

出國報告(出國類別：其他)

參加「亞洲大洋洲地球科學學會
(AOGS)第19屆國際學術研討會」
視訊報告

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：藍嘉偉主任氣象員

閻雅婷主任氣象員

巫佳玲預報員

派赴國家：臺灣，中華民國

出國期間：民國 111 年 8 月 1 日至 8 月 5 日

報告日期：民國 111 年 8 月 31 日

提要表

系統識別號：	C11100340					
視訊辦理：	是					
相關專案：	無					
計畫名稱：	國際氣象年度研討會					
報告名稱：	參加「亞洲大洋洲地球科學學會(AOGS)第19屆國際學術研討會」視訊報告					
計畫主辦機關：	交通部民用航空局					
出國人員：	姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱
	藍嘉偉	交通部民用航空局飛航服務總臺		主任氣象員	薦任(派)	
	閻雅婷	交通部民用航空局飛航服務總臺		主任氣象員	薦任(派)	
	巫佳玲	交通部民用航空局飛航服務總臺		預報員	薦任(派)	聯絡人 anjoliwu@anws.gov.tw
前往地區：	臺灣·中華民國					
參訪機關：	亞洲大洋洲地球科學學會(AOGS)第19屆國際學術研討會視訊會議					
出國類別：	其他					
實際使用經費：	年度	經費種類	來源機關	金額		
	111年度	其他機關	交通部民用航空局	23,778元		
出國計畫預算：	年度	經費種類	來源機關	金額		
	111年度	其他經費	民航事業作業基金	29,700元		
出國期間：	民國111年08月01日至民國111年08月05日					
報告日期：	民國111年08月31日					
關鍵詞：	「航空氣象」·「AOGS」·「學術研討會」					
報告書頁數：	55頁					
報告內容摘要：	<p>受新冠肺炎(COVID-19)疫情持續影響，主辦國新加坡沿用去(110)年視訊會議方式辦理本(111)年度亞洲大洋洲地球科學學會(Asia Oceania Geosciences Society, AOGS)第19屆國際學術研討會，會議時間為111年8月1日至5日為期5天。民用航空局飛航服務總臺奉准以民航事業作業基金執行「111年國際氣象年度研討會」出國計畫，加入AOGS會員並參與國際學術研究討論會議。本計畫透過參與大氣科學領域之「航空氣象」、「中尺度天氣」、「極端事件」、「地形對降水的影響」及「大氣中的電場」等專題簡報與海報介紹，瞭解氣象新知與技術發展之趨勢，將相關研究結果與技術應用於實際觀測作業與精進預報能力，以提升本總臺航空氣象科技與服務水準。</p>					
報告建議事項：	建議事項	狀態		說明		
	配合我國政策持續關注淨零碳排民航相關議題並及	研議中				

	<p>早研擬對策。</p> <p>持續參加國際性學術研討會，以提升氣象專業領域視野。</p> <p>評估於機場內安裝相位陣列雷達之可行性，提升機場氣象觀測及預報準確度。</p> <p>持續關注並積極取得各類飛機/無人機飛機報告資訊。</p> <p>持續關注國內外積冰及亂流等劇烈天氣預報產品發展，並積極與氣象局或相關氣象學術單位合作研發積冰與亂流測報或預報產品。</p>	<p>研議中</p> <p>研議中</p> <p>研議中</p> <p>研議中</p>
電子全文檔：	C11100340_01.pdf	
出國報告審核表：	C11100340_A.pdf	
限閱與否：	否	
專責人員姓名：		
專責人員電話：		

目錄

一、 目的.....	2
二、 過程.....	2
三、 本次會議內容摘要.....	3
四、 心得與建議.....	53
五、 附錄.....	56

(一) 官網完整 AOGS2022 議程

(二) 參與大氣科學領域中 13 個專題的主題

一、 目的

亞洲大洋洲地區擁有世界上最多的人口且為特別容易受天然災害影響的地區，每年該區域喪生的人數約佔每年全世界死亡人數 80%，因此亞洲大洋洲地球科學學會(Asia Oceania Geosciences Society, AOGS) 於 2003 年成立，透過每年舉辦一次會議，讓學術界、研究機關和社會大眾之間有機會針對重要的地球科學問題，彼此交換新知，增進人類瞭解災害發生原因及提出解決相關災害問題的辦法以造福人類。

為連結交通部民用航空局於 2021 至 2024 年推動之航空氣象現代化作業系統汰換及更新計畫(AOAWS-RU)所引進最新航空氣象預報技術，本次 AOGS 第 19 屆國際學術研討會會議出國計劃共計 3 名成員，以視訊方式參與大氣科學領域中航空氣象、中尺度天氣、劇烈天氣、極端天氣對應及氣象雷達應用等專題。目標為瞭解現今國內外航空氣象技術與實務作業之現況、知悉學術界未來發展及持續提升氣象人員專業知識，並提供國內發展航空氣象觀測與預報前瞻技術，以因應氣候變遷下航空氣象顯著危害天氣加劇之情境。

二、 過程

AOGS 為亞太地區地球科學界參與人數最多之會議，本屆會議舉辦時間為 111 年 8 月 1 日至 5 日為期 5 天(圖 1)，討論範圍從地球內部到太空，橫跨地球物理等各領域，官網完整議程請參考附錄 1。2022 年第 19 屆亞洲大洋洲地球科學學會共分為下列 9 個領域(圖 2)：

1. 大氣科學 Atmospheric Sciences (AS)
2. 生物地球科學 Biogeosciences (BG)
3. 水文學 Hydrological Sciences (HS)
4. 跨領域地球科學 Interdisciplinary Geosciences (IG)
5. 海洋科學 Ocean Sciences (OS)
6. 行星科學 Planetary Sciences (PS)
7. 太陽與地球科學 Solar & Terrestrial Science (ST)
8. 固體地球科學 Solid Earth Science (SE)
9. 特別議題 special sessions(SS)

每個領域再細分為更多專題，今年總共有 129 個專題，其中大氣科學領域就有 48 個專題(佔 36%)。各國地球科學研究人員藉由視訊簡報方式(ORAL)以及海報呈現方式(POSTER)，達成相互學術研究交流及開拓視野之目的。



圖 1：2022 年亞洲大洋洲地球科學學會第 19 屆年度會議之宣傳資料。

Sessions and Conveners

Click "show list" to view the sessions.

Code	Section Title	Sessions	
AS	Atmospheric Sciences	48	Show List
BG	Biogeosciences	3	Show List
HS	Hydrological Sciences	17	Show List
IG	Interdisciplinary Geosciences	10	Show List
OS	Ocean Sciences	16	Show List
PS	Planetary Sciences	4	Show List
ST	Solar and Terrestrial Sciences	20	Show List
SE	Solid Earth Sciences	9	Show List
SS	Special Sessions	2	Show List
Total		129*	

* As the joint sessions are listed in one or more Sections, the total count may not add up.

圖 2：2022 年第 19 屆亞洲大洋洲地球科學學會各領域分類。

本次研討會大氣科學(AS)相關議題共有 48 個專題，我們參加了與業務相關以增進氣象新知的 13 個專題（參考附錄一）。

三、 本次會議內容摘要

本次研討會我們參與了 13 個大氣科學(AS)相關專題(參考附錄二)共計 35 場會議(含海報)，並將 5 日會議內容摘要依日期排列如下：

(一)8 月 1 日

1、AS06-A001

KDP Evolution and Heavy Rain Event in Northern Taiwan: Application of Polarimetric Radar on the Very-short-range Rainfall Forecast

此研究利用樹林偏極化雷達討論在 2021 年 10 月 16 日下午新北市虎豹潭發生的

強烈午後熱對流個案。過去雷達的 K_{DP} 參數主要用於討論水平及垂直極化之間的差異，此變數與降雨強度有關係，但在此研究上作者發現 K_{DP} 極大值 ($>2^{\circ}\text{Km}^{-1}$) 可以用於偵測 10-20 分鐘後大於 60mm/hr 的強降雨事件，另外， K_{DP} ($>1^{\circ}\text{Km}^{-1}$) 發生於融化層之上後的 10-20 分鐘會發生局部的強降雨事件（圖 3 及圖 4）。在雷達掃描策略上，此極端降雨事件來的又快又急，PPI 的掃描策略較快速且能提供較及時的訊息，皆優於 Full Volume 的掃描。

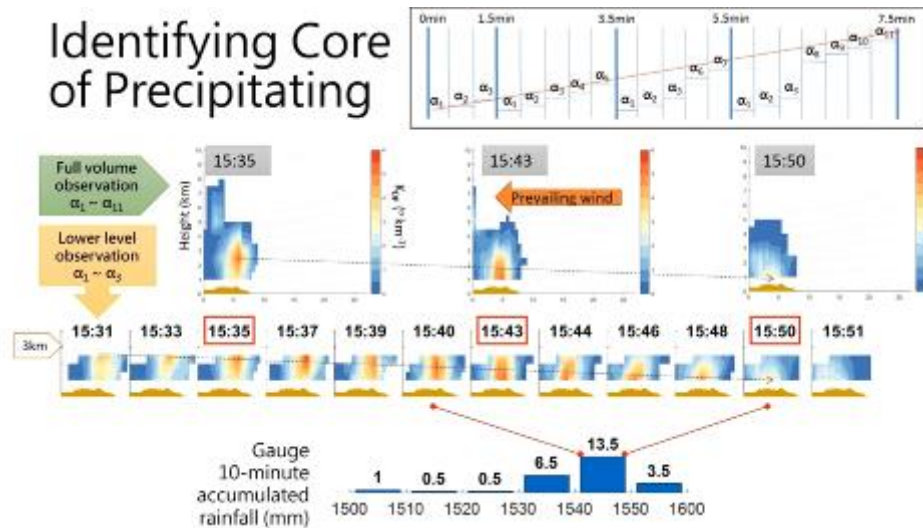


圖 3：累積降雨及 K_{DP} 垂直結構剖面圖及時間序列。

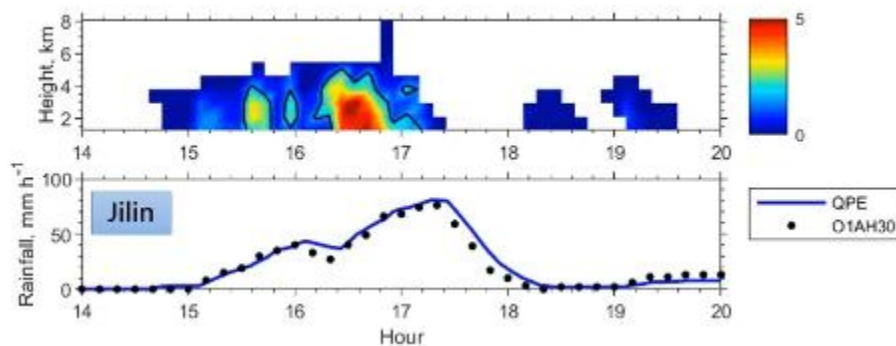


圖 4：吉林降雨強度與 K_{DP} 時間序列關係圖。

2、AS03-A008

Increased Variability of Western Pacific Subtropical High Under Greenhouse Warming

此研究討論太平洋副熱帶高壓（WPSH）在全球暖化下的變異，WPSH 在六～八月時影響颱風移動路徑、梅雨發生位置甚至乾旱水災的發生頻率等等，其最大的變化地區位於西太平洋地區，尤其是臺灣東部海面附近，因此作者針對此區域（西太平洋地區，如圖 5 黑色框所示）進行主成分分析，拆成主成分 1（PC1）及主成分 2（PC2）並探討其變化，其中 PC1 佔 71%，PC2 則僅有 9%。

PC1 的部分與中太平洋海溫的變化有極高的相關性（圖 6），主要是因為中太平

洋海溫異常變冷時會導致 Rossby Wave (羅斯培波) 傳遞至西太平洋並往北傳送，進而造成此研究區域的下沉運動增強副熱帶高壓強度，作者同時利用 Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) 模式輸出檢驗，也可以發現一樣類似的關係。PC2 的變化則與印度洋及 Nino4 的海溫變化有關係，但其 EOF2 貢獻量很少。接著討論 CMIP6 模式在全球暖化情境下 WPSH 的變化，發現 PC1 的標準差在暖化情境下有變大的情況，接著再去統計強 WPSH 事件也有明顯增多的情況 (圖 7)，WPSH 極端事件的增多會導致在中國華中易發生強降水的事件 (圖 8)。

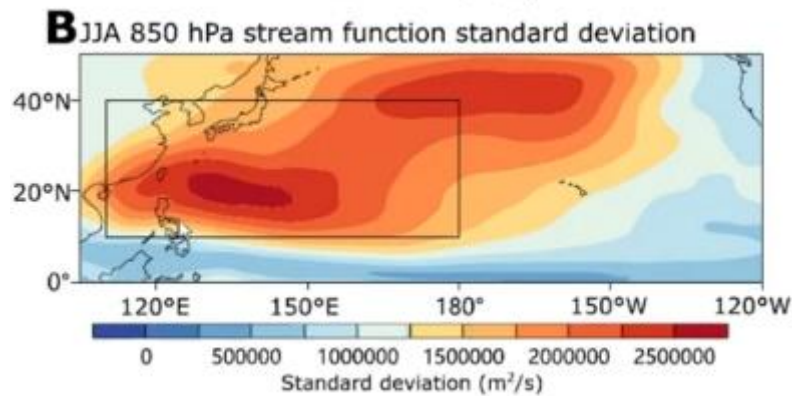


圖 5：850hPa 流函數標準差空間分布圖，黑色方框為此研究目標區域。

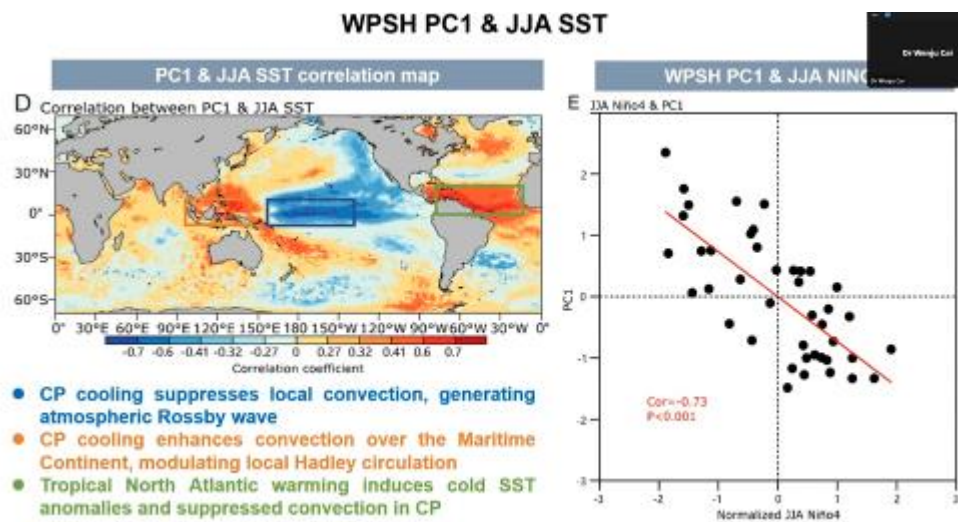


圖 6：6-8 月太平洋副熱帶高壓 500hPa PC1 空間分布及 Nino4 與 PC1 關係圖。

WPSH PC1 variability change under global warming: century scale

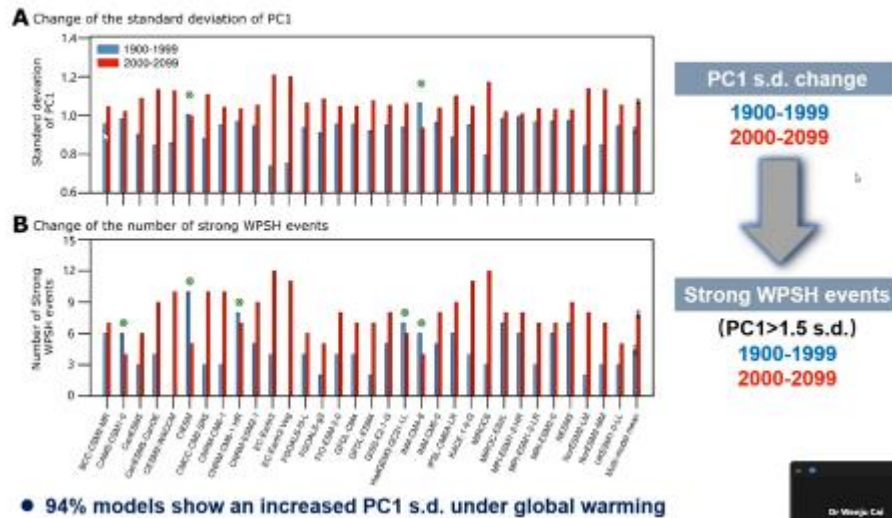


圖 7：CMIP6 各模式在全球暖化情境下 PC1 標準差及強事件的變化時間序列圖。

More strong East China rainfall events

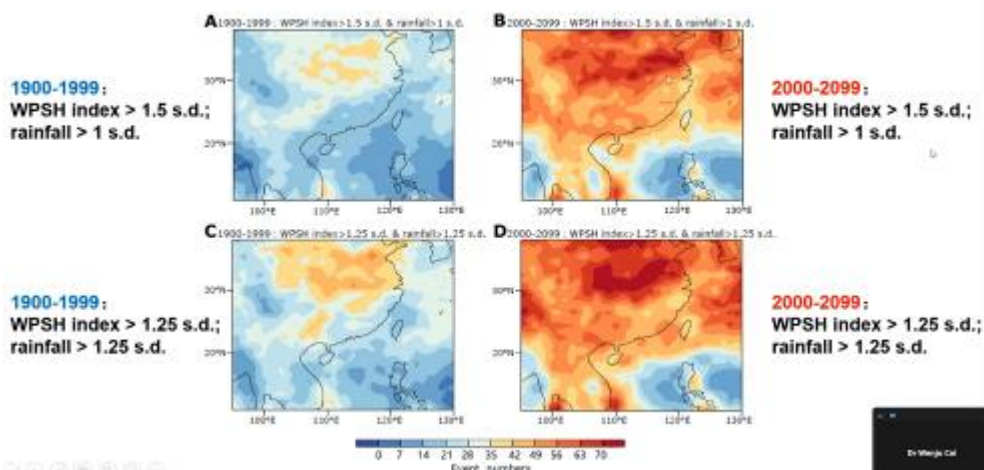


圖 8：強太平洋副熱帶高壓事件下東亞地區降雨變化空間分布圖。

3、AS06-A004

The Extreme Precipitation Research in the Southeastern Mountains of Yilan, Taiwan Under the Weak Synoptic Weather Condition

本研究作者從宜蘭五個雨量站資料挑選出 2011-2020 年 24 小時累積雨量超過 200mm 並濾掉受颱風及梅雨影響，挑出 2019 年 4 月 28 日 24 小時累積降水為 531mm 的個案，搭配衛星雲圖、雷達圖(圖 9)、天氣圖和蘇澳氣象站觀測資料(圖 10) 進行分析，結果顯示 500 百帕輻散、1000-850 百帕弱東北風與地形影響造成的北北西風輻合會造成極端降雨。

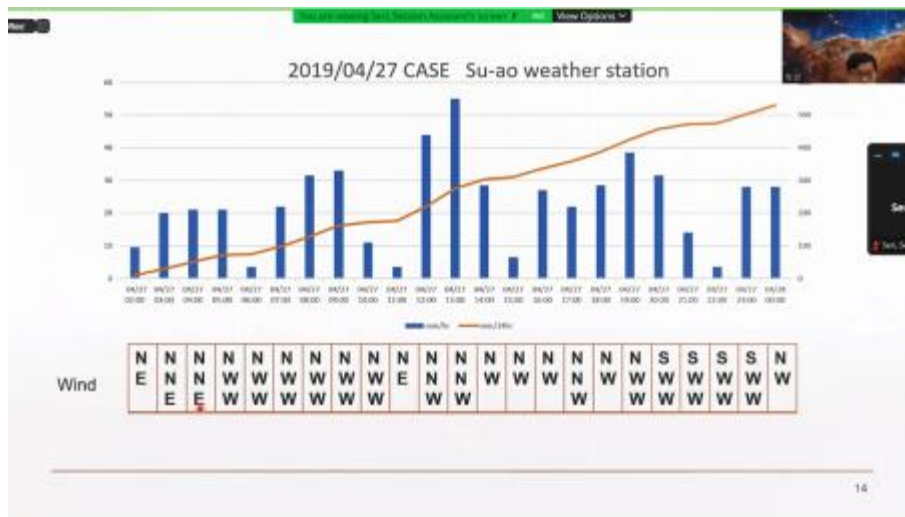


圖 9：2019 年 4 月 27 日個案 蘇澳氣象站風場、時雨量與 24 小時累積降雨量。

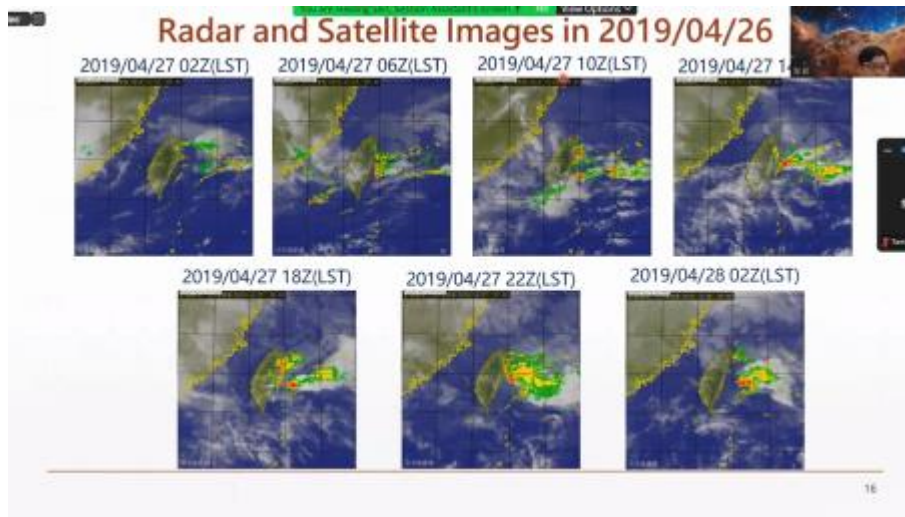


圖 10：2019 年 4 月 27 日個案雷達回波與衛星雲圖。

4、AS06-A003

Climatologies of Mesoscale Convective Systems Over China Observed by Spaceborne Radars

過去研究受限於傳統紅外線衛星雲圖無法區分對流及層狀降水雨區，及地面雷達觀測受到地形阻擋有時空限制，熱帶降水測量任務 (Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM) 及全球降水量觀測計劃(GPM)衛星資料突破地形及海面缺乏降雨觀測資料限制，可以得到長期全球降水雷達觀測。本篇介紹了中尺度對流系統(MCS)組織模型(圖 11)並採用 1998-2019 年 TRMM 及 GPM 衛星資料與 ERA5 再分析資料，研究了中國 MCS 的氣候特徵，包括 MCS 的空間分佈、降水、環境條件、對流強度和垂直結構。

結果顯示線性和非線性 MCS 分別佔中國 MCS 的 17%和 83%。圖 12 線性 MCS

比非線性 MCS 具有更強的對流強度和降水，特別是寬層狀 MCS 在非線性 MCS 中的對流發展最弱，但它有最大的降雨率。在各種類型的線性 MCS 中(圖 13)，弓形回波 (BEs) 和無層狀 (NS) 系統表現出最強的對流強度、垂直結構完整、最強的冰散射和最高的閃電機率，但 NSs 可能是由於環境更乾燥地表降雨率偏低。雷達垂直剖面顯示在中國線性 MCS 造成的降水中冰晶和暖雨過程扮演很重要的角色。

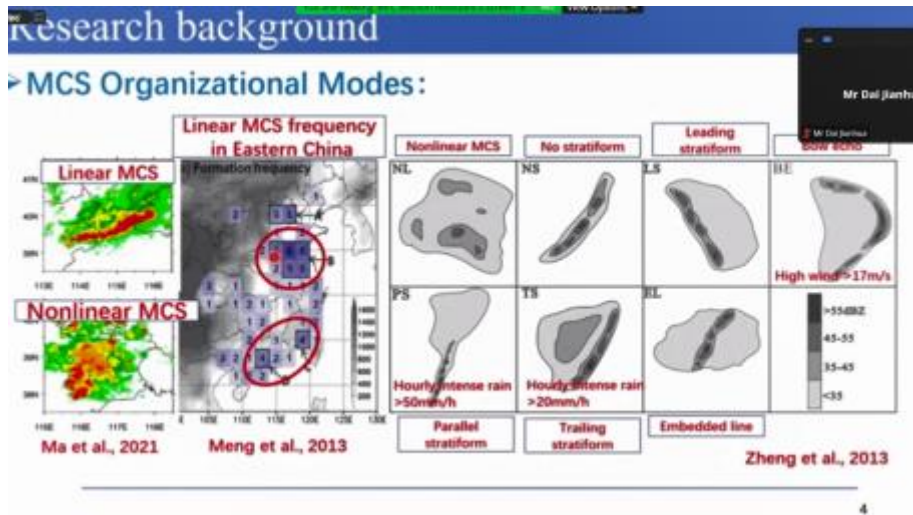


圖 11：MCS 組織模型。

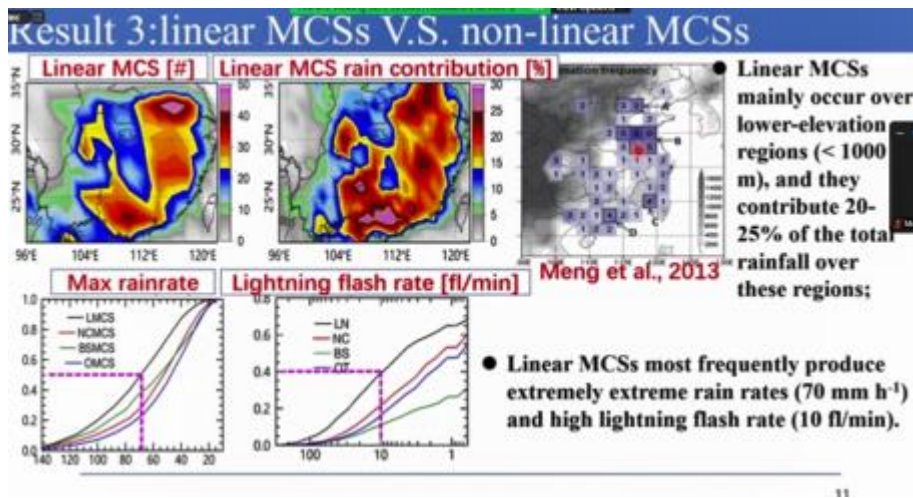


圖 12：線性和非線性 MCS 比較圖，LMCS 代表 linear MCS，NCMCS 代表 Near-circularMCS，BSMCS 代表 Broad stratiform MCS，OMCS 代表 Other MCS。

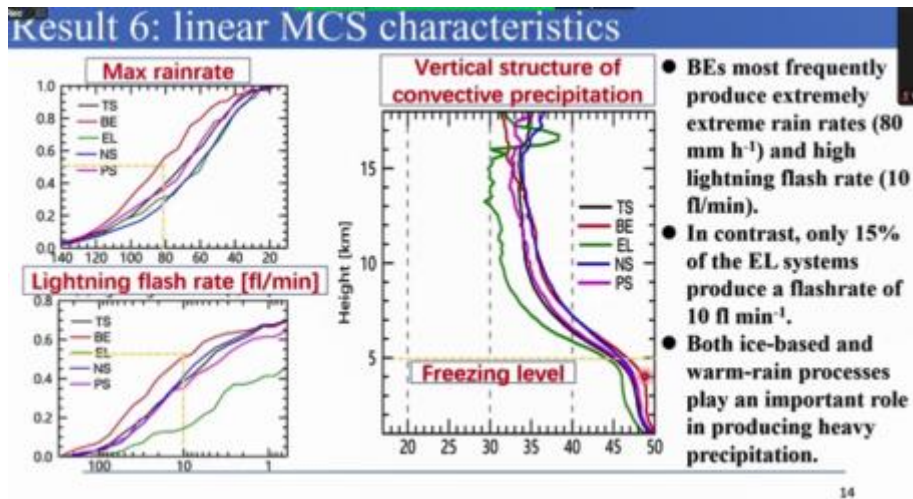


圖 13：各類型線性 MCS 比較圖。

5、AS03-A021

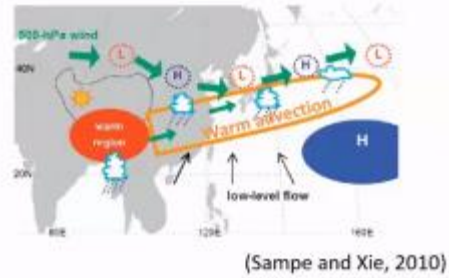
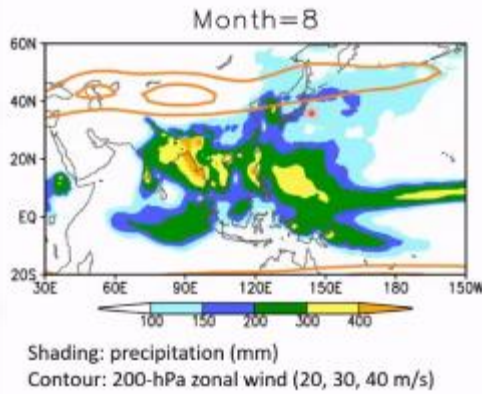
Different Future Changes Between Early and Late Summer Monsoon Precipitation in East Asia

本篇研究探討東亞地區夏季風(East Asian summer monsoon, EASM)的降水在未來可能的變化趨勢和相關的大氣環流變化(圖 14)。使用的模式是日本氣象廳氣象研究所(Meteorology. Research Institute, MRI)研發解析度 60 公里全球大氣環流模式 MRI-AGCM60(圖 15)。預報結果顯示，在 21 世紀末時，EASM 降水量總體增加，但存在較大的次季節和區域變化。在 6 月時，梅雨帶可能會增強，其東部相對於現在的位置較偏南側，此結果與系集預報的結果一致。在 7 月和 8 月，模擬顯示東亞大陸北部和鄰近海域的降水量會顯著增加；然而，對於 7 月梅雨雨帶的位置預測，系集預報預報結果相對發散，沒有明顯的結果。另太平洋降水量的小幅變化是 8 月的另一個特點。

MRI-AGCM60 的敏感性實驗結果表明，6 月的降水變化主要受海表溫度(Sea Surface Temperature, SST)變暖的影響，使得太平洋上空的大氣濕度增加和高層東亞西風噴流 (East Asian subtropical westerly jet, EAJ) 強度增強及位置南偏。另一方面，由於在 7 月的陸地變暖和溫帶地區連續大幅 SST 變暖的情況，相較 6 月而言增加幅度較大，海陸溫差變小使得梅雨雨帶的強度在 7 月會小於 6 月，7 月份梅雨帶的降雨趨勢模擬結果存在有較大偏差值。

Meiyu-Baiu rainband

East Asian summer climate is characterized by the Meiyu-Baiu rainband, which is formed by interaction of low-level monsoonal flows with the upper-level East Asian westerly jet (EAJ). The rainband migrates northward from May to July in East Asia.

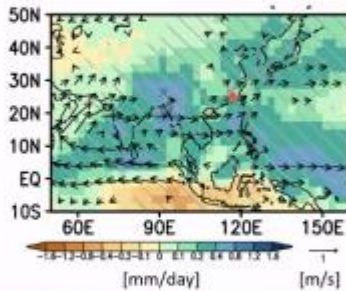


- Role of the East Asian westerly jet (EAJ):**
- Advecting warm-air at mid-troposphere → adiabatic upward motion
 - Guiding transient disturbances

圖 14：東亞地區夏季風的降水模擬。

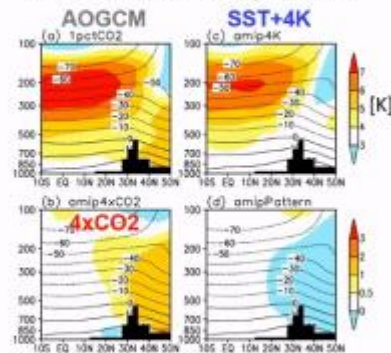
Future changes in Asian summer monsoon

Precipitation & 850hPa wind change (CMIP5/RCP4.5, JJAS, 2080-2099)



- **Precipitation increase in Asia is remarkable**
 - Moisture increase
 - Negative dynamic effect (weakening of circulation) in Asia is smaller than that in other regions [Kiloh et al. 2013; Endo and Kiloh 2014]
- **Monsoon flows are enhanced near continent** [Sandeep and Ajayamohan 2014; Ogata et al. 2014]

Temperature change (60-100E ave) CMIP5 multi-model experiments



- **Upper-troposphere warming in the tropics (SST+4K) weakens monsoon circulation; however, tropospheric warming over the continent (4xCO2) enhances monsoon circulation.** [Li and Ting 2017; Endo et al. 2018]

圖 15：MRI-AGCM60 模式環境設定。

(二)8月2日

1、AS45-A002

Does ENSO Affect Global Clear-Air Turbulence?

此研究為英國 Reading University 的 Paul Williams 所發表，其主要針對為航空氣象與全球氣候變遷的關係進行研究，此研究在討論聖嬰與反聖嬰年間全球風切的變化為何？圖 16 為聖嬰與反聖嬰的巡航高度層風速差異（與氣候值相比），可以發現在東太平洋特別明顯，聖嬰與反聖嬰有明顯的相對變化，且從熱帶到中緯度地區有偶極分布，圖 17 顯示其風切在聖嬰與反聖嬰年間的變化情況，聖嬰年間，熱帶東太平洋地區減弱，西太平洋增強，北美則是增強，在日本附近則是減弱，反聖嬰則為相反。就 Nino3.4 與風切的線性關係圖來看（圖 18），在北美及東南亞地區關係非常一致且通過統計檢定，但在歐洲關係則不好，主要因為其遙相關與聖嬰的關連較低，但可能與 North Atlantic Oscillation (NAO) 比較相關。此研究的應用，聖嬰發生事件在半年前便可藉由海洋及大氣模式進行預測，因此對於亂流的發生頻率也可以就由此研究成果及氣候模式搭配進行半年前的推估。

針對此研究我方參與人員也提問，關於聖嬰一般我們會認為對大氣的反應在下一年會最大，但作者並沒有針對下一年的春季進行分析，但他認為這是很值得去分析下一年的風切變化。

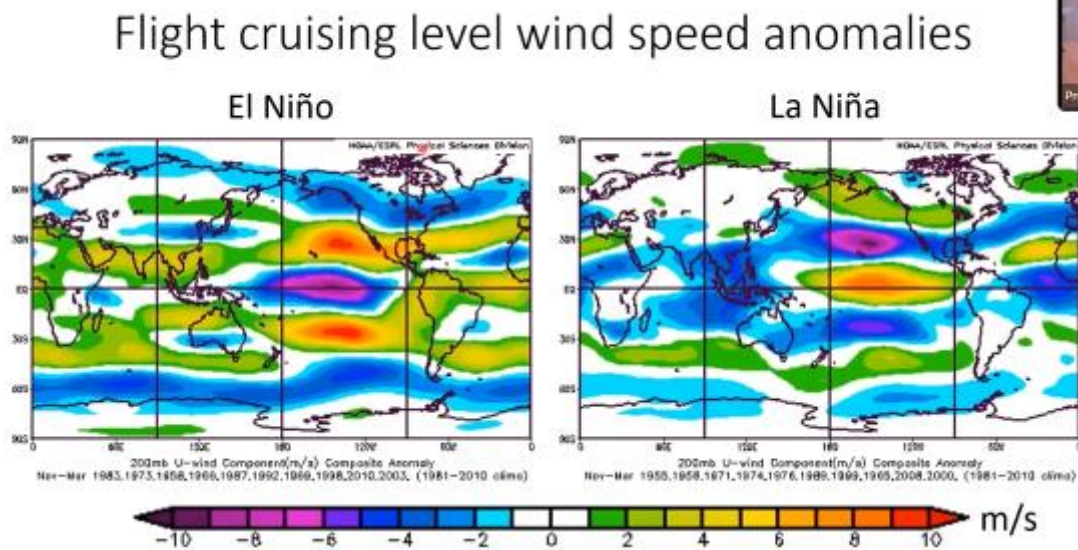


圖 16：聖嬰與反聖嬰的巡航高度層風速差異（與氣候值相比）空間分布圖。

Flight cruising level wind shear anomalies

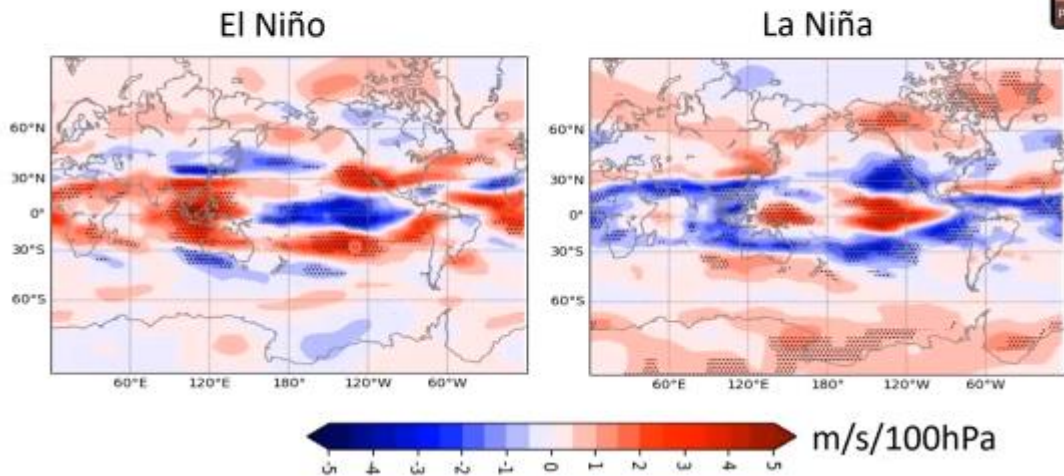


圖 17：聖嬰年與反聖嬰年風切差異空間分布圖。

Scatterplot of every winter 1979-2019 Scatterplot of every winter 1979-2019

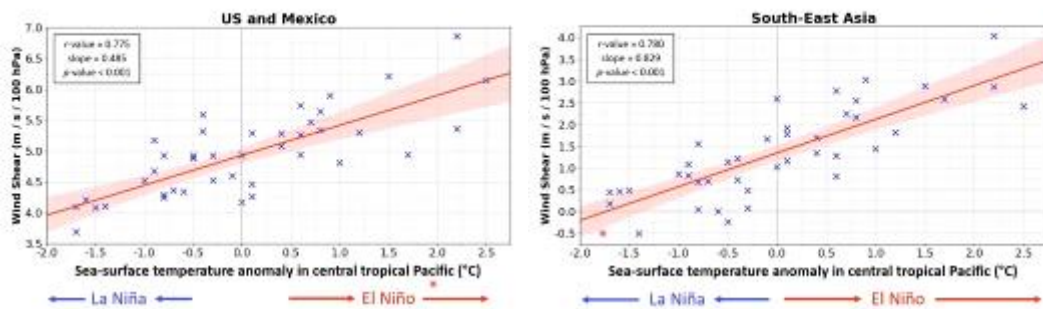


圖 18：Nino3.4 與美洲墨西哥及東南亞地區風切關係圖。

2、AS45-A005

Analysis of Recent Trends of Clear-Air Turbulence (CAT) in Wintertime Over the Northern Hemisphere

此研究作者想要分析在過去四十年來全球 CAT 情況是否增加或減少，其利用四組再分析資料進行分析，也利用多重氣候模式集合進行推估這些 CAT 的變化是來自於全球暖化或是內部震盪造成的。圖 19 可以看到主要增加且通過統計檢定的區域在北大西洋地區、熱帶大西洋、東北太平洋及中國華北至日本地區，但這些 CAT 增加的區域可能原因大致上不太相同，可能有全球暖化，也可能是低頻的震盪造成的。

作者進一步利用多重氣候模式集合進行分析，圖 20 顯示真正受到全球暖化造成的 CAT 變化區域主要在熱帶大西洋以及中國至日本部分，而北大西洋的增加是因為受到正 NAO 導致的結果，並不是因為全球暖化所造成的。因此在兩組氣候模式的分析裡面亞洲有很好的一致性，但在北大西洋則一正一負，不一致（圖 21）。

針對此研究我方參與人員提問，關於其中一組再分析資料 20CRV3 為何其結果與其他在分析資料並不太一致，作者並沒有提出很好的解釋，不確定其原因。

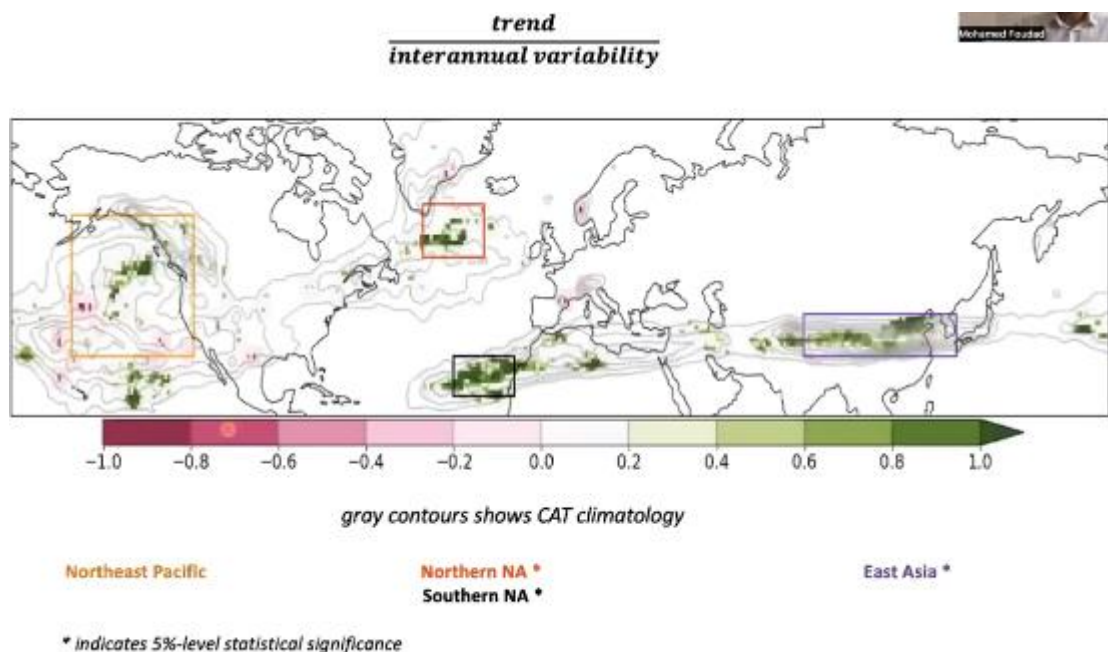


圖 19：通過統計檢定的 CAT 變化空間分布圖。

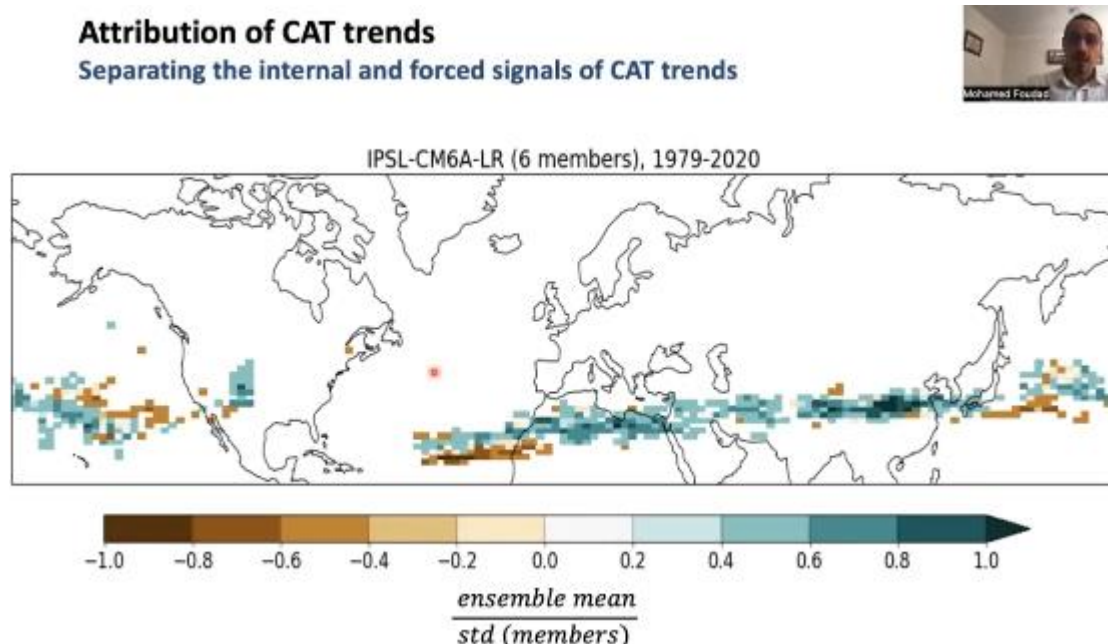


圖 20：IPSL-CM6A-LR 受到全球暖化影響的 CAT 變化空間分布圖。

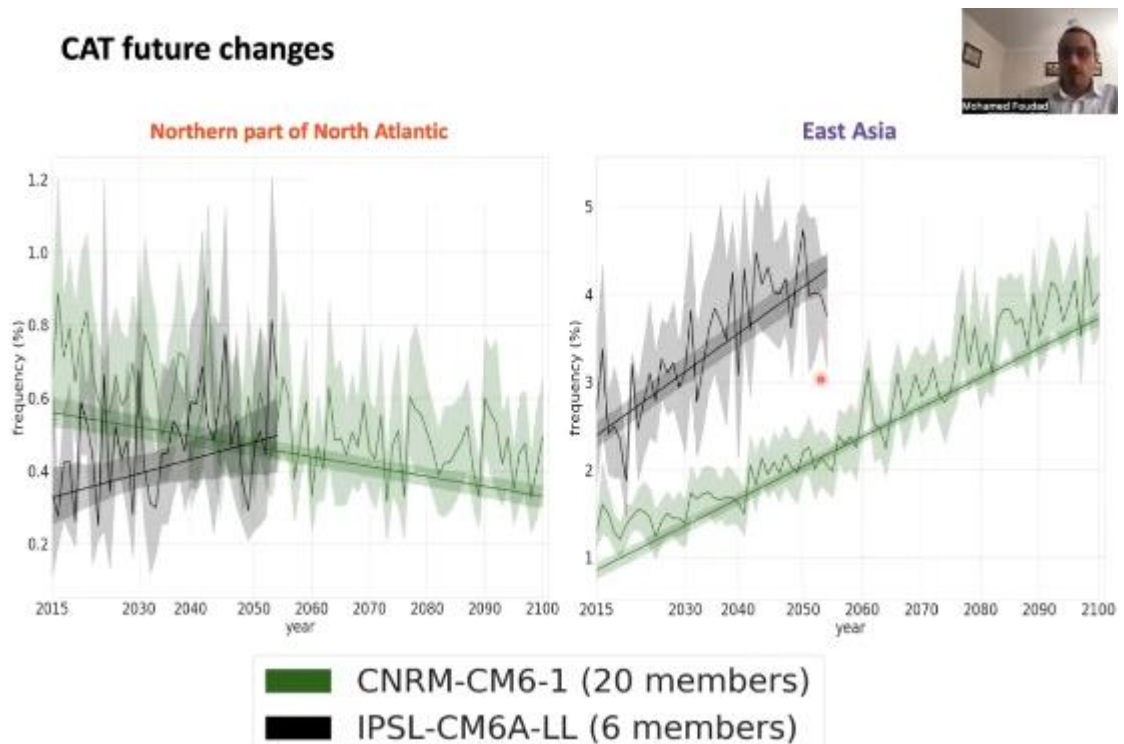


圖 21：北大西洋地區及東亞地區 2015-2100 年亂流發生頻率時序圖。

3、AS45-A006

Estimation of Eddy Dissipation Rate (EDR) Using Radiosonde Data and Comparison With In-situ Flight EDR

此研究利用探空資料反演出與 Eddy Dissipation Rate (EDR) 一樣效果的亂流指數，且從空間以及不同高度上的分布都呈現不錯的結果。圖 22 的比較中可以發現在 FL200-300 以及 FL400-500 有比較好的結果，而在中層則是偏差較大，尤其是在高 EDR 發生時，但因為其統計的數量夠大，所以至少都有通過 90% 統計檢定，作者認為這些差異還是來自於兩種資料時間或是空間上的差異，針對其方法需要更多的計算及研究才能更精進其方法。

Comparison of HVRRD-EDR and flight-EDR

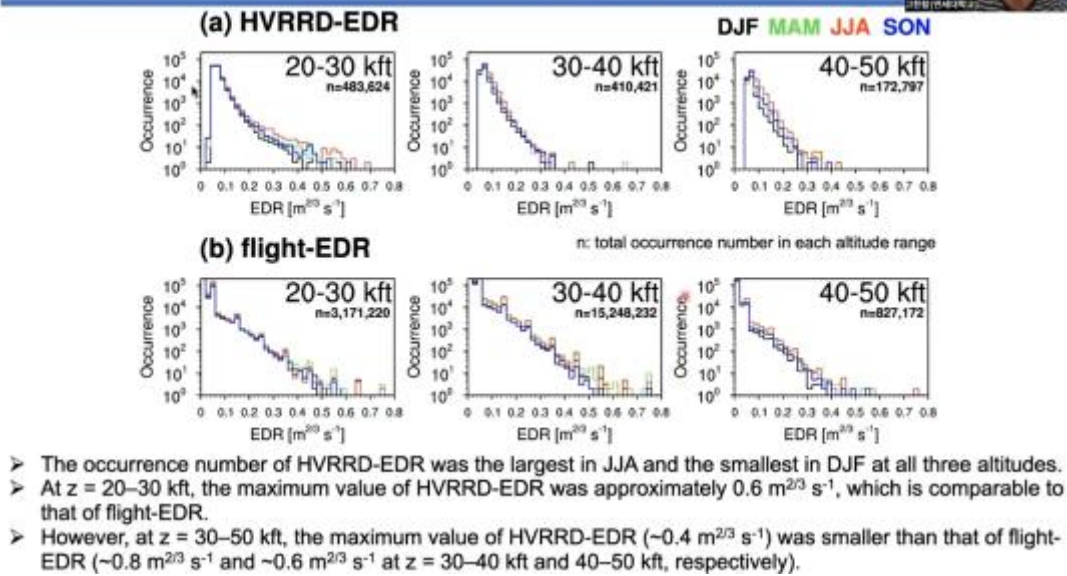


圖 22：探空演算法 EDR 與實際觀測 EDR 四季發生機率比較圖。

4、AS45-A007

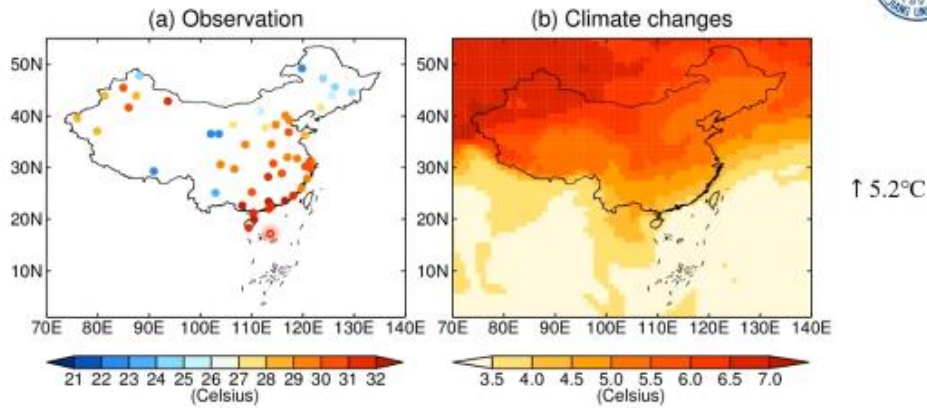
Estimating the Impact of Global Warming on Aircraft Takeoff Performance in China

此研究討論在全球暖化下，中國貨機起飛最大載重量的變化推估。圖 23 顯示中國西部的增溫較東部來的少，但在全球暖化下都是明顯增溫，到 22 世紀末增溫約為 5.2 度。作者利用飛行軟體估計出當溫度高於 35 度時就會有明顯減少起飛載重，如圖 24 所示，在 Probability Density Function (PDF) 統計下全球暖化的極端高溫變化有明顯的向右平移現象，也就是表示偏高且發生高於 35 度的機率也會增加，這代表--限制起飛重量的日子增加以及起飛載重量也變少了。

圖 25 顯示在 SSP585 (至 2100 年增加輻射能 $8.5W/m^2$) 減去歷史 (Historical) 情境下，限制起飛重量的日子明顯增多了，可以高達 50 天左右，而且東部遠高於西部。圖 26 顯示起飛重量也明顯的減少了，東部減少大約 0.4%/K，但東部減少比例較西部來的低。至於可承載人數大約減少 2.8%，西部減少較東部多。

在這研究上僅考慮到溫度上的變化所造成的起飛重量變化，但起飛重量也需要考慮風速的部分，這是作者並沒有考慮的地方。

Results summer-mean daily maximum temperature (Tmax)



significant regional difference

圖 23：觀測與氣候推估中國溫度變化分布圖。

Results Impact of global warming on aircraft takeoff performance

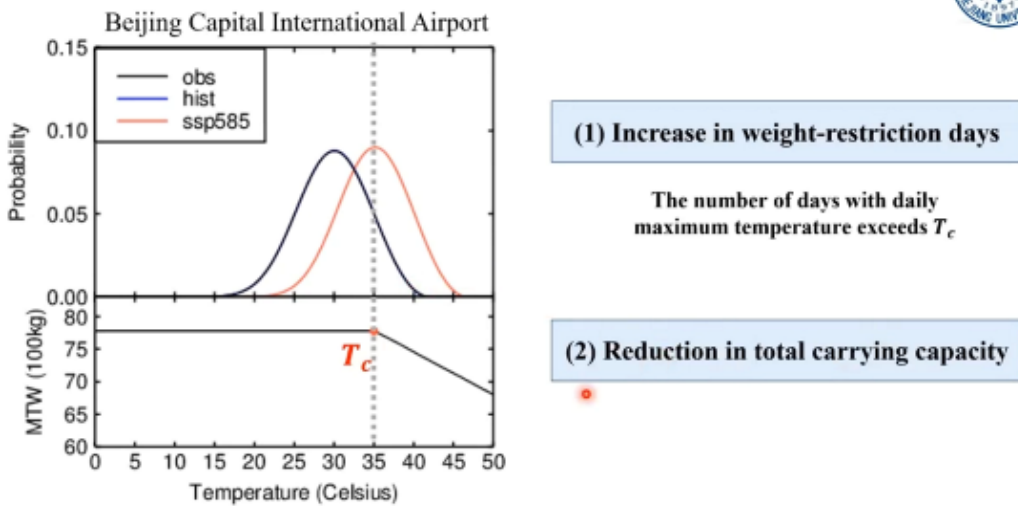


圖 24：歷史及 SSP585 情境下溫度機率分布圖，及起飛重量與溫度關係圖。

Results



(1) Increase in weight-restriction days

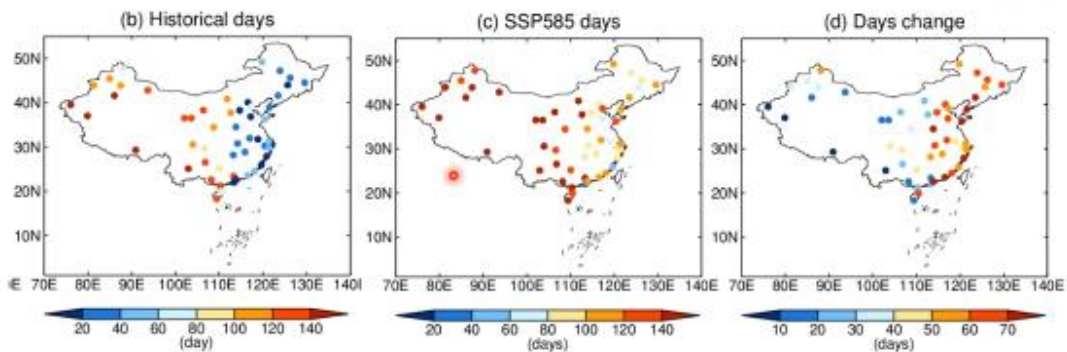


圖 25：起飛重量限制天數在歷史、SSP585 情境下及其差異分布圖。

Results

Vulnerability



(2.1) Reduction in carrying capacity under uniform 1K warming

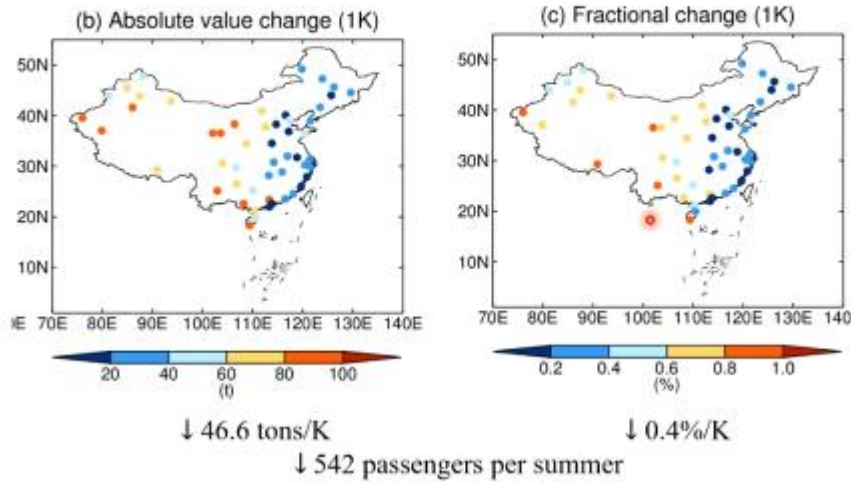


圖 26：起飛重量數值與其比例變化分布圖。

5、AS45-A009

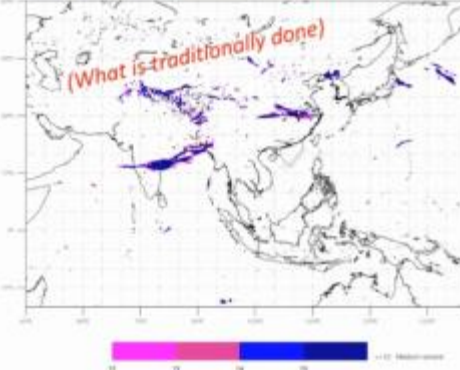
Multi-Index Consensus (MIC) En-route Turbulence Prediction for Asia-Pacific Region

多指標共識 (MIC) 方法將例行數值天氣預報 (NWP) 模式結果調整後的一組亂流指數透過機器學習技術結合，產生最佳的航路航空亂流預報。本研究介紹 MIC 的公式(圖 27)與比較應用於香港天文臺 (HKO) AAMC-WRF (一個跨越印度太平洋地區的大面積 10 公里的預測系統, 20S-60N 45E-160E) 及以 GPU 版本的跨尺度預測模式 (Model for Prediction Across Scales, MPAS)(圖 28)驗證結果。觀測資料採用 2021 年 8 月 15 日至 25 日(共 10 天)，香港天文臺提供的 352 份飛機報告，其中 337 份為中到重度亂流、15 份為輕或輕至中度亂流，十天期間裡每天從 00Z 開始做 48 小時的預報，比較預報 36 小時(2021/8/17 12Z) FL340，圖 29 顯示 AAMC-WRF MIC 數值較 MPAS 大，十天研究期間顯示 MPAS 第二天的預報較第一天好，但仍輸 AAMC-WRF，可能原因為 MPAS 解析度(60 公里)較差。

Media Playback Audio Video Subtitle Tools View Help

Multi-Index Consensus (MIC) Turb. Prediction

2022-03-15 12 UTC (TUE) 12 HR FIC



- En-route turbulence remains a highly challenging forecast problem
- Traditionally relies on a “basket” of largely empirical diagnostic indices
- With the emergence of more accessible ML/AI techniques, optimal weighing or selection becomes feasible
- We propose a **“Multi-Index Consensus” (MIC)** method
- Weighted sum of non-dimensionalised turbulence predictors using XGBoost optimisation

$$MIC = \sum_i w_i D_i^*$$

圖 27：MIC 的說明。

MPAS Implementation @ HKO

- GPU-based MPAS v6 code
- Compiled with Intel + NVIDIA
- Using A100 GPU acceleration
- Single-precision mode
- Global 60-km – 3-km (x835586)
- Rotated & centred over Hong Kong
- Model top at 30 km
- 41 vertical levels
- Driven with NCEP-GFS (0.25 deg)
- “Normal” choice of physics
- Real-time trial expected to roll out before end of 2022




圖 28：MPAS 的說明。

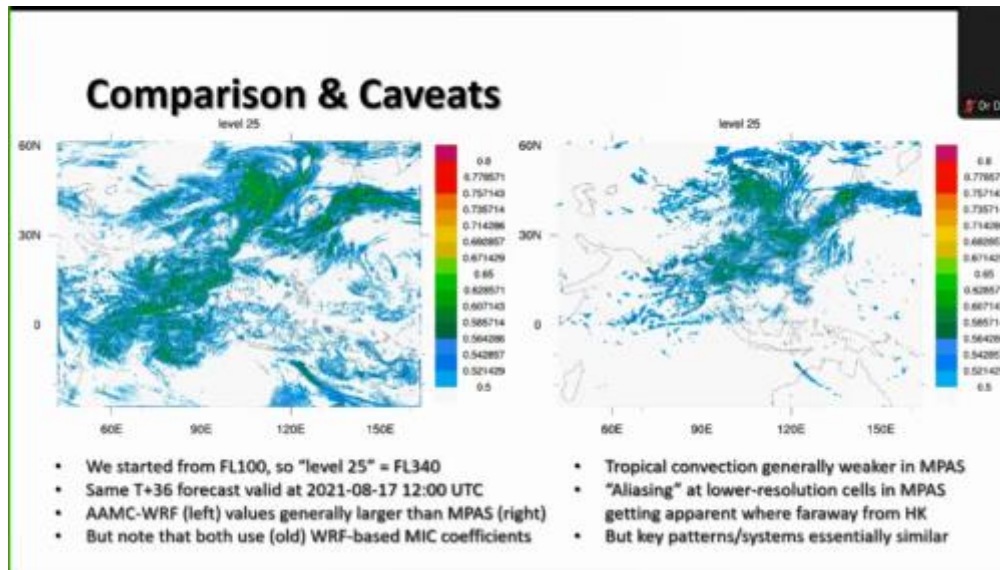


圖 29：AAMC-WRF 與 MPAS 圖。

6、AS45-A013

Effects of Distant Convection on Widespread Clear-Air Turbulence

本研究挑選了 2 個個案分別為 2019 年 10 月 25 日(噴流入區位於強綜觀槽東邊的個案)及 2019 年 12 月 3 日(弱脊下游處之強氣流個案)，實驗設計採用 ARW-WRF，4 個範圍、水平網格間距為 9、3、1 及 0.33 km，敏感度測試透過開關模式中積雲及雲為物理參數比較兩組「CTRL」及「DRY」兩組預報差異，結果顯示遠距離對流在不同個案下高層噴流附近可以觀察到廣泛的強晴空亂流，圖 30 有組織的對流在 2 個案中皆與強亂流與模式 TKE(turbulent kinetic energy)區域距離蠻遠，在噴流出區(outflow)有很明顯反氣旋的風向差(CTRL-DRY)。研究證明了模式水平網格間距小於 1 公里才能充分解析出亂流啟動機制，如果模式(如 High-Resolution Rapid Refresh, HRRR)模式輸出可以真實地預報 UTLS(upper-troposphere/lower-stratosphere)對流出區(outflow)位置，則專業的預報系統(如:GTG)便能精準地預測受遠距對流影響的大範圍 CAT，參考圖 31。

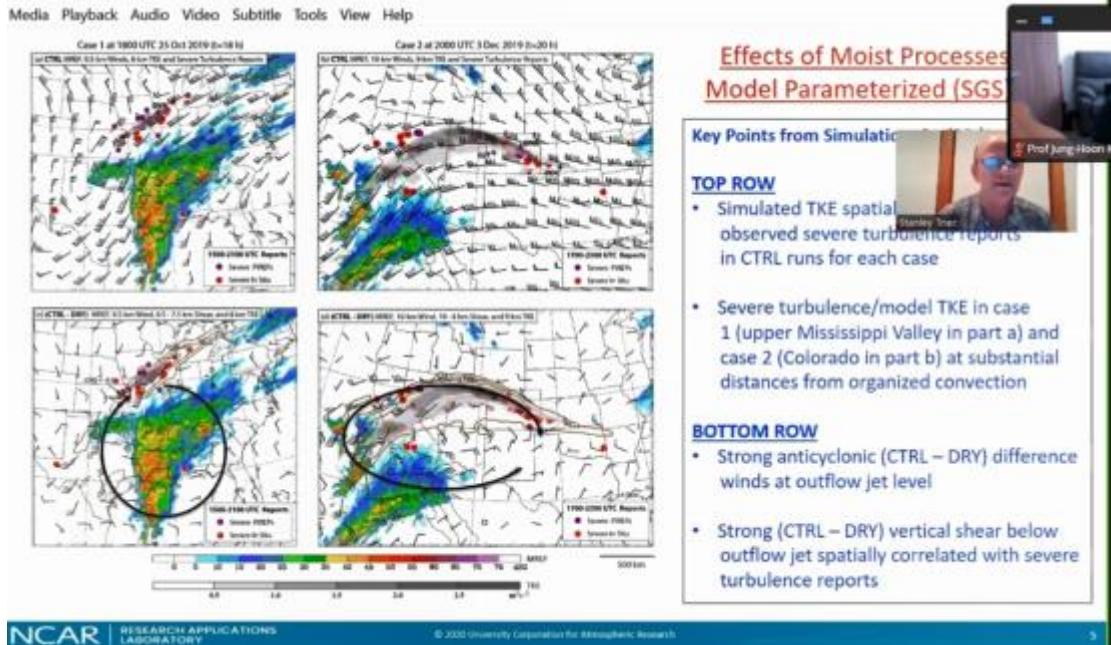


圖 30：CTRL 及 DRY 兩組預報比較圖。

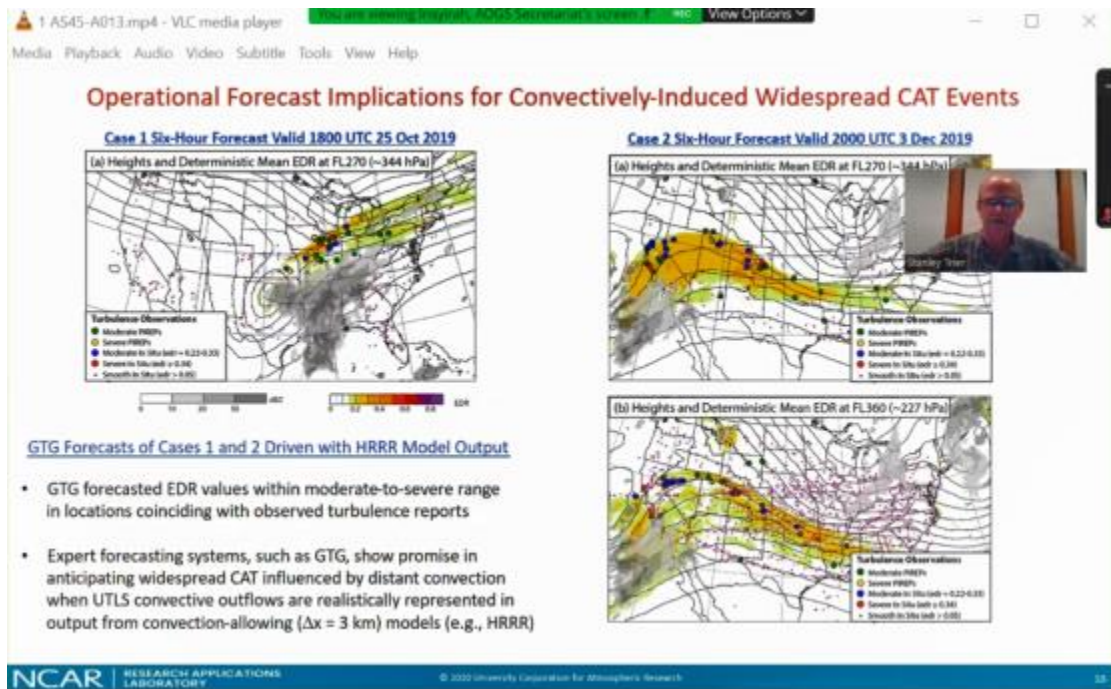


圖 31：作業模式顯示對流引起的大範圍 CAT。

7 · AS45-A016

Automatic Aviation Turbulence Detection Using Advanced Machine Learning Techniques

航空亂流往往導致乘客和機組人員受傷、飛機損壞並影響機場營運。本研究使用向日葵八號（Himawari-8）氣象衛星雲圖、數值天氣預報（NWP）模式預報和

2018-2020 年的飛機報告來建置自動化航空亂流偵測學習技術的模式。偵測模式由兩部分模組，第一部分模組為透過飛機報告將衛星雲圖標示出三類亂流強度（分別為無/輕度、中度或重度）的位置，並將衛星雲圖輸入神經網絡結構 Residual Networks ResNet-50（圖 32）。為了克服數據稀疏和分布不均的問題，修改後的 ResNet 藉由自我監督學習（使用“Bootstrap your own latent”）從未標記的衛星圖像進行預先訓練。

第二部分模組是具有時空卷積塊的卷積神經網絡（CNN），它接收來自 NWP 模式的 18 個亂流指數，包括亂流指數 2（TI2）、垂直風切、曲率等。最後將兩部分模組通過對比學習融合在一起，提高了兩個各自學習模組代表性結果的一致性（圖 33）。最後作者計算了調和平均數（Harmonic mean）在無/輕度、中度或重度分別為 80、74 和 56，顯示將多光譜衛星雲圖及 NWP 資料提供機器學習識別亂流的結果是有前景的，特別是在僅能取得少量資料時也有幫助，如能取得更多資料來源會有更好的結果。

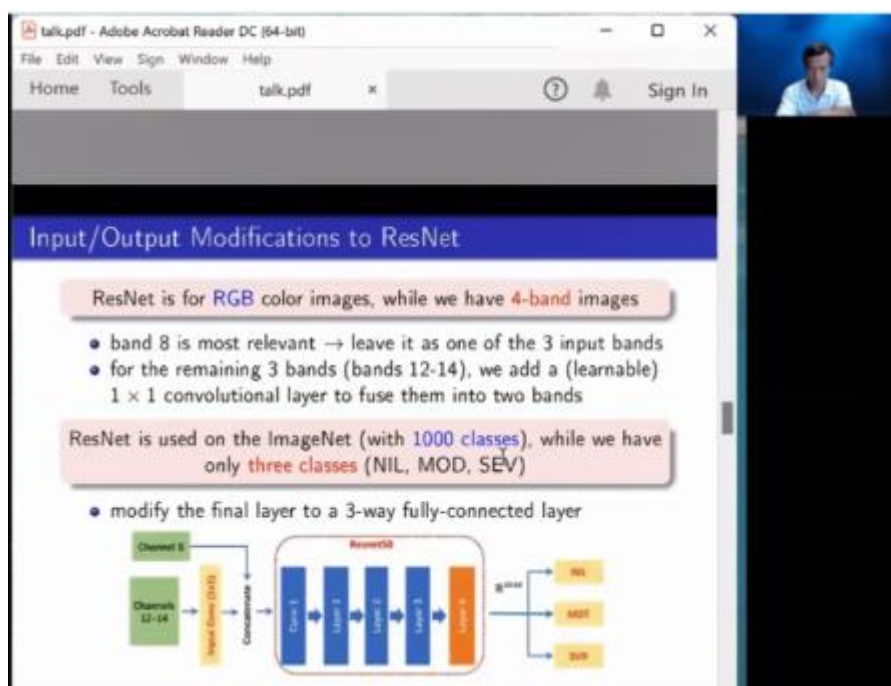


圖 32：經 ResNet-50 修正後輸出結果。

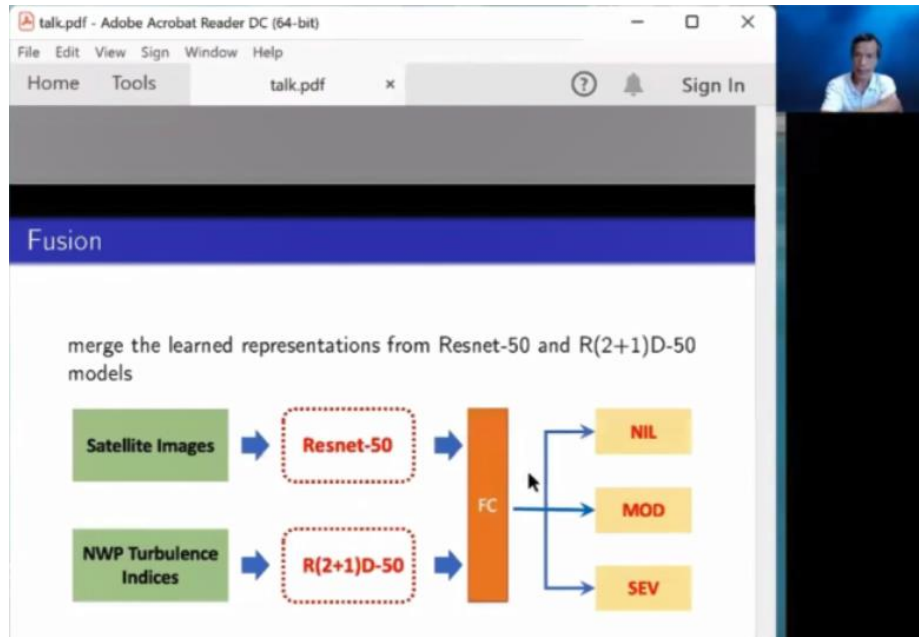


圖 33：兩部分模組進行融合。

8、AS45-A012

Development of Aviation Turbulence Forecast System for the Republic of Korea Air Force

本研究使用的 KAF-WRF GTG(參考圖 34)為以韓國空軍氣象組(ROKAF)運作的天氣和研究預報(KAF-WRF)模式為基礎所發展的一個考慮亂流發展機制之整合性亂流預報系統，並以 2019 年 1 月至 12 月可取得的飛機觀測數據進行驗證。KAF-WRF 模式有以朝鮮半島為中心的三個槽狀網格範圍，水平網格間距分別為 12、4 和 1.3 km。KAF-WRF 12 小時亂流預報的結果(圖 35、36)顯示，domain 1 和 2 的亂流預報在相對運行特性曲線下面積 (AUC) 約為 0.8，亂流預報表現較好，Domain 3 的表現較差(AUC 值約為 0.76)。本研究也發現此新系統比當前運行亂流指數 2 的單一診斷預報系統好，能為韓國空軍提供更好的亂流指引。

Methodology of KAF-WRF GTG

Computing individual turbulence diagnostics

→

Remapping the raw turbulence diagnostic values to EDR

→

Combining the remapped individual diagnostics
(KAF-WRF GTG)

(3) Combining the remapped individual diagnostics

- ❖ Ensemble combination method using simple mean

$$KAF-WRF\ GTG = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N D_n^*$$

N : the number of diagnostics used in the combination
 D^* : the remapped turbulence diagnostic D

- ❖ Ensemble combination method with weights based on the performance of diagnostics

- To determine the suite of turbulence diagnostic components optimized for the KAF-WRF-based turbulence forecasting model, individual turbulence diagnostics with **the best performance in the KRF-WRF domain 1 region** among the 33 CAT diagnostics are selected.

圖 34：韓國空軍發展的整合性亂流預報系統 KAF-WRF GTG。

Evaluation method

(1) Area Under Curve (AUC)

POD (Probability Of Detection) method

- **PODY** : the probability of detection of "yes" for moderate or greater (MOG)-level events
- **PODN** : the probability of detection of "no" for null-level events

		Observation	
		Yes (MOG)	No (Null)
Forecast	Yes	YY	NY
	No	YN	NN

$$PODY = \frac{YY}{YY+YN}$$

$$PODN = \frac{NN}{NY+NN}$$

The value of AUC ↑ => The performance of the system ↑

圖 35：評估方法曲線下面積 AUC。

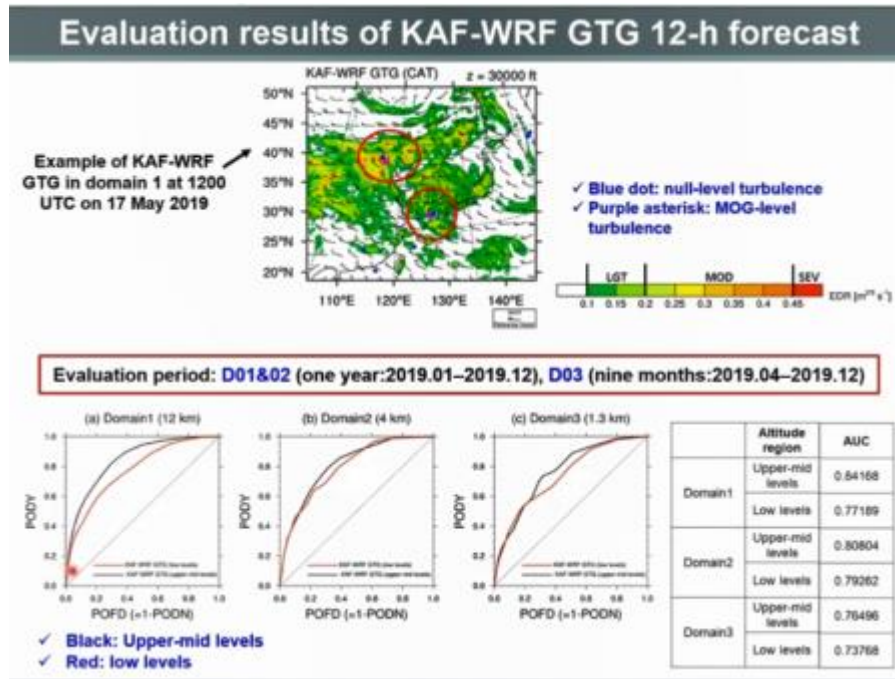


圖 36：KAF-WRF GTG 12 小時預報結果評估。

9、AS45-A017

Analysis of the Meteorological Fields in Aviation Accident Cases Due to Clear Air Turbulence

當飛機在空中航行時，常會遭遇亂流使飛機發生強烈的顛簸或搖晃，甚至可能威脅到飛行安全，晴空亂流是亂流中最不易觀測的類型，通常發生在對流層中層晴朗無雲的天空中，或是位於層狀雲內。此篇研究分析美國航空公司在 2016 年間的飛機報告（Pilot reports, PIREPs），透過新一代的高解析度全球大氣再分析模式 ERA5（ECMWF Reanalysis V5）進行亂流場分析運算，時間解析度為 1 小時，空間解析度為 0.25x0.25 度(圖 37)。研究分析如下，首先，分析 PIREP 基本的季節性和地理分佈特性，發現在冬季及春季時晴空亂流發生的次數較多，空間分佈上在美國地區則相當均勻，無顯著差異。其次，分析三種亂流指數之間的對應關係：水平風的垂直切變 (Vertical wind shear, Sv)、水平變形(Horizontal deformation, DEF)及亂流指數 (Turbulence Index, TI) $TI = Sv * DEF$ ，發現 DEF 指數與亂流分布的相關性最高，但閾值的選擇可能很重要(圖 38 左)。第三，研究了 ERA5 的亂流指數值與 PIREPs 的湍流強度之間的統計關係，有預期的趨勢，但異常偏差值相當大，顯示 PIREPs 中仍有許多的不確定性(圖 38 右)。

Data description

PIREPs

- Period: Jan-Dec 2016
- Number of reports (>20,000 ft):
 - extreme: 185
 - severe: 5,700
 - moderate: ~120,000
 - light: ~80,000
- Note: Aircraft model info is translated into 3 aircraft mass types, i.e., Heavy, Medium, Light by the authors – separate data analyses are made
- (Note also: Substantial uncertainty in PIREPs intensity & location (e.g. Schwartz, 1996; Splitt et al., 2021))

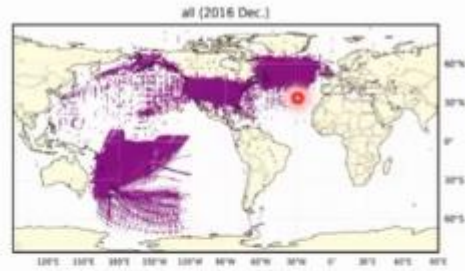


Fig. Reporting location for all PIREPs in Dec. 2016

ERA5 global atmospheric reanalysis from ECMWF

- Hersbach et al. 2020
- Resolution: 1 hourly, 0.25x0.25 deg. (~20 km at 45N)
- Pressure level data (model-level data for quick comparisons)
- Turbulence indices calculated from ERA5:
 - Vertical wind shear (Sv)
 - Horizontal deformation (DEF)
 - Turbulence Index 1 (TI1 = Sv * DEF)

圖 37：飛機報告資訊及模式環境設定。

Result (2): Correspondence among Sv, DEF, and TI1 – statistics

Statistical analysis on the “detectability”

- The turbulence index values for each event are defined as: (Considering 1 hourly ERA5 & average cruise speed ~800 km/h)
- Maximum value within the 800 km x 800 km region centered at the reported location
- “Detected or not” is determined with a threshold[*]



Percentage (number of cases) detected with each index

(Note: Includes cases detected in multiple indices)

threshold	total	Sv	DEF	TI1
extreme	67	54% (31)	94% (34)	82% (46)
severe	2958	68% (1997)	85% (2182)	82% (2105)

- The “detectability”: DEF > TI1 > Sv
- But, the differences are not statistically significant – analysis with more cases/years is needed; also, the thresholds have been determined subjectively
- [*] Determined subjectively with 16 cases investigated by JTSB. In future studies, the threshold values need to be determined more objectively

Result (3): Statistical relationship between the turb. index values (ERA5) and the turb. intensity (PIREPs)

- Top: Turb. intensity vs. DEF (for Heavy aircraft)
- Bttm: Aircraft type vs. Sv (for severe turb.)
 - Average (triangle), median (red), 50% (box), and 100% (bar)
- We see general tendencies,
 - DEF is greater for stronger turb.
 - Lighter aircrafts encounter shakings with smaller Sv (Greater Sv is needed for heavier aircrafts)
 - But, there are quite many outlier cases – limitations of the indices?

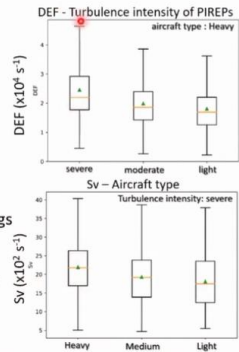


圖 38 左及圖 38 右：三種亂流指數之間的對應關係。

10、AS45-A015

A Numerical Simulation of a Coastal Fog Bank Event on Nova Scotia, Canada Using the WRF Model

加拿大大西洋沿岸地區是世界上霧最頻繁發生的地區之一(圖 39)。本篇研究使用 WRF V4.3 版模式(Weather Research and Forecasting model version 4.3)模擬了 2021 年 9 月 8 日在新斯科舍省(Nova Scotia)附近的沿岸霧事件。以新斯科舍省為中心附近的區域，模式設定水平解析度 2KM，垂直解析度 10M，高度 500M。使用 ERA5 每

小時分析場作為初始場，海面溫度使用 OSTIA (Operational SST and Sea Ice Analysis) 衛星遙測資料作為邊界條件，模擬的溫度和相對濕度與地面天氣觀測值相同。模擬結果顯示，低層的水氣分佈與 GOES 衛星圖像觀察到的低雲或霧分佈區域大致相同，特別是新斯科舍省東南海岸的霧區。近地表的位溫場顯示，水氣的平流和長波輻射冷卻的增加有利霧的形成(圖 40)，來自海洋潛熱也有助於霧的增長。然而，由於霧區正上方有局部沉降作用，因此霧的垂直發展受到限制。

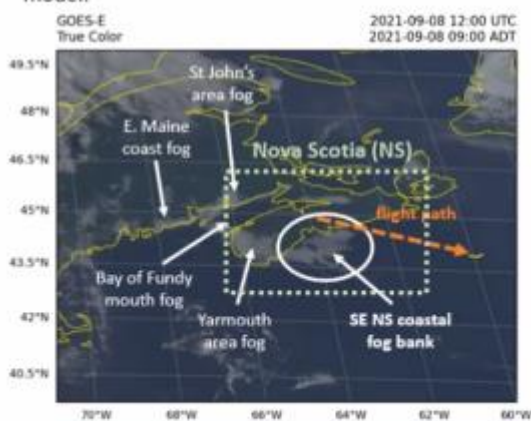
Introduction

Fog drops ceiling and horizontal visibility significantly and thus threatens ship and aircraft operations and even ground transportation.

Nova Scotia (NS) is one of the regions where sea fog occurs most frequently all over the world (Dorman et al. 2020). To support safe operations (especially the Halifax International Airport), understanding generation mechanisms is required in this region.

A **fog bank** was detected over the southeast of NS at **1230 UTC (0930 ADT) 8 September 2021**. Satellite images (GOES-East) suggested that the fog was initially formed on the southwest tip of NS.

The generation mechanism of this fog bank was investigated based on a numerical weather prediction (NWP) model.



GOES-East true color image at 20210908 1200 UTC



Photo from an aircraft flying from Halifax International Airport to Sable Island (i.e. across the southeast of NS)

2 / 11

圖 39：加拿大大西洋沿岸地區霧的個案分析。

Results: Horizontal Distributions of Fog

at the fog formation time (20210908 0000 UTC)

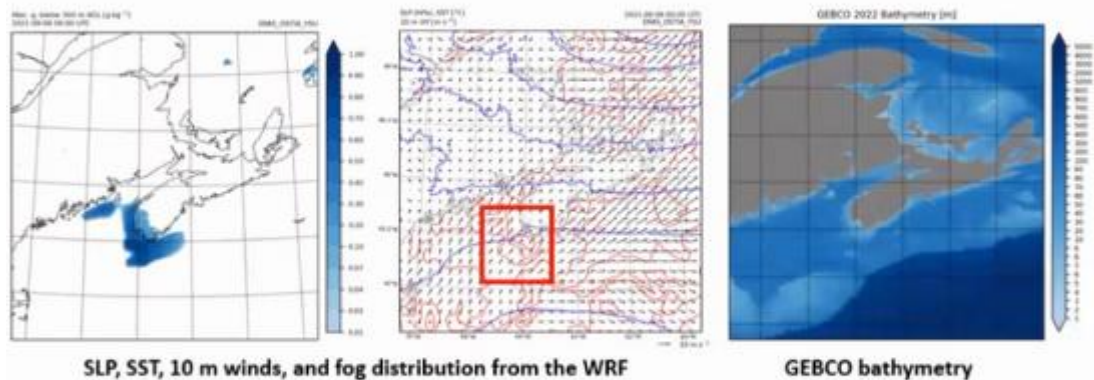


圖 40：模式模擬霧的生成及各項參數表現。

11、AS45-A010

Characteristics of Low-level Turbulence Observed by Unmanned Aerial Vehicle in Suburb of Seoul Metropolitan Area

鑑於無人機 (Unmanned aerial vehicle, UAV) 的需求逐年快速增長，了解及監測低空氣象條件對於無人機的有效率及安全飛行至關重要。本篇研究在 2021 年夏季期間 (7 月 30 日至 8 月 27 日)，於韓國首爾市區郊區，使用了配備聲波風速計的無人機進行了戶外的觀測實驗(圖 41)，研究期間該區主要受北太平洋副熱帶高壓擴張主導影響，為長時間晴朗炎熱的天氣型態。無人機每秒測量一次從地面到約 150M 高度的風速，爬升時每 10M 高時有 30 秒的懸停狀態，觀測數據包括水平風速、定位角 (俯仰角、滾動角和偏航角)、經緯度和高度(圖 42)。轉換後的風場用於估計能量耗散率(Energy dissipation rate, EDR)。研究結果顯示，當無人機飛行在河流以外的開放空間區域時，會比在高樓大廈群附近飛行時觀察到相對較大的 EDR，可能的原因是風速受到建築物等障礙物阻擋影響而減弱。在 EDR 的垂直分佈中，發現在較高海拔如 100 至 150M 時，相對觀測到較強的亂流與 EDR(圖 43)。未來將持續使用無人機進行連續觀測及計算固定位置的 EDR，並研究關於低層亂流的日夜變化特性。

Description of field campaign

- Period: **15 days** between 30 July and 27 August 2021
- **81 selected observation sites** in suburb of Seoul metropolitan area where observational flights are permitted by the government (and residents).
- Considering site availability, discontinuous observation was conducted between 00 and 09 UTC.



Unmanned Aerial Vehicle (UAV; or drone) and measurements used in this study

FT742 SM-FT Technologies (Wind accuracy: 0.3 m s^{-1})



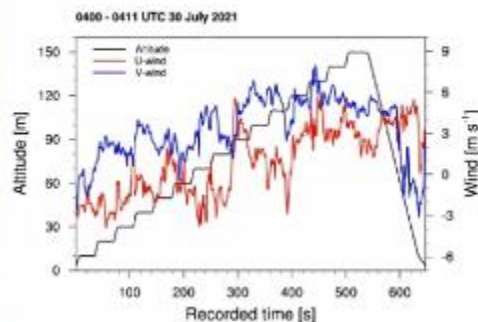
- Quadcopter with total weight of 6.8 kg ($\sim 15 \text{ lb}$)
- Recorded variables: **2D components of wind velocity** measured by sonic anemometer, location (lon., lat., and altitude), and positioning angle (pitch, roll, and yaw angle)
- **Recorded freq.: 1 Hz**

圖 41：使用無人機進行戶外的觀測實驗。

Description of field campaign (Cont.)

- **Flight/observation strategy:**
 - Vertical take-off and landing (VTOL) drone without horizontal movement
 - **Drone will be cruise mode at every 10 m for 30 s until it reaches 150 m (for 30 or 60 s).**
 - At 150 m, drone descends vertically for 100-120 s.
 - Duration time for each flight: ~ 10 minutes

Example of time series of wind (zonal and meridional wind) and altitude



- Although the length of the pole attached to the drone is designed to minimize effects of propeller, it is considered that there might be effects of wake due to descend in wind measurements.

圖 42：無人機觀測數據及時間設定。

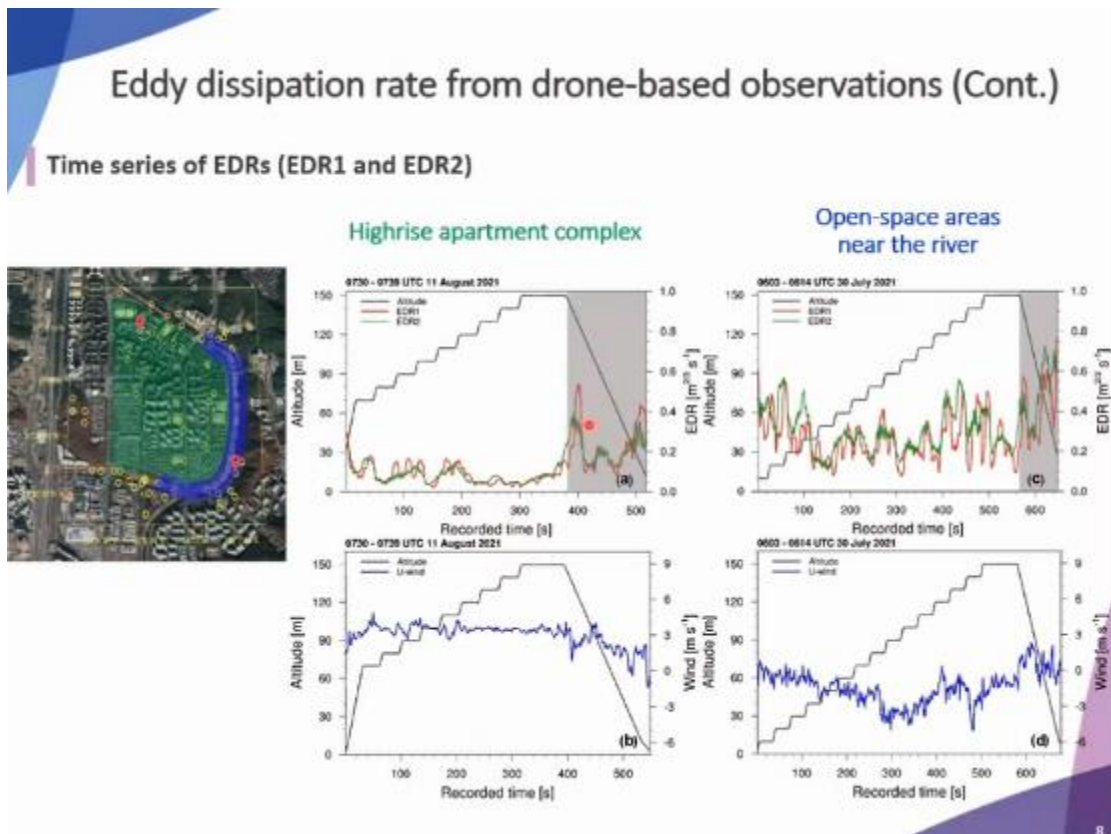


圖 43：無人機觀測之亂流結果分析。

12、AS45-A008

Detection and Analysis of Aircraft Icing Using Dual-polarimetric Radar

飛機在飛行期間，積冰檢測是相當重要的部分，當飛機機翼和機身上積冰時，會導致重量和阻力增加、升力和推力減少，嚴重可能導致飛機事故。韓國氣象廳天氣雷達中心(Weather Radar Center, WRC)利用 3D 雷達數據和設定大氣環境條件，研發了即時檢測積冰的運算法，環境設定如下：將雷達回波反射率(Z_H)設置為 10 到 30dBZ(Green and Clark, 1972)，差分反射率(Z_{DR})從 0 到 3dB(Vukits, 2002)溫度範圍為 -40°C 到 0°C (Mingione et al., 1997)，濕度為 80%以上 (Tafferner et al., 2002)，液態水含量(LWC)從 0.1 到 2.9 g m^{-3} (William et al., 2011) (圖 44)。研究結果將積冰程度分為 6 個階段，將可能有積冰的區域依強弱用不同色調強化顯示(圖 45)。分析數種可能出現積冰的天氣個案：凍雨、凍毛雨、山區地形效應、鋒面、層狀雲、積狀雲等環境，並將研究結果與實際飛機上的積冰探測器做比對驗證(圖 46 左及右)。此方法的優點是可以觀測整個朝鮮半島的潛在積冰區域，提供高時空解析度的積冰即時資訊，對於沒有除冰裝置的輕型飛機和空中救護消防直升機等低空飛行器，提供更安全的即時積冰訊息。

Method

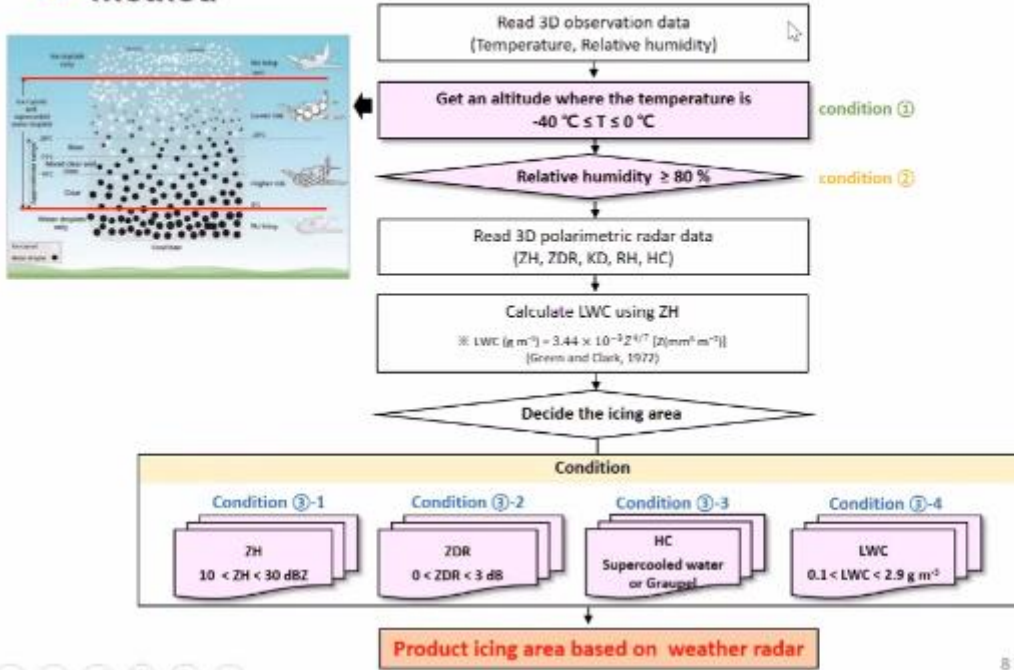


圖 44：積冰檢測運算法之環境設定。

Icing Index

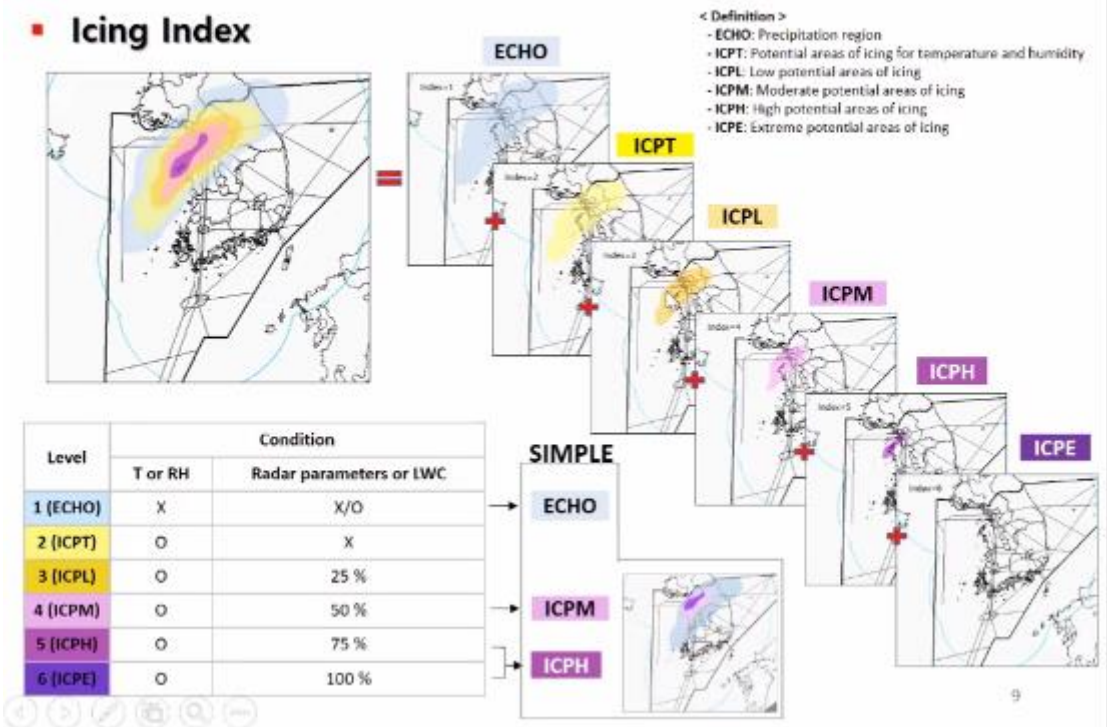


圖 45：積冰的區域依強弱用不同色調強化顯示。

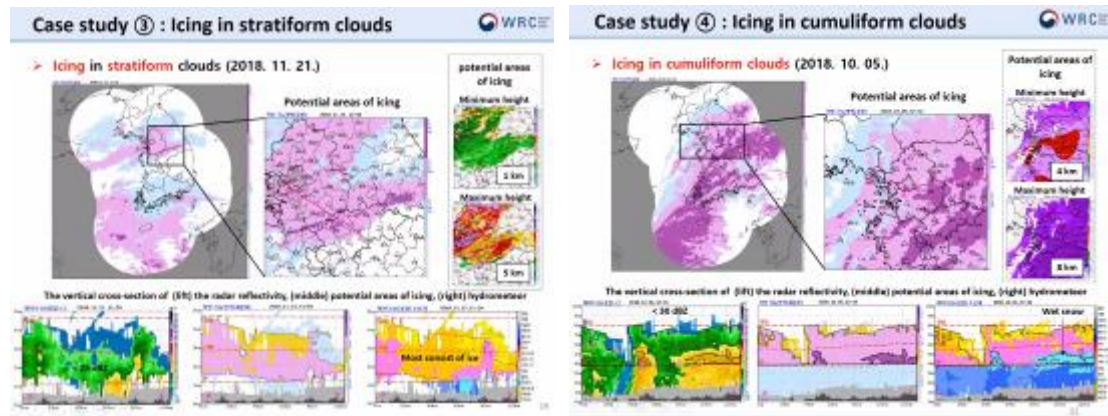


圖 46 左及右：不同天氣個案下的積冰反演結果。

(三) 8 月 3 日

1、AS32-A010

Future Change in Extreme Precipitation in East Asian Spring and Mei-yu Seasons in Two High-resolution AGCMs

此研究利用兩組高解析度氣候模式 (HiRAM 及 d4PDF) 來討論東亞梅雨季節時的未來的極端降水變化，圖 47 空間分布上可以發現 HIRAM 在梅雨季節時有明顯的極端降雨增加變強的情況而 d4PDF 則增加強度沒有 HIRAM 來的多。單日降雨強度、99 百分位 (99 Percentile) 降雨強度發現其明顯變多，而少雨天數則是增加，表示降雨明顯集中於某幾天發生，這兩組模式有不錯的一致性。至於就此降雨變化的機制來說，圖 48 顯示不管在動力 (垂直運動變化) 或是熱力 (水氣變化) 上的機制都是對於此極端降雨變化有明顯的正貢獻量，而兩者模式間存在有的不確定性在於太平洋副熱帶高壓脊的位置，以及北邊槽線的位置。

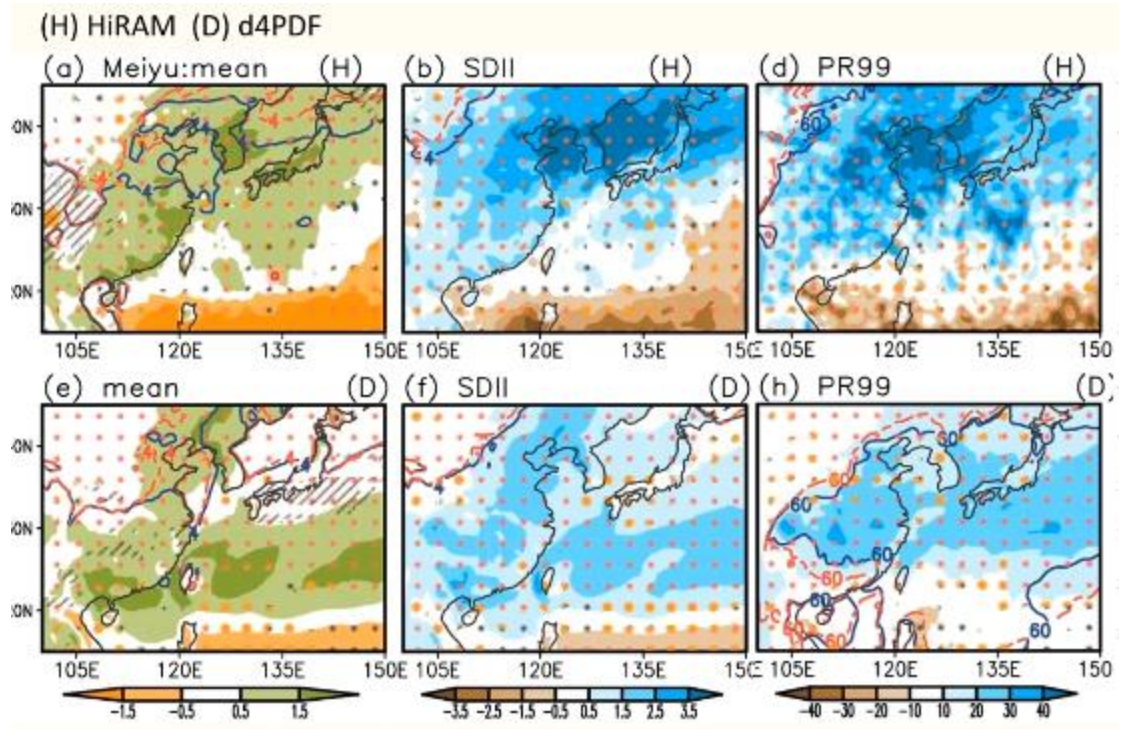


圖 47：HiRAM 及 d4PDF 模式梅雨季節平均降雨強度變化、單日降雨強度變化及 99 百分位降雨強度變化空間分布圖。

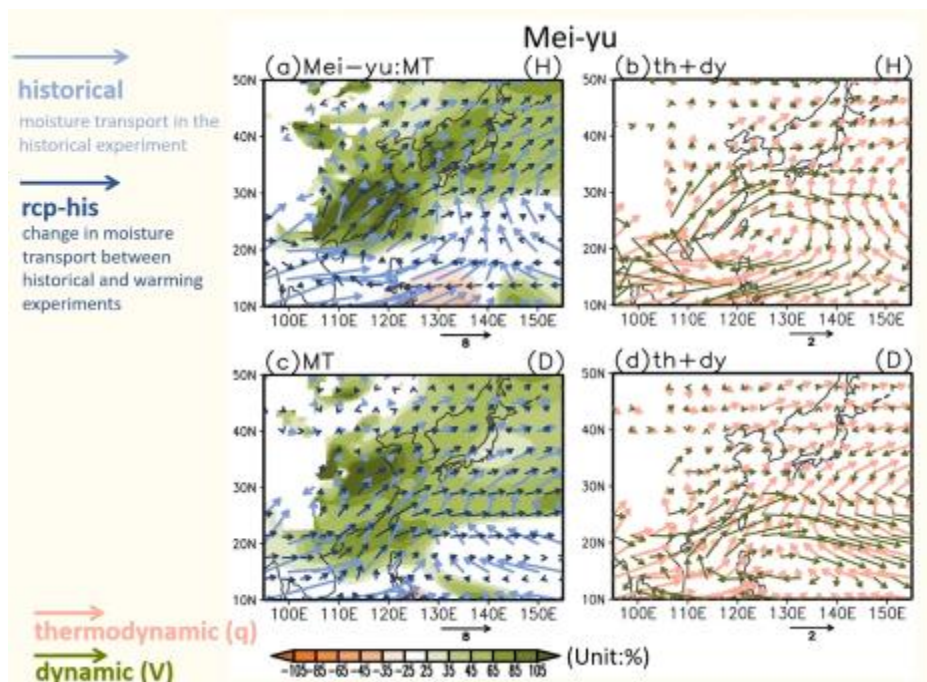


圖 48：水氣傳送、熱動力及動力場變化空間分布圖。

2、AS32-A008

Roles of Air-sea Interaction in 2016 East Asia Heat Wave: Impact of Air-sea Coupling

此研究在討論海氣交互作用對於 2016 年東亞地區熱浪的扮演的角色，作者進行兩組模擬實踐：一是給予海溫的實驗、另一個為有包含海氣交互作用的實驗，圖 49 顯示當有海氣交互作用下，會導致有明顯的阻塞高壓，但沒有海氣交互作用時則偏弱，而且這樣的差異還會造成在西北太平洋部分有明顯噴流的偏移，圖 50 為簡單的示意圖，可以看到在東亞槽的變深主要是因為過多的颱風估計導致的，而太平洋地區其差異來自於有沒有考慮海氣交互作用的結果，因為海氣交互作用實驗會導致海溫有冷卻的效應，導致 500hPa 的重力為高度下降，進而造成在太平洋這區域的槽線系統變的較不明顯。

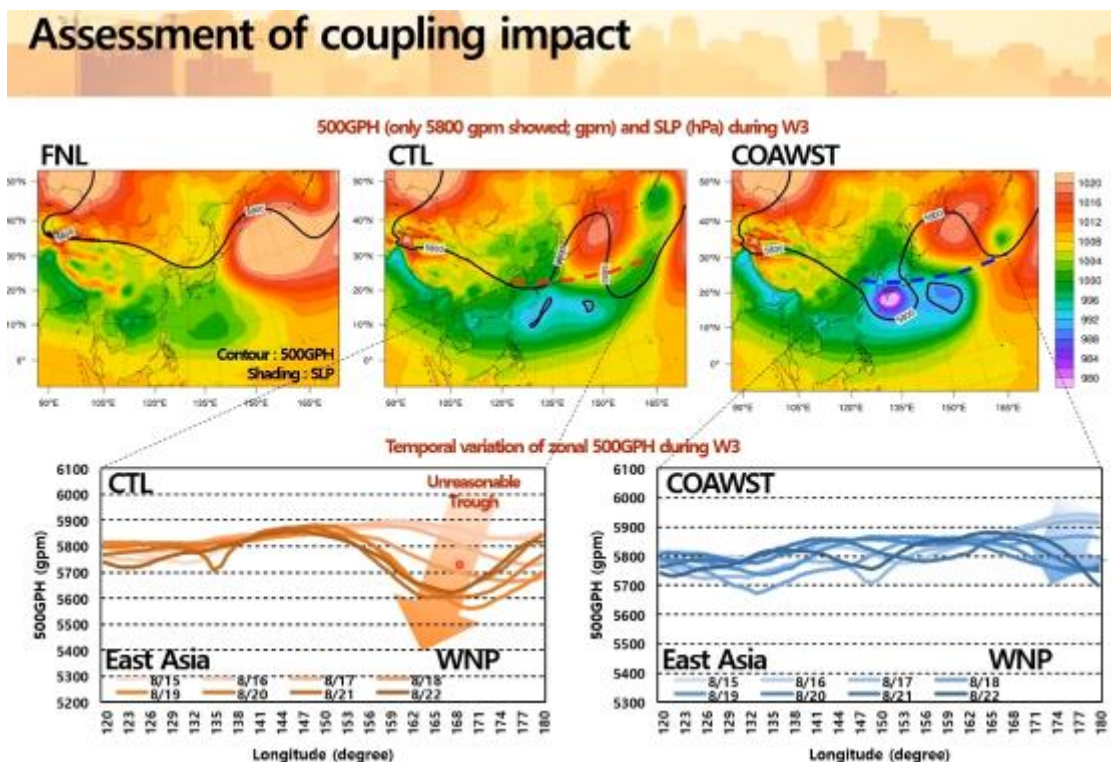


圖 49：二組實驗的 500hPa 重力位高度場分布圖及其時序圖。

Schematic diagram for impact of air-sea coupling

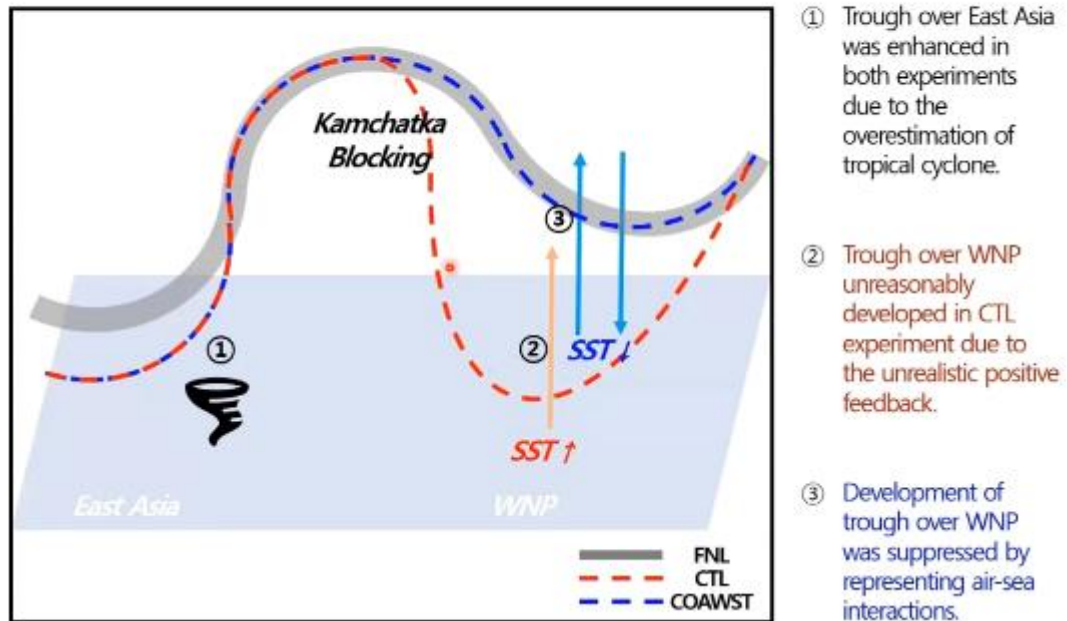


圖 50：研究結果概念圖，500hPa 重力位高度場為例。

3、AS41-A004

Lightning Activities in Typhoon Clouds and Their Relation to the Typhoon Intensity Development

北太平洋西部建置閃電觀測網在菲律賓、關島、帕勞、雅加達、沖繩安裝自動天氣和閃電觀測系統 (V-POTEKA)。其中，V-POTEKA 配備了一個非常低頻 (very low frequency, VLF) 接收器，可以偵測閃電放電電磁波頻率介於 1-50 kHz，利用 V-POTEKA 數據和到達時間地理定位技術估計閃電位置。最後，比較了 2018-2020 年颱風雲中閃電活動與北太平洋西部颱風強度發展的關係。

本研究使用日本氣象廳 (JMA) 和美軍聯合颱風警報中心 (JTWC) 提供的颱風路徑和強度資料，共選取 81 個颱風中的 48 個進行互相關分析。結果(參考圖 51)證實偵測到閃電事件數和颱風強度 (最大風速 V_{max} 和最低氣壓 P_{min}) 的時間變化有關 (V_{max} 的 $R=0.54$, P_{min} 的 $R=0.56$) 並且閃電活動與颱風強度之間存在明顯時間延遲 ($V_{max}+31$ h, $P_{min}+35$ h)，這代表著閃電活動的峰值在先，颱風強度的峰值在後。另外，在較弱颱風的時間延遲小於強颱風時，而在較弱的颱風時偵測到的閃電密度 (事件/天) 大於強颱風時(圖 52)。

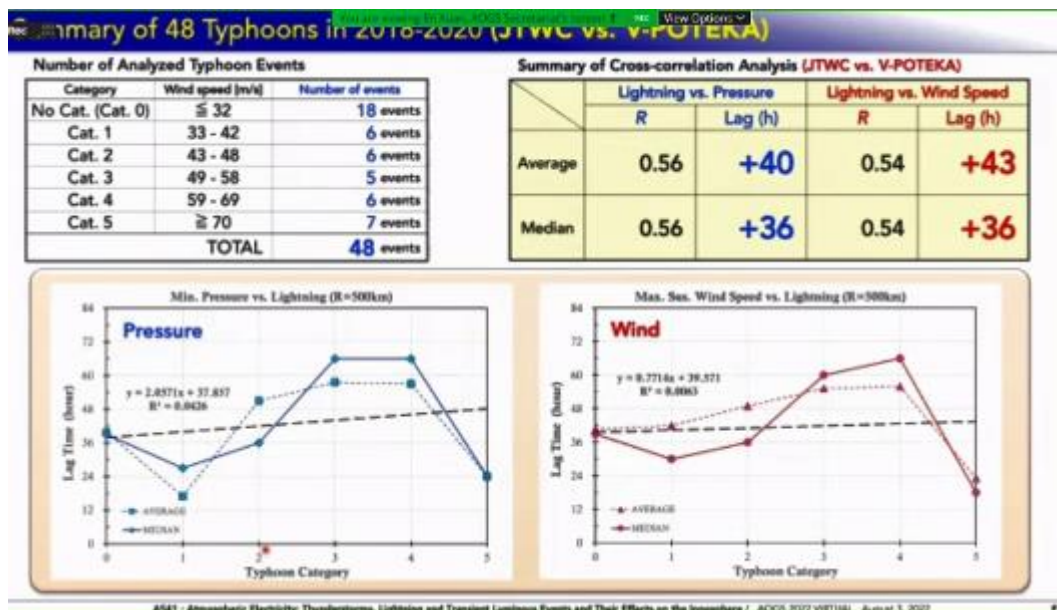


圖 51：48 個颱風強度資料和閃電進行互相關分析。

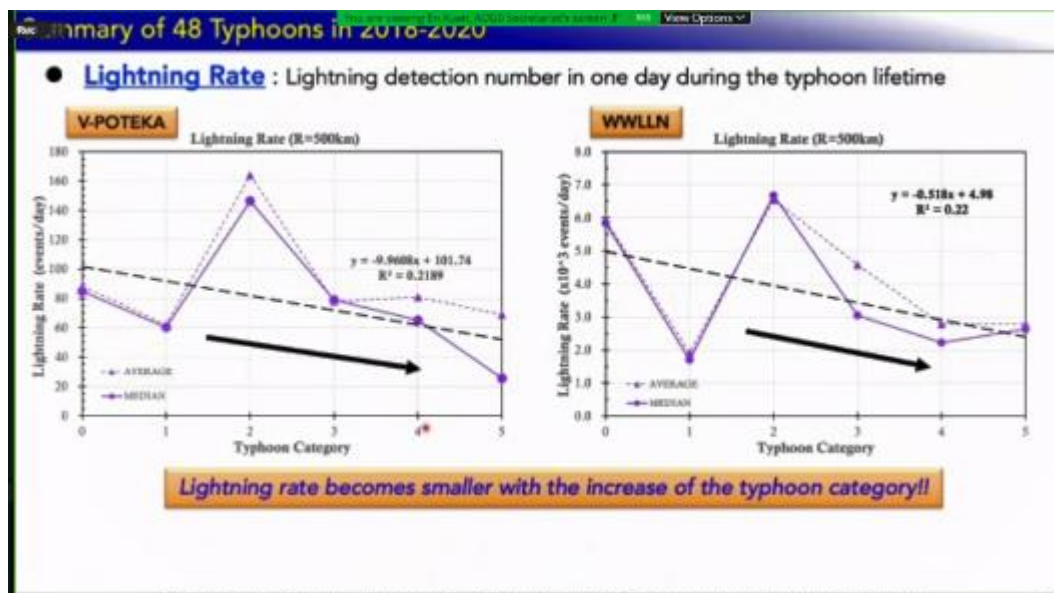


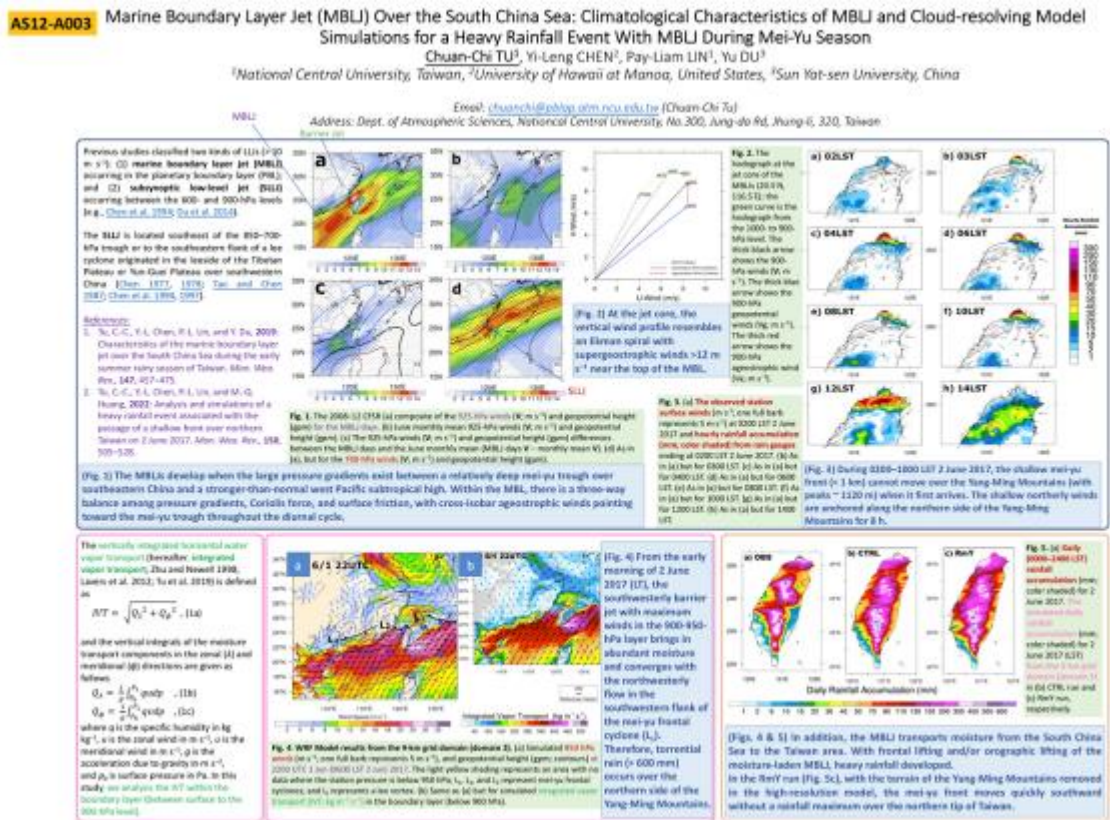
圖 52：閃電密度（事件/天）與颱風強度關係圖。

4、AS12-A003

Marine Boundary Layer Jet (MBLJ) Over the South China Sea: Climatological Characteristics of MBLJ and Cloud-resolving Model Simulations for a Heavy Rainfall Event With MBLJ During Mei-Yu Season

本篇研究使用 2008 至 2012 年共 5 年間，國家環境預測中心氣候預測系統再分析數據，分析臺灣初夏雨季期間南海北部上空的海洋邊界層噴流（Marine boundary layer jet, MBLJ）。MBLJ 不同於與鋒面系統相關的低層噴流(low-level jet, LLJ)，通常定義 BLJ 為發生在海拔 1000m 以下的 LLJ。在此期間，南海北部的 MBLJ 事件主要

發生在臺灣季風雨季後半段（6月1日以後），最大風速約在 925hPa。MBLJ 主要與中國東南部相對較深的梅雨鋒面槽線和西伸的西太平洋副熱帶高壓有關，前述兩者間的氣壓梯度力愈大，MBLJ 愈大。在 MBLJ 噴流核心附近可觀測到大於 12m/s 的風速。MBLJ 在南海北部到臺灣地區的水氣輸送中，發揮著重要作用。分析 2017 年 6 月 2 日與 MBLJ 相關的梅雨鋒事件，強降雨發生在陽明山脈北側、雪山西南坡和中央山脈，可明顯觀測到 MBLJ 將水分從南海輸送到臺灣地區，透過地形舉升作用形成強降雨(圖 53)。



度全球大氣模式(High-Resolution Atmospheric Model, HiRAM)的 5 公里模式，進行了動態降水的模擬。比較氣候變遷下颱風的變化，除強度變化外，颱風移動速度加快、登陸持續時間縮短。此外，靠近地形的移向偏轉對累積降水起到了至關重要的作用，模擬結果表明，未來的颱風在接觸到臺灣陸地時，受到地形阻擋後偏轉角較小、持續時間減少(圖 54)。

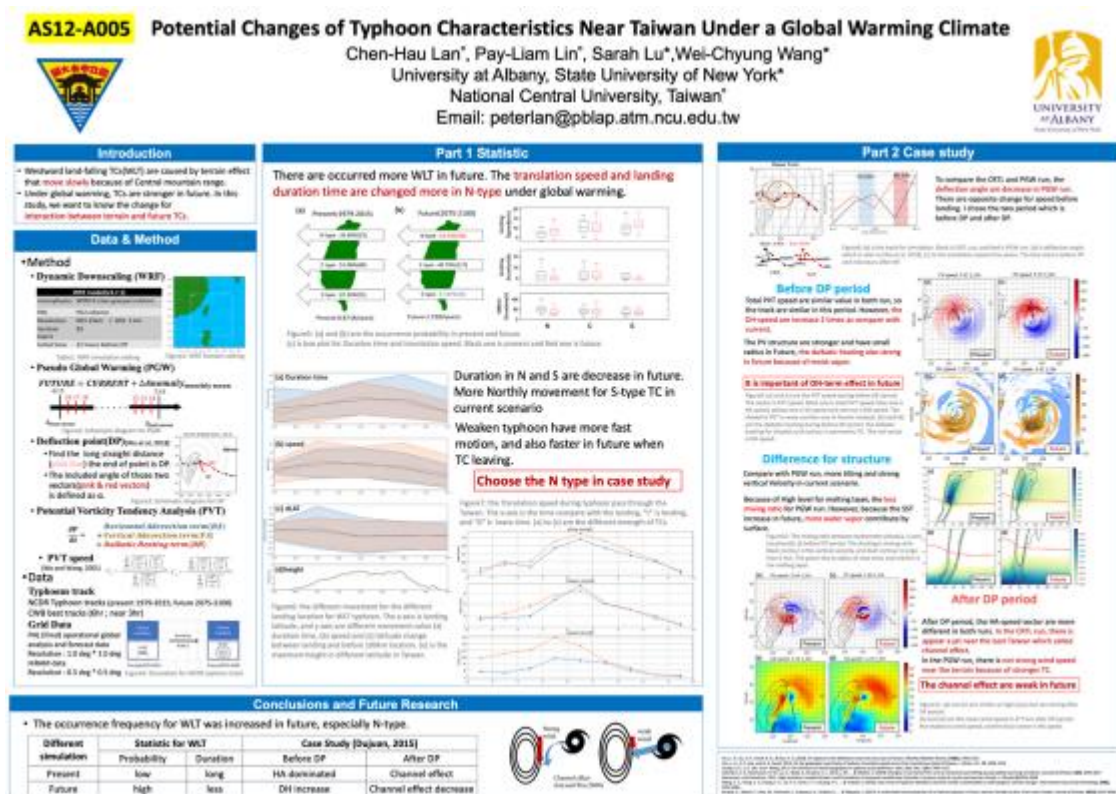


圖 54：全球變暖氣候下臺灣附近颱風特徵的潛在變化。

(四)8月4日

1、AS47-A014

Irreversible Response of East Asian Extreme Precipitation to CO2 Forcing

此研究再討論淨零的問題，如果今天二氧化碳濃度被我們降低回到原本濃度，是否可能氣候會回復到原本的狀態，而此研究主要在討論東亞地區的極端降雨情況，圖 55 為其實驗設計概念，使用 CESM1.2.2 進行未來氣候推估，並將 CO2 的濃度提升到接近四倍，然後再逐漸遞減到原本的濃度，再看前後的氣候狀態是否有變異，圖 56 顯示在 CO2 回到原始濃度後仍然溫度及降雨明顯偏高，而東壓地區則仍然有明顯的強降雨頻率，接著進行更詳細分析後作者發現主要是因為存在一個 El Nino Like Pattern 且加上 Gill-Type Response 所造成的結果，波動會從東熱帶太平洋地區逐漸往北傳送並影響到韓國東亞地區的降雨及溫度(圖 57)。

Experimental design & Index

CESM (Community Earth System Model) v1.2.2



- Idealized CO₂ removal experiment
- Increase 1% per year (~ 4xCO₂)
- Decrease symmetrically (~ initial level)
- 28 ensemble members

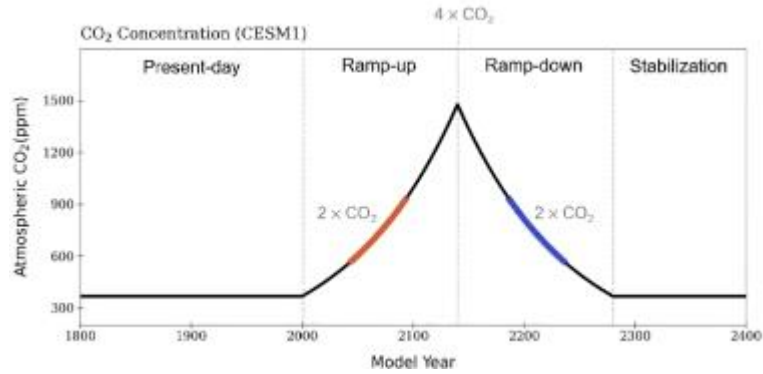


圖 55：此研究實驗設計方式。

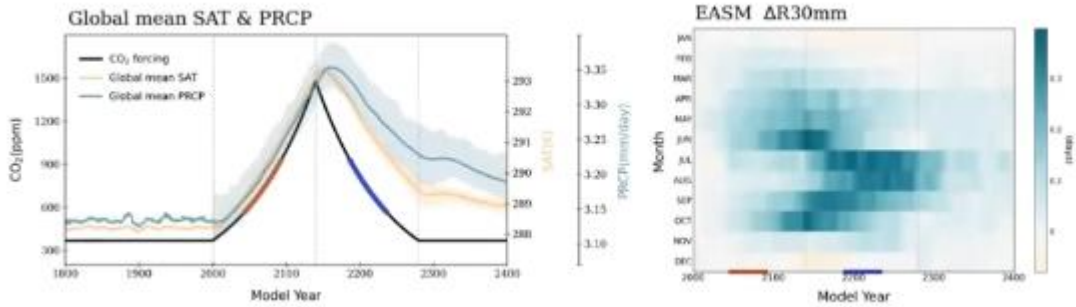
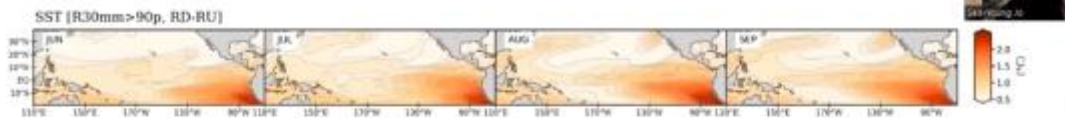
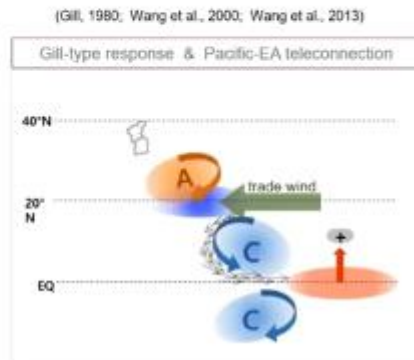


圖 56：東亞地區降雨及溫度時序圖，及降雨超過 30 mm/day 的頻率。

2) Influence of El Niño-like warming



• SST: enhanced El Niño-like warming pattern



- Anomalous anti-cyclonic flow over WNP (Gill-type response)
- North-westerly anomaly in western flank of cyclonic flow : SST cooling over WNP (positive WES feedback)
- Anomalous cyclonic flow (Gill-type response)
- El Niño heating over eastern equatorial Pacific

圖 57：熱帶東太平洋異常增溫，及 Gill-type Response。

2、AS33-A002

Relations Between Upstream Conditions and the Intensity of Orographic Precipitation on Main Mountain Ranges of South Korea

作者挑出韓國 2018-2020 年與地形降水有關的 57 個個案，搭配地表降水率 HSR、由 Wind Synthesis System using Doppler Measurements (WISSDOM) 反演得到的三維風場和三維熱力場，找出影響地形降雨強度的關鍵氣象參數或因素。藉由比較太白山脈東面與西面山坡、釜山市及 Jiri 山脈降雨情形，結果指出風向影響山區降水位置、風速與降雨強度有很高的相關係數 (0.55-0.85)，如圖 58。所有案例的統計分析顯示(圖 59)，太白山西坡和智異(Jiri)山脈上游風速、福祿數(Froude number) 和中層 moist flux 與降雨強度有高相關係數，太白山東面山坡降雨強度與水汽通量及 Froude number 關係較高，釜山市降雨強度與輻合關係較高。

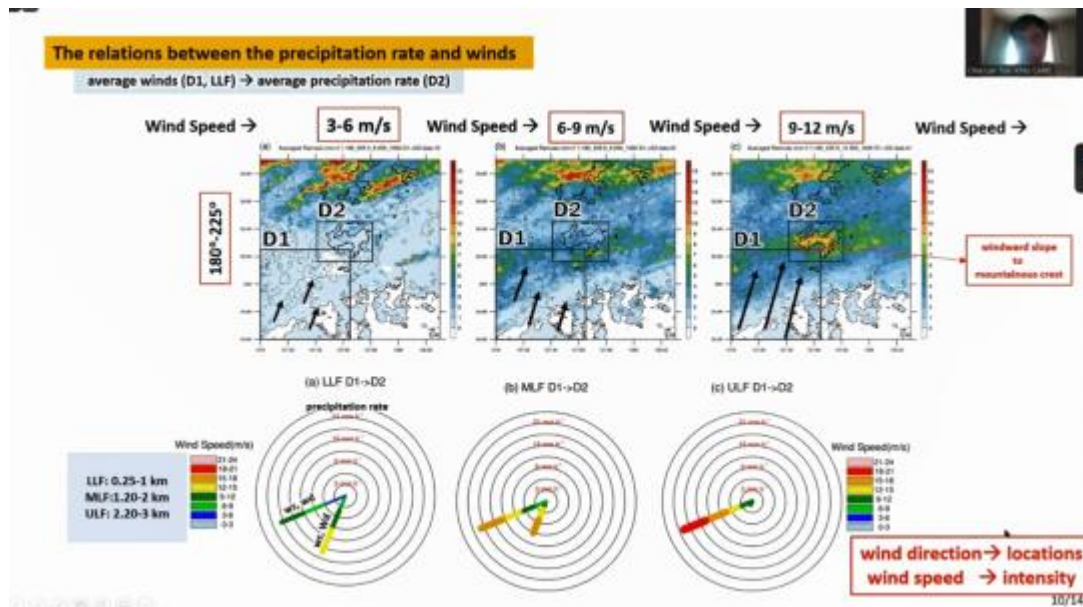


圖 58：風向風速與降雨之間的關係。

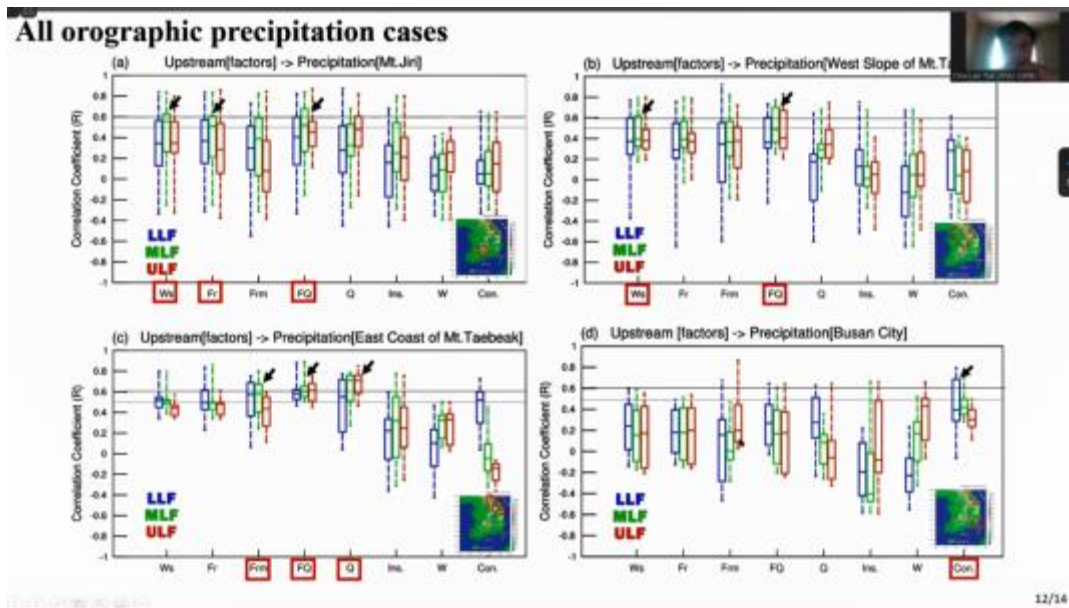


圖 59：研究選取四個區域全部個案所有參數與地形降水間的相關係數。

3、AS33-A013

Orographic Precipitation Associated With Typhoon Meari (2011) and Development of an Orographic Precipitation Model

作者使用密集雨量計、五分山雷達觀測資料與地形降水診斷模式，針對 2011 年米雷颱風在大屯山(DT)地區造成強地形降水的物理機制進行研究。觀測資料得知上游環境幾乎飽和與整個對流層為 neutral convective instability，上坡抬升可能是造成 DT 強地形降水(超過 260mm/hr)的原因(參考圖 60)。地形降水模式模擬說明顯示上坡抬昇機制產生降雨的空間分布與觀測相似，但累積降雨被低估了，如圖 61，在研究分析期間，雷達觀測解釋了與颱風環流有關的層狀降水和對流降水接近或登陸 DT 時有也顯著影響。

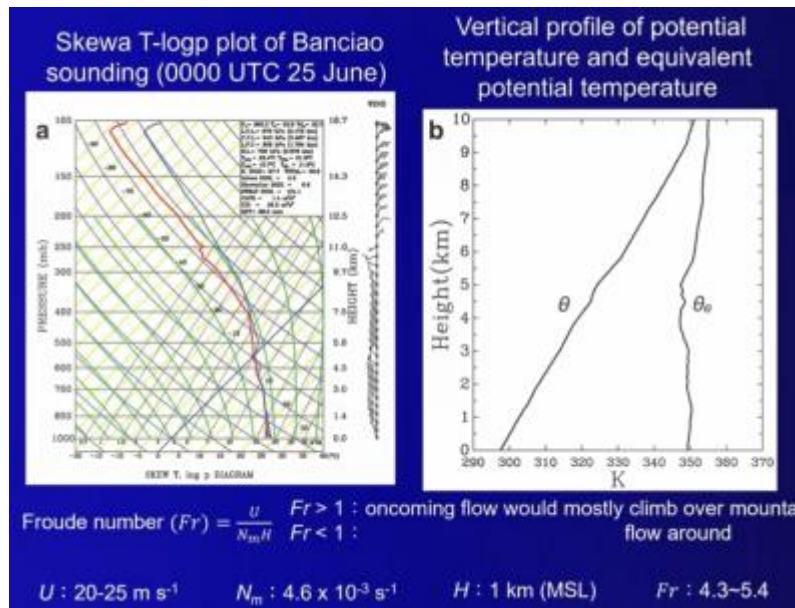


圖 60：探空資料與 Froude number。

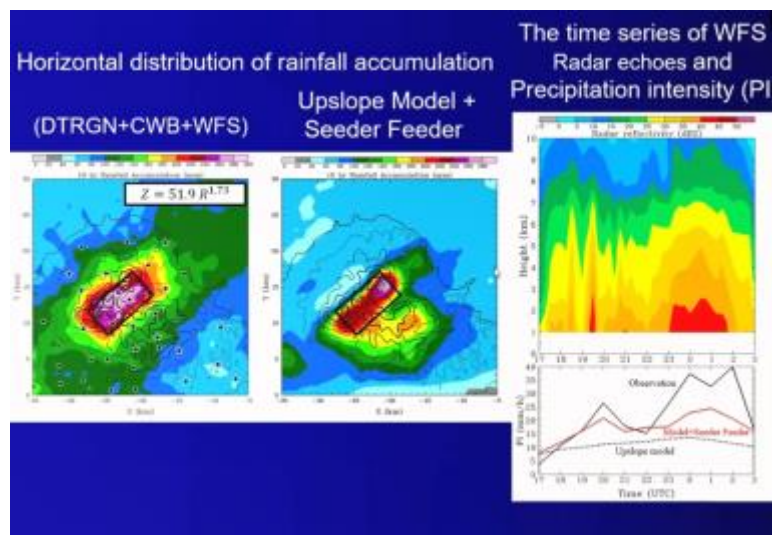


圖 61：模式與觀測資料比較。

4、AS33-A019

Mesoscale Analysis of the Extreme Heavy Rain Event in Taipei on 8 September 2018

2018 年 9 月 8 日傍晚的大雨導致臺北市多處發生嚴重淹水。多個雨量站 24 小時累計降雨量超過 200 毫米，其中有 9 個站 60 分鐘累積降雨量大於 100 毫米。本研究使用偏極化雷達進行中尺度分析，並利用歐洲中期天氣預報中心再分析資料得知，隨著冷鋒往南移動，對流胞最初形成於北海岸再往南移至大屯山。圖 62 中紅外線雲圖冷雲頂顯示中尺度對流系統進入臺北盆地後的旋轉特徵。都卜勒雷達的徑向速度和渦度分析顯示，盆地內有一個伴有強烈回波的中尺度渦旋停留了約兩個小時。徑向風分析圖 63 得知中尺度渦旋的形成原因是臺北盆地東北風與西南風輻合所

導致。

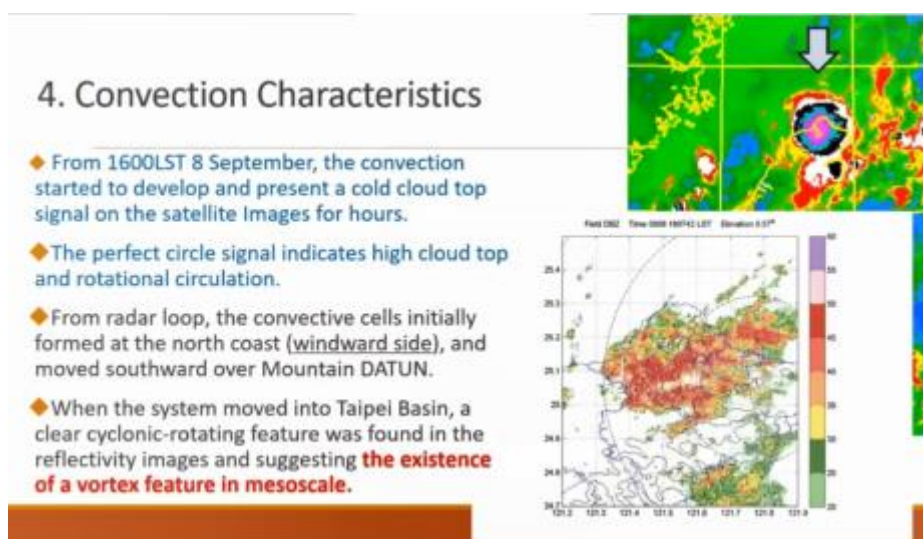


圖 62：對流胞形成位置。

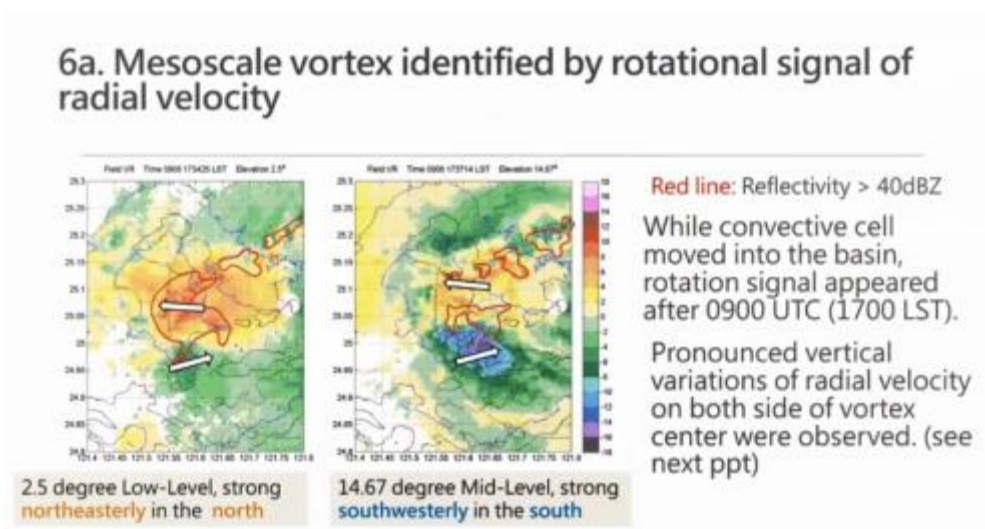


圖 63：雷達徑向風觀測到中尺度渦旋。

5、AS45-A014

Retrieval and Quality Assessment of Wind Observation From Mode-S EHS Data in Korea

此篇海報(圖 64)介紹韓國地區 Mode-s EHS 飛機風場反演資料之分析，使用資料區間為 2021/5/7 至 8/24，約 3 個半月共計 1,375,549 筆飛機報告資料。Mode-s EHS 是透過航管雷達與航空器通訊的同時，從飛機上獲取相關機載數據，可反演航空器當時的風場及溫度資料。此篇研究僅針對風力部分作分析，並與 AMDAR 飛機報告共同比對分析，發現 Mode-s EHS 與 AMDAR 反演風的均方根誤差 (RMSE) 相關性一致，在 500 hPa 時，兩者 RMSE 分別為 2.2 m/s 及 2.0m/s，隨著海拔升高到 200 hPa，增加到 4.9 m/s 及 3.1 m/s。但分析也顯示，在 1000-875hPa 約邊界層高度附近時，

Mode-s EHS 反演的風場有些微正偏差約 4.3m/s。總體而言，Mode-S EHS 與 AMDAR 數據表現出良好的一致性。此外 Mode-S EHS 同時段內的資料量約為 AMDAR 資料的 1.95 倍，提供了更多反演數據，可於數值天氣預報模型中的數據同化及亂流預報產品中應用。

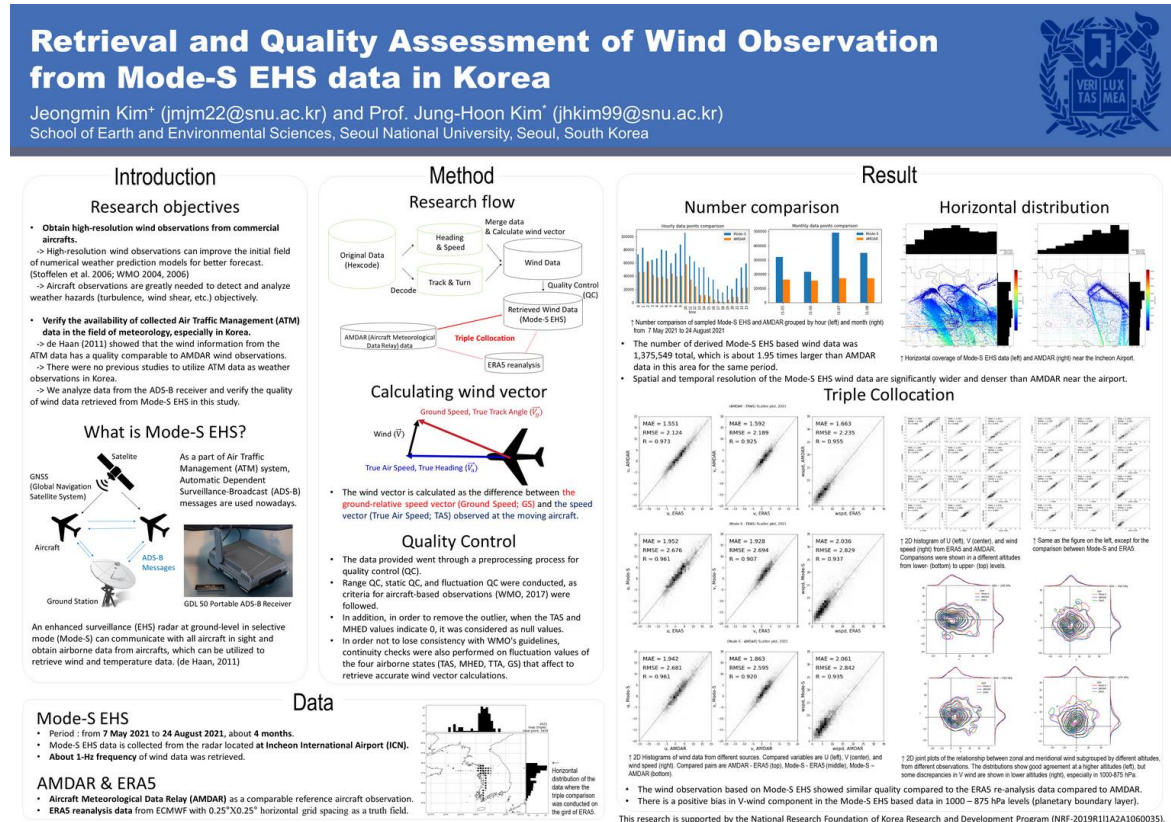


圖 64：韓國地區 Mode-s EHS 飛機風場反演資料之分析。

6、AS45-A011

Ensemble Forecast of the Simplified Forecast Icing Potentials Using the Global Unified Model of the Korean Meteorological Administration

此篇海報(圖 65)介紹韓國氣象廳全球模式的積冰預報產品(Simplified Forecast Icing Potentials, SFIP)，此產品已成功應用於韓國氣象局 (KMA) 的全球業務數值天氣預報模式 Unified Model (UM)，SFIP 的計算方式為：輸入各種變數包含溫度、相對濕度、垂直速度和雲含水量等分析場後，通過優化權重的函數計算後得出此產品。研究中還使用了時間延遲系集預報法(time-lag-ensemble, TLE)，比對 2021/5/7 至 8/24 美國國家海洋和大氣管理局/航空氣象中心(NOAA/AWC)提供的 PIREP 產品後，發現經過 TLE 運算後的 SFIP 產品結果於個案分析及統計校驗上，均優於無 TLE 的產品，未來將持續進行 TLE 的積冰預報產品研發。

Ensemble Forecast of the Simplified Forecast Icing Potential Using the Global Model of the Korean Meteorological Administration



Eun-Tae Kim* and Jung-Hoon Kim*

School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, South Korea

Contact
Eun-Tae Kim
- ektim7@snu.ac.kr
Prof. Jung-Hoon Kim
- jhkim99@snu.ac.kr
Lab Website
- http://faa.snu.ac.kr

Instruction

- Simplified Forecast Icing Potential (SFIP) is an in-flight icing diagnostic algorithm developed by Belo-Pereira (2015) that uses only numerical weather prediction (NWP) model outputs of temperature (T), relative humidity (RH), vertical velocity (w), and cloud liquid water content (CLWC).
- The main purpose of this study is to update the SFIP algorithm to get optimal tailored performance when using the Unified Model-Global Data Assimilation and Prediction System (UM-GDAPS), global model of the Korean Meteorological Administration (KMA), for better icing forecasts.
- Also, the probabilistic SFIP forecast based on the time-lagged-ensemble (TLE) is tested in this study.

Data and Methodology

- UM-GDAPS forecasts
 - The 6-hourly UM-GDAPS forecasts from 12- to 36-hr were used in this study, which has NS2 resolution (23 km spacing in mid-latitude) and 26 isobaric levels to the model top of 0.4 hPa.
- Receiver Operating Characteristic (ROC)
 - The original and optimized SFIP were evaluated by area under the ROC curve (AUC) representing the performance skill of algorithm.
 - Unity of the AUC means that it is perfect algorithm, while a value of 0.5 means that it has no skill for forecasting.
- Pilot Reports (PIREPs)
 - Icing PIREPs for 34 months from 1 Oct 2015 to 31 Jul 2018 were used to evaluate and optimize the SFIP algorithm.
 - The model output variables on the nearest grid point from the reported location were selected to calculate the SFIP index.
 - PIREPs only between 500 ft and 23000 ft were used as icing were rarely reported in upper troposphere.
 - Due to the lack of PIREPs in East Asia, the PIREPs reported near the U.S. are mainly used in this study.

SFIP algorithm

- The SFIP index is calculated as $SFIP = M_T(aM_{RH} + bM_w + cM_{CLWC})$, where M_T , M_{RH} , M_w and M_{CLWC} are the membership functions described in Morcrette et al. (2019) and Figure 1.
- All the five weight combinations (a, b, c, in the equation) described in Belo-Pereira (2015) were tested (See the paper).

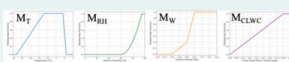


Figure 1. Membership functions for T, RH, w, and CLWC described in Morcrette et al. (2019)

Severity	Counts	Percentage
None	49,906	19.20%
Trace-Light	155,673	60.66%
Light-	14,803	5.71%
Moderate	37,233	14.37%
Moderate-	842	0.32%
Severe	726	0.28%
Total	259,183	100%

Table 1. Counts and ratios for each icing severity during the research period.

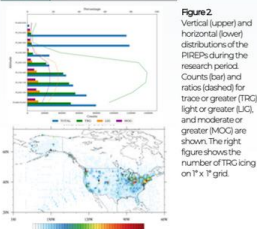


Figure 2. Vertical (upper) and horizontal (lower) distributions of the PIREPs during the research period. Counts (bar) and ratios (dashed) for trace or greater (TRG), light or greater (LIG), and moderate or greater (MOG) are shown. The right figure shows the number of TRG icing on 1° x 1° grid.

Results

- Optimization
 - Morcrette et al. (2019) verified that the use of cloud ice water content (CIWC) can mitigate any possible incorrect phase partition in the NWP model. Indeed, the UM-GDAPS forecasts underestimate the CLWC and overestimate the CIWC on the icing locations and the AUCs were increased when both variables are used (not shown; Kim et al. 2022). Thus, it is concluded that the CIWC is additionally used in the KMA's icing algorithm.
 - Membership functions are optimized to the 34 months of MOG PIREPs by fitting the function to the probability density function (PDF) and cumulative density function (CDF). The fitting functions are composed of piecewise linear and quadratic functions (Figure 3).
 - All AUCs for each version increased significantly after the optimization. The best weight combination showing the highest AUC is found to be 0.35, 0.15, and 0.5 for a, b, and c, respectively, for the UM-GDAPS. This version is defined as SFIP_{opt} (Table 2).
 - The SFIP_{opt} was repeatedly evaluated 1000 times against randomly selected one-tenth size of the PIREPs. It is verified that the results are consistent with each other within ±2.6% of AUC compared to the full evaluation (Figure 4).

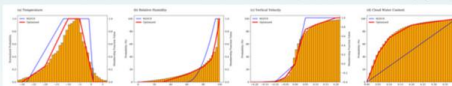


Figure 3. The original (blue) and (red) new membership functions with PDF and CDF (left).

AUC	TRG	MOG
SFIP	0.624 (0.796)	0.639 (0.727)
SFIP _{opt}	0.686 (0.720)	0.702 (0.739)
SFIP _{opt}	0.709 (0.728)	0.731 (0.758)
SFIP _{opt}	0.689 (0.725)	0.705 (0.745)
SFIP _{opt}	0.707 (0.736)	0.728 (0.752)
SFIP _{opt}	0.710	0.752

Table 2. The 5-forecast time-averaged AUCs for each version and icing severity. AUCs in parenthesis are ones after optimization. For SFIP_{opt} figures are only after optimization.

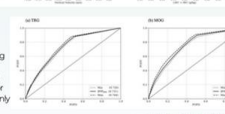


Figure 4. The bottom (dashed) and upper (solid) boundary of ROC curves of 24-hour SFIP_{opt} forecasts calculated using the 1000 randomly resampled PIREPs.

- Probabilistic forecast by time-lagged ensemble
 - The TLE-based forecast seem to be feasible and useful as AUC of 12- to 36-hr forecasts TLE mean SFIP_{opt} is higher than those from single forecasts (Table 2 and Figure 5).
 - The test of TLE-based probabilistic forecast are shown in Figure 6. The SFIP_{opt} thresholds for each icing severity can be obtained by statistical methods such as True Skill Scores. This will be conducted in detail in the future.

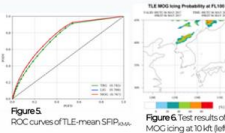


Figure 6. Test results of TLE probabilistic forecast for MOG icing at 10°N (left) and 20°N (right) altitudes.

Conclusion

- The optimization of input variable, membership functions, and weight combination in the SFIP against long-term observations can increase the skill performance for in-flight icing prediction.
- TLE-based SFIP forecast is feasible and more useful than single forecast. The development of TLE-based probabilistic icing forecast will be conducted in the future.

Acknowledgements

This research is supported by the Korean Meteorological Administration Research and Development Program (KM2020-0910).
Belo-Pereira, M. 2015. *Meteorol. Appl.* 22, 705-715.
Morcrette et al. 2019. *Wea. Forecast.* 34, 781-790.
Kim, E.-T., J.-H. Kim, S.-H. Kim, and C. Morcrette. 2022. Simplified Forecasting Icing Potential Algorithm for the Global Operational NWP Model in KMA. *Wea. Forecast.* (in revision).

圖 65：介紹韓國氣象廳全球模式的積冰預報產品 SFIP 及其系及預報結果。

7、AS63-A004

Taiwan-Philippines Vote-meteorology of Typhoon Study

臺灣及菲律賓兩國針對火山 (Volcanos)、海洋 (Ocean)、颱風 (Typhoon) 及地震 (Earthquake) 的雙邊合作研究計畫案，簡稱 VOTE，由菲律賓 DOST (科技部) 和臺灣 MOST (科技部) 共同出資研究。此篇研究重點為提升不同時間尺度下的颱風之預報能力。透過衛星和兩國沿岸雷達觀測資料及天氣研究和預報模型 (WRF) 和雲解析風暴模式 (Cloud-Resolving Storm Simulator, CReSS) 等數值預報模式產品，用以預報及分析臺灣和菲律賓地區的颱風軌跡、強度和降水。計畫前期的項目有：提高西北太平洋地區颱風的衛星及雷達觀測資料品質，於菲律賓沿岸附近增設雷達觀測裝備，制定山區大雨監測預報和滑坡預警等系統，改良暴潮及海浪預報產品，提高颱風的可預報度期望可達 2 周等(圖 66)。另一方面，分析颱風的長期行為，如臺灣和菲律賓附近地區颱風的季節和週期變化。未來將持續進行本項計畫，預計將於 2022 年 8 月舉行國際會議聯席會議，2023 年 5 月於馬尼拉將舉行 VOTE 總結研討會。

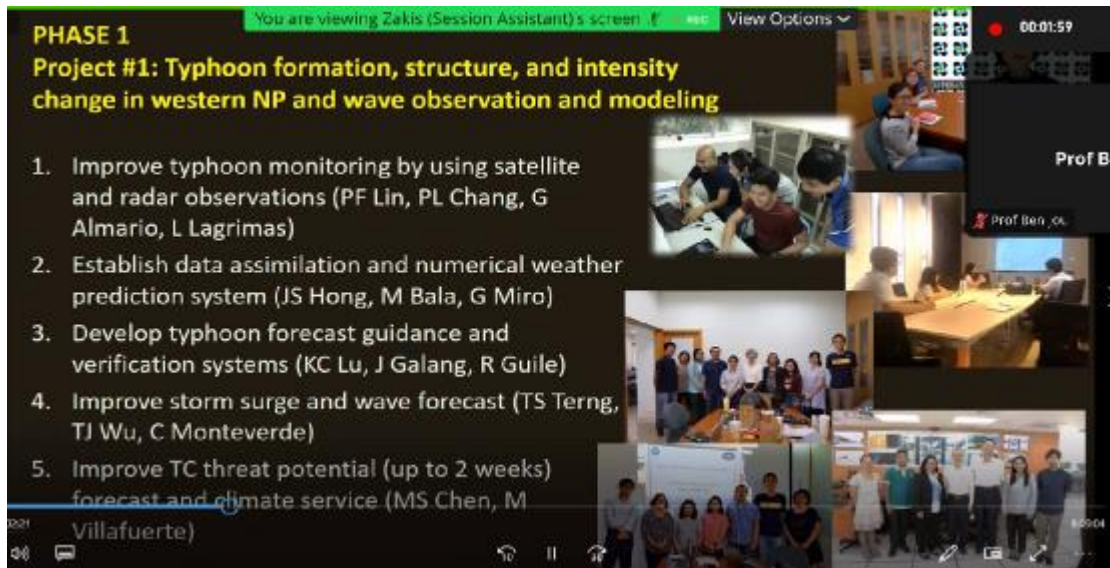


圖 66：臺灣及菲律賓兩國合作之 VOTE 研究計畫進行中項目。

(五)8 月 5 日

1、AS13-A017

Seasonality Changes in Terrestrial Precipitation From 1979-2018

在過去研究中濕季變濕，乾季變乾這是大家所認知的想法，但其實在海洋與陸地上的差異識是很明顯的，尤其在乾季時陸地是增加的情況，海洋則是減少，主要是因為海陸溫度增加速度上的差異導致（圖 67），在海洋與陸地垂直運動速度一個是增加一個是減少，但在溫度垂直剖面上，上層大氣幾乎一致差異不大，但低層陸地增溫快速，海洋則相對弱很多。再將陸地區分成降雨減少及增加的區域進行分析，可以發現主要的差異來自於 400hPa 底下的水氣差異，進而導致降雨增加區域偏向不穩定地 Moist Static Energy (MSE) 剖面（圖 68），而這些水氣來源主要是因為較多水氣輻合所造成的，而這些水氣輻合效應可能來自於全球暖化下或是地表使用狀態改變，導致的局地環流變化所造成。

1979-2021 ERA5 Profiles Tendency in Dry Season

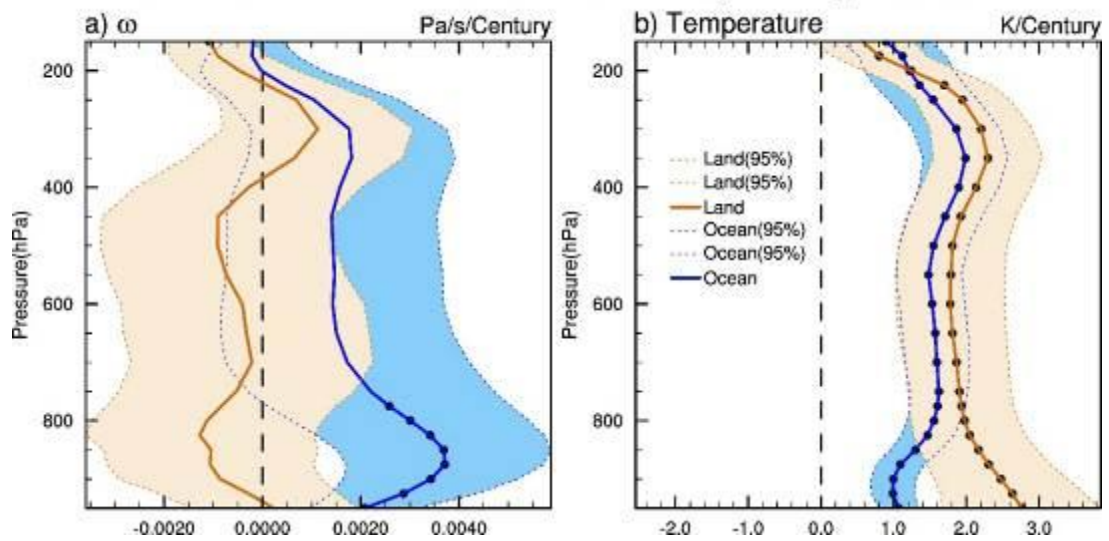


圖 67：陸地及海洋垂直運動及溫度垂直剖面變化圖。

1979-2021 ERA5 Profiles Tendency (Land Dry)

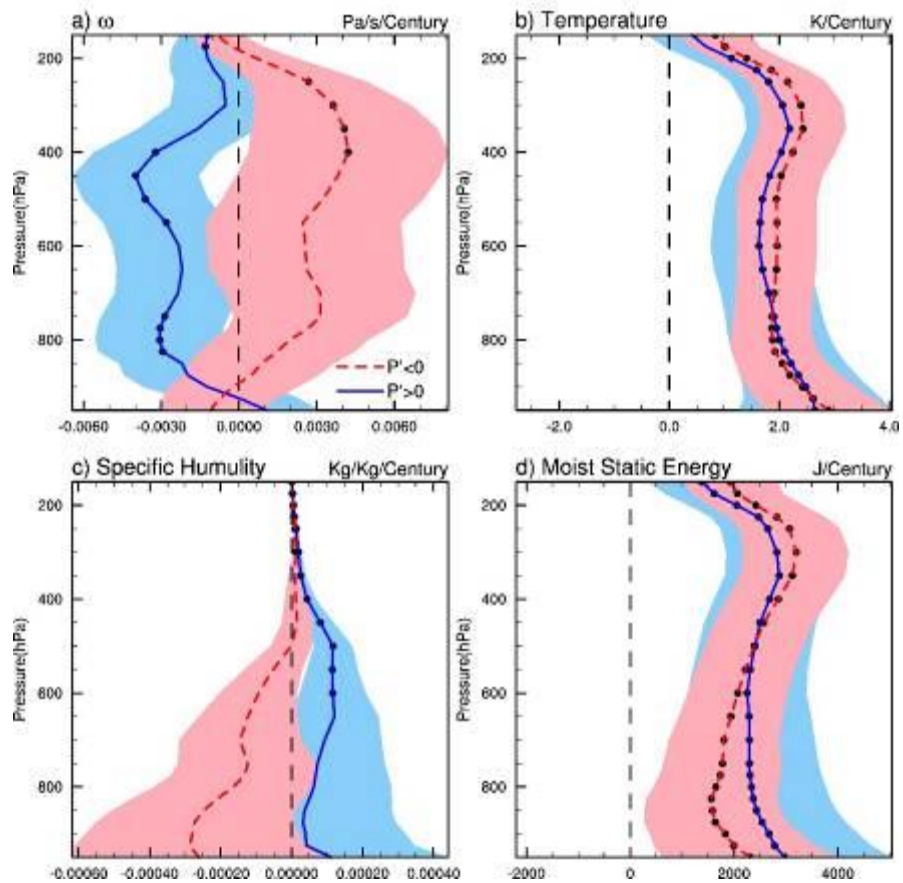


圖 68：陸地降雨增加及陸地降雨減少區域垂直剖面變化圖。

2、AS46-A003

The Reduced Seasonality Over the Pan-Arctic Region Under Global Warming

此研究主要在討論於西伯利亞中北部地區降雨會受到全球暖化的影響造成春季降雨增加，使得降雨的季節週期減弱，作者使用 CESM2 Large Ensemble 進行分析，並利用水氣收支分析討論其春季降雨增加的原因（圖 69）。圖 70 顯示從水氣收支分析可以發現主要降雨的變化是來自於水氣水平平流項的貢獻，再將風場變化放進來一起討論，如圖 71 所示，可以看到有一明顯的風場增強情況從北大西洋到西伯利亞中北部地區，也就是此較強的風場將水氣從海洋往歐洲內陸傳送並造成西伯利亞中北部地區春季較多的降水。再進一步進行空間相關性的分析，可以發現從北大西洋一路到歐洲內陸在到西伯利亞中北部地區，其水平水氣平流項都與西伯利亞地區的降雨有很好的相關性，此風場在全球暖化下的變異主要可能因為中緯度地區槽脊線在全球暖化下的改變有關係，甚至影響到中緯度溫帶氣旋的活動頻率跟移動位置。

1920-2100 CESM2_LE Precip Daily Seasonal Cycle

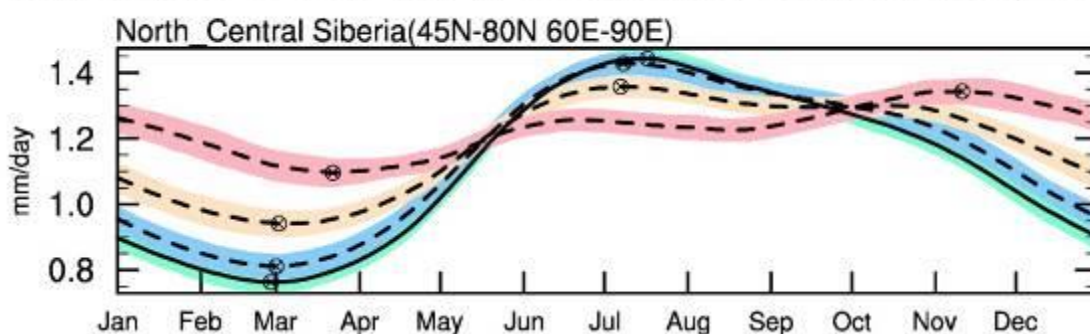


圖 69：CESM2 Large Ensemble 在西伯利亞中北部地區降雨季節變化。

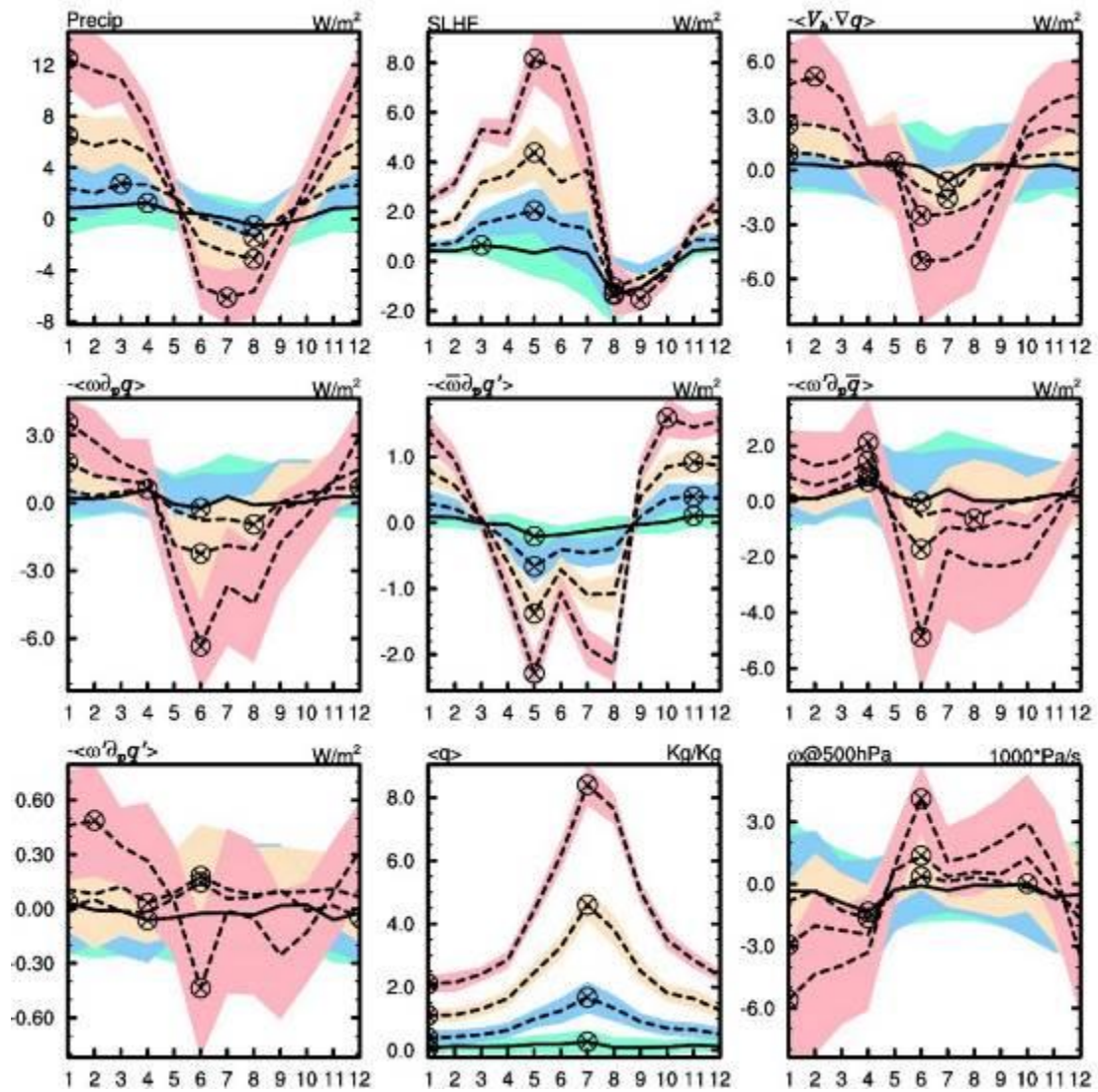
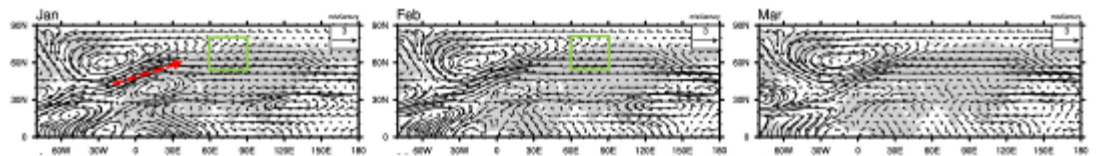
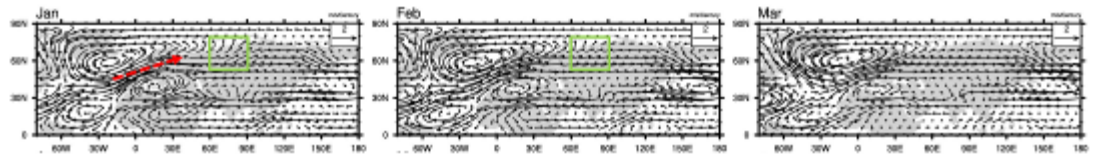


圖 70：水氣收支各項季節變化圖。

1920-2100 CESM2_LE UV@300hPa Ensemble Mean Trend Maps



1920-2100 CESM2_LE UV@500hPa Ensemble Mean Trend Maps



1920-2100 CESM2_LE UV@850hPa Ensemble Mean Trend Maps

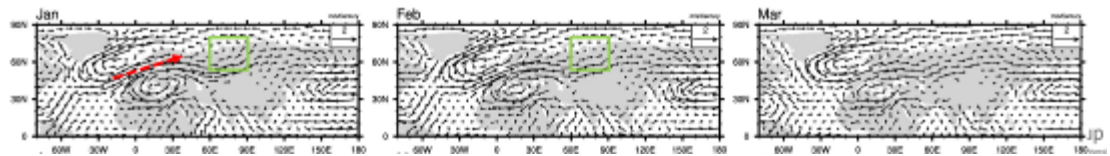


圖 71：暖化下 300、500 及 850hPa 風場變化圖。

3、AS39-A003

Development of a New Balloon-borne Particle Imaging Sensor and Terminal Velocity Measurement of Precipitation Particles in Clouds

傳統無線電探空儀利用 1680MHz 無線電波將放大降水粒子圖片傳回地面。Takahashi (1990)開發的 Videosonde 可在不接觸粒子的情況下捕捉空氣中的降水粒子照片，並提供照片及降水粒子(如雨滴、雪花和霰)的大小和形狀相關資訊，但卻碰到照片品質受到距接收天線越遠品質愈差的缺點。本研究研製了一種新型球載粒子影像無線電探空儀，將載波頻率更改為 400 MHz 頻段並命名此新傳傳輸系統為「Rainscope」，參考圖 72。

Rainscope 透過配備的兩個紅外傳感器測量通過時間來測量雲中粒子的終端速度，幾次實驗顯示即使在距離接收器幾十公里或更遠的地方，也能保持良好的通信性能和圖像質量，2022 年 6 月 25 日觀測實驗結果如圖 73。在終端速度的測量中，證實了雨滴大小與終端速度的關係與 Atlas (1977) 提出的結果相似。

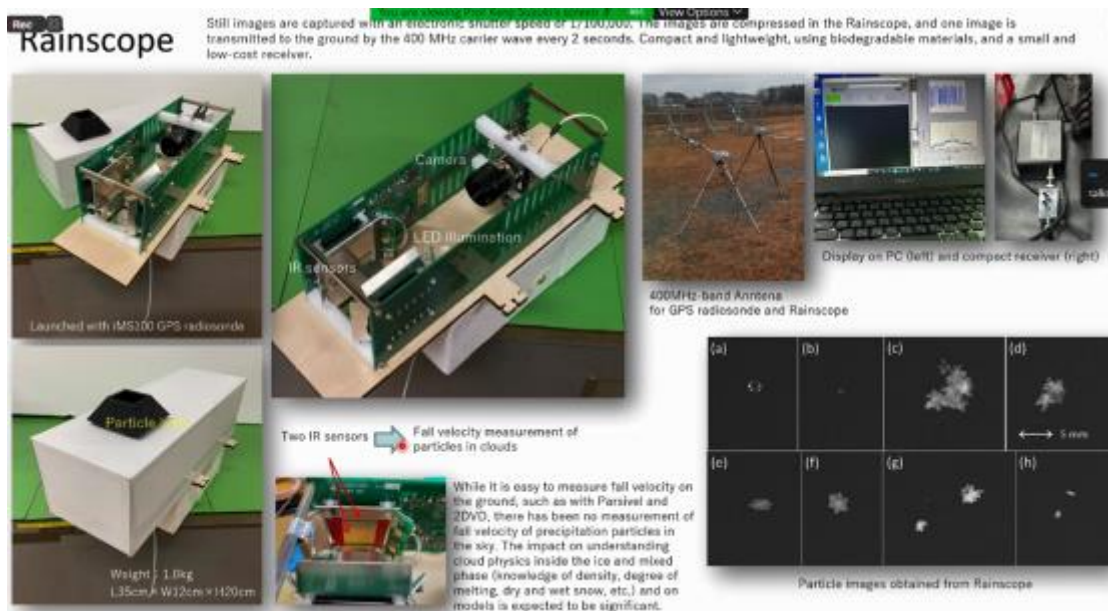


圖 72：Rainscope 設備介紹。

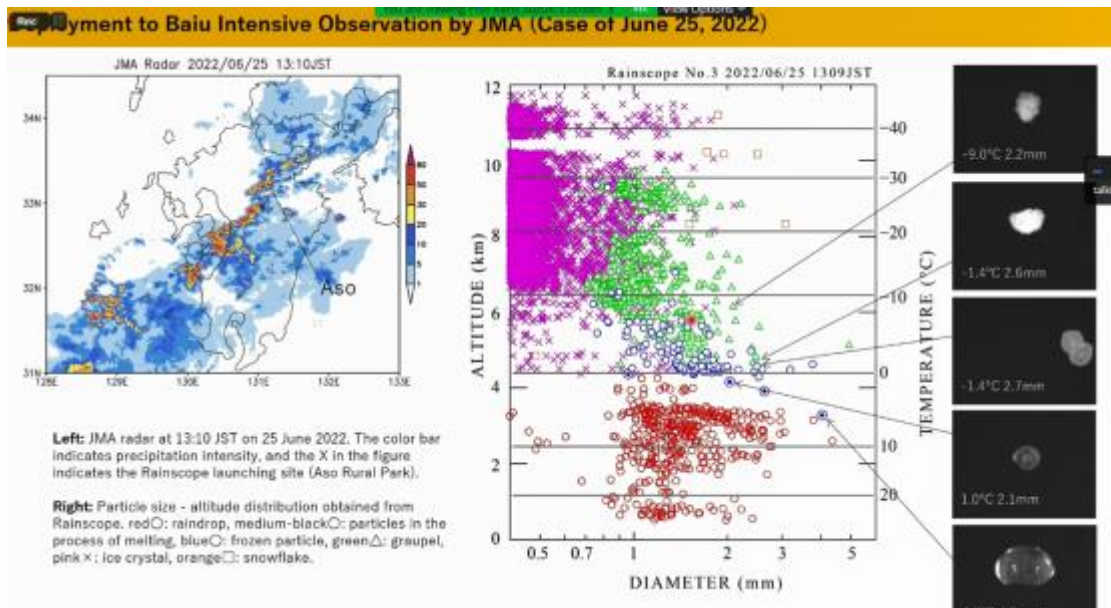


圖 73：2022 年 6 月 25 日觀測實驗結果。

4、AS39-A004

Thunderstorm Observation by the Phased Array Weather Radar

大阪大學的相位陣列雷達（PAR）系統由東芝公司和大阪大學在日本國家信息通信技術研究所(NICT) 的資助下開發並從 2012 年開始運作。PAR(圖 74)仰角有 100 個且為電子式掃瞄、方位角為機械式掃瞄，3D 掃瞄範圍最高達 60 公里，30 秒超高速體積掃瞄適用於都市地區觀測劇烈風暴，雷達通過 24 個天線元件發射多角度的寬波束，再由每個元件數位化處理 128 個元件接收反射回來的信號，以達成快速掃瞄。研究也比對了 3D nowcasting model 可明顯觀測到極端降水事件中雷雨胞減弱過程，參考圖 75。在安裝好 PAR 後，又繼續開發了具有雙極化能力的新 PAR 並於 2017 年安裝在東京市區，他可在 30 秒內完成雲層結構的三維掃瞄，再配合地面無線電波對於水蒸氣含量的估算，進一步提高預測的準確性。

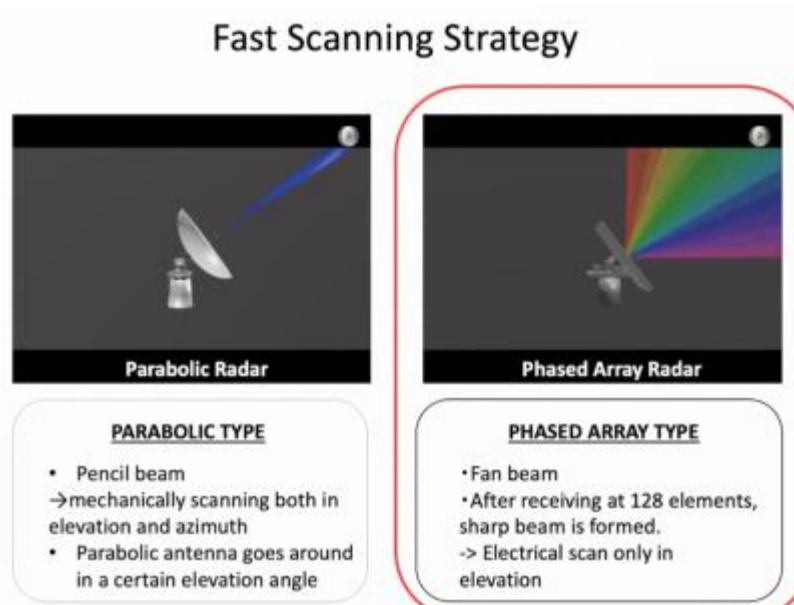


圖 74：相位陣列雷達與拋物線雷達比較圖。

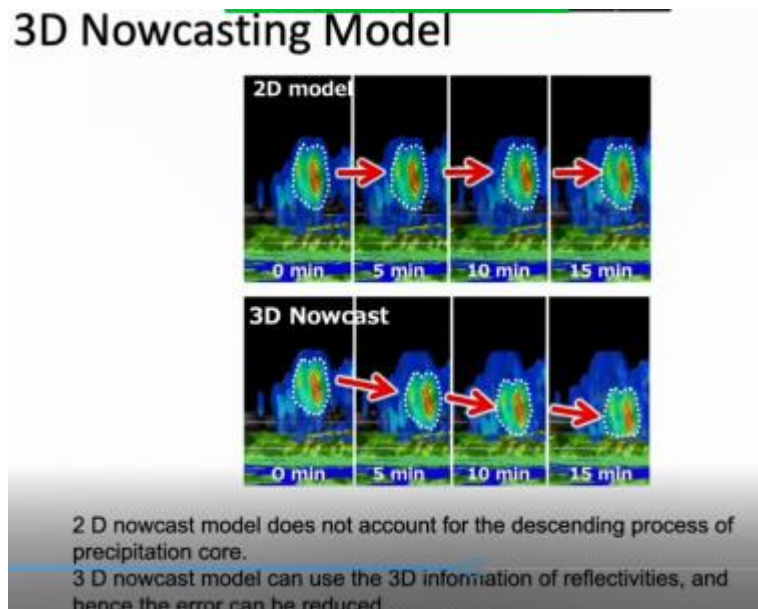


圖 75：3D 與 2D nowcastingmodel 比對圖。

5、AS42-A020

Rainfall Distribution and Formation Mechanism in Yilan Plain Area During the 2020 Yilan Experiment for Severe Rainfall

冬天東北季風造成宜蘭山區迎風面受地形抬升作用降雨較多外，過去研究發現平原地區的降雨量比山區更為顯著，可知除了地形抬升因素外還有其他機制導致降水發生。本研究利用 2020 年宜蘭強降雨實驗（YESR）的密集觀測數據，分析降水分佈及變化。

結果顯示宜蘭平原大部分地區在強東北風情形下，雷達回波顯示對流主要在山

區形成，在逐漸往平原和沿海地區移動，因此降雨主要發生在山區(受地形的抬升作用)再往平原移動。弱東北風的情況下，除原本迎風面山坡有回波形成外，在宜蘭南邊山區附近出現西南風回流，此回流風場與弱東北季風輻合區由山腳慢慢北移至宜蘭平原，導致宜蘭平原地區出現強降雨，如圖 76。

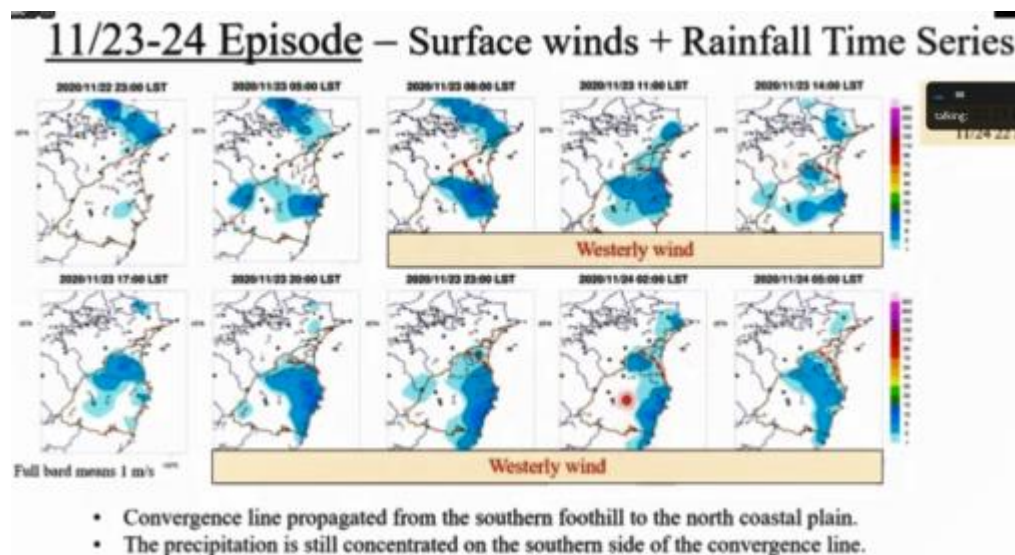


圖 76：2020 年 11 月 23 至 24 日 3 小時降雨。

6、AS42-A014

The Impacts of Mid-level Moisture on the Structure, Evolution and Precipitation of Afternoon Thunderstorms: A Real-case Modeling Study at Taipei on 14 June 2015

此篇文章為 2015 年 6 月 14 日，臺北盆地內午後熱雷雨系統研究，當時強降雨時雨量達 131mm，造成臺北市內大範圍淹水災情。本研究使用 WRF 模式進行模擬分析，水平解析度採用高解析的 500M，以期可掌握對流胞發展期間，海陸風的轉換及增強、對流胞的合併以及其發展的過程。本次模擬進行了 4 次中層 700 至 500 hPa 相對濕度 (RH) 增減 10% 和 20% 的數值靈敏度實驗，並將模擬結果與對照組的模擬結果進行了比較。儘管對流對中層相對濕度的響應有些非線性，但敏感性實驗表明，中層乾燥層會導致冷池更強、對流更強烈、上升氣流更強、霰粒子更多、融化水平以上的淨潛熱更強(圖 77、78)，以及更大面積的潛在氾濫區域(30 分鐘內降雨超過 40mm 的地方)。另外三個地形去除敏感性實驗表明，臺北盆地調節了對流強度對中層相對濕度的影響，盆地地形限制了與熱對流相關的外溢流，迫使其不斷與潮濕的海風形成氣流輻和，為後續的對流發展提供了有利的動力和熱力環境。這種“盆地限制效應”對於複雜地形上的短期極端降雨可能至關重要。

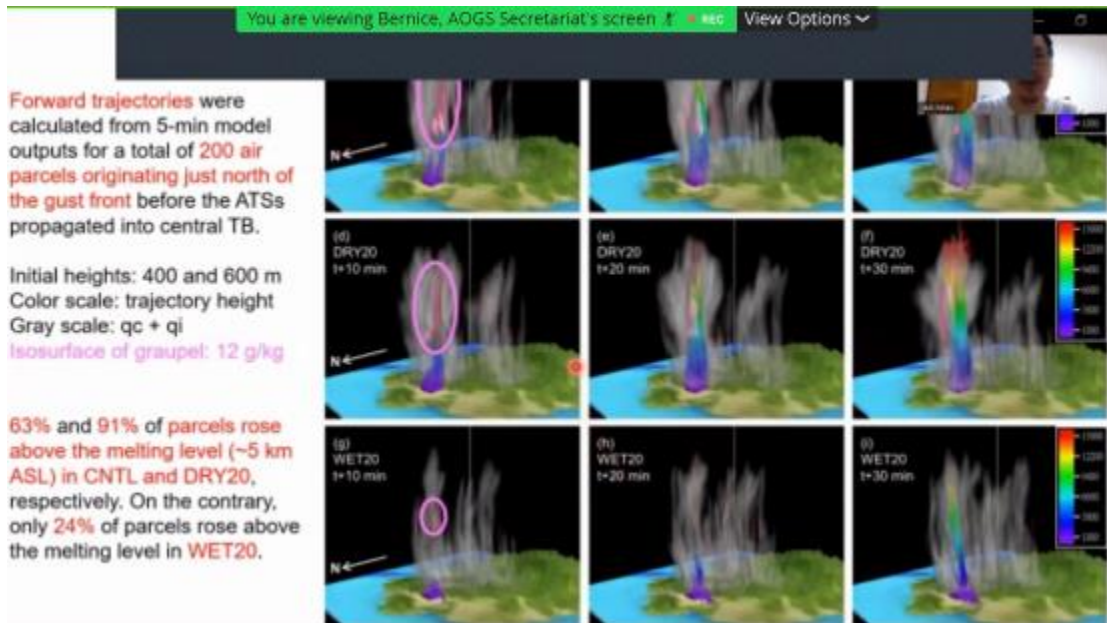


圖 77：使用 WRF 模式進行臺北午後熱對流個案模擬分析。

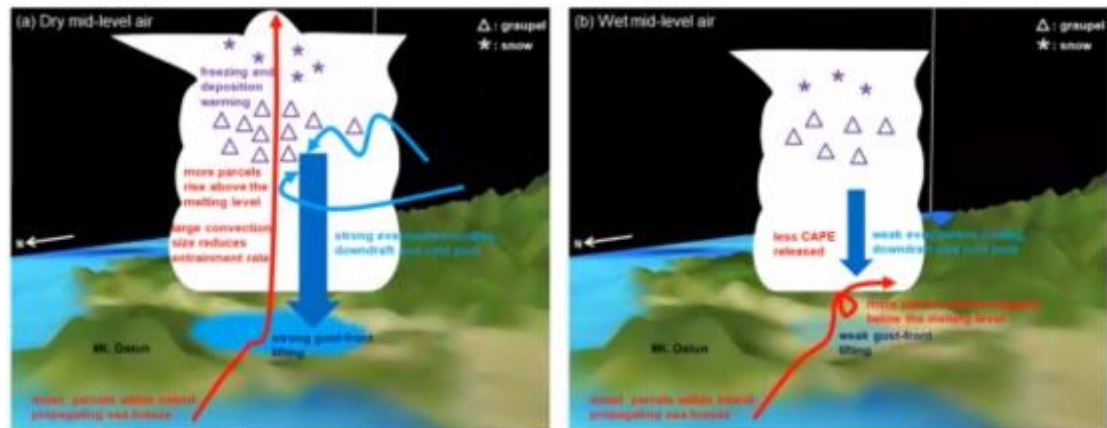


圖 78：使用 WRF 模式進行臺北午後熱對流個案模擬分析。

四、心得與建議

(一) 配合我國政策持續關注淨零碳排民航相關議題並及早研擬對策。

氣候變遷不但對於一般人生活有關係，也對於飛航安全息息相關，近年各國開始倡議淨零碳排，臺灣也隨之將淨零碳排修入氣候變遷因應法，而航空公司屬於排碳大戶，應及早研擬航空業的淨零排放因應作為。

(二) 持續參加國際性學術研討會，以提升氣象專業領域視野。

參與國際氣象研討會可以瞭解最新的氣象技術與知識，可清楚看到各國觀測儀器之先進及應用於防災或減災，因此持續讓同仁參加國際性學術研

討會，不但可以增廣見聞、增進預報技術能力，也可將所知最新技術應用於計畫規劃與設備採買。

(三) 評估於機場內安裝相位陣列雷達之可行性，提升機場氣象觀測及預報準確度。

相位陣列雷達（參考圖 79）相較於多年前技術已逐漸成熟且造價變便宜，本次 AOGS 多場會議已能發現多篇採用相位陣列雷達，以得到更精準觀測並應用於防災的個案研究，美國與日本等國家使用此雷達 30 秒超高速體積掃瞄於觀測劇烈風暴等天氣，爰建議本總臺可考慮評估於機場內安裝相位陣列雷達之可行性，藉由更快速更新的觀測讓航空氣象人員及機場作業人員有更多時間應對，以達到預警、減災效益。

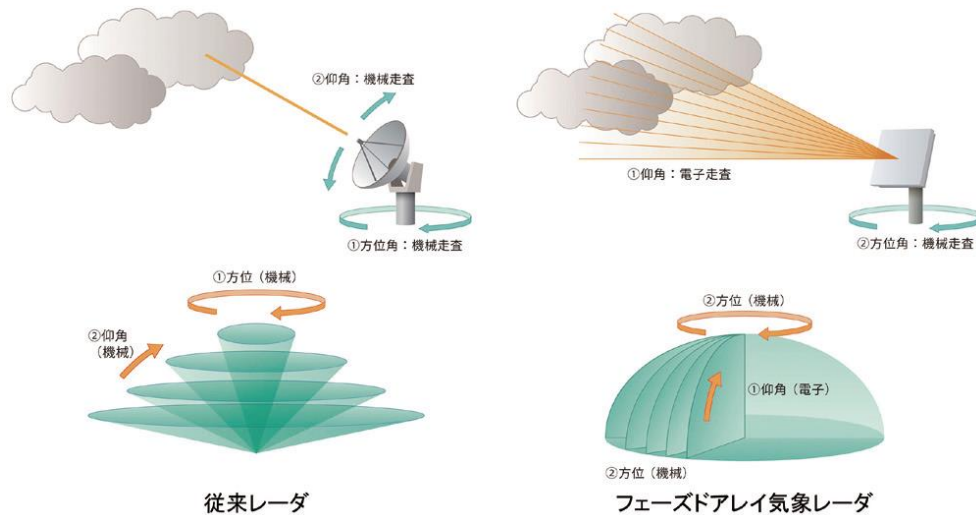


圖 79：傳統拋物線天氣雷達與相列陣雷達的比對圖。

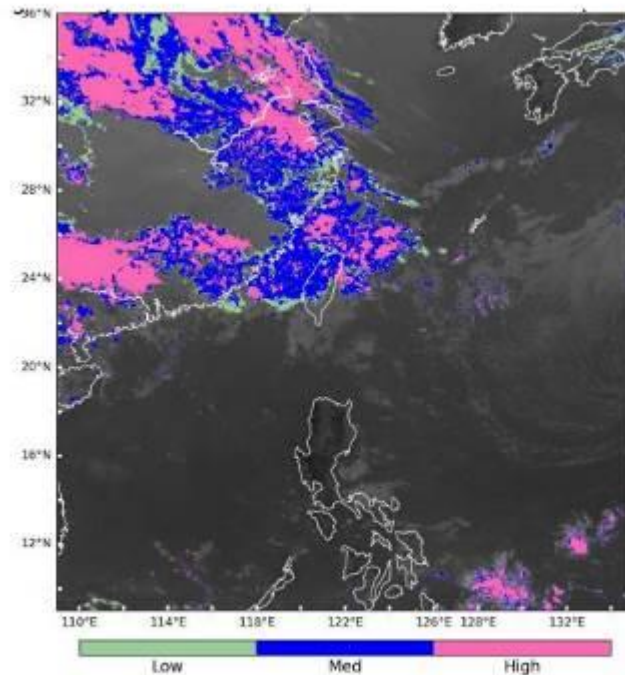
(四) 持續關注並積極取得各類飛機/無人機飛機報告資訊。

長久以來，氣象觀測資料的密集程度與準確度，都會影響數值預報的結果，特別是廣大的海洋洋面上的觀測資料。除了傳統的投落送、飛機風溫報告資料外，衛星及雷達等遙測反演產品的應用更多元，各式飛行器的風溫觀測、機冰、亂流等觀測產品應用也是不斷改良進步中，期望可透過各式管道取得更多類的飛機報告，有助於預報員的天氣分析與預報作業。此外，隨著科技日新月異，無人機的氣象觀測也逐漸增加，中央氣象局過去亦有相關學術合作計畫，主要是針對侵臺颱風機動觀測飛行任務，未來若有相關研究可持續關注。

(五) 持續關注國內外積冰及亂流等劇烈天氣預報產品發展，並積極與氣象局或相關氣象學術單位合作研發積冰與亂流測報或預報產品。

韓國氣象廳利用雷達觀測研發了即時檢測積冰的運算法，本中心目前

使用與 NCAR 合作研發的積冰預報產品 FIP (Forecast Icing Product)，預報積冰可能潛在區域。中央氣象局亦研發出一套積冰潛勢產品(Flight Icing Threat, FIT)，主要是利用向日葵八號衛星雲圖反演之過冷水含量與雲滴粒徑分布與積冰之關係，可即時且精確地指出可能發生積冰之位置(圖 80)。目前本中心預報員可於氣象局相關預報系統中使用，未來亦會納入新一代航空氣象預報系統資料庫中供預報員參考使用，同時亦積極與學術單位合作，共同研發相關積冰及亂流測報或預報產品。



飛行高度在 5,000 英尺到 21,000 英尺(FL50~210) 之間可能發生飛機積冰的潛勢圖(低、中、高程度)。

圖 80：氣象局研發衛星雲圖反演機冰潛勢產品。

五、 附錄

(一)、官網完整 AOGS2022 議程

AOGS2022 Virtual - Program Overview (Actual Will Vary)

Search Presentations, Browse Abstracts Sign Up For Free Events			
MON-18 JUL to FRI-22 JUL: VIRTUAL OPEN HOUSE		Program uses Singapore Time and is 8 hours ahead of GMT	
Daily: Open to All Presenters & Session Chairs Enter Room Here			
From: 08:00 - 12:00; 14:00 - 18:00 , for configuration testing/rehearse your presentation/check recordings			
MON-01 AUG 2022: PRESENTATION DAY ONE		Program uses Singapore Time and is 8 hours ahead of GMT	
Attend/Present - Open to Fee Paying Attendees Only		Free Events - Open to Anyone Interested	
08:00 - 09:30	AM1 Oral Sessions	08:00 - 09:30	IG Section Kamide & Distinguished Lecture
10:30 - 12:30	Opening/General Assembly	09:30 - 10:00	IG Section Meeting
13:00 - 14:30	PM1 Oral Sessions	16:30 - 18:00	PS Section Kamide & Distinguished Lecture
15:00 - 16:30	PM2 Oral Sessions	18:00 - 18:30	PS Section Meeting
15:00 - 16:30	PM2 Poster Presentations: PP-IG	24-Hour	Sponsor/Exhibitor Virtual Showcase
17:00 - 18:30	PM3 Oral Sessions	Free Event: Open to AOGS New and Current Members Only	
24-Hour	Poster Viewing: All Sections	11:30 – 12:30	Opening/General Assembly

TUE-02 AUG 2022: PRESENTATION DAY TWO		Program uses Singapore Time and is 8 hours ahead of GMT	
Attend/Present - Open to Fee Paying Attendees Only		Free Events - Open to Anyone Interested	
08:00 - 09:30	AM1 Oral Sessions	08:00 - 09:30	HS Section Kamide & Distinguished Lectures
08:00 - 09:30	Meet-the-Experts	09:30 - 10:00	HS Section Meeting
10:00 - 11:30	AM2 Oral Sessions	08:00 - 09:30	ST Section Kamide & Distinguished Lectures
12:00 - 13:30	PM1 Oral Sessions	09:30 - 10:00	ST Section Meeting
12:00 - 13:30	PM1 Poster Presentations: PP-ST1	10:00 - 11:30	Women's Network Cell
14:00 - 15:30	PM2 Oral Sessions	14:00 - 16:00	In Memory of Prof Yoshisuke Kamide, AOGS Founder
14:00 - 15:30	PM2 Poster Presentations: PP-HS1		Special Session SS-01 Solar Wind- Magnetosphere-Ionosphere Interaction, Magnetic Storms, and Substorms
16:00 - 17:30	PM3 Oral Sessions		
16:00 - 17:30	PM3 Poster Presentations: PP-PS, PP-HS2, PP-ST2	16:00 - 19:00	1. Using Geophysics to Reveal the Salty Secrets of Icy Ocean Worlds
24-Hour	Poster Viewing: All Sections		2. How to Conduct a TLE Research: Not Only Leading-edge

			Technology but also Using Your Own Surveillance Cameras?
			3. Ionosphere Response to Earthquakes and Magnetic Storms Observed by Formosat-5
		24-Hour	Sponsor/Exhibitor Virtual Showcase
WED-03 AUG 2022: PRESENTATION DAY THREE		Program uses Singapore Time and is 8 hours ahead of GMT	
Attend/Present - Open to Fee Paying Attendees Only		Free Events - Open to Anyone Interested	
08:00 - 09:30	AM1 Oral Sessions	12:00 - 13:30	AS Section Kamide & Distinguished Lectures
08:00 - 09:30	AM1 Poster Presentations: PP-AS1, PP-BG	13:30 - 14:00	AS Section Meeting
10:00 - 11:30	AM2 Oral Sessions	12:00 - 13:30	BG Section Kamide & Distinguished Lectures
12:00 - 13:30	Meet-the-Experts	13:30 - 14:00	BG Section Meeting
12:00 - 13:30	PM1 Oral Sessions	16:00 - 17:00	Wing Ip Medal Lecture, Live Q&A
14:00 - 15:30	PM2 Oral Sessions	18:00 - 20:00	Special Session SS-02: Studies of the 2022 Tonga Volcanic Eruption and Associated
16:00 - 17:30	PM3 Oral Sessions		
16:00 -	PM3 Poster		

17:30	Presentations: PP-AS2		Atmospheric/Ocean Waves
18:00 - 19:30	EVE Oral Sessions	24-Hour	Sponsor/Exhibitor Virtual Showcase
24-Hour	Poster Viewing: All Sections		
THU-04 AUG 2022: PRESENTATION DAY FOUR		Program uses Singapore Time and is 8 hours ahead of GMT	
Attend/Present - Open to Fee Paying Attendees Only		Free Events - Open to Anyone Interested	
08:00 - 09:30	AM1 Oral Sessions	10:00 - 11:30	SE Section Kamide & Distinguished Lectures
08:00 - 09:30	AM1 Poster Presentations: PP-OS1, PP-AS3	11:30 - 12:00	SE Section Meeting
10:00 - 11:30	Meet-the-Experts	12:00 - 13:30	OS Section Kamide & Distinguished Lectures
10:00 - 11:30	AM2 Oral Sessions	13:30 - 14:00	OS Section Meeting
10:00 - 11:30	AM2 Poster Presentations: PP-OS2	16:00 - 17:00	Axford Medal Medal Lecture, Live Q & A
12:00 - 13:30	PM1 Oral Sessions	18:00 -19:00	What Do We Know and Don't Know About Volcanic Hazard? Insights From 2022 Hunga Tonga – Hunga Ha'apai Volcano Eruption
12:00 - 13:30	PM1 Poster Presentations: PP-SE		
14:00 - 15:30	PM2 Oral Sessions		
16:00 -	PM3 Oral Sessions	24-Hour	Sponsor/Exhibitor Virtual

17:30			Showcase
18:00 - 19:30	EVE Oral Sessions		
24-Hour	Poster Viewing: All Sections		
FRI-05 AUG 2022: PRESENTATION DAY FIVE		Program uses Singapore Time and is 8 hours ahead of GMT	
Attend/Present - Open to Fee Paying Attendees Only		Free Events - Open to Anyone Interested	
08:00 - 09:30	AM1 Oral	10:00 - 11:00	Axford Lecture 1, Live Q&A
12:00 - 13:30	PM1 Oral	11:00 - 12:00	Axford Lecture 2, Live Q&A
14:00 - 15:30	PM2 Oral	16:00 - 17:30	Closing, Awards & 2023 Annual Meeting
14:00 - 15:30	Meet-the-Experts	24-Hour	Sponsor/Exhibitor Virtual Showcase
24-Hour	Poster Viewing: All Sections		

(二)、8月1日至5日參與大氣科學領域中13個專題的主題

專題代碼	主題
AS03	The Asian Monsoon: Past, Present and the Future
AS06	Mesoscale Meteorology and High-impact Weather
AS12	Application of Cloud-resolving Model Simulations for Studying Cloud and Related Physical Processes in Climate
AS13	General Session for Atmospheric Sciences
AS32	Extreme Events: Observations and Modeling
AS33	Mesoscale and Orographic Effects on Airflow, Precipitation and Weather Systems
AS39	Multi-sensor Observations of Severe Storms for Disaster Mitigation
AS41	Atmospheric Electricity: Thunderstorms, Lightning and Transient Luminous Events and Their Effects on the Ionosphere
AS42	Extreme Weather Resiliency: Prediction and Response Strategies
AS45	Aviation Meteorology
AS46	Exploring Climate Change with the New CESM2 Large Ensemble
AS47	Past and Future Irreversible and Abrupt Climate Transitions
AS63	Monitoring, Analysis, and Prediction of Typhoon and Climate Affecting Taiwan and the Philippines

