

氣象局第二代二步法氣候預報系統對臺灣梅雨季的季節內尺度預報能力評估

卓盈旻 胡志文

中央氣象局氣象科技研究中心

摘要

梅雨是臺灣在春夏季節轉換時最重要的天氣現象，平均而言，每年梅雨季(5-6月)約有 4-5 道鋒面影響臺灣甚至帶來劇烈降水。隨著極端天氣事件越來越頻繁，民眾對於預報服務的迫切需求，使梅雨季的季節內尺度預報越來越重要。本研究以 2018 年梅雨季為例，分析氣象局第二代二步法月與季氣候預報系統(TCWB2T2)在臺灣梅雨季(04/28-06/29 共 9 週)期間對東亞與西北太平洋季風區季節內的預報表現。

分析 TCWB2T2 的 30 年(1982-2011)回溯預報期的模式模擬結果，顯示模式在梅雨季模擬的西太平洋副高偏弱，副高脊無法伸入南海，因此南海附近的雨量比觀測偏多，梅雨鋒面強度偏弱，且海面上的梅雨鋒面雨量更是偏少。而非洲東岸的跨赤道氣流模擬偏強，使南亞季風偏強，使印度半島西岸和孟加拉灣雨量偏多，而熱帶印度洋的雨量偏少。另外，北太平洋高壓北側強度偏強，阿留申群島的低壓偏弱，使西伯利亞大陸和北太平洋溫度都出現偏暖的情形。

評估模式對 2018 年梅雨季溫度和雨量三分類的預報表現，校驗結果顯示 TCWB2T2 領先 1-4 週的溫度預報大致表現都不錯，從加州外海到夏威夷附近的暖海溫區、日本東側太平洋、南海和北印度洋都有較高的預報得分。雨量預報表現不如溫度，領先 1 週在南海附近和海洋大陸有較佳的預報，領先 2 週在印尼群島有較好。在領先 1 週的預報上，對於第 5 週(05/26-06/01)的溫度、雨量預報得分最差，主要是沒有掌握到印度洋對流區的東傳和南亞季風系統的向北推展(即季內震盪訊號)。

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。

梅雨是臺灣在春夏季節轉換時最重要的天氣現象，平均而言，每年梅雨季約有 4-5 道鋒面影響臺灣甚至帶來劇烈降水(陳、紀，1978；陳、蔡，1980)。臺灣梅雨季降雨研究在中尺度天氣與動力及預報研究二十餘年來持續蓬勃發展進展顯著(陳，2007)，但梅雨季降雨頻率和尺度環流條件的相關研究並不多見。臺灣梅雨是東亞與西北太平洋夏季季風的一部分(陳、陳等，2007；陳、嚴等，2007)，因受臺灣地形影響有明顯的區域差異(Chen et al. 1999；Yen and Chen 2000；Boyle and Chen 1987；Tao and Chen 1987)，雨量變化受到海洋提供的豐沛水氣影響更加複雜。Hsu et al. (2016)發

現華南與臺灣區域 5-8 月極端降雨事件明顯受到季內振盪影響，當北半球夏季季內振盪(BSISO)第二個主模態處於第 5-7 相位，由於水氣平流至華南區域增強以至極端事件發生機率比其他狀態增加 60%。

由於梅雨季的雨量、開始和結束時間主要受到季內震盪的影響，為了能充分使用氣象局氣候預報模式產品，並促進氣候預報服務的價值，因而分析氣象局第二代二步法月與季氣候預報系統(TCWB2T2)對於臺灣梅雨季的季節內尺度預報能力，期望能在梅雨季開始之前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(NCEP/NCAR)提供的重分析(Reanalysis-1, R1)日資料，使用的層場與變數有 200hPa 和 850hPa 水平風場、500hPa 重力位高度場、海平面氣壓(SLP)場，網格解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。雨量資料為 NOAA 提供的 CMORPH 高解析度日降雨資料，為美國氣候預測中心變形技術(Climatology Prediction Center MORPHing, CMORPH)整合衛星反演的降雨產品，解析度為 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。海表面溫度資料採用美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)所提供之第二版高解析度最佳化內差海溫(Optimum Interpolation Sea Surface Temperature V2)日資料，解析度為 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。

模式預報採用氣象局第二版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。氣象局二步法短期氣候預報系統第二版(TCWB2T2)於 2016 年開始作業，為多模式多組預測組成的系集預報系統，在大氣模式方面分別使用了氣象局全球數值天氣預報模式(T119L40 版)與德國馬普研究院 ECHAM5 模式(T42L19 第 5.2 版)；SST 預測值除了有氣象局第二版全球海溫最佳化預報系統產品(OPGSST2)外，也使用從美國氣象局取得的 NCEP CFSv2(Saha et al. 2014)全球海溫預測資料(CFS2SST)。兩組大氣模式與兩組海溫預測資料交錯搭配出四種組合，每一種組合以每月每日為初始場產出 30 組 7 個月預測結果。

三、2018 年週尺度預報表現

台灣 2018 年年梅雨季降雨主要集中在 6 月份，除了 2018/05/05-05/11 這週受到鋒面及東北風影響在西半部有較大雨勢之外，一直到 2018/06/09-06/15 和 2018/06/16-06/22 兩週受到熱帶性低氣壓或西南氣流影響有大範圍降雨，其餘時間降雨偏少，因此下面以這兩週為例評估這兩週的預報表現。

(1) 2018/06/09-2018/06/15

圖 1 為東亞和西北太平洋地區的雨量和低層環流的觀測和模式預報距平場，觀測資料顯示此週西太平洋副高強度明顯偏弱，受到南海熱帶性低壓的影響，從南海到台灣東側的西太平洋出現明顯的降雨，而華南和台灣因位於氣旋距平北側，受東北風影響而出現降雨偏少的情形。另外，南亞季風北推至印度半島和孟加拉灣，在孟加拉灣北邊形成降雨。模式領先 4 週預報菲律賓海存在反氣旋距平，從南海經台灣到東海為西南風距平氣流，在南海北部至台灣出現降雨機率偏多，此模擬結果與實際情形相反，但有模擬到南亞季風北推至孟加拉灣，只是季風強度偏弱。模式 3 週前預報西太平洋副高會增強，副高脊西伸至南海，使菲律賓海至南海雨量明顯偏少，此結果與實際情形差異較大。2 週前預報西太平洋副高強度減弱，在南海和菲律賓至西北太平洋一帶形成氣旋環流距平，南海和巴士海峽一帶雨量增多，華南和東海一帶雨量減少，僅雨量變化程度不如觀測，而南亞季風增強，在孟加拉灣形成氣旋距平環流，此週的模擬結果與觀測接近。前 1 週仍預報西太平洋副高強度減弱，在台灣形成低壓距平環流，南海的西南氣流明顯增強，南海、台灣至日本南邊形成雨帶，台灣附近雨量偏多、華南雨量偏少，模擬結果與觀測相當接近，雨量變化程度比 2 週前接近觀測，僅兩區位置略微偏北。

(2) 2018/06/16-2018/06/22

圖 2 的觀測資料顯示此週西太平洋副高強度再度增強，副高脊西伸至菲律賓，將雨帶往北推，雨帶位於台灣到日本九州，從中南半島、南海至台灣的西南氣流偏強，使台灣和日本九州、四國附近都有明顯的降雨。模式 4 週前預報西太平洋副高脊位於台灣和菲律賓之間，在台灣形成高壓距平環流，台灣北邊高空有東風距平，高、低層環流皆不利於對流形成，因此

台灣附近雨量明顯偏少，此模擬結果與實際發生情況不同。3 週前預報西太平洋副高強度偏強，但高壓脊位於位於菲律賓和南海，在華南至日本南部一帶形成低壓距平環流，南海和中南半島高層有反氣旋距平，使台灣附近多雨的機會明顯增加，此週預報與觀測相近。2 週前仍是預報西太平洋副高偏強，但反氣旋環流籠罩範圍較領先 3 週的預報範圍廣，使降雨集中於台灣附近，南海北部降雨偏少，降雨強度較觀測偏弱，且仍無法掌握到日本九州的降雨。前 1 週預報西太平洋副高脊仍是位於南海和菲律賓，從南亞至南海的西南氣流偏強，台灣東邊有氣旋距平環流存在，南海北部至台灣附近雨量偏多，預報結果也與觀測接近。

綜合這兩週的預報結果，顯示模式大致於領先 2 週時可以掌握到東亞和西北太平洋附近的環流變化，對於 2018/06/16-06/22 的預報甚至於 3 週前就能模擬到太平洋副高脊西伸的位置和台灣的降雨情形。

(3) 2018 年梅雨季預報能力評估

圖 3 為今年梅雨季 9 週的溫度三分類預報命中率，由上而下分別為領先 1-4 週的結果，等值線為命中率達到 50% 以上，代表今年 9 週中有 5 週以上的預報命中。圖中顯示溫度在 1-4 週大致的預報表現都不錯，主要高命中區為夏威夷附近的太平洋經向模態 (Pacific Meridional Mode, PMM)、日本南邊的北太平洋區、北印度洋，領先 1 週的溫度三分類預報表現最好，隨著週數增加預報能力逐漸降低，亞洲大陸部分地區在領先 1 週時有不錯的預報得分，但在 2 週時則預報能力減少。圖 4 為雨量三分類預報命中率，預報表現不如溫度，命中率低於 50%，第 1 週在南海附近和海洋大陸預報比較好，第 2 週在印尼群島得分較佳

四、回溯預報期的週尺度預報表現

圖 5 為與 2018 年梅雨季 9 個週時間相同的回溯預報期與觀測偏差，圖中顯示模式領先 1 週的 30 年 (1982-2011) 回溯預報期海平面氣壓和 850hPa 水平風場與觀測的差異。由觀測平面氣壓的氣候平均場可知，從 5 月初開始，西太平洋副熱帶高壓開始減弱，太平洋副高中心逐漸東移，印度半島、孟加拉灣、赤道西太平洋的低壓都逐漸加深形成低壓帶，在北緯 50 度附

近從東北亞往阿留申群島的低壓區低壓加深。到 05/12-05/18 時，太平洋副熱帶高壓中心位於東太平洋北緯 30 度附近，西太平洋高壓脊在 05/26-06/01 開始向西伸展至菲律賓和南海，06/16-06/22 時西太平洋副高脊北抬，逐漸結束臺灣梅雨季。模式模擬 04/28-05/04 的太平洋副熱帶高壓東側強度比觀測略微偏強，從 05/12-05/18 開始，模式對於阿留申群島的低壓模擬偏弱，所以北太平洋高壓北側強度有偏強的情形。模式模擬的 05/26-06/01 開始西伸的西太平洋副高脊偏弱，印度半島、孟加拉灣、赤道西太平洋的低壓區模擬都偏強，因此南亞季風模擬也都偏強。整體而言，模式在梅雨季模擬的西太平洋副高脊偏弱，副高脊無法伸入菲律賓和南海，而非洲東岸的跨赤道氣流模擬偏強，使南亞季風偏強，模式模擬 6 月底北抬的副高脊位置偏北。

圖 6 為 9 個週領先 1 週預報的溫度三分類預報技術得分 (GSS)，等值線為技術得分達到 0.5 以上，圖中顯示 30 年回溯預報期對於溫度有不錯的預報技術，這 9 個週網格點大於 0 的 GSS 得分 (代表有預報技術) 佔整個區域的 92.8-96.2%，在熱帶中、東太平洋預報得分較高，這塊區域為聖嬰發生時的主要海溫變化區，顯示模式能掌握受到聖嬰現象影響的溫度變化，但由於影響東亞和西北太平洋受海氣交互作用影響大，影響溫度變化的因子較複雜，這些區域是梅雨季鋒面雨帶的形成位置，模式對於西太平洋副高脊模擬偏弱，進而影響對於降雨發生位置和強度的掌握，因此溫度預報受到影響。

圖 7 為 30 年回溯預報期的雨量 GSS 預報技術得分，模式領先 1 週的預報得分較好，這 9 個週有預報技術的網格點佔整個區域 70.8-75.1%，04/28-05/18 東亞和西北太平洋對於雨量有較佳的得分，是因為此時這些區域的雨量變動不大，05/19-05/25 是平均梅雨開始的時間，因而雨量預報得分減少，由於梅雨鋒面形成之後，模式比較容易掌握鋒面的位置，因此東亞區域的雨量預報得分提高，06/09-06/29 期間受到西太平洋副高脊的影響，梅雨鋒面位置變動大，因此東亞區域的雨量預報得分又減少，可見利用模式雨量預報資料來預報臺灣梅雨季的開始和結束相當困難。

五、結論

從模式對於 2018 年梅雨季的預報表現來看，模式約在 2-3 週前可預報鋒面雨帶的發生位置和對台灣溫度、雨量的影響。整體而言，模式 1-2 週預報能力較佳，三分類預報顯示領先 1 週的溫度對於夏威夷附近的太平洋高溫區、日本南邊的北太平洋區、北印度洋預報表現最好。雨量三分類預報表現不如溫度。

模式 30 年(1982-2011)回溯預報期的分析結果顯示：模式在梅雨季模擬的西太平洋副高脊偏弱，副高脊無法伸入菲律賓和南海，因此南海和菲律賓海附近的雨量比觀測多，梅雨鋒面強度不僅偏弱，且位置有略微偏北的情形，海面上的梅雨鋒面雨量更是偏少。

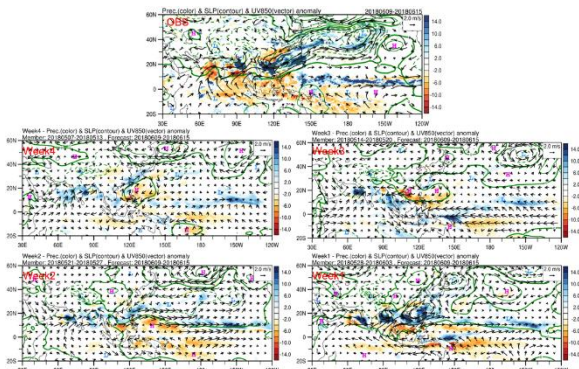


圖 1：模式預報 2018/06/09-2018/06/15(W7)東亞與西北太平洋地區低層環流場週平均距平場，色階為降雨，等值線為海平面氣壓場，流線為 850hPa 水平風場。

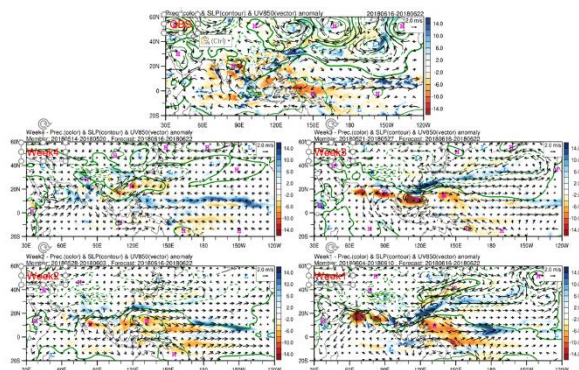


圖 2：模式預報 2018/06/16-2018/06/22(W8)東亞與西北太平洋地區低層環流場週平均距平場，色階為降雨，等值線為海平面氣壓場，流線為 850hPa 水平風場。

而非洲東岸的跨赤道氣流模擬偏強，使南亞季風偏強，使印度半島西岸和孟加拉灣雨量模擬偏多，而熱帶印度洋雨量偏少。另外，北太平洋高壓北側強度偏強，阿留申群島的低壓偏弱，使西伯利亞大陸和北太平洋溫度都出現偏暖的情形。

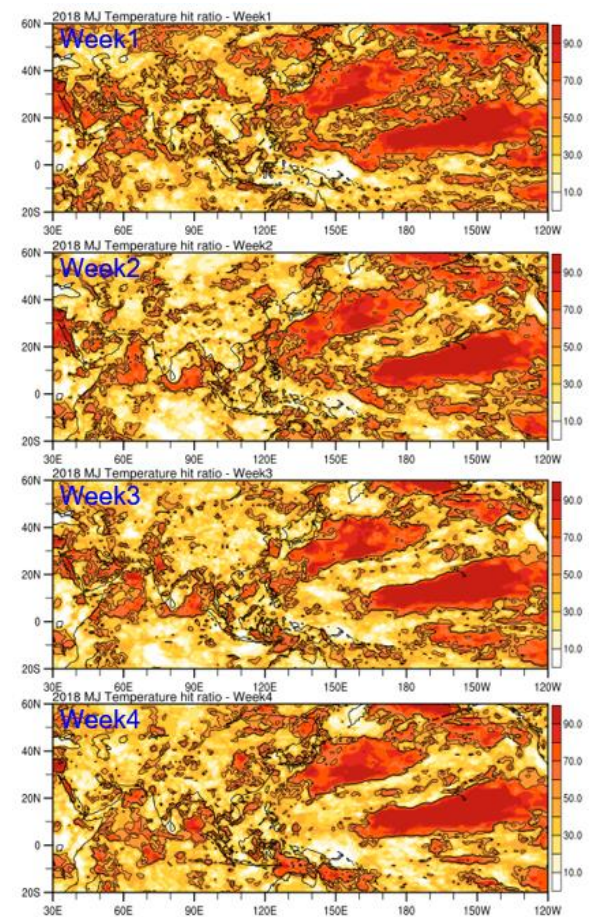


圖 3：2018 年梅雨季 9 週的溫度三分類預報命中率，由上而下分別為領先 1-4 週的結果，等值線為命中率達到 50% 以上。

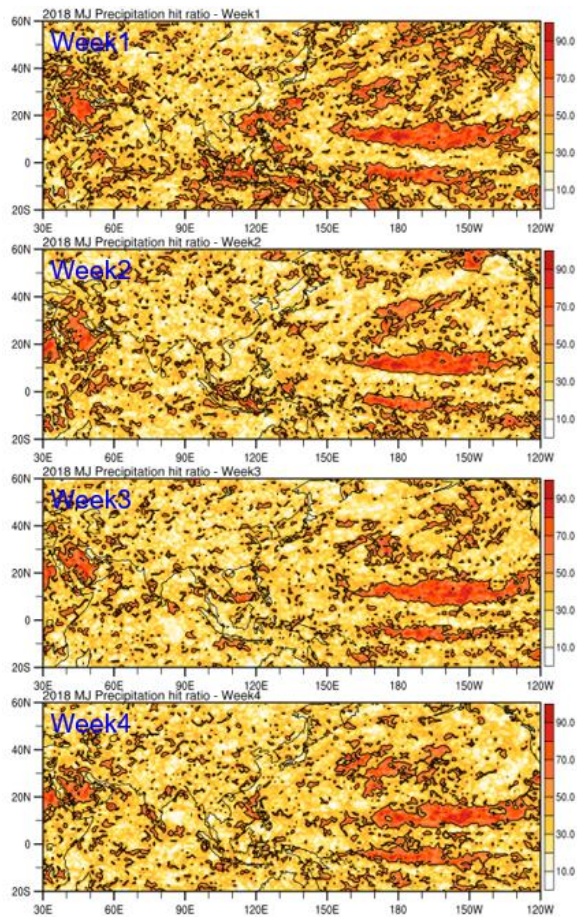


圖 4：2018 年梅雨季 9 週的雨量三分類預報命中率，由上而下分別為領先 1-4 週的結果，等值線為命中率達到 50% 以上。

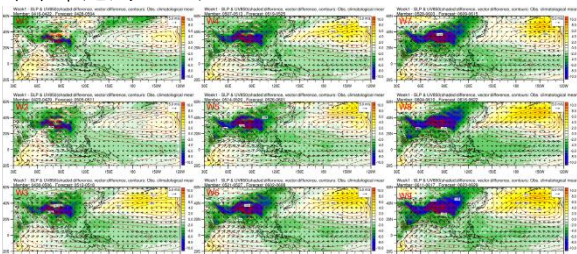


圖 5：1982-2011 年模式回溯預報期於東亞與西北太平洋地區低層環流場與觀測的差異，等值線為觀測氣候平均場，色階為模式回溯預報期和觀測氣候平均場的差異，風標為模式回溯預報期和觀測氣候平均的水平風場差異，分別為 04/28-05/04(W1)、05/05-05/11(W2)、05/12-05/18(W3)、05/19-05/25(W4)、05/26-06/01(W5)、06/02-06/08(W6)、06/09-06/15(W7)、06/16-06/22(W8)、06/23-06/29(W9)這 9 週領先 1 週的預報結果。

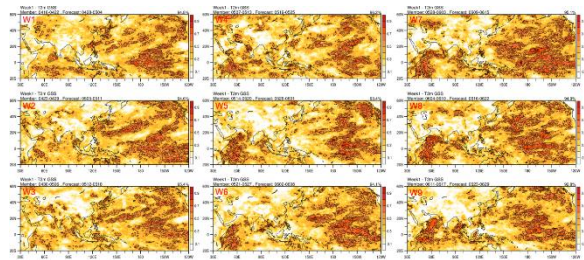


圖 6：1982-2011 年模式回溯預報期於東亞與西北太平洋地區溫度三分類預報技術得分(GSS)，等值線為技術得分達到 0.5 以上，分別為 04/28-05/04(W1)、05/05-05/11(W2)、05/12-05/18(W3)、05/19-05/25(W4)、05/26-06/01(W5)、06/02-06/08(W6)、06/09-06/15(W7)、06/16-06/22(W8)、06/23-06/29(W9)這 9 週領先 1 週的預報結果。

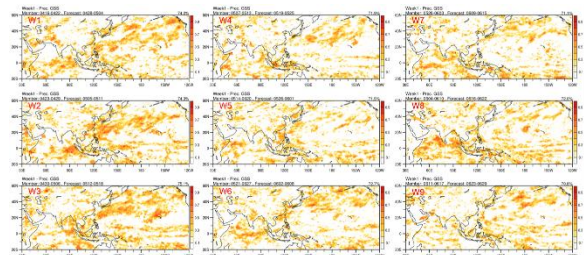


圖 7：1982-2011 年模式回溯預報期於東亞與西北太平洋地區溫度三分類預報技術得分(GSS)，等值線為技術得分達到 0.5 以上，分別為 04/28-05/04(W1)、05/05-05/11(W2)、05/12-05/18(W3)、05/19-05/25(W4)、05/26-06/01(W5)、06/02-06/08(W6)、06/09-06/15(W7)、06/16-06/22(W8)、06/23-06/29(W9)這 9 週領先 1 週的預報結果。