

聖嬰與反聖嬰期間，副高對於颱風路徑的影響探討

文／吳明峯、陳鴻碩、李立言
林丹宇、江佳倫、王嘉琪

研究動機

每逢七至十月，颱風（註 1）會接二連三逼近甚至侵襲臺灣，為臺灣挾帶極其豐沛的雨量；然而 2020 年與往年相較，我國中央氣象局（Central Weather Bureau，以下簡稱 CWB）僅針對一個颱風發布陸上颱風警報（如圖 1），頻率遠低於每年平均（約三至四個），推測乃該年發生反聖嬰現象（La Niña）並對副熱帶高壓（subtropical high，以下簡稱副高）的強度以及勢力範圍產生影響，由於颱風通常沿著副高邊緣移動，副高發生改變後，進而讓颱風路徑偏離臺灣所致。

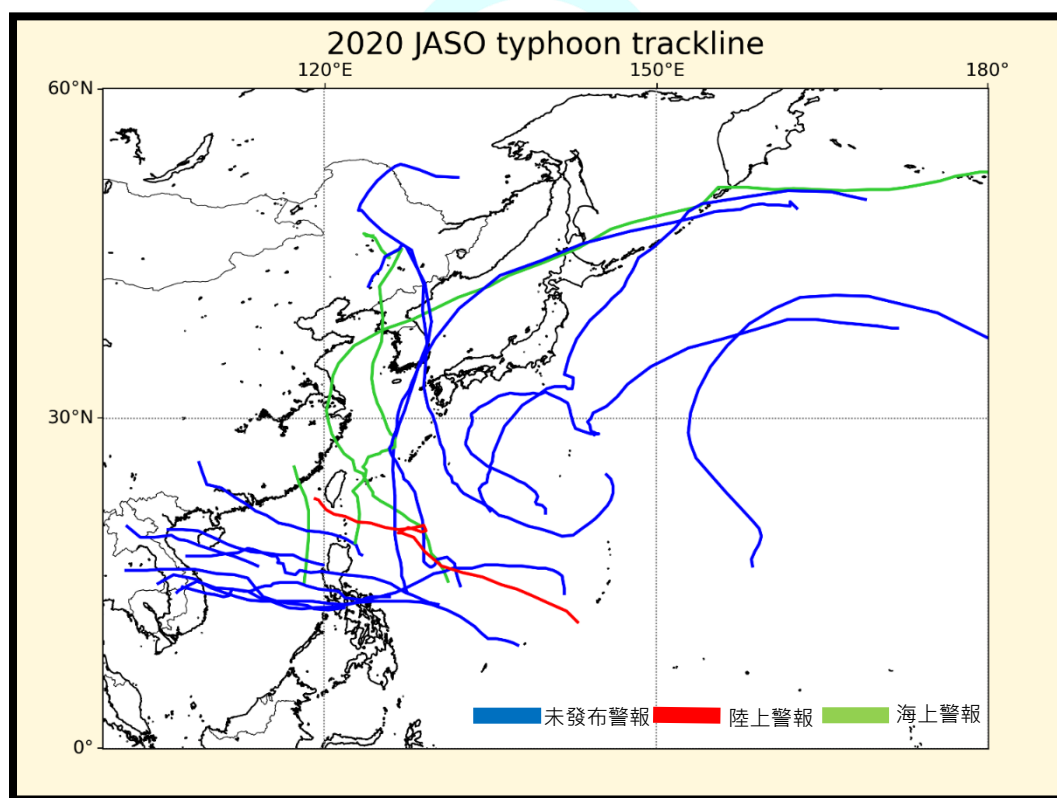


圖 1. 2020 年西北太平洋所有颱風的路徑集成圖

其中藍線為 CWB 未發布警報者(共 18 個)、綠線為 CWB 僅發布海上颱風警報的颱風(共 4 個)、紅線則為 CWB 發布海上陸上颱風警報的颱風(共 1 個)。

為此，本文將探討 1981 至 2020 年共 40 年間的熱帶氣旋旺季（即七至十月，以下將這四個月的平均值一併簡稱為 JASO），聖嬰-南方振盪（El Niño-Southern Oscillation，以下簡稱 ENSO）在不同相位（如表 1）時的副高變化（含西緣處、勢力範圍、副高指數）與颱風路徑兩者間的相互關係及其機制。

表 1. 1981 年至 2020 年共 40 年間的逐年 (發展期) ENSO 相位

ENSO 相位	年份 (發展期)
聖嬰	1982、1986、1987、1991、1994、1997、2002、2004、2006、2009、2014、2015、2018
正常	1981、1985、1989、1990、1992、1993、1996、2001、2003、2011、2012、2013、2019
反聖嬰	1983、1984、1988、1995、1998、1999、2000、2005、2007、2008、2010、2016、2017、2020

使用資料及研究方法

由於副高屬於半永久性的大尺度系統，故此研究僅考慮副高對颱風路徑的影響，並將藤原效應 (Fujiwhara Effect)、高空冷渦 (cold core low) 等空間及時間尺度較小的條件，以及不易受時間推移而出現變化的地形因素予以排除。研究中所使用的副高指數 (subtropical high index) 為該年 JASO 的 500hPa 等壓面平均重力位高度 (geopotential height, 註 2)，減去近 40 年來逐年 JASO 的氣候平均值，空間範圍取北緯 15 至 25 度、東經 115 至 150 度海域 (Huang et al., 2018)，資料採自 NCEP/NCAR Reanalysis 1 (註 3)。一般來說，如果副高指數呈正值，表示副高在該年 JASO 比氣候平均強，反之則較弱；副高指數的絕對值愈小表示愈接近氣候平均值，絕對值愈大則愈極端。若須濾除全球暖化影響，則將同樣範圍的 500hPa 平均重力位高度，與北緯 0 度至北緯 40 度、西經 180 度至東經 180 度平均重力位高度相減，即可求出其偏差值 (deviation)。

至於聖嬰 (El Niño) 或反聖嬰現象，發生期間則約一餘年，首年夏秋為發展期、首年冬季至次年初之間為成熟期、次年春夏則為衰退期，其中發展期則與上述熱帶氣旋旺季相當。聖嬰指數的定義方面，資料採自美國國家海洋及大氣總署所重建的海表面溫度 (NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, 以下簡稱 SST)，計算在 Niño 3.4 區域內 (即北緯 5 度至南緯 5 度、西經 120 至 170 度) 的 SST 距平 (相較於同一區域的氣候平均值)，經三個月滑動平均平滑過後，則可得出海洋聖嬰指數 (oceanic Niño index, 以下簡稱 ONI)。若至少連續五筆 ONI 在絕對值 0.5°C 以上，即為聖嬰年或反聖嬰年 (Lindsey, 2009)。

有關颱風路徑分類，資料採自區域專責氣象中心 (Regional Specialized Meteorological Centre) 所轄之東京颱風中心 (Tokyo Typhoon Centre, 通稱 RSMC Tokyo) 最佳路徑 (best track, 註 4)，從中篩選出強度達熱帶風暴 (tropical storm, 近中心十分鐘持續風速達 35kts) 且全程移動的西行分量大於東行分量的熱帶氣旋，並

根據路徑分成 TT、NT 及 ST 三類——先將路徑進入臺灣本島海岸線向外延伸 500km 範圍以內的熱帶氣旋歸類為 TT，再將其餘路徑分為 NT 及 ST，其中 NT 通過北緯 30 度以北，而 ST 則須通過東經 122 度以西且未越過北緯 19 度以北（郭，2019）。

研究成果

研究過後發現，近 40 年間 JASO 副高勢力範圍有逐漸西伸的情況，面積亦顯著增廣（如圖 2），副高指數的趨勢線則表現出上升的狀態。具體數據上，反聖嬰年的副高指數平均為 3.14，大於聖嬰年的 -1.23，其中 2020 年之副高指數高達 10.35，不僅超越反聖嬰年副高指數平均值，更已大於一個標準差（如圖 3）；而在濾除全球暖化影響之後，其偏差值的趨勢線卻呈現下降的趨勢，有可能是受熱力機制影響，大氣層平均高度加厚，從而令副高隨之增強（如圖 4）。

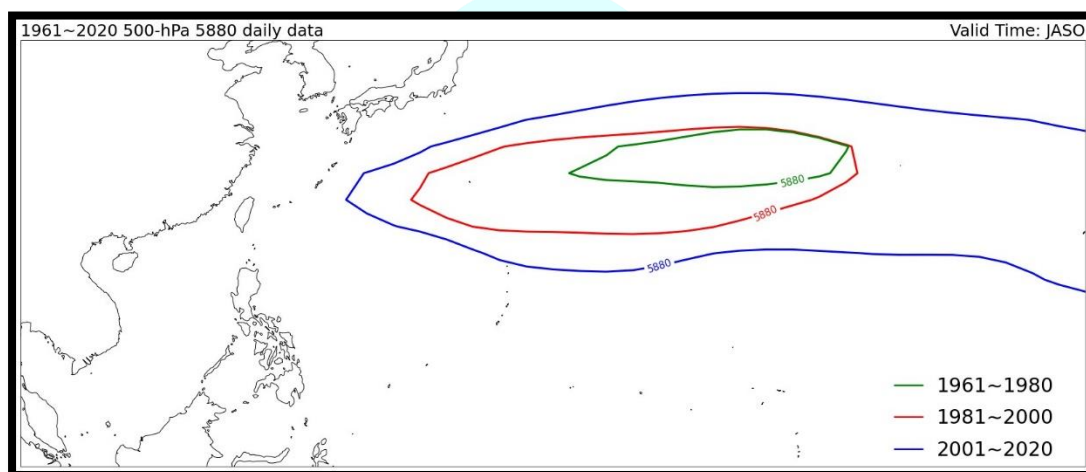


圖 2. 1961 年至 2020 年共 60 年間的 JASO，太平洋 500hPa 等壓面重力位高度，其 5880gpm 等高線的位置。實線代表每 20 年的副高平均勢力範圍的分布狀況。顏色代表時間的先後順序，分別為綠色（1961 年至 1980 年）、紅色（1981 年至 2000 年）及藍色（2001 年至 2020 年）。

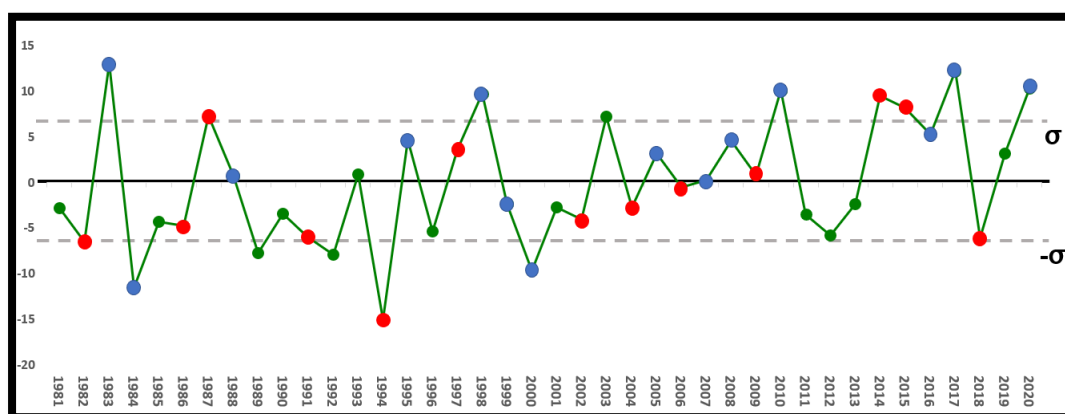


圖 3. 1981 年至 2020 年共 40 年間的 JASO 副高指數時序圖。縱軸零值線代表此期間內 500hPa 平均重力位高度、紅點為聖嬰年、藍點為反聖嬰年、綠點則為正常年，標準差 (σ) 為 6.88。大於一個標準差的值，以 95% 信心區間執行 student-t 檢驗， p 值為 0.048 (< 0.05)，故達顯著水準。

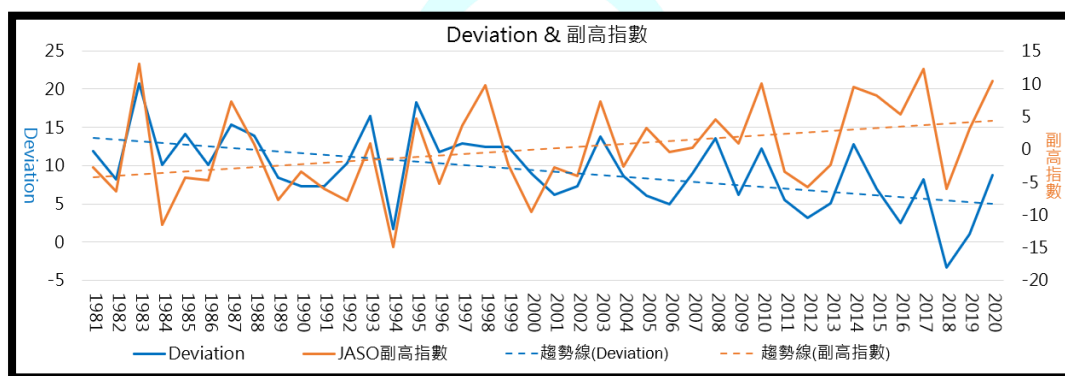


圖 4. 1981 年至 2020 年共 40 年間的 JASO 副高指數 (橘實線) 與濾除全球暖化影響後所得出之偏差值 (藍實線) 時序圖，其中虛線則為上述各自之趨勢線。左側縱軸為偏差值、右側縱軸則為副高指數。

在副高勢力西緣處方面，近 40 年間 JASO 平均落在東經 133 度。其中聖嬰年平均落在東經 135 度，多分布於臺灣東部海面上；反聖嬰年平均則落在東經 125 度，均勻分布於臺灣本島及其東西兩側海面上，有 4 次個案（分別為 1995 年、2005 年、2008 年及 2016 年）於臺灣上空、有 5 次個案（分別為 1983 年、1998 年、2010 年、2017 年及 2020 年）則伸進至中國內陸（如圖 5、圖 7）。若單論 2020 年此宗個案，更是落在東經 108 度（如圖 6），顯見該年副高勢力異常強盛。分析上述副高指數及其勢力西緣處兩者之相關性，發現相關係數竟達 -0.9，呈高度負相關（如圖 8），表示兩者關係甚為密切——當副高指數愈高時，勢力範圍向西伸；而副高指數越低時，勢力範圍向東退。

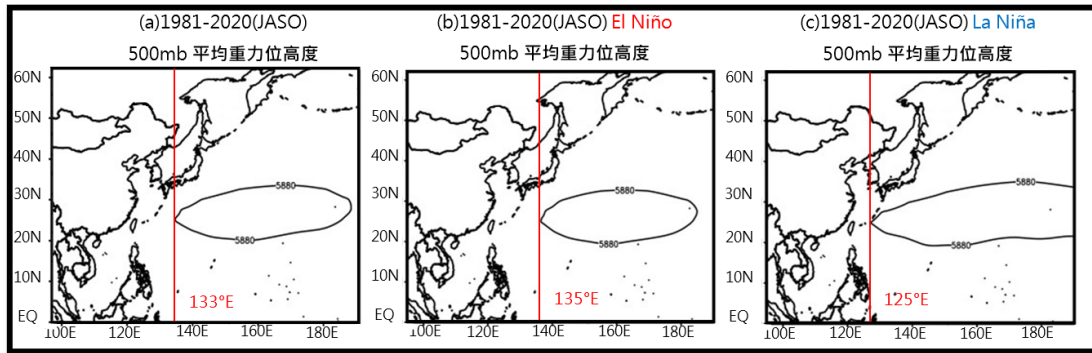


圖 5. 1981 年至 2020 年共 40 年間的 JASO · 500hPa 平均重力位高度 5880gpm 等高線位置 (黑色曲線)。其中(a)計算所有年份，(b)及(c)則僅分別計算聖嬰年及反聖嬰年。

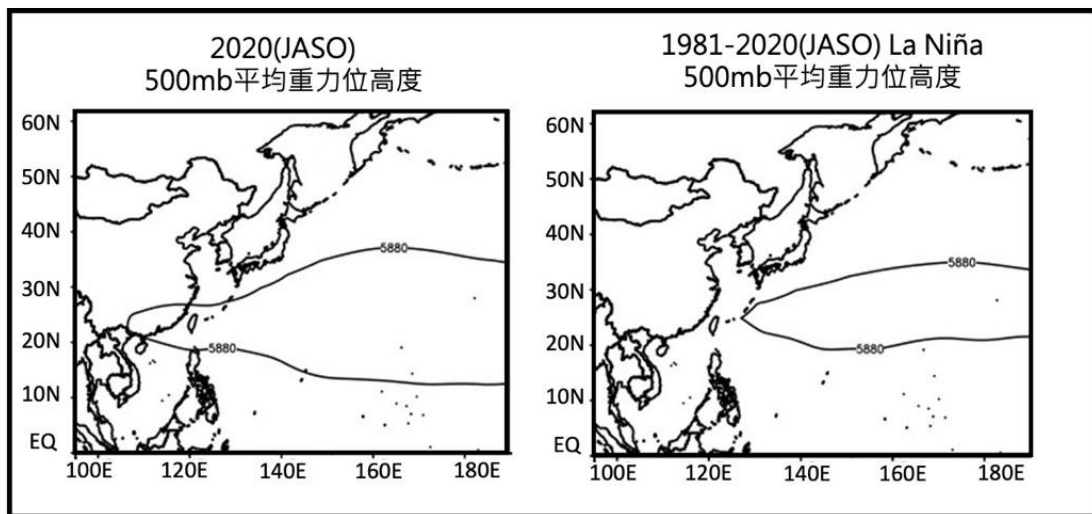


圖 6. 500hPa 平均重力位高度 5880gpm 等高線位置。其中(a)僅計算 2020 年 JASO 期間，(b)則計算 1981 年至 2020 年共 40 年間的所有反聖嬰年 JASO 期間。

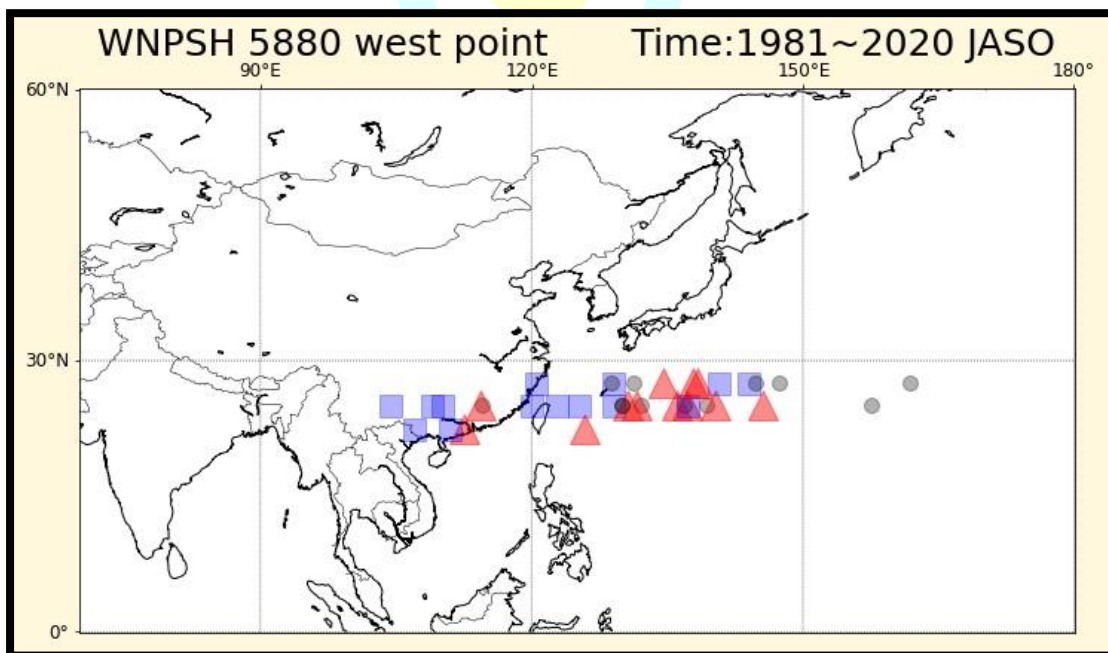


圖 7. 1981 年至 2020 年共 40 年間的 JASO 太平洋 500hPa 重力位高度 5880gpm 等高線西緣處空間分布圖。其中圓形表示正常年，三角形及方形則分別為聖嬰年及反聖嬰年。逐年 ENSO 相位如表 1。

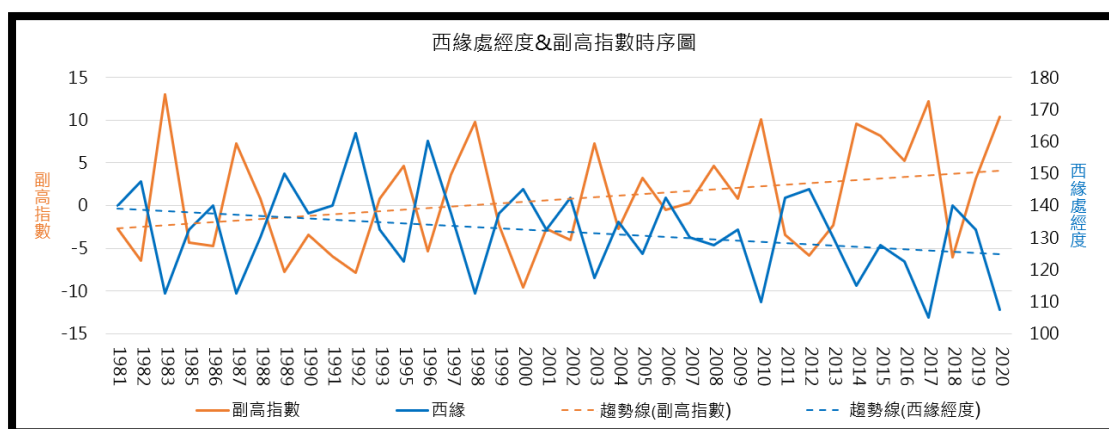


圖 8. 1981 年至 2020 年共 40 年間的 JASO，副高指數（橘實線）及 500hPa 平均重力位高度 5880gpm 等高線西緣處經度（藍實線）時序圖，其中虛線則為上述各自之趨勢線。左側縱軸為副高指數、右側縱軸則為西緣處經度。

從各類颱風路徑的頻率統計來看（如表 2），聖嬰年 JASO 以 NT 為最多，佔比高達 48%（平均 7.54 個），與上述副高指數在聖嬰年時偏低、勢力向東退的情形相互呼應，從而令颱風大多往日韓一帶行進；反聖嬰年 JASO 則以 TT 為最多（平均 5.93 個），佔比則達 42%，則反應出副高指數在反聖嬰年偏高、其勢力向西伸時，臺灣受颱風侵襲的機會較大。若單論 2020 年此宗個案，可發現到 ST 多達 7 個，遠多於平均反聖嬰年的數量，研判是 JASO 副高指數在該年相較反聖嬰年平均值高出許多，其勢力西緣處亦異常偏西，使得當年的颱風多往中南半島一帶侵襲。

表 2. 1981 年至 2020 年共 40 年間的 JASO，所有年份與 ENSO 各種相位年份之間的颱風數量統計。其中 TT 為進入臺灣本島海岸線向外延伸 500km 範圍以內的颱風；NT 為通過北緯 30 度以北且未進入 TT 範圍的颱風；ST 則為通過東經 122 度以西且未越過北緯 19 度以北、亦未進入 TT 範圍的颱風。

1981-2020年	NT	TT	ST	Total
颱風總數(JASO)	237	234	123	594
每年平均颱風數	5.93	5.85	3.08	14.85
聖嬰年 - 個數13	NT	TT	ST	Total
颱風總數(JASO)	98(48%)	71(35%)	32(15%)	201
平均颱風數	7.54	5.46	2.46	15.46
反聖嬰年 - 個數15	NT	TT	ST	Total
颱風總數(JASO)	64(30%)	89(42%)	54(26%)	207
平均颱風數	4.27	5.93	3.60	13.8
2020年(反聖嬰年)	NT	TT	ST	Total
颱風總數(JASO)	2	6	7	15

淺談 2020 年副高異常偏強的成因，據觀察是當年 JASO 海洋大陸（Maritime Continent，註 5）與印度洋熱帶海面的 SST 一度出現暖異常，該處垂直上升運動異常偏強，在經過大氣環流作用之下，於臺灣東部海面產生偏強的垂直沉降運動所致（Paek et al., 2016，如圖 9）。

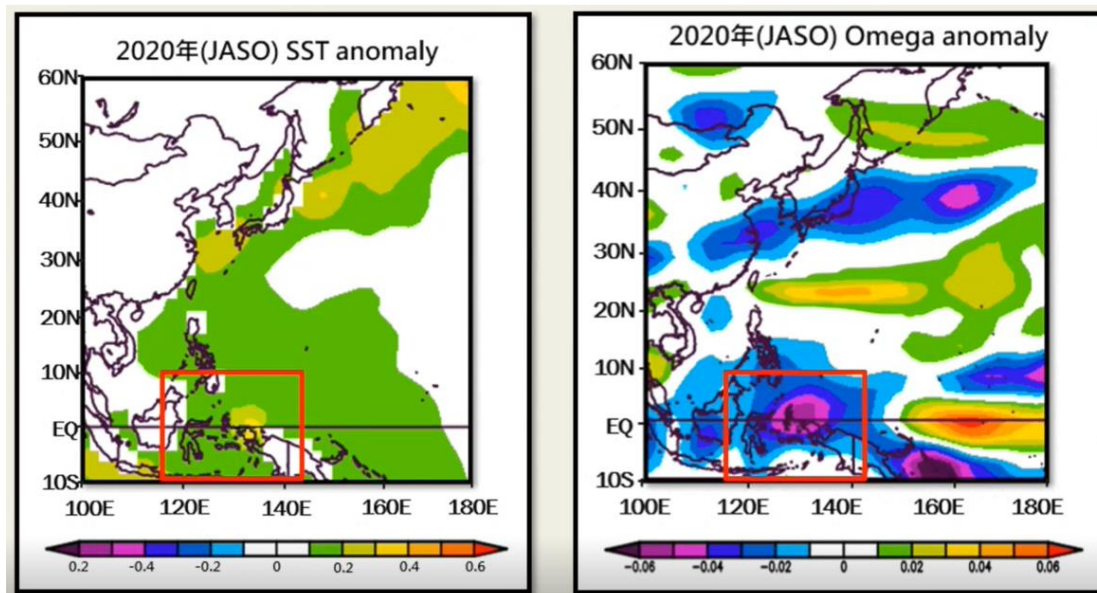


圖 9. 2020 年 JASO 海表面溫度距平（左）及垂直速度分布圖（右）。紅框範圍為海洋大陸。

結論

- 一、近 40 年間副高指數及其勢力西緣處兩者之相關性達 -0.9 ，呈高度負相關，表示兩者關係甚為密切——當副高指數愈高時，勢力範圍向西伸；而副高指數越低時，勢力範圍向東退。
- 二、反聖嬰年發展期的副高指數相較近 40 年間平均大，西緣處較西伸，颱風路徑以 ST 較多、NT 較少；反之，聖嬰年發展期的副高指數相較近 40 年間平均小，西緣處較東退，颱風 ST 路徑較少、NT 較多。
- 三、2020 年副高異常偏強，ST 路徑遠多於反聖嬰年平均值。研判是海洋大陸出現垂直上升運動，經大氣環流作用下，於西北太平洋產生沉降，使得副高指數在該年 JASO 相較反聖嬰年 JASO 平均值高出許多，其勢力西緣處亦異常偏西所致。

註釋

- ◆ 註 1：如無特別強調，本文所指的「颱風」一概指強度達熱帶風暴（tropical storm，近中心十分鐘持續風速達 35kts）的熱帶氣旋，而非由 RSMC Tokyo 所定義的近中心十分鐘持續風速達 64kts 以上。
- ◆ 註 2：重力位高度相當於平均海平面以上某一氣壓面的高度。當單位質量的空氣在上升時，克服重力（g）的過程中作了 9.8 焦耳的功，其上升高度稱之為 1gpm（重力位米）。重力位米（Z）和幾何米（z）兩者關係為 $Z = gz \div 9.8$ 。
- ◆ 註 3：再分析資料（reanalysis data）是一種融合觀測及電腦模式模擬的資料，格式整齊，使用方便，被廣泛應用在氣候分析上。
- ◆ 註 4：最佳路徑（best track）是指在熱帶氣旋消亡之後，熱帶氣旋監測機關會再次定位其每六小時之中心位置，並重新評級每六小時之近中心最大風速、最低氣壓及各級風最大暴風半徑，以供氣象學界日後研究之用。
- ◆ 註 5：「海洋大陸」（Maritime Continent）範圍包括菲律賓群島、馬來半島、婆羅洲、東印度群島、紐幾內亞及其上述島嶼之周邊海域。該地區由數千座大小不一的島嶼、多山的地形和許多淺海所組成。由於赤道東風為當地帶來溫暖的海水，大氣中富含充足的水份和熱力對流能量，被氣象學界認為是全球大氣環流系統的重要能量來源。

本研究為 110 學年度中國文化大學大氣科學系

畢業成果展作品

獲專業評分第一名、觀眾投票第一名

組員：林丹宇、江佳倫、陳鴻碩、李立言、吳明峯

指導老師：王嘉琪教授

參考文獻

- [1] 郭韋辰 (2019)：影響西北太平洋西行熱帶氣旋路徑之大尺度特徵，中國文化大學地學研究所大氣科學組碩士論文。
- [2] Lindsey, R. (2009): Climate Variability: Oceanic Niño Index, NOAA Climate.
- [3] Huang, Z., W. Zhang, X. Geng, and F.-F. Jin (2020): Recent Shift in the State of the Western Pacific Subtropical High due to ENSO Change, *Journal of Climate*, 33(1), 229–241.
- [4] Paek, H., J.-Y. Yu, F. Zheng, and M.-M. Lu (2016): Impacts of ENSO diversity on the western pacific and north pacific subtropical highs during boreal summer. *Climate Dyn.* 52, 7153–7172. doi:10.1007/S00382-016-3288-Z