

運用氣象局短期氣候預報系統發展臺灣梅雨季季內預報

卓盈旻 林昀靜 胡志文

中央氣象局氣象科技研究中心

摘要

季內氣候預測的時間尺度介於天氣預報和季節預測之間，對於天氣預報而言，影響短期數值天氣預報準確度主要是大氣初始條件，而季節到年際尺度的氣候預測主要受到像海溫這類緩慢變化的外在強迫因素影響。季內尺度氣候預測目前處於發展初期，最近研究結果指出，季內尺度存在一些可預報的因子，其中季內振盪(MJO、BSISO)被認為是熱帶大氣季內尺度的主要變化模態。熱帶的季內振盪活動異常，不僅只影響熱帶地區，也會對副熱帶、甚至中高緯度地區的氣候有顯著影響。

雖然目前氣候模式對於熱帶季內振盪模擬有了初步的成果，但仍然有許多科學問題還無法解決，預報水準仍不符合預報資訊使用者的需求。為了提高模式預報準確度，需要深入瞭解氣候模式中潛藏的季內可預報因子。為了要得到氣候模式的季內可預報因子，就需要搭配觀測資料進行即時監測，分析模式預報結果與實際的差異。於事後對於異常狀態進行診斷與模式校驗分析，才能對於季內氣候變化的物理機制概念有進一步的認識。

梅雨季季內預報系統整體規劃架構目前分為現況監測、模式預報和診斷校驗三個部分，內容預期包含東亞和西北太平洋環流、熱帶對流季內震盪、台灣區域梅雨變化和極端溫度、雨量等，目前已完成運用氣象局短期氣候預報模式發展週預報產品，內容有東亞與西北太平洋環流場變化、東亞與西北太平洋地區溫度、雨量三分類預報、臺灣 16 個測站溫度、雨量三分類預報等。

一、前言

在全球暖化的氣候背景條件之下，極端天氣事件的發生越來越頻繁，且往往是極端事件造成重大災害的發生，再加上人為環境的改變，更加激化了災害的規模和複雜程度。因此，民眾依賴氣象預報的程度越來越深，甚至期待能夠有更長期的預報資料。民眾對於氣候預報服務的迫切需求，不僅侷限於提高預報準確度，提前預報的要求也越來越重要。世界氣象組織(WMO)在「2012-2015 年策略規劃」中指出，預報時間從分、天、週、月、季到年以上的時間尺度，在符合全球氣候服務架構(GFCS)之下，隨著預測時間不同有不一樣的預測產品，也對應到不同的應用領域。因此，氣象預報應用服務產品應該涵蓋天氣到氣候的所有時間尺度上，是一個全面且沒有縫隙的服務系統，因此國際間開始致力於建立無縫隙(seamless)氣象預報研究與服務。

從天氣到氣候的多重時間尺度中，目前天氣預報的時效在 2 週以內，短期氣候預測則是月以上的時間尺度，由於理論基礎研究仍貧乏，使 2 週到 60 天之內的氣象預報是發展無縫隙預報中最困難的時間尺度。從氣候預測的角度來看，發展季內尺度預測對於無縫隙氣象預報服務相當重要，不僅可以填補中長期天氣預報和季節預測之間的空隙，也是聯接起天氣預報和短期氣候預測的橋樑。

在改善氣候預報能力上，除了改進數值模式本身對於氣候現象的掌握程度之外，與多模式系集預報運用有密切關係，藉由參與國際氣候計畫，強化系集資料的取得也是發展氣候預測的重點。為了促進氣候預報服務的價值，進行季內預報產品開發和提高產品的預報準確度，才能提供符合民眾需求的預報資訊。

二、資料和方法

大尺度環流分析場使用美國國家環境預報中心和美國國家大氣研究中心提供之日平均水平風場(U·V)重分析資料(NCEP/NCAR Reanalysis-1)，網格解析度為2.5°×2.5°經緯網格。雨量資料為美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)提供的CMORPH高解析度日降水資料，是美國氣候預測中心變形技術(Climat Prediction Center MORPHing, CMORPH)整合之衛星反演降水產品，解析度為0.25°×0.25°。海溫資料採用美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)的高解析度最佳化內差海溫日平均資料(OISST V2)，解析度為0.25°×0.25°。

在預報場方面，使用的氣候預報模式為中央氣象局第二代二步法月與季短期氣候預報系統(TCWB2T2)中的中央氣象局全球氣候模式(CWB AGCM)搭配NCEP CFSv2海溫預報產品。

台灣16個測站的降尺度方法是使用直接內插降尺度法，用每個測站臨近的四個網格點資料內插到所要推估的目標測站，根據每個網格點與目標測站間的距離，以距離平方反比法計算各網格點所對應的權重，當距離越近其權重就越大。

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^k Z_i \frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{d_i^2}}$$

其中， Z_0 是要內插的目標測站點， Z_i 是臨近的網格點資料， d_i 是目標測站點 Z_0 與網格點 Z_i 間的距離，因為本研究採用的是臨近的4個網格點，因此 $k=4$ 。

三、梅雨季季內預報系統

梅雨季季內預報系統的整體規劃分為現況監測、模式預報和診斷校驗三個部分。整個系統的執行時間為5-8月期間，分為兩個階段執行，第一階段包含現況監測和模式預報，執行時間於5-6月，第二階段於7-8月期間進行診斷校驗部分。5-6月階段為每週三執行一次，現況監測部分為監測前4週的大氣環流和海溫現況，模式預報部分為預報未來1-4週的季內預報產品。7-8月階段會針對該年梅雨進行診斷分析與模式預報校驗。

下面將說明預報系統三個部分所規劃的內容和產

品。

1. 現況監測

氣候監測是氣候預報的重要基礎，瞭解即時氣候系統狀態，當有異常氣候訊息發生時，搭配模式預報資料做出即時反應給使用者十分重要。監測產品是依模式預報產品而設計，目前監測內容包括全球海溫、東亞與西北太平洋環流場變化，未來會增加對於熱帶對流季內季內振盪和臺灣梅雨變化的監測。監測時間為每年5-6月期間每週三執行，每次監測前4個星期的海溫和大氣環流狀況，週期以星期六至星期五作為一週。

2. 模式預報

提供預報的第一步就是直接使用模式預報資料，氣象局在2015年完成第二代二步法短期氣候預報系統(TCWB2T2)的建置工作，在2016年進行準作業平行預報，該系統是由多模式多組預測組成的系集預報系統，每日定期產製預報資料。另外，季內預報處於短期天氣預報和氣候預測之間，初始場訊號會隨著預報時效的延長而逐漸減弱，而氣候系統中低頻的外在強迫作用則會逐漸出現。因此，TCWB2T2非常適合用於開發季內預報產品。

模式預報產品項目與監測產品大致相同，目前模式預報內容包括未來1-4週的全球海溫、東亞與西北太平洋環流場變化、東亞與西北太平洋溫度和雨量三分類預報、台灣16個測站的溫度和雨量三分類預報，未來會增加對於熱帶對流季內季內振盪和臺灣梅雨變化的預報。執行時間為每年5-6月期間每週三預報未來1-4個星期。

3. 診斷校驗

氣候診斷是瞭解氣候系統異常變化和成因的重要方法，事後診斷分析氣候異常的成因，有助於瞭解氣候異常的形成機制和物理概念，加強未來對於類似氣候異常事件的預測能力。校驗產品將瞭解氣候模式對於梅雨季季內尺度的預報表現，期望掌握模式的預報特徵和可預報能力。

四、梅雨季季內預報

梅雨季季內預報系統目前已完成部分預報產品的建置，下面將以2018年5月18日發佈的預報為例來說明提供的預報產品。

在現況監測部分，圖 1 為全球海溫和海平面氣壓場變化，赤道太平洋海溫仍持續是西邊偏高，中、東部偏低的分布，熱帶地區海溫趨於接近正常狀態。北太平洋副高從 4 月初開始逐漸增強，其南邊的東風沿高壓邊緣將西太平洋暖池的暖海水逐漸往北邊帶，使台灣東邊至日本東邊的西北太平洋地區形成偏暖的海溫(W-1 週)。中緯度低壓也同時增強，在西北太平洋暖海溫異常區形成槽區。

圖 2 為東亞和西北太平洋地區的雨量 and 低層環流場現況，原本在赤道中、東太平洋的異常東風逐漸減弱，W-1 週轉為西風距平。赤道西印度洋在 4 月初開始有對流活動，然後對流活動持續增強並向東擴展，而西太平洋對流活動被抑制，降雨偏少。此時，西印度洋有西風距平出現。W-3 時，對流區東移至海洋大陸，對流抑制區位於中太平洋。印度洋西風距平範圍擴展至巴布亞紐幾內亞，東太平洋為東風距平控制。對流活躍區在 W-2 移至中、西太平洋，東太平洋和印度洋雨量偏少，西風區隨之移至海洋大陸到西太平洋，東太平洋仍是東風。W-1，多雨區持續出現在西至中太平洋，海洋大陸對流活動被抑制，印度洋上轉為由東風距平控制，西、中太平洋為西風距平。另外，由於西北太平洋的異常暖海溫，使上週日本附近一帶的降雨偏多。

圖 3 為東亞和西北太平洋地區的中、高層環流場現況，赤道中、東太平洋高空的異常西風逐漸減弱，低層風場上週由東風轉為西風，顯示反聖嬰的大氣環流條件消失。在 W-4 時，西印度洋高空為高壓環流，低層為氣旋，高、低層環流配置有利於對流的發展。之後，熱帶高空的緯向風場偏弱，西印度洋東風距平和西太平洋西風逐漸減弱。至 W-1 週，太平洋高空為東風，低層為西風，因此西、中太平洋的對流活動受到抑制。日本附近的中對流層槽線在 W-2 週加深，加上北邊的高空西風噴流增強，此環流配置有利於對流發展，使上週日北附近的雨量偏多。

在模式預報部分，圖 4 為全球海溫和海平面氣壓場 1-4 週預報結果，模式預報赤道東太平洋會有偏暖的海溫出現並持續增暖。北太平洋副高略微偏弱，日本至台灣的氣壓偏強，有高壓距平，使東亞沿岸的西太平洋海溫正距平區持續存在。

圖 5 為東亞和西北太平洋地區的雨量和低層環流場預報結果，赤道中、東太平洋第 1 週有東風異常，之後東風逐漸減弱，第 4 週在換日線附近轉為西風。第 1 週受到澳洲高壓偏強的影響，赤道印度洋主要為東風控制，非洲吹西風距平，因而在西印度洋上形成低壓異常環流，雨量增多。孟加拉灣有氣旋形成，雨量偏多。日本至南海大部分為反氣旋環流，因此南海及菲律賓海雨量偏少。第 2 週，孟加拉灣雨量北移，阿拉伯海和南海雨量開始增多。北太平洋中緯度高壓增強，日本至台灣地區為偏乾的情形。第 3 週，南亞季風增強，阿拉伯海和孟加拉灣降雨增多，南海雨量開始偏多。第 4 週，菲律賓海反氣旋增強，南海北部至台灣出現多雨的機會。

圖 6 為東亞和西北太平洋地區的中、高層環流場預報結果，赤道東太平洋高空第 1 週主要為東風距平控制，表示西風偏弱，第 2 週西風增強，第 3&4 週換日線附近為吹東風。第 1 週，在 30°N 附近有一條明顯的東風距平，表示西風噴流偏弱，且日本、韓國附近為反氣旋距平籠罩，不利於對流作用發展。第 2 週開始，西風噴流開始增強。第 4 週，西風噴流風速接近氣候平均狀態，台灣西邊中對流層為槽區，對於台灣附近的上升作用有利，因此台灣降雨有偏多的趨勢。

圖 7 為東亞和西北太平洋地區溫度和雨量三分類預報，在溫度方面，受到赤道西太平洋及東亞沿岸西太平洋海溫偏暖的影響，菲律賓海到日本一帶在未來 1-4 週溫度偏暖。台灣地區在第 3 週溫度為正常-偏暖，其餘 3 週為偏暖。雨量方面，第 1-3 週南海和菲律賓海的熱帶西太平洋地區雨量以正常-偏少為主，第 4 週台灣至日本地區傾向於正常-偏濕的類別。

圖 8 為台灣 16 個測站溫度和雨量的三分類預報，第 1 和 2 週氣溫為偏暖類別，第 3 週為正常-偏暖，但大多數測站沒有預報技術，因此沒有參考價值。第 4 週南部為正常-偏高溫。雨量部分，第 1 週以正常-偏少為主，第 2 和 3 週雨量偏乾，第 4 週以偏濕為主。

環流現況監測的結果顯示，過去 4 個星期的熱帶太平洋海溫接近氣候平均狀態，赤道中、東太平洋低層目前為西風距平，高層的異常西風減弱，表示反聖嬰的大氣環流條件不存在。熱帶對流在 4 月中於印度

洋地區發展，4月底東移至海洋大陸，於5月第1和2週移到中、西太平洋。5月第2週，印度洋為東風距平控制，西、中太平洋為西風，海洋大陸對流活動被抑制。沿副高西側邊緣往北傳輸的暖海水，在東亞沿岸西太平洋形成異常暖海溫區，加上日本北邊高空西風噴流增強，中對流層槽線加深，使日本附近對流發展，雨量偏多。

模式預報結果顯示，赤道東太平洋將出現偏暖的海溫並持續增暖。東亞沿岸的西太平洋地區受到高壓距平的影響，未來4週持續有海溫正距平存在。第1週，日本至南海主要受到反氣旋控制，南海及菲律賓海雨量偏少，菲律賓海到日本一帶溫度偏暖，熱帶西太平洋地區雨量以正常-偏少為主。台灣溫度偏暖，雨量以正常-偏少為主。第2週，北太平洋中緯度高壓增強，日本至台灣出現屬於偏乾的情形，東亞沿岸的西太平洋溫度偏暖。台灣溫度偏暖，雨量偏少。第3週，南海雨量偏多，台灣區域溫度以正常-偏暖為主，多數測站沒有預報技術，台灣雨量屬於偏少類別。第4週，菲律賓海反氣旋增強，南海北部至台灣有多雨的情形，

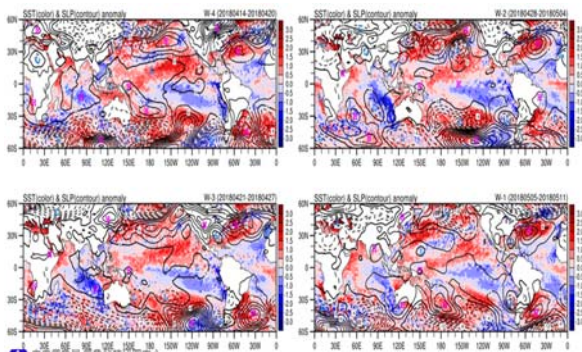


圖 1：觀測資料在過去 4 週的全球環流場現況距平圖，分別為 W-4(04/14-04/20)、W-3(04/21-04/27)、W-2(04/28-05/04)、W-1(05/05-05/11)，色階為海平面溫度，等值線為海平面氣壓場。

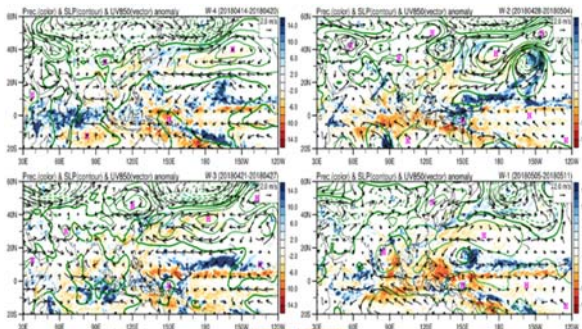


圖 2：觀測資料在過去 4 週的東亞與西北太平洋地區低層環流場現況距平圖，分別為 W-4(04/14-

台灣南部為正常-偏高溫，雨量偏多。

五、結論

本篇文章說明運用氣象局月與季短期氣候預報系統(TCWB2T2)建置梅雨季季內預報系統的規劃，與目前已產製的預報產品。

梅雨季季內預報系統分為現況監測、模式預報和診斷校驗三個部分，執行時間為 5-8 月，分為 5-6 月的現況監測和模式預報，與 7-8 月的診斷校驗兩個階段，5-6 月每週三執行，現況監測部分為監測前 4 週的大氣環流和海溫現況，模式預報部分為預報未來 1-4 週的季內預報產品。7-8 月階段會針對該年梅雨進行診斷分析與模式預報校驗。期望透過此系統辨識出氣候資訊於季內尺度的可預報特徵，並瞭解氣候模式對於哪些特徵是有預報性，未來將可進一步對這些可預報特徵進行預報，提高季內預報的準確度。

04/20)、W-3(04/21-04/27)、W-2(04/28-05/04)、W-1(05/05-05/11)，色階為降雨，等值線為海平面氣壓場，流線為 850hPa 水平風場。

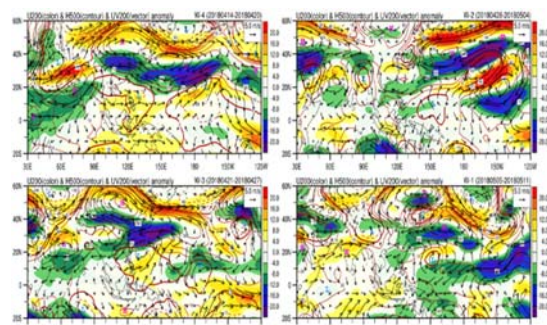


圖 3：觀測資料在過去 4 週的東亞與西北太平洋地區中高層環流場現況距平圖，分別為 W-4(04/14-04/20)、W-3(04/21-04/27)、W-2(04/28-05/04)、W-1(05/05-05/11)，色階為 200hPa 緯向風速，等值線為 500hPa 高度場，流線為 200hPa 水平風場。

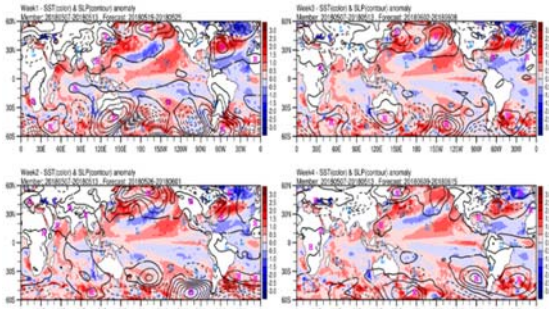


圖 4：模式預報未來 4 週的全球環流場現況距平圖，分別為 W+1(05/19-05/25)、W+2(05/26-06/01)、W+3(06/02-06/08)、W+4(06/09-06/15)，色階為海平面溫度，等值線為海平面氣壓場。

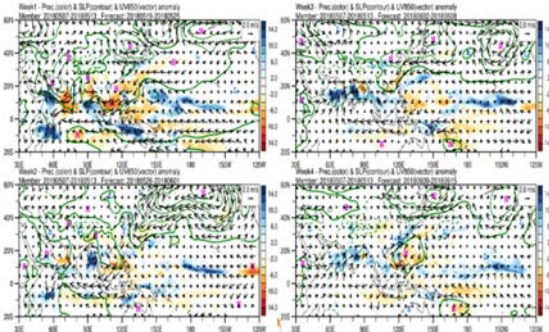


圖 5：模式預報未來 4 週的東亞與西北太平洋地區低層環流場現況距平圖，分別為 W+1(05/19-05/25)、W+2(05/26-06/01)、W+3(06/02-06/08)、W+4(06/09-06/15)，色階為降雨，等值線為海平面氣壓場，流線為 850hPa 水平風場。

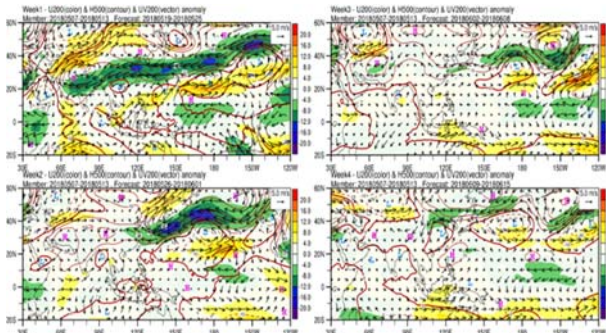


圖 6：模式預報未來 4 週的東亞與西北太平洋地區中高層環流場現況距平圖，分別為 W+1(05/19-05/25)、W+2(05/26-06/01)、W+3(06/02-06/08)、W+4(06/09-06/15)，色階為 200hPa 緯向風速，等值線為 500hPa 高度場，流線為 200hPa 水平風場。

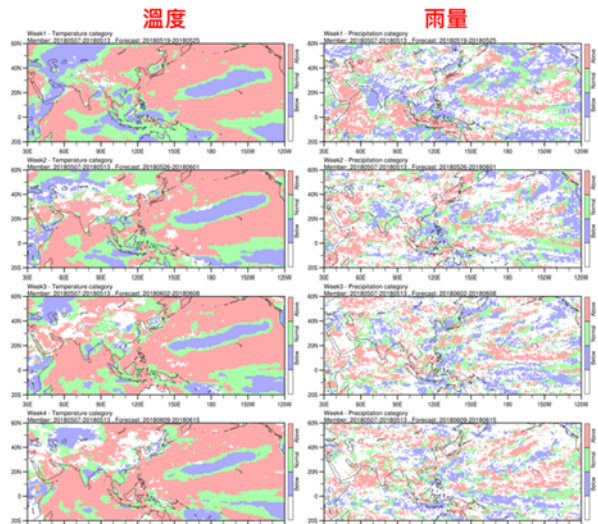


圖 7：模式預報未來 4 週的東亞與西北太平洋地區溫度和雨量三分類預報，分別為 W+1(05/19-05/25)、W+2(05/26-06/01)、W+3(06/02-06/08)、W+4(06/09-06/15)。

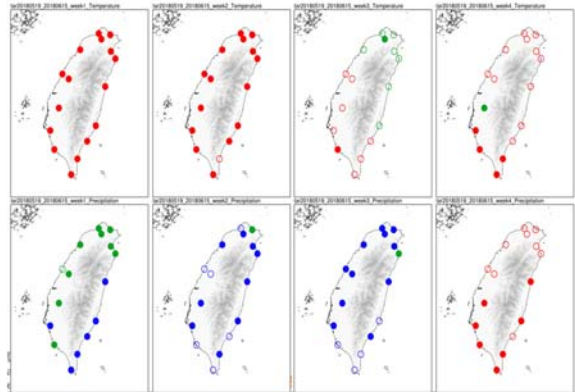


圖 8：模式預報未來 4 週台灣 16 個測站溫度和雨量三分類預報，分別為 W+1(05/19-05/25)、W+2(05/26-06/01)、W+3(06/02-06/08)、W+4(06/09-06/15)。