

臺灣夏季氣候變化與全球海溫關係

黃冠鈞 盧孟明

中央氣象局科技研究中心

摘要

本研究透過經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function, EOF)分析來描述 1981-2015 年夏季(JJA)全球海表面溫度(Sea Surface Temperature)的氣候變化，發現前 3 個主模態可解釋 51%的全球海溫總變異量。全球海溫第 1 模態類似太平洋年代際振盪(Interdecadal Pacific Oscillation, IPO)的變化，第 2 模態呈現全球 SST 的增暖現象，第 3 模態屬於變化頻率較高的年際變化。為了了解臺灣氣候和西太平洋及印度洋及全球 SST 主模態的變化關係，同樣使用 EOF 分析，發現亞澳印度太平洋 SST 的第 1 和第 2 模態與全球 SST 第 2 模態與第 1 模態顯著相關。將全球大氣的氣候變數對亞澳印度太平洋 SST 做迴歸分析，結果顯示東亞與台灣夏季氣溫隨亞澳印度太平洋第 1 模態及第 2 模態 SST 變動；臺灣北部雨量亦隨第 2 模態 SST 增暖而偏溼。由海溫與低層、中層、高層大氣的迴歸結果顯示，北半球西太平洋地區的高壓隨海溫增暖增強；高壓偏強使得臺灣溫度偏高，發生異常高溫事件變得更為頻繁。

一、前言

海洋與大氣的相互作用影響了地球的氣候變化。在太平洋上，赤道盛行東風將赤道東太平洋海水帶往西太平洋，使得赤道太平洋溫躍層東淺西深，海溫呈現東冷西熱，西太平洋地區大氣深對流運動旺盛，海平面壓偏低。臺灣位在東亞及西太平洋地區，氣候變化受到了周圍海洋及大氣環流影響，同時也受到由世界最大洋與最大陸地構成的東亞與西北太平洋季風系統的影響，因此了解海溫變異和季風的關係對了解台灣氣候變化非常重要。本文將介紹全球海溫變異的主要模態，探討這些主模態和東亞與西北太平洋季風的關係，及對臺灣氣候變化的影響。

二、資料及方法

研究中使用的全球格點資料在海表面溫度(SST)方面來源為 NOAA/ERSST(下載自 <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.ersst.v4.html>)，溫度、雨量、大氣變數皆取自 ECMWF 的 ERA-Interim(<http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>)。SST 資料解析度為 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ ，ERA-Interim 解析度為 $0.75^{\circ}\times 0.75^{\circ}$ 。運用經驗正交函數法(Empirical Orthogonal Function, EOF)分析 1981 至 2015 年夏季海溫氣候變化特徵，可看到資料在不同時間及空間範圍的變化特性。將 EOF 的主成分(PC, principle component)時間序列對迴歸分析可看到大

氣變數隨 SST 主模態變化改變的部分。

三、研究結果

(一)夏季氣候特徵

運用 EOF 法分析夏季全球 SST 的各個模態佔總變異量百分比，顯示在圖 1 可見 EOF 第 1 至 EOF 第 3 總共可解釋約 51%的 SST 總變異量，EOF4 可解釋的變異量和 EOF3 有明顯差距，但與 EOF5 及更高的模態差異不大，表示自 EOF4 開始模態與模態之間雖然在數學上可以區隔但是空間和時間的變化特徵不易區隔。SST EOF1-3 的空間和時間變化特徵顯示在圖 2，看到 EOF1 有東太平洋和西太平洋相位相反的特徵，與印度洋和東太平洋同相位，熱帶大西洋則和東太平洋反相位，熱帶大西洋和中緯度(40°N - 60°N)相位相同。時間變化特徵方面，看到可以 1998 年分為兩個時期，1998 年以前多是正相位；以後多是負相位，但在 2014 年以後再次轉為正相位。EOF1 的相位和變號時間與 SST 的年代際太平洋振盪(IPO, Interdecadal Pacific Oscillation)相似¹。EOF 2 則是全球大部分海洋上 SST 相位相同，赤道東太平洋變化最大， 140°W - 90°W 在南北半球緯度 20 度的東太平洋 SST 變化與赤道相位相反，PC-2 呈現上升趨勢，1995 與 1996 年附近變化最大。EOF3 在熱帶東太平洋、印尼與澳洲東部臨近海

¹ Inter-decadal Pacific Oscillation

域、北印度洋、加勒比海及熱帶西大西洋等區域都是同一相位，與中太平洋和東北太平洋相位相反，時間變化方面呈現 2 至 3 年的短周期變化。

(二)影響臺灣及鄰近區域的氣候因素

為了解與臺灣氣候變化關係比較密切的西太平洋、印度洋、澳洲附近(40°S~40°N, 40°E~180°E) SST 變化，同樣運用 EOF 方法分析亞澳印度太平洋區域(AAIOWP, Asia Australia Indian Ocean and West Pacific)的夏季 SST 變化，看到仍以前三個模態為主，可解釋約 54%的總變異量(圖 3)。AAIOWP 和全球 SST 的 PC1-3 之間的相關係數(表 1)顯示 AAIOWP 的 PC1 與全球海溫的 PC1 和 PC2 皆顯著相關，表示全球 SST 的 EOF1 和 EOF2 都表現在 AAIOWP 的主要變化，也就是在這個區域的陸地附近海溫變化都是同一相位，但與赤道中太平洋換日線附近海溫變化相位相反，在時間上以 1998 年前後的變化最大。AAIOWP 的 PC2 和全球 SST 的 PC1 顯著相關，比較圖 4 與圖 2 可見 AAIOWP 的 EOF1 在東南亞陸地海洋以及印度洋區域和全球 EOF2 比較相似，而在西太平洋與全球 EOF1 比較相似；AAIOWP 的 EOF2 的空間特徵與全球 SST 的 EOF1 有許多相似之處。

為進一步了解 SST 對於近地表大氣溫度(2 meters Temperature, T2m)、雨量、海平面氣壓(SLP)、中層(500hPa)重力位高度場以及低層(850hPa)和高層(200hPa)風場等氣候因子的影響，接下來將各氣候因子對 AAIOWP 的 SST PC 進行迴歸分析，挑選出在臺灣附近(20°N, ~30°N, 110°E ~130°E)通過 95%顯著性統計檢驗的結果(表 2)，作為大尺度氣候變化對臺灣有顯著影響的代表。

由表 2 及圖 5、圖 6 看到，伴隨 AAIOWP EOF1 的 SST 變化，當臺灣附近 SST 偏暖時，大氣溫度也是偏暖；但臺灣附近的降雨則沒有顯著訊號。伴隨 AAIOWP SST EOF2 變化顯示在印度洋及南海海溫偏暖時，西太平洋海溫偏冷，大氣溫度在南北緯 20 度內地區皆顯著偏暖，臺灣附近大氣溫度也顯著偏暖。赤道中太平洋

及東太平洋環境顯著偏溼，西太平洋及西南太平洋皆顯著偏乾，臺灣附近也是顯著偏乾。

另外伴隨 AAIOWP SST EOF1 海溫偏暖，臺灣附近的低層(850hPa)風場盛行西南風，中層(500hPa)重力位高度場在北半球中緯度至中高緯度地區高度場皆顯著增強。圖 7 與圖 8 顯示 AAIOWP SST EOF2 在印度洋及南海海溫偏暖時，伴隨海平面氣壓及 500hPa 重力位高度場在臺灣及附近區域顯著偏強；850hPa 風場顯示有顯著的反氣旋環流位在東亞地區。另外在 200hPa 緯向風場位在臺灣北邊的西風偏強。

由上述分析結果曉得 SST 對各氣候因子的影響進而影響臺灣夏季氣候變化，未來將進一步歸納分析 SST 對副熱帶高壓強弱和位置的影響，以副高為主軸建立各種變化之間的關聯架構。

參考文獻

1. 李培聖, 2014: 臺灣年代際降雨量變動之經驗正交函數分析. 國立臺灣海洋大學
1. Benjamin J. et al, 2015: A Tripole Index for the Interdecadal Pacific Oscillation. *Clim Dyn*, DOI: 10.1007/s00382-015-2525-1
2. Bo Dong and Aiguo Dai, 2015: The influence of the Interdecadal Pacific Oscillation on Temperature and Precipitation over the Globe. *Clim. Dyn*, DOI: 10.1007/s00382-015-2500-x
3. Matthew H. et al, 2014: Recent intensification of wind-driven circulation in the Pacific and the ongoing warming hiatus. *Nature Climate Change*, DOI: 10.1038/NCLIMATE2106



圖 1 夏季(JJA)海溫 EOF1 到 EOF8 在總變異量中佔的百分比，橫軸為模態，縱軸為百分比

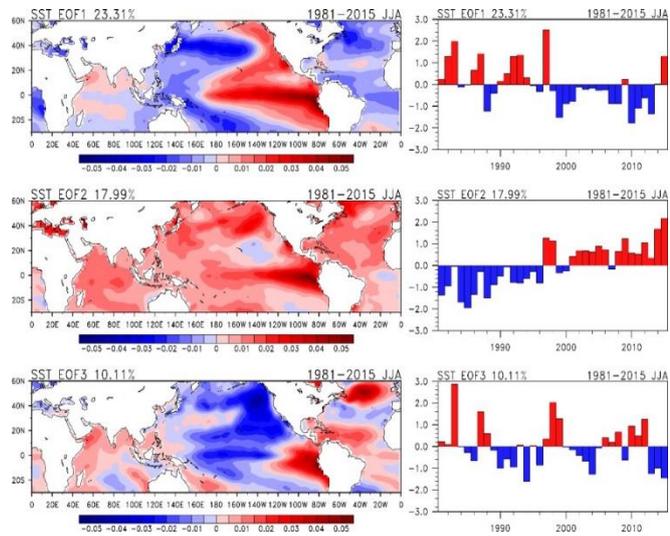


圖 2 夏季全球海溫 EOF 前三個模態空間分佈(左)及時間序列 PC(右)，由上而下依序為 EOF1、EOF2 及 EOF3

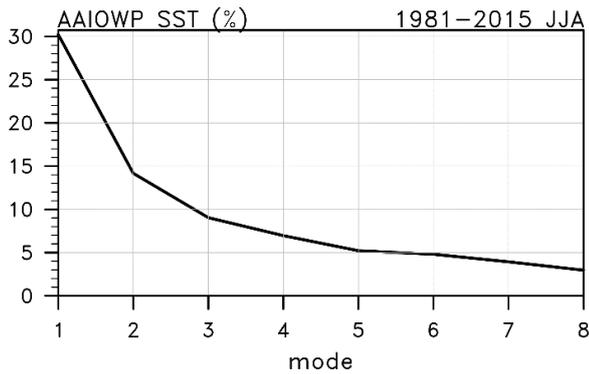


圖 3 夏季(JJA)亞澳與印度太平洋(AAIOWP)海溫 EOF1 到 EOF8 在總變異量中佔的百分比，橫軸為模態，縱軸為百分比

		SST-AAIOWP		
SST-GLOBAL		PC1	PC2	PC3
	PC1	-0.65	0.52	-0.21
	PC2	0.69	0.40	-0.31
	PC3	-0.005	-0.22	0.23

表 1 亞澳印度太平洋(AAIOWP)海溫與全球海溫模態時間序列變化相關分析, 標示綠色為顯著性達到 99%的相關係數

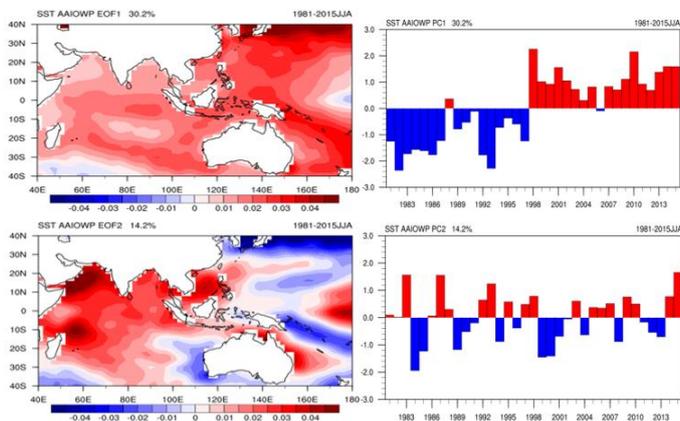


圖 4 夏季(JJA)亞澳與印度太平洋(AAIOWP)海溫 EOF 前三個模態空間分佈(左)及時間序列 PC(右)，由上而下依序為 EOF1 及 EOF2

AAIOWP	大氣溫度	雨量	海平面氣壓	500hPa 重力位高度場	850hPa 風場	200hPa 風場
SST PC1						
SST PC2						

表 2 對臺灣附近有顯著性影響的氣候因子(顏色標示為通過 95% 顯著性統計檢驗的結果)

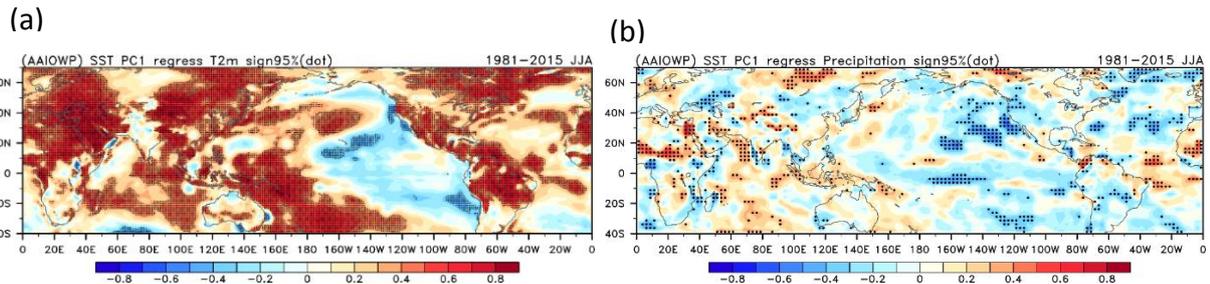


圖 5 亞澳印度太平洋(AAIOWP)海溫 EOF1 與夏季平均大氣溫度(a)及雨量(b)迴歸分析。(陰影代表顯著性達 95%)

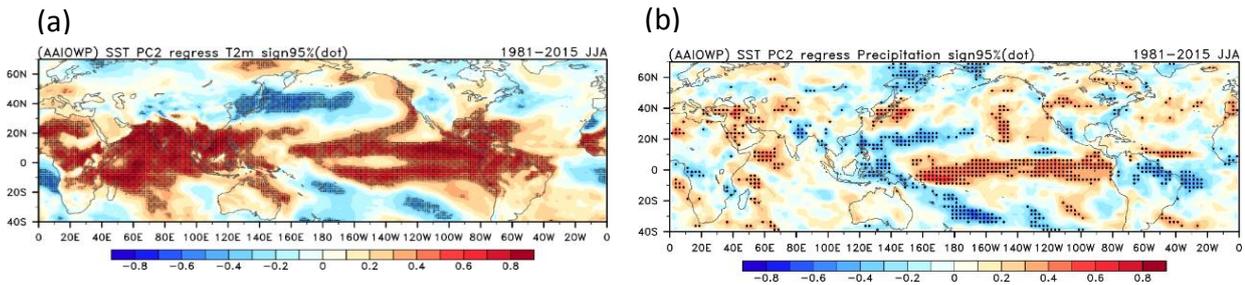


圖 6 亞澳印度太平洋(AAIOWP)海溫 EOF2 與夏季平均大氣溫度(a)及雨量(b)迴歸分析。(陰影代表顯著性達 95%)

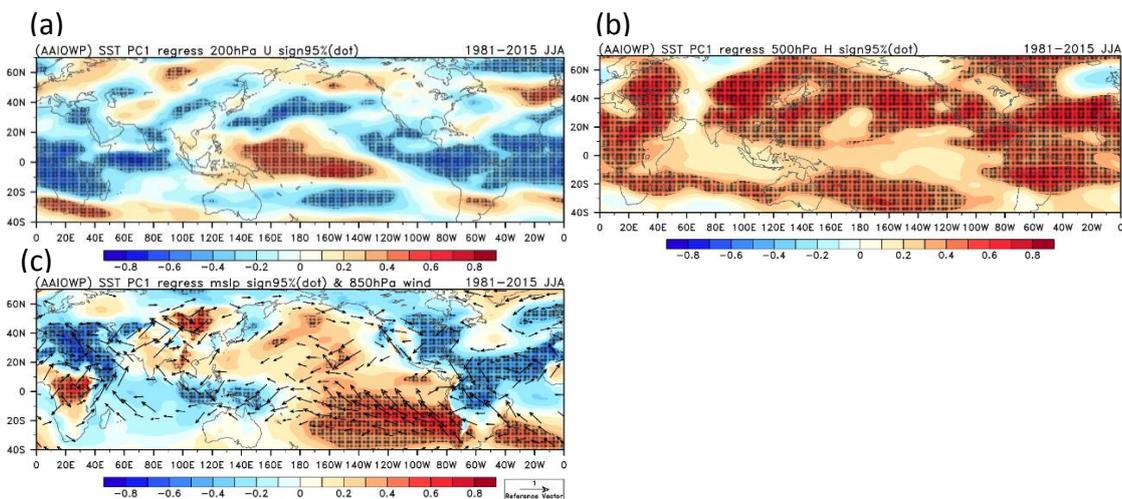


圖 7 亞澳印度太平洋海溫 EOF1 與夏季 200 百帕緯向風場(a)、500 百帕重力位高度場(b)及海平面氣壓&850 百帕風場(c)迴歸分析，陰影代表顯著性達 95%

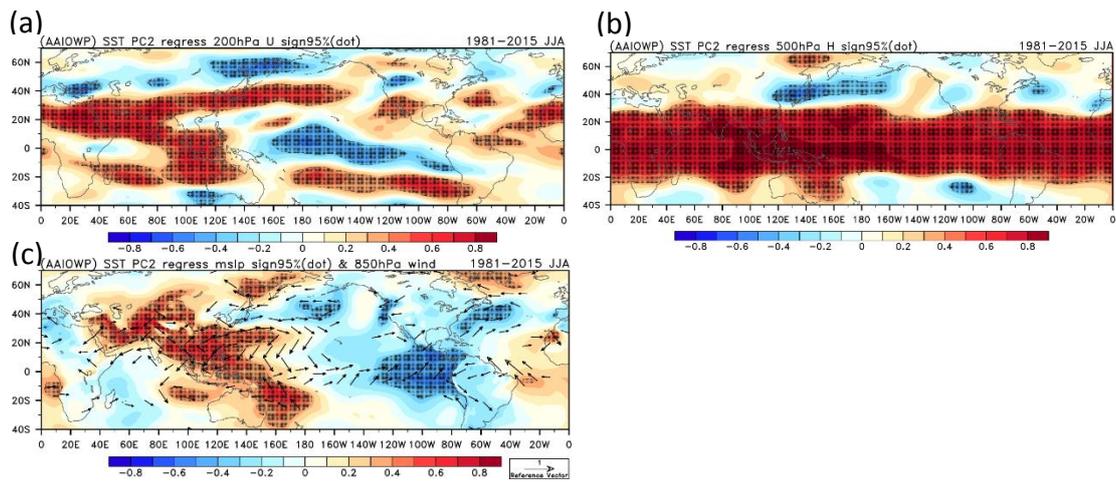


圖 8 亞澳印度太平洋海溫 EOF2 與夏季 200 百帕緯向風場(a)、500 百帕重力位高度場(b)及海平面氣壓&850 百帕風場(c)迴歸分析，陰影代表顯著性達 95%