

# 全球模式 HiRAM 氣候資料推估中的西北太平洋颱風模擬

姜欣妤<sup>1</sup> 鄭兆尊<sup>1</sup> 許晃雄<sup>2</sup> 杜佳穎<sup>2</sup> 邱品竣<sup>2</sup>

1 國家災害防救科技中心

2 中央研究院環境變遷中心

## 摘 要

颱風為台灣地區主要的災害性天氣之一，根據統計平均一年有三至四個颱風侵襲台灣，颱風侵襲期間往往造成強風、豪雨等災害，但同時颱風降雨亦是台灣主要的水資源之一，因此在氣候變遷下颱風變遷將帶來的衝擊即是我們關心的議題，為了解西北太平洋颱風的變遷，本文分析了美國 GFDL 的高解析度大氣模式 HiRAM 所模擬的長期氣候推估資料中的颱風。在此以 C384(25 公里)與 C192(50 公里)兩組不同空間解析度的 HiRAM 的模擬結果，評估基期(1979-2008 年)在西北太平洋與台灣地區模擬的情況。為改善統計樣本少所造成的不確定性，計算資源耗費較少的 C192 有 4 個系集成員的模擬資料，而 C384 只有一組模擬的結果。本文針對颱風生成數、路徑密度分布、風力分布等模擬結果進行分析。

關鍵字：氣候變遷、颱風、HiRAM 模式

## 一、前言

西北太平洋為全球颱風生成最為頻繁之區域，平均每年有 26.7 個颱風生成(邱和余，2006)，平均每年會有三至四個侵襲台灣，侵襲期間往往帶來巨大的生命財產損失。然而，颱風也是台灣重要的水資源來源之一，若該年侵襲台灣的颱風數量減少，台灣可能就需要面對乾旱的威脅。近年來，全球暖化的議題逐漸受到大眾關注，氣候變遷下颱風活動改變可能帶來的衝擊即是我們首要關心的課題。

目前為了解未來氣候變遷常仰賴氣候模式推估資料，例如 IPCC 的 5 次氣候變遷評估報告(AR5,2013)中所倚賴的是 CMIP5(Taylor et al. 2011) 模式模擬的研究成果。過去學者採用低解析度氣候模式雖已能模擬出熱帶氣旋結構(Manabe et al.

1970; Bengtsson et al. 1982; Vitart et al. 1997; Carmago et al. 2005)，但所模擬氣旋強度不足，模式中的熱帶氣旋較觀測弱。因為提高模式解析度可以改善模式對小尺度系統強度的模擬，因此本研究分析美國地球物理流體力學實驗室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; GFDL)發展的高解析度大氣模式(High-Resolution Atmospheric Model; HiRAM)所做的長期氣候模擬推估，對西北太平洋颱風的模擬情況進行評估，以下將針對颱風生成數、路徑密度、平均風力分別進行討論。

## 二、資料與研究方法

Tsou et al.(2016)已使用水平解析度約 25 公里的 HiRAM 模式推估西北太平洋颱風的變化(即本研

究中C384模組)，本研究中除了採用HiRAM模式C384的模擬結果之外，增加了C192模式四個系集成員的模擬結果(水平空間解析度為50公里)，希望隨著樣本數的增加能改善統計結果的不確定性，也比較模式之空間解析度差異所造成的影響。兩組不同解析度模式的颱風偵測標準皆採用Tsou et al.(2016)的偵測方式。

針對模式模擬基期(1979-2008年)的颱風進行評估，分析的區域分別為西北太平洋地區颱風及影響台灣颱風，影響台灣的颱風定義為颱風中心進入距台灣海岸線300公里範圍內之颱風。

與模式結果進行比較的颱風觀測資料為世界氣象資料中心(The World Data Center Meteorology,WDC)所產製的全球颱風最佳路徑分析資料(International Best Track Archive for Climate Stewardship;IBTrACS，Knapp et al. 2010)，其中集結了全世界區域氣象中心(Regional Specialized Meteorological Centers,RSMC)與其他機構之資料，是全球最完整的熱帶氣旋歷史資料庫。

本文主要分析觀測與模式之颱風個數、路徑密度與平均風力分布。為便於比較，西北太平洋地區以 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的網格作為運算基礎，影響台灣的颱風因範圍較小而採用 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 網格。在探討觀測與模式之各強度颱風個數時，則參考中央氣象局颱風分級將颱風近中心風速大於等於 $17\text{m/s}$ 且小於 $33\text{m/s}$ 定義為輕度颱風，大於等於 $33\text{m/s}$ 且小於 $51\text{m/s}$ 為中度颱風，大於等於 $51\text{m/s}$ 則為強烈颱風。

### 三、觀測與模式之西北太平洋颱風特徵比較

過去許多研究中常以颱風生成數目作為量度颱風活躍度的標準，因此本研究中首先評估模式模擬颱風生成數目與生成位置之表現，圖1為1979-2008年西北太平洋夏、秋季颱風生成數之空間分布，模式模擬的颱風數量較觀測高估許多，觀測上夏、秋季的颱風生成數目相近，但模式中夏季的生成數量明顯多於秋季，且觀測中夏季颱風主要生成區集中在 $140^{\circ} \text{E}-150^{\circ} \text{E}$ ，模式模擬結果則較偏西至 $130^{\circ}-140^{\circ} \text{E}$ 。表1a為觀測與模式之西北太平洋颱風生成數比較表，由表中可發現無論是哪種解析度的HiRAM模擬數量皆較觀測高估，但25公里解析度的模擬較50公里解析度佳。

針對模擬颱風數量高估的部分進一步分析，分別計算輕颱、中颱與強颱的模擬數量如表2，發現模式高估了輕颱的比例，低估中度與強烈颱風。如表中所示，C384模擬出的強颱個數明顯多於C192，可見模式解析度提高能改善颱風強度模擬不足的問題。但C384模擬出的輕颱並未少於C192，可能是受限於單一模式的推估結果，由C192四個系集成員模擬輕颱的數量可發現，透過系集平均能降低模式高估輕颱的數量。

除了生成數量與位置之外，移動路徑也是颱風是否影響我們的關鍵因素，如圖2所示，夏季颱風多往台灣東北方琉球海域通過，秋季時則大部分往呂宋及南海通過，模式雖因高估生成數量導致高估颱風通過密度，但卻能掌握夏、秋季颱風路徑的變化。颱風中心風力強度平均如圖3，秋季時台灣東方海域的平均風力明顯大於夏季，雖然模式低估了

整體平均強度，但同樣能掌握夏、秋季的颱風強度變化。

#### 四、觀測與模式之影響台灣颱風特徵比較

每年西北太平洋海域生成的颱風只有少部分會侵襲台灣，對我們帶來衝擊。在觀測中影響台灣颱風的數量上，夏季明顯多於秋季(圖4)，夏季主要的生成區在菲律賓東方海域與南海海域，秋季則主要生成在菲律賓東方海域，兩個不同解析度的HiRAM模擬也反應出此相同特徵。相較於西北太平洋模擬的颱風數量明顯高出觀測，影響台灣颱風數量的模擬較接近觀測數量(表1b)，C384的模擬結果稍微低估，C192系集結果則稍高估，另外，夏季影響台灣的颱風數量約為秋季的兩倍，模式中也掌握此特徵。

雖然相較於西北太平洋，影響台灣颱風數量模擬不錯，但影響台灣颱風的路徑模擬結果與觀測差異甚大，圖5中觀測的夏、秋季路徑密度較大區域皆在台灣東部海域，但模式模擬經過該海域的颱風數明顯減少，尤以秋季更為明顯，此模擬差異將影響颱風降雨推估。模擬路徑的差異連帶影響風力強度的空間分布，觀測之夏、秋季颱風平均風力較強區域同樣位於台灣東部海域(圖6)，但模式不僅未模擬出強風力區的位置，亦低估颱風強度，C384模擬的強度較C192佳，可知模擬颱風強度與模式解析度有關。

#### 結果與討論

HiRAM模式掌握了西北太平洋颱風生成數與路徑密度的空間分布特徵，但颱風數量高估許多，

而數量高估主要來自於HiRAM高估了輕颱的比例，低估了中颱與強颱的數量，這也使得模式模擬的平均風力強度低於觀測。影響台灣的颱風數量接近觀測，模擬結果較西北太平洋為佳，亦掌握了夏季影響台灣的颱風多於秋季之特性，但路徑密度的模擬結果與觀測有明顯差異，且低估了影響台灣的颱風強度。雖然模擬的風力偏弱無法直接應用，但是未來改變率或許仍是有意義且堪用的。

由分析中可發現C384(25公里)模擬的強度較C192(50公里)為佳，颱風強度的低估與模式解析度有關，未來可透過動力降尺度改善颱風強度的不足。此外，雖然HiRAM 25公里解析度的模擬結果較50公里解析度佳，但卻只有一組模擬結果，能參與統計的樣本較少，若能增加系集的模擬並提高模式解析度，將可減少模式的不確定性並改善颱風的模擬強度。唯一無法改善的是台灣附近颱風路徑的偏差，這將大幅影響台灣的颱風降雨推估，建議能在情境假設下由大樣本取樣，取出可用的路徑資料。

本研究旨在評估HiRAM模擬西北太平洋颱風特性的優劣，希望對未來資料應用上有所幫助。由上述分析中可知，HiRAM在颱風空間分佈與季節變化特性的模擬上有良好的表現，但颱風數量高估且颱風強度不足。未來使用HiRAM推估資料時需留意哪些結果無法直接使用，或設計出一套合適的資料應用方法。

#### 參考文獻

邱品竣、余嘉裕，2006:西北太平洋地區颱風活躍度分析:活躍年和不活躍年比較。大氣科學，34，201-216。

Bengtsson, L., H. Böttger, and M. Kanamitsu, 1982: Simulation of hurricane-type vortices in a general circulation model. *Tellus*, 34, 440–457.

Camargo, S. J., A. G. Barnston, and S. E. Zebiak, 2005: A statistical assessment of tropical cyclone activity in atmospheric general circulation models. *Tellus*, 57A, 589–604.

Knapp, K. R., M. C. Kruk, D. H. Levinson, H. J. Diamond, and C. J. Neumann, 2010: The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data.

Manabe, S., J. L. Holloway, and H. M. Stone, 1970: Tropical circulation in a time-integration of a global model atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 27, 580–613.

Taylor, K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, 2011: An overview of CMIP5 and the experiment design, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 93(4), 485–498.

Tsou, C. H., P. Y. Huang, C. Y. Tu, C. T. Chen, T. P. Tzeng, and C. T. Cheng, 2016: Present simulation and future typhoon activity projection over western North Pacific and Taiwan/East Coast of China in 20-km HiRAM climate model. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 27, 687–703.

Vitart, F., J. L. Anderson, and W. F. Stern, 1997: Simulation of interannual variability of tropical storm frequency in an ensemble of GCM integrations. *J. Climate*, 10, 745–760.

表1、1979-2008年觀測與HiRAM模擬的颱風生成數，(a)為西北太平洋、(b)為影響台灣颱風，紅字表相較於觀測數目增加之比例，藍字表減少之比例。

(a)西北太平洋				(b)影響臺灣			
資料 颱風 數目	觀測 (IBTrACS)	HiRAM C384(25km) 單一組	HiRAM C192(50km) 4組的系集	資料 颱風 數目	觀測 (IBTrACS)	HiRAM C384(25km) 單一組	HiRAM C192(50km) 4組的系集
全年	750	1102 (+47%)	1232.5 (+64%)	全年	168	157 (-7%)	190.75 (+13.5%)
颱風季 JJASON	635	809 (+27%)	955.25 (+50%)	颱風季 JJASON	156	144 (-8%)	173.5 (+11.2%)
JJA	320	436 (+36%)	499 (+56%)	JJA	108	108	120.25 (+11.3%)
SON	315	373 (+18%)	456.25 (+45%)	SON	48	36 (-25%)	53.25 (+10.9%)

表2、1979-2008年觀測與HiRAM模擬(C384、C192系集平均與C192四個成員)之西北太平洋各強度颱風數目，括弧內數字表佔所有颱風數目中的比例，紅色表示高於觀測，藍色表示低於觀測。

西北太平洋

資料 颱風 數目	觀測 (IBTrACS)	HiRAM C384(25km)	HiRAM C192(50km) Ensemble	HiRAM (amip_00)	HiRAM (amip_06)	HiRAM (amip_07)	HiRAM (amip_08)
輕度	329 (44%)	857 (78%)	782.5 (63%)	801	746	749	834
中度	319 (42%)	200 (18%)	448.25 (36%)	428	474	474	415
強烈	102 (14%)	45 (4%)	2.25 (0.2%)	2	1	3	3

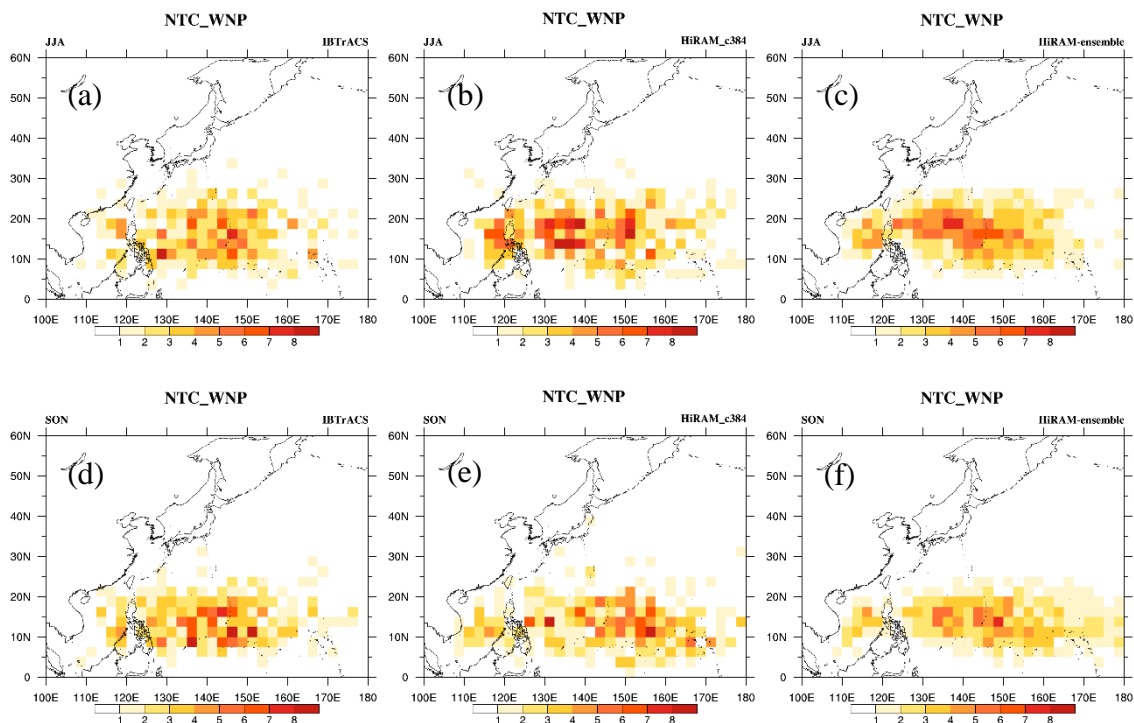


圖1、1979-2008年西北太平洋颱風生成數之空間分布圖，(a)、(b)、(c)分別為觀測、HiRAM-C384、HiRAM-C192系集的夏季颱風生成數與生成位置分布，(d)、(e)、(f)則為秋季，單位:個數。

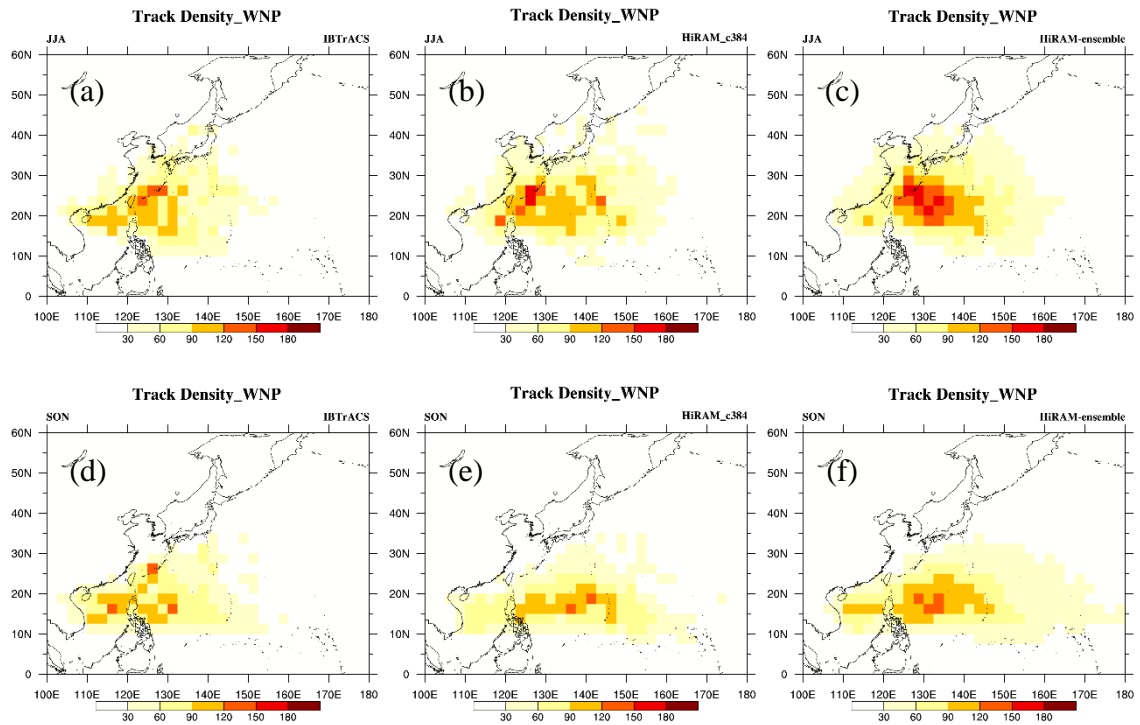


圖2、1979-2008年西北太平洋颱風路徑密度之空間分布圖，(a)、(b)、(c)分別為觀測、HiRAM-C384、HiRAM-C192系集的夏季颱風路徑密度分布，(d)、(e)、(f)則為秋季，單位:次數。

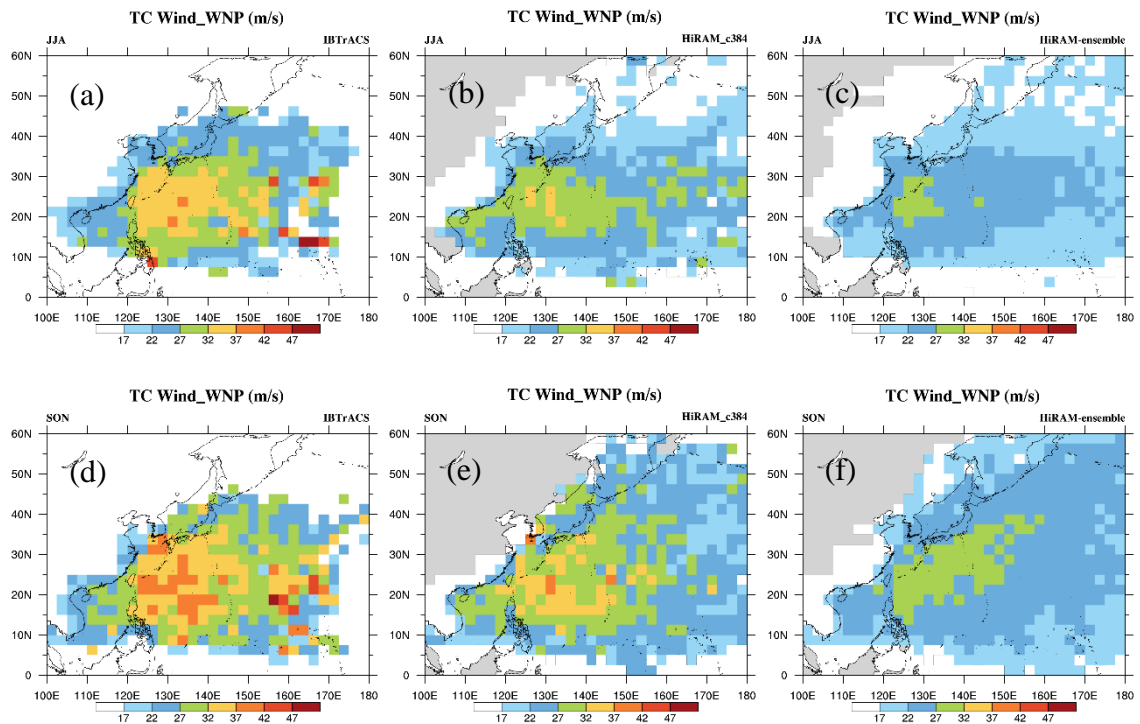


圖3、1979-2008年西北太平洋颱風中心平均風力之空間分布圖，(a)、(b)、(c)分別為觀測、HiRAM-C384、HiRAM-C192系集的夏季颱風風力強度，(d)、(e)、(f)則為秋季，單位:m/s。

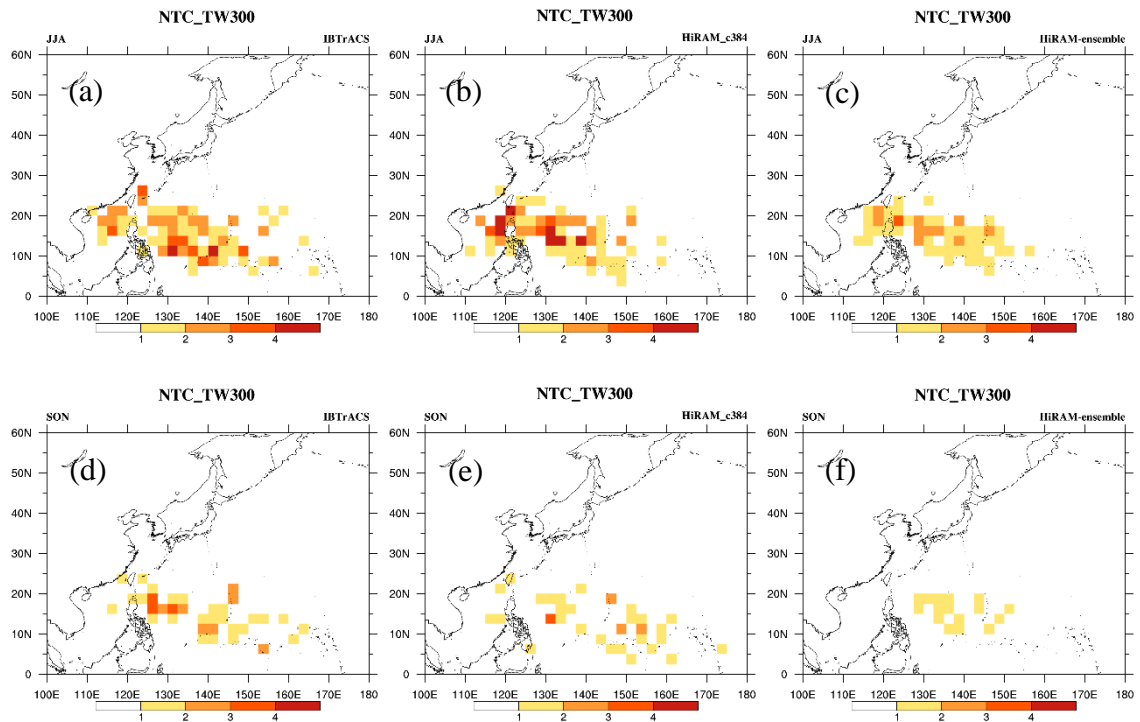


圖4、1979-2008年影響台灣的颱風生成數之空間分布圖，(a)、(b)、(c)分別為觀測、HiRAM-C384、HiRAM-C192系集的夏季颱風生成數與生成位置分布，(d)、(e)、(f)則為秋季，單位:個數。

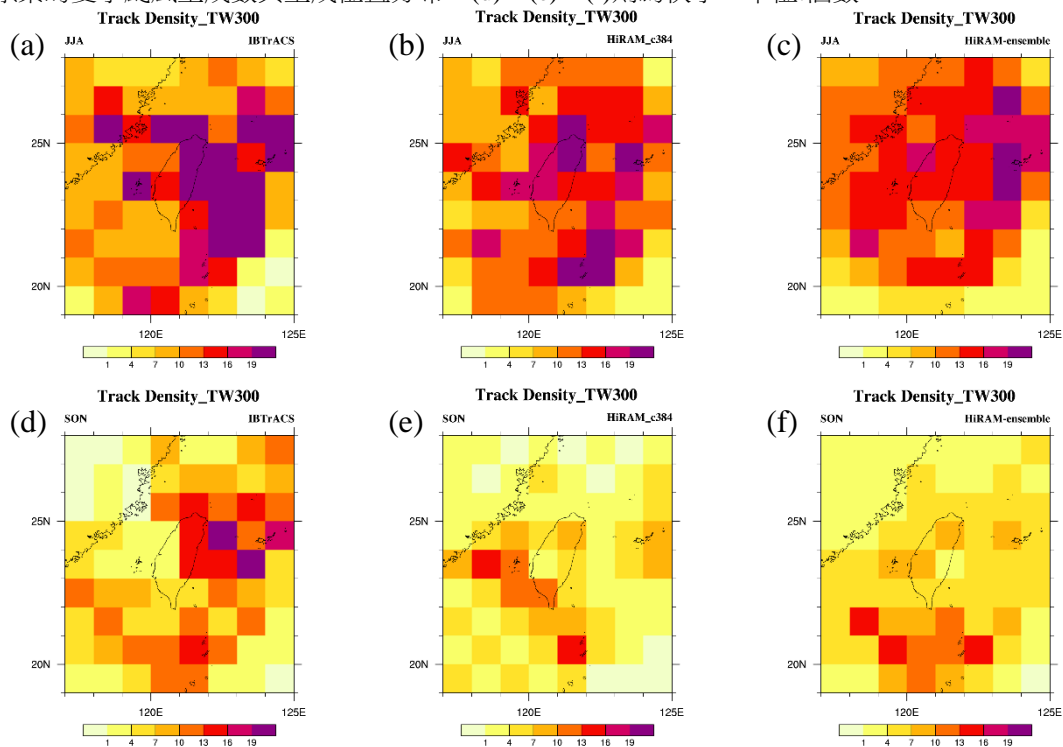


圖5、1979-2008年影響台灣的颱風路徑密度之空間分布圖，(a)、(b)、(c)分別為觀測、HiRAM-C384、HiRAM-C192系集的夏季颱風路徑密度分布，(d)、(e)、(f)則為秋季，單位:次數。

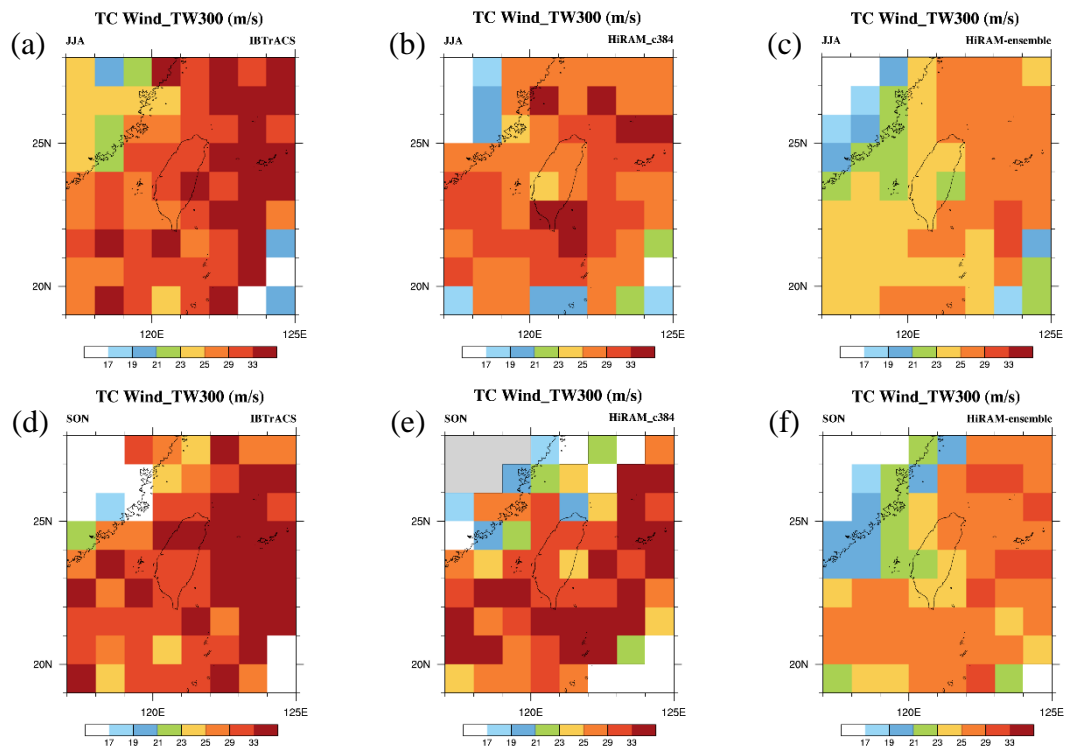


圖6、1979-2008年影響台灣的颱風中心平均風力之空間分布圖，(a)、(b)、(c)分別為觀測、HiRAM-C384、HiRAM-C192系集的夏季颱風風力強度，(d)、(e)、(f)則為秋季，單位:m/s。