



AR6 颱風降尺度 資料生產履歷



2026 年 6 月 26 日

臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台

Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

AR6 颱風降尺度資料生產履歷

1. 資料紀錄

2026.06 (上架)

2. 資料產製目的

為提供氣候變遷下臺灣地區高解析度颱風推估資料應用之需求，並對齊國際上 IPCC AR6 全球氣候模式資料的使用，本資料採用 CMIP6 HiRAM 高解析度大氣環流模式模擬資料進行動力降尺度，以改進因全球氣候模式空間解析度不足無法反映臺灣地形對颱風降雨的影響。

此資料將原 25 公里解析度之 HiRAM 全球氣候模式資料提高至 1.3 公里，且模擬過去歷史基期與全球暖化程度 2°C、3°C 及 4°C 各 40 年，再利用網格化觀測時資料進行偏差校正，以提供更真實的颱風降尺度資料。

3. 資料來源

■ 觀測資料

本資料使用 TCCIP 網格化觀測時雨量資料(翁與楊,2026)進行颱風降雨評估與偏差校正。

■ 模式資料

本資料採用的模式為 CMIP6 氣候模式之一，係由美國普林斯頓大學地物動力實驗室 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL) 所發展的高解析度全球大氣模式 HiRAM (High Resolution Atmospheric Model)。其為一雲解析模式，模擬劇烈天氣系統能力甚佳，使用的版本為 C384，水平解析度約 25 公里之非靜力全球模式，垂直方向有 32 層。

動力降尺度所使用之區域模式為 WRF (Weather Research and Forecasting model)，為美國國家大氣研究中心(NCAR)與美國環境預報中心(NCEP)共同研發之模式，可模擬數百至數千公里不同尺度之理想或實際之大氣狀態，主要用於綜觀天氣尺度以下之天氣研究或實務預報，現今於全球大氣研究單位廣泛應用。本資料使用的 WRF 版本為 4.4.2 (, Skamarock et

al., 2019)。

4. 產製流程

■ 圖示：

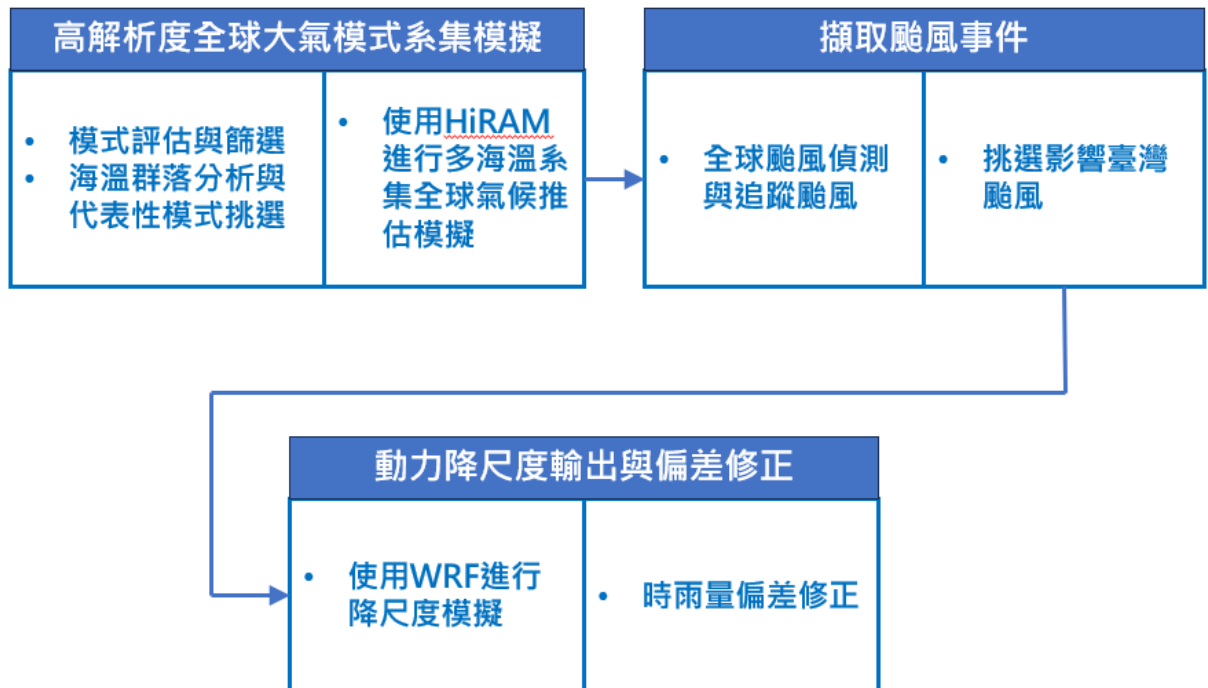


圖 1、AR6 颱風降尺度資料產製流程圖

■ 多海溫系集模擬實驗

為減少使用單一大氣模式之不確定性，本次參考日本大型氣候變遷計畫（d4PDF）模擬架構，設計 GFDL HiRAM C384 (25km)版本的多海溫系集實驗，以探討不同海溫分布對模式推估之影響。實驗透過模式篩選、海溫分群、空間分布相關性評估，在三個不同全球暖化程度下分別挑選出 3 組模式海溫，以及一組模式系集平均海溫，作為驅動 HiRAM 大氣模式的海溫資料。方法詳細說明如下：

1. 模式評估與篩選：

針對 CMIP6 的 65 個全球模式，本研究參考 Lee et al. (2024) 之評估結果，選取關鍵氣候變數之均方根誤差(RMSE)進行標準化平均。為確保驅動資料的品質，排除表現

排名後 25% 之模式，最終選定 40 個模式作為後續海溫分群之基礎。

2. 全球暖化程度情境定義：

參考 Mathias et al. (2022) 之方法，計算各模式在不同社會經濟路徑(SSP)情境下，全球平均地表溫度相對於歷史基期達全球暖化程度 2°C 、 3°C 及 4°C 之對應時期。以此變化之海表面溫度變化量海溫分群。

3. 海溫群落分析與代表性模式挑選：

海溫分群方法參考 Mizuta et al. (2014) 之架構，首先將各模式在熱帶區域(30°S – 30°N)之海溫變化量進行區域平均標準化，聚焦於海溫變化在空間分布之差異。隨後利用沃德分群法(Ward linkage)進行群落分析，將海溫變化特徵歸納為 C1、C2、C3 三個群組，並另計一組多模式系集平均 C0 (MEM:multi-model ensemble mean, MEM)。在代表性資料選取上，本研究從 C1–C3 群組中分別選取與該群組平均值相關係數最高之單一模式，以保留海溫空間分布的變異強度。

根據上述步驟評估挑選後，各暖化程度下與 C1、C2、C3 系集平均變異強度相關性最高之模式如圖 2。最終則針對各 GWL 情境，產製此 4 組海溫邊界條件(C0 及代表群組特徵之 C1–C3)，各搭配 4 組大氣初始場，執行共 16 組系集模擬，每組模擬長度為 40 年。

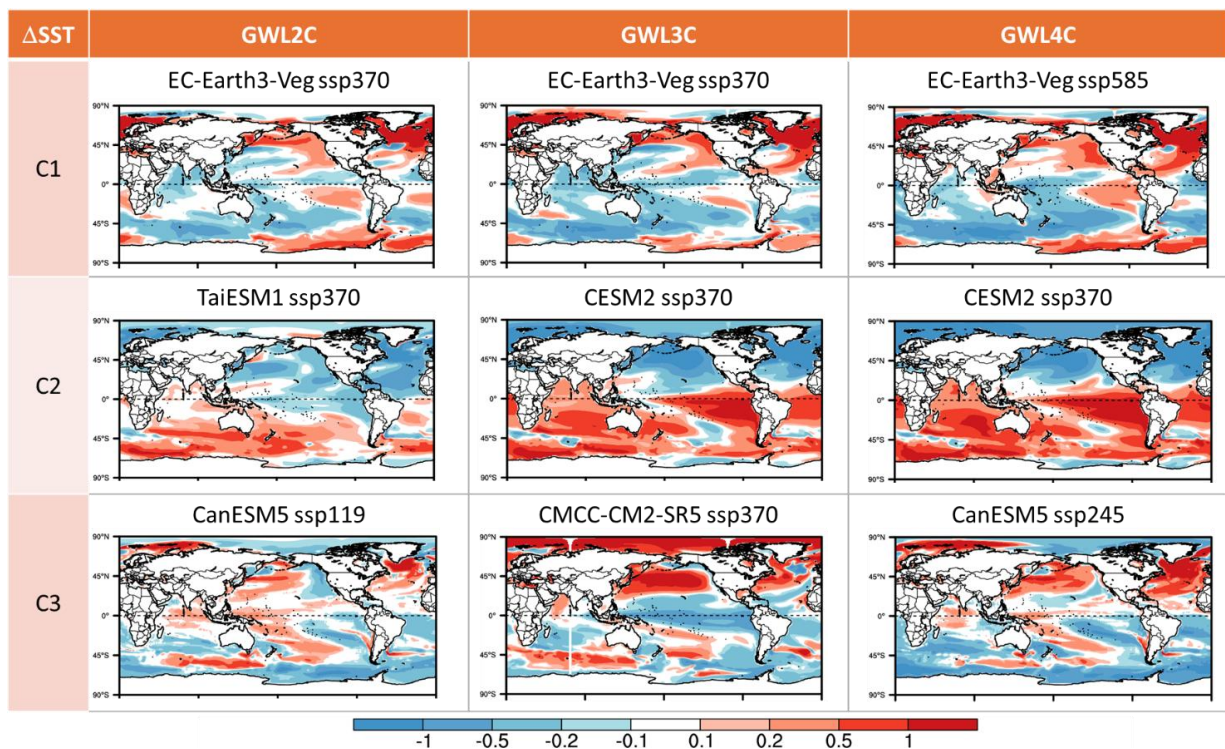


圖 2、各分群代表模式與總系集平均差異

■ 偵測與追蹤颱風

本資料使用 GFDL 偵測工具篩選 CMIP6 HiRAM 實驗中的西北太平洋颱風事件，並參考前人偵測颱風方法(Vitart et al., 1997; Vitart and Stockdale, 2001; Walsh et al., 2007)，從偵測颱風中心至颱風追蹤的條件與方法如下所述：

1. 局地 850 hPa 相對渦度最大值 ($\xi_{\max(850)} > 8 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$) 時即開始追蹤。
2. 將距離 $\xi_{\max(850)}$ 位置 2° 經緯網格內之 $\text{SLP}_{\min}$ 位置視為風暴中心，以 $\text{SLP}_{\min}$ 為中心，其 5 度經緯網格內 SLP 至少上升 5hPa。
3. 暖心中心位置(WC)為最接近風暴中心的 200-500hPa $T_{\max}$ 位置，風暴中心距離與暖心中心距離不得超過 2° ，且以暖心中心 5° 經緯圈內 T 至少需減少 0.4°C 以上。
4. 200-1000hPa 厚度最大位置($D_{\max}$)需和風暴中心小於 2° 距離，而 5° 經緯網格內，自中心向外、各方向的厚度需至少減少 50 公尺。
5. 每個風暴中心均確認下一個時間點(6 小時後)，400 公里範圍內是否有下一個風暴中心，若無則停止追蹤。
6. 若有一個則視其為同一個風暴，若不只一個，則將位於起始點西北象限之中心視作相同風暴。
7. 中心 5° 經緯網格內，模式最底層風速需至少 1.5 天大於 17 m s^{-1} (但可不必連續)。

■ 定義影響臺灣颱風

本資料根據 HiRAM 篩選出影響臺灣的颱風，我們將颱風生命期內颱風中心曾進入臺灣海岸線 300 公里範圍內的颱風定義為影響臺灣颱風(李與盧，2012)。透過這些篩選出的影響臺灣颱風進行降尺度模擬，以獲得更高解析度的颱風降雨資料。

■ 資料產製

1. 動力模式降尺度模擬

取得 HiRAM 16 組系集的影響臺灣颱風推估資料後，利用 WRF 將每場颱風影響臺灣期間的降雨資料進行降尺度模擬。其中，模擬過程為保留全球模式大尺度的特徵，針對整區的模擬

範圍使用 spectral nudging，使 WRF 模擬的颱風路徑與 HiRAM 模擬出的路徑相同，此作法同時保留了全球模式模擬區域氣候變遷的訊號，更可獲得更高解析度的資訊。

模式使用網格數設定為 380×400 ，模擬的時間解析度為 20 秒，水平解析度為 4 公里與 1.3 公里(圖 3)，模擬垂直層共 36 層，使用混和垂直座標，垂直層頂氣壓設為 30hPa。地面資料(包含溫度與降水等) 每個小時輸出一次。在物理參數化設定方面，使用的雲微物理方法為中央氣象署發展的 CWA-GCE，由於解析度小於 5 公里，故未使用積雲參數化，邊界層參數化使用韓國延世大學的 YSU scheme (Hong and Pan, 1996)，長波輻射和短波輻射參數化使用 RRTM scheme (Iacono et al., 2008)，在地表方面，地面層參數化使用 Monin-Obukhov scheme (Monin and Obukhov, 1954)，地表參數化使用 調教過部分參數後的 Noah Land Surface Model (Chen and Dudhia, 2001)。

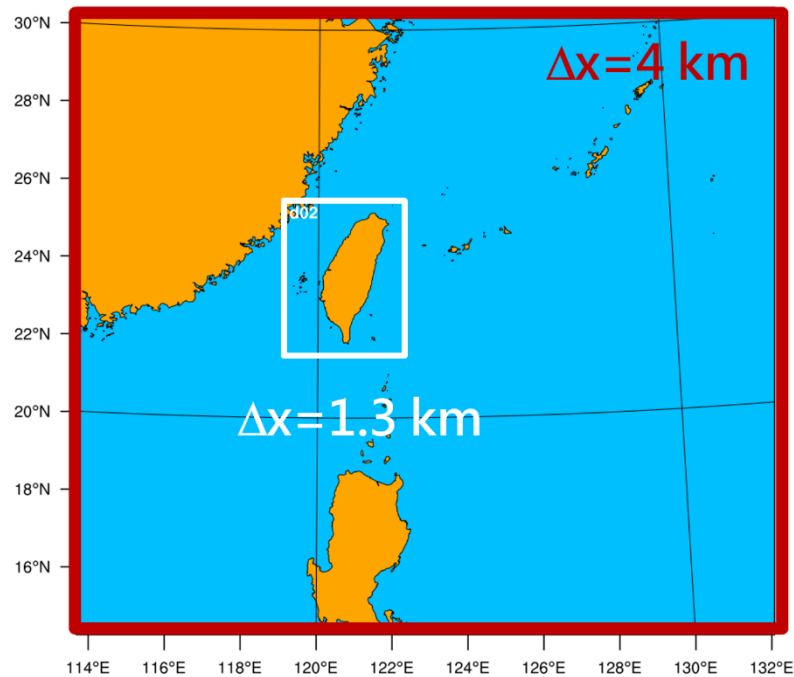


圖 3、模式降尺度空間範圍示意圖

2. 颱風時雨量偏差修正

針對目前已完成的歷史基期以及全球暖化程度 2°C 的颱風事件模擬結果，首先將 WRF 模式輸出的颱風影響期間降雨資料利用雙線性內插(Bilinear interpolation)的方式內插至與觀測資料相同的 0.01 度網格，此為本資料中的未修正版本。

接著針對上述的未修正版本進一步進行偏差校正，考量了颱風中心的位置(I)，取在每個網格(i)鄰近 0.075 度內的所有颱風時雨量獨立計算出經驗累積分布函數 (Empirical Cumulative Distribution Function, ECDF)，以分位數映射法計算出轉換函數(Transfer Function, TF)，再以此 TF 對每個網格的颱風時雨量進行偏差校正。其轉換函數公式如下：

$$TF_{I,i}(X_{I,iP}) = X_{I,iP} \times R_{I,i}(k)$$

$X_{I,iP}$ 是颱風在 I 位置時第 i 網格的模式推估降雨。 $R_{I,i}(k)$ 為颱風在 I 位置時第 i 網格的校正因子，此校正因子為相同分位數下觀測值與基期模擬值的比值。此校正方法不僅反映了颱風降雨的空間分布差異，亦考慮了颱風路徑對降雨的影響，但缺點是能計算 TF 的觀測值樣本數較少。此轉換函數亦進行了窗區約 2 個百分位的點滑動平均，取滑動平均時不讓其超過原值已避免過大的數值產生，並設定全球暖化程度 2°C 的颱風時雨量大於 99 百分位的校正值不超過當地颱風降雨觀測值的 1.13 倍，外延部分不使用分位數映射法得到的轉換函數，而是由線性增加至上限值的函數進行修正。此經過偏差校正的時雨量資料為本資料中的修正版。

5. 資料不確定性

本資料尚無不確定性分析。

6. 參考文獻

- Chen, F., and J. Dudhia, 2001: Coupling an advanced land surface– hydrology model with the Penn State–NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 569–585
- Collins, W.D., et al., 2004: Description of the NCAR Community Atmosphere Model (CAM3.0). Technical Note TN-464+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, 214 pp.
- Hong, S.-Y., and H. L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 2322 – 2339.
- Hong, S-Y., J. Dudhia, and S-H. Chen, 2004: A revised approach to ice microphysical processes for

- the bulk parameterization of clouds and precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 103–120.
- Iacono, M. J., Delamere, J. S., Mlawer, E. J., Shephard, M. W., Clough, S. A., & Collins, W. D. (2008). Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D13). <https://doi.org/10.1029/2008JD009944>
- Lee, J., Gleckler, P. J., Ahn, M.-S., Ordonez, A., Ullrich, P. A., Sperber, K. R., Taylor, K. E., Planton, Y. Y., Guilyardi, E., Durack, P., Bonfils, C., Zelinka, M. D., Chao, L.-W., Dong, B., Doutriaux, C., Zhang, C., Vo, T., Boutte, J., Wehner, M. F., Pendergrass, A. G., Kim, D., Xue, Z., Wittenberg, A. T., and Krasting, J.: Systematic and objective evaluation of Earth system models: PCMDI Metrics Package (PMP) version 3, *Geosci. Model Dev.*, 17, 3919–3948, <https://doi.org/10.5194/gmd-17-3919-2024>, 2024.
- Mathias et al. (2022) <https://zenodo.org/records/7390473>
- Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki H. Endo, and A. Kitoh, 2014: Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. *SOLA*, 10, 167–171, doi:10.2151/sola.2014-035).
- Monin, A.S. and Obukhov, A.M. (1954) Basic Laws of Turbulent Mixing in the Surface Layer of the Atmosphere. *Co b o s A a i S*, 2 163-187.
- Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, Z. Liu, J. Berner, W. Wang, J. G. Powers, M. G. Duda, D. M. Barker, and X.-Y. Huang, 2019: A Description of the Advanced Research WRF Version 4. *NCAR Tech. Note NCAR/TN-556+STR*, 145 pp. [doi:10.5065/1dfh-6p97](https://doi.org/10.5065/1dfh-6p97)
- Vitart, F., & Stockdale, T. N. (2001). Seasonal Forecasting of Tropical Storms Using Coupled GCM Integrations. *Monthly Weather Review*, 129(10), 2521-2537. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2001\)129<2521:SFOTSU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2001)129<2521:SFOTSU>2.0.CO;2)
- Vitart, F., Anderson, J. L., & Stern, W. F. (1997). Simulation of Interannual Variability of Tropical Storm Frequency in an Ensemble of GCM Integrations. *Journal of Climate*, 10(4), 745-760. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1997\)010<0745:SOIVOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1997)010<0745:SOIVOT>2.0.CO;2)
- Walsh, K. (1997). Objective Detection of Tropical Cyclones in High-Resolution Analyses. *Monthly Weather Review*, 125(8), 1767-1779. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1997\)125<1767:ODOTCI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<1767:ODOTCI>2.0.CO;2)
- 李清勝、盧孟明，2012：從氣候觀點探討影響臺灣颱風的定義問題。氣象學報。48，4，25–37。
- 楊承道、翁叔平(2026)，臺灣網格化觀測時雨量資料之驗證與分析，臺灣氣候變遷推估資訊

與 調 適 知 識 平 台 電 子 報 第 90 期 。

https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_newsletter_one.aspx?nid=20260127105457

7. 發表文章

待發表

8. 文件引用

鄭兆尊、趙品諭、林士堯（民 115 年 6 月 26 日）。AR6 颱風降尺度資料生產履歷(1.0 版)。[擷取日期]，取自臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台：
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_publish_data_profile_one.aspx?dp_id=20260513155116