

TCWB CFS 1-tier 模式之東亞夏季季風結果分析

吳子榆¹ 林欣怡¹ 劉邦彥¹ 陳建河² 呂承萱³ 莊漢明³ 林沛練⁴
中央氣象局科技研究中心¹ 中央氣象局資訊中心² 美國國家環境預測中心³ 中央大學大氣物理⁴

摘要

目前TCWB CFS 1-tier模式已完成1-6月份的30年歷史積分資料，本文將針對已完成的4月歷史積分資料之東亞地區夏季季風進行分析，包括大尺度環流場之比較、夏季季風指標之分析，發現模式能夠掌握太平洋副高位置、印度洋的索馬利亞噴流肇始，但在赤道西太平洋地區有西風偏強、東風偏弱的問題。為瞭解模式西風偏強東風偏弱與赤道對流的關係，對積雲參數法進行敏感度測試。

關鍵字：東亞夏季季風

一、前言

氣象局目前發展中的海氣耦合模式 TCWB CFS 1-tier 模式(Taiwan Central Weather Bureau Climate Forecast System 1-tier model)，包含 CWB 大氣模式與 GFDL MOM3 海洋模式(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Modular Ocean Model 3)，大氣全球模式格點為 360*180，垂直為 40 層。

去年透過大氣雲物理過程的敏感度測試，改善模式海溫存在負偏差的問題，改善程度達 82.7%，並對模式 ENSO 預報能力進行初步分析，發現模式有不錯的表現。今年除了對模式 ENSO 預報能力進一步分析之外，也要瞭解模式對東亞季風的預報能力。因此本篇針對模式的東亞季風預報能力進行分析。

二、實驗介紹與結果分析

TCWB CFS 1-tier 模式已完成初始時間為 1982-2011 年共 30 年，1-6 月份 01、03、06、08、11、13、16、18、21、23、26、28 日 00 時，分別積分九個月之事後預報。本文以 4 月為初始時間之事後預報，共 360 個個案(12 天*30 年)，對模式預報東亞季風之能力進行分析。使用的積雲參數法為 New Simplified Arakawa and Schubert (簡稱 NSAS)，與氣象局全球模式作業版本的積雲參數方法相同。

利用 4 月事後預報各個月如 May (Lead0)360 個個

案平均的結果，與 NCEP CFSR(The National Centers for Environmental Prediction Climate Forecast System Reanalysis)1982-2011 年共 30 年的各個月氣候月平均資料，如海平面氣壓、850hPaUV 風場、夏季季風指數進行比較。

圖 1 為 TCWB1Tier、CFSR Lead0~Lead5 氣候平均之海平面氣壓場與 850hPaUV 風場及兩者差異量。從高低壓的位置來看，TCWB1Tier 太平洋副高的位置掌握的不錯，強度略為偏強，大陸低壓位置雖然也有掌握到，但強度偏強且大陸低壓在沿岸的邊緣較為往東延伸；從 850hPaUV 風場 Lead0~Lead5 可以看到，TCWB1Tier 索馬利亞噴流肇始、減弱的變化是有掌握到的。從圖 2 TCWB1Tier、CFSR Lead0~Lead2 氣候平均之 850hPaUV 風場與風速場及兩者差異量可以明顯看出，TCWB1Tier 在赤道西太平洋區域西風偏強、東風偏弱，與 CFSR 風速差異大。雖然 TCWB1Tier 在太平洋副高、索馬利亞噴流變化的掌握不錯，但在赤道西太平洋區域有西風偏強、東風偏弱的問題。

除了環境場的分析之外，也計算了西北太平洋季風指數(West North Pacific Monsoon Index, WNPM Index)及西北太平洋副高指數(West Pacific Subtropical High Index, WPSH Index)，瞭解 TCWB1Tier 與 CFSR 的相關性。西北太平洋副高指數與西北太平洋季風指數計算方式如下所示。

WNPM Index = U850(100°E-130°E,5°N-15°N)
-U850(110°E-140°E,20°N-30°N)

WPSH=H850(15°N-25°N,115°E-150°E)

圖 3 為 TCWB1Tier 與 CFSR 之西北太平洋季風指標 (3.1) 與西太平洋副高指標 (3.2) 之相關係數隨 Lead0~Lead7 之變化。一般較常看夏季的部分，因此只看 Lead0~Lead3(May~Aug)。西北太平洋季風指數在 Lead0~Lead3 指數有達 0.33~0.7，其中以 Lead0 相關係數最好；西太平洋副高指標 Lead0~Lead3 指數有達 0.24~0.58，以 Lead3、Lead0 相關性最佳。又相關係數達 0.5 以上較有參考價值，所以 TCWB1Tier 的夏季季風在 Lead0 較具有參考價值，因此針對 Lead0 去看這兩個指標 30 年的年際變化，如圖 4。圖 4.1 可以看到 CFSR 與 TCWB1Tier 在西北太平洋季風指標 30 年的年際變化，雖然指標數值差異較大，但高低起伏較一至，因此相關係數可達 0.7；而兩者在西太平洋副高指標(圖 4.2)，雖然指數相近，但高低趨勢差異稍大，因此相關係數只有 0.53。

三、積雲參數法敏感度測試

從 TCWB1Tier 模式環流場的結果，發現在赤道西太平洋有西風偏強、東風偏弱的問題。而赤道地區降雨主要受到輻射加熱使熱對流旺盛，可能對流底層輻合的位置會影響赤道洋面上西風與東風輻合的位置，想對此進一步了解，因此對積雲參數化法 NSAS 中的幾個變數，進行敏感度測試。測試的變數有 w1s、w2s、w3s、w4s、c0，其中 w1s、w2s 與時間尺度有關；w3s、w4s 與雲方程(cloud function)有關；c0 則與大尺度降雨有關。實驗組別有(1)TCWB1Tier_c 控制組，維持原本的設定；(2)TCWB1Tier_wnl，將 w1-4s 分別換成 w1-4l，s 為 sea 較容易降雨，l 為 land 較不容易降雨，從容易降雨改成不容易降雨，並將時間尺度變小；(3)TCWB1Tier_w2s9e4 將 w2s 從 $-1e-3(1*10^{*(-3)})$ 改成 $-9e-4(9*10^{*(-4)})$ ，正負號為方向，向上為正向下為負，將時間尺度調小；(4) TCWB1Tier_w34 將 w3s、w4s 分別改成 w3l、w4l，比較不容易降雨；(5) TCWB1Tier_

c0005 則是將 c0 從 0.002 改成 0.0005，調成 1/4 倍。測試個案的初始時間為 1982 年 6 月 21 日 00 時，利用 Lead0(Jul)的結果與 GPCP 和 CFSR 的 1982 年 7 月月平均比較。

首先比較總雨量的部分，TCWB1Tier_c 的降雨(圖 5.2)比起 GPCP 降雨(圖 5.1)本來就有高估的趨勢；TCWB1Tier_wnl(圖 5.3)比起 TCWB1Tier_c 在赤道東太平洋的強降雨減弱，赤道西太平洋的降雨集中在中南半島、菲律賓；TCWB1Tier_w2s9e4(圖 5.4)比起控制組在赤道西太平洋降雨減少，但在赤道東太平洋強降雨影響不大；TCWB1Tier_w34(圖 5.5)減少赤道東太平洋的強降雨，且與 TCWB1Tier_wnl 有相同的特性，中南半島與菲律賓陸地降雨變多；TCWB1Tier_c0005(圖 5.6)也減少了赤道東太平洋的降雨，且雨帶的分布形式和 GPCP 較接近。

除了看總降雨量，還將模式各組的降雨分成對流降雨和大尺度降雨來看，瞭解在 NSAS 中各個變數所代表的意義。在赤道地區應以對流降雨為主，而 TCWB1Tier_wnl(圖 6.2.b)、TCWB1Tier_c0005(圖 6.5.b)的大尺度降雨有點太多，TCWB1Tier_wnl 是因為將對流降雨的難度調高，使得部分的水到大尺度降雨時才下；而 TCWB1Tier_c0005 將 c0 調小，使得大尺度更容易降雨。

再看到海平面氣壓與 1000hPaUV 風場的結果(圖 7)，TCWB1Tier_c(圖 7.2)在大陸低壓的邊緣之西南風，比 CFSR(圖 7.1)往東延伸，其他組別也有相同的結果，除了 TCWB1Tier_w2s9e4(圖 7.4) 在大陸低壓的邊緣之西南風沒有東伸的那麼多。而 TCWB1Tier_c、TCWB1Tier_w2s9e4、TCWB1Tier_c0005(圖 7.6)都有南北半球貿易風在赤道輻合偏弱的問題。又各組模式在海洋大陸的西南風，與 CFSR 是有差異的。

TCWB1Tier_w34 可以改善赤道東太平洋的降雨，且在南北半球貿易風在赤道的輻合帶，有較好的模擬結果，又 TCWB1Tier_w2s9e4 可以改善赤道西太平洋的降雨，且在大陸低壓邊緣西南風掌握的較好。所以減少對流降雨、減小時間尺度是可行的方向之一。

四、結論

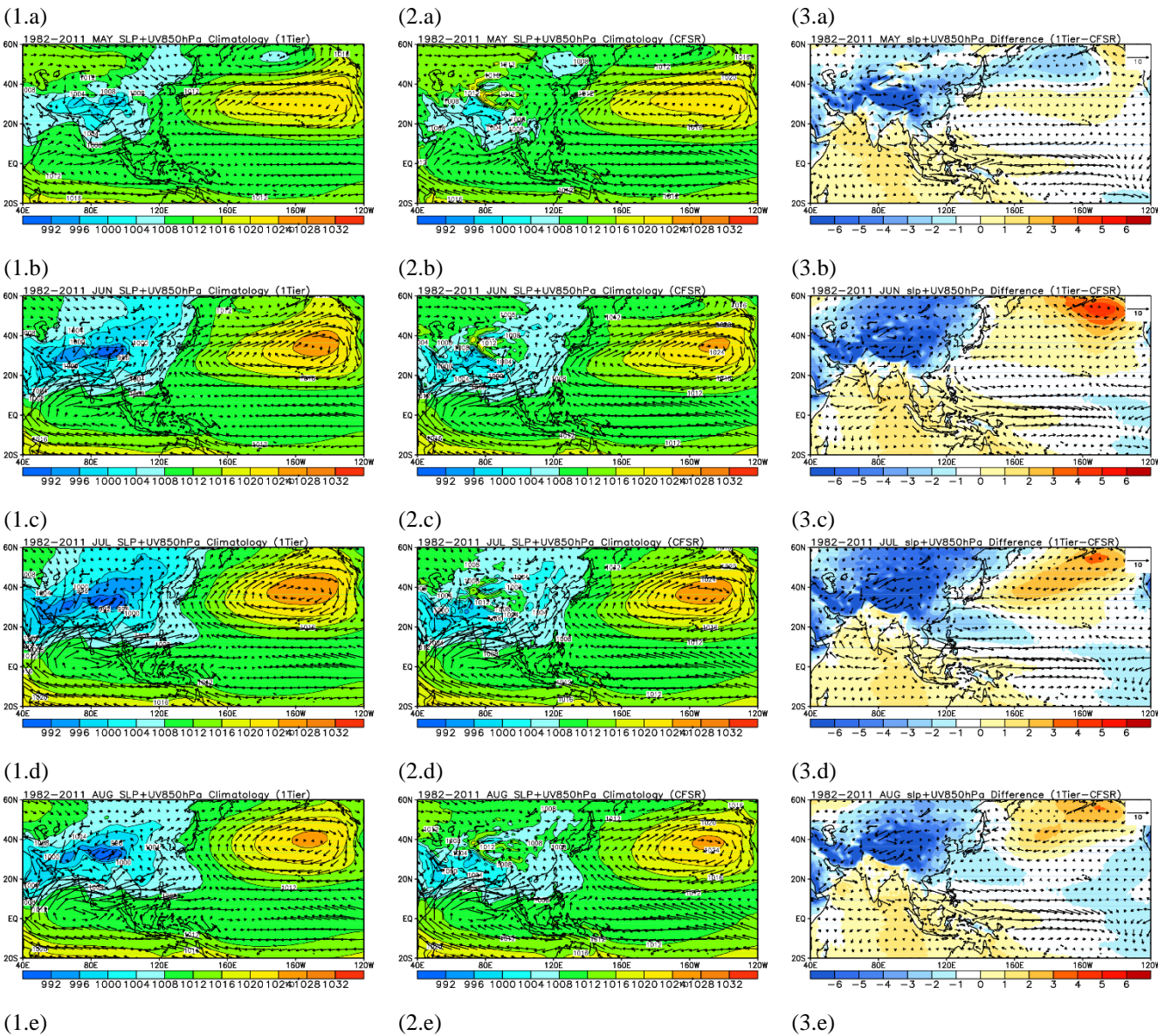
從海平面氣壓與 850hPaUV 風場的結果知道，TCWB1Tier 可以掌握太平洋副高的位置，且也能掌握到印度洋索馬利亞噴流的季節變化。但在赤道西太平洋有西風偏強、東風偏弱的現象。

為了瞭解赤道洋面上底層輻合與對流的關係，對積雲參數法 NSAS 中的變數進行敏感度實驗。不同的敏感度實驗，的確會改變降雨的位置、1000hPaUV 風

場輻合的位置。從各組結果得知減少對流降雨、減小時間尺度是可行的方向之一。

未來的工作項目會繼續對完成的事後積分預報進行東亞季風的分析，如冬季季風指數分析、不同預報時間的季風指數相關性等。也會繼續瞭解模式西風偏強東風偏弱的原因為何，並先朝著將對流降雨減少、減小對流時間尺度的方向進行測試。

附圖



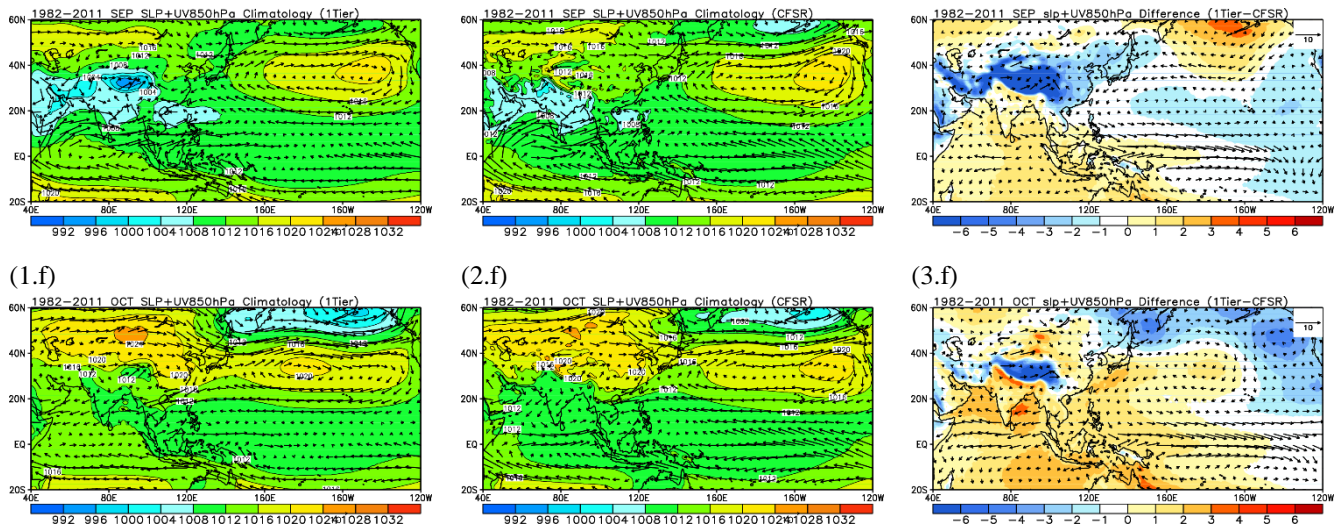


圖 1、(1)為 TCWB1Tier 以 4 月份為初始時間事後預報之海平面氣壓與 850hPaUV 風場氣候月平均結果；(2)為 CFSR 海平面氣壓與 850hPaUV 風場氣候月平均結果；(3)為每個月 TCWB1Tier 氣候平均與 CFSR 氣候平均值之差異量；a-f 分別為 5 月(Lead0)、6 月(Lead1)到 10 月(Lead5)。色階為海平面氣壓，而向量為 850hPaUV 風場。

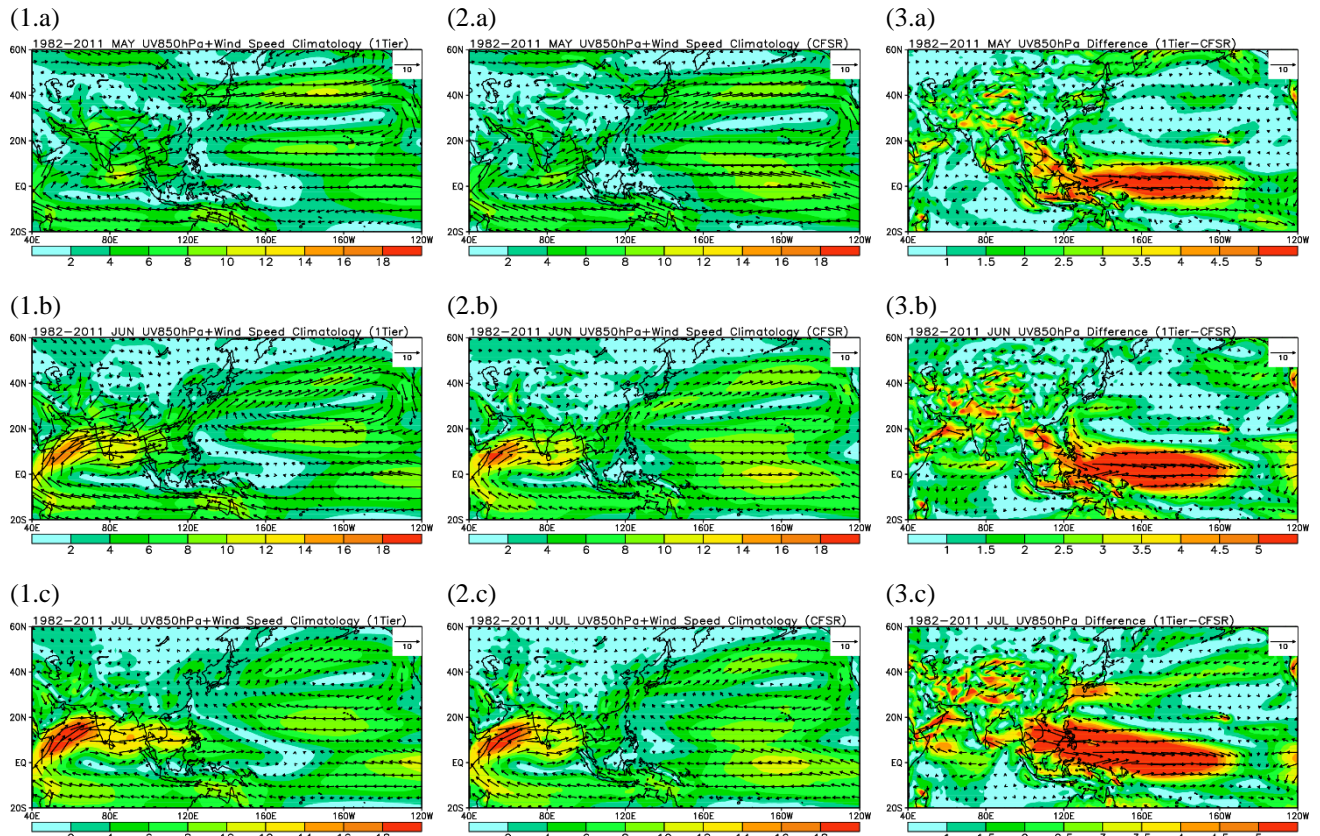


圖 2、(1)為 TCWB1Tier 以 4 月份為初始時間事後預報之 850hPaUV 風場及風速氣候月平均結果；(2)為 CFSR 850hPaUV 風場及風速氣候月平均結果；(3)為每個月 TCWB1Tier 氣候平均與 CFSR 氣候平均值之差異量；a-c 分別為 5 月(Lead0)、6 月(Lead1)、7 月(Lead2)。色階為 850hPa 風速場，而向量為 850hPaUV 風場。

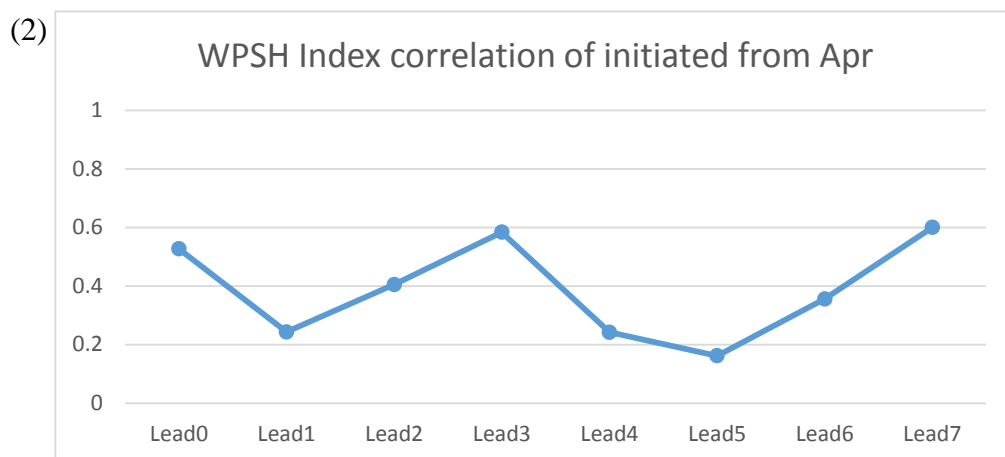
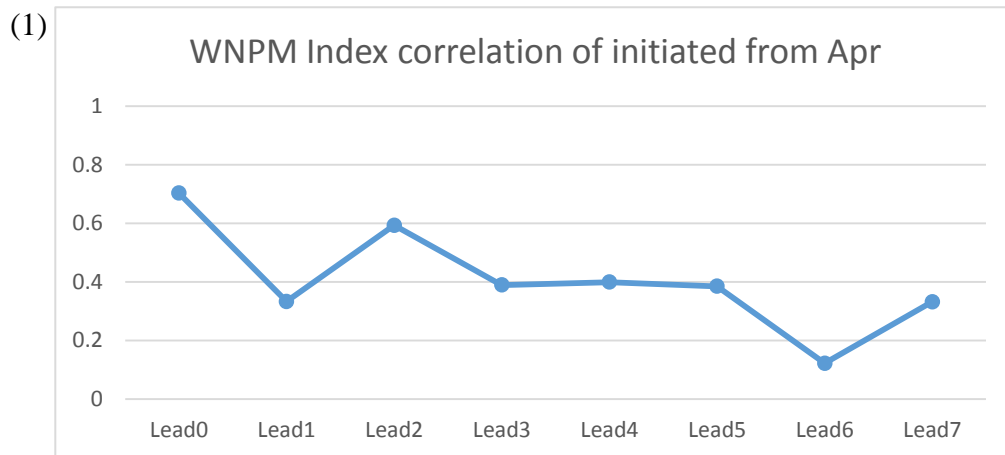
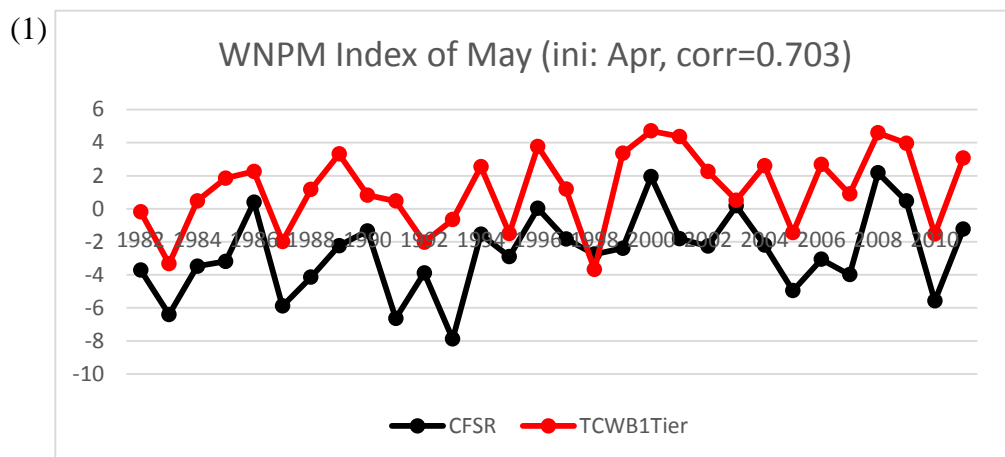


圖 3、TCWB1Tier 與 CFSR 之西北太平洋季風指標(3.1)與西太平洋副高指標(3.2)之相關係數隨 Lead0~Lead7 之變化。



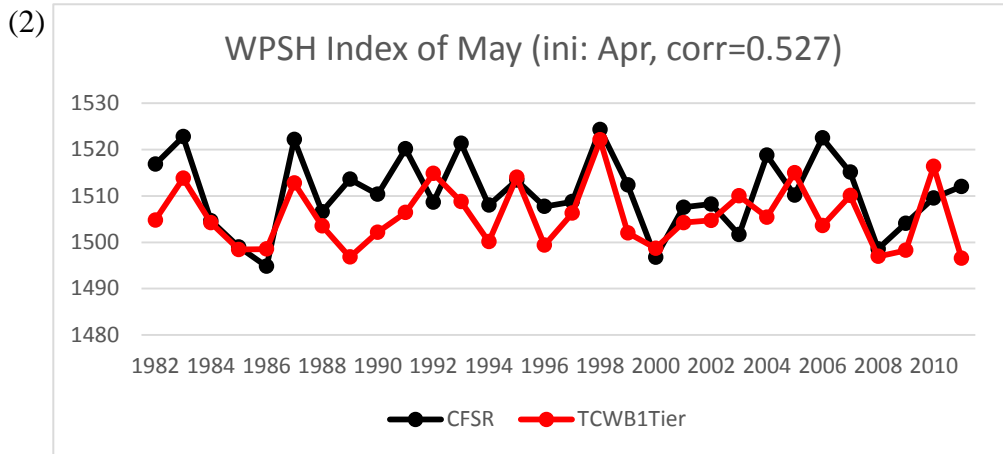


圖 4、TCWB1Tier 與 CFSR 在 Lead0 的西北太平洋季風指標(4.1)與西太平洋副高指標(4.2)，30 年之年際變化。黑線為 CFSR 的結果，紅線為 TCWB1Tier 之結果。

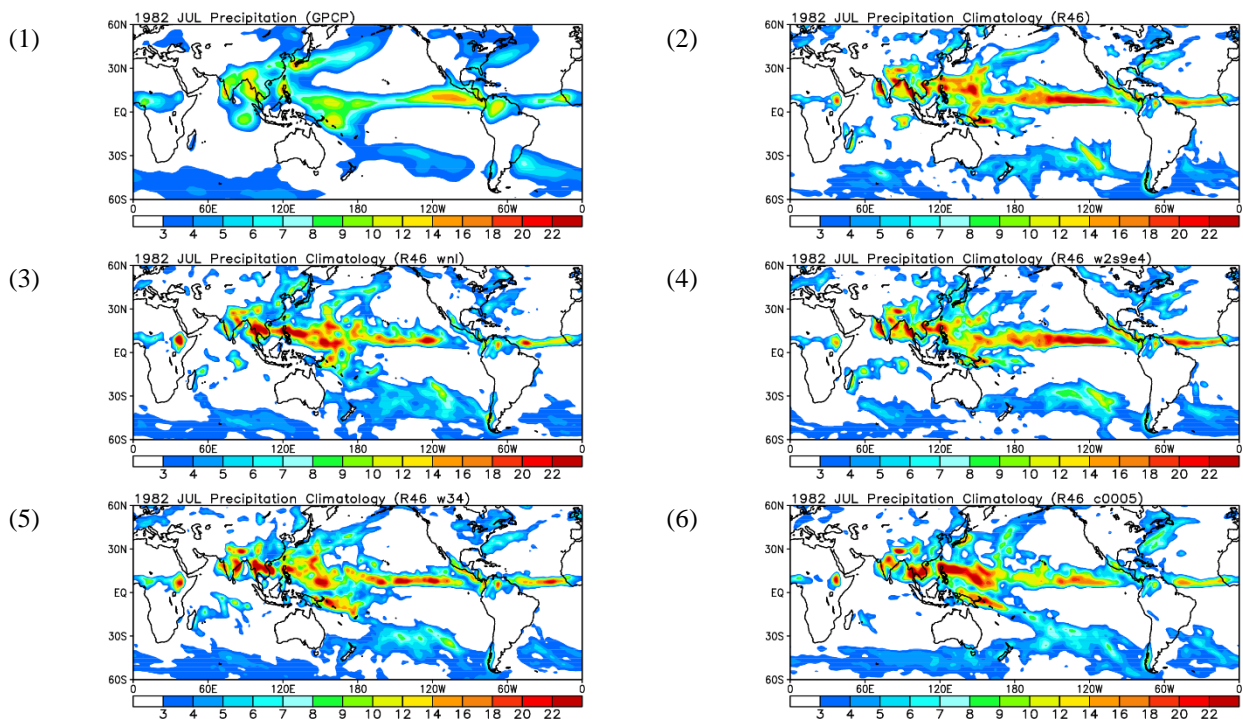
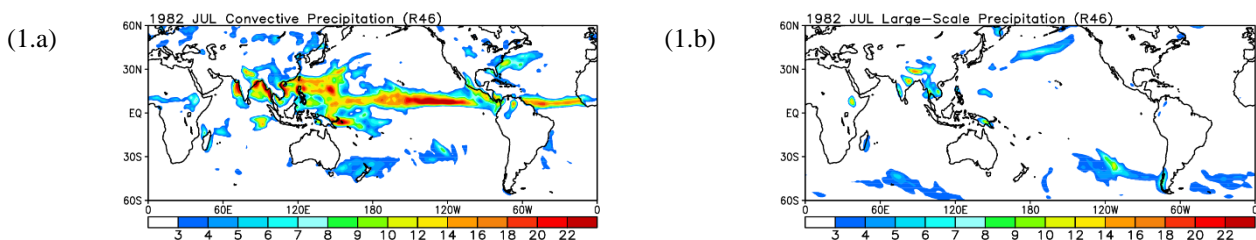


圖 5、(1) GPCP、(2)TCWB1Tier_c、(3)TCWB1Tier_wnl、(4)TCWB1Tier_w2s9e4、(5)TCWB1Tier_w34、(6)TCWB1Tier_c0005 之 1982 年 7 月月平均雨量。



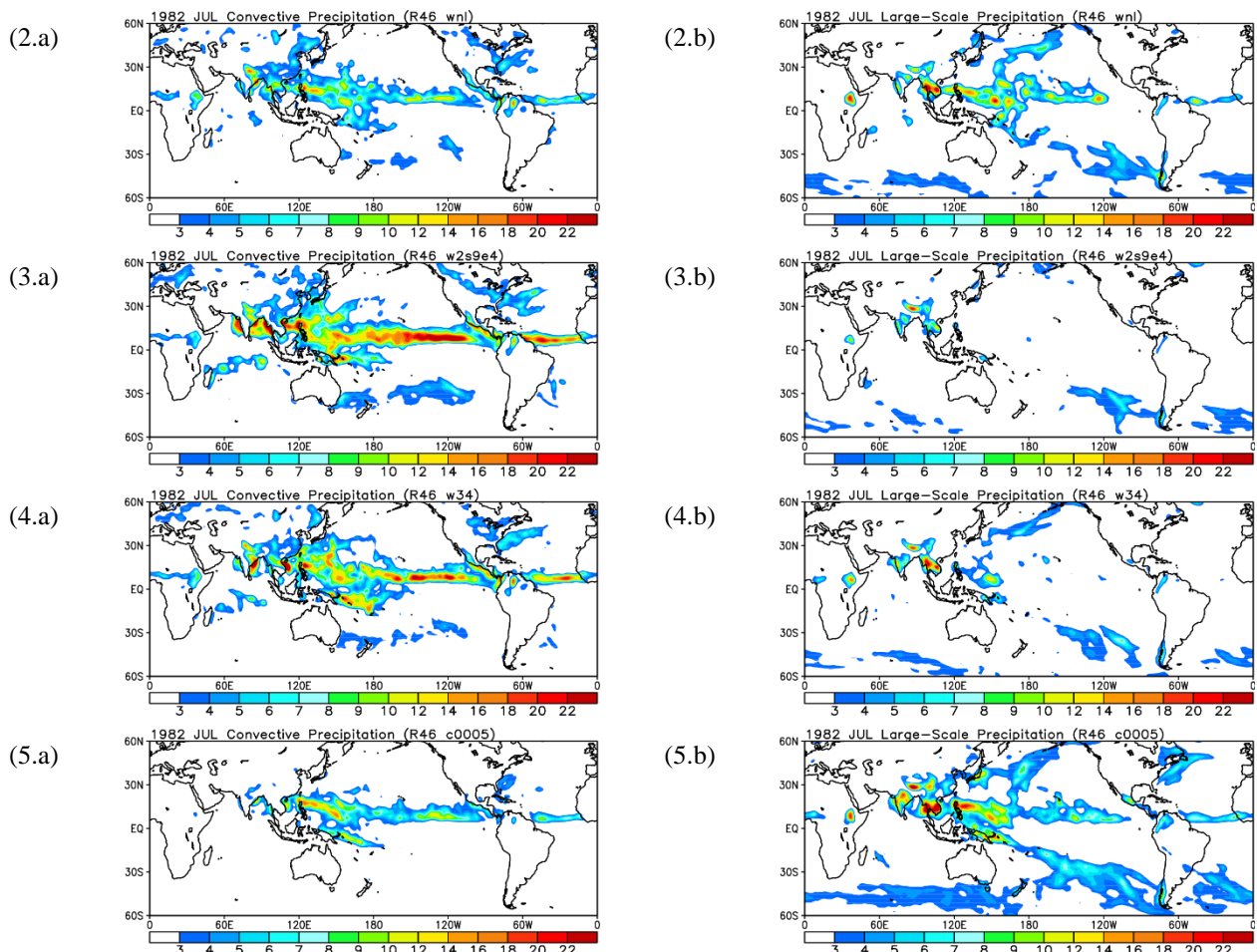


圖 6、(1)TCWB1Tier_c、(2)TCWB1Tier_wnl、(3)TCWB1Tier_w2s9e4、(4)TCWB1Tier_w34、(5)TCWB1Tier_c0005
1982 年 7 月(a)對流降雨、(b)大尺度降雨的月平均雨量。

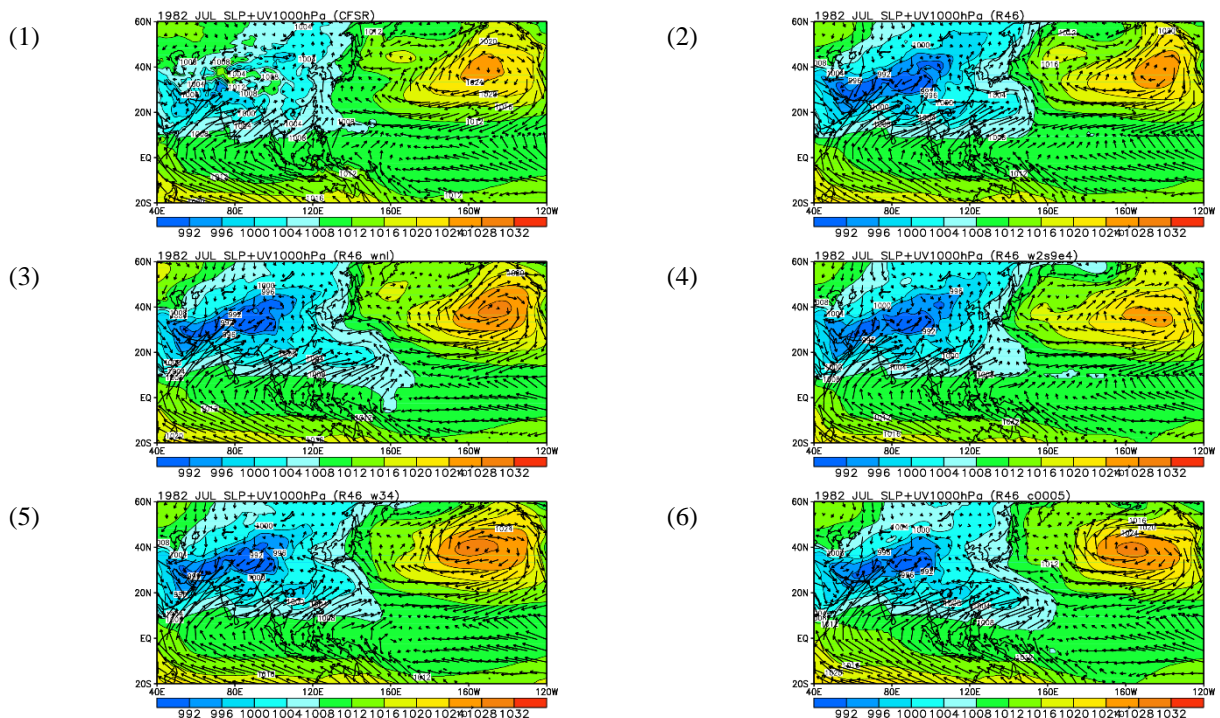


圖 7、(1) CFSR 、(2)TCWB1Tier_c 、 (3)TCWB1Tier_wnl 、(4)TCWB1Tier_w2s9e4 、(5)TCWB1Tier_w34 、(6)TCWB1Tier_c0005 之 1982 年 7 月海平面氣壓和 1000hPaUV 風場月平均。色階為海平面氣壓，向量為 1000hPaUV 風場。