統 Local 5G	真・Local 5G
基礎設施建置 需專屬伺服器機房、空調、機櫃，並大費周章挖路鋪設光纖。  一根電線桿即可完工。只要有 100V 電源即可運作，支援搭配 Starlink (星鏈)，徹底免拉光纖。	極簡架構，All-in-One 整合 - 打破常規，將 5G Core、CU、DU、RU 完美縮減整合於單一戶外型設備。 - 最高支援 400 人連線，具備 20W 高輸出功率，實現真正的「隨插即用」。  FJSRS Type-DEUX
成本結構 動輒 5,500 萬日圓以上的初期設備費 + 每年高達 1,800 萬日圓的授權費。 建置成本僅約 1/10，年度授權費 \$0。徹底消除初期與與經常性成本過高的導入阻礙。	破除迷思，電信級穩定實績 - 無資安疑慮：硬體台灣製造，核心網採美國技術。稼動率達 99.999% 以上。 - 多元場域驗證：神奈川大學（無線區域 SOS 通訊） 信州大學（學術研究） 澀谷盆踊大會（百萬人潮短期架設） 
維運與設定 需熟記複雜指令碼，高度依賴專業工程師，變更參數耗時且需額外付費。 直覺式 GUI 下拉選單。任何人都能輕鬆一鍵切換，變更即時且免費。	具備高度未來擴充性 (2025-2026 Roadmap) 2025 升級：支援 iPhone 5G 連線、eSIM 雲端管理、架構分離擴充。 2026 佈局：支援 RedCap (低功耗物聯網)、VoNR (原生語音)、Local Breakout (資料不出站)。 

圖 8、3W 演講梗概

資料來源：本計畫依 WJ×WTP 2026 考察資料彙整並以 NotebookLM 生成

惟「低成本」不等於省略申請執照、干擾協調、資安、終端相容性與場域工程，此點台日皆然。且一體化亦會形成新的集中風險，例如單一設備故障可能同時影響核心網與無線接取，升級或更換時亦須檢查設定、憑證及使用者資料能否遷移。因此，採用條件應包含備品策略、資料備份、離線維護、軟體物料清單、弱點修補、散熱防水、電力備援及故障復原時間；廠商於演講提出的建置費與節省比例，似乎亦不宜直接作為我國採購估價。

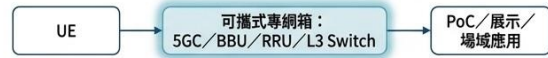
而我國若發展國產一體型設備，可把「可快速啟用」與「可持續營運」分別驗證。前者量測到貨後完成架設、頻率設定、終端註冊及應用上線所需時間；後者則檢驗持續負載、版本更新、紀錄留存、備援復原與跨廠牌終端互通。另應比較買斷、租賃及託管三種模式在 3 至 5 年期間的設備、授權、機房、專線、人力及停機成本，避免只以首年設備價格判定方案優劣。惟目前我國 5G 專頻專網市場資訊並不透明，各項硬體設備與系統整合商 (SI) 服務價格差異性大。就目前初略觀察，HTC 已有在我國提供類似 3W 所展示之一體機；而泰雅亦可提供雲端核網形式之基地台，都有可能有利於降低佈署成本並快速啟用，惟設備端的可持續營運性，以及室內/室外的耐久性，都需要更進一步透過場域實例加以實證。

日本 3W/FJSRS Type-DEUX 價格區間觀察



臺灣可比產品 — HTC/REIGN CORE

臺灣目前未見將 RU/DU/CU/5GC 全內建於單一戶外基地局之同型商品，但 HTC 旗下 REIGN CORE 為公開資料中最接近之可比 5G 產品，對應臺灣 4.8-4.9GHz 專頻專網政策環境。



比較項目	日本 3W Type-DEUX	臺灣 REIGN CORE
產品型態	單一戶外 All-in-One 基地局	可攜式 All-in-One 專網箱/小機櫃
是否含 5GC	是	是
是否含 RAN	是 (RU/DU/CU 整合)	是 (BBU/RRU/CU/DU 軟體整合)
部署型態	適合小型 Local 5G 場域快速建置	適合 PoC、展示、教育訓練與快速部署
適合應用	戶外及室內專網場域	應用開發與小型場域驗證
接近程度	-	功能上接近一體化專網，但非單一戶外基地局形式

政策觀察

- 1 日本業者正以低成本 All-in-One 設備降低 Local 5G 導入門檻。
- 2 臺灣已有可攜式 All-in-One 專網產品，可支援 PoC 與場域驗證。
- 3 後續可觀察我國廠商是否發展單機式戶外 5G 專網基地台

圖 9、3W 展示一體機及我國可比產品

資料來源：本計畫依 WJ×WTP 2026 考察資料彙整並以 NotebookLM 生成

此外，5G 非公眾網路之技術經濟研究文獻亦顯示，架構選擇會改變成本結構：由企業自建、電信業者託管、設備商整合，或採共享 RAN 或雲端核心，所需資本支出、專業人力、服務控制與風險承擔各不相同。故「一體型」也不應預設為所有場域最低成本；小型單點可能受益於整合設備，大型多廠區則可能需要集中核心、統一認證與專業維運。產製示範模組時宜囊括多種架構且加以比較。

租賃模式的評估亦應包含使用率與殘值。短期活動、臨時工地或需求尚未確定的概念驗證 (PoC)，可透過租賃避免設備閒置；長期固定產線若使用率高，買斷或託管服務可能更具經濟性。比較時宜將初始場勘、執照協助、設備進口運輸、安裝、軟體或硬體授權、終端設備易及性、故障換機與退場費用列入同一期間，並瞭解提前終止及資料移轉條款，才不會以低月租掩蓋完整支出。

3. 大林組：新九山水壩建設現場之 Local 5G

大林組西日本機器人技術中心施工技術部技術開發課主任岡本邦宏以「建設現場 Local 5G 與無線通訊基盤」為題，從日本營建業缺工、工程機械自動化及實際施工現場的通信需求出發，說明大林組如何選擇 Wi-Fi、公眾行動網路、衛星與 Local 5G 等不同無線技術，並以新九山水壩工程為代表案例，呈現 Local 5G 如何由單純的高速無線網路進一步成為遠端操控、自動駕駛及自主施工的基礎設

施。而其概念核心，對高度自動化施工而言，真正重要的並非單純追求最高傳輸速率，而是確保工程機械移動、地形變化及高低差環境下仍能維持「不中斷」的穩定通信。

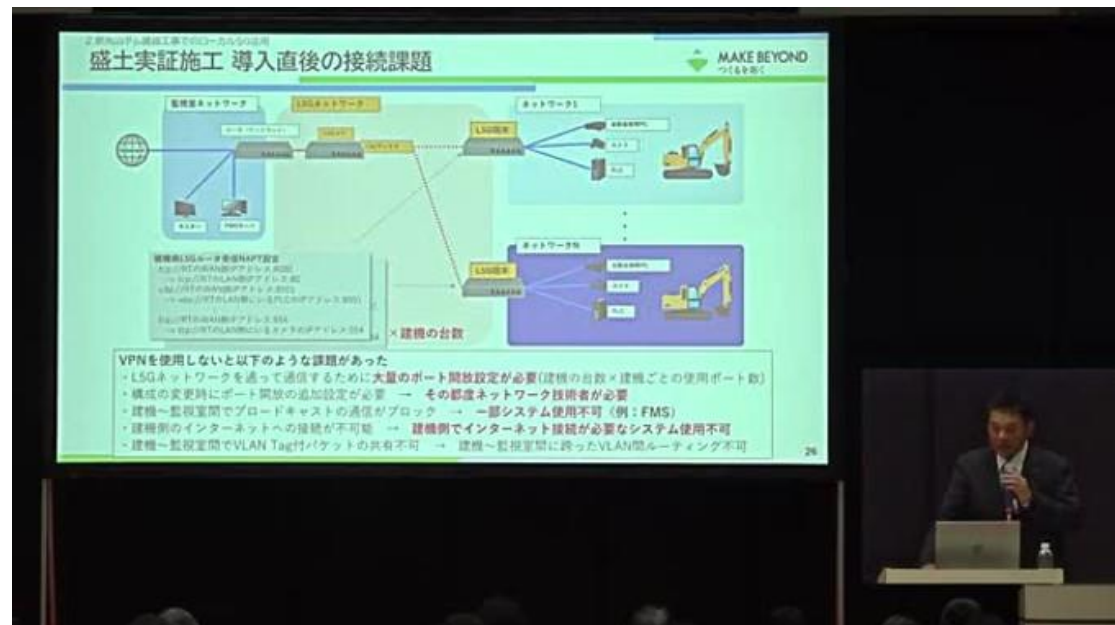


圖 10、大林組說明新九山水壩 Local 5G 導入及系統架構

資料來源：本計畫自行拍攝

日本營建業推動自動化的重要背景，是勞動人口減少、技術人員高齡化與熟練操作人員不足（這點與我國的社會結構發展高度相同）。傳統大型土木工程高度仰賴工程機械操作員及現場人員，而水壩、山區土木等工地往往位置偏遠、作業面積廣大且具有墜落、碰撞等危險。大林組因此將遠端操控及自動、自主施工視為提高生產力與安全性的核心方向。其技術發展並非始於 Local 5G，要之，2018 年，大林組已與 KDDI、NEC 於安威川水壩進行 5G 遠端操控工程機械實證；2021 年又於靜岡縣境澤川調節池，以 5G 及 5 GHz 無線系統控制挖土機、履帶式運土車、推土機及壓路機，除自距現場約 400 公尺處遠端操控外，亦完成由約 300 公里外的大阪進行超遠距操控。大林組指出，工程機械遠端操作最重要的是即時視覺回饋，只要高畫質影像發生數秒延遲，即可能直接影響操作精度與安全性，因此通信可靠度與低延遲是工程自動化能否實際施工的前提。

岡本的演講亦凸顯一項重要觀念，即營建現場並不存在一種無線技術可以解決所有通信需求。Wi-Fi 具有設備普及、成本低及布建快速等優點，適用一般監

視器、固定範圍設備或資料傳輸，但工地環境會隨挖掘、填土及施工進度持續改變，工程機械本身又不斷移動，Wi-Fi 在基地臺切換、遮蔽及干擾時容易產生短暫斷線。4G/5G 商網的優點則是既有涵蓋區可快速導入，但在大型工區、山區或災害現場可能存在涵蓋死角，且通信品質仍受公眾網路流量影響。低軌衛星可補足深山及無地面網路地區，但相較於地面無線網路，上傳能力、延遲與遮蔽條件仍須依應用評估。Local 5G 雖建置成本及申請程序相對較高，卻可自行設計涵蓋區域，具有干擾較少、SIM 認證，以及較適合大容量上傳及連續移動控制等特性，因此大林組將其定位於「高度自動化、大範圍且不可容許斷線」的施工情境，而非全面取代 Wi-Fi。此種「適材適所」的無線選型，也是本場演講欲傳達的重要理念。

而新九山水壩建設工程即為此一思維的代表案例。大林組於 2023 年 12 月先在該工地進行 10 台工程機械的自動、自主填方施工實證，包括挖土機、傾卸車、推土機及振動壓路機等，並採用 Local 5G 作為通信基盤。實證結果顯示，在工程機械持續移動及現場具有超過 100 公尺高低差的立體施工區域中，Local 5G 仍能提供足以支援自動、自主運轉的穩定高速通信，且受天候影響較小。大林組後續於 2024 年 10 月在水壩壩體混凝土澆置區域正式建構 Local 5G 涵蓋環境，逐步將其由一次性的實驗通信設備轉化為施工現場所使用的基礎設施。

更具體而言，大林組與日本國土交通省共同推動「自主型混凝土澆置系統」，其第一階段即是纜索起重機（cable crane）的自動、自主運轉。水壩施工時，纜索起重機以鋼索跨越兩側支點，將裝載混凝土的吊桶高速運送至指定位置；吊桶在移動與卸料時容易產生縱向及橫向擺動，傳統方式須由卸料點的指揮人員以無線電通知操作員，再由經驗豐富的操作員控制起重機抑制晃動。此種作業高度依賴熟練人員，也使缺工問題直接影響工程效率。2025 年 2 月，大林組利用 Local 5G 連接設置於吊鉤及移動小車上的無線終端，使系統即時取得設備狀態並自動抑制擺動；吊鉤上的攝影機同時將 4K 影像即時傳回監控室，供自動運轉安全監視使用。未來並規劃進一步利用 AI 進行運轉控制及混凝土數量計算，使通信、自動控制與 AI 逐步形成一體化的施工系統。

Local 5G 在本案中的價值，故而不應只用「5G 速度比較快」來理解。大林組指出，其工地 Local 5G 涵蓋範圍約 150 至 200 公尺，而一般 Wi-Fi 約 20 至 50 公尺；Local 5G 使用專用頻率，相對較不受其他使用者干擾，並採 SIM 認證。對一般辦公網路而言，短暫數百毫秒或數秒的斷線可能只造成影音卡頓，但對無人

化工程機械而言，通信中斷可能意味控制訊號遺失或即時影像消失，具有直接的工安風險。因此，Local 5G 真正提供的是「具有可預期性的通信品質」，使原本只能由人員現地操作的高風險工作得以逐步移轉至遠端或自主運轉。

新九山水壩的成果亦須放在大林組更完整的「機器人化營建」戰略中理解。前開 2023 年的填方實證並非只讓個別工程機械自動行駛，而是以施工管理系統（CMS）、工程機械車隊管理系統（FMS）、品質管理系統 AtlasX 及現場儀表板相互連接，使施工計畫、機具控制、施工結果與品質資料形成數位化閉環。實證中由 1 名施工管理者統合管理 10 台工程機械，其中 4 台可無人運轉；每日填方施工量達 285 立方公尺，高於同類工程標準施工量 260 立方公尺，施工管理人員的帳表等工作時間亦減少約 13%。因此，Local 5G 並非自動施工本身，而是讓施工管理、設備控制、即時影像及感測資料能穩定交換的「底層通信基盤」。

對我國 5G 專頻專網政策而言，此案例首先啟示政策推廣應由「場域問題」及「通信需求反推技術選擇」，而非先設定「哪些產業應導入 5G」。真正具有 5G 專頻專網需求的營建場域，通常具有大型移動設備、高畫質影像上傳、低延遲控制、通信中斷可能造成工安風險，以及既有公眾行動網路或 Wi-Fi 無法穩定滿足需求等條件。後續在推動垂直應用時，可將這些條件轉化為「5G 專頻專網適用性評估指標」，先協助業者判斷 Wi-Fi、商頻 5G、衛星或 5G 專頻專網何者最適合，再針對確實具有高可靠通信需求的案件輔導專網導入。如此較能避免為 5G 而 5G，也有助於形成企業可理解的投資效益。

其次，我國可將「大型土木工程、無人化施工或災害復建」列為 5G 專頻專網值得積極開拓的垂直場域。我國同樣面臨營建業缺工、技術人力高齡化及工安風險問題，又有水庫、水壩、隧道、山區道路及重大公共工程等場域。此類工區往往具有公眾電信網路涵蓋不完整、施工地形不斷變動與大量工程機械同時作業等特性，其需求與日本案例高度相近。5G 專頻專網政策推廣若能與公共工程數位轉型、無人化施工及智慧工安結合，可由單純的「通信設備導入」提升為解決產業缺工與生產力問題的政策工具。

第三，應進一步發展「混合式通信架構」。大林組的經驗並未否定 Wi-Fi、商頻 4G/5G 或衛星，而是依成本、涵蓋與可靠度進行搭配。對我國而言，未來 5G 專頻專網示範亦可從「5G 專頻專網單獨建置」逐步轉向「5G 專頻專網組合 Wi-Fi、衛星」的多層通信架構，使一般資料走低成本網路，關鍵工程控制使用 5G 專頻專網，偏遠區域則由衛星補足回傳。與此同時，若遠端控制中心、AI 運算資源

或企業資訊系統位於場域外部，專頻專網與外部網路如何安全銜接亦將成為實際部署的重要問題；因此，可將專頻專網對外連線、資安隔離、VPN 及備援架構一併納入後續制度與技術指引檢討。

整體而言，講者所提供的案例顯示，5G 專頻專網在營建業的價值不在於取代所有既有無線網路，而在於填補「一般網路足以傳資料，但不足以可靠控制實體機械」之間的落差。當工程現場朝向遠端操控、自動施工乃至多台機器自主協作發展時，通信網路本身即由輔助工具轉變為施工安全與生產流程的一部分。對我國而言，未來 5G 專頻專網政策若能由「核發網路」進一步轉向「協助產業建構可靠的自動化通信環境」，並將無人施工、智慧工安、AI 影像與多網協同納入推廣模組，將更有機會使專網真正成為營建業數位轉型及解決缺工問題的基礎設施。

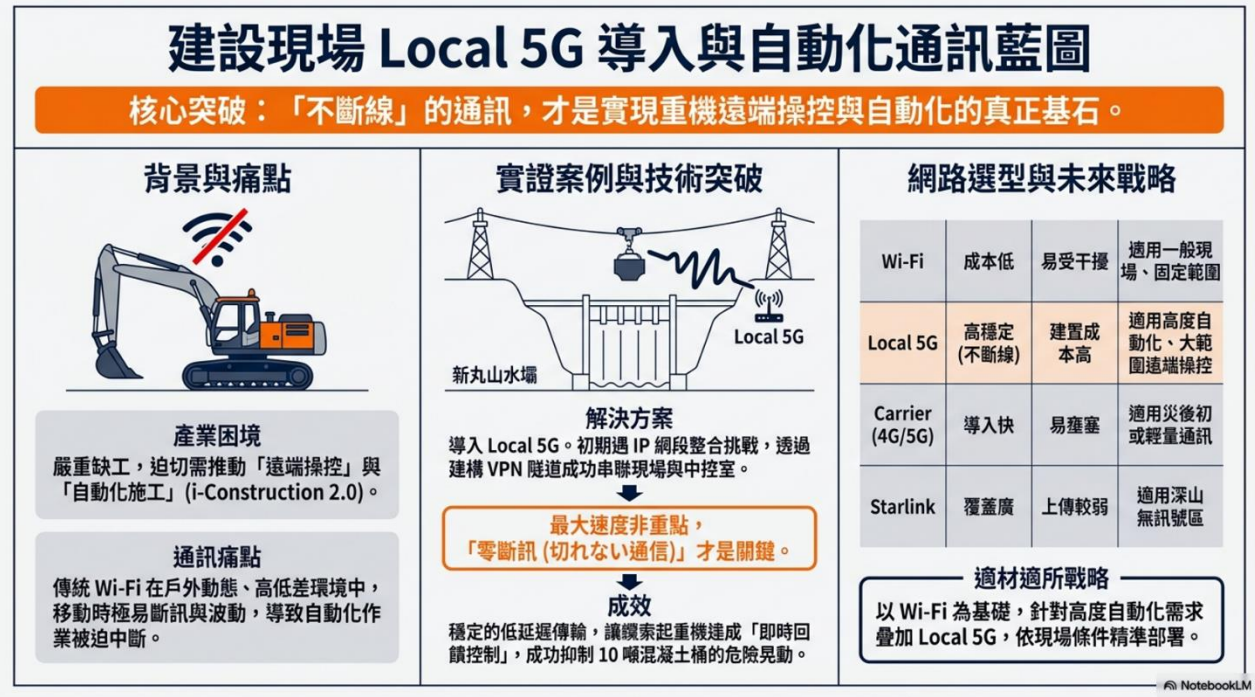


圖 11、大林組演講梗概

資料來源：本計畫依 WJ×WTP 2026 考察資料彙整並以 NotebookLM 生成

4. NTT 東日本：IoT 暨機器人時代的混合自營無線實戰

NTT 東日本行銷統括本部事業開發本部無線暨 IoT 事業部長渡辺憲一，以「IoT 暨機器人時代的自營無線」為題，從產業現場的實際需求出發，說明 Wi-Fi、Local 5G、Wi-Fi HaLow、LPWA、公眾行動網路及衛星等不同通訊技術的定

位與搭配方式。整場演講最重要的觀點，並非強調某一種無線技術具有絕對優勢，而是指出隨著 IoT、機器人、自動駕駛、數位雙生及實體 AI（Physical AI）逐漸進入產業現場，企業面對的通信需求已由過去相對單純的資料傳輸，轉變為感測、影像、大量上行、移動控制與遠端操作並存；單一無線技術難以同時滿足涵蓋、容量、延遲、移動性、成本及耗電等全部條件，因此未來企業網路的核心能力，在於依場域需求選擇並整合多種通信技術。這也與本次展會考察所歸納的結論（詳後）一致，即以 Wi-Fi、Local 5G 與 Wi-Fi HaLow 等技術進行適材適所的協同部署。

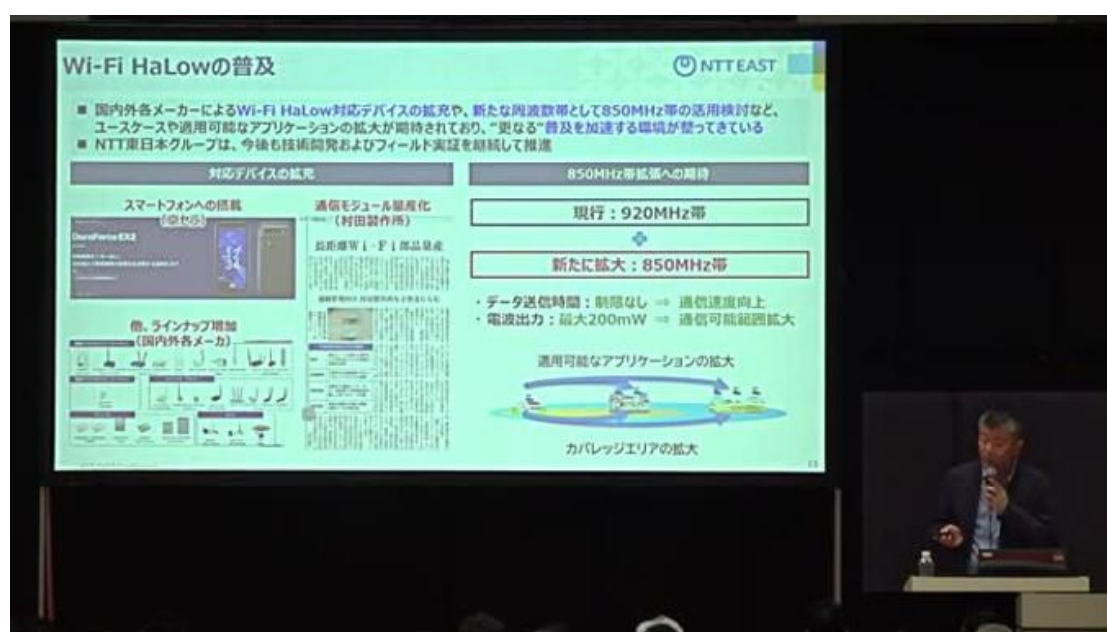


圖 12、NTT 東日本比較 Wi-Fi HaLow 與既有 920 MHz 系統

資料來源：本計畫自行拍攝

渡辺部長首先從「自營無線」的意義切入。相較於由行動通信業者依全體用戶需求規劃的公眾電信網路，自營無線係由企業或地方政府依自身需要投資，在自己真正需要通信的場所建置網路。其背景一方面在於產業設備日益移動化，AGV、自主移動機器人（AMR）、無人機及工程機械均需保持連線；另一方面，工廠內感測器與攝影機數量快速增加，逐一鋪設有線 LAN 的成本與管理負擔亦持續上升。更重要的是，行動通信使用的頻率逐步提高後，電波傳播距離縮短且更容易受到建築物遮蔽，而電信事業者基於一般用戶所規劃的涵蓋位置，也未必與工廠、倉儲、水處理設施或施工現場的通信需求重合。因此，渡辺認為未來將愈來愈需要由場域使用者自行建立通信環境，且往往需要多種無線方式共同完成。

就不同技術的定位而言，Wi-Fi 仍是 NTT 東日本最大的企業無線業務，其代管 Wi-Fi 已達約 40 萬個基地臺，具有終端普及、成本低及容易建置等優勢，對辦公室、商場及一般室內資料傳輸仍是最合理的選擇。但當應用進入大型工廠及物流場域，尤其 AGV 或 AMR 需跨越多個基地臺持續移動時，Wi-Fi 基地臺間的切換可能造成短暫影像停頓或通信不穩（此點與我國場域實證的結果一致）。NTT 東日本實際以移動台車比較 Wi-Fi 與 Local 5G 的涵蓋邊界，觀察到 Local 5G 在基地臺間移動與切換方面較適合要求連續通信的應用。因此，其 Local 5G 服務「GigaRaku 5G」自 2022 年推出後，至演講時已累積約 1,000 件洽詢，其中約半數來自製造及物流業，主要需求除建立大範圍廠區 LAN 外，也逐漸轉向 AGV、AMR、堆高機、自動駕駛及工程機械遠端操控（此場域型態與應用類型分布概與我國一致）。

相對而言，若應用只需要感測資料、靜態影像或較低資料量傳輸，採 Local 5G 反而可能成本過高。渡辺因此特別重視 Wi-Fi HaLow。Wi-Fi HaLow 使用 1 GHz 以下頻段，傳輸距離可達數百公尺至約 1 公里，雖容量低於一般 Wi-Fi 及 5G，但已足以傳輸感測資料、影像甚至較低畫質影片，因此特別適合「範圍很大、資料量中低、又不值得密集布建基地臺」的 IoT 場域。NTT 東日本在污水處理設施的評估即顯示，若採一般 Wi-Fi 可能需要約 7 座基地臺，改用 Wi-Fi HaLow 則約 1 至 2 座即可涵蓋，可大幅降低設置、供電及維護成本。渡辺因此將 Wi-Fi HaLow 視為廣域 IoT 逐漸成熟的實用選項，而非 Local 5G 的競爭技術。

演講所介紹的實際案例，進一步展現此種「依應用選網路」的思維。在製造與物流方面，NTT 東日本建置 Local 5G 智慧工廠暨物流實驗環境，將 Local 5G 路由器連接 AGV、AMR、堆高機及機器手臂，驗證設備移動過程中的通信穩定性。其重點不只是比較下載速度，而是確認設備跨區域移動時是否能持續與控制系統交換資料。由於未來機器人對雲端 AI、數位雙生及即時影像的依賴愈來愈高，穩定的無線通信亦將由周邊設備轉變為機器人系統本身不可分割的一部分。

營建場域則呈現多種通信技術共同工作的典型。NTT 東日本與西松建設合作，由東京遠端控制栃木縣那須的工程機械，場域內利用 Local 5G 降低工程機械與現場網路間的無線延遲，長距離的據點間通信則使用 IOWN 全光網路；相關實證在模擬約 200 公里的兩地連線下，將影像傳輸延遲控制於約 100 毫秒。另一項與大成建設合作的實證，更同時結合 Local 5G、60 GHz 頻段 WiGig 與 IOWN 全光網路，由一名操作員切換控制三部工程機械。此案例尤其說明「混合式網路」

並不只是不同網路互為備援，而是可以依照各段鏈路需求進行分工：Local 5G 負責移動涵蓋，60 GHz 無線 LAN 提供特定區段的大容量、低延遲傳輸，而 APN 則處理遠距高速回傳。

在自動駕駛方面，NTT 東日本於東京都狛江市採用公眾行動網路與 Local 5G 互補，並於道路側設置攝影機與感測器的智慧桿柱。車輛本身雖能透過自身感測器辨識周圍環境，但建築物、植栽或交叉路口仍可能形成視線死角，因此道路側感測器先辨識行人、自行車及其他車輛，再經由網路將資訊傳送給自動駕駛車輛，使車輛可以提早減速或停車。尤其在公眾行動網路品質較弱的路段，再以 Local 5G 補足重要通信區域。這顯示未來自動駕駛的通信需求並不一定是「全路線皆用專頻專網」，而可能是在真正影響安全與服務品質的特定路段，精準布建自營網路。

東京 Midtown 八重洲的案例則將通信與數位雙生進一步結合。NTT 東日本與三井不動產利用 Local 5G 建立高品質無線環境，透過高解析影像與 3D 點雲（3D point cloud）建立雲端數位雙生，並使配送機器人依據數位雙生進行定位及自主移動。機器人需要跨樓層、搭乘電梯並通過安全閘門，同時持續將高解析影像傳至雲端，因此網路不只是讓機器人「上網」，而是連結實體機器人與雲端控制系統的即時資料通道。該案於 2026 年已進一步由實證轉入實際配送服務，更可觀察出 Local 5G 的價值逐漸由單純連線轉向支援雲端機器人及實體 AI。

Wi-Fi HaLow 的案例則呈現完全不同的需求。山形縣長井市原先使用 LoRaWAN 進行河川監測，改用 Wi-Fi HaLow 後，雖仍以靜態影像為主，但可取得更清晰的河川狀況；未來並規劃與地形資料及數位雙生結合，支援淹水範圍模擬與避難決策。渡辺部長並指出，這種價格相對低、可涵蓋數百公尺至約 1 公里且具有一定影像傳輸能力的技術，可由地方政府建立平時與災時共用的自營網路，除了防災廣播外，還可以同一通信基礎支援熊害、積雪、水災或環境監測。亦即，自營網路若能「一網多用」，較有機會形成可持續的投資模式，而非只為低頻率發生的災害情境維持專用系統。

對我國 5G 專頻專網政策而言，本次演講首先帶來的啟示，是政策目標不宜設定為「儘可能把更多場域改用 5G 專頻專網」，而應協助場域建立「通信技術選擇能力」。政府可將 Wi-Fi、5G 專頻專網、商頻 5G、低功耗廣域技術、Wi-Fi HaLow 及衛星等納入同一套「無線通信工具箱」，依照涵蓋距離、移動性、上行容量、延遲、可靠度、耗電、建置成本及資安需求建立選型指引。若只是低頻率感測，

應優先採低成本技術；若是高解析影像或 AGV 穩定移動，才凸顯 5G 專頻專網價值。如此反而能使 5G 專網集中進入真正具有必要性的場域，提升企業的投資意願與使用成效。

其次，我國可將「混合式專網」由個別 SI 業者的設計經驗提升為政策推廣模式。NTT 東日本的案例證明，產業現場真正需要的往往不是一張單一技術網路，而是「Wi-Fi 結合 5G 專頻專網、其他無線及有線或衛星回傳」的分工架構。同時，可進一步整理智慧工廠、物流、營建、自動駕駛、公共設施等不同場域的標準參考架構，例如一般終端以 Wi-Fi 承載、AGV 與機器人以 5G 專頻專網維持移動通信、遠距感測採低功耗廣域網路，外部連線再由光纖、公眾網路或衛星提供（現行法制仍要求採 VPN 連結雲端）。政策重點因而應由「單一 5G 基地臺如何建置」，逐步提升至「如何建立完整的場域通信基盤」。

第三，推廣政策亦應從設備補助進一步走向「場域整合與實證服務」。渡辺部長反覆強調，無線網路真正落地仍需要現地勘查、電波設計、設備安裝、機器人介接、感測器校準及許可程序等「工程能力」。我國若欲擴大中小企業採用 5G 專頻專網，可透過補助之政策導引建立示範實驗室及共通測試環境，讓 AGV、AMR、攝影機、工業路由器與不同廠牌之專頻專網設備先完成互通、切換及通信品質測試，再至企業現場部署。同時鼓勵 SI 業者提供對應不同需求場域更專殊、專業之包含網路、申設、設備、維運與應用介接的託管式方案，使企業不必自行成為通信技術專家。

整體而言，渡辺部長所提出的「自營無線」觀念，真正值得我國借鏡之處，是將 5G 專頻專網重新放回整體產業通信架構中理解。未來機器人、數位雙生與實體 AI 所需要的，不是每一個資料流都使用最高規格網路，而是在不同地點、不同資料量及不同可靠度需求下，都能取得適合且可持續負擔的通信能力。因此，我國 5G 專頻專網推廣若能由「推廣一種技術」轉型為「協助企業建立『包括 5G 專頻專網』之最適通訊組合」，並將 5G 專頻專網定位為其中處理高可靠、大容量上行、移動控制及關鍵任務的核心工具，將更符合產業實際需求，也更有利於形成可規模化複製的市場。



圖 13、NTT 東日本演講梗概

資料來源：本計畫依 WJ×WTP 2026 考察資料彙整並以 NotebookLM 生成

5. SoftBank：高韌性網路、AI-RAN 與 HAPS

SoftBank 常務執行董事兼 CNO 大矢晃之以「演進的通訊基礎設施與次世代數位社會」為題，從通信需求的質變切入，說明在生成式 AI、機器人、自動駕駛及各類數位服務快速普及下，通信基礎設施的角色已不再只是提高傳輸速率，而須同時面對服務品質要求提高、網路架構複雜化、AI 運算需求增加，以及災害發生時仍須維持通信等課題。大矢所呈現的 SoftBank 發展方向，可概括為將傳統「傳送資料」的電信網路，逐步轉變為結合連線、運算與 AI 的次世代社會基礎設施。這也與 SoftBank 於 2026 年提出的整體戰略相符，即網路將由單純「連結」的基礎，演進為支撐產業與社會轉型的基礎。

首先，在既有行動通信網路的高度化方面，SoftBank 特別著重 5G SA 與網路切片。相較於所有服務共享相同品質條件的傳統網路，5G SA 可在同一實體網路中建立具有不同頻寬、延遲及可靠度條件的虛擬網路，使服務品質可依用途差異化配置。例如一般智慧型手機通信、即時 XR、高可靠度電子支付或高畫質影音回傳，可以在同一基礎設施上獲得不同資源保障。SoftBank 於 2026 年 F1 日本大獎賽即在商用網路同時驗證多種網路切片，分別支援一般來場觀眾通信、低延遲 XR、電子支付及影音傳輸等需求，並依即時流量動態調整資源，具體展現 5G SA 由「高速通信技術」走向「按服務需求控制品質」的能力。

毫米波則被視為補充高密度、高流量場景的重要工具。SoftBank 並非將毫米波定位為全面覆蓋的基礎頻段，而是利用其大頻寬特性，集中部署於大型活動、賽事及影音傳輸等高容量需求場域。例如 F1 日本大獎賽即利用 28 GHz 毫米波作為 Wi-Fi 回傳線路，並以毫米波支援電視轉播的無線影音傳輸，降低高畫質攝影受到實體纜線限制的問題。這種作法反映毫米波商用策略逐漸由早期強調「極高速下载」，轉向鎖定大容量上傳、活動熱點及專業影像傳輸等較能發揮其技術優勢的應用。

演講另一核心則是 AI-RAN。SoftBank 認為，AI 時代的通信基礎設施不能再將「網路」與「運算」視為兩套互不相關的系統，因此推動在相同加速運算硬體上同時執行無線接取網路（RAN）功能與 AI 運算的架構，並發展整合式 AI-RAN 平臺「AITRAS」。其意義有二：其一，基地臺附近既有的運算資源可用於 AI 推論，使機器人、影像辨識等服務不必將所有資料送往遠端大型資料中心；另一方面，RAN 本身也可以利用 AI 進行流量預測、資源最佳化及節能控制，使 AI 同時成為「網路所服務的應用」與「管理網路的工具」。SoftBank 並已與 Ericsson 驗證機器人 AI 處理在終端與 MEC 之間動態卸載，同時結合網路切片及優先控制，使通信品質與運算位置可依機器人狀態共同調整。

此一構想進一步延伸為 SoftBank 於 2026 年提出的「電信及 AI 雲」（Telco AI Cloud）。其架構將大型 AI 資料中心的 GPU 雲端、分布於網路邊緣的 AI-RAN 或多接取邊緣運算（MEC），以及統一管理 AI 工作負載與通信資源的軟體整合，使 AI 訓練可在大型資料中心進行，而需要低延遲的 AI 推論則靠近終端執行。這代表通信業者所擁有的基地臺、傳輸網路與資料中心，不再只是 AI 服務的「連線管道」，而可能形成一套分散式 AI 算力基礎設施。對機器人、自動駕駛、智慧工廠等實體 AI（Physical AI）而言尤其重要，因為這些應用須同時具備穩定通信、即時運算及大量上行資料處理能力。

AI 亦被直接導入網路維運。SoftBank 已開發通訊產業專用的「大型電信及模型」（Large Telecom Model, LTM），利用通信網路資料與營運經驗進行專業訓練，使生成式 AI 得以理解網路規劃、設定、故障分析及最佳化等通信領域任務。其長期目標並非僅利用聊天機器人協助工程師查詢資料，而是搭配代理式 AI，使網路能逐步自行偵測異常、分析原因、提出設定變更乃至執行修復，朝向「自律型網路」發展。換言之，傳統由工程師監看大量告警、逐項分析故障的網路營運模式，將逐漸轉變為由 AI 持續感知網路狀況、人員進行監督及高層次決策的

模式。

最後，講者亦將網路韌性與覆蓋範圍擴張納入次世代通信基礎設施的重要課題。除地面 5G/6G 外，SoftBank 持續推動在距地表約 20 公里平流層運作的 HAPS，將其作為「空中的基地臺」，與衛星及地面行動網路形成多層式架構。其政策及應用價值不只在於偏遠地區補足涵蓋，更包括大型災害造成基地臺或回傳網路受損時，由非地面網路提供替代通信。長期而言，SoftBank 希望透過地面網路、HAPS 與衛星的協同，建立隨時隨地得以持續連線的「無所不在的網路」（Ubiquitous Network），使通信韌性成為次世代網路與高速率同樣重要的性能指標。

綜合而言，Softbank 所描繪的網路演進具有明確的典範轉變：通信產業的競爭已由單純增加基地臺、提高下載速率，逐漸轉向 5G SA 的服務品質控制、毫米波的精準場域應用、AI-RAN 的通信與運算融合、代理式 AI 驅動的自律維運，以及 HAPS 與地面網路共同形成的韌性架構。SoftBank 所追求的次世代通信基礎設施，因此不是單一的「6G 網路」，而是一套將通信、AI 算力、雲端、邊緣運算與非地面網路統合起來的分散式數位基礎設施。而最重要的觀察點在於，未來網路價值可能不再以「能傳多少資料」作為唯一衡量標準，而將取決於是否能依應用需求即時提供適當的連線品質、運算能力與韌性，從而真正成為 AI 與實體數位服務運作的底層社會基礎。



圖 14、SoftBank 說明 5G SA 覆蓋與服務推進

資料來源：本計畫自行拍攝

三、論壇第三日（5/29）內容

第三日論壇首先由 NICT 網路研究所無線網路研究中心太空通訊系統研究室室長三浦周主講「Beyond 5G/6G 地面系統與非地面系統整合趨勢」，從 B5G/6G 網路架構出發，介紹未來行動通訊將不再侷限於地面基地臺，而是進一步整合低軌衛星、HAPS 等 NTN，形成天地一體的立體通訊架構。其演講著重介紹地面網路與 NTN 於頻率資源、鏈路切換、移動管理及網路控制等面向的技術課題，以及如何透過標準化與系統整合，使使用者在不同網路之間維持無縫連線。此一發展方向除可補足山區、離島、海域等地面基地臺難以涵蓋之區域，亦有助於提升災害發生時之通訊備援能力，顯示 B5G/6G 之網路設計已由單一地面行動網路逐步朝多層次、異質網路協同的方向演進。

上午專題結束後，安排較長時段參觀展覽攤位，實地觀察 Local 5G、Wi-Fi HaLow、衛星/HAPS、IoT、機器人及次世代無線設備之最新產品與應用，並透過與設備商及系統整合業者交流，進一步比對論壇所介紹之天地整合、混合式自營無線及垂直場域導入模式等。

下午則安排「第 8 屆 Local 5G 實務研修課程概要介紹」，由行動運算推進聯盟（MCPC）秘書處秘書長助理宮坂敏樹及 NEC Networks & System Integration Corporation 原辰德共同說明。該課程以 Local 5G 實際導入所需之制度、技術與維運知識為核心，介紹日本透過產業聯盟與設備整合業者合作培育 Local 5G 實務人才的作法，涵蓋基地臺建置、無線規劃、系統設定及場域導入等內容，以及講述得獎的 Local 5G 經典應用案例。此一培訓模式顯示，日本推動 Local 5G 已由早期技術驗證逐步進入制度化人才培育階段，透過標準化課程降低企業及系統整合業者的學習門檻，有助於擴大 Local 5G 在各垂直產業的實際應用。論壇結束後再安排展覽攤位參觀，作為本次三日考察之總結。

(一) 論壇議程

時間	會議主題	講者或與談專家
10:30 — 11:10	Beyond 5G/6G 地面系統與非地面系統整合趨勢	三浦周 (NICT 網路研究所無線網路研究中心太空通訊系統研究室主任)
11:10 — 15:30	安排參觀展覽攤位	--
15:30 — 15:50	第 8 屆 Local 5G 實務研修課程概要介紹	宮坂敏樹 (MCPC 秘書長助理) 原辰德 (NEC Networks & System Integration Corporation)
15:50 — 17:00	安排參觀展覽攤位	--

(二) 論壇第三日內容摘錄

1. NICT：地面網路與非地面網路之協同

NICT 的三浦周主任以「Beyond 5G/6G 地面系統與非地面系統整合趨勢」為題，說明未來行動通訊網路將由傳統以地面基地臺為中心的二維網路，逐步轉型為整合地面、海洋、航空、成層圈與太空的「立體」通信基礎設施。其核心並不是以衛星網路取代既有行動通信，而是將地面系統與衛星、高空平台等 NTN 視為同一通信環境中的不同資源，使系統得依使用者位置、服務品質、網路負載及災害等條件，選擇最適合的傳輸路徑。NICT 亦將此一方向界定為 B5G/6G 的重要架構，即由地面延伸至海、空及宇宙，使各類移動載具與終端得以多層次連接。

在此架構下，NTN 本身也並非單一衛星系統，而是由不同高度、不同特性的通信平台共同形成。地球同步軌道衛星（GEO）可長時間覆蓋廣大區域，通信資源相對穩定，但因軌道距離遙遠，往返延遲可達數百毫秒；低軌衛星距離地表較近，延遲通常僅為數十毫秒，較適合需要即時性的服務，但衛星高速移動，使可用鏈路、涵蓋範圍及傳輸容量隨時間變化，需要頻繁進行衛星或波束切換。其間亦可納入中軌衛星（MEO），而位於約 20 公里平流層的 HAPS，則具有較低延遲、較大地面涵蓋範圍及可相對固定服務特定區域等優點。未來系統因此將朝「多軌道」（Multi-Orbit）發展，依應用需求搭配 GEO、MEO、LEO 及 HAPS，而非由任何單一軌道技術包辦所有服務。

此一轉變亦使 B5G/6G 的技術問題，從單純改善無線傳輸速率，進一步轉為「如何管理異質網路」。三浦主任所屬研究室即將立體網路統合控制列為核心研究項目。相較地面網路，衛星與 HAPS 受到平台移動、氣象、軌道位置及可見時間等因素影響，同一條鏈路的頻寬、延遲及可靠度可能持續變動；不同衛星系統又可能分屬不同業者、使用不同協定。因此，系統必須掌握各網路即時狀態，依照應用程式所需要的頻寬、延遲及可靠度，自動進行資源配置、服務品質（QoS）控制、路由選擇與移動管理。例如低延遲服務可優先選擇 LEO 或地面網路；大範圍且穩定的資料傳輸則可使用 GEO；原有路徑因天候或遮蔽劣化時，再即時切換至其他衛星或地面鏈路。此種「網路編排（orchestration）」能力，才是 TN 與 NTN 從物理連接進一步邁向真正整合的關鍵。NICT 後續更明確規劃導入 AI，開發跨多種網路的路徑控制與移動管理演算法。

另一項重要發展則是終端設備。若衛星通信仍須使用大型拋物面天線，即難以普及至汽車、飛機、船舶甚至一般行動裝置，因此電子掃描式平面天線（AESA）

及終端小型化成為重要研發方向。此類天線不必機械旋轉，即可利用電子方式快速改變波束方向，以追蹤高速移動的 LEO 衛星。惟高頻、高輸出與高度整合也帶來散熱、重量、耗電及成本等問題，NICT 因而同步研究適用於不同載具的天線結構與排熱設計。從技術演進來看，NTN 能否真正由專業衛星通信擴散至航空、海事、車聯網及一般消費終端，關鍵並不只在衛星數量，更取決於終端能否做到體積小、價格合理、低耗電及自動追蹤。

三浦主任演講另一重要主軸為「宇宙光通訊」。傳統衛星主要利用微波傳輸，但隨衛星數量與資料量快速增加，有限的無線電頻率資源將面臨更大壓力；雷射光通信則可提供極高傳輸容量，且光束窄、干擾較少，適合未來衛星間、衛星與 HAPS 間，以及衛星與地面之高速骨幹鏈路。NICT 已開發可搭載於衛星與 HAPS 的小型光通信終端，並在東京都內相距 7.4 公里的兩地進行水平空間光通信實驗，在都市大氣擾動環境下，以 5 個各 400 Gbps 的波長分割多工通道穩定達成合計 2 Tbps 傳輸。此成果顯示，過去主要存在於大型實驗設備的太空光通信，正朝小型化與實用化發展。NICT 並規劃進一步將設備縮小至可裝載於 6U CubeSat 的小型光終端，驗證低軌衛星與地面，以及衛星與 HAPS 間的高速光鏈路。

不過，光通信亦有其限制。雷射雖能提供極高容量，但雲層、霧氣及大氣擾動會造成訊號衰減或中斷，且衛星高速移動時，需要極高精度完成光束捕獲、指向與追蹤。因此未來並非簡單地以光取代電波，而可能形成「電波及光」的互補架構：大量資料在氣象條件良好時使用光鏈路傳輸，受雲層阻隔時則切換至電波；地面端亦可在不同地區配置多座光地面站，利用地域間氣象差異進行站點切換（site diversity），降低單一地點受雲層阻斷的風險。NICT 目前即於日本多處建置固定式及可搬式光通信地面站，藉此建立可支援 5G/6G 實證的地面基礎設施。

在日本的國家級實證布局中，技術試驗衛星 9 號機（Engineering Test Satellite-9, ETS-9）具有關鍵地位。ETS-9 不僅是傳統意義下的通信衛星，而被定位為下一代高通量衛星及 TN/NTN 整合的實驗平台，將搭載 Ka 頻段固定及可變波束、全數位通信酬載及光饋送鏈路等技術，使衛星的頻寬、波束及通信資源可以依需求動態調整。NICT 規劃利用 ETS-9 進行海洋、航空、防災、衛星與 5G 協同、IoT 等多種實證，並驗證立體網路統合控制及 10 Gbps 等級光饋送鏈路。這反映衛星由過去「發射後功能固定」的硬體系統，朝可由軟體與數位化酬載彈性調整資源的方向發展，亦使衛星得逐步納入整體網路的動態資源池。

從標準與政策發展來看，TN/NTN 整合已不只是日本個別研究機構的技術構

想。3GPP 已在 5G 標準化過程持續推進 NTN，使衛星及其他非地面平台逐漸納入行動通信技術體系；ITU 的頻譜政策亦同步處理 HAPS 等新型平台所需之頻率資源，例如 2023 年世界無線電通信大會（WRC-23）即進一步處理 HAPS 基地臺相關頻段。換言之，6G 時代「空天地整合」的制度基礎同時牽涉行動通信標準、衛星軌道與頻率、跨境協調及設備互通，技術研發與國際規則形成已呈現同步推進的趨勢。

日本政策上亦已將 NTN 列入 B5G/6G 戰略性研發項目。NICT 的「革新性資訊通信技術（Beyond 5G/6G）基金事業」除支持 HAPS 直接連接行動終端、LEO/MEO 平面天線、次世代小型宇宙光通信等研發外，也將安全虛擬化與統合網路技術納入政策投資範圍。NICT 更計畫更進一步將 AI 網路控制、ETS-9 實證、耐災衛星通信及 CubeSat 光通信列入具體工作，顯示政策已由早期概念與單項技術研發，逐步進入整合實證與社會實裝階段。

綜合三浦主任的演講，可以觀察到 B5G/6G 的重要典範轉變，也即未來通信基礎設施的競爭，不再只是基地臺速度或單一衛星星系的性能，而是能否將地面網路、GEO/MEO/LEO、HAPS、電波與光通信，以及不同營運商的資源整合成一個可被動態控制的系統。對我國而言，此一發展尤其值得從國家通信政策而非僅從行動通信政策理解。臺灣具有海島、離島、山區及天然災害頻繁等特性，未來若 TN/NTN 整合成熟，可同時服務航空與海事通信、偏遠地區涵蓋、災害備援及高容量資料傳輸。因此政策上除持續關注 6G 無線介面與頻譜外，亦有必要及早布局衛星與 HAPS 頻率、異質網路統合控制、地面光通信站、終端設備及跨國標準合作。三浦主任所呈現的發展方向顯示，6G 真正值得關注之處，未必只是「比 5G 更快」，而是通信網路將由地面的行動通信系統，演進為涵蓋地面、天空與宇宙，並能依環境及需求自主選擇最佳路徑的立體通信基礎設施。

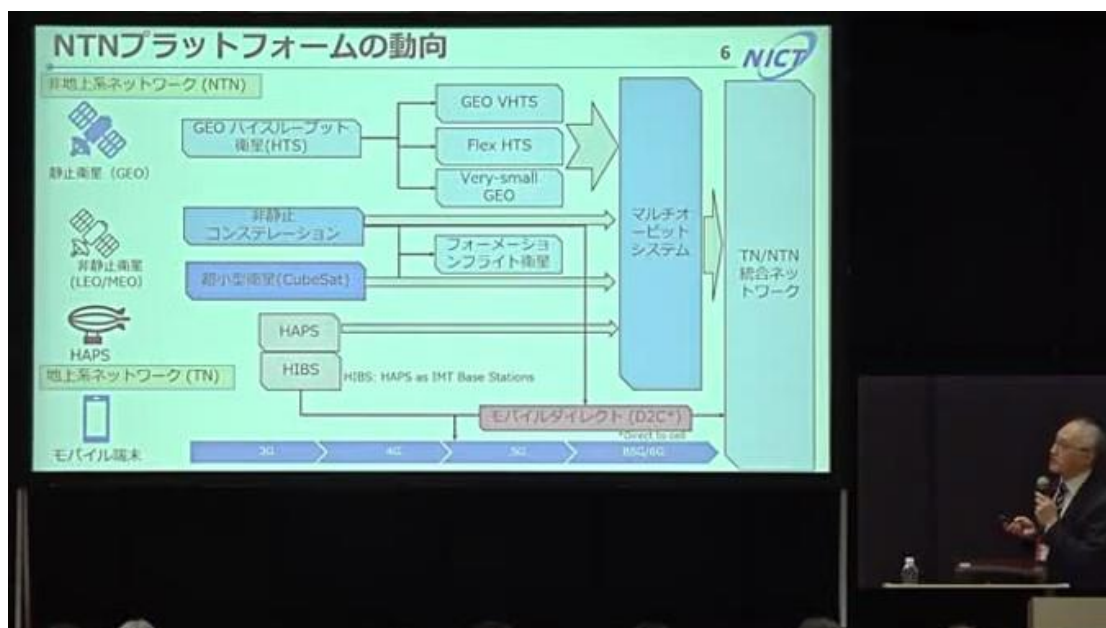


圖 15、NICT 說明地面/非地面網路整合平臺方向

資料來源：本計畫自行拍攝

2. MCPC/NEC：HYPERNOVA 與工廠數位轉型

理光工業（Ricoh Industry）東北事業所之 Local 5G 案例，是日本製造業將 5G 專網由「通訊技術驗證」推進至「工廠數位轉型工具」的代表性案例，並獲得 MCPC award 2025「Local 5G 獎」。該案由理光工業與 NEC 之 SI 部門共同推動，核心在於導入核心網路與基地臺功能整合的一體型 Local 5G 系統「HYPERNOVA」，以解決既有 Wi-Fi 環境逐漸無法承擔工廠數位化需求的問題。MCPC 將其定位為結合 Local 5G 與既有「KAIZEN（改善）」文化，加速工廠數位製造的實例；獲獎系統之導入規模為 1 座基地臺、4 座移動臺，主要目的則是提升手工組裝生產的品質、成本與交期。

理光工業東北事業所並非因「要使用 5G」而導入專網，而是由既有生產現場的具體痛點出發。該事業所長期推動生產數位化，現場已有大量使用 2.4 GHz 頻段的 Wi-Fi 裝置，隨著感測器、攝影機及各種邊緣設備增加，Wi-Fi 逐漸出現頻寬壅塞；即使將部分設備移往 5 GHz 頻段，仍有干擾及連線不穩定問題，限制新增數位設備的能力。理光工業因此自 2021 年起導入 Local 5G，利用其專用頻率、高速、低延遲及多數裝置連線等特性，作為生產現場數位化的另一層無線基礎設施。值得注意的是，其早期 Local 5G 亦曾面臨系統穩定性與維運複雜度問題，經過冗餘化及多次調校後，至 2025 年 4 月再改採 HYPERNOVA 重新建構網

路。這顯示該案例的發展歷程不是單純「Wi-Fi 換成 5G」，而是逐步尋找適合工廠使用、可長期維運的無線架構。

HYPERNOVA 的意義亦在於降低傳統 Local 5G 的建置複雜度。NEC 的 SI 部門將 5G 核心網路 (5GC)、CU、DU 及 RU 等通信所需功能整合於小型設備，採軟體無線電 (SDR) 技術，具備可搬移、低功耗及日本語圖形化管理介面等特性；其指出，其標準產品可涵蓋約 300 至 500 公尺之中型場域，實測上行速率可超過 700 Mbps，可支援高解析度影像傳輸。相較核心網路、基地臺及伺服器分離建置的傳統架構，此類一體型設備可減少機房、配線及專業維運需求，亦使場域改線、搬移或後續擴充更為容易。而 NEC 的 SI 部門在本案中並非僅提供設備，而是從需求盤點、電波涵蓋與區域設計、性能評估，到實際運用流程及技術支援均提供整合服務，反映 5G 專頻專網產業競爭焦點已逐漸從「販售基地臺」轉向「提供可直接落地的整體解決方案」。

在應用層面，本案最具代表性的用途是 4K 360 度影像傳輸。理光將 360 度攝影機設置於工廠上方可移動之軌道裝置，透過 Local 5G 即時回傳高畫質影像；由下圖所示，拍攝場域約為 20 公尺×80 公尺，遠端使用者得自行改變觀看視角，不僅可用於遠端工廠參觀，也可用於製程教育及技能傳承。此外，工廠另透過攝影機擷取作業者手部骨架動作，以 AI 分析作業流程並自動確認工作是否完成，使 5G 專網成為 AI 應用取得即時現場資料的傳輸基礎。MCPC 表示，遠端教育應用使作業熟練及技能傳承所需期間縮短約 45%；相關數位化成果亦提升工廠對外展示能力，2024 年度工廠參觀人數較 2021 年度增加 200%。理光工業自身更將 5G 定位為建構即時數位雙生 (digital twins) 及自主型工廠工作環境的工具，並持續推動遠端生產現場操作、品質追溯、作業動線分析及無人搬運等應用。

此一案例對我國推廣 5G 專頻專網具有數項重要啟示。首先，政策推動應由「需要解決何種生產問題」出發，而非單純以建置 5G 網路為成果。理光案例真正具有說服力之處，在於 Wi-Fi 頻寬不足、遠端技能傳承、品質確認等痛點皆可具體辨識，導入後亦以訓練時間、工廠參觀人數及 QCD (即品質、成本及交付) 等指標檢驗成效。因此，我國未來推廣智慧製造專網，可將「高畫質移動影像結合 AI 品質判定」、「遠端教育與技術傳承」、「AGV 或機器人移動控制」等整理為可複製的應用模組，使企業理解專頻專網帶來的是生產效益，而非單純較快的無線傳輸。

其次，應鼓勵「Wi-Fi 結合 5G 專頻專網」的混合式架構，而非要求企業全

面更換既有網路。理光保留既有 Wi-Fi，再將對穩定度、即時性及大容量上傳要求較高的應用移往 Local 5G，實際呈現「適材適所」的網路設計思維。對我國中小型製造業而言，此模式尤其重要，可避免為導入 5G 專頻專網而重新建置全廠網路，大幅降低轉型成本與決策風險。

第三，設備的一體化、小型化及維運簡化，可能是擴大我國申設基礎的重要突破口。我國現行 5G 專頻專網以 4.8-4.9 GHz 頻段建置，網路架構包含核心網路、接取網路及傳輸網路；法規本身並未要求各功能必須採分離設備建置。因此，若國內設備商能進一步發展、導入符合我國頻段與資安要求、整合 5GC 與無線接取功能的低成本一體機，且持續降低成本，並搭配標準化申設及應用模組，即有機會將 5G 專頻專網從目前較大型、客製化的系統工程，轉化為中小企業亦可負擔的「套裝式數位轉型基礎設施」。

整體而言，理光案例最值得我國借鏡之處，不是單一 HYPERNOVA 產品，而是其形成了一條產業痛點辨識、混合網路選型、低複雜度專網建置、AI 結合影像辨識應用導入、最終產出具體 KPI 的完整路徑。我國後續若欲擴大 5G 專頻專網在製造業的普及，政策重心可由個案式、大規模示範逐步延伸至此低成本一體機、標準化應用套件及系統整合輔導模式，優先選擇已有 Wi-Fi 瓶頸、AI 影像需求、自動化設備或缺工與技能傳承壓力的中小型工廠，建立數個可重複部署的標竿方案。如此才能使 5G 專頻專網由少數示範場域的特殊設備，進一步成為企業推動 AI 化、自動化及智慧製造時可實際選用的基礎工具。

日本Local 5G標竿案例：理光工業 HYPERNOVA 工廠DX

-  **痛點：**工廠既有 Wi-Fi 頻寬壅塞且易受干擾，難以支撐龐大設備連線與數位製造需求。
-  **解方：**導入「**HYPERNOVA**」一體式 **Local 5G** 系統（整合核心與基地臺），大幅降低建置與維運門檻。
-  **應用：**透過 360度攝影機即時傳輸 **4K/360度影像**，並結合 **AI 作業確認** 實現自動化品質管理。
-  **成效：**帶動生產性與品質雙重提升，並使工廠參訪人數相較2021年度**激增200%**，成功加速**工廠DX**。
-  **對臺灣啟示：**5G專網應作為AI應用測試床；政策可朝一體機、低成本、快速導入方向，推動中小型場域智慧製造。



© NotebookLM

圖 16、HYPERNOVA 工廠 Local 5G 應用與系統概念

資料來源：本計畫依 WJ×WTP 2026 考察資料彙整並以 NotebookLM 生成

四、展覽現場考察概要彙整

(一) KDDI 展示毫米波下載 Netflix 之應用

本次展覽中，KDDI 以影音內容高速下载作為 5G 毫米波應用之具體展示，透過一般 5G 的 6 GHz 以下頻段（Sub-6）與毫米波之下載體驗比較，讓參觀者直接感受毫米波大頻寬所帶來的傳輸能力差異。相較於以峰值速率或基地臺規格等抽象數據介紹毫米波，本項展示係將技術轉化為一般使用者容易理解的影音服務情境：旅客可在車站、機場或候車空間，於搭乘列車、飛機前的極短等待時間內，將原本需要數十秒甚至更長時間下載的大容量電影或連續劇內容預先儲存於行動終端，於後續移動途中以離線方式觀看。此次考察所整理之資料亦將 KDDI 毫米波發展定位為「高容量毫米波下行」，主要應用情境包括車站候車、出發前大量下載，以及移動過程中的離線觀看。

KDDI 所展示的「1 話 1 秒」並非單純的概念宣傳，而係建立在先前實際測試成果之上。KDDI 曾與 Netflix 及 JR 東日本於高輪 Gateway 站周邊進行毫米波高速下载實證，以 Netflix 共 10 集、資料量約 1.4 GB 的連續劇內容進行測試；使用 Sub-6 終端時，下載全部 10 集約需 40 秒，毫米波終端則約 10 秒完成，亦即平均約 1 秒即可下載 1 集。現場測得 Sub-6 下行速率約 500 Mbps，而毫米波約可達 2 Gbps，約為前者 4 倍。這項成果使毫米波「超高速、大容量」的技術特性，不再只是理論上的峰值速率，而轉化成使用者可直接感知的時間差異。

此一案例更值得注意之處，在於 KDDI 並未將毫米波設定為全面取代 Sub-6 的廣域行動網路，而係針對其物理特性尋找最合適的使用場景。毫米波具有可取得大頻寬、傳送大量資料的優勢，但相較中低頻段，其傳播距離較短，且容易受到建築物、人體與其他障礙物遮蔽。因此，若以傳統「全區域連續覆蓋」的思維布建，必須增加基地臺密度，經濟效益未必合理。KDDI 的作法反而是將毫米波集中配置於資料需求高度集中、使用者停留位置可以預測的「熱點」，例如月臺、候車區、機場登機區、大型活動場館或商業設施；其他區域仍由 Sub-6 等既有網路提供廣域涵蓋。換言之，毫米波不是用來取代所有頻段，而是形成一層「局部超大容量」網路。

此種應用模式亦改變了對「移動影音」的思考。若要求乘客在高速列車移動途中持續串流 4K 甚至更高畫質影音，網路必須在整條路線維持高容量且穩定的無線涵蓋，成本與技術難度均相當高；反之，若於旅客上車前，利用毫米波在短

時間內將所需內容全部下載完成，移動途中即可不再依賴持續連線。換言之，KDDI 不是只改善「網路如何傳得更快」，而是重新設計「資料應在何時、何地傳送」。這種將高容量需求集中於特定時間與空間處理的模式，可以減輕後續移動網路的負荷，也使毫米波即使無法做到連續廣域覆蓋，仍能形成明確的使用價值。KDDI 後續亦持續利用基地臺與毫米波中繼器擴張高輪 Gateway 周邊的毫米波服務區域，顯示其策略係透過精準布建與中繼技術逐步提高高頻段可用性。

從產業應用角度觀察，此類模式亦不限於 Netflix 等消費影音。例如大型設計檔案、XR 內容、人工智慧模型、地圖資料或設備維修資料，均可能在特定地點進行「大量資料快速灌入」。若車輛、機器人或工作人員進入特定作業區域時，即透過毫米波迅速取得後續作業所需的大型資料，即可降低整個移動路徑均須維持超大容量網路的必要性。對工業應用而言，其概念可進一步延伸為「局部高速資料交換區」，使毫米波與其他具有廣域涵蓋能力的頻段形成分層通信架構。

此項觀察對我國 5G 專頻專網政策亦具有參考價值。我國行動寬頻專用電信網路目前主要使用 4.8-4.9 GHz 頻段，但並未配置毫米波作為 5G 專頻專網頻率；然而，日本的應用案例提醒吾人，政策上有必要區分不同頻段的優勢與應用情境。對一般工廠、倉儲或 AGV 移動而言，4.8-4.9 GHz 仍具有較好的涵蓋與部署效率；但對於大型展演、運動賽事、交通場站、高解析影音傳輸，或短時間內需要交換巨量資料的場域，毫米波可能具有其他頻段難以取代的價值。

基此，我國後續可先以實驗、試驗或示範方式，針對車站、機場、大型展演、運動場館及高容量影像傳輸等具體需求，驗證毫米波之技術效益與經濟合理性，而不必一開始即以廣域布建、或正式於「無線電頻率供應計畫」為 5G 專頻專網配置毫米波頻段為目標。政策評估的重點亦不宜只是「毫米波速度是否較快」，而應進一步分析特定場域是否存在短時間、大容量資料交換需求，以及毫米波可否因此減少光纖布建、降低其他頻段壅塞或創造新的服務模式。KDDI 案例最具啟發性之處，正是從毫米波自身的物理限制出發，反向找出「高密度、短距離、巨量資料」最能發揮其效益的場景，使高頻段由技術展示逐漸轉變為可被具體理解的服務工具。



圖 17、KDDI 於會場展示毫米波高速下載 Netflix 影音內容之應用

資料來源：本計畫自行拍攝

(二) XGMF 及 SoftBank 現場展示毫米波與其他傳輸技術影像延遲之差異

本次展覽另一項值得關注的毫米波實證，係「XG 行動通訊推進論壇」(XG Mobile Promotion Forum, XGMF) 於展會第三日舉辦「以 5G 毫米波嘗試 4K 低延遲即時直播」公開場域試驗。該活動並非僅呈現測速數字，而是直接將攝影設備所拍攝的即時畫面透過不同通信環境傳送至顯示設備，讓參觀者從畫面動作與顯示結果間的時間差，直接感受不同傳輸方式所產生的影像延遲。此項實證係「應援活動 × 5G (推し活×5G)」計畫之一部分，利用 5G 毫米波的大容量上行能力，搭配 TBS 電視臺與 WOWOW 共同開發的 LIVE MULTI STUDIO (LMS) 影音及控制訊號傳輸軟體，測試 4K 影像在展覽現場以無線方式進行低延遲直播的可能性，並安排與其他會場網路環境進行比較。

與前揭 KDDI 的 Netflix 展示主要凸顯「下行」大量資料快速下載不同，本項實證的關鍵是高容量上行及端到端低延遲。傳統行動網路長期以一般消費者下載網頁、觀看影音為主要使用型態，因此網路資源通常較偏重下行；但直播、遠端製作、無人機攝影、機器人與 AI 影像辨識等新興服務，均會由終端持續產生大量高解析度影像並向網路端傳送，因而大幅提高上行需求。4K 直播尤其需要在有限時間內持續上傳大量資料，若上行容量不足，系統便可能降低畫質、增加

壓縮或擴大緩衝，最終直接反映為畫面延遲、卡頓甚至中斷。毫米波可利用較大的連續頻寬，使此類大量上行資料具備較充裕的傳輸空間。

此次公開試驗使用之 LMS，除傳送影像外，亦可處理聲音及控制訊號，使攝影端與製作端可透過行動網路協同工作。依主辦方現場說明，其目標是驗證過去往往需要實體纜線、轉播車或大型專業設備才能完成的高畫質現場轉播，是否可以利用小型攝影、傳輸設備與商用 5G 毫米波網路完成，並使攝影人員持續移動。公開試驗使用 SoftBank 及 KDDI 的商用 5G 毫米波環境，由村田製作所參與企劃及實證、WOWOW Entertainment 負責影像傳輸，顯示毫米波的應用已由單純「手機高速下载」延伸至專業影音製播。

不過，現場展示亦有一項重要技術觀念值得釐清，即「高速率」與「低延遲」並非完全相同。毫米波提供大頻寬，可以降低大量資料傳輸造成的壅塞與等待，但一段即時影像從攝影機到螢幕，實際經歷的端到端延遲，還包括攝影機取像、影像編碼、無線接取、核心網路傳送、伺服器處理、解碼及螢幕顯示等環節。因此，只提高無線鏈路的峰值速率，並不能保證整套服務必然達成最低延遲。不過，此次展示真正值得觀察之處，是將毫米波的大容量上行與低延遲影音傳輸軟體、編解碼設備及商用行動網路整合，使整個端到端流程共同最佳化。對未來 B5G/6G 而言，這種「應用、終端、無線網路、核心網路、運算」整體設計的重要性，將高於單純比較單一基地臺最高速率。

而如前述，SoftBank 於 2026 年 F1 日本大獎賽所進行的商用網路實證，則進一步證明此種模式具有實際大型活動應用價值。SoftBank 利用 5G SA、網路切片及毫米波同時支援一般來場者通信、XR、電子支付及影音製播，其中更以毫米波及專用 5G 網路為富士電視臺提供無線攝影機的大容量、高品質影像傳輸環境，使攝影機不再受到實體線材布設位置限制；另以 28 GHz 毫米波作為公眾 Wi-Fi 的固定無線回傳線路，以因應大型活動瞬間集中的通信流量。這表示毫米波在日本的應用方向已逐步由「展示高速率」轉向「解決大型場域的大容量影音與網路壅塞問題」。

此類應用對我國 5G 專頻專網政策具有兩層啟示。第一，未來專網示範或成效評估不宜只以「下載速率」為主要推動誘因。工業自動化、遠端控制、無人載具及即時影像等真正具有 5G 價值的應用，更在意上行吞吐量、端到端延遲、延遲變動（jitter）、封包遺失率及基地臺切換過程的中斷時間。例如遠端操作工程機械，即使平均下載速度很高，只要攝影影像偶爾延遲數百毫秒或發生短暫中斷，

仍可能影響操作安全。因此，我國推動 5G 專頻專網場域實證時，可由單純測試網路速度，進一步建立符合實際應用之端到端服務品質指標。

第二，毫米波值得優先觀察的並非一般企業辦公網路，而是大型活動與高解析影像等「瞬間高密度」需求。例如運動賽事、演唱會、展演活動、新聞現場及災害應變，均可能需要大量無線攝影機、4K/8K 影像或多視角內容同步上傳。若能利用毫米波減少攝影機布線、提高移動自由度，並搭配 5G SA 或其他網路控制機制保障重要影音資料，即可創造傳統 Wi-Fi 或一般公眾行動網路較難穩定提供的服務價值；例如，於我國職棒室外棒球場、大巨蛋等賽事尤適合導入。此次 XGMF 展示與 SoftBank 實際場域經驗共同顯示，日本毫米波的發展已逐步由「速度競賽」轉向「高容量上行、低延遲及大型活動影像傳輸」等明確場景。

對我國而言，由於目前 5G 專頻專網未規劃毫米波頻段，近期政策上未必適合直接複製日本制度；較可行的方向是先將大型展演、運動賽事、遠端製播與高解析災防影像列為高頻段試驗場景，透過實驗頻率或測試機制累積實證資料，再評估市場需求是否足以支持專用、共享或其他頻率利用模式。同時，專網政策亦適合鼓勵「5G 專頻專網結合毫米波及 Wi-Fi」等混合式架構，使不同網路依照可靠度、涵蓋與容量需求分工，而非要求單一技術承擔全部通信。此種從實際應用反推頻率與網路架構的作法，將更有助於使我國 5G 專頻專網由網路建置政策，進一步發展為支援 AI、影音及自動化應用的產業數位基礎。



圖 18、XGMF 及 SoftBank 會場展示毫米波與其他網路環境之即時影像傳輸延遲差異（舉手者為報告人）

資料來源：本計畫自行拍攝

伍、結論

一、日本無線通訊政策已由「頻譜有效利用」進一步轉向「以無線基礎設施支援 AI 與產業成長」

本次參加 WJxWTP 2026 之最大整體觀察，在於日本對於無線通訊政策之定位已明顯超越傳統「頻率為稀有資源，應提高利用效率並防止干擾」之管理思維，而逐漸將頻率、行動網路、光纖、資料中心、衛星及 AI 算力共同視為支撐數位社會與產業轉型的基礎設施。日本總務省所提出之政策方向，即具有此種由「管理電波」朝「運用電波創造產業價值」轉型的特徵。例如日本一方面利用 26 GHz 毫米波導入首次頻譜競標，並依高頻段適合據點式使用之特性，區分全國框及地域框；另一方面則利用既有 800 MHz 數位 MCA 系統退場之契機，重新整備廣域低功率無線制度，使 Wi-Fi HaLow 等技術得以支援智慧農業、防災、河川監測及設施巡檢等低成本廣域 IoT 應用。此外，日本亦持續放寬 Local 5G 於海上、上空及其他移動性場域之使用條件。上述政策並非單純增加新的無線技術，而是依照頻段特性與產業需求配置不同政策工具。

此種思維亦說明，未來頻譜政策不宜再以「某一頻段是否被充分使用」作為政策績效檢視之唯一標準，而應進一步思考不同頻段能解決何種數位轉型問題。例如低頻段具有較廣涵蓋與較佳穿透能力，適合大量分散且資料量較低的感測設備；Sub-6 可兼顧涵蓋與容量，適合作為一般行動通訊及產業專網之主要頻段；毫米波則因大頻寬而特別適合車站、場館、賽事、影音製播等短距離、高密度需求。透過此種分層利用，頻譜本身即成為支援智慧製造、自動駕駛、機器人、AI 及防災等政策的基礎工具。

對我國而言，本次考察最值得借鏡者，為「依頻率特性與應用問題選擇制度工具」之治理邏輯。我國 5G 專頻專網目前使用 4.8-4.9 GHz，相關制度亦已建立穩定的申設及審驗架構；而下一階段政策重點，可由持續增加申設數量，進一步朝如何利用既有制度支援 AI、自動化、智慧製造、公共安全及其他新型態場域轉型。

二、6G 的發展核心已由「更高速率」轉向 AI、算力、網路及實體世界的整合

本次論壇另一項高度一致的趨勢，是 NTT DOCOMO、KDDI、SoftBank 及 NEC 均未將 6G 單純描述為 5G 速率的再次提升，而是將「AI 如何改變網路」及「網路如何支援 AI」列為下一階段網路演進的核心問題。NTT DOCOMO 以「Network for AI」及「AI for Network」呈現雙向關係：前者著眼於網路如何提供 AI、機器人及邊緣運算所需的即時資料、連線與算力，後者則利用 AI 預測通信品質、自動配置資源及進行故障偵測與復原。KDDI 則提出支援「AI 前提社會」的「數位紐帶構想」，試圖將 5G/6G、全光網路、資料中心、海底電纜與衛星等資源整合，讓分散於不同地區的 AI 算力能透過低延遲網路協同運作。SoftBank 所推動的 AI-RAN 及電信 AI 雲亦顯示，基地臺、邊緣運算與 GPU 等 AI 算力正逐漸走向共同配置。NEC 則進一步以「可信賴的連結」說明，當 AI 逐步進入機器人、交通、公共設施等實體世界後，通信網路的價值已不只是速度，更包括是否能維持安全、可靠、可預期且不中斷的連結。

是以，未來 AI 與行動通信的關係不宜僅理解為「5G 讓 AI 資料傳得更快」。當代理式 AI、機器人、自動駕駛、攝影機與各類感測裝置大量增加後，網路流量將由傳統以下載為主，逐步增加大量上行影像及機器間資料交換；AI 推論又可能分散於終端、邊緣與雲端不同位置，因而產生通信與算力共同配置的需求。未來網路評估指標亦將從下載峰值速率，延伸至上行容量、端到端延遲、抖動、服務連續性、故障復原與能源效率。

此一趨勢對 5G 專頻專網亦具有間接但重要的政策意涵。專頻專網本身不必承擔所有 AI 功能，但其可成為企業導入 AI 影像、機器人、自動控制及數位雙生時取得穩定現場資料的重要通信基礎。故我國未來專網政策若欲與 AI 產業政策銜接，重點宜由單純「企業是否架設 5G」轉向「5G 專頻專網能否解決 AI 落地過程中的通信瓶頸」。

三、Local 5G 已由高成本客製化工程逐步進入小型化、一體化與低成本之社會實裝階段

就本計畫最直接相關之 5G 專頻專網而言，本次考察所呈現的重大產業變化，是日本 Local 5G 設備與商業模式逐漸脫離早期大型、昂貴且高度客製化的系統工程。例如 3W 所展示之一體型戶外 Local 5G 基地臺，將 5G 核心網路、CU、DU 與 RU 等功能整合於單一設備，目的即在減少核心伺服器機房、光纖配線及

專業維運人員需求；理光工業導入 HYPERNOVA 之案例，亦顯示一體化設備已可實際應用於工廠 4K 360 度影像、AI 作業確認及遠端技能傳承。日本市場另可見短期租賃、概念驗證套件等方案，以降低企業一次性投入設備之風險。

此一發展相當重要，因 5G 專頻專網過去推廣困難的原因，並非企業完全沒有高速或穩定無線通信需求，而是導入成本、系統複雜度、維運人力與投資效益常不足以支持企業採用。當核心網路、基地臺及操作介面進一步整合後，專頻專網即有機會由大型企業的客製化專案，轉變為較接近一般產業設備的標準化產品。

惟設備低價化亦不代表可忽略終端供給量、資安、設備可靠度與維運問題。一體型設備將多項功能集中於單一硬體，設備故障亦可能同時影響核心網路與無線接取功能。真正值得我國借鏡者，並非特定日本產品，而是將 Local 5G 逐步產品化、模組化及降低企業採用門檻的產業方向。

四、「混合式專網」將比單一無線技術更符合 IoT、機器人與產業數位轉型需求

本次展會暨論壇中，NTT 東日本、大林組及理光工業案例均反映一項共同結論，即產業現場並不存在一種無線技術可在成本、涵蓋、容量、延遲、移動性及耗電等所有面向均取得最佳結果。Wi-Fi 仍具成本低、終端普及及容易部署等優點；Local 5G 則適合大容量上行、移動設備、穩定切換及高可靠需求；Wi-Fi HaLow 適合數百公尺至約 1 公里範圍內之低功耗、較低資料量感測；公眾行動網路具有既有涵蓋及快速啟用之優勢；衛星則可補足山區、海域及災害狀況下地面網路不足之處。NTT 東日本因而不是主張「以 Local 5G 取代 Wi-Fi」，而是以適材適所方式形成最佳無線技術組合。

此種混合網路在營建案例尤其明顯。工程機械移動區域可利用 Local 5G 確保連續通信，遠距據點之間可使用全光網路，高容量特定區域則可搭配 60 GHz WiGig (Wireless Gigabit，無線千兆位技術)；偏遠地區亦可能以衛星提供回傳。換言之，「混合式專網」並非只是準備第二條備援網路，而是讓不同傳輸技術依照不同資料流與位置進行功能分工。

此一發展意味我國 5G 專頻專網之推廣思維亦可由「推廣 5G」進一步轉為「協助企業建構最適合『包括 5G 專頻專網』的通信環境」。5G 專頻專網應在其中負責真正需要高可靠、大容量上行、移動控制或資料自主性的部分，而非要求企業為導入 5G 而全面淘汰 Wi-Fi 等既有設備。對中小企業而言，如此更可保留既有投資，僅在關鍵區域增加 5G 專頻專網，進一步降低導入門檻。

五、5G 專頻專網最具發展潛力的價值已由「高速」轉向「不中斷、可預期及支援實體自動化」

大林組新九山水壩案例是本次考察最具代表性的垂直應用之一。對大型工程機械而言，Local 5G 真正的價值並非下載速度，而是在設備移動、地形變化及具有高低差的施工環境下，仍能維持即時影像與控制訊號連續傳送。工程機械遠端操作若發生短暫斷線，並不只是使用體驗變差，而可能直接形成施工及人員安全風險。因此，「不中斷通信」已由網路性能要求提升為生產流程與工安條件之一。此種需求亦同樣存在於 AGV、AMR、自主移動機器人、自動駕駛及其他實體 AI 應用。

理光工業案例則由另一角度證明，5G 專頻專網的價值必須連結具體產業績效。該案由 Wi-Fi 頻寬與干擾問題出發，利用 Local 5G 傳送 4K 360 度影像並結合 AI 作業確認，最終以技能傳承、品質、生產效率等成果檢驗導入效益。其值得借鏡之處，不是「工廠應使用 5G」，而是先找出既有網路無法滿足的生產問題，再決定 Local 5G 是否為適當工具。

因此，我國後續推動專頻專網時，可優先聚焦「通信一旦不穩定，即明顯影響生產、安全或自動化程度」的場域，例如營建工程、智慧製造、物流、無人機巡檢、災害應變及其他高風險環境。此類場域較能凸顯專頻專網與一般 Wi-Fi 或公眾網路的差異，亦較容易建立可量化的投資效益。

六、毫米波已由「速度展示」轉向大型場館、交通節點及專業影音等高密度熱點應用

本次展會亦可明顯觀察日本毫米波技術開發的突破及應用策略之明確化。毫米波因傳播距離短、容易受到遮蔽，並不適合作為低頻或 Sub-6 的全面替代方案；惟其具有大頻寬優勢，在短距離、高密度及巨量資料傳輸場景則具有明確價值。KDDI 展示於車站等候區利用毫米波快速下載高畫質影音內容，再於列車移動過程離線觀看，即是將大量資料交換集中於特定熱點的案例；XGMF 與 SoftBank 所展示之 4K 即時影像傳輸，則凸顯毫米波於大量上行及低延遲影音製播之可能性。日本電信業者亦已逐步將毫米波運用於大型賽事、場館、車站及高速移動等場景，而非追求全區域連續覆蓋。

此種發展對我國頻率政策的意義，在於應由需求驗證出發，先針對運動賽事、大型展演、交通場站、高解析影像上傳、遠端製播及災防等場景進行試驗，以實際資料確認毫米波是否能降低布線成本、提高上傳容量或創造新的服務模式，再

據以決定後續頻率供應方式暨是否規劃毫米波專頻專網。

七、TN/NTN 融合顯示下一代通信基礎設施將朝向陸、海、空與太空的立體通訊網路發展

NICT 所介紹之 B5G/6G 地面網路與非地面網路整合，則呈現較長期但同樣重要的趨勢。未來通信環境將不再由地面行動基地臺單獨構成，而可能同時利用 GEO、MEO、LEO 衛星、HAPS 及地面網路，依照位置、頻寬、延遲、天候與網路負載動態選擇傳輸路徑。真正的技術挑戰因而由「能否連到衛星」轉變為不同營運者、不同軌道與不同通信技術之間如何進行統合控制、路由選擇、移動管理及服務品質保障。

此一方向與我國島嶼型地理條件具有高度關聯。山區、離島、海域及災害現場不易完全依靠固定地面基地臺；未來若衛星直連、HAPS 與地面網路進一步成熟，可望形成平時擴充涵蓋、災時提供備援的多層通信架構。惟此一領域與 Local 5G 之制度目的並不完全相同，現階段較宜持續掌握國際標準、頻率、終端設備與異質網路管理發展，並透過災防、海事及偏遠地區實證累積實務經驗，而不宜逕將各項 6G 前瞻概念套用至現行 5G 專頻專網制度。

八、小結

綜上，本次考察，日本無線通訊產業所呈現的共同方向，可概括為「低成本化、混合網路化、AI 原生化及立體通訊化」。而 Local 5G 本身則已由早期證明「5G 能做什么」，逐步進入「如何讓企業以合理成本持續使用」的階段。對我國而言，下一階段 5G 專頻專網政策亦應由建網組網本身，進一步轉向設備成本、維運模式、應用績效及與其他網路協作等問題，讓 5G 專頻專網真正成為企業 AI 化、自動化與數位轉型可實際採用的通信工具。

陸、建議

一、推動低成本、一體型 5G 專頻專網示範方案，降低中小企業首次導入門檻

本次考察可見，日本 Local 5G 設備正明顯朝核心網路與基地臺功能一體化、小型化及操作簡化方向發展。此種設備雖不必然適合大型、多據點或高度客製化場域，但對單一工廠、小型倉儲、臨時施工區域或概念驗證而言，可有效減少機房、伺服器、光纖配線及專業維運人力需求，具有降低首次導入門檻之潛力。

建議我國可由專網辦持續盤點國內設備商目前可提供之 5G 核網與 RAN 整合設備，並選定中小型製造、物流、營建等實際場域進行「低成本一體型專網」示範。示範重點不宜只比較設備採購價格，而應以 3 至 5 年總持有成本觀察設備、軟體授權、機房、專線、維運人力、終端設備與故障換機等支出，並同步驗證軟體更新、資安弱點修補、持續負載、故障復原及跨廠牌終端互通等能力。

此外，可鼓勵設備商及 SI 業者推出買斷、租賃、短期概念驗證及託管等多種商業模式，使企業能先以小規模、短期方式確認效益，再決定是否進一步投資，降低企業「尚未確認應用價值即需先承擔完整建網成本」之風險。

二、建立「混合式專網」標準參考架構，將 5G 專頻專網由單一技術推廣轉為企業通信工具箱

NTT 東日本、大林組及理光工業案例均證明，企業真正需要的是最符合場域需求的通信組合，而非由單一無線技術包辦全部資料。因此建議我國將「混合式專網」納入後續 5G 專頻專網推廣的核心模式，研擬不同垂直產業的參考架構。

例如智慧製造可由既有 Wi-Fi 承載一般人員與低關鍵性設備，將 AGV、AMR、高解析攝影機或高可靠控制設備移至 5G 專頻專網；大型廠區、農業、水務或防災場域之遠距低資料量感測，可搭配 Wi-Fi HaLow 或其他低功耗廣域技術；偏遠施工或災害區域則可加入衛星作為外部回傳或備援。如此即可保留企業既有網路投資，並僅將 5G 專頻專網部署於真正具有高可靠、大容量上行或移動性要求的部分。

專網辦並可思考據此建立「場域無線通信選型指引」，在合理範圍盡可能將涵蓋距離、上行資料量、移動性、端到端延遲、服務連續性、終端成本、耗電、資安及總持有成本等項目納入評估，使企業於申設前即可判斷何種資料應使用

5G 專頻專網、何種資料使用 Wi-Fi 或其他技術即可。此種作法反而有助於 5G 專頻專網集中導入真正具有必要性的應用，提高企業投資效益。

三、優先將營建、自動化製造與物流列為 5G 專頻專網重點垂直應用場域

由本次大林組新九山水壩、理光工業及 NTT 東日本案例可見，5G 專網最能凸顯差異化價值的應用，往往具有大型移動機械、高解析影像上傳、遠端控制及不可容許短暫斷線等特性。我國同樣面臨營建業缺工、高齡化與工安風險問題，並具有大量水庫、隧道、捷運、道路、港區及其他大型公共工程，應具有發展類似應用之條件。

建議未來垂直場域推廣可優先鎖定自動化施工、遠端工程機械操作、智慧工安、AGV/AMR、自動倉儲、AI 影像品質判定及遠端技能傳承等用途，並由「場域問題」反推網路需求。成果指標亦不宜僅以基地臺數、終端數或媒合產值為據，而宜納入設備斷線時間、遠端操作延遲、生產效率、工安事件、所需人力、教育訓練時間等具體產業 KPI，使 5G 專頻專網價值可由企業營運成效加以證明。

四、將 5G 專頻專網連接外部網路之需求納入政策檢討，在維持安全隔離前提下研議分級管理

本次展會之日本案例亦顯示，未來機器人、AI、數位雙生及遠端控制應用愈來愈仰賴場域外部之雲端、資料中心、遠端操作中心與 AI 算力。若 5G 專頻專網只能在場域內部封閉運作，部分需要外部 AI 推論、跨廠區資料交換或遠距控制的應用將增加系統整合複雜度。

惟 5G 專頻專網之重要制度價值即在於其網路自主性及資安隔離，因此或許不宜驟然單純以「開放連接公網」處理。建議後續可先蒐集實際申設者對外部連線之需求，依應用風險建立分級模式，例如區分企業自有資料中心、指定雲端服務、特定遠端操作中心及一般網際網路，並就 VPN、閘道器、身分認證、流量限制、存取紀錄、資安監控及故障切離等條件進行研議。政策目標應是在不破壞 5G 專頻專網安全特性的前提下，降低 AI 與遠端應用導入障礙，而非將 5G 專頻專網轉化為另一種公眾行動網路。

五、以大型活動、交通場站及高解析影像為先導，逐步驗證毫米波專頻專網之市場需求

日本毫米波實證顯示，其最具價值的方向已逐漸由單純追求極高速下载，轉向車站候車區、大型活動、運動賽事、4K/8K 影音製播、大容量上傳與高速移動等具體場景。而我國目前 5G 專頻專網僅配置 4.8-4.9 GHz，尚未提供毫米波專用頻段。

建議我國可採「先應用、後制度」方式，優先利用實驗頻率或相關測試機制，在大型展演、職業運動賽事、交通場站、遠端影音製播及災害高解析影像回傳等場域進行驗證，觀察毫米波相較 Sub-6 或 Wi-Fi 在上行容量、端到端延遲、布線成本及大量使用者環境下之實際效益。待累積一定數量且具商業可行性之案例後，再評估是否有增列毫米波供 5G 專頻專網、或採共享方式或其他頻率管理模式之必要。

六、5G 專頻專網實證成效應由「高頻寬、低延遲、廣連結」之術語，轉向端到端服務品質與產業績效

XGMF 及 SoftBank 之即時影音實證顯示，高速率並不同低延遲，一段影像從攝影機傳至顯示端，尚涉及編碼、無線接取、核心網路、運算、解碼等多項流程。因此未來我國 5G 專頻專網示範與驗證，不宜只以技術口號作為主要性能證明。

建議應針對不同應用建立差異化的細緻端到端指標，例如遠端機械操作可檢測端到端影像延遲、抖動、封包遺失、切換中斷與控制指令回應時間；AI 影像應用可檢測上行吞吐量、影像品質及 AI 辨識完成時間；AGV/AMR 則可觀察移動過程的服務連續性與重新連線時間。再與生產力、安全、人力或成本等業務 KPI 相互對照，方能正確判斷 5G 專頻專網是否產生實際效益；也才可能鼓勵場域主有信心投資於 5G 專頻專網結合更先進、精密的應用。

七、持續掌握 AI 原生網路、TN/NTN 融合與 6G 標準進展，並以 5G 既有場域作為未來 B5G/6G 技術驗證基礎

本次 DOCOMO、KDDI、SoftBank、NEC 及 NICT 之演講均顯示，6G 技術尚處於研發及標準逐步成形階段，但 AI 原生網路、通信與算力整合、TN/NTN 融合、毫米波與更高頻段、網路內運算及自律式網路管理等方向已相當明確。我國現階段無須為追求「6G」名稱而提前進行大規模網路汰換、或急於導入新興技

術；較適宜持續掌握 3GPP、ITU 及主要國家研發進程，並利用既有 5G 專頻專網場域作為新技術測試床。

尤其我國具有山區、離島、海域及天然災害等環境，衛星、HAPS 及地面網路之協同具有長期政策價值；而產業端既有 5G 專頻專網場域亦可用於測試 AI 網路最佳化、邊緣運算、RedCap 及其他 5G-Advanced 或 6G 前期技術。如此可避免因通訊世代名稱變更而重新啟動一套與既有政策脫節的示範體系，而是以現有 5G 專頻專網作為新技術逐步驗證、成熟及產業化的基礎。

八、結語

綜上，建議我國下一階段 5G 專頻專網政策，可將主軸由「鼓勵更多場域建置 5G 網路」，調整為「降低導入成本、建立混合式網路模組、聚焦高價值垂直場域、改善外部連線彈性，並以前瞻頻率與 6G 技術實證支援後續制度演進」。如此方能使 5G 專頻專網由單一通信技術之推廣政策，逐步轉化為支援企業 AI 化、自動化、數位轉型及國家通信韌性的基礎工具。

柴、 檢附相關資料

展場入場證及論壇登記場次

来場者証	来場者証																																
  WJWTP01065V	  WJWTP01065V																																
官公庁／公共団体／公益法人	官公庁／公共団体／公益法人																																
財団法人テレコム・テクノロジー・センター 王 牧 寰	財団法人テレコム・テクノロジー・センター 王 牧 寰																																
<table border="1"> <tr> <td>K1-1</td><td>K1-3</td><td>K1-4</td><td>A1-4</td><td>S1-3</td><td>S1-4</td><td>K1-7</td><td>K2-1</td> </tr> <tr> <td>K2-4</td><td>K2-5</td><td>K2-6</td><td>K2-7</td><td>K3-1</td><td>A3-3</td><td>B3-3</td><td></td> </tr> </table>	K1-1	K1-3	K1-4	A1-4	S1-3	S1-4	K1-7	K2-1	K2-4	K2-5	K2-6	K2-7	K3-1	A3-3	B3-3		<table border="1"> <tr> <td>K1-1</td><td>K1-3</td><td>K1-4</td><td>A1-4</td><td>S1-3</td><td>S1-4</td><td>K1-7</td><td>K2-1</td> </tr> <tr> <td>K2-4</td><td>K2-5</td><td>K2-6</td><td>K2-7</td><td>K3-1</td><td>A3-3</td><td>B3-3</td><td></td> </tr> </table>	K1-1	K1-3	K1-4	A1-4	S1-3	S1-4	K1-7	K2-1	K2-4	K2-5	K2-6	K2-7	K3-1	A3-3	B3-3	
K1-1	K1-3	K1-4	A1-4	S1-3	S1-4	K1-7	K2-1																										
K2-4	K2-5	K2-6	K2-7	K3-1	A3-3	B3-3																											
K1-1	K1-3	K1-4	A1-4	S1-3	S1-4	K1-7	K2-1																										
K2-4	K2-5	K2-6	K2-7	K3-1	A3-3	B3-3																											
ワイヤレスジャパン×ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2026 運輸安全・物流DX EXPO 2026 会期 2026年5月27日（水）～ 5月29日（金） 10:00～18:00（最終日17:00終了） 会場 東京ビッグサイト 西3・4ホール																																	
本イベントは業界関係者のためのB2Bのトレードショーです。 来場証または名刺をお持ちでない方はご入場できません。 セミナープログラムを含む本イベントの内容は、予告なしに変更となる場合があります。 最新の詳細情報は随時ホームページをご確認ください。 会場内では主催者による撮影が行われます。会場内風景、商談風景等を撮影し、WEBサイトや各種印刷物に掲載させて頂く場合があります。 主催者撮影にご協力ください。 来場者による下記の行為は固く禁じさせていただきます。万が一この規約に反した来場者につきましては、主催者の権限により即刻退場していただきます。 1) ビラ・チラシの配布 2) 会場内の撮影行為 3) すべてのデモ行為及び中傷行為 4) 金融・保険・銀行・証券・不動産など、出展社および来場者に対する営業行為 <個人情報の取り扱いについて> ワイヤレスジャパン×ワイヤレス・テクノロジー・パーク及び運輸安全・物流DX EXPOを管理運営する株式会社リックテレコムは、ご来場者の個人情報保護の重要性について認識し、来場者登録の際に同意していただいた「個人情報保護方針について」を遵守すると共に、「個人情報の保護に関する法律」の基本理念「個人情報は、個人の人格尊重の理念のもとに慎重に取り扱われるべきものである」のもと、利用者の個人情報の適正な保護を社会的責任と認識し、この責務を果たします。 株式会社リックテレコム テレコミュニケーション編集部 〒113-0034 東京都文京区湯島3-7-7 Email: tc-sales@ric.co.jp																																	
本証はA4サイズ、縮小はせずなるべくカラーで印刷してください。																																	