

# d4PDF之評估與應用-以台灣春季為例

## 中央氣象局106年天氣分析與預報研討會

林士堯、鄭兆尊、童裕翔、陳永明  
行政法人國家災害防救科技中心

### 摘 要

Database for Policy Decision making for Future climate change(簡稱為d4PDF-AGCM)是日  
本為了因應氣候變遷，作為政策上參考依據所產製的全球模式資料，其水平解析度約為  
60KM，本研究利用其資料的特性，針對台灣春季的主要降雨分布情況和觀測資料進行比  
對，並進一步找出多雨年和少雨年的東亞環流場特徵和過去的研究結果進行評估，結果顯  
示，d4PDF-AGCM在東半部地區有明顯高估的情況，此外，在世紀末的雨量變化顯示，全  
台春季平均雨量約介於-2.5%~20.1%之間，最大改變量介於-10%~50%之間，呈現增加的趨勢，  
最後，在環流場的分析中發現d4PDF-AGCM在多雨年以及乾早年的大尺度環流場的特徵具有一  
定的掌握程度，可作為資料後續其他應用上的參考。

關鍵字：台灣春季降雨、d4PDF、多雨少雨年

## 一、 前言

春季在一般大眾的印象裡，是氣溫  
開始逐漸回升，作物開始生長，同時也出現綿  
綿細雨的天氣型態，此時台灣受到大陸冷氣  
團的影響稍減，暖濕空氣逸入導致在氣團交  
界處出現鋒面系統，隨著鋒面通過陸地，為乾  
季的集水區帶來關鍵的水資源補給，也為緊  
接著的第一期農業稻作帶來灌溉用水，對於  
不易儲水的台灣地理環境而言，即使是綿綿  
細雨的雨量，也是不可或缺的。

在過去的研究裡指出，台灣的春季降雨  
除了受到聖嬰年的影響之外(Chen et al. 2003，  
Jiang et al. 2003)，大尺度環流場的水氣多寡  
以及鋒面的移動路徑(Wu et al. 2012)也是春  
雨的重要指標，但是過去的研究也發現現在  
的模式對春季環流的掌握能力有限，以致對  
降雨推估的準確率難以提升，於是本研究的  
目的希望能運用日本產製的多模組的 d4PDF  
模式資料，以春季為例做初步評估，嘗試以風  
險的機率呈現推估結果，作為日後其他研究  
的參考。

## 二、 資料與方法

在觀測資料上，台灣地區的降雨資料是  
使用臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫  
(Taiwan Climate Change projection and  
Information Platform：簡稱 TCCIP)所產製的  
臺灣地區 5 公里網格解析度之月降雨觀測資  
料，時間長度為 1979 年到 2009 年間的春季  
(二至四月份)。

比對模式大尺度環流特性時所使用的觀  
測資料為美國 National Center for  
Environmental Prediction/National Center for  
Atmospheric Research(NCEP/NCAR)的全球  
網格月解析重分析資料(Kalnay et al., 1996)  
(簡稱 NCEP/NCAR Reanalysis 資料)，變數包  
含各標準層風場、相對溼度及海平面氣壓…  
等，其空間解析度為 2.5°X2.5°，時間長度挑  
選 1979 年到 2009 年。

模式資料使用的是日本的  
d4PDF(Database for Policy Decision making for  
Future climate change)，模式解析度為 60 公  
里，使用的變數包含降水、海平面氣壓、風場

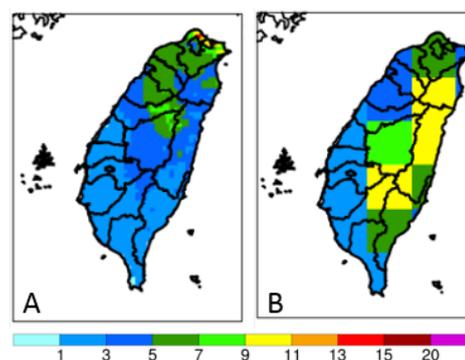
及相對溼度等等，時間的部分在基期挑選 1979 年到 2009 年共 100 組成員，未來模擬的部分則是 2079 年到 2109 年包含 6 組 CMIP6 不同的海溫情境(CCSM4、GFDL-CM3、HadGEM2-AO、MIROC5、MPI-ESM-MR 以及 MRI-CGCM3)作為初始場設定，各跑出 15 組成員的模擬結果，合計共 90 組成員。

d4PDF 是由日本國立海洋研究開發機構 (JAMSTEC)所發展的全球氣候模式，是為針對全球氣候暖化的因應，提供做為決策用輔助的資料，其資料的優點包含大量的系集成員數，以及比多數全球模式更高的空間解析度，可以提供較為平滑的頻率分布曲線，找出低頻高強度的極端事件，也能看到地形因素影響的空間分布情況。

### 三、結果分析

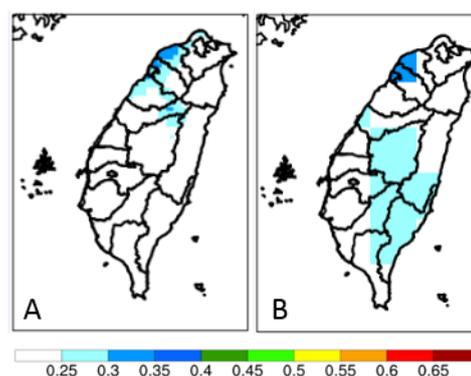
#### (一)雨量分析

在氣象上定義的台灣春季為二至四月，因此首先評估模式對台灣春季降雨的模擬能力，圖(1A)圖為 TCCIP 網絡資料的計算結果，顯示春季降雨是由北往南遞減的趨勢，以北部和北部山區為主，(1B)圖為模式的模擬結果，顯示模擬的結果是由東北向西南減少，訊號在東半部及中部山區明顯偏多的情況，因此判斷原因可能受到地形的空間解析度不足所造成，或是模式所模擬的春季仍有東北季風所造成的降雨因素所影響，如果是上述第一種因素所影響，進行降尺度後就可以改善，但如果是第二種因素所造成，那就表示模式的環流場與實際不符，在後續應用上也會有困難。



圖一、(A)TCCIP 和(B)d4PDF 系集平均春季降雨分布(單位:mm/day)。

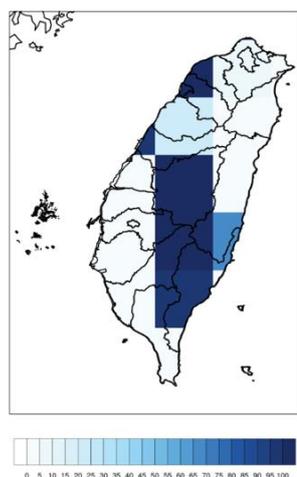
接著進一步從整年的總雨量來看各季節的降雨比率，根據以前從測站觀測資料的研究中得知，春雨總雨量約佔全年的 22%~24% 之間，因此從季節取出佔年總雨量 25% 以上的區域，即為春雨的主要降雨區，如圖二所示，圖(2A)是 TCCIP 的春雨主要分布地區，顯示春雨貢獻最多的是在西北部沿海，佔全年 30%~35% 之間，其他北海岸以及台中部分山區佔 25%~30% 左右，模式的部分在西北部沿海也出現了同樣的訊號，降雨比例佔全年 30%~35%，但是在中南部山區也有介於 25%~30% 之間的訊號出現。



圖二、(A)TCCIP 和(B)d4PDF 系集平均台灣春季主要降雨區域(單位:%)。

從季節總降雨量的角度來分析，模式(2B)的降雨在中部以東，尤其在東北部，但是從年降雨量來看東北部卻沒有超過 25%，顯示該

區域的降雨可能是普遍偏多的情況，反之，西北部的雨量雖然不多，但還是超過年雨量的30%以上，顯示此訊號是顯著的，但中南部山區所佔的比例仍是偏多，因此，考量到可能是少數成員的影響，因此把25%當作門檻值去計算100組模式成員在每個網格點通過篩選的成員數，結果顯示如下圖三。



圖三、d4PDF 基期春雨降雨量佔全年總雨量25%以上的模式成員數(單位:組)。

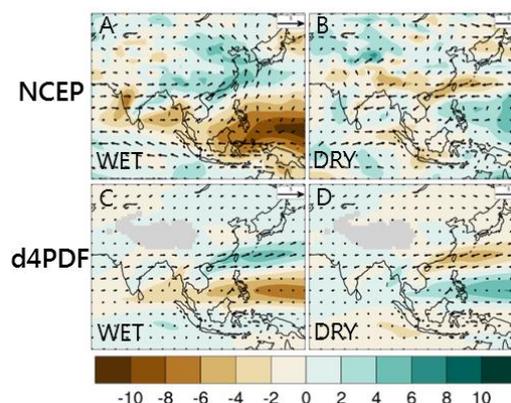
圖三顯示各系集成員的主要降雨區域除了西北半部之外，在台中沿岸、南投高雄山區以及台東等地，絕大多數成員數都有通過門檻值，表示訊號在模式中是顯著且並非少數模擬較差的成員所造成。

## (二)環流場分析

在過去的研究中，利用測站的日雨量及鋒面的影響日數等資料，區分出春季的多雨年以及乾旱年，並將兩者的環流場進行合成分析，找出幾個重要的氣象指標因子(陳等，2013)，包含700百帕的相對濕度、海平面氣壓以及850hpa的風場等。

利用春雨主要降雨區的歷年降雨量去計算標準化指數，並將指數大於等於0.75的年份定義為多雨年，指數小於等於-0.75的年份

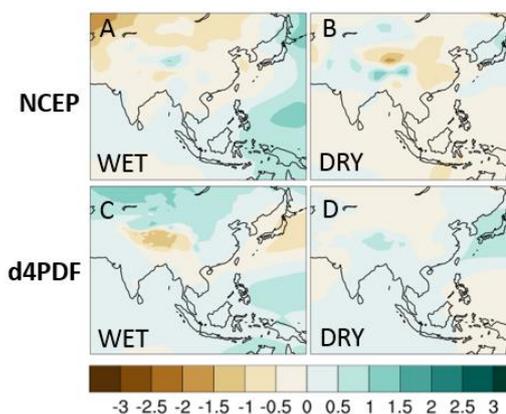
定義為少雨年，將兩者的環流場合成後進行比較，下圖四為700百帕的相對濕度場以及風場距平合成，(4A)和(4B)為NCEP重分析資料的多雨年以及乾旱年，(4A)顯示在多雨年的時候台灣附近水氣是偏多加上有西南風分量，對於降雨是有利的情况，低緯度地區則是有偏少的訊號，(4B)表示在乾旱年在台灣周圍水氣偏少和東北風分量，對於降雨是不利的因素，而在低緯度地區是偏多的訊號；對比模式的部分(4C&4D)，同樣與觀測相同，在台灣多雨年是水氣偏多也具有西南風距平，而乾旱年是水氣偏少且有東北風距平，且低緯度地區存在有反相位的訊號，此結果顯示模式對於700百帕相對濕度場以及風場在多雨年及少雨年的模擬掌握還不錯。



圖四、(A、B)NCEP(C、D)d4PDF 系集平均700百帕相對濕度(shaded)和風場(vector)距平合成圖，(單位: %和 m/s)

以同樣的方式分析海平面氣壓，結果如圖五所示，NCEP觀測資料(圖5A&5B)在多雨年時西北太平洋呈現正距平的訊號，而乾旱年時此訊號就消失了，表示若有反氣旋式環流存在時，台灣可能盛行風為偏南風，可以將低緯度的水氣帶至台灣周遭，將有利於雨量增加，反之，若是少了此一因素，會減少水氣的傳送，不利降雨；對比模式的模擬結果(圖5C&5D)，可以看到在西北太平洋多雨年

也有正距平的訊號出現，雖然比觀測稍微弱一些，在乾早年時同樣沒有明顯的訊號，此分析結果顯示模式在海平面氣壓的模擬上同樣具有一定的掌握程度。



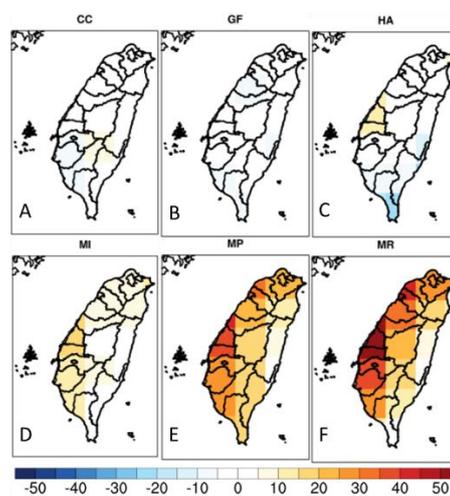
圖五、(A、B)NCEP(C、D)d4PDF 系集平均海平面氣壓距平合成圖(單位: hpa)

### (三)未來降雨情境分析

在上述在基期環流場的模擬的結果後，了解到模式對於春季的模擬是具有可信度的，所以接下來分析世紀末的降雨變化率。

圖六為 6 組不同海溫所模擬的未來降雨推估和基期降雨計算所得之未來降雨變化率，圖中顯示(6A)CC 模式明顯改變的區域是在嘉義、台南和高雄，且平地是減少山區是增加的趨勢，全台灣平均約減少 2.5%的雨量；(6B)GF 的變化是在苗栗、台中以及高雄屏東等地有減少的趨勢，全台灣平均約減少 4.1%；(6C)HA 在台中雲林以及嘉義有增加的訊號，並且在花東以及高屏沿海地區呈現減少的趨勢，全台灣平均約減少 6.3%的雨量；(6D)MI 除了南投和花東沿海之外，全台都有降雨增加的訊號尤其在彰化雲林，整體為增加 7.8%的增加趨勢；(6E)MP 的增加趨勢更為明顯，而且增加的趨勢是由西向東遞減，最大值出現在台中沿海有 40%~45%的增加幅度，全台灣約增加 20.1%的雨量，(6F)MR 同樣為增加

的趨勢，增加幅度最大出現在台中、彰化及雲林沿海有 50%以上，全台灣平均約增加 19.7%。



圖六、d4PDF 之 6 組海溫系集平均世紀末降雨變化率(CC、GF、HA、MI、MP 以及 MR 分別為 CCSM4、GFDL-CM3、HadGEM2-AO、MIROC5、MPI-ESM-MR 以及 MRI-CGCM3 之簡稱)。(單位:%)

以上降雨的分析得知未來春季降雨的最大變化趨勢大約落在-10%~45%之間，而全台灣平均則是落在-6.3%~20.1%之間，以增加的可能性較大。

## 四、結語

春季東亞的大環境場和夏冬季不同，並非由一大尺度天氣系統所主宰，在多方勢力的消長及角力之間，使的春季的變化難以用少數模式的結果來加以評斷，因此利用多組系集成員，以機率的方式來呈現風險的大小，將會是日後常用評估方式。而 d4PDF 的資料能夠滿足這一點，本研究中顯示模式與觀測在春季主要降雨區的位置有差距，但是經過環流場分析後顯示模式其實能夠掌握到春季降雨的環流特徵，所以差異的原因就可以歸因於模式空間解析度不足所導致，若搭配降

尺度方法，相信會得到更好的結果，而未來降雨的變化是呈現減少的機率較少，增加的機率較多的分布情況，此結果和 CMIP5 的分析結果相符，且更能呈現出局部地區的差異，這也是使用 d4PDF-AGCM 的主要目的之一。

## 參考文獻

- 林士堯、朱容練、吳宜昭、陳韻如、劉俊志，台灣春季乾旱與鋒面之關聯性分析，102 年天氣分析與預報研討會論文
- 朱容練、陳永明、林士堯、朱吟晨，2013。月到季降雨預報統計降尺度技術發展，國家災害防救科技中心技術報告。
- 吳宜昭、黃柏誠、朱容練、張振璋，2012。2011/2012 年臺灣春雨及環流特性之比較，101 年天氣分析與預報研討會論文彙編,319-322。
- 陳韻如、朱容練、魏曉萍、陳品妤、黃柏誠、游保杉，2011。台灣地區歷史乾旱特性與脆弱度之分析，國家災害防救科技中心技術報告。
- 陳韻如、董孟杰、劉俊志、朱容練，2012。歷史農業乾旱特性與水稻災損統計評估，
- 陳韻如、劉俊志、蘇元風、陳永明、林李耀、葉克家
- 陳韻如、王安翔、林士堯、劉俊志、朱吟晨、朱容練、陳永明，2013。台灣重大乾旱事件分析-以 2002/2004 年為例，國家災害防救科技中心技術報告。
- Chu, J.-L., H. Kang, C.-Y. Tam, C.-K. Park, and C.-T. Chen (2008), Seasonal forecast for local precipitation over northern Taiwan using statistical downscaling, *J. Geophys. Res.*, 113, D12118, doi:10.1029/2007JD009424.
- Haith, D.A. , and L.L. Shoemaker, 1987. Generalized Watershed Loading Functions for Stream Flow Nutrients. *Water Resources Bulletin*, 23(3), pp.471-478.
- Jiang, Zhihong, G. T.-H. Chen, and M.-C. Wu, 2003: Large-scale circulation patterns associated with heavy spring rain events over Taiwan in strong ENSO and Non-ens0 years. *Monthly Weather Review*, 131 (2), 1769-1782.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-472.
- Phelps, M. W., A. Kumar, J. J. O'Brien, 2004: Potential predictability in the NCEP CPC dynamical seasonal forecast system. *Journal of climate.*, 3775-3785.
- World Meteorological Organization, 2006: Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. WMO-No. 1006, ISBN 92-63-11006-9.