

## 參加國際民航組織 (ICAO) 舉辦之 2019 年年度氣象/航管 專題研討會議 (MET/ATM Seminar) 之心得分享

魏志憲<sup>1</sup>

國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)所屬亞太辦公室(APAC office)每年定期舉辦氣象/航管專題研討會議，目的旨在融合氣象服務與航管的作業，以提升氣象資訊對航管的支援能力。筆者曾於 2017 年參與在日本福岡舉辦之會議，相關之專題報告僅侷限於半日進行，然去年(2019)專題報告之議程達三日，且內容多元豐富，筆者有幸應國際航空運輸協會(International Air Transportation Association, IATA)之邀請，代表航空公司氣象人員參與此次專題討論會議。惟我國非 ICAO 會員國緣故，筆者乃以 IATA 會員代表之身分出席此一會議。

會議於 2019 年 5 月 27 日至 29 日在新加坡舉行，由新加坡民航局(CAAS)承辦，東亞地區各個國家的氣象與航管單位均派代表出席。會議開始，首先由 ICAO 亞太地區的航空氣象官員 Dunda 先生說明，現階段航空氣象的核心作業標準與建議規範以及區域作業需求主要是依據芝加哥公約第 3 號附約(Annex 3)與區域空中導航計畫(regional Air Navigation Plan, ANP) (文件 9673)。同時，他亦指出，DOC9854 全球航管作業概念(Global Air Traffic Management Operational Concept)的第二章第 19 節的 17-19 條款是航空氣象服務發展的策略方針，有以下幾點：(1)氣象與航管的整合；意即，為航管量身訂做的氣象資訊。(2)氣象對航管帶來的利益，包含提升作業準確與即時率、機上氣象資訊的可行性、增進惡劣天氣資訊的代表性、機場天氣報告與預報、飛行員報告的可行性、減低環境對空

---

<sup>1</sup>中華航空公司 聯合管制處

中交通的衝擊等。(3)氣象的績效管理。

此外，ICAO 未來氣象業務的發展，可分成下列幾個部分：(1)世界區域預報系統、(2)新式的通訊方式、(3)加強對火山灰、太空天氣、毒性化學物質與其他危害天氣現象的掌握、(4)場站端氣象對航管的支援、(5)將氣象納入飛航系統組塊升級的第二組塊階段、(6)全系統信息管理裡的氣象脈絡等。因此，ICAO 航空氣象專家小組未來的發展將著重於四個面向：氣象的需求與整合、氣象資訊與服務之發展、氣象資訊交換、氣象操作群組等。

在航管與氣象工作群組的需求與整合部分，ICAO 亞太辦公室航管主任 Summer 先生指出，在 DOC9750 中詳述 2016 至 2030 年的全球空中導航計畫，包含飛航系統組塊升級(Aviation System Block Upgrade, ASBU)，其中的組塊一和組塊三，均強調藉由氣象資訊的整合來強化作業決策，運用氣象資訊並即時氣象減緩策略支援決策自動化過程。他更進一步說明 ICAO 區域計畫，期望在亞太地區打造無縫的航管聯網。提升航管服務層級的第二階段預計在 2019 年 11 月前完成，屆時航空氣象的權責區與適當的航管權責區之間的航機氣象資訊交換將設置完成。

接下來的主題由各國氣象與航管單位分享其氣象與航管的協同服務合作，其中日本氣象廳、香港天文台與澳洲氣象局為主要的提報機構。

日本氣象廳簡介亞太區域以航管為對象量身訂製氣象資訊與服務(ATM tailored MET information and service)之支援指南。

在 2015 年 ICAO 氣象會議曾提及以航管為對象量製的氣象資訊需依循 Annex 3 的規範。然而，相關技術層面的詳細說明在 Annex 3

中卻未記載。因此，該會議中決議發展一份區域性的指引文件，用來規範支援航管作業所量製的氣象資訊。在這份指引文件當中，闡述了從預備階段到實際作業的必要流程。此指引文件同時說明針對支援航管作業所量製的氣象資訊之重要性。在預備階段時，先建立氣象與航管部門的溝通管道，之後再確認服務的內容，包括瞭解航管與航機之間的操作、進行個案的研究與討論、由氣象單位提供服務的計畫書、發展符合航管需求的服務等等。而在流程導入的過程中，首要重於系統的發展，其次在於系統與服務的測試運行，最後是准允提供服務。而在作業化階段，首先進行作業的測試，其次為氣象資訊與服務的供應，再者為驗證與測試，最後為持續改善。日本氣象廳更舉自身的例子加以說明。在 2003 年 8 月時，航管氣象中心(ATMetC)籌備辦公室在氣象廳本部的航空氣象處內成立，及至 2005 年 8 月，航空氣象預報室正式在氣象預報處底下運作，而 ATMetC 籌備辦公室改隸航空氣象預報室，同年 10 月正式成立。另外，指引文件規範氣象機構參與協同決策制定(Collaborative Decision Making, CDM)，如此使得氣象資訊在支援航管上顯得更有效率，且藉由直接對航管人員進行天氣的簡報，使資訊傳達更快速確實。

以航管為對象所量製的氣象資訊與服務可分為兩部分，其一是針對衝擊航管運行程度的天氣資訊，另一是提供常態性認知的資訊。兩者皆主要為能鑑別出對航空流量影響的天氣現象，並且以圖形化方式提供（圖 1），可使氣象資訊的解讀更具效益。在航管中心裡，氣象人員可透過面對面、視訊、線上交談或電話等方式溝通並交換意見。

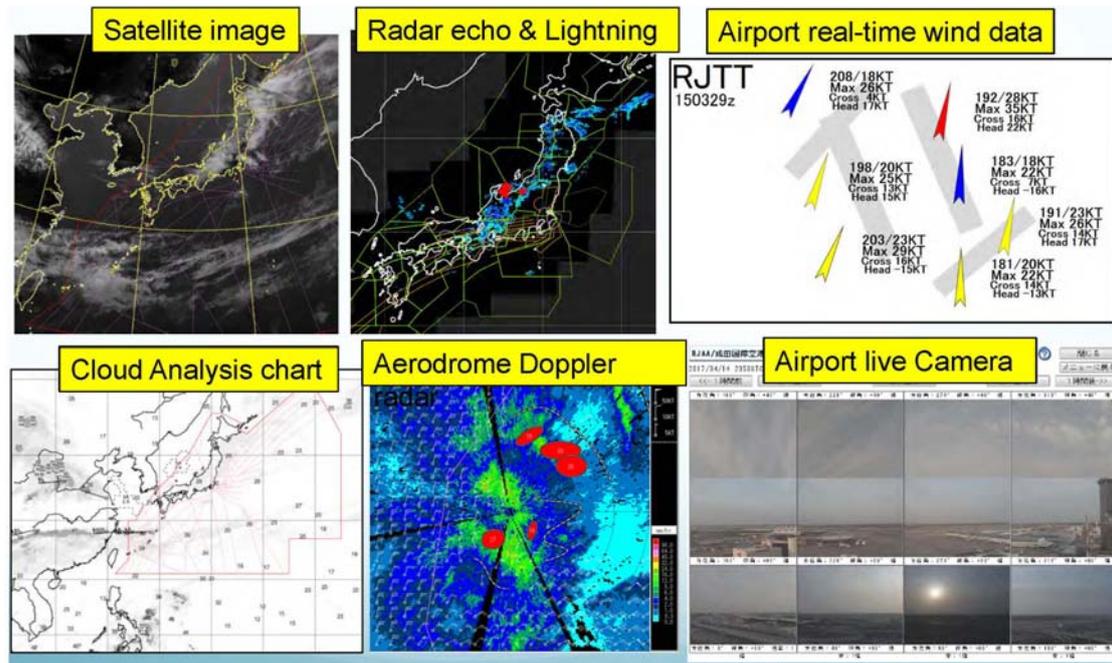


圖 1：JMA 提供給航管人員使用之即時氣象資訊，包括衛星雲圖、雷達回波與閃電資訊、機場即時風場資訊、雲量分析、機場都卜勒風場、即時機場攝影畫面等。

日本氣象廳接續介紹作業化顯著氣象資訊協調方式的指引文件。發展該指引的背景源於顯著氣象資訊在飛航情報區邊界上，常發生不連續或缺乏一致性的現象。因此，日本與新加坡等國家分別發起顯著氣象資訊協調計畫，並且起草區域指引文件，以確保顯著氣象資訊的相配度，打造無縫的顯著氣象資訊，並避免產生任何的延誤，俾孕育出一個諮詢協調的過程，可促進各飛航情報區之間的共識。此一指引文件基本上為雙邊或多邊的協調過程，各飛航情報區須建立對顯著氣象資訊協調的基本認識，而所屬之氣象守視室 (Meteorological Watch Office, MWO) 則必須一同參與發展作業流程，並對顯著氣象資訊的協調流程進行簽屬。在作業的協調上，須建立一通用介面，可以分享觀測與數值天氣預報資料，與各 MWO 之間對氣象預報之觀點。而通訊的協定亦須統一，亦必須預備備援的通訊系統。而各飛航情報區相互建立共識，以確保協調後的顯著氣

象資訊具有即時性。此外，每次協調的技術討論均須確實記錄，如此可對增進各 MWO 之間未來的協調與合作帶來貢獻。

現階段在顯著氣象資訊協調上，常見若干技術層面的難處。其一是發佈的標準，亦即，須針對顯著氣象資訊的發布制訂一客觀的規範，確保資料的一致性。其次，在不同天氣特徵下，跨區域的顯著氣象資訊的協調一致性。因此，從舊有的個案進行評估並定期的回顧，可確保流程持續的改進。此外徵求使用者與利益關係者的回饋，亦可確認未來需改善的區塊。

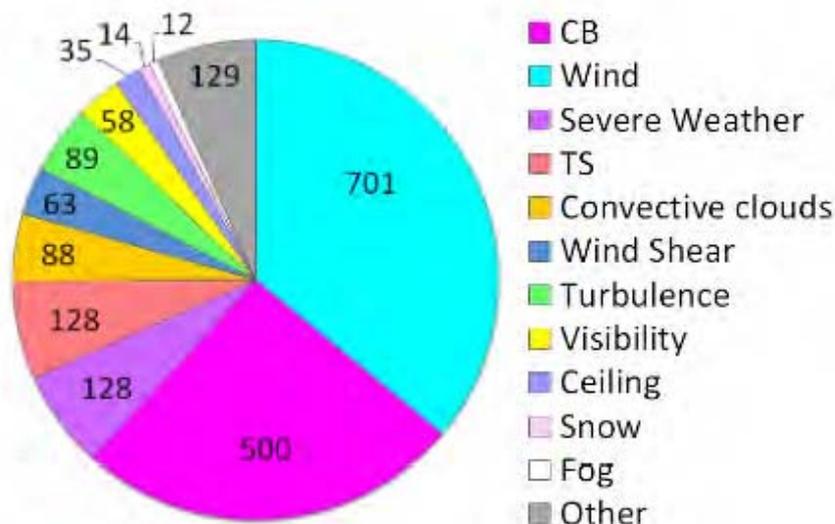


圖 2：2014 至 2015 年間 JMA 統計發生於日本羽田機場的各類危害天氣之次數。

而關於氣象資訊如何支援航管，氣象廳說明在日本的主要機場，包括關西、中部、成田羽田，以及新千歲等，均啟動空中交通流量管理 (Air Traffic Flow Management, ATFM) 作為，主要從安全考量來減低航管人員的工作負荷，並增進空中流量的效率。當航班因航路顯著天氣現象而無法落地時，可將航班在出發地先行地停。若航班因惡劣天氣現象須繞行迴避以致增加航管人員的負擔，則分配離場時間或進行離場前的航路協調。此外，因航路顯著天氣

現象造成在場站滯空時間過長，則調整航速與班機的間距。因此，ATFM 需要所謂的「有效資訊」，包括影響 ATFM 的現象、現象的位置與大小等，並且為使簡報更有時效，藉由每日的定期會議與作業，使氣象與航管人員之間凝聚共識。影響 ATFM 的現象中，依不同的空域有不同的比例，以羽田機場流量管制支部為例，風場與積雨雲的影響約佔三分之二的比例（圖 2），特別在側風的部分，往往造成進場失誤必須重飛，或無法離場等狀況，以至於空中交通量與航管人員的負荷大增，在此情況下，流量管制員必須將心力放於到場航班與轉降考量，進而減少航管的接受能力。另外，強勁的低空風切將減少航機的地速，航班的間距相對減短，航管人員亦須減低到場航班航管的接受能力。在積雨雲與雷雨方面，則著重在交通量最密集之處，一旦該處出現積雨雲，則所產生的衝擊最大。此外，對於航班最密集的飛行高度，亦須留意對流雲頂的發展高度對流量管制的影響，特別是在高於飛行高度 22000 呎以上的空域（圖 3）。空中流管所需要的另一種有效資訊為特別簡報的有效時間，當正常航路上存在惡劣天氣現象，此時離場前航路的協調、預計離場放行時間、起飛許可均受到影響，因此起飛許可前約 1 小時，或是在顯著天氣發生前 2 至 3 小時，就必須由氣象人員向流量管制員提供氣象資訊，進而可針對流管進行預備與制定決策。一般而言，對於飛行中的航班，可以調整航機速度或間距來降低危害天氣區域進場的航班數，而的停航班則延時離場，此時航管員最需要的訊息是顯著天氣何時開始，何時發展最為旺盛，如此可使流量的效率恢復快速。未來計畫進行航管系統重整之協同合作行動，打造無縫的天空，並期望可量化劇烈天氣對航管容量與其他航機作業的衝擊。

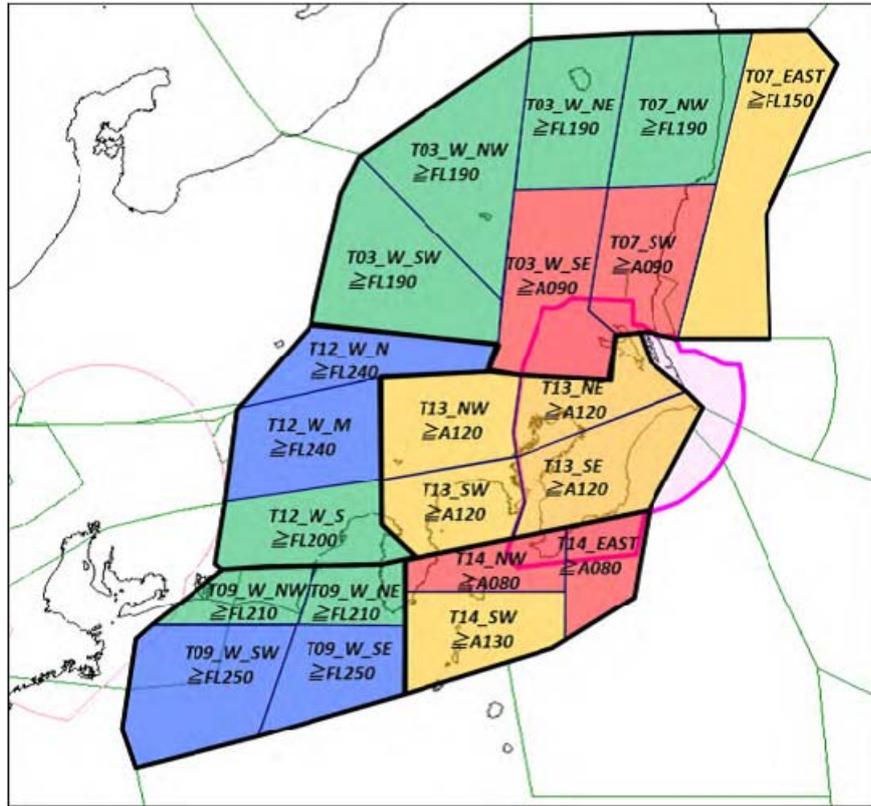


圖 3：JMA 根據對流雲發展高度，將東京進場空域分區之示意圖。

ATM Categorized Impact of weather ELEMENT prediction Issued at 0100UTC 25 Apr 2018  
ATMetC Tokyo Metropolitan Area Team, JMA

Sector/Time(UTC)	01					02					03					04					05					06					Level of Impact to ATM
	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	
T03	CONV																														NONE
T07	CONV	CONV														CONV															NONE
RJAA	WIND CONV	GUST WIND CONV	GUST												GUST					GUST	RED										
RJAA-1 Conv	CONV																														NONE
Wind	CONV																														NONE
Cross	CONV																														NONE
Gust	CONV	CONV	GUST												GUST					GUST	RED										
VIS	CONV																														NONE
BASE	CONV																														NONE
TS	CONV																														NONE
SN	CONV																														NONE
blw3000 Wind	CONV																														NONE
RJAA-2 Conv	CONV																														NONE
RJTT	WIND CONV	WIND CONV												WIND CONV															NONE		
T14	CONV	CONV	CONV												CONV					CONV	RED										
T14_NW Conv	CONV																														NONE
T14_SW Conv	CONV																														NONE
T14_EAST Conv	CONV																														NONE
T09	CONV	CONV																													NONE
T12	CONV																														NONE
T13	CONV	CONV	CONV												CONV															NONE	

圖 4：根據氣象預報資訊所製作之航管衝擊程度警示表格。紅色代表需顯著地降低空域的容率。黃色代表降低空域的容率、藍色代表輕微降低空域的容率，白色代表無須調整空域的容率。

此次會議香港天文台亦帶來許多簡報議題，首先報告世界氣象組織內部大氣科學委員會與航空氣象委員會聯合主導之航空研究展示計畫(Aviation Research Demonstration Project, AvRDP)的最新進度。此一計畫主要目的，一是為支援強化全球空中導航計畫的氣象資訊與服務，其次則是展現即時預報與中尺度模式技術在支援航管的能力。該計畫分兩期，第一期已在 2017 年結案，主要焦點放在氣象的研究與發展。第二期則正在執行中，焦點放在對航管造成衝擊的氣象資訊的轉譯。另香港天文台在 2018 年 10 月承辦 WMO 的氣象-航管整合的工作坊，討論議題包含在執行 AvRDP 機場進行氣象-航管整合實地演練、區域聯網流量協調、航空氣象預報與中尺度數值預報技術等，並對參與的各國代表進行回饋調查。AvRDP 第二期計畫預計在 2019 年底終結，屆時此計畫成果將發展對航管量身訂製的氣象服務，從科學的層面發展出場站使用的技術指引文件。

接續上述議題，香港天文台亦依自身之經驗，發表針對航管量身訂製合適的氣象資訊，以支援航管作業的現況。

香港機場的空中交通流量管制局通常依據跑道與空域的容率，估算後續數小時內的機場容率，並且利用電腦的輔助，機場氣象單位可提供量製的航空氣象服務產品，這些產品包括：針對離到場空中通道的 1 小時對流即時預報、針對場站半徑 20 哩範圍內以及主要航點的 6 小時對流預報、9 小時以運行為主的機場天氣預報、以及天文台為支援空域容率的估算所供應一份針對飛航情報區重點區域的 12 小時顯著對流預報時間序列等。

就氣象資訊在進場管制上的運用，香港天文台將近場區域，包括華南與南海部分區域上空，分成 25 層網格分析高空風與溫度，網

格解析度為 0.2 經緯度，可提供以小時為間隔的 24 小時預報。此一資訊可整合至進場管制應用系統，以利進行航機進場排序。

另外，氣象雷達所觀測的降水回波資訊亦扮演相當重要的角色。根據氣象雷達觀測資料製作所謂等高面平面位置顯示圖 (Constant Altitude Plan Position Indicator, CAPPI)，可分析高度 1 公里至 10 公里的降水回波分布。這些資料亦整合進入航管系統，用以支援策略性的決策制定。經由多方測試後，航管人員發覺此項產品甚為有用，並提出將資料範圍擴大至機場中心半徑 250 公里之需求。另藉衛星觀測資料亦可反算雷達降水回波，供航管系統決策使用 (圖 5)。此外，香港天文台亦發展機場雷雨與閃電警示系統，可偵測並即時預報香港國際機場的雷電活動，主要是偵測在機場範圍 10 公里內存在的雲對地閃電活動，並預測在進場區域 5 公里範圍內可能發生的雲對地閃電活動，若偵測到或預報雲對地閃電發生在機場 1 公里範圍內，即發布紅色警戒。在天氣簡報部分，香港天文台提供每日清晨與午後各一次的視訊簡報，並且藉由專線即時供應任何天氣條件的變化。另當熱帶氣旋接近時，則針對惡劣天氣另製作天氣簡報，且提供額外的天氣簡報供香港國際機場各航空業者使用。所有香港天文台提供之氣象資訊可藉由機場的協同決策制定平台 (Airport-Collaborative Decision Making, A-CDM) 獲得，藉「一次購足」式的顯示方式簡化 A-CDM，可使使用者快速獲取大量的相關資訊 (圖 6)。此外該平台亦將 ADS-B 航機位置資訊疊加至氣象資訊上，可用以明白在部分重要的空域與航路上天氣對航管的衝擊，並可在進行天氣簡報時，清楚明白管制員所關切的重點。

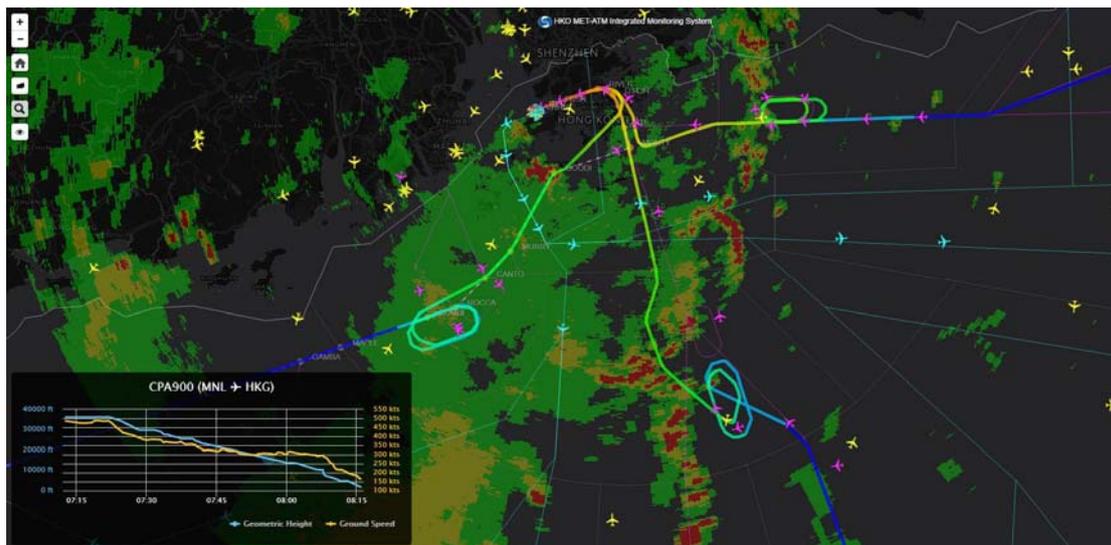


圖 5：香港天文台整合氣象雷達的等高面平面位置顯示圖(CAPPI)之航管決策輔助產品。

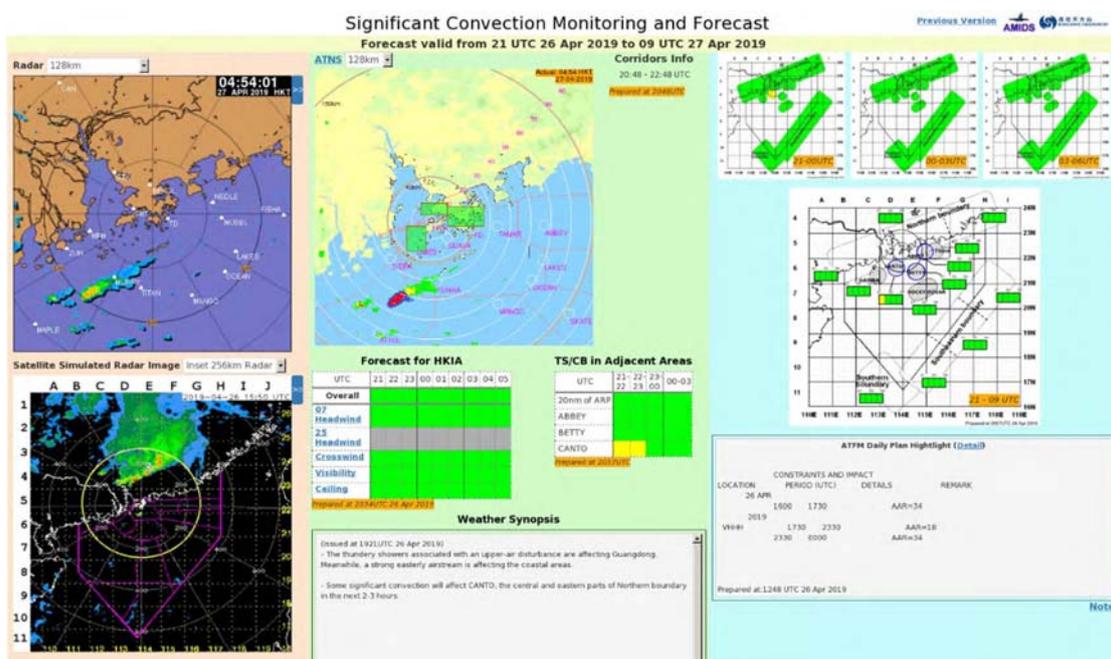


圖 6：香港國際機場的協同決策制定平台，其中氣象資訊由香港天文台提供

澳洲飛航服務聯網協調中心的資深氣象學家簡介澳洲的空中交通流量管理。該國自 2012 年開始啟動地面延時計劃(Ground Delay Program, GDP)，即為空中交通流量管理與協同決策制定的濫觴，而

後再開啟氣象的協同決策制定(MET-CDM)，成員包括澳洲象局派駐飛航服務聯網協調中心的人員，航空公司的氣象人員、部分空中交通流量管理人員、近場台管制員等。

航空流管所引發進場航班容率的議題，發生於機場的到場階段，並和下列因素有關，包括舊有的基礎建設、每日最小與最大到場容率的變化幅度、經常性請求超量的可用容率、以及四個主要機場（雪梨、墨爾本、布里斯本與伯斯）的全日地面延時計劃。地面延時計劃的產出就是計算出航班撤輪擋時刻(calculated COBT)。然而，不同國家的定義有明顯差異，其因為流量管理會策略性控管航機後推時間。目前此一措施只針對澳洲國內航班，國際航班暫豁免。地面延時計劃其實就是一種事前的規劃，若此規畫與最後可達成之容率無法相合，則會再進行修，如此可以空出較大的空域，當出現預先計畫與實際容率有小幅或短時的差異時，可讓航路管制員有機會進行調整。

至於氣象的協同決策制定之推動，聯網協調中心氣象組會先填具一份陣列式架構表格，之後交由航空氣象中心檢視。聯網協調中心氣象組召開與航空氣象中心的視訊會議，針對天氣現象影響地面延時計劃的場站，以及後續對到場率的效應之可能性，討論出可行的計畫並且協力取得共識。這些共識所得之建議將傳給流量管制員，用以再加入其他非氣象因素之考量（圖7）。之後流量管制員再傳送聯網協調中心的值班經理進行最後的確認與簽字，初步的地面延時計劃便依最後制定的進場率來執行。

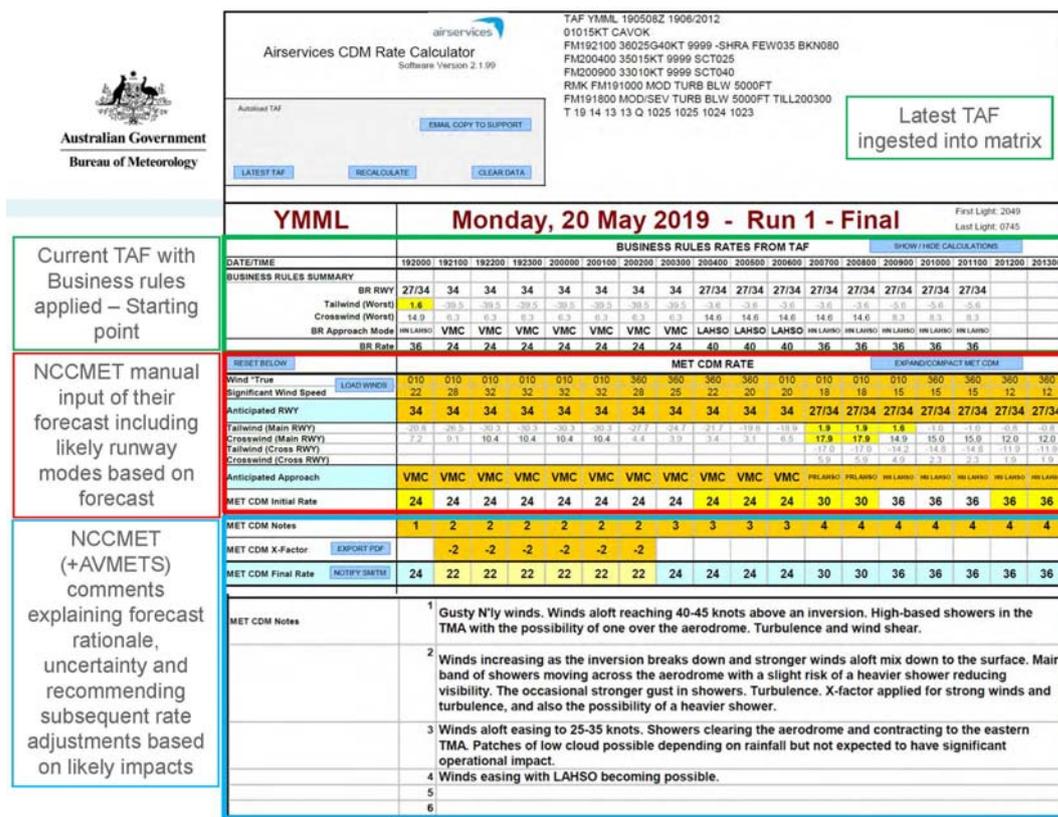


圖 7：澳洲空中流量聯網協調中心所制定之陣列式表格示意圖，最上方綠色區塊是依據 TAF 所規劃的決策，中間紅色區塊為聯網協調中心氣象組將他們預報的資訊手動輸入修正之後的決策，最下方藍色區塊則為氣象條件的補述。

資深氣象學家另簡介澳洲氣象局所執行之協同對流預報計畫 (Collaborative Convective Forecasting, CCF)。此計畫的發展背景，起因於對流天氣是影響全澳洲執行地面延時計劃場站所遭遇最具破壞性的單一現象，因此，受影響的相關單位均急切須要即時且分析更為細緻且精確的工具或產品，以利採取適當之行動。這些單位接受訪談並提出了回饋的意見，其中包括：策畫前與策劃階段時對於對流預報的信心程度、探討如何讓預報資訊可以在策畫前與策劃階段時使用，以增進對對流系統的察覺能力、獲得更高解析度的資訊，並藉由圖形顯示確定使用者指定區域的天氣影響、提供快速

顯示的方式將使用者即刻關切的區域確認出來、以及提供一個展示效能平台，可以允許使用者進行視覺顯示與驗證預報的輸出，可供事後分析與回饋。

就增進信心度部分，對於那些實際受影響的用戶，若是因著對預報具信心而主動採取避險行為，如此，預報的輸出與驗證應針對這些使用者的需要量身訂製，包括決定在航點 10 至 20 哩內的準確度、決定在指定區塊與航路內的準確度、確定在 0-3、3-6 小時等多重時間尺度的預報能力之實行度、以及分析雷雨對空中交通的衝擊。

另藉由航點與航路區塊的觀點來了解衝擊程度之部分，可利用空中交通密度分布圖來確認飛越特定區塊或航點的交通量，如此可決定這些區域的重要程度，並且讓流量管理局與聯網協調中心氣象組可以分配更多專注的心力。

而在效能展示與驗證的部分，此計畫將發展一個初步的顯示平台，用以展示計畫執行的效能，並藉由平台可傳遞後製的產出物。此計畫將建立一驗證機制，以利迎合利益相關者的需求。

澳洲氣象局評估，協作對流預報計畫能賦予協同決策制定的聯網能力，包括可對區域或網域的痛處產生普遍且即時性的察覺、可在利益相關者為優先的考量下制定協同決策、可強化管制能力來釋放潛在的空域以及跑道與登機門的容率。

澳洲氣象局還帶來相當氣象專業的簡報，即有關高度冰水含量 (High Ice Water Content HIWC) 的測試。在存有高度冰水含量的對流系統區域，其內部的冰晶容易造成航機的發動機失效與損傷。冰象粒子的累積亦造成溫度、空速與攻角等資料探測的錯誤。然而，這些存在冰水的區域對飛行組員來說，其中的氣象雷達降水回波值

均顯得較為微弱，並且閃電與亂流的發生是微乎其微。在 2015 年，冰晶事件共計超過 150 次，其中雙發動機失效的事件超過 14 次。縱使現今飛行組員的訓練與認知可有要降低此類事件的年發生率，但高度冰水含量事件每年仍增加 8%至 10%。以發生在 2013 年 7 月 31 日俄羅斯航空 747-8 航班受冰擊事件為例，當時航機穿越砧狀雲區時，機上氣象雷達顯示無任何降水回波，然而卻感受到氣溫的異常，並且動力暴衝與反轉，三具發動機的壓縮葉片因冰晶的增生與脫落而受損。因此，澳洲氣象局配合美國國家大氣研究中心(NCAR)所執行之高高空冰晶與高度冰水含量計畫，在 2014 至 2015 年時在澳洲達爾文與美國佛羅里達等地實施 49 架次的飛機觀測實驗，另 2018 年時美國佛羅里達一帶亦實施飛機觀測，目的在於確認高度冰水含量的環境特徵，解決伴隨冰晶積冰所帶來極端的工程問題，並對發動機與空中資料探測發展新認證標準。此外，嘗試從教育訓練、尋找減緩的策略。上述觀測中，測得冰水含量可達每平方公尺 4 克。NCAR 藉此建立 HIWC 區域的預報演算法（如圖），利用氣象衛星與雷達觀測的例行作業資料，並結合模式的輸出，藉由模糊邏輯與最佳化分析，並設定閾值與權重，演算出 HIWC 三度空間的潛在係數，從 0 分布到 1。當然，澳洲氣象局、NCAR、FAA、澳洲航空與維珍航空等機構行號通力合作，進行 HIWC 即時預報的測試，目的除了檢視 HIWC 即時預報的能力外，更將這樣的測試結果反映在未來修正 HIWC 的演算技術上。時間點從 2018 年的 2 月開始持續進行著，相關產品每 10 分鐘更新一次送達參與的機構，並將測試資料提交 ICAO 氣象委員會會議。

附帶一提，會議過程中各國與會人員的經驗分享與交流亦是相當重要的活動，筆者就有關胡志明場站(SGN)從未發布 SPECI 觀測報

告一事詢問越南航管局副局長 Nguyen Lan Oanh 女士，令人驚訝的是，她回復 SGN 場站均有發布 SPECI 觀測報告，但僅供內部使用，並未透過訊息交換平台向國際廣播。她建議待明年 ICAO 氣象工作團隊會議時提出工作文件，要求胡志明場站依芝加哥公約第 3 號附約將 SPECI 觀測報告發送至國際訊息交換平台。

另筆者詢問日本氣象廳(JMA)關於去年(2018)雲雀(Jongdari)颱風侵襲期間，成田機場(NRT)天氣預報失準，而羽田機場(HND)天氣預報較為準確之情況。JMA 航空氣象技術官小松奈央子女士說明，去年之前，NRT 與 HND 場站天氣預報由各自隸屬之氣象中心發布。惟自今年起，NRT 與 HND 場站天氣統一由 HND 氣象中心發布，因此預報資訊將會較為統一。

後記：

相較於 2017 年福岡的會議多半還集中在氣象的議題，本次氣象/航管專題研討會議完全聚焦在與航管之間的支援與決策的輔助，顯見現有的氣象預報資訊已臻一定的成熟度，可有效推動 A-CDM 的運行，不僅可使機場空域流量管制更有效率，亦可減輕航管人員的工作負荷，因此各國民航單位紛紛積極推行。此外，除了氣象預報的準確度外，氣象人員如何“準確的”傳遞資訊給服務端，亦是相當重要的議題。因此除了原本的航空氣象中心的作業外，各國的航管單位，特別是日本與澳洲，亦設置氣象小組，專司即時氣象預報資訊的供應與傳遞。這其實也給氣象人員另一個思考議題：在現階段氣象資訊準確度仍存在相當大的改進空間的情況下，如何適切表達以符合決策需求？獲取跨領域的學習可以找到些許解答。末了，感謝公司聯合管制處中副總經理給予筆者此次與會的機會，並對此次

承辦單位新加坡民航局的辛勞獻上最深的敬意與謝意。

附記：研討會會議資料可透由下列網址搜尋：

<https://www.icao.int/APAC/Meetings/Pages/2019-METATM-Seminar.aspx>