

出國報告（出國類別：其他）

日本福岡地區航管作業與 席位空域規劃交流

服務機關：民用航空局 飛航服務總臺

姓名職稱：鄒叡麒 管制員

張祐慎 管制員

派赴國家：日本福岡

出國期間：114 年 9 月 23 日至 26 日

報告日期：114 年 10 月 26 日

摘要表

計畫編號	29			
計畫名稱	亞洲地區航管作業與席位空域規劃交流			
報告名稱	日本福岡地區航管作業與席位空域規劃交流			
出國人員	姓名	服務單位	職稱	職等
	鄺叡麒	飛航服務總臺	管制員	薦任七職等
	張祐慎	飛航服務總臺	管制員	薦任七職等
出國地區	日本福岡			
參訪機關	福岡區域管制中心、日本流量管理中心			
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 訪問 <input type="checkbox"/> 開會(定期) <input type="checkbox"/> 開會(不定期) <input type="checkbox"/> 談判 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 (<input type="checkbox"/> 研討會 <input type="checkbox"/> 觀摩 <input checked="" type="checkbox"/> 交流)			
應用建議	<input checked="" type="checkbox"/> 可上網/對外公開 <input type="checkbox"/> 不可上網/對外公開			
出國期間	114 年 9 月 23 日至 26 日			
報告日期	114 年 10 月 26 日			
關鍵詞	ACC、ATMC、ATFM、CPDLC、SGD			
報告書頁數	29 頁			
報告內容 摘要	本次前往日本福岡區域管制中心 (Fukuoka Area Control Center, Fukuoka ACC) 與日本流量管理中心 (Air Traffic Management Center, ATMC) 的參訪，主要是希望透過實地觀摩，瞭解日方航管作業與席位空域規劃經驗。 福岡 ACC 展示自主開發的軌跡式航路交通數據處理系統 TEPS (Traectorized En-route Traffic Data Processing System) 與航機即時資訊整合介面 DAPs (Downlink Aircraft Parameters) 功能，能即時顯示航機參數並提升判斷效率；另在相似呼號告警與管制員飛行員資料鏈通信 CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication) 自動化功能，則提升他們作業安全與效率。			

由於本區刻正推動飛航流量管理發展，藉由參訪，吸取日本 ATMC 的作業經驗。日本 ATMC 將氣象與流量管理緊密結合，藉由航空氣象中心 ATMetC (Air Traffic Meteorology Center) 提供的即時預報與容量分析，以及結合航班計畫、流量與天氣資訊的 Sector Graph Display (SGD)，量化容量與工作負荷 (Work Load, WL) 對作業的影響。

整體參訪下來，感受到兩個單位在人機介面設計、自主系統開發與氣象結合運用上的成熟度與細緻度，值得我們參考學習。

目 次

壹、目的	2
貳、過程	3
一、行程紀要	3
二、內容紀要	4
(一) 、福岡區域管制中心 (ACC)	4
1. 概況	4
2. 管制空域與作業劃分	5
3. 席位配置與空域規劃	6
4. 航管系統與管制輔助	8
5. 相似呼號議題與系統告警工具	9
6. CPDLC 應用	12
(二) 、日本流量管理中心 (ATMC)	18
參、心得與建議	25
一、心得	25
二、建議	26

壹、目的

臺北區域管制中心113年總管制架次來到531,222架，過境架次亦達220,847架；與疫情前航情高峰的108年同期相比，以113年12月為例，每日總管制架次（回復94.5%）與每日過境架次（回復96.7%），整體已回復至疫情前約九成五航行量。隨著後疫情時代航情穩定成長與國際飛航需求逐步回升，臺北飛航情報區(Flight Information Region ,FIR)航管作業升級與席位空域規劃為當前主要工作重點之一。為參考他國經驗並持續優化空域運作，本次特赴與臺北FIR緊密合作的福岡區域管制中心(Fukuoka ACC)參訪，了解其空域重劃、航管作業及席位配置。同時拜訪日本流量管理中心(ATMC)，了解其ATFM(Air Traffic Flow Management)運作流程。透過實地觀摩和面對面交流，能夠更加深入了解日方航管與流量管理的實際作業及雙方現行作業是否有可強化合作及經驗交流之處，作為未來臺北航管作業升級與空域規劃之參考。

作業觀摩目的，分為以下兩點：

一、航管作業方面：學習日方針對相似呼號造成管制風險議題有何主動對策；

伴隨本區將管制員-駕駛員資料鏈路通信(Controller Pilot Data Link Communication，下稱CPDLC)納入未來應用考量，觀摩不同空域的運用與限制，以及管制輔助和告警系統在提升安全上的應用。同時，藉由福岡空域的人力配置和席位安排，了解他們如何因應未來航班量增加，並持續修訂相關協議。

二、ATFM 流量管理作業方面：我們將聚焦在氣象資料研判與區域容量的計算，吸取日本流管作業經驗。

貳、過程

一、行程紀要

日 期	行程內容
9 月 23 日	搭乘長榮航空 106 航班，由桃園前往日本福岡
9 月 24 日	參訪福岡區域管制中心(福岡 ACC)
9 月 25 日	參訪日本流量管理中心(ATMC)
9 月 26 日	搭乘長榮航空 101 航班，由日本福岡返回桃園

二、內容紀要

(一)、福岡區域管制中心 (ACC)

1、概況

福岡飛航情報區為因應未來航空交通需求的成長、改良過往因空域細分過多造成交接協調繁複、天氣偏航與引導空間不足反招致管制處理容量低下之上列缺點，自西元 2020 年（令和 2 年）11 月啟動分階段空域重劃，頃於西元 2025 年（令和 7 年）3 月 20 日整併完整，共分為東京區域管制中心（Tokyo ACC）、神戶區域管制中心（Kobe ACC）以及福岡區域管制中心（Fukuoka ACC）三大部分（如圖 1）。

Jurisdiction Area of JAPAN (Fukuoka FIR)

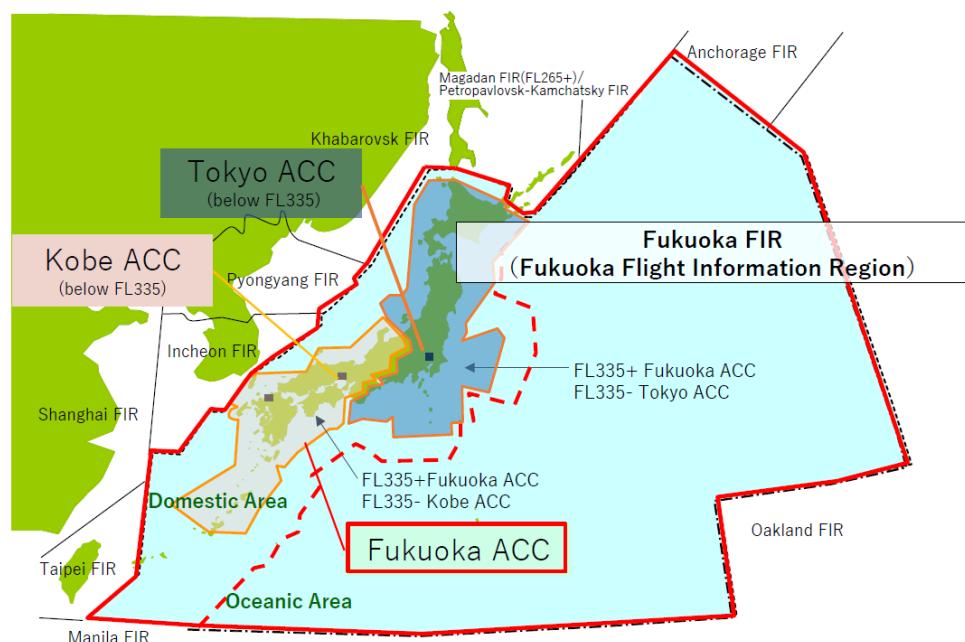


圖 1：2025 年 3 月 20 日空域重劃完成後福岡 ACC 之管轄範圍

透過對空域垂直分離方式，將「巡航為主的高高度空域」與「短航程爬升下降離到場的低高度空域」分離，明確劃分各管制業務職責，以期有效提升整體空中交通管制的處理容量。而福岡 ACC(如圖 1)其空域涵蓋四種類型，分別為「空域重劃後除陸地範圍低高度空域、負責與鄰區相接之全部高度空域、綜理全區所有飛航空層 335 以上巡航為主的高高度空域，以及所有越洋空域」，相較於東京或神戶區域管制中心，福岡成為日本對內對外協調性質多樣化、管制技術豐富、涵蓋範圍最廣之管制單位。

2、管制空域與作業劃分

福岡 ACC 轄下管制空域分成東、南、西、北四大分區（如圖 2），每個分區再分別由 4 至 7 個席位負責，共計 22 個席位。其中 A01、A02、A03、A04、A05 等 5 個席位管制範圍屬於洋上區域（Oceanic Area），其餘 17 個席位管制範圍屬於國內區域（Domestic Area），依照洋上或國內區域作業模式各異。四大分區各有 6 小組、每組 8 至 15 名成員不等，以六天為一週期的方式固定輪值，平均每月休 8 至 10 天，截至 2024 年底福岡 ACC（含行政）共有 292 名管制員人力。

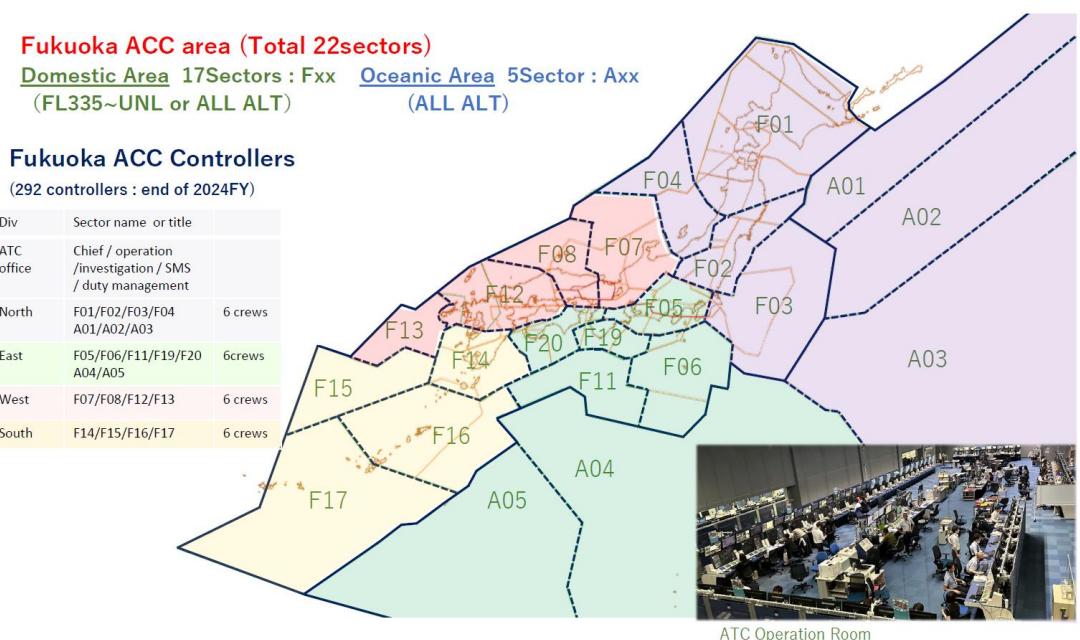


圖 2：福岡 ACC 管制空域劃分圖

以福岡 ACC 和臺北區域管制中心接壤的南部分區為例，其內再分為 F14、F15、F16、F17 等 4 個席位，每個席位皆擁有獨立的證照。此行參訪正好遇到有管制員休完產假後復職，該名管制員原本即持有 F15 之證照，但由於 F15 已增補兩名新人持有此席位執照，主管基於人力考量，請其至 F17 進行實務在職訓練(On Job Training ,OJT)取得新證照。據其所言，每個席位所需 OJT 期程約 6 個月，並可由教官判斷學員表現而能縮短期程，因此屬於南部分區的管制員若要拿齊所有證照，最長大約需費時 2 年。此外，由於班務是以分組排定，且證照獨立不易相互支援，即使隸屬同一區塊，不同組別的管制員間互不相識的情況並不稀奇。

3、席位配置與空域規劃

福岡 ACC 管制作業室全體席位配置如圖 3，除 A01、A02、A03、A04、A05 等 5 個席位因管制性質且近期才由 ATMC 大樓移入集中設置於隔壁空間與模擬機室相鄰，其餘 17 個席位均以四大分區督導席為中心環繞配置。

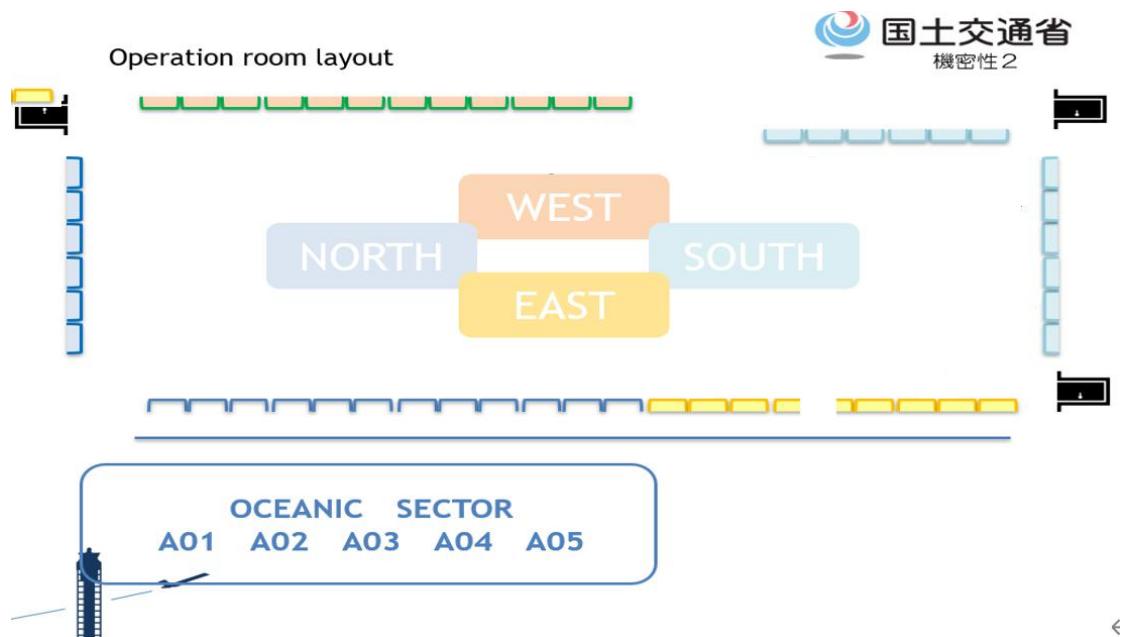


圖 3：福岡 ACC 管制作業室全體席位配置

每個席位均配置一名雷達管制員 (Radar Controller)、一名雷達協調員 (Radar Coordinator) 及一個備援席 (Multi Support) (如圖4)。雷達協調員與本區協調員意涵不同，較類似資料席 PLC，而備援席僅於航情繁忙需要增援或左側機臺故障時使用。每名管制員的工作檯上方有兩個螢幕提供當日氣象、流管或航圖等資訊類似本區航管席位輔助資訊顯示系統 (Supplementary Information System, SIS)，正面則為微幅前傾的大尺寸單一主螢幕，左半為功能視窗，右半作為航情顯示，工作臺前方有無線電主、備援設備。值得注意的是鍵盤滑鼠並非綁定特定供應商而是採用市售品牌，上方螢幕裝設位置稍微突出產生遮蔽，因此正面主螢幕較無反光干擾管制之虞。

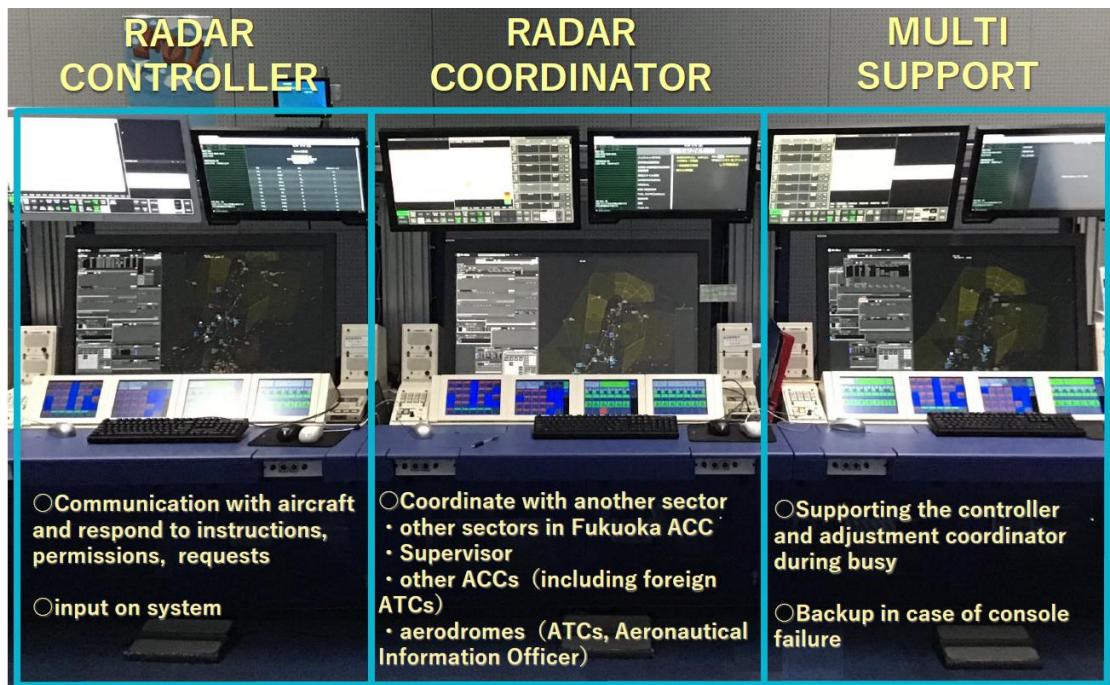


圖 4：席位工作檯裝備

除此之外，管制作業室旁即設有模擬機室，裡面所有工作檯包含無線電設備均為當時實際連線可用，是因應 311 東日本大震災後所規劃，於東京 ACC、神戶 ACC 以及福岡 ACC 均為同樣設計。若任一 ACC 發生意外事故，都可立即至其他 ACC 啟動備援，例如神戶 ACC 管制員可前往福岡 ACC 利用模擬機室備援裝置續行管制作業。

探詢有關空域規劃議題時，日方表示並無定期的空域調整相關程序或計畫，且空域規劃或整併的主導權責在於日本國土交通省航空局 (JCAB, Japan Civil Aviation Bureau) 而非 ATMC 或 ACC。然而 ATMC 的職責為每日持續監控各席位 (sectors) 空域，若航情量超過設定的容量 (capacity) 限制、或天氣偏航狀況等因素，便考慮實施流量管制。然而各席位空域的容量並不會經常調整，除非該空域的作業運用方式有改變，才會重新進行容量檢測計算 (詳見後述)。而根據說明，日本國土交通省航空局今後將持續以下面原則進行日本國內空域優化整併：高高度巡航與低高度爬昇下降的上下分離功能專用化、地理位置相近區域集中化、終端空域小型航機航路可使用更低的航路下限高度、相鄰複數機場周邊零散 (終端) 空域整合，新興助導航設施與技術應用、飛航管制各項系統功能效益極大化等等。

4、航管系統與管制輔助

日本主要飛航管制系統分為三菱電機開發的軌跡式機場交通數據處理系統 TAPS (Trajectory-based Airport Traffic Data Processing System)、NTT Data 開發的軌跡式航路交通數據處理系統 TEPS (Trajectory-based En-route Traffic Data Processing System) 及 NEC 日本電氣開發的軌跡式越洋交通數據處理系統 TOPS (Trajectory-based Oceanic Traffic Data Processing System)，分別使用於機場/終端、航路及洋上的管制 (如圖 5)。

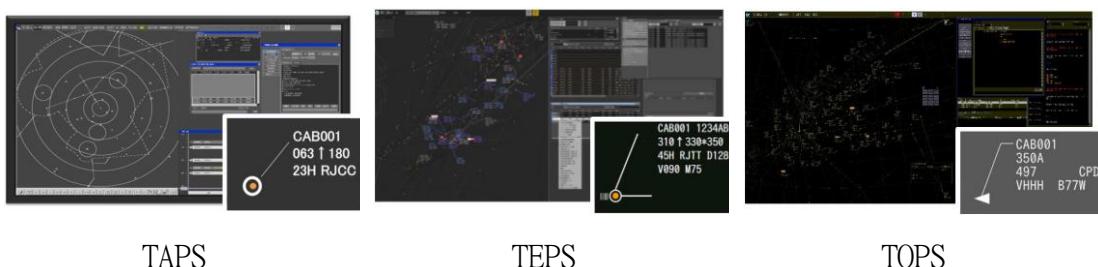


圖 5：TAPS、TEPS、TOPS 介面

以 TEPS 人機介面為例，航情顯示圖與各項功能視窗分別置於大尺寸主螢幕左右兩側即可，沒有將各項功能視窗切換至副螢幕的必要，管制員視線更可專注於前方航情毋須來回擺頭。畫面整體以灰黑色底圖搭配暗色調設計，視覺感受較為舒適。此外，透過應用 DAPS (Downlink Aircraft Parameters) 技術（如圖 6），利用 DAPs-applicable SSR 二次監視雷達或 En-route WAM 自地面發出詢問並接收航空器選擇高度、馬赫數、指示空速、航向/磁方位、高度表撥定值等資訊，整合至飛航管制系統介面，管制員只需將滑鼠移動至標籤上即可得知，不單避免無效的溝通詢問、減少無線電通話次數，更有效提升預劃品質與增進管制效率。

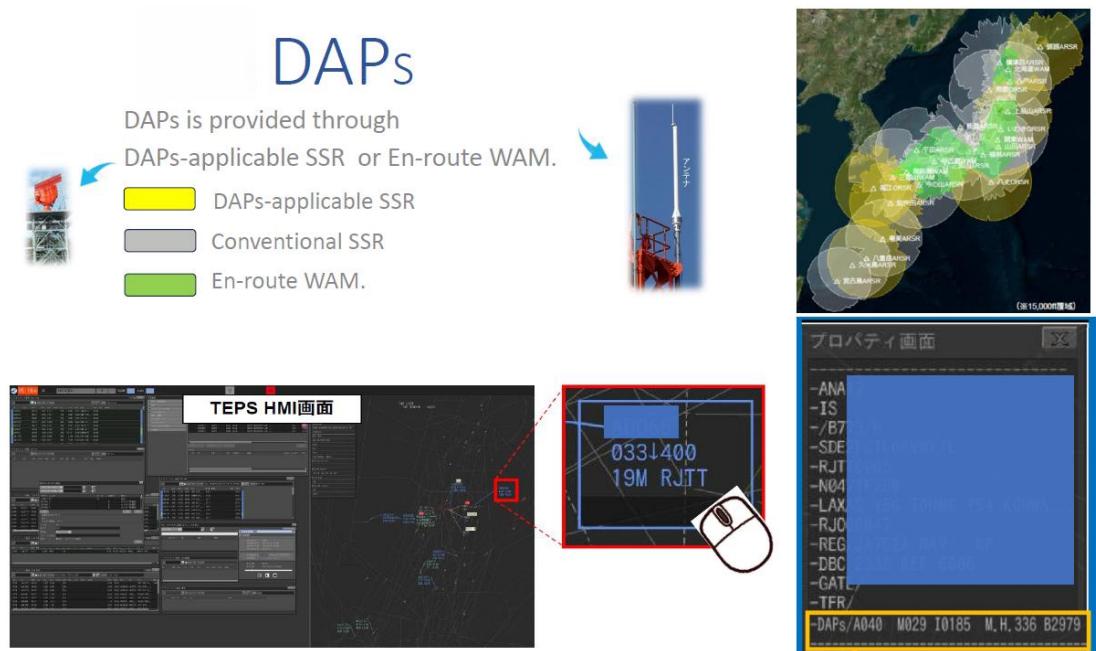


圖 6：DAPS 於 TEPS 介面

5、相似呼號議題與系統告警工具

今年 6 月 13 日透過中華民國飛航管制員協會 (ROCATCA) 與 IFATCA 管道促成的線上協調會議 Coordination Meeting On Oceanic Route Operation within Fukuoka FIR，邀集福岡 ACC 與我國籍航空華航、長

榮、星宇等三家公司，針對清晨時段，我國籍航空公司越洋航班同時段密集到場，且呼號相似議題進行討論。

如圖 7 所示，當各大航空公司依照航空業慣例邏輯命名呼號且爭相於同時間帶到場，相似呼號的潛在飛安風險是必然可預期的存在。由於圖例中的 F17 席位管制範圍屬於國內區域 (Domestic Area)，可使用的管制員駕駛員資料鏈路通信 CPDLC 訊息種類受到限制（詳見後述）；當我方要求日本飛航情報區(RJJ)到場本區(RCAA)以飛航空層 340 以下高度交管時，此類高度變動許可目前僅能使用語音，因此相似呼號的危機無法靠 CPDLC 避避，對日方來說是潛在危險因子，故希望透過線上會議呼籲航空公司或我方有關單位及主管機關，能有相關措施以提高飛航安全。

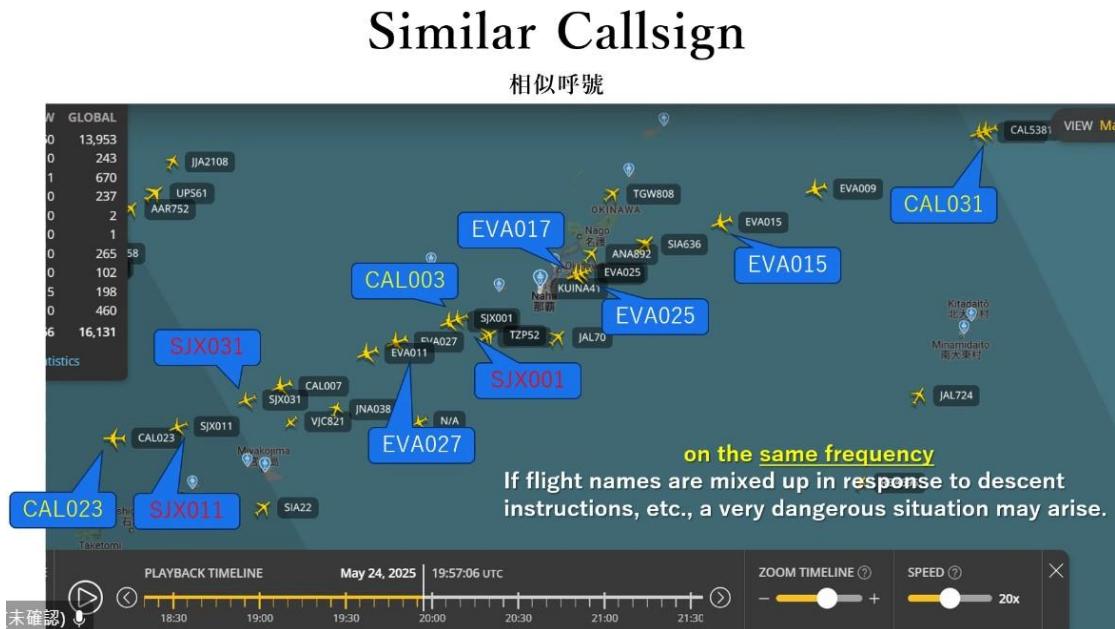


圖 7：我國籍航空公司清晨時段越洋密集到場航班相似呼號情況

有鑑於本區目前針對相似呼號除了要求管制員依照飛航管理程序 ATMP 規定提供相似呼號領知(Similar Callsign Acknowledge)，以及以航空公報 (Aeronautical Information Circular, AIC) 提醒以外，尚無其他緩解辦法，於是請教日方是否有相關告警功能或事前協調機制，

他們表示有下列兩種方式：

(1)、By system advisory 系統建議：當系統預先設定參數判定管轄下兩架航機屬於相似呼號，會於相關航機呼號前顯示一紅色箭頭以為示警(如圖 8)；若系統判定不屬相似呼號但發生駕駛員誤抄許可等事件，可由管制員主動通知督導登錄後於下次加入系統告警。



圖 8：相似呼號情況於航機呼號旁顯示紅色箭頭

(2)、Operation of Suffix callsign 呼號調整：僅針對國內航班，根據每月/每季班表（長期班表），政府主管機關可透過定期協調機制要求航班修改呼號、調整呼號後綴，例如 SKY033 改為 SKY033B。惟特定幾間民營機場公司（RJAA、RJBB、RJCC、RJFF、RJGG、RJOO、RJSS、RJFT）因不在監管範圍，故不受限制。

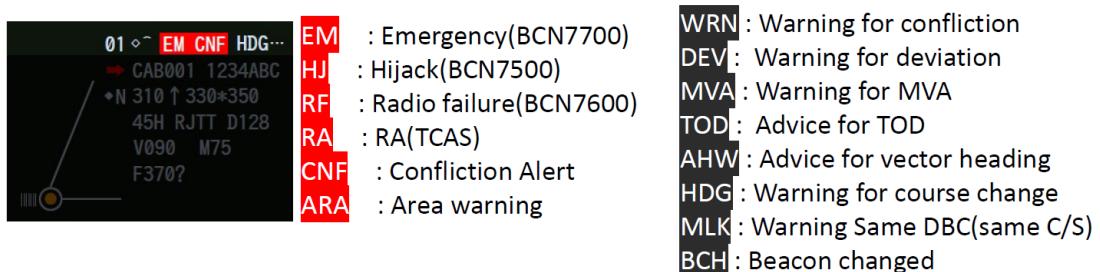


圖 9：其他系統告警功能

接續前項相似呼號的話題，詢問日方是否還有其他系統告警功能或工具可分享，他們表示透過飛航管制系統的軌跡計算與預測等管制支援

處理功能可以達成建議開始下降高度、航路變更、偵測電碼錯誤、隔離衝突偵測、避讓航向指示等諸多輔助告警。各類告警會以視覺方式顯示在航機資料方塊(data block)，例如系統告警可以顯示管制員同意的偏航顯示為黑色、航機無告知的偏航顯示紅色提高情境警覺，而特殊電碼7700/7600/7500除紅色警示外也會有聲音輔助（如圖 9）。

6、CPDLC 應用

福岡飛航情報區資料鏈路(data link)飛航管制服務之運用範圍分成洋上 data link 空域 (Oceanic data link airspace) 及國內 data link 空域 (Domestic data link airspace) 兩部分，如圖 10 所示：

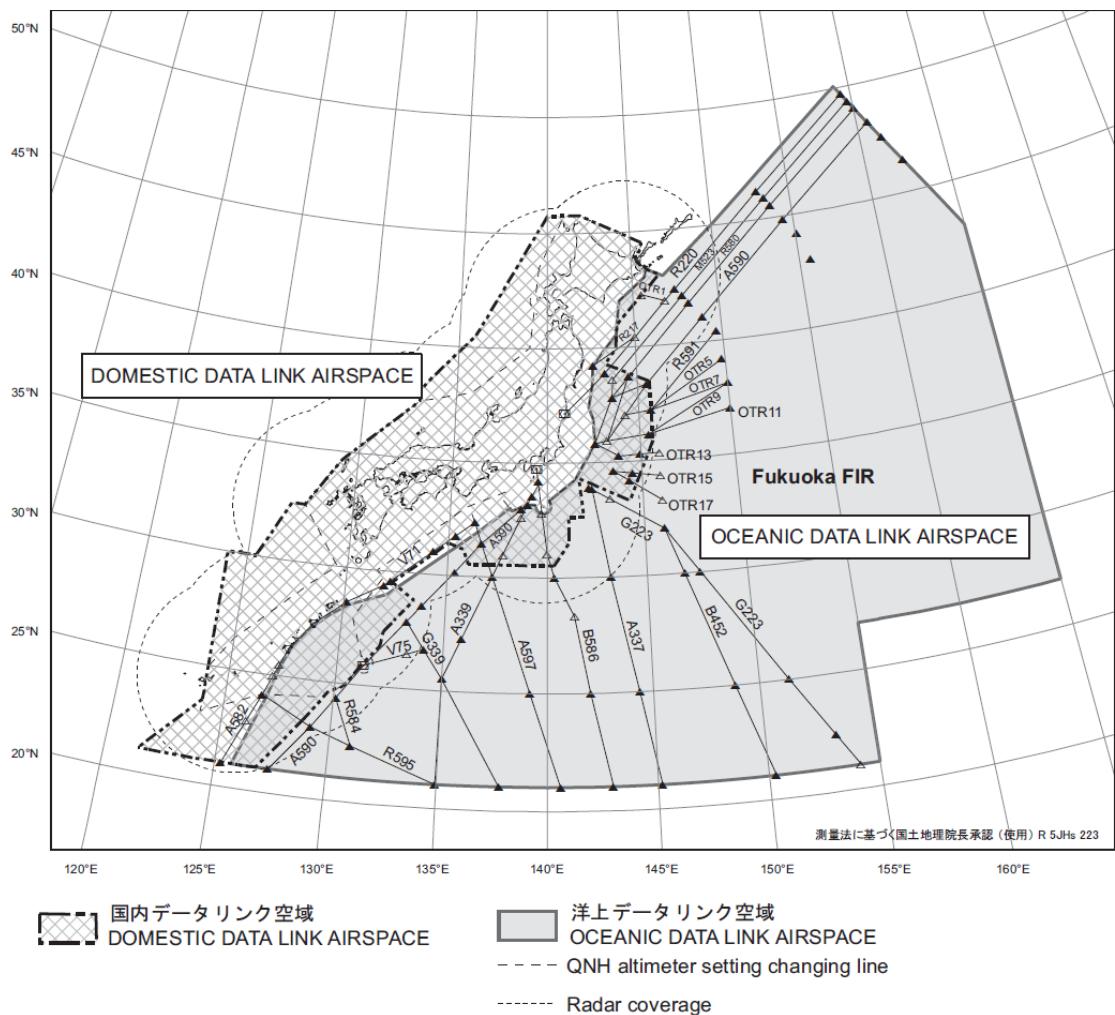


圖 10：福岡飛航情報區資料鏈路 data link 飛航管制服務之運用範圍

以下茲摘要洋上 data link 空域與國內 data link 空域兩者提供之服務內容與規範異同：

洋上 data link 空域	國內 data link 空域
配備 FANS-1/A(Future Air Navigation System)其組成為 CPDLC+ADS-C 之航空器使用 CPDLC，透過 ADS-C 進行位置確認監視。	配備 FANS-1/A 航空器使用 CPDLC，透過雷達涵蓋監視進行位置確認。
通訊以 CPDLC 為主、特高頻 VHF 為次，衛星通信 SATCOM(Satellite Communication)僅供緊急情況使用；進入前，須透過高頻 HF 及/或選號呼叫系統 SELCAL(Selective Calling System)與 TOKYO RADIO 無線電測試作為備援。	通訊以 VHF 為主，搭配使用部分 CPDLC 功能。
<ul style="list-style-type: none"> ● 上行訊息 UM(Uplink Message) <u>不採用的 CPDLC 訊息種類</u>，包括 UL#RTEU-6, RTEU-7, RTEU-8, RTEU-9 and RTEU-10，若要修改航路資訊，會透過無線電頒發。 ● 下行訊息 DM(Downlink Message) <u>為避免混淆每封訊息僅限一個請求</u>。 ● 洋上 data link 區域 除非必要不可使用自由文字 (FreeText) 	<p><u>可用的訊息種類僅限以下幾項：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 上行訊息 UM(Uplink Message) <ol style="list-style-type: none"> 1. 頻率變更指示[Frequency change instruction]。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ COMU-1 聯絡（管制單位名稱）(frequency) CONTACT (ICAO unit name) (frequency)。 <p>說明：要求飛機改變通訊頻率並改與指定單位聯絡。</p> 2. 指派次級雷達應答機個別電碼[SSR discrete code assignment]。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ ADVU-9 設定應答機電碼（電碼）SQUAWK (beacon code)。

	<p>說明:要求飛機設定指定的四位數應答機電碼。</p> <p>3. 麥克風檢查[Microphone check]</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ COMU-8 檢查（頻率）上是否有卡住的麥克風 CHECK STUCK MICROPHONE (frequency) [Advisory] <p>說明:通知對方在某頻率上有麥克風長時間發射（卡鍵）的狀況。</p> <p>4. 雷達服務終止通告。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ADVU-2 雷達服務終止通告 RADAR SERVICES TERMINATED <p>說明:告知飛機雷達管制即將結束，之後自行導航或轉由其他單位接管。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 上述電文可與其他指令（例如頻率變更指示或應答機電碼設定）組合成複合電文（Multi-element message）一併發送。 <p>5. 查詢預計通過時間[Check of ETO (Estimated Time Over)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ RTEU-17 回報預計通過（某定位點）的時間 ADVISE ETA (position) <p>說明:要求飛機提供通過某航路點的預計時間（Estimated Time</p>
--	---

	<p>Over)。</p> <p>6. 事先通知即將頒發航路變更指示 [Prior information of route clearance]</p> <p>➤ 下列航路變指示更將以語音方式頒發（航路），FOLLOWING ROUTE CLEARANCE WILL BE ISSUED BY VOICE, (route)</p> <p>說明：通知航空器即將以語音方式頒發完整航路變更指示。</p> <p>*UM169 格式 FreeText，僅用於預告傳遞更改航路內容，但實際許可會透過無線電頒發。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 下行訊息 DM(Downlink Message) <ol style="list-style-type: none"> 1. 回覆／確認收到指令[Response / Acknowledgement]。 <p>➤ RSPD-1 照辦 WILCO</p> <p>說明：已收到指令並將依照執行」(Will comply)。</p> <p>➤ RSPD-4 收到 ROGER</p> <p>說明：表示「已收到訊息」，但不代表會執行；僅確認訊息接收無誤。</p> 2. [Report of ETO 回報預計通過時間 (Estimated Time Over)] <p>➤ RTED-10 ETA (position)</p>
--	---

	<p>TIME (time)預計通過（定位點）的時間為（時間）</p> <p>說明:飛機主動或依指示回報其預計通過特定航路點的時間。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 國內 data link 區域 <p>禁止使用 FreeText</p>
可使用規定的 FreeText 格式 報告中度或重度亂流資訊	x
飛航計畫第 10 欄裝備代字應填寫 “J3, J4, J5 或 J7”	飛航計畫第 10 欄裝備代字應填寫 “J3, J4, J5 或 J7”
飛航計畫第 18 欄應填入 航空器註冊編號	飛航計畫第 18 欄應填入 航空器註冊編號
飛航計畫第 10 欄裝備代字應填寫 “D1” 表示有 ADS-C	x
CPDLC 上行電文延遲監控功能 (Uplink Message Latency Monitor Function)： ➤ “SET MAX UPLINK DELAY VALUE TO 300 SEC” .將上 行電文最大延遲值設定為 300 秒 說明:為預防駕駛員執行過期許可， 將訊息最遲有效時間設定為 300 秒。 但無論航機是否具備此自動功能，駕 駛員都必須回傳 Roger，表示領知此 300 秒的限制。	x

表 1：洋上 data link 空域與國內 data link 空域服務內容與規範摘要

伴隨本區將 CPDLC 納入未來應用考量，此次訪問也觀察日方如何活用 CPDLC 提升飛航管制效率。首先，是相較於本區 ATMS 系統 CPDLC 相關 3 個功能視窗開啟後，會幾乎佔據整個副螢幕畫面的困擾，日方的所有功能視窗均可容納在管制員前方的大尺寸主螢幕一側，這可說是日方的飛航管制系統全權自主開發的優勢。其次，日方所有發話與系統操作輸入（包括 CPDLC 指令）原則上由雷達管制員負責，雷達協調員可於雷達管制員忙碌時幫忙操作 CPDLC 或其他項目。最印象深刻的當雷達管制員使用手動 TOC，而接管方 AOC 後，系統即會發送更換波道的訊息，如此透過 CPDLC 與系統邏輯結合，自動化送出相關 CPDLC 指令的運作方式非常連貫自然且人性化（如圖 11），從而避免權責混淆增進效率。



圖 11：TOC (HAND OFF) 與 CPDLC 更換波道指示運動

當談到開始應用 CPDLC 後所感受到的優缺點，日方表示最直接有感的優點，像是可明確減少無線電通話次數、雷達協調員可協助雷達管制員，降低對管制指示或航機請求的誤解；至於缺點的部分，主要是溝通可能因文字訊息往來產生時間差，更明顯的負向影響則是因靜態操作環境會降低駕駛員對於管制員忙碌程度與相關航情之情境警覺，有時候訊息一次過多，會產生透過廣播請大家稍等一下的衝動。

（二）、日本流量管理中心（ATMC）

ATFM 流量管理與氣象預報的結合應用

1、背景說明

隨著航空交通需求不斷成長，空域的流量管理（Air Traffic Flow Management, ATFM）成為確保航空安全與效率的重要核心。在日本，流量管理高度依賴天氣資訊，因為天氣會直接影響空域容量、機場運行以及航路可用性。因此，日本將 ATMC（Air Traffic Management Center）與航空氣象中心 ATMetC（Air Traffic Meteorology Center）緊密結合，確保容量控制能夠即時反映天氣狀況。

2、容量與天氣的關聯

容量並非靜態數值，而是隨天氣與運作狀況而動態調整。在能見度下降、雷雨、颱風或梅雨季影響下，ATMetC 會提供即時天氣資料與預報，協助 ATMC 預測容量變化，並採取相應措施。

（1）、天氣影響流管的方式包括：

- 減少允許的進場航班數，以降低進場擁擠。
- 實施 Ground Delay Program (GDP)，在地面延遲起飛以減少空中等待。
- 改變航路或高度，避開雷雨或亂流區域。
- 動態調整 Sector 容量，透過日常監測因應惡劣天氣。

（2）、ATMetC 的角色

日本的 ATMetC 扮演關鍵角色，負責將氣象資訊轉化為容量管理的決策依據。其主要職責包括：

- 提供天氣狀況描述與圖表解釋。
- 提供時間軸式天氣預報 (Forecast in timeline form)。
- 即時評論與提示，協助管制員決策。
- 在螢幕上顯示最新天氣狀況，供 ATMC 參考。
- 為 CDM (Collaborative Decision Making) 會議提供天氣預報與分析，確保各單位能依據相同資訊進行流量管理。

透過 WX Radar View (氣象雷達影像)、Probability of WX Impact (天氣影響機率)、以及 Airport Condition Timeline (機場條件時間線)，ATMC 可以即時了解天氣對航班與容量的潛在影響 (如圖 12)。

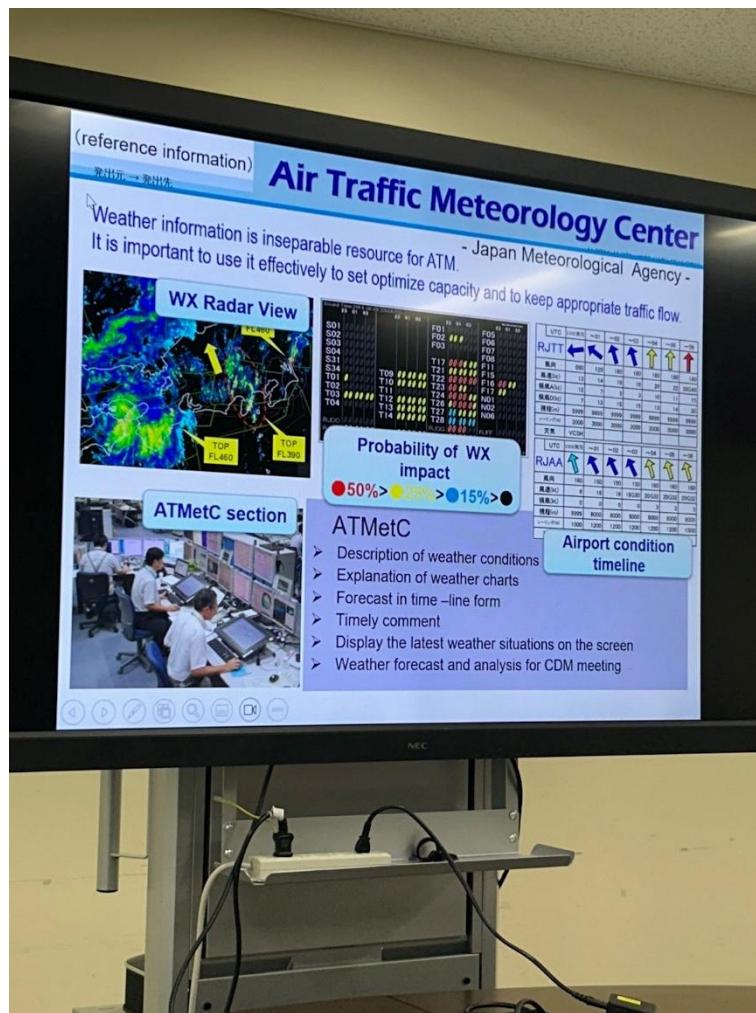


圖 12：ATMetC 作業簡介

(3)、Sector Graph Display

Sector Graph Display 系統結合航班計畫、實際航班流量與 ATMetC 提供的天氣資訊，能顯示不同時間段的容量與工作負荷情況 (如圖 13)：

- Capacity (黃色曲線)：受天氣與人力條件限制的最大容量百分比。
- WL (柱狀圖)：WL (Work Load)，每 30 分鐘內的工作負荷，反映管制員負擔。
- 白色曲線：同時受控航機數量，顯示 Sector 即時壓力。

若 WL% 超過容量 (受天氣或人力條件限制)，ATFM 會立即採取措施，如延遲起飛、重新分配航路或暫時降低航班數。

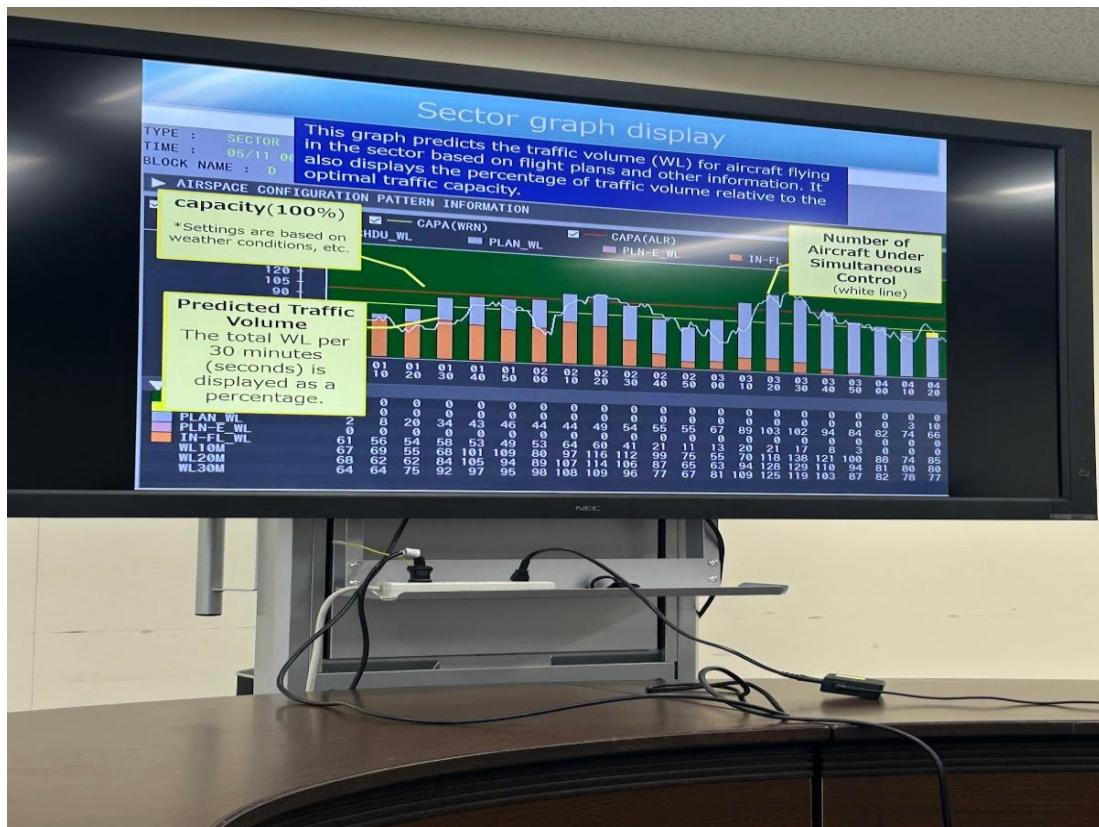


圖 13：SGD (Sector Graphic Display)

(4)、Work Load (WL) 概念

- 範例 A：正常天氣

規劃容量： $100\% = 40$ 架/小時

每 30 分鐘容量 ≈ 20 架

當期預測 WL = 18 架 (< 20 架)

⌚ 沒有超載，正常運作

- 範例 B：惡劣天氣（容量下調）

正常容量 = 40 架/小時 (100%)

因雷雨 \rightarrow 容量下調至 $85\% = 34$ 架/小時

預測需求 = 38 架/小時

⌚ 超過 34 架 \rightarrow 啟動流管 (GDP、改航)

日本採用的 WL (Work Load)，比單純算「航班數」更精細，因為它考慮：

- ◆ 航班型態：國際航班、國內航班、重型機、小型機 \rightarrow 所需指令次數不同。
- ◆ 進出高度變化：例如需要爬升或下降的航班，管制工作量較大

天氣影響：惡劣天氣下，分離間隔要更大，WL 增加。

- 範例 C：Sector 複雜度增加之四種類型航情與其權重

類型	說明	平均 負荷 係數	備註
Arrival (Arr)	即將進場、需下降、協調，接近機場管制	6.1	工作量最高，需多次指令與高度調整

Departure (Dep)	起飛後爬升、需移交下一 Sector	5.4	次高，需監控 爬升及轉向
Inside (Domestic/Local)	國內航班持續巡航於本 Sector 內	4.1	穩定負荷，變化較少
Transit (Overflight)	過境航班（不在日本起降）	2.1	最低，通常只 需通過監控與 頻率轉交

這些數字代表「平均管制負荷單位(單位時間內的相對工作量)」，
實際數值可能依地區或航路複雜度修正。



圖 14：福岡 ACC 代表橋本先生講解比重與計算公式

上述 WL 的計算公式為：

每一時段（例如 30 分鐘）內的 總 WL 為：

$$WL_{total} = \sum (N_i \times W_i)$$

N_i ：該類型航班的架次（數量）

W_i ：該類型的負荷係數（如上表）

若要標準化成百分比或比較不同 Sector，會再乘上時間基準與容量基準：

$$WL\% = WL_{total} / Capacity_{reference} \times 100$$

新容量：

假設某 Sector 在 30 分鐘內的航班如下：

類型	架次	係數	計算結果
Arrival	8	6.1	48.8
Departure	10	5.4	54.0
Inside	5	4.1	20.5
Transit	12	2.1	25.2
合計 WL			148.5

若該 Sector 的容量基準為 150 WL

$$WL\% = 148.5 / 150 \times 100 = 99\%$$

結論 → 幾乎滿載，ATMC 將標示為「接近容量上限」，並啟動流量管制。

ATMC 在評估 Sector 工作負荷 (Work Load, WL) 時，會根據航班的運作類型（如離場、到場、過境與國內航班）設定不同的管制負荷比重。各類航班依其操作複雜度與管制需求，被賦予不同的相對重要性，並依照架次加權累積，形成整體 Sector 的工作負荷指標。此方法可反映不同航班組合下的實際管制壓力，是日本 ATFM 啟動流量調控措施的重要依據。

然而於複雜度研究中（如 ‘Investigating Moving Sectors and Complexity Metrics in Japanese Airspace’ ）提出多維複雜度指標，並指出管制員工作負荷 (Work Load) 是容量限制的關鍵。在實務上，將航班類型（到場、離場、境內、過境）賦予固定係數（如 $6.1/5.4/4.1/2.1$ ）以估算 WL，為作業考量，並未在學術公開文獻中披露。

參、心得與建議

一、心得

- (一) ACC 與 ATMC 權責獨立、各司其職，透過專業分工與資訊共享達成對內、對外區域協調合作：本次參訪，從事前閱讀文獻與信件往返乃至當日實際參觀福岡區域管制中心與日本流量管理中心兩大單位的過程，深刻感受到日本累積多年成熟的飛航管制體制與流量管理系統發展，但是他們依然不以此止步，持續投入資源與整合，值得深入瞭解學習。
- (二) 有關席位人力配置：福岡 ACC 每個管制席位人力配置是以 1 名雷達管制員搭配 1 名雷達協調員加上 1 名備援席，相對於臺北 ACC 的 1 名資料席(Plan Controller ,PLC)協助 1 至 3 名雷達席(Executive Controller ,EC)，再以 1 名資深管制員擔任協調席(Coordinator ,CO)需同時負責監控多個管制席位與軍方協調…等複雜度高的作業方式，福岡 ACC 每個席位只需監聽單一無線電波道，每一無線電波道均有 2 名管制員守聽，更能即時協助該席位雷達管制員處理航情。
- (三) 有關管制席位配置：實務在職訓練 OJT 教官可利用備援機檯監看或操作，無論實務或教學層面安全裕度皆得到提升。
- (四) 日方在 CPDLC 介面配置與應用邏輯，以及對席位空域即時監測與調整容量實施流量管理措施…等應用飛航管理系統功能，對提升整體管制作業效率及安全多有助益。
- (五) 流量管理除航班數量參數，更與氣象資訊緊密配合，有效因應複雜情境：日本 ATMC 的容量控制已不僅依靠航班數量，而是與天氣因素結合。ATMetC 的即時資訊與 ATMC 的決策形成了緊密配合，能有效應對颱風、梅雨或雷雨等複雜情境。透過 WX Radar 、天氣影響機率分析與機場時間軸等工具，流量管理人員能更早做出判斷，將容量限制與流量調整提前至地面，避免空中擁擠與不

必要的延誤。另外，日方簡單講解 WL 的概念與計算，展示 SGD(Sector graph display)產品，幫助他們的流管措施能有效且精準。

(六) 出訪前，北九州於今年八月遭逢嚴重風災，造成多處淹水與土石流災情。據橋本先生表示，這是他赴任福岡 15 年以來首次經歷如此嚴重的災害。身為同樣在偏遠地區通勤、維持關鍵基礎設施運作的工作者，我們對此深感共鳴，體認到基層人員在面對極端氣候與交通中斷時的辛勞與挑戰。

(七) 最後要特別致謝福岡區域管制中心 (ACC) 的橋本泰孝先生、新谷妃菜小姐以及日本流量管理中心 (ATMC) 的西森志保小姐、西本先生，不單於事前信件往來聯繫提問答覆，更於參訪期程全程陪同提供熱切溫暖協助，讓我們於學習交流方面得到豐富的收穫，更在情感方面充分感受到來自日方的情誼。

二、建議

(一) 持續補充人力資源、積極導入新系統功能、鞏固飛航管制安全與提昇服務品質：

1. 日後在飛航管制人力及系統資源充足的前提下，參考福岡 ACC 管制席位的一加一模式，彈性調整航管作業室席位機檯配置，期能達到以 1 名雷達席搭配 1 名資料席的兩人一組提高安全裕度的作業模式。
2. 參考福岡 ACC 於 CPDLC 運作之經驗，持續強化與日本等鄰近單位之交流與實作觀摩，逐步建立資料鏈路發展架構與作業，並評估與現行作業程序整合之可行性，以促進航管作業未來通訊自動化的方向。

(二) 研討本區空域容量與工作負荷評估公式並應用於席位監測及流量管理：

因應日益增高的航行量以及各區管制空域的航情狀況，研討適用

於本區的各類型作業複雜度指標、空域容量與工作負荷評估計算公式，應用於每日監測席位空域管制負荷，確保航行量妥適，並預測過飽和或天氣偏航造成容量下降時，配合施作流管措施。

(三) 持續發展本區 ATFM 作業：

本區 ATFM 發展箭在弦上正要展翅高飛，經由各級長官的齊心引領，並協助前方持續投入研究資源，經由 114 年 9 月底試行，已初見成效。期待後續能持續傾聽作業單位需求，整合各軍方、民方、航空業界、鄰區等利害關係人/單位資訊分享，配合加強人才養成與深化發展適合本區之飛航服務流量管理機制。

(四) 建構跨國協調合作與氣象支援機制，提升作業效能：

為了理解容量對於流量管制作業的應用層面，建議與日方建立資料與學習管道分享容量對於流量管制作業的應用層面，加強國際間協調合作。



圖 15：本區代表致贈禮品與福岡 ACC 主任合影



圖 16：本區代表致贈禮品與日本 ATMC 主任及代表合影



圖 17：本區代表與日本 ACC 與會同仁合影