

出國報告（出國類別：其他）

「航空氣象業務協調聯繫會議」出國 報告書

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：于守良 技正

派赴國家：日本

出國期間：民國 113 年 11 月 11 日~民國 113 年 11 月 15 日

報告日期：民國 114 年 02 月 08 日

提要表

系統識別號：	C11400166																	
視訊辦理：	否																	
相關專案：	無																	
計畫名稱：	航空氣象業務協調聯繫會議																	
報告名稱：	「航空氣象業務協調聯繫會議」出國報告書																	
計畫主辦機關：	交通部民用航空局																	
出國人員：	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">姓名</th> <th style="width: 15%;">服務機關</th> <th style="width: 15%;">服務單位</th> <th style="width: 10%;">職稱</th> <th style="width: 15%;">官職等</th> <th style="width: 30%;">E-MAIL 信箱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>于守良</td> <td>交通部 民用航空局</td> <td>飛航 管制組</td> <td>技正</td> <td>薦任(派)</td> <td>聯絡人： kevin_yu@mail.caa.gov.tw</td> </tr> </tbody> </table>						姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱	于守良	交通部 民用航空局	飛航 管制組	技正	薦任(派)	聯絡人： kevin_yu@mail.caa.gov.tw
姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱													
于守良	交通部 民用航空局	飛航 管制組	技正	薦任(派)	聯絡人： kevin_yu@mail.caa.gov.tw													
前往地區：	日本																	
參訪機關：	日本氣象協會，東京航空地方氣象臺，日本羽田國際機場，福岡航空交通氣象中心																	
出國類別：	其他																	
出國期間：	民國 113 年 11 月 11 日 至 民國 113 年 11 月 15 日																	
報告日期：	民國 114 年 02 月 08 日																	
關鍵詞：	航空氣象，資料技術協調，日本氣象協會，JWA，低空風切，福岡航空交通氣象中心，流量管理																	
報告書頁數：	28 頁																	
報告內容摘要：	民用航空局飛航服務總臺(以下簡稱總臺)自民國 80 年以付費方式透過日本氣象協會(Japan Weather Association, JWA)，利用國際衛星通信系統接收日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)所製作的氣象數據傳真資料(Coded Digital Facsimile, CDF)天氣圖表，以作為本區航空氣象服務及預報作業使用。隨著網際網路傳輸技術發展，資料傳送方式已改為檔案傳輸協議(File Transfer Protocol，																	

	FTP)方式傳送，目前總臺透過 JWA 管道所接收資料除包括 CDF 天氣圖、氣象衛星資料、JWA 亂流產品及美國華盛頓與英國倫敦 2 個世界區域預報中心(World Area Forecast Centre，WAFC)所發布顯著天氣圖(Significant Weather Charts，SIGWX Charts)。依據總臺與 JWA 簽訂之氣象資料協議書規定，雙方每年定期舉行技術性協商會議，並瞭解國際航空氣象業務最新發展趨勢及日方航空氣象服務發展方向，作為我方航空氣象作業參考，進而精進預報能力與飛航服務。本出國案即協同總臺赴日參加總臺與日本氣象協會定期協商會議，討論今(113)年雙方工作相關執行內容，並將就「日本機場低空風切警報作業」、「日本視訊進行機場天氣觀測及預報作業」、「世界區域預報中心資料轉移調整現況」、「人工智慧(AI)應用於航空氣象預報作業」等議題進行討論。另總臺刻正研議「新一代低空風切警報系統建置先期計畫委託專業服務案」規劃，評估於桃園、松山架設以氣象雷達(RADAR)及光達(LIDAR)為架構之新一代低空風切警報系統可行性及飛航流量管理作業相關氣象資訊之提供方式，本次會議透過 JWA 協調安排，參訪東京航空地方氣象臺(Tokyo Aviation Weather Service Center，TAWSC)，以瞭解日本在機場使用氣象雷達及光達偵測低空風切之實際情況及經驗，及赴福岡「航空交通管理中心」(Air Traffic Management Center，ATMC)之「航空交通氣象中心」(Air Traffic MeteorologyCenter，ATMetC)業務交流，作為本區未來相關系統建置與業務規劃之參考，俾持續提升本區航空氣象服務水準。
電子全文檔：	C11400166_01.pdf
附件檔：	
限閱與否：	否
專責人員姓名：	劉哲妤
專責人員電話：	02-23496193

目 錄

壹、	目的.....	2
貳、	過程.....	3
參、	會議內容.....	4
肆、	參訪行程.....	15
伍、	心得與建議.....	27

壹、 目的

民用航空局飛航服務總臺(以下簡稱總臺)自民國 80 年以付費方式透過日本氣象協會(Japan Weather Association, JWA), 利用國際衛星通信系統接收日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)所製作的氣象數據傳真資料(Coded Digital Facsimile, CDF)天氣圖表, 以作為本區航空氣象服務及預報作業使用。隨著網際網路傳輸技術發展, 資料傳送方式已改為檔案傳輸協議(File Transfer Protocol, FTP)方式傳送, 目前總臺透過 JWA 管道所接收資料除包括 CDF 天氣圖、氣象衛星資料、JWA 亂流產品及美國華盛頓與英國倫敦 2 個世界區域預報中心(World Area Forecast Centre, WAFC)所發布顯著天氣圖(Significant Weather Charts, SIGWX Charts)。

依據總臺與 JWA 簽訂之氣象資料協議書規定, 雙方每年定期舉行技術性協商會議, 並瞭解國際航空氣象業務最新發展趨勢及日方航空氣象服務發展方向, 作為我方航空氣象作業參考, 進而精進預報能力與飛航服務。本出國案即協同總臺赴日參加總臺與日本氣象協會定期協商會議, 討論今(113)年雙方工作相關執行內容, 並將就「日本機場低空風切警報作業」、「日本視訊進行機場天氣觀測及預報作業」、「世界區域預報中心資料轉移調整現況」、「人工智慧(AI)應用於航空氣象預報作業」等議題進行討論。

另總臺刻正研議「新一代低空風切警報系統建置先期計畫委託專業服務案」規劃, 評估於桃園、松山架設以氣象雷達(RADAR)及光達(LIDAR)為架構之新一代低空風切警報系統可行性及飛航流量管理作業相關氣象資訊之提供方式, 本次會議透過 JWA 協調安排, 參訪東京航空地方氣象臺(Tokyo Aviation Weather Service Center, TAWSC), 以瞭解日本在機場使用氣象雷達及光達偵測低空風切之實際情況及經驗, 及赴福岡「航空交通管理中心」(Air Traffic Management Center, ATMC)之「航空交通氣象中心」(Air Traffic Meteorology Center, ATMetC)業務交流, 作為本區未來相關系統建置與業務規劃之參考, 俾持續提升本區航空氣象服務水準。

貳、 過程

為瞭解日方之合約工作進度，雙方協議期間安排每年赴日進行技術協調會議，而本次出國計畫執行期間為 11 月 11 日至 11 月 15 日共 5 天，其中第一、五天的 11 月 11、15 日為往返路程，第二~四天的 11 月 12~14 日為實際會議及參訪行程，詳細行程如下表：

日期	時間	日方參與人員	我方參與人員	行程
11/12	上午	岡村和賛 後藤あずみ 関根雅人 葛西幸寛 王睿敏 福田真由 須藤智博	于守良 莊清堯(總臺)	雙方技術協調會議
	下午	岡村和賛 後藤あずみ 王睿敏 須藤智博	于守良 莊清堯(總臺)	參觀日本氣象協會總部
11/13	全日	後藤あずみ 王睿敏 福田真由	于守良 莊清堯(總臺)	參訪東京航空地方氣象臺
11/14	全日	後藤あずみ 王睿敏	于守良	赴福岡航空交通管理中心 業務交流

參、會議內容

本次協調會議本局與 JWA 雙方提出 4 項議題進行討論，會議討論內容說明如下：

(一) 議題 1 - 日本機場現行低空風切警報作業介紹

以電磁波測量機場風場變化，進而演算風切情況之技術已逐漸運用於機場作業，其原理係透過都卜勒效應，以發射與接收之電磁波頻率差，推算目標物體之移動方向及速度。常見用於機場低空風切觀測之設備為光達及雷達，而兩者又因為波長不同，使得光達適合偵測晴天中之空氣懸浮微粒運動，而雷達則適合用於偵測降雨天氣之降水粒子之移動(如圖 1)。

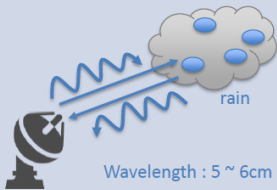
	Purpose	Measurement method	Observation range	Resolution etc.	
DRAW (TDWR)	➢ Detect rapidly changing low-level winds under conditions of "precipitation" ➢ Detect rain and wind within 120 km radius		Rain & Wind 120 km radius Microburst 20 km radius Shear line 60km radius	Resolution (10 km radius) ≤ 150m Observation cycle 1 minute Lowest obs. altitude 70 m	Available in any weather conditions
LIDAR	➢ Detect rapidly changing winds under conditions of "non-precipitation"		Microburst 10 km radius Shear line 10km radius	Resolution (10 km radius) ≤ 80m Observation cycle 2 minutes Lowest obs. altitude 20 ~ 30 m	

圖 1、雷達及光達偵測方式與原理

目前日本氣象廳(JMA)於新千歲機場、成田國際機場、東京國際機場(羽田)、中部國際機場、大阪國際機場、關西國際機場、福岡機場、鹿兒島機場、那霸機場等 9 座機場(如圖 2)，分別設置了 C 波段固態雙偏極化都卜勒氣象雷達，JMA 稱之為 DRAW (Doppler Radar for Airport Weather)，能夠觀測雨天時之三維風場以偵測低層風切變，雷達均採用固態發射機(solid state transmitters)，具有掃描快速、較低發射功率、穩定且使用壽命長特點，相關 DRAW 掃描輸出產品(如圖 3)。

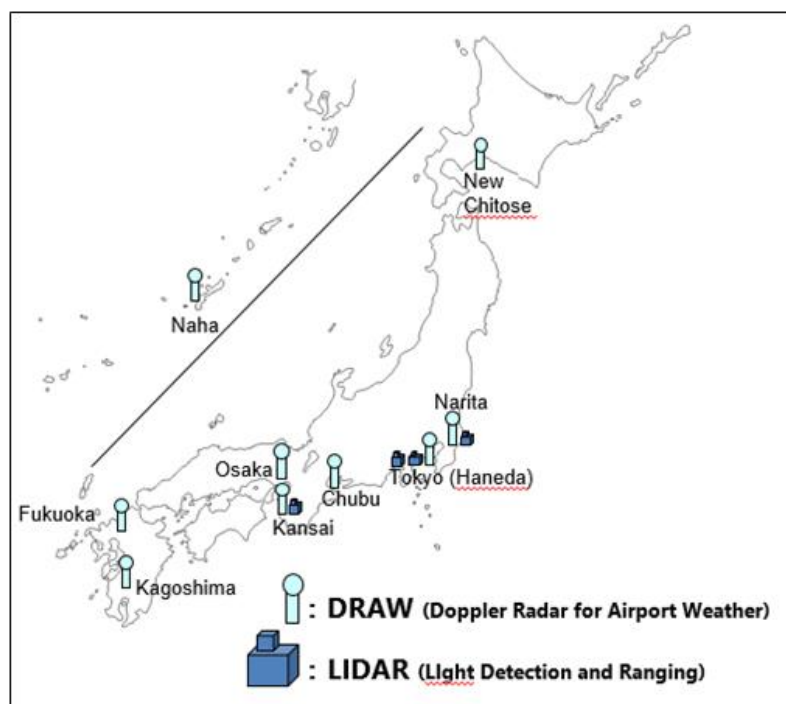


圖 2、日本設置雷達及光達之機場分布圖

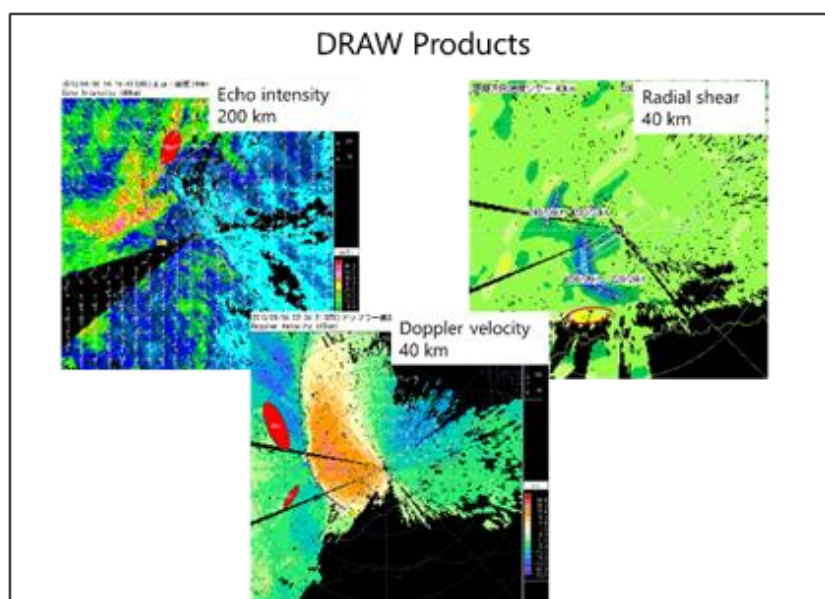


圖 3、雷達產品

此外，JMA 在成田、羽田及關西機場等 3 座機場，除雷達外同時另設有光達 (Light Detection and Ranging, LIDAR) (如圖 3)，能夠觀測晴天時之三維風場以偵測低層風切情況，相關 LIDAR 掃描輸出產品如圖 4。

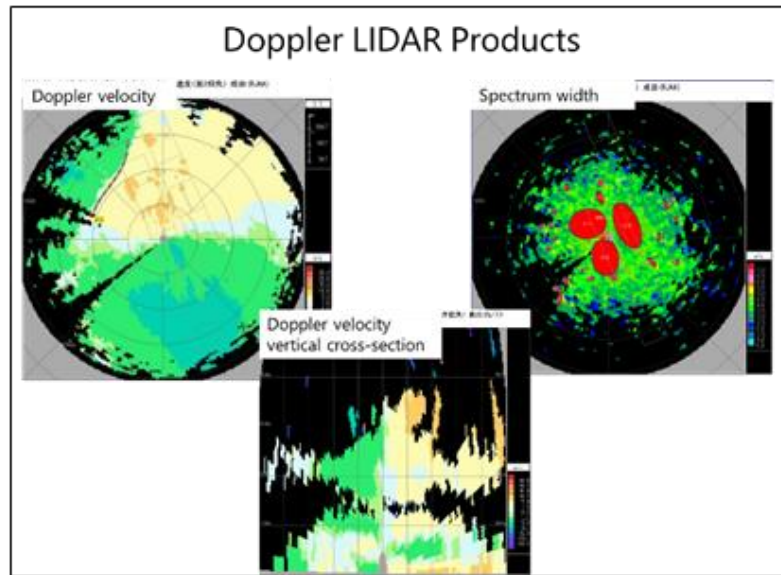


圖 4、光達產品

另 JMA 於 2016 年起與日本宇宙航空研究開發機構(JAXA)合作開發「機場低空風資訊 (ALWIN)」，JAXA 負責開發自動風切及亂流演算法，該演算法運用於 JMA 機場都卜勒雷達管理系統(Airport Doppler Radar Administration System，ADRAS) 上，並使用 JMA 設置於機場之 DRAW 及 LIDAR 所偵測當地風切和低層亂流，將此測量和偵測到的風向風速資訊轉換為每 2 分鐘更新一次的文字及視覺化的圖形，其中文字訊息透過語音或航空器通訊定址及回報系統(Aircraft Communication, Addressing and Reporting System，ACARS) 傳輸字元畫(ASCII Art)的方式，將 1000 呎以下至跑道面之頂風(Head Wind)、側風(Cross Wind)顯示於駕駛艙 ACARS 顯示器給駕駛艙內的飛行員(目前提供予全日空 ANA 及日本航空 JAL 等 2 家航空公司)，克服機載裝備顯示圖形之困難，提供駕駛員能夠快速檢視參考。而圖形資料則透過網頁顯示介面(MetAir 網頁)提供給航空公司簽派人員使用，相關 ALWIN 資訊處理及提供流程如圖 5 所示。

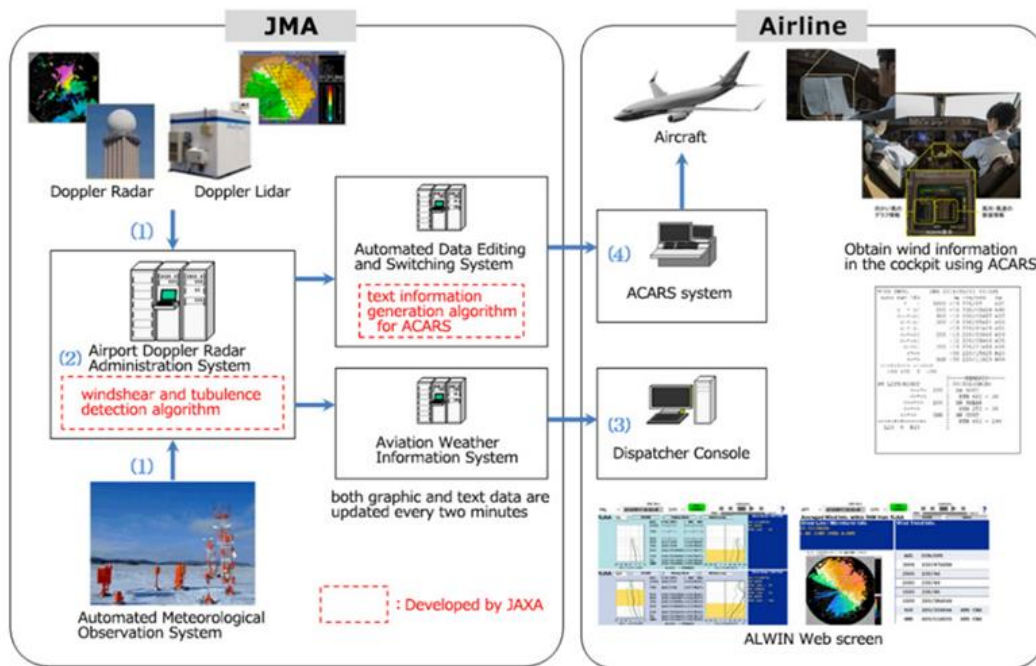


圖 5、ALWIN 資料處理及提供流程

由於 ALWIN 系統，可將原本由管制員透過無線電提供有限的低空風切警報資訊，優化為提供降落的航空器最終進場路徑上更詳細的風向風速資訊(如圖 6)，經語音或航空器通訊定址及回報系統(ACARS)提供更詳細、更精確的低空風場剖面資料(wind profile)，使駕駛員能夠根據即時風向風速狀況正確控制空速、推力和姿態，從而實現更安全的著陸操作。

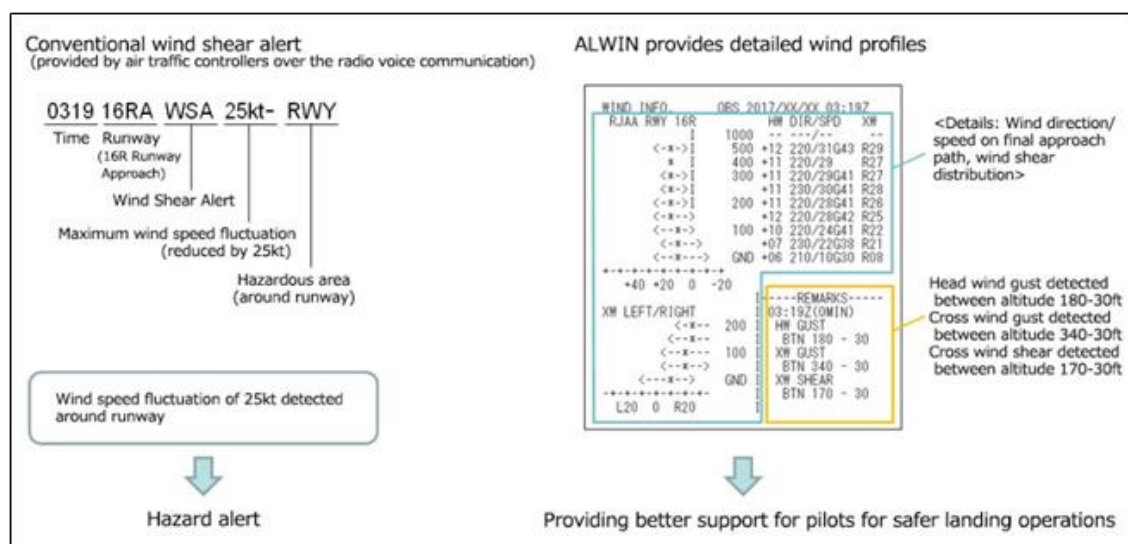


圖 6、(左)風切警報報文格式，(右)為 ALWIN 透過 ACARS 提供進場航空器駕駛員最終進場路徑上的風向風速資訊

此外，ALWIN 產出整合機場 1000 呎以下航機下滑道上頂風及側風數值予簽派員使用，並以網頁圖形顯示介面提供航管單位(ATC)風切、微爆流及 3000 呎以下平均風向風速資訊(如圖 7)。

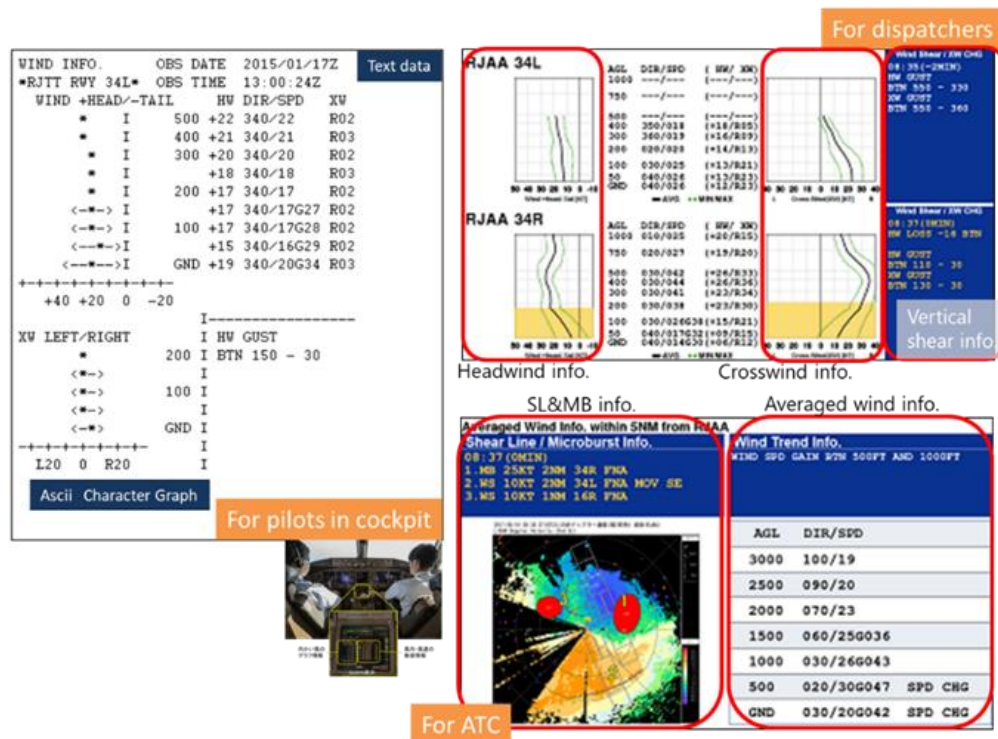


圖 7、提供與駕駛員、簽派員及管制員的產品

因總臺刻正進行新一代低空風切警報系統之規劃工作，爰請 JWA 協助進一步洽 JMA 取得系統架設、資料更新及掃瞄策略之相關詳細資訊。

(二) 議題 2 - 日本以視訊設備協助提供機場天氣資訊介紹

航空氣象資訊對於飛機運行至關重要，為了安全運行，需要提供更即時、詳細、高精度的資訊。目前世界上已有不少國家機場航空氣象觀測和報告已開始進行以完全自動化進行。有鑒於此，日本氣象廳於 2017 年 3 月 8 日開始引入完全自動化的研究和技術開發，將過去機場天氣需同時搭配人工觀測(能見度、雲及天氣現象)及機器自動觀測(風向風速、溫度/露點、跑道視程及雲底高度)之觀測方式，調整為全自動化觀測(如圖 8)。

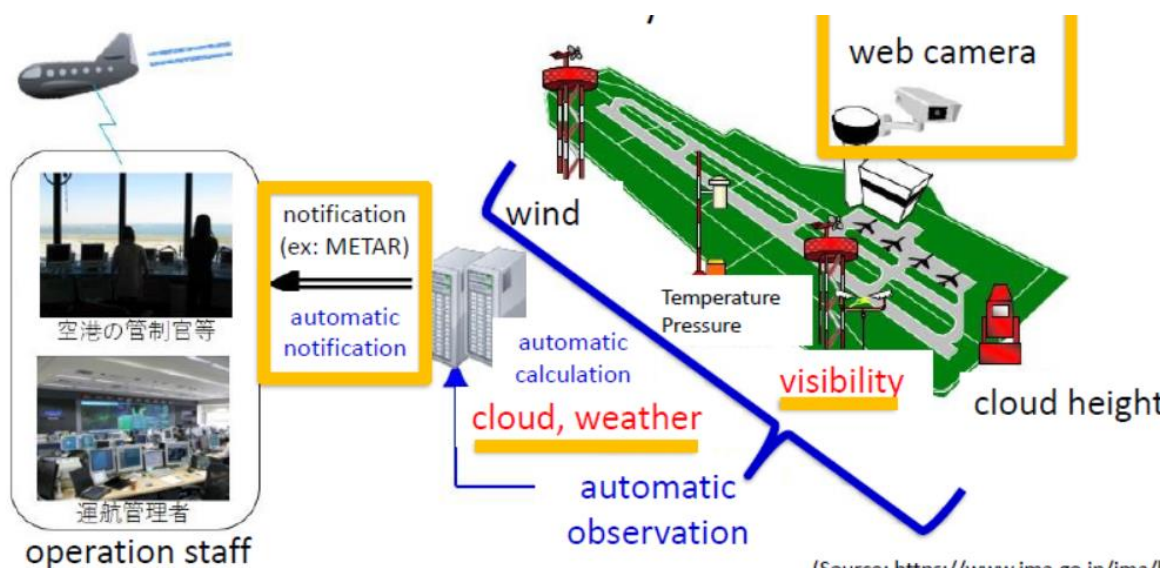


圖 8、日本視訊設備提供機場天氣資訊流程

現行(截至 2024 年 7 月)日本計 32 個機場有部分時段或全時段採用自動觀測，詳細資料如下：

部分時段採自動觀測機場：成田國際機場、中部國際機場、關西國際機場、福岡機場、那霸機場、大阪國際機場、函館機場、旭川機場、釧路機場、福島機場、新潟機場、出雲機場、廣島機場、高知機場、山口宇部機場、北九州機場、宮崎機場、奄美機場、宮古島機場、新石垣機場及下地島機場，其中成田、中部、關西、福岡及那霸機場固定於每日 23 時至隔日 5 時 59 分實施全自動觀測，實施期間為每 30 分鐘編報一次機場天氣報告(METAR)，另視天氣變化情況不定期編報特別天氣報告(SPECI)，而其餘機場實施自動觀測時段則以每小時編報一次 METAR，且實施期間原則不編報 SPECI，但依據當地需求設定編報 SPECI 時間。

全時段採自動觀測機場：壹岐機場、屋久島機場、喜界機場、德之島機場、沖良部機場、與論機場、南大東機場、北大東機場、久米島機場、多良間機場及與那國機場。全時段實施自動觀測期間，為每一小時編報一次 METAR，且實施期間原則不編報 SPECI，但亦依據當地需求設定編報 SPECI 時間。

自動觀測無法取代人工觀測的限制：目前冰雹、霰、局部霧及機場外之雷雨等等天氣現象仍受技術限制，而無法透過自動觀測判斷，因此需要透過網路攝影機確認機場實際天氣情況使報告內容更為準確。另外當全時段採自動觀測之機場發生系統發生故障時，網路攝影機可用於確認能見度(例如：大於或小於 5 公里)和雲高(大於或小於 1000 英尺)。

而預報作業部分，目前位於羽田機場之東京航空氣象服務中心(Tokyo Aviation Weather Service Center)負責發布靜岡、新潟及富山機場之預報，包含終端機場天氣預報(TAF)及趨勢預報(TREND)，其透過視訊設備瞭解當地機場天氣情況。

(三) 議題 3 - 世界區域預報中心資料轉移調整情況說明

目前雙方簽署之合作協議中包含由 JWA 提供由華盛頓與倫敦世界區域預報中心製作之全球分區顯著天氣圖及高空風溫圖資料，而 JWA 則透過美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)網站下載圖檔，再將資料分別放置於日方主機，以檔案傳輸協議(File Transfer Protocol, FTP)方式暫供我方抓取及推送予我方主機使用(如圖 9)，兩方式互為備援。

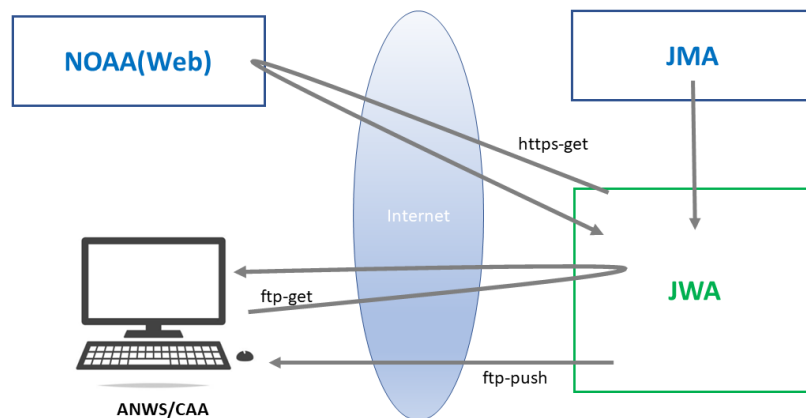


圖 9、現行日方提供世界區域預報中心圖檔資料方式

惟總臺為進一步提升資料穩定性(NOAA 網站偶有資料未更新情況)及品質，爰與 JWA 討論由日方發展繪圖系統，並以世界區域預報中心自 2010 年起透過 WIFS((The World Area Forecast System (WAFS) Internet File Service)網站提供之氣象資料二進制通用表示格式(BUFR)及通用定期發布的二進制形式資訊(GRIB)資料，繪製並提供顯著天氣圖及高空風溫圖予我方之可行性。經約 2 年之雙方協調，雙方於 2024 年取得合作共識並納入協議書工作項目。

未來由日方向 WIFS 及 SADIS(Secure Aviation Data Information Service)(倫敦世界區域預報中心提供資料之管道，可視為 WIFS 之備援)取得數位資料(包含 BUFR 及 GRIB)後，經繪圖系統提供成品予總臺使用(如圖 10)。

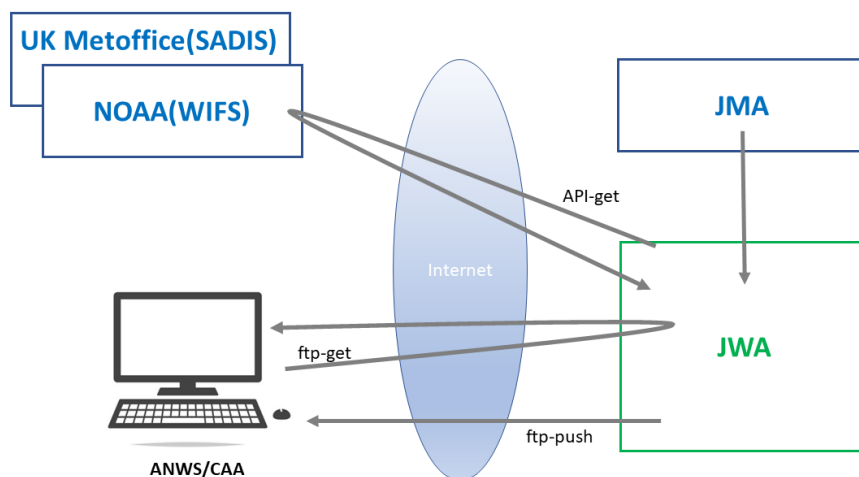


圖 10、未來日方提供世界區域預報中心圖檔資料方式

而此調整除了可優化總臺航空氣象服務品質外，亦可因應 ICAO 預計於 2028 年停止產製全球分區顯著天氣圖(尚未知高空風溫圖是否同時停止)並期望用戶自行產製圖檔之策略，同時 ICAO 為推行全系統信息管理 (System Wide Information Management, SWIM)，規劃於 2026 年以符合該架構之 ICAO 氣象資訊交換模式 (IWXXM)取代目前的 BUFR 資料，該資料已於 2025 年 1 月提供，日方將俟繪圖系統完成後，再進行資料格式調整，故可進一步確保資料服務穩定性，同時減少總臺系統調整及日後維護所需成本。

本次會議日方已展示工作成果(如圖 11)，目前總臺已提供圖面相關建議供日方調整參考。另日方表示需進一步優化功能，爰規劃自 2025 年 3 月啟用服務。

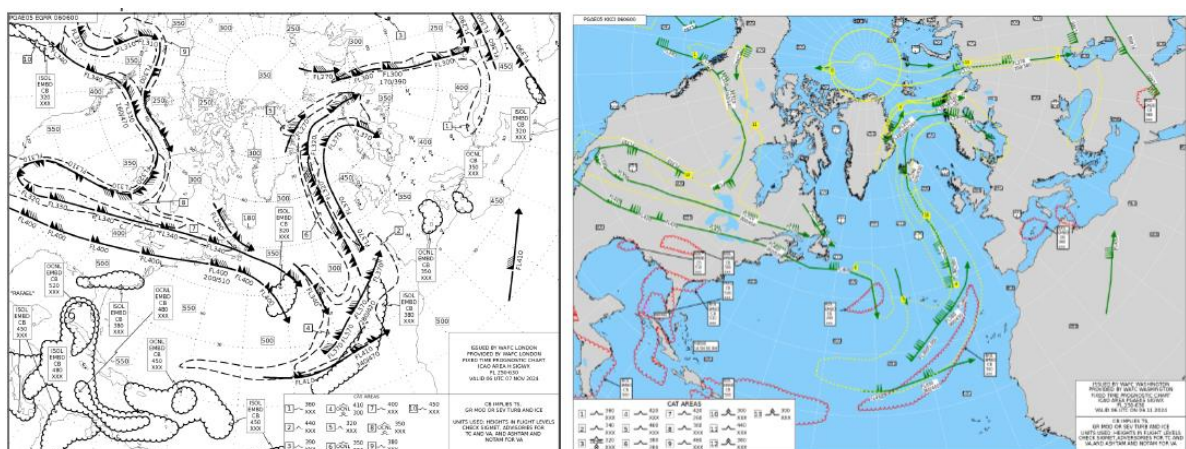


圖 11、現行世界區域預報中心(左)及未來產製圖檔(右)

(四) 議題 4 - 日本運用人工智慧技術於氣象預報作業情況

由於近年人工智慧技術發展迅速，國內外政府及學術單位普遍嘗試引入人工智慧技術改善既有工作程序，並提供新式的作業指引。查我國中央氣象署及大學大氣科學相關學系亦已規劃將人工智慧技術納入氣象領域，因此本次會議商請 JWA 說明日本將此新式技術納入氣象預報作業情況。日方以下列兩項新式技術運用於預報作業進行簡報：

1. 以人工智慧預報亂流

由於世界各國對於亂流之預測技術已經發展了很長的時間，但受限於學理及科技技術，使得現有預報方式仍受限制，因此日本全日空航空公司期望以傳統預測方式不同的角度，提高亂流預報準確性，故於 2019 年與慶應義塾大學合作發展人工智慧預報亂流之方式。

本方式以較難預報之晴空亂流為標的，期望以 AI 深度學習(卷積神經網路)分析日本向日葵衛星影像，瞭解風場變化情況，另外為考量季節及氣候變化情況，採用 10 年之數據資料並依季節製作不同模型，並於 2020 年開始輸出成果且經由訪問飛行員確認輸出結果之可用性。

目前全日空航空公司約有一半以上的飛行員使用本項產品結果，經使用回饋反映此技術之準確率超過 90%，較傳統預報方式之準確率約 65%，已有明顯提升。

2. JWA 氣象數值模式混合泛化(Blending)作業

由於預報易受預報位置、日/季變化影響，因此 JWA 使用氣象數值模式混合泛化(Blending)已發展出更高精度、高頻率及高解析度之天氣預報產品，其利用 JWA 本身及日本國內外多個氣象數值模式，先進行各模式之校正處理，再將各模式進行混合處理，計算出高精度之預報結果(如圖 12)。

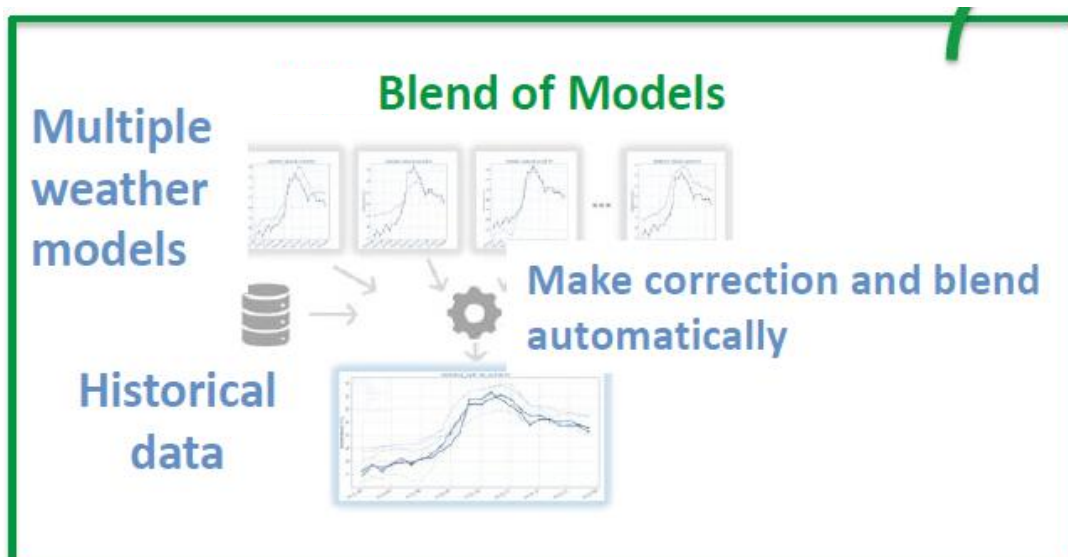


圖 12、模式透過人工智慧預報原理概念圖

而此作業預報範圍為日本本土至海岸線外 50 公里之區域，每日產生 4 次預報，分別對於降水量、溫度、最高和最低溫度、太陽輻射、濕度、風、瞬時風速、降雪量、天氣及降水機率等因子進行預報，其特性在於持續的校正及混合程序，確認預報結果及實際天氣情況，調整後續預報輸出。

JWA 已將經由本項技術產生的機場風場預報(包含側風及天氣現象)以 csv 檔之格式(概念如圖 13)提供予航空公司使用。



圖 13、輸出予航空公司使用之概念產品

肆、參訪行程

(一) 參訪東京航空地方氣象臺

日本氣象廳（JMA）基於國際民航組織（ICAO）和世界氣象組織（WMO）制定的國際標準，致力於氣象服務活動，以支援國際航空業務，同時為日本國內航空作業提供詳細資訊，其所屬之東京航空氣象臺主要工作包括：

1. 提供機場氣象觀測和預報，確保航空業務的安全、規律和效率。
2. 發布機場天氣警報和可能影響航空作業及機場設施的氣象現象資訊。
3. 對最新的機場天氣狀況和預報提供解說服務。

東京航空地方氣象臺負責東京國際機場、青森、花卷、秋田、仙台、福島、百里、新潟、富山、小松和靜岡等 11 個機場，每 6 小時發布一次預報長度 30 小時之機場天氣預報(TAF)，其工作環境如圖 14，席位前方配備 7、8 個以上螢幕，可隨時注意衛星、雷達、預報產品、機場天氣、觀測數據、即時錄影畫面等資訊，以作為其作業參考；此外，在前述 11 個機場出現暴風雨、大雪或其他可能對地面飛機、機場設施和航空作業產生嚴重影響之顯著天氣時



圖 14、東京航空地方氣象臺作業室

發布機場天氣警報(Aerodrome Weather Warnings)，不同機場所需之天氣警報項目及發佈條件部分或有不同，條件有風速強度、降雨量、降雪量及浪高(如圖 15)。

Warning Types		Tokyo INTL	Aomori	Hanamaki	Akita	Sendai	Fukushima
Gale		Mean wind speed in a 10 minute period is 34kt or more, and less than 48kt.					
Storm		Mean wind speed in a 10 minute period is 48kt or more (except for the case of 64kt or more due to a tropical cyclone).					
Typhoon		Mean wind speed in a 10 minute period is 64kt or more due to a tropical cyclone.					
Heavy rain	1hour	40mm	50mm	40mm	50mm	50mm	50mm
	3hours	70mm				90mm	
	24hours						
Heavy snow	6hours	5cm	25cm	15cm	20cm	10cm	15cm
High tide		3m					

Warning Types		Hyakuri	Niigata	Toyama	Komatsu	Shizuoka
Gale		Mean wind speed in a 10 minute period is 34kt or more, and less than 48kt.				
Storm		Mean wind speed in a 10 minute period is 48kt or more (except for the case of 64kt or more due to a tropical cyclone).				
Typhoon		Mean wind speed in a 10 minute period is 64kt or more due to a tropical cyclone.				
Heavy rain	1hour	50mm	60mm	50mm	40mm	60mm
	3hours	90mm	100mm			
	24hours		200mm	140mm	140mm	150mm
Heavy snow	6hours	5cm	15cm	15cm	15cm	5cm
High tide			2m			

圖 15、各機場天氣警報發布條件

每日 UTC 時間的 07 時和 22 時發布機場天氣解說資料，針對東京國際機場、青森、三澤、花巻、秋田、仙台、庄内、山形、福島、百里、大島、松本、新潟、富山、能登、小松和靜岡等機場，提供天氣圖及各氣象要素逐 3 小時的定量預報，對機場天氣和重要氣象條件變化的提供重點簡要的說明(如圖 16)。

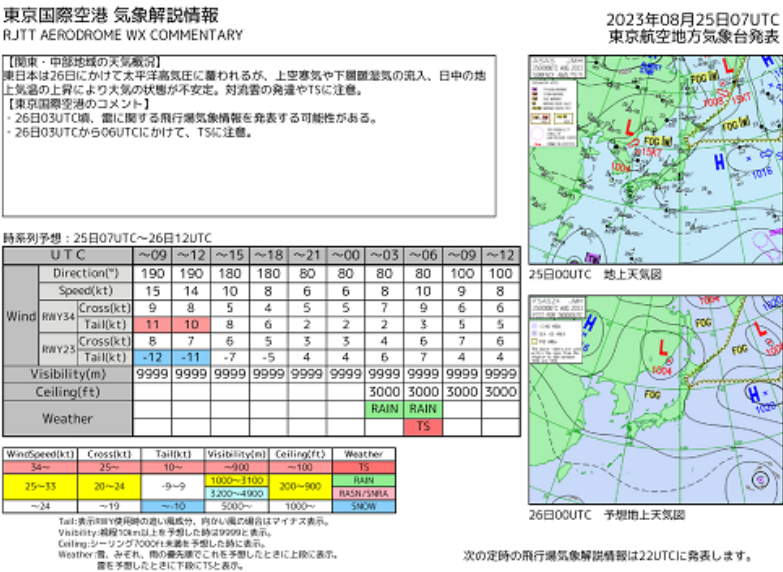


圖 16、機場天氣解說資料

提供機場逐時天氣預報(如圖 17)，包含風、能見度、雲幕高、天氣現象、溫度、氣壓和雷暴 (TS) 發生機率等預報資料，作為飛航作業所需之確保起降的安全決策。東京國際機場每 30 分鐘更新一次的 2 小時趨勢預報，提供予計劃在約一小時內降落的航機，東京國際機場、成田國際機場和中部國際機場每 3 小時更新一次機場起飛預報 (TAKE-OFF FCST)，。

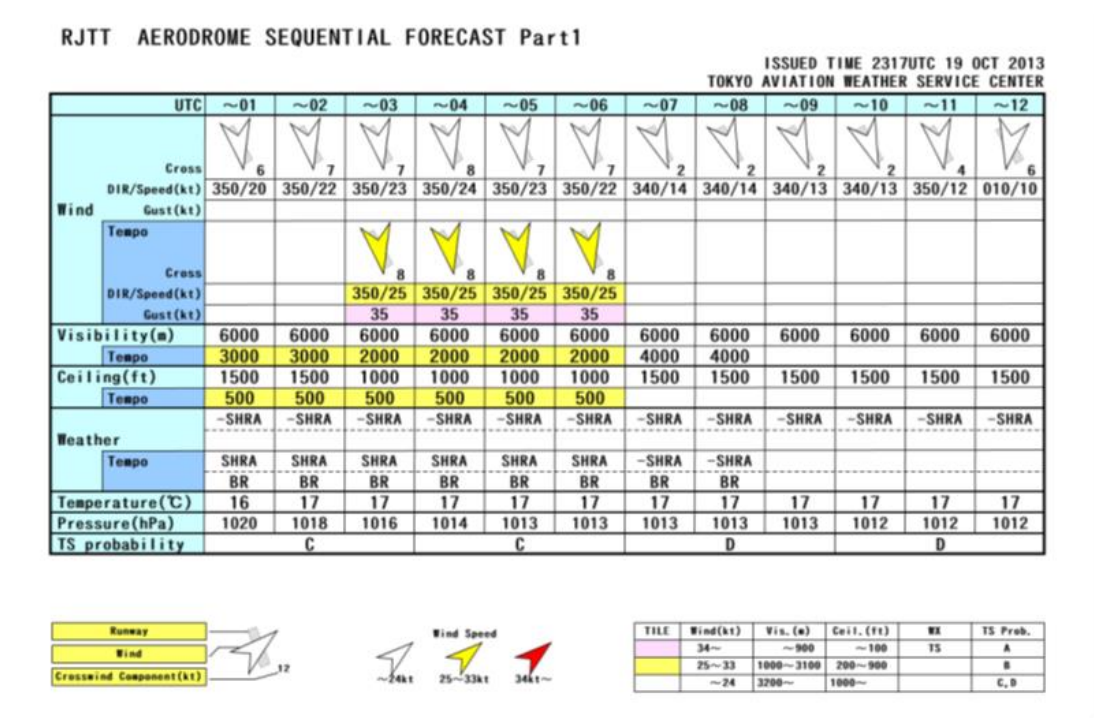


圖 17：機場逐時天氣預報

東京羽田機場所使用氣象儀器包含風向風速計(Anemometer)、溫濕度計(hydro-thermometers)、雨量計(rain gauges)、雲高儀(Ceilometer)、跑道視程儀(RVR)、地震儀(Multi-functional Seismometer)、氣壓計(Barometer)、地震儀(Seismometer)、閃電偵測計(Lightning detection System)、氣象都卜勒雷達(Doppler radar for airport weather)及光達(Doppler lidar for Airport Weather)等，相關設置地點如圖 18。

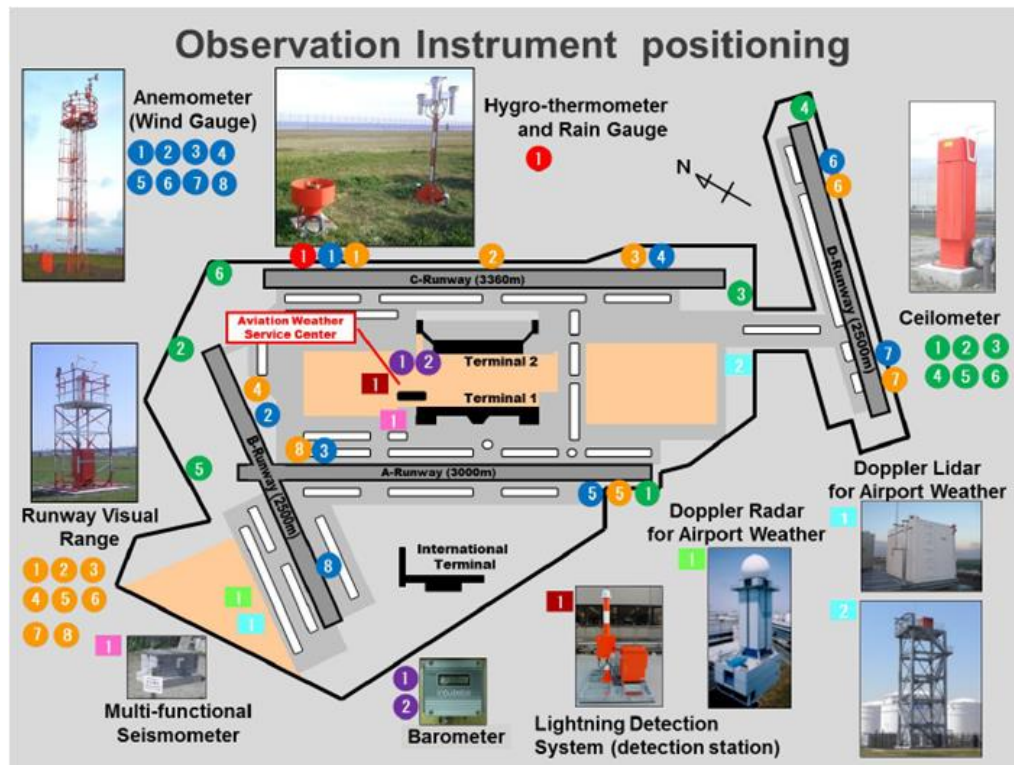


圖 18：東京羽田機場氣象儀器設置地點

(二) 參訪羽田機場光達及雷達設備

羽田機場有四條跑道，光達易受建築物遮蔽而影響觀測效能，因此設置有 2 座 LIDAR 以涵蓋所有跑道。本次參訪為設置於羽田機場連接 D 跑道之滑行道附近 2 號光達，該位置亦鄰近油庫、高度約 27 公尺鐵塔上(如圖 19 左)，避免建築物遮蔽影響光達偵測範圍，並以約寬 2 公尺、長 3 公尺、高 2 公尺之貨櫃裝設光達及相關設備(如圖 19 右)，光達之發射接收裝置露出於貨櫃頂部，貨櫃之頂部並設有避雷針，其他裝置如光達本體、操控電腦、資料處理伺服器主機、水冷設備、電源設備等置設於塔頂之小貨櫃(如圖 20)中，經詢問東京航空地方氣象臺人員表示，光達時間解析度為 2 分鐘，雷達時間解析度則為 1 分鐘。



圖 19：東京羽田機場氣象儀器設置地點

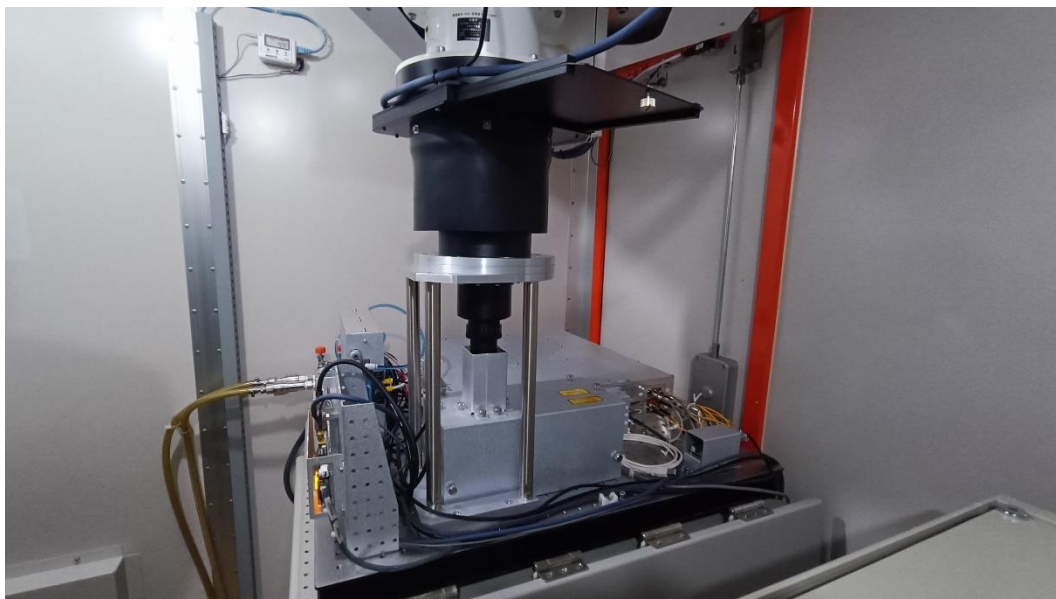


圖 20、光達設備於貨櫃內部情況

參訪羽田機場 2 號光達後，隨即赴該機場 DRAW 雷達機房進行參訪，該雷達鄰近 B 跑道，為固態發射機之 C 波段雷達。由於雷達觀測距離較遠，且位於機場範圍邊緣，因此羽田機場僅設置一部雷達，該雷達同時負責劇烈天氣及低

空風切觀測工作。另為能讓雷達持續穩定運作，該雷達採雙主機設計(如圖 21)，由雷達操作人員定期進行主機切換，若主機發生異常時，則可進行臨時性切換，另也有攝影畫面，監視雷達天線及設備作業情形(如圖 22)。



圖 21、由東京航空地方氣象臺人員解說雷達主機架構及運作方式

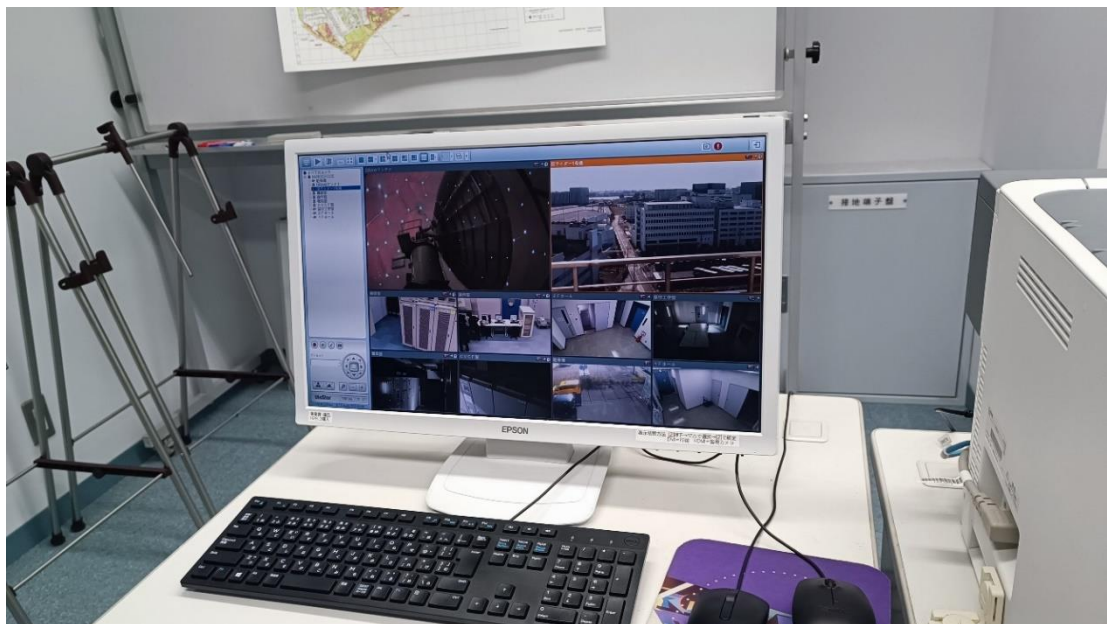


圖 22、監視雷達天線及設備作業情形

另外，東京航空地方氣象臺人員說明位於羽田機場雷達(DRAW)及光達(LIDAR)所觀測到的資料(資料傳輸系統架構如圖 23)，分別經過資料處理後產出風切資訊資料，並將該資料傳送予系統伺服器進行演算，如達到風切警報(Wind shear alert)、微爆流(Microburst alert)標準，將即時傳送風切警報、微爆流資訊予航管單位、氣象單位(資訊實際畫面如圖 24 及 25)及航空公司系統。

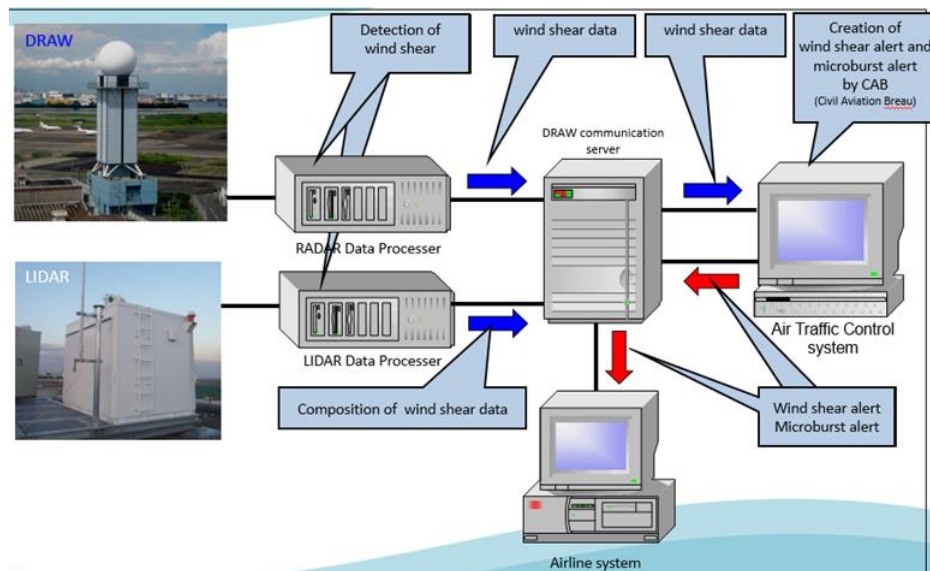


圖 23、羽田機場雷達(DRAW)及光達(LIDAR)資料處理傳輸架構

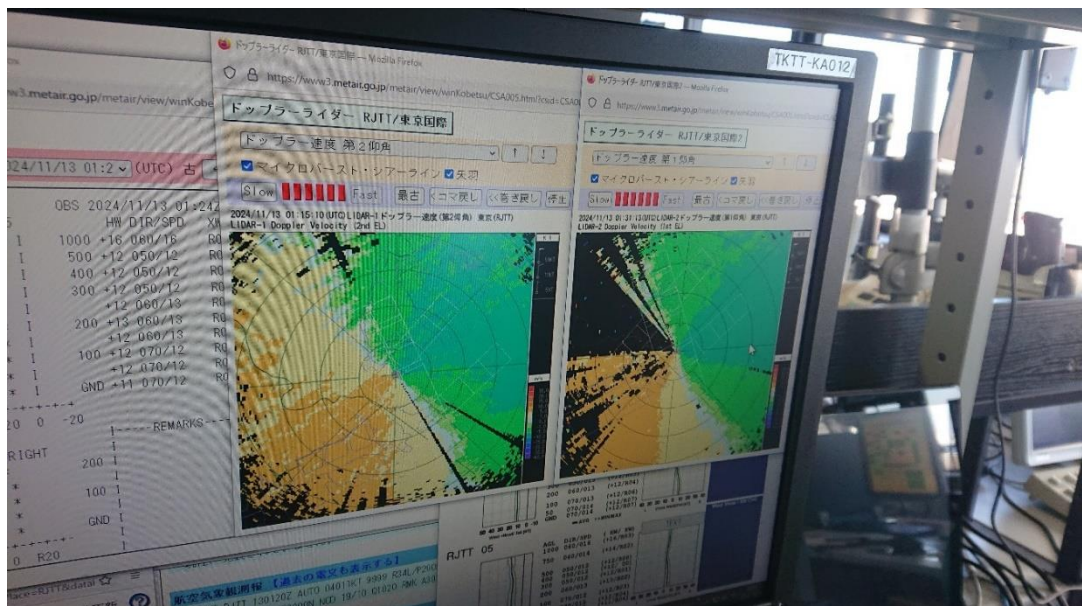


圖 24、系統整合羽田機場 1 號及 2 號光達資訊

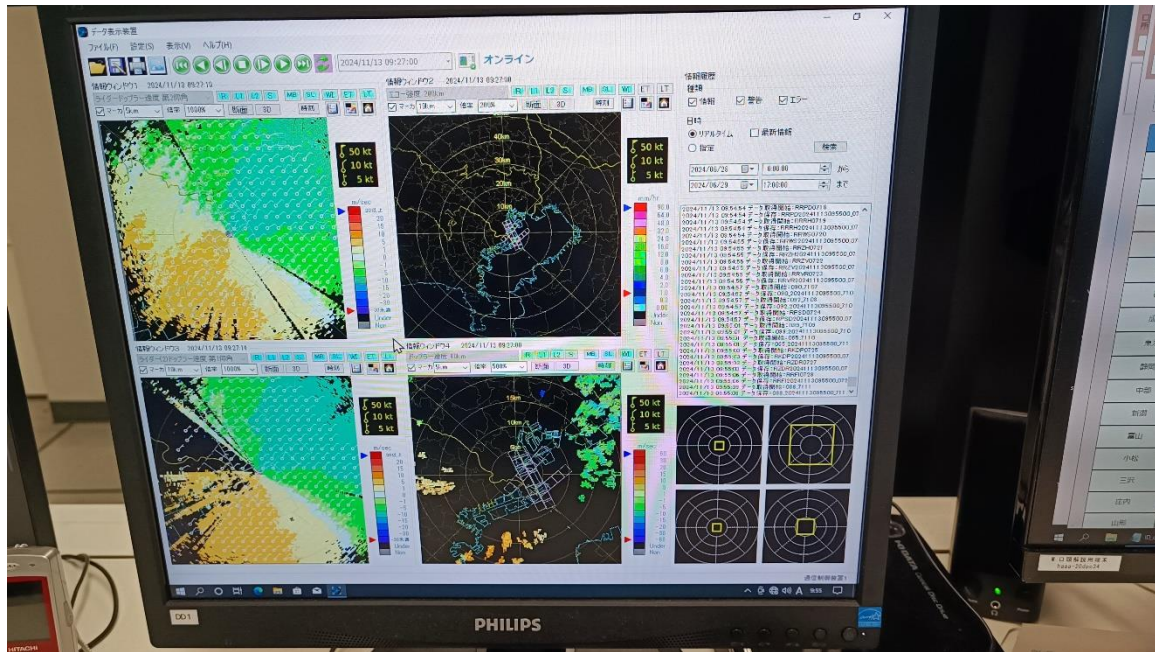


圖 25、羽田機場雷達資訊

(三) 參訪福岡「航空交通氣象中心」(Air Traffic Meteorology Center, ATMetC)

日本民航局(JCAB)為因應福岡飛航情報區航行量大增，於 2005 年成立航空交通管理中心 (Air Traffic Management Center, 以下稱 ATMC)，ATMC 在國際民航組織(ICAO)全球飛航管理系統之概念下，透過空域管理(ASM)、飛航流量管理(ATFM)、越洋飛航管理(Oceanic ATM)間緊密的合作，及日本氣象廳(以下稱 JMA)提供影響飛航管理決策之顯著天氣，以飛航管理的方法達成增進飛航安全與效率的目標。JMA 為了提供氣象服務支援 ATMC，在 ATMC 成立的同時，也在 ATMC 的辦公區內成立了航空交通氣象中心(Air Traffic Meteorology Center, 以下稱 ATMetC)，負責收集福岡飛航情報區內航路及機場氣象資訊，這些氣象資訊除了提供予 ATMC 作為飛航管理決策參考，也提供給各航空公司使用。

而日本 ATMC 與 ATMetC 間之協調，則是參考美國航空總署(FAA)與美國國家氣象局(NWS)已經運行多年之合作決策機制 (Collaborative Decision Making, CDM) 的概念，在偌大 ATMC 作業室中除了設有空域管理(ASM)、飛航流量管理(ATFM)、越洋飛航管理(Oceanic ATM)、越洋管制席位、日本自衛隊聯絡官、航電、情報等席位外，另有 ATMetC 席位，並在作業室前方掛著數個大螢幕，其中四面螢幕即時提供各個空域、機場之流量、各空域之運用及限制、鄰區航機流量動態及軍方訓練空域動態，另外螢幕則顯示成田、羽田機場即時氣象數據資料、全日本氣象雷達合成圖、航路顯著天氣、空域及主要機場六小時之逐時適航預報等氣象資料，方便的 ATMC 作業室內人員快速瞭解各項重要流量管理資訊，ATMC 作業室席位配置圖如圖 26 所示。

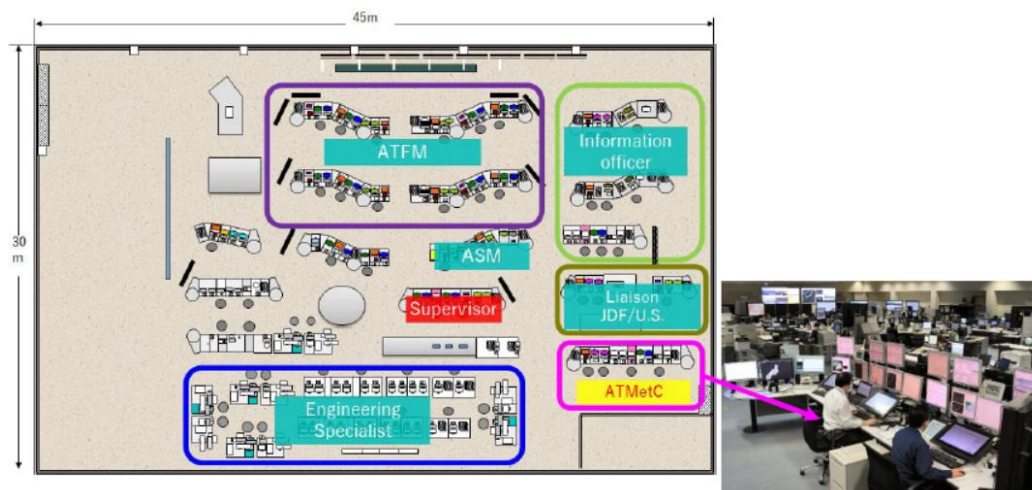


圖 26：ATMC 作業室席位配置圖。

ATMetC 在 ATMC 作業室內以二班制的方式 24 小時輪值，並透過”ATMetS”氣象資訊顯示系統提供 ATM 管理人員共享最新的氣象資訊，CDM 的精神除了表現在 ATMC 作業室內各單位間的即時就氣象變動、設備狀況、航機流量溝通協調及各種緊急狀況之聯合處理外，另每日定時 0620Z 及 2345Z 召開兩次 CDM 視訊會議如圖 27，由 ATMetC 須提供天氣簡報外，與會單位還包含日本航管單位（東京、福岡、札幌、那霸區域管制中心與成田、羽田管制塔臺）、日本國防部及航空公司(JAL、ANA)，ATMC 與外單位間分享飛航空域、流量、氣象等資訊，會中說明現在及未來的流量管理措施，並共同做出相關飛航管理決策(ATM Operation Plan，OP)，如圖 28。



圖 27：CDM 視訊會議

OP

*** ATM OPERATION PLAN ***		
VALID 2017/04XX/0630 THRU 1220		
-CAPACITY(CAPA) & CONSTRAINTS-		
RJFF	: 0600-0900	CAPA=8 (WX)
T17	: 2300-1200	CAPA=96% (WX)
T21	: 0250-1200	CAPA=91% (WX)
F02	: 0250-1200	CAPA=93% (WX)
F03	: 2250-0900	CAPA=93% (WX)
F05	: 2250-0900	CAPA=86% (WX)
-ROUTE COORDINATION-		
T24	: 0640-0855	
-FLOW CONTROL INITIATIVE-		
RJTTS	: 0620-1300	EDCT
ROAH	: 0030-0730	EDCT

圖 28：飛航管理決策值

ATMetC 作業室每日之主要工作項目除了參與 CDM 視訊會議及與 JMA 總部視訊天氣討論外，於 ATMC 人員交接班時亦提供交接班天氣簡報(如圖 29)，所提供之氣象資訊皆因應 ATMC 之需求，天氣簡報提報之資訊包含雷達資料、天氣圖、航空交通氣象時序預測(Air Traffic Meteorological Category forecast)、主要航路、7 個主要機場(成田、羽田、新千歲、中部、關西、福岡及那霸機場)天氣預報、航路顯著危害天氣(影響航空交通流量之積雨雲、強風、亂流等)、

國外鄰近區域主要機場 METAR 及 TAF，日本飛航情報區流量管理關注重點(機場、空域及航路)，如圖 30。

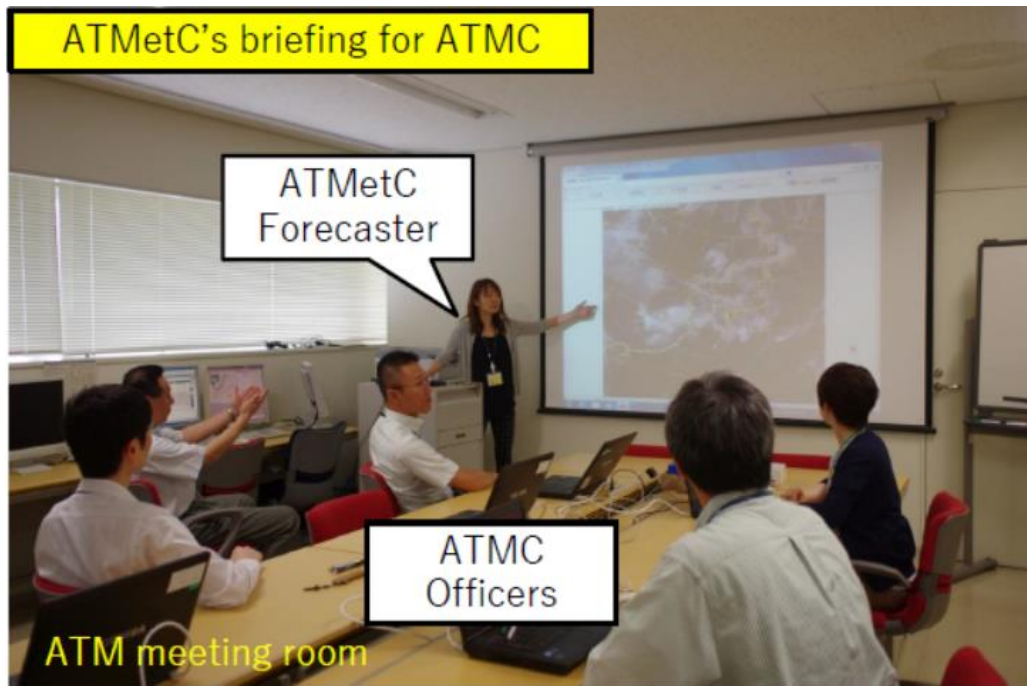


圖 29：ATMetC 對 ATMC 人員交接班時提供天氣簡報

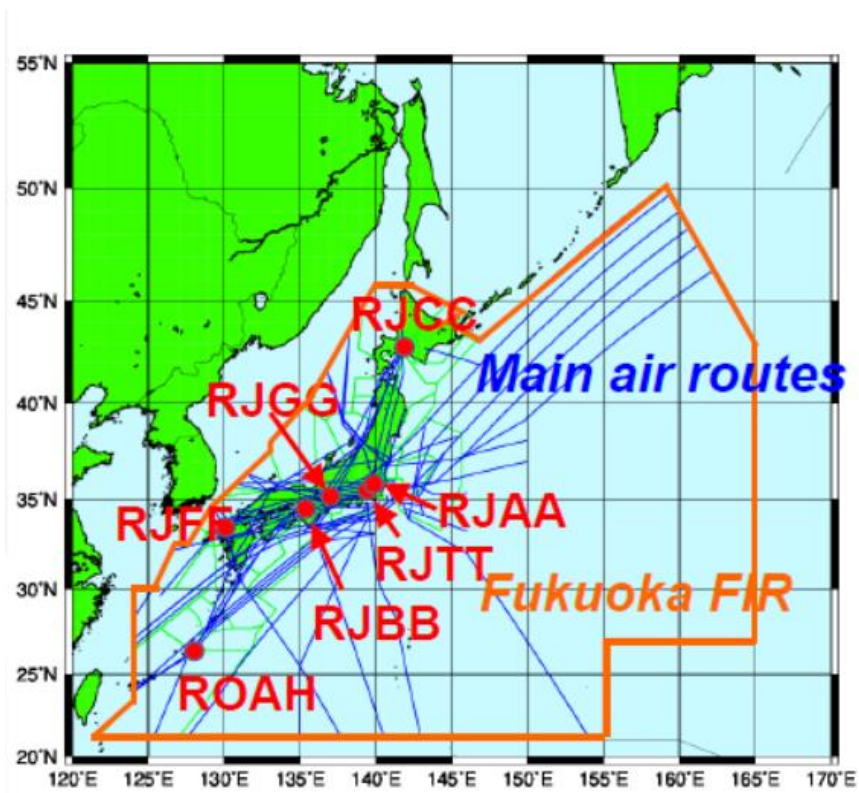


圖 30：日本流量管理關注重點

ATMetC 所製作報產品 Air Traffic Meteorological Category Forecast 的目的是提供 ATMC 做飛行管理決策參考，因此預報產品設計均為 ATMC 之需求量身訂做，針對所劃定之空域區塊、主要航路影響其飛行流量的顯著天氣如積雨雲(CB)、雷暴(TS)，並考慮到不同機場所能容許之天氣標準(強風、能見度、雲高、降水及降雪等)各有不同，將天氣標準轉換為影響飛行流量的機率大小，以簡單的顏色(紅、黃、藍)顯示來區分對飛航流量影響的程度，讓 ATM 官員不需要多花額外的時間消化氣象資訊，就可以迅速掌握天氣其影響飛行流量的機率來做出飛行管理決策。而這些預報產品對內以內部網頁的方式，名為航空交通氣象訊息分享系統(ATMet Information sharing system，ATMetS)的方式提供給 ATMC，還將重要的氣象資訊投射於 ATMC 作業室前方四個大投影螢幕中，此外，亦透過外部網路對外供應給航空公司使用，每日整點 15 分前提供未來 6 至 12 小時之航空交通氣象類別預報(1400-1600Z 因航行量低不提供這項預報產品)，這項預報產品的特色是因應不同機場有不同的天氣容許標準，轉換以利用顏色分別天氣影響航空流量之嚴重程度，預報的範圍包含 7 個主要機場，分別為新千歲、成田、羽田、中部、關西、福岡、那霸等機場，預報產品樣本如圖 31 所示。本局總臺已成立飛航流量管理(ATFM)小組，刻正研議本區飛航管理相關作業，總臺氣象中心現行已建置因流管需求，提供未來待命區、報告點及機場發生閃電、強對流胞及強降水(估計大於 40 mm/hr)之紅、橘、黃燈警示資訊，不同飛航情報區因作業特性，各有其影響飛航流量之關鍵因子。

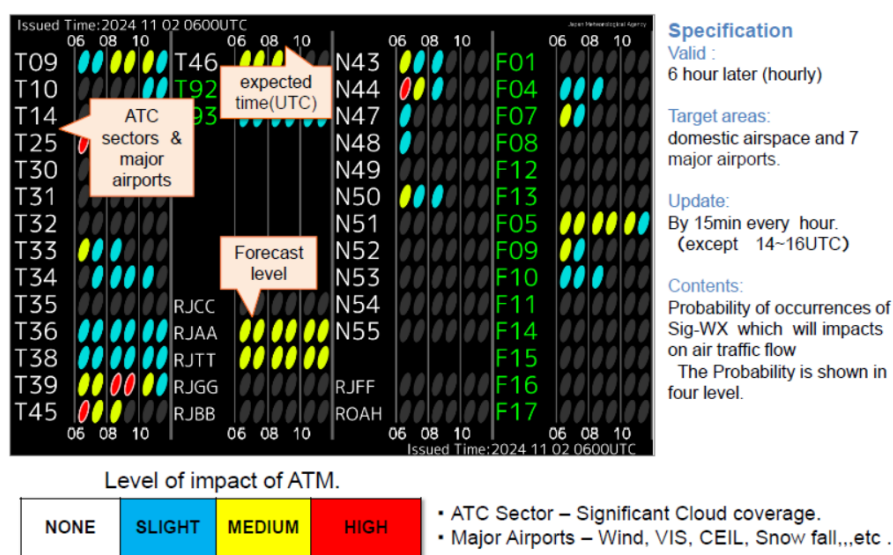


圖 31：天氣標準轉換為影響飛行流量的預報產品

伍、心得與建議

自民國 80 年本局總臺與 JWA 建立氣象資料提供的服務，合約為 2 年 1 簽，長期以來建立了良好的基礎，經由 JWA 非官方的管道，本局得以取得全球天氣圖表資料、氣象衛星及美國、英國世界區域預報中心發布之顯著天氣圖等資料，此外，我方透過 JWA 獲取國際及日本氣象廳(JMA)之最新航空氣象作業資訊，與航空氣象發展中的新技術以及未來規劃資訊，進一步研議、精進我國相關航空氣象服務及作業，與國際氣象服務同步及接軌，在我國非世界氣象組織（WMO）及國際民航組織（ICAO）會員的情況下，實為重要之資訊管道。

本次經由臺北和東京的技術協商會議中，解決傳送資料品質或過程等問題，並就「日本機場低空風切警報作業」、「日本視訊進行機場天氣觀測及預報作業」、「人工智慧(AI)應用於航空氣象預報作業」等議題進行討論，並透由 JWA 協助安排赴羽田機場實地瞭解其低空風切偵測設施及作業模式，另赴福岡「航空交通氣象中心」(ATMetC)進行業務交流，瞭解相關航空氣象內容及提供頻次，並建立了聯繫窗口。謹就參與本次會議建議事項如下：

一、雷達整合光達之低空風切警報系統有其效益，但仍應評估本地環境條件及需求後妥予研析是否採用該技術及設備，以建置符合本區作業需求之低空風切警報系統

本次赴羽田機場實地瞭解雷達(晴天模式)整合光達(雨天模式)設備之低空風切警報系統，已為先進國家採用之風切警報系統，本區現行桃園及松山機場之 LLWAS 系統，係以 10 數個相鄰 1 哩地面風速計，涵蓋鄰近跑道水平範圍(跑道及跑道外 3 哩內)來運算風場輻散、輻合，產生航機起飛、跑道滾行及降落階段之風切預警，雖符合空氣象規範作業標準(提供跑道向上 500 公尺風切資訊)，惟具有維運不易及外部環境改變影響準確率問題，且風切預警僅限鄰近跑道區域，水平及垂直方向並無詳細完整風向、風速資訊可供分析研判相關風切天氣系統(颱風、東北季風、雷雨等)發展，增加前置作業預判時間。惟前述雷達整合

光達設備之低空風切警報系統系統，除可以偵測鄰近跑道區域大範圍(6~60 哩)水平及垂直 3 維完整風場資訊進行航機降落、起飛航路風切演算，產生預警外，亦可為天氣監測系統，可即時提供駕駛員及飛航管制人員參考，且可以涵蓋桃園國際機場第三條跑道範圍及解決維運、搶修不易問題，經瞭解日本在成田、羽田及關西機場航行量大之機場建置本系統，雖造價不貲達數億，惟係有效益之投資，飛航用戶有很高滿意度。本局所屬總臺已於 113 年進行之未來新一代低空風切警報系統先期作業研究，已將雷達整合光達之低空風切警報系統納入考量，其系統有其效率，但仍應評估本地環境條件及需求後妥予研析是否採用該技術及設備，以建置符合本區作業需求之低空風切警報系統。

二、研析適宜運用人工智慧技術之航空氣象服務，如颱風侵襲期間各機場風力預報、區域模式細緻預報或濃霧期間機場低能見度預報等，就現有與中央氣象署之合作協議平台或自行研究計畫，並參與相關國內外研討會，強化相關作業及技術研發

近年人工智慧技術蓬勃發展，不論從觀測、即時天氣、短期天氣、短中期乃至於氣候預報，應用大量資料進行機器學習，產出預警報產品，AI 預報是趨勢，已融入天氣預報、警報作業一環。國內外政府及學術單位普遍嘗試引入人工智慧技術改善既有工作程序，並提供新式的作業指引，然而人工智慧預報技術是透過大量過去資料來推估未來天氣，資料量不足並不適宜運用人工智慧預報技術，且本身並無天氣動力程式為基礎，是否可以預報未來更劇烈的天氣預報強度，還需進一步研析。本次赴日業務交流，瞭解 AI 預報是脫離傳統預報模式，經由大量氣象資料進行機器學習，產出所需風切預報及模式預報產品，以利相關作業參考，進一步提升預報準確率，其中包含與外界合作及研發過程，需投入相當研發資源，考量本局航空氣象係以作業人員為主體，建議可持續關注國內外氣象單位之人工智慧預報技術，妥予研析適宜運用人工智慧技術之航空氣象服務，如預報颱風侵襲期間各機場風力預報、區域模式細緻預報或濃霧期間低能見度預報等，就現有與中央氣象署之合作協議平台或自行研究計畫，並參與相關國內外研討會，強化相關作業及技術研發。