

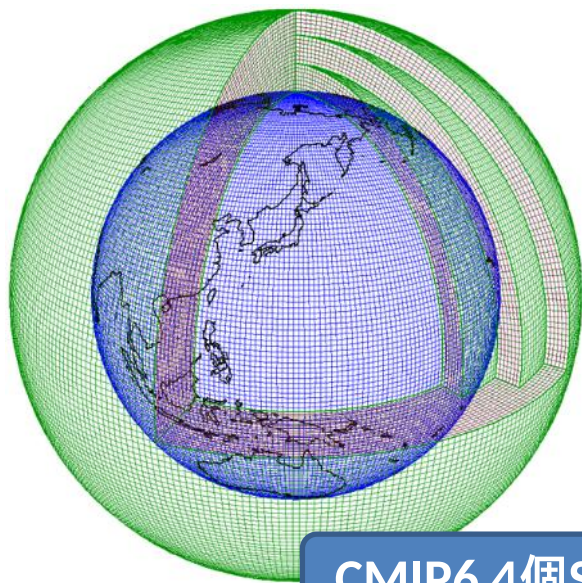
TCCIP4 臺灣地區動力降尺度 (大氣)

鄭兆尊、劉曉薇、前助理們



動力降尺度所採用的全球模式

RCEC TaiESM1

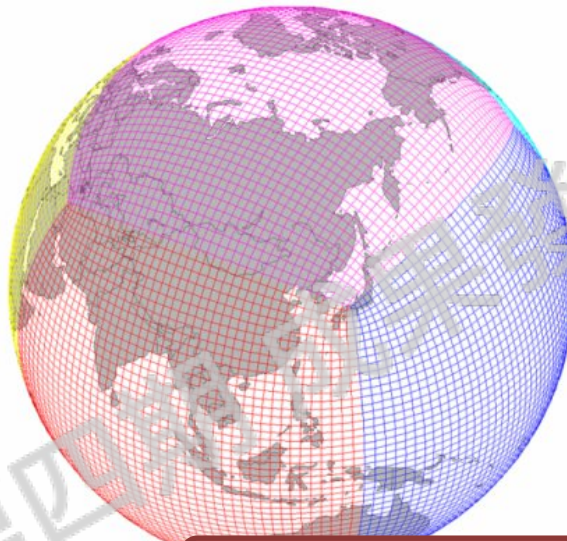


CMIP6 4個SSP

Version: TaiESM1 (F09, 100km)
Grid: lat-lon
Level: 31, top @ 2 hPa,  t=30 min

推估：1950-2100 CMIP6 SSPs
解析度粗導致颱風偏少

RCEC GFDL-HiRAM

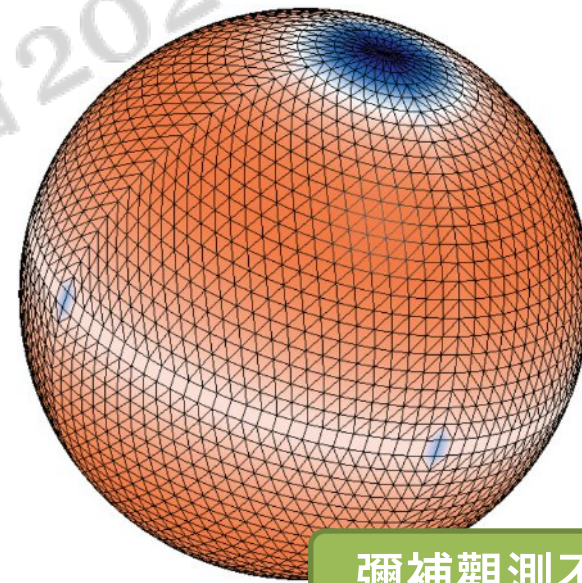


颱風推估模擬較佳

Version: HiRAM2 (C384, 25km)
Grid: Cubed sphere
Level: 32, top @ 1hPa,  t=10 min

AR5&6推估：基期、GWL2, 3, 4C
有16個系集成員來呈現不確定性

EC ERA5



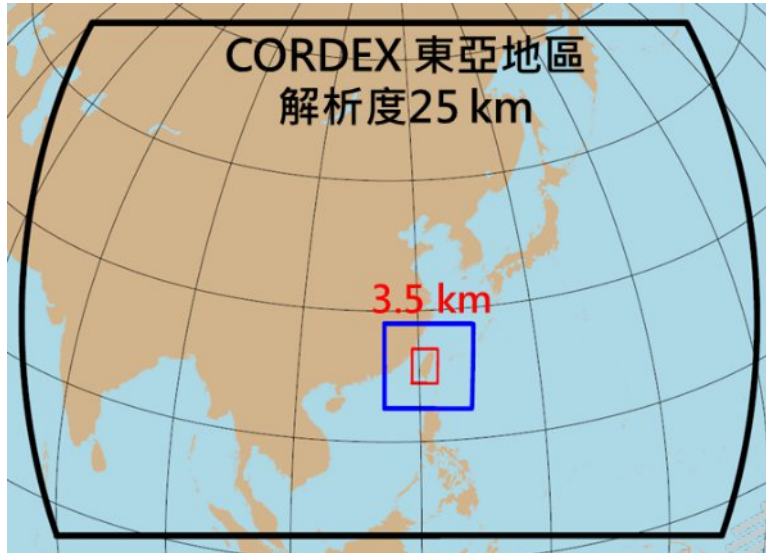
彌補觀測不足

Version: IFS CY41R2
Grid: Cubic Octahedral
Level: 91, top @ 0.01hPa,  t=20 min

歷史重現3維多變數氣象場，往前展延至1940

臺灣區域氣候動力降尺度範圍

TaiESM1-WRF



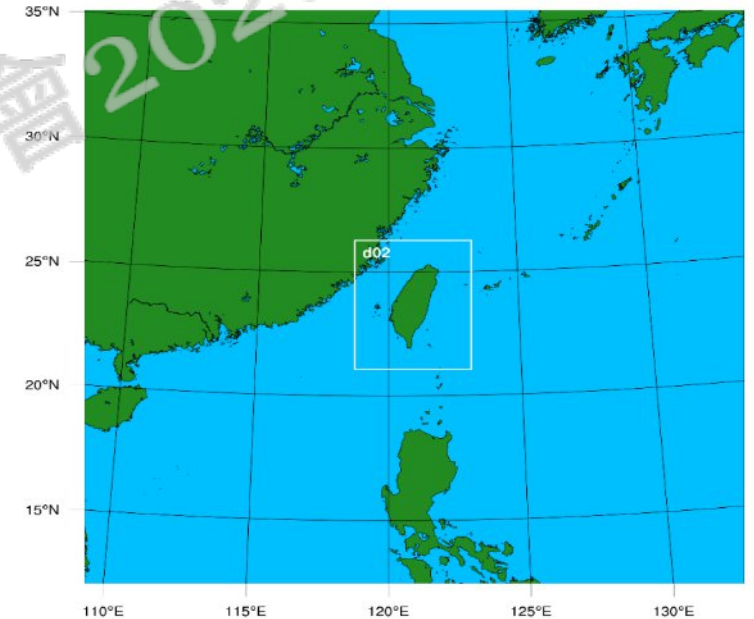
- ☐ WRF3.8.1. 🏠 X=25, 3.5, 1.2 km
- ☐ 36 vertical levels, Ptop @ 30 hPa
- ☐ Spectral nudging
- ☐ Changes in Land Use, AOD, GHG
- ☐ Cumulus for 🏠 X=25 km only

HiRAM-WRF



- ☐ WRF3.5.1 & 4.4.2 🏠 X=5, 4 & 1.3 km
- ☐ 36 vertical levels, Ptop @ 50 & 10 hPa
- ☐ Spectral nudging
- ☐ Changes in GHG.
- ☐ No Cumulus

ERA5-WRF (TReAD)



- ☐ WRF3.8.1 & 4.4.2, 🏠 X=10, 2 km
- ☐ 52 vertical levels, Ptop @ 30 & 10 hPa
- ☐ Re-init every 6 hours, no nudging
- ☐ Changes in GHG, AOD, land use
- ☐ Cumulus for 🏠 X=10 km only

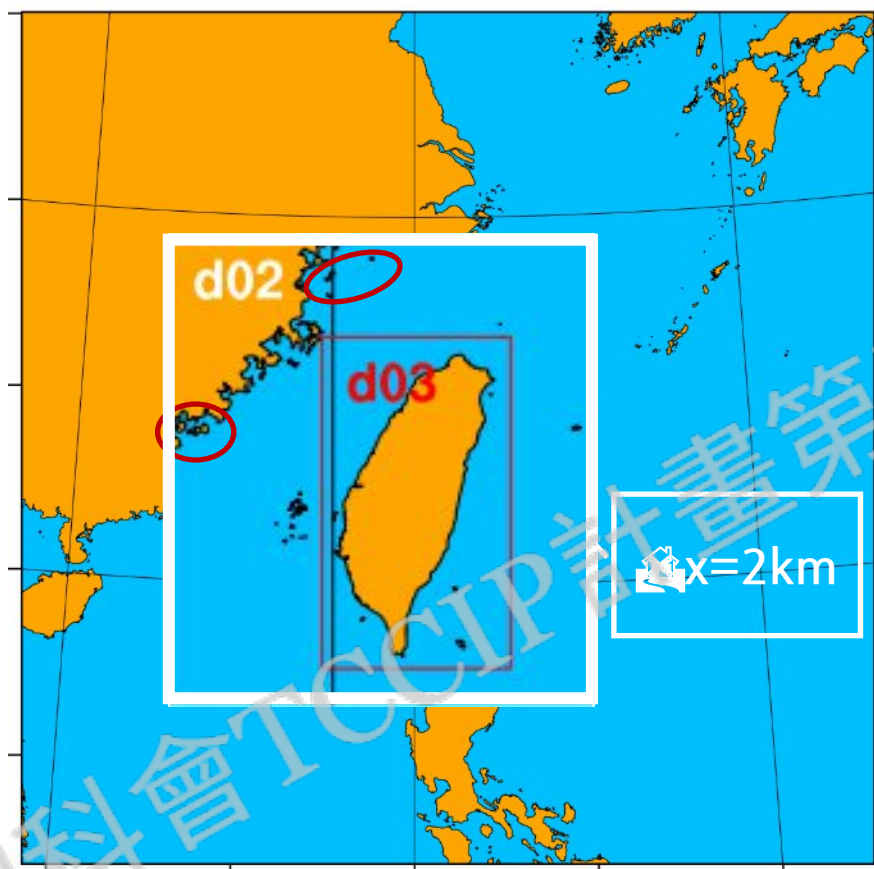


新版臺灣歷史重建資料 TReAD v2

Taiwan **Re**-Analysis **D**ownscaling Data
version **2**

新版臺灣歷史重建資料TReAD (V2)

➤ 以 1940-2025的ERA5資料來驅動 WRF4.4.2，採用氣象署區域預報模式的設定，與前一模式版主要差異包括：



- 輸出更多變數
- 2km解析度模擬範圍往西北移動，以納入金門、馬祖。
- 模式層頂提高至 10 hPa；每3小時更新側邊界資料
- 計算重力波曳力
- 採用CWA GCE 雲物理參數化
- 調整都市地表交換係數
- 採用高解析度地面資料，包括
 - 臺灣數位地形高度資料
 - 中大土壤類型
 - EUMETSAT LSA植被
- 氣膠與土地利用每年更新一次

早期歷史極端降雨事件 - 1959八七水災



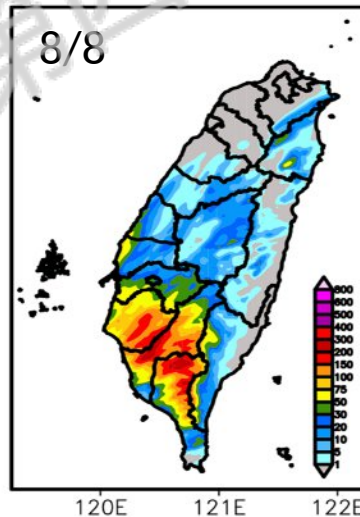
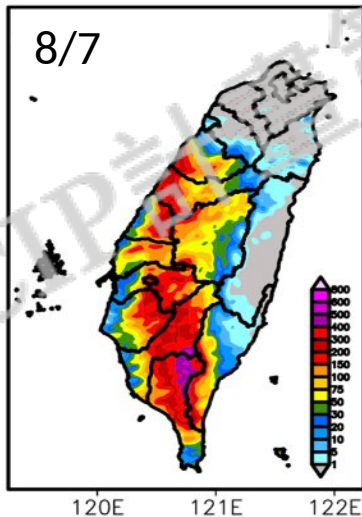
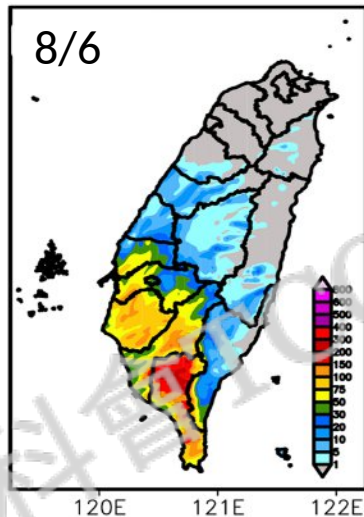
✓圖 2A：民國48年8月6日降雨日量
(單位：公厘)



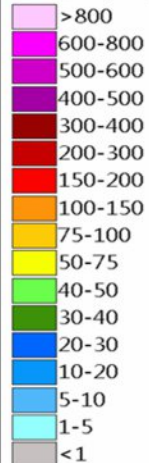
✓圖 2B：民國48年8月7日降雨日量
(單位：公厘)



✓圖 2C：民國48年8月8日降雨日量
(單位：公厘)



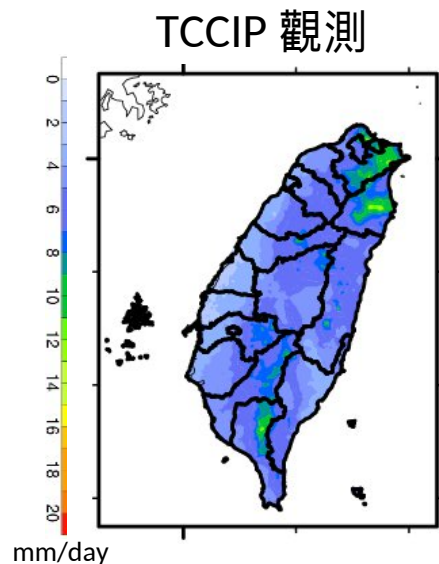
毫米(mm)



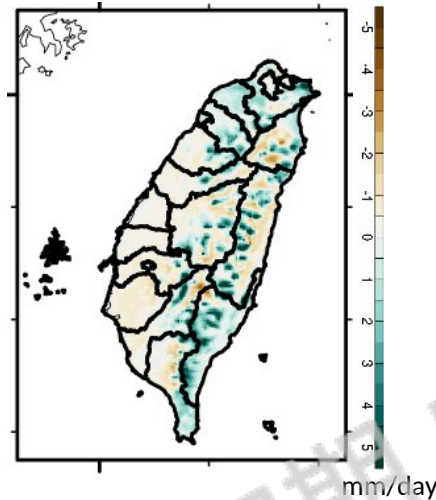
- TD熱帶性低氣壓中心於7日下午5時於嘉義縣布袋鎮登陸
- 伴隨著強勁的西南氣流，8/7中部地區平地超過800mm強降雨
- 模擬可大致重現主要降雨區，不過降雨強度不足

TReAD溫度、降雨評估 (1981-2020年)

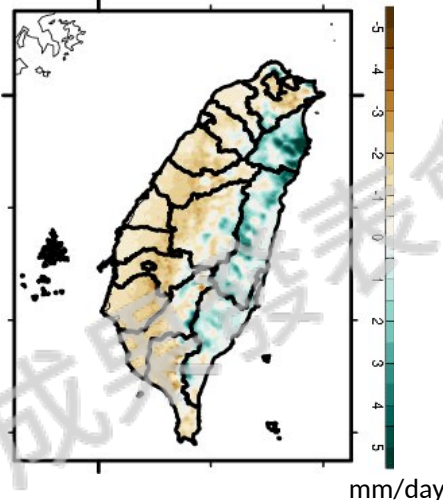
雨量



TReAD V1 - 觀測

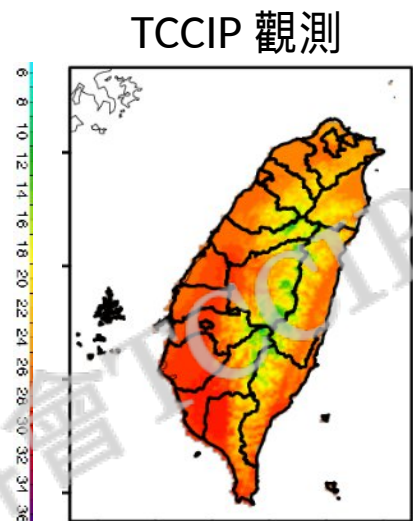


TReAD V2 - 觀測

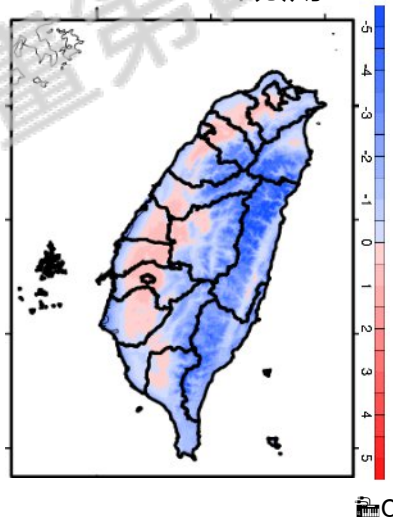


- TReAD V1高估高山降雨、低估平地降雨
- V2的雨季誤差增大

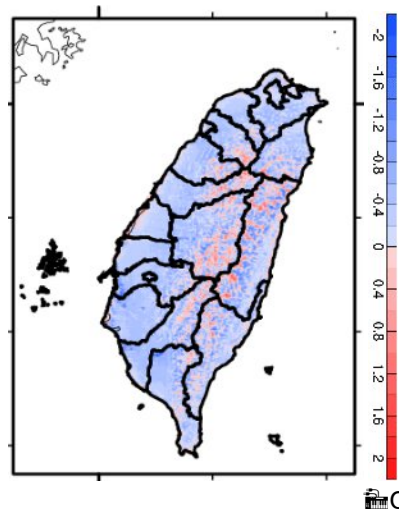
日溫度



TReAD V1 - 觀測



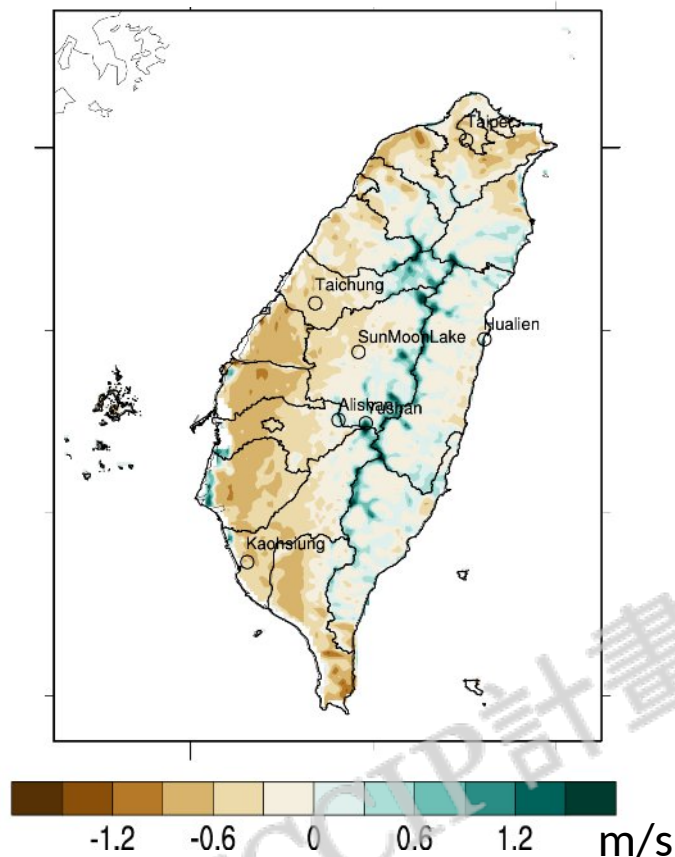
TReAD V2 - V1



- TReAD V1 高山低估約 2-5°C、平地高估
- V2高山暖一些，平地冷一些，改善

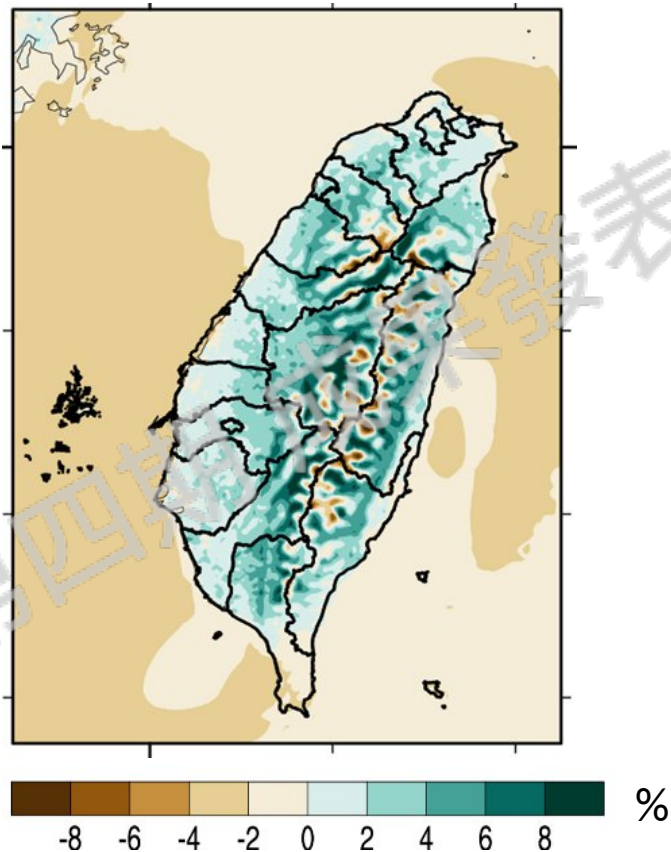
1981-2020年平均風速、濕度、短波輻射比較

風速 V2 - V1



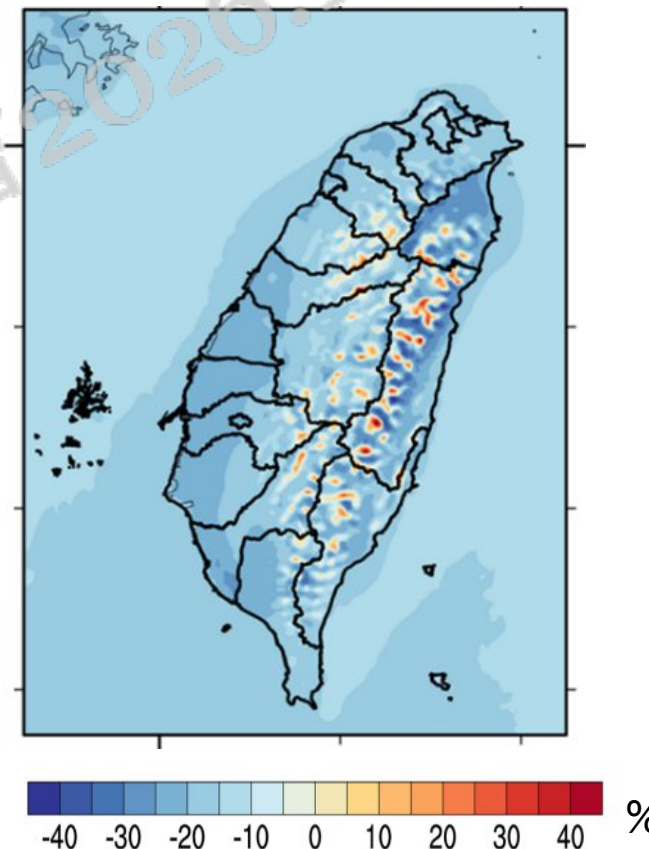
- 高山脊、濱海風速增加
- 其餘陸面減少

RH V2 - V1



- 高山脊、濱海、恆春半島減少
- 其餘多數陸面增加

日射量 (V2-V1)/V1



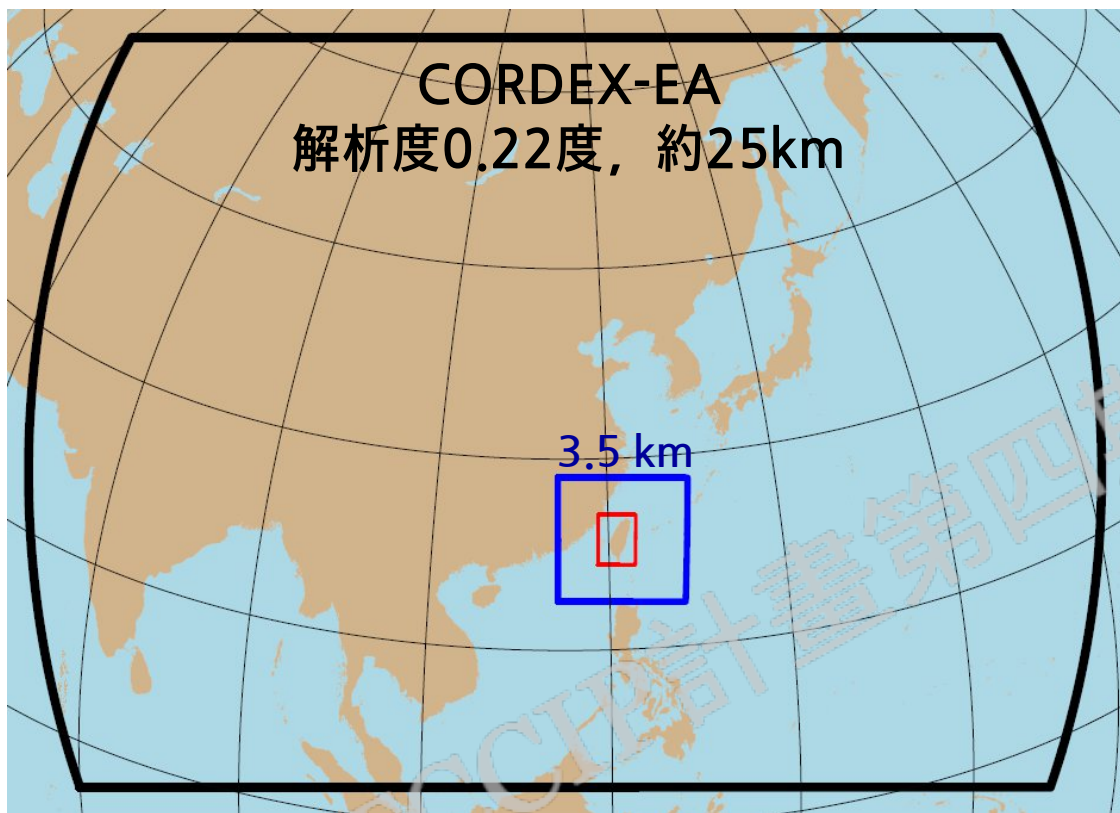
- 高山脊增加；其餘海、陸皆減少
- 舊版高估3~5成，新版顯著改善



TaiESM1 Downscaling

Taiwan **ESM** version **1**, developed by
RCEC of Academia Sinica, Taiwan

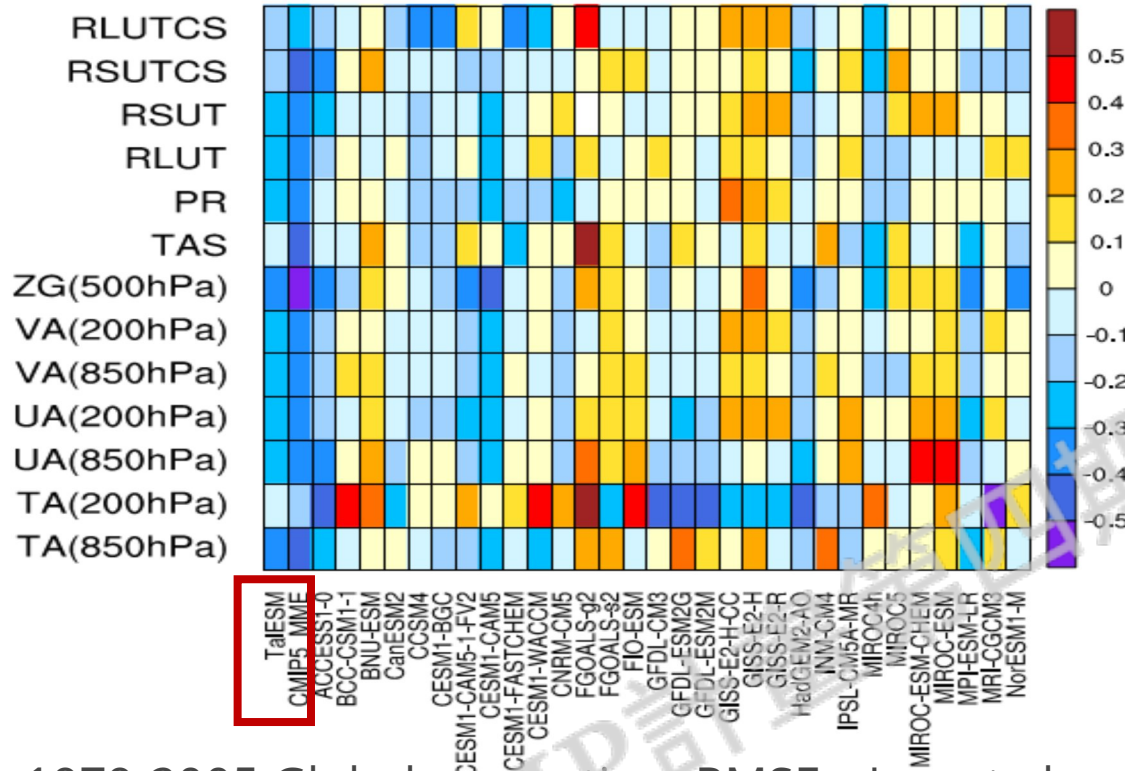
TaiESM1 的動力降尺度



- 以WRF3.8.1來執行TaiESM1推估的動力降尺度
 - historical run : 1950-2014
 - **SSP-126, 245, 370, and 585: 2015-2080**
- 三層次降尺度
 - 東亞地區**25公里**, 滿足CORDEX的需求
模擬年分1950-2014、2015-2080
 - **臺灣地區3.5公里**, 滿足**服務台灣的需求**
模擬年分**1980-2014、2015-2080**
 - 臺灣地區**1.2公里**, 為AI 降尺度準備
模擬年分1999-2005
- 另外以ERA5執行 相同的降尺度, 模擬年份較短, 做為評估區域模式之用

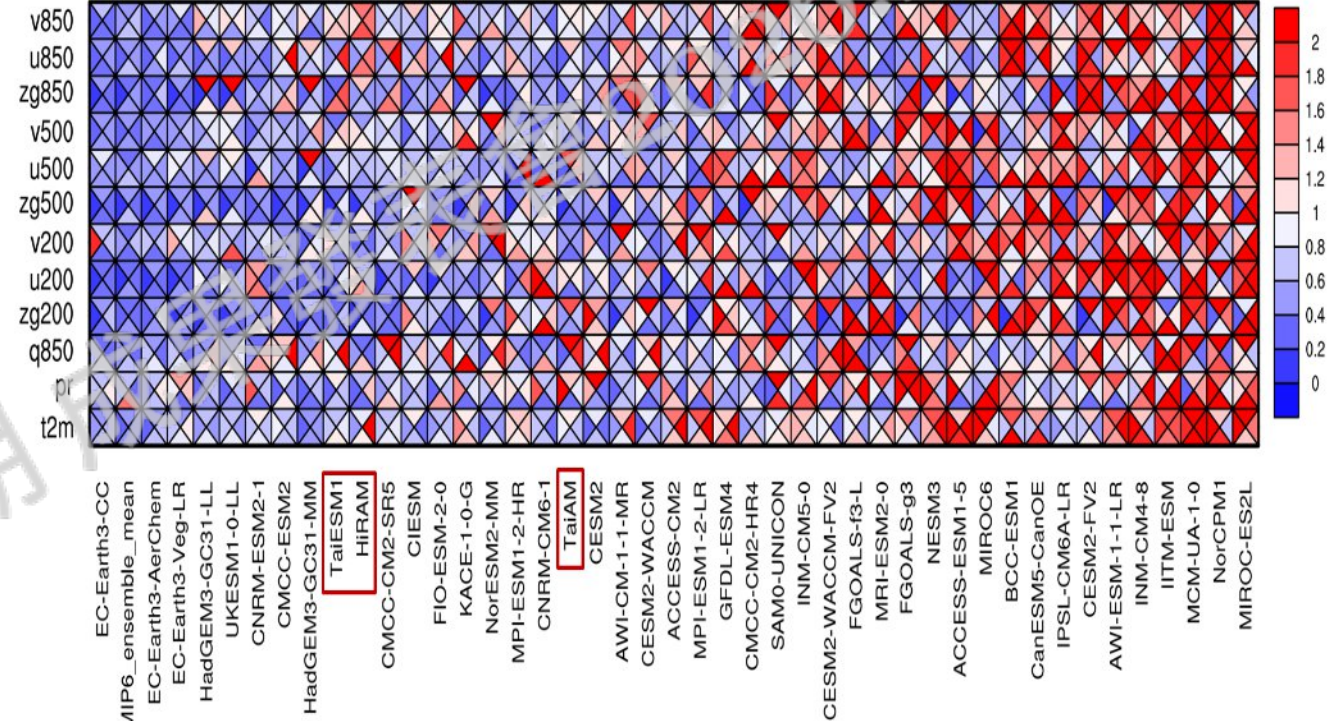
比較TaiESM1與 CMIP6 模式表現

全球環流評估, 名列前茅



1979-2005 Global space-time RMSEs, Lee et al (2021)

東亞地區環流評估, 前段班

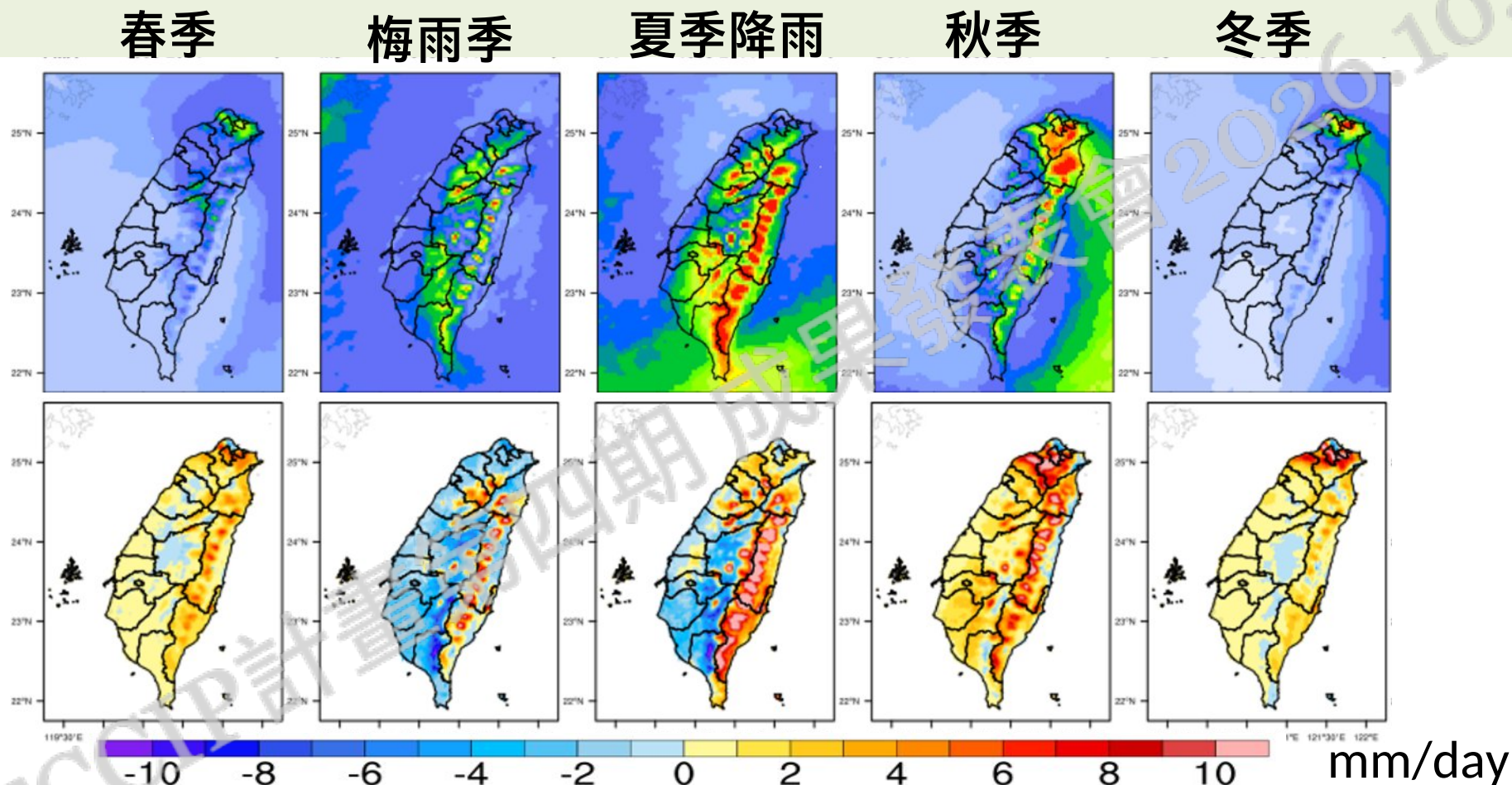


1985-2014, East Asia area: 10-50N, 100-145E
Performance index I^2 of Reichler and Kim (2008)

- TaiESM1 在全球以及東亞地區的表現都很不錯
- But 被質疑是暖化偏熱的模式 hot model

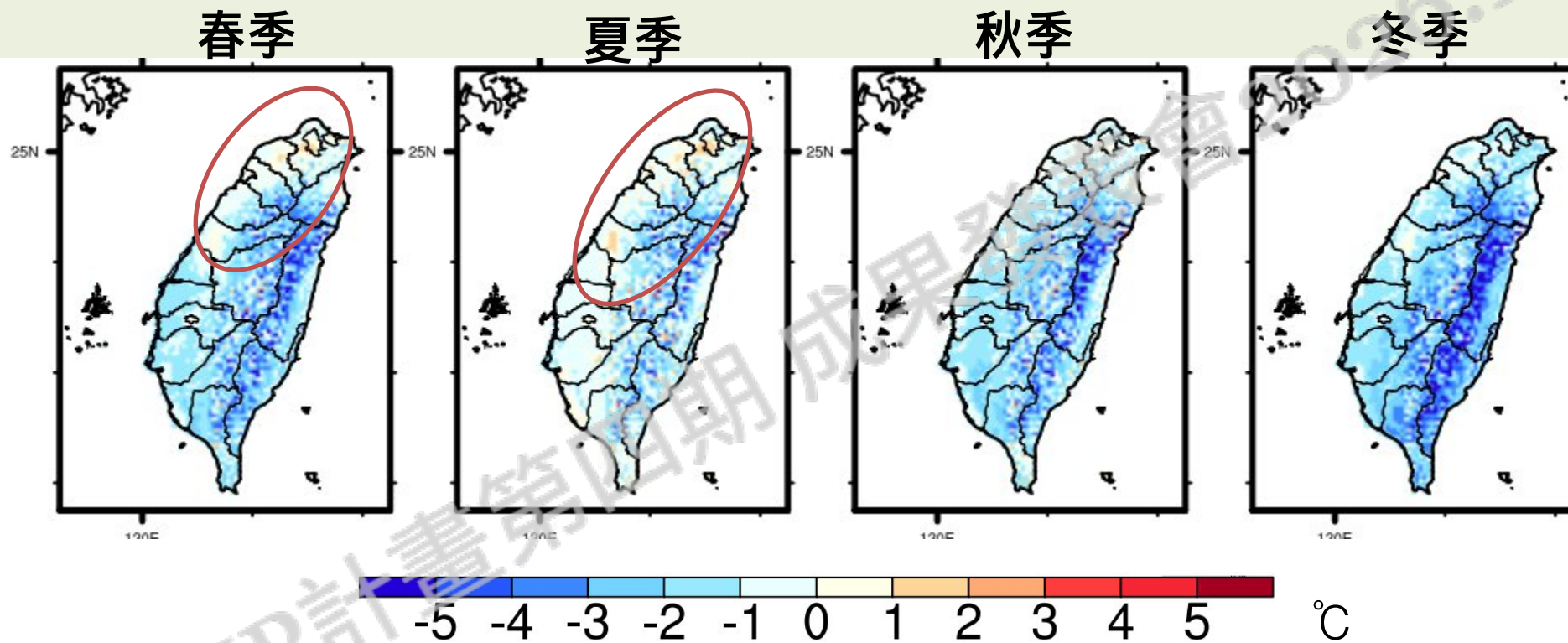
TaiESM1_WRF_3.5KM季節降雨表現

(1995-2014年)



- 整體東部山區皆高估情形，特別在梅雨季、夏季降雨、秋季；梅雨季、夏季降雨西半部為低估情形（颱風偏少）

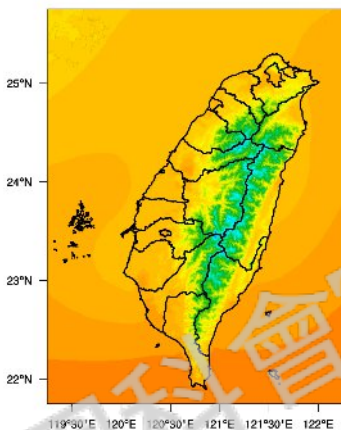
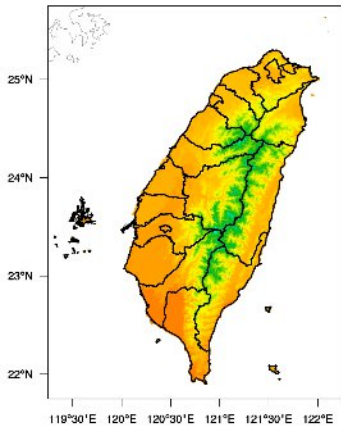
TaiESM1_WRF_3.5KM與觀測溫度差異



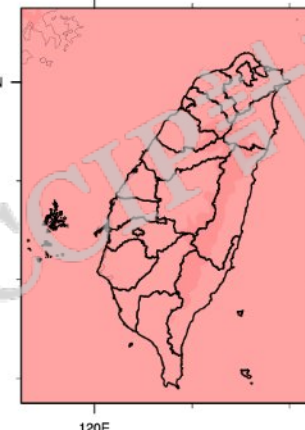
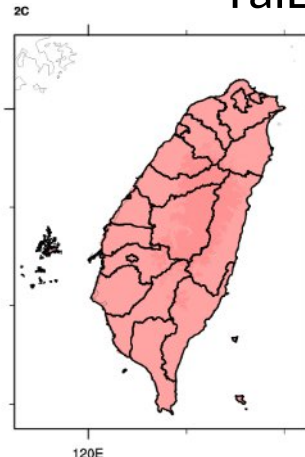
- 整體溫度有低估情形，特別是山區，冬季低估最多
- 平地誤差較小，部分平地(北部、臺中)有高估現象發生，如春、夏季

未來均溫改變的推估 vs CMIP6多模式

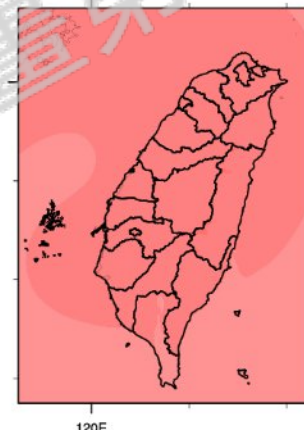
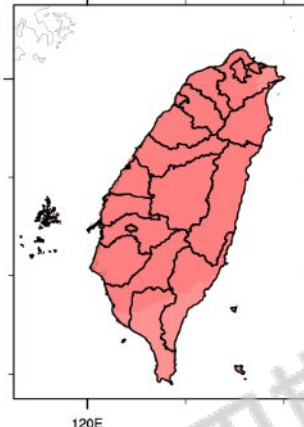
1995-2014



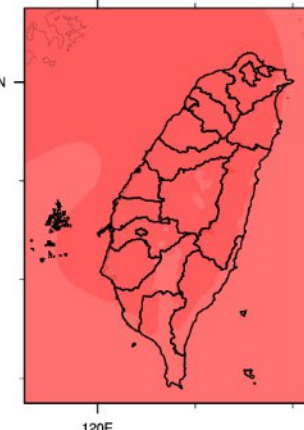
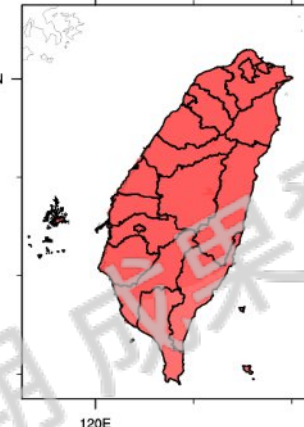
GWL2°C



GWL3°C

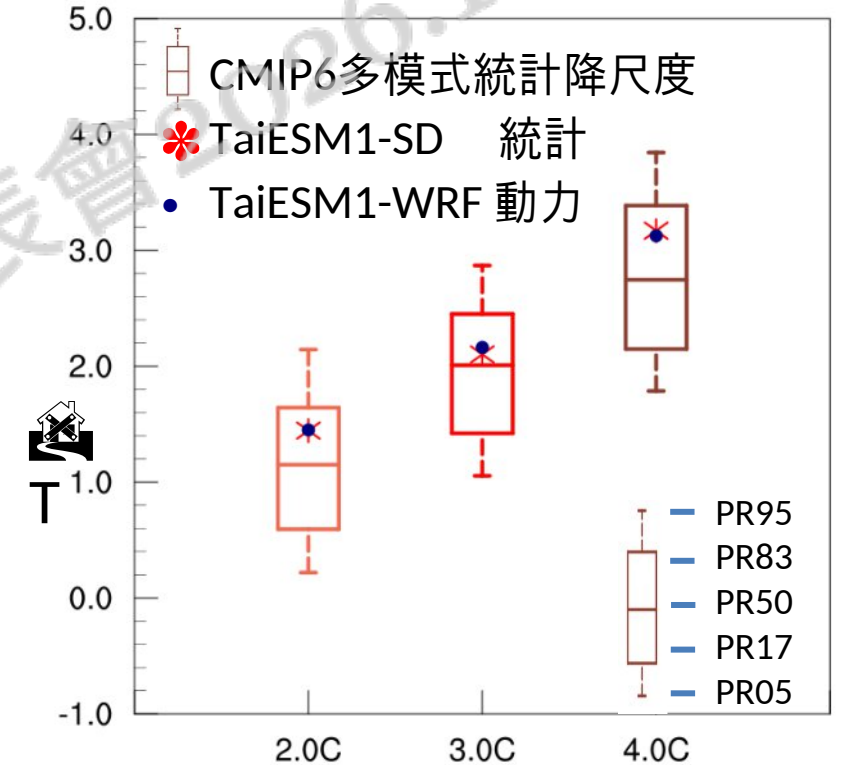


GWL4°C



TaiESM1-SD 統計降尺度

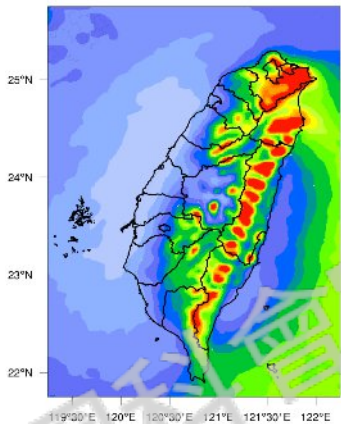
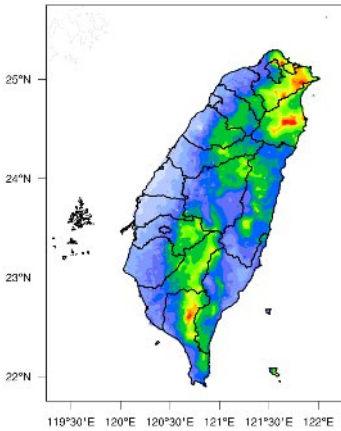
TaiESM1-WRF 動力降尺度



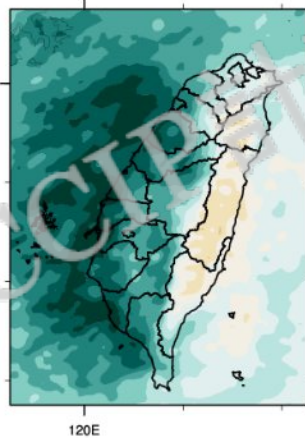
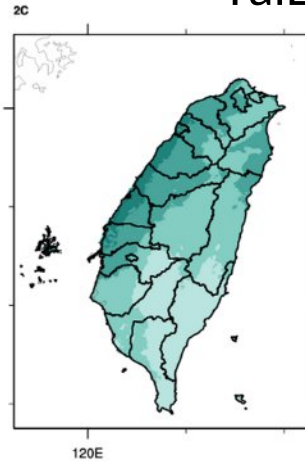
➤ 全島平均，動力與統計降尺度結果相似

未來降雨改變的推估vs CMIP6多模式

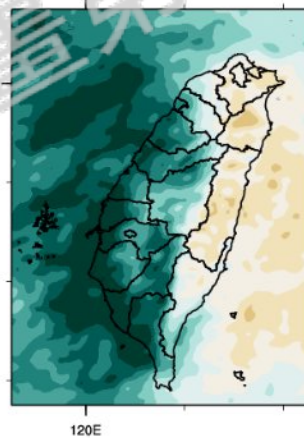
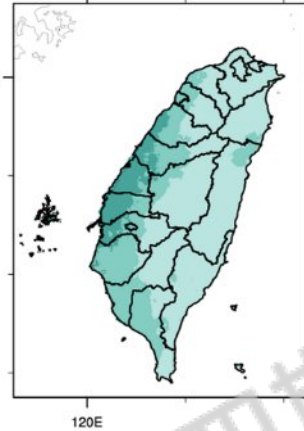
1995-2014



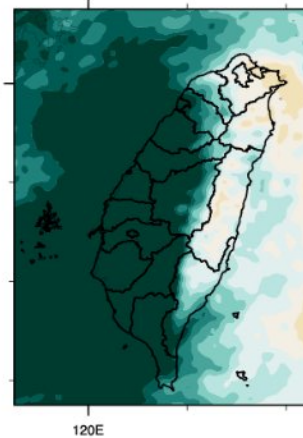
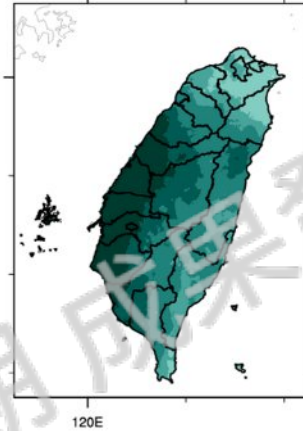
GWL2°C



GWL3°C

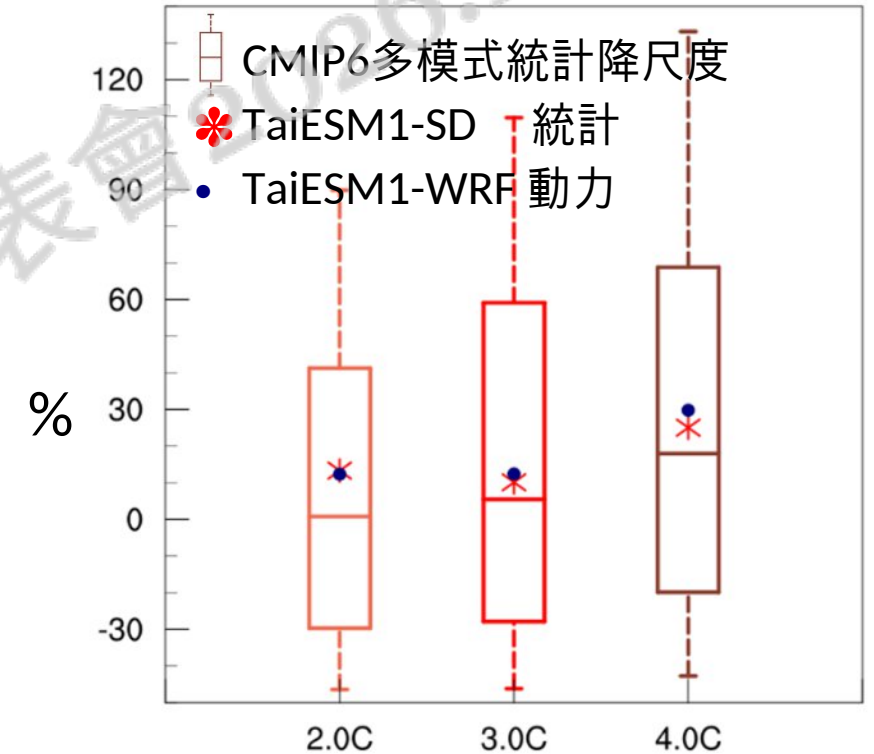


GWL4°C



TaiESM1-SD 統計降尺度

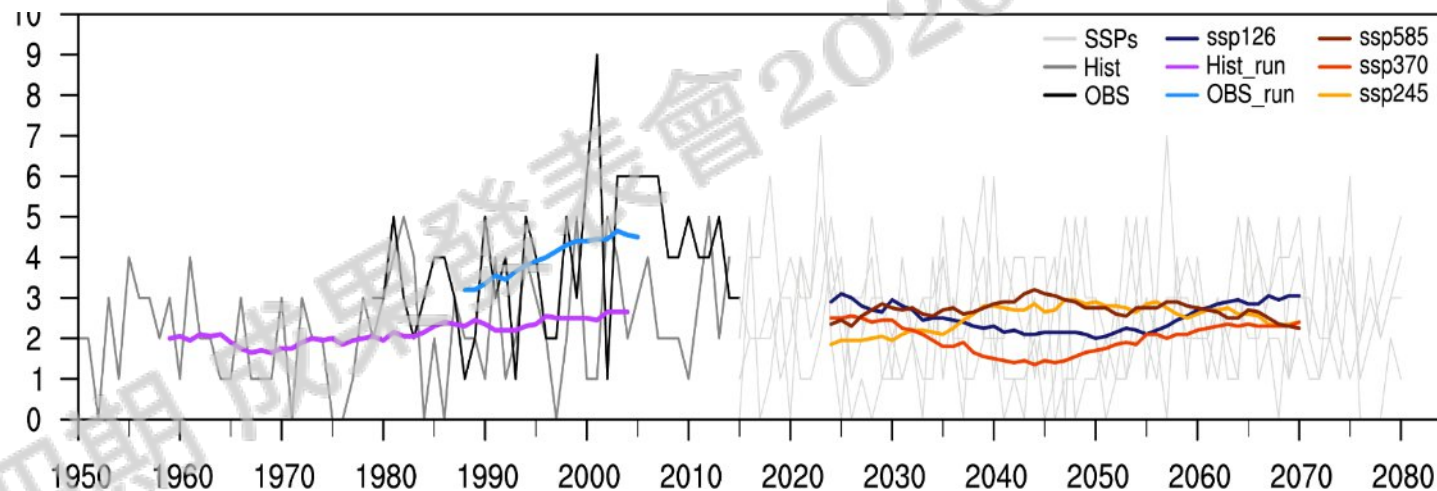
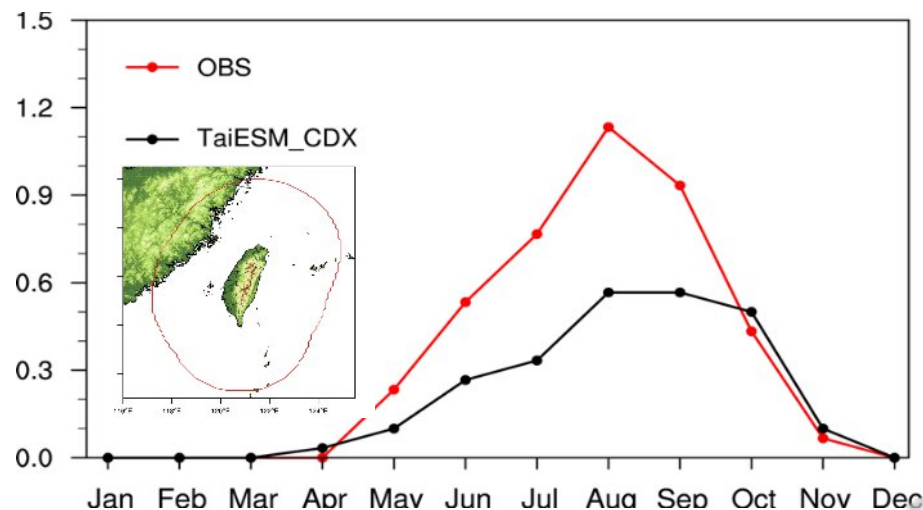
TaiESM1-WRF 動力降尺度



➤ 全島平均動力與統計降尺度變化相似，且接近系集中位數。但有較大的空間變異

TaiESM1-WRF_25km 中的影響臺灣颱風

➤ Freq. of TC affecting Taiwan



1985-2014 (頻率)		GWL 2C 頻率變化率				
OBS	Historical	SSP126	SSP245	SSP370	SSP585	mean
4.55	2.65 (-40%)	-20%	+5.6%	-62%	+17%	-15%

➤ 降尺度到25公里雖可增加颱風數目(vs. TaiESM1), 但是還是低估了 **42%** (vs OBS)

➤ 未來變化不確定性相當大, 且變化不一致, 有增、有減



HiRAM動力降尺度：

1. AR5 GWL2、4C

2. AR6系集模擬的影響臺灣颱風

AR5-HiRAM-RCP8.5 動力降尺度資料

不同大氣初始場模擬

四組不同海溫條件進行模擬

基期增為三組

基期(1979-2015)

WHIRAM_c384_amip_hist_00

NEW WHIRAM_c384_amip_hist_07

NEW WHIRAM_c384_amip_hist_08

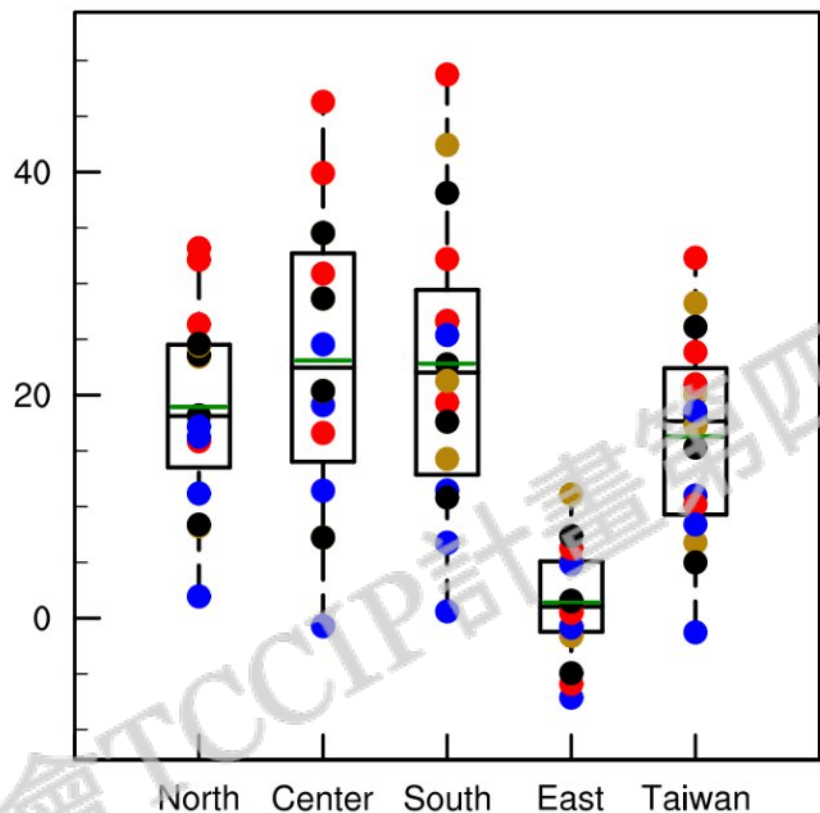
世紀中、末四組海溫系集往前展延

	2°C	4°C
C0 NEW	2034-2053	NEW 2073-2092
C1 NEW	2032-2051	NEW 2072-2091
C2 NEW	2033-2052	NEW 2074-2093
C3	2036-2055	2076-2095

- 考慮 1995-2014基期已升溫 0.85°C ，計算達到升溫 1.15 、 3.15°C 的時期，不必等AR6資料就可得到GWL+2、 4°C 的推估。故將世紀中、末往前展延

增加基期系集，可幫助估算推估不確定範圍

RCP8.5世紀末梅雨季四大分區與 %)
全台區域平均降雨改變率



藍、紅、棕、色黑點為三組
系集成員與系集平均

4個基期 (3成員與1系集平均)的降雨氣候值

X

4個未來海溫推估的降雨氣候值

=

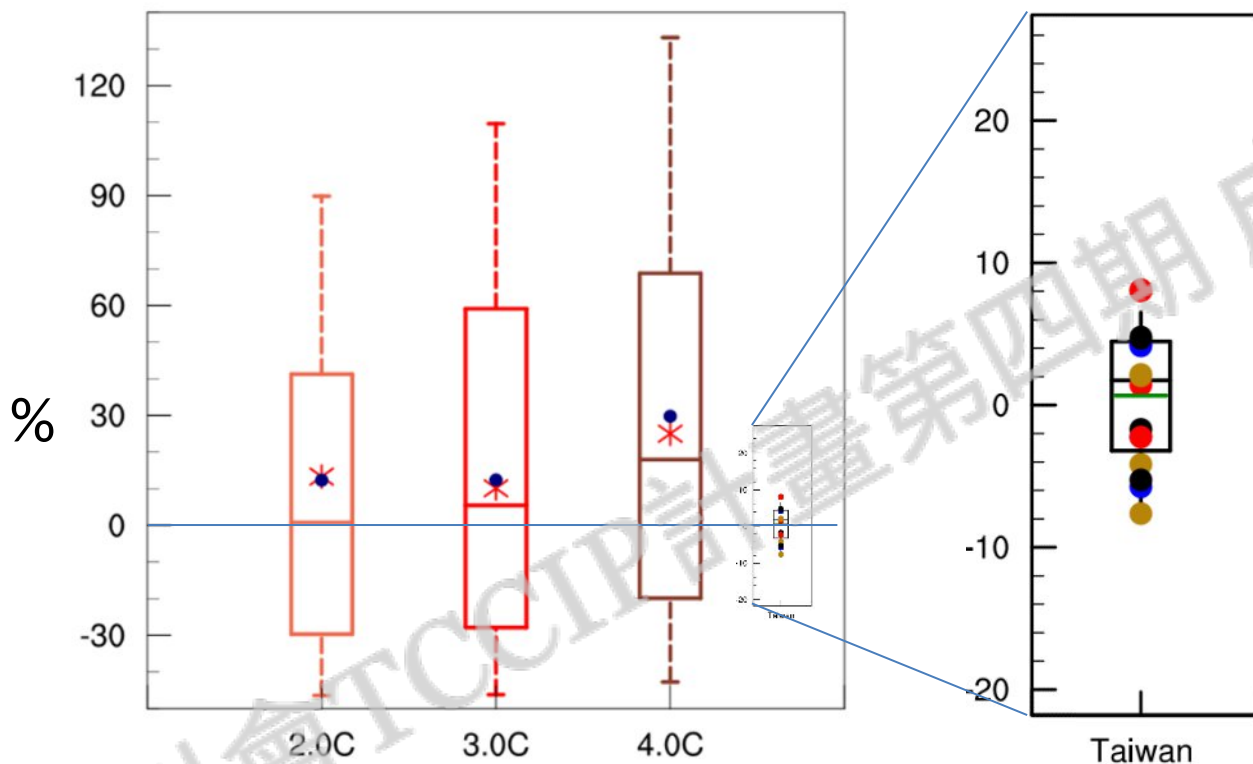
算出**16個降雨改變率**

- 梅雨季南部降水增加，改變率中位數+25%，最少+0%、最多+50%
- 東、西部有差異性，統計降尺度較無法呈現此特徵

不確定性：單一模式 vs 多模式

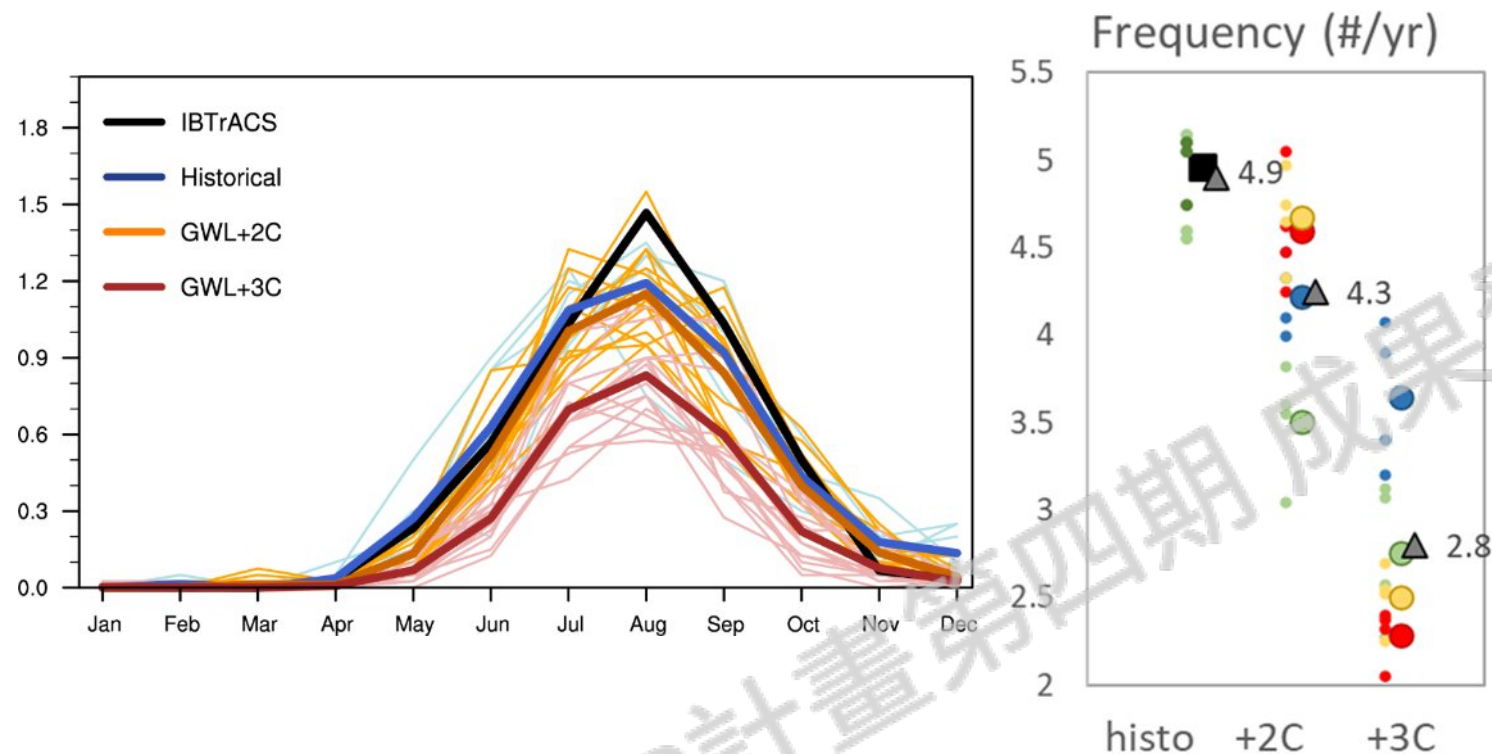
- CMIP6多模式統計降尺度
- ✱ TaiESM1-SD 統計
- TaiESM1-WRF 動力

RCP8.5世紀末台灣本島
年平均降雨改變率



➤ 全年平均雨量為例，不確定範圍，單一模式小系集 << 多模式系集

AR6 HiRAM 推估模擬中的影響臺灣颱風

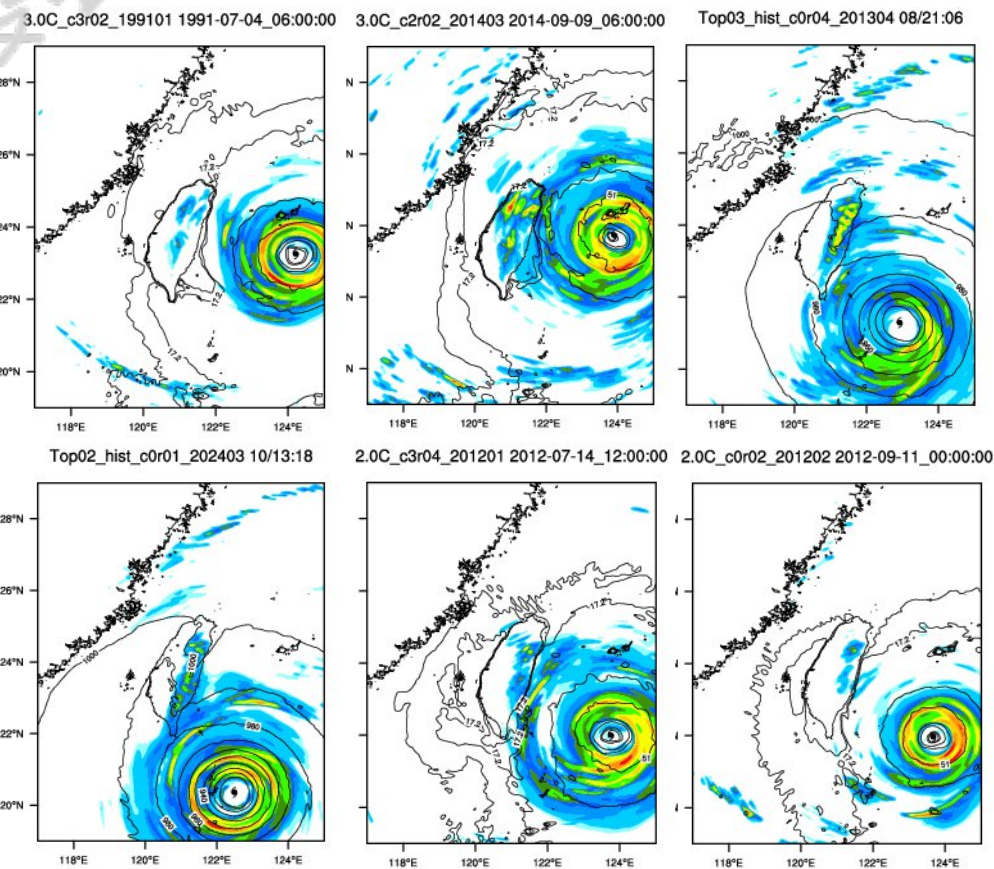
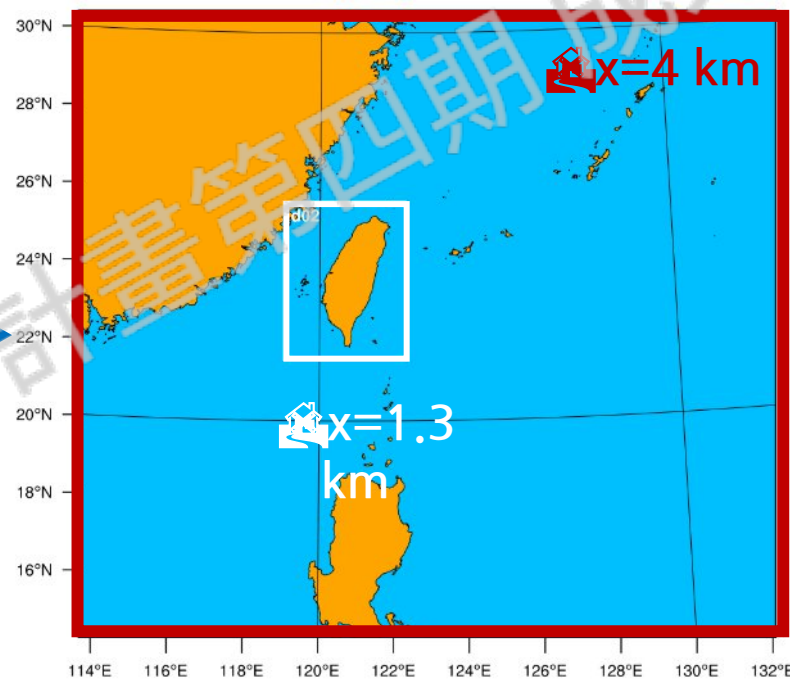


IBTrACS 1990- 2019	History 1990- 2019	SST Cluster	GWL 2C	GWL 3C
5. /yr	4.9/yr	c0	-28%	-44%
		c1	-14%	-26%
		c2	-6%	-53%
		c3	-5%	-49%
		Mean	-13%	-43%

- 影響臺灣颱風頻率，基期的模擬與觀測相近
- 影響臺灣颱風頻率在GWL+2C and +3C氣候下平均減少 13%、43%
- 系集成員間呈現相當大不確定

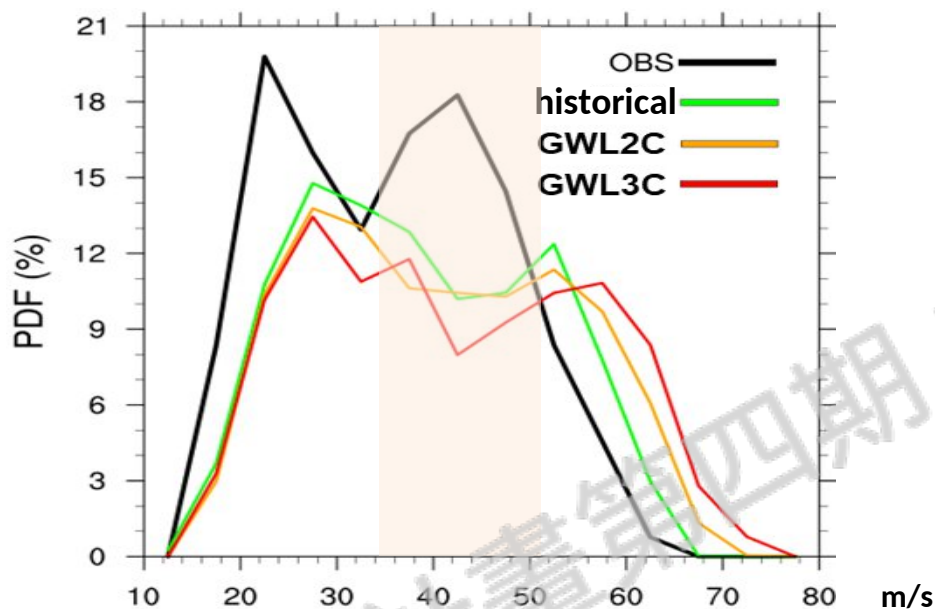
AR6 - HiRAM影響臺灣颱風降尺度

- 4公里解析度足以模擬颱風發展、1.3km提供本島高解析度降水資訊
- AR6 HiRAM 4組基期+ AR5 HiRAM 3組基期中的颱風事件一共 **1245場**
- **16組系集**，每成員40年，每個GWL一共**640年**模擬，颱風事件**2C約2721場**、**3C約1792場**

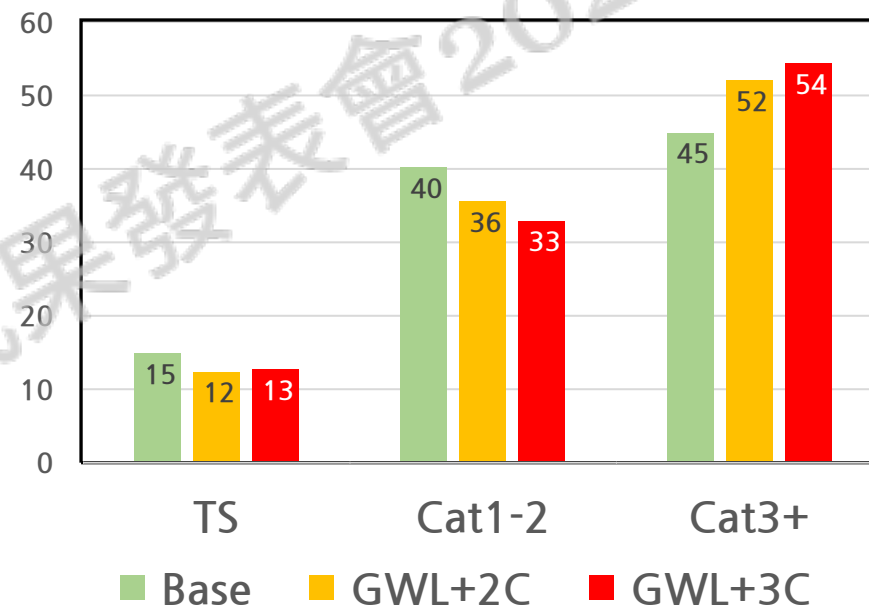


影響臺灣颱風強度變化(WRF 4km)

颱風最強時的風速的PDF

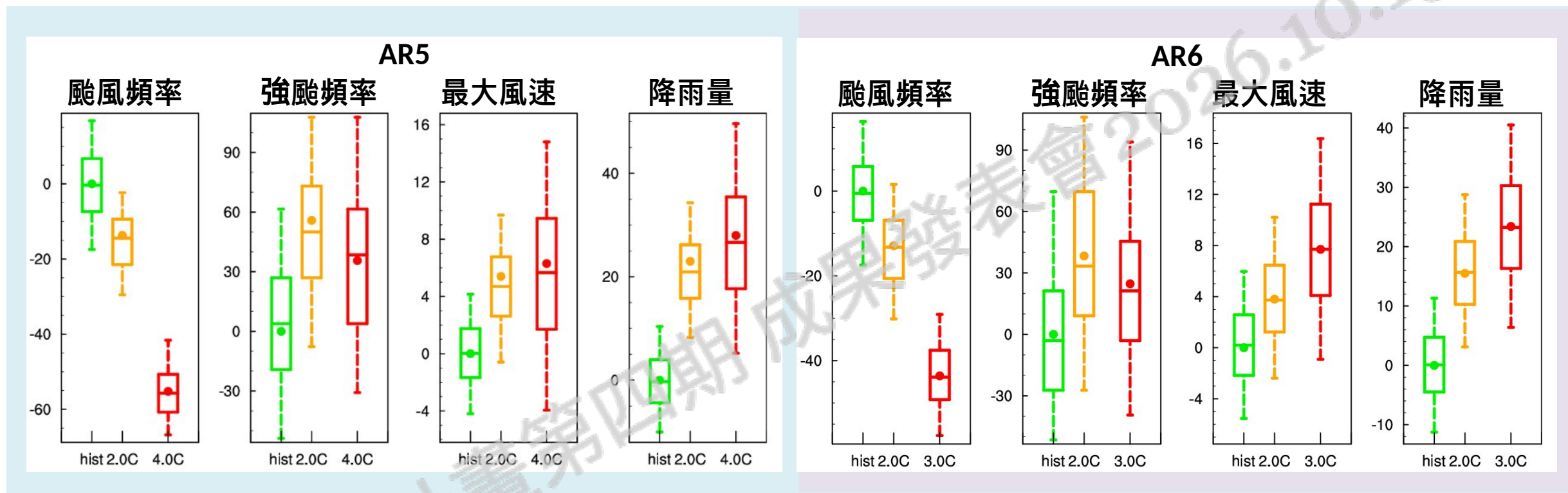


颱風強度比例 (%)



- HiRAM 模擬太少輕度颱風，降尺度後可改善此偏差，不過還是高估強颱頻率、低估中颱頻率
- 隨著暖化程度增加，強颱比例也增加

AR5、AR6不同GWL颱風變遷變化推估



基期

GWL2C -15%

+55%

+5%

+23%

GWL3C

-13%

+40%

+4%

+16%

GWL4C -55%

-45%

+22%

+8%

+24%

+35%

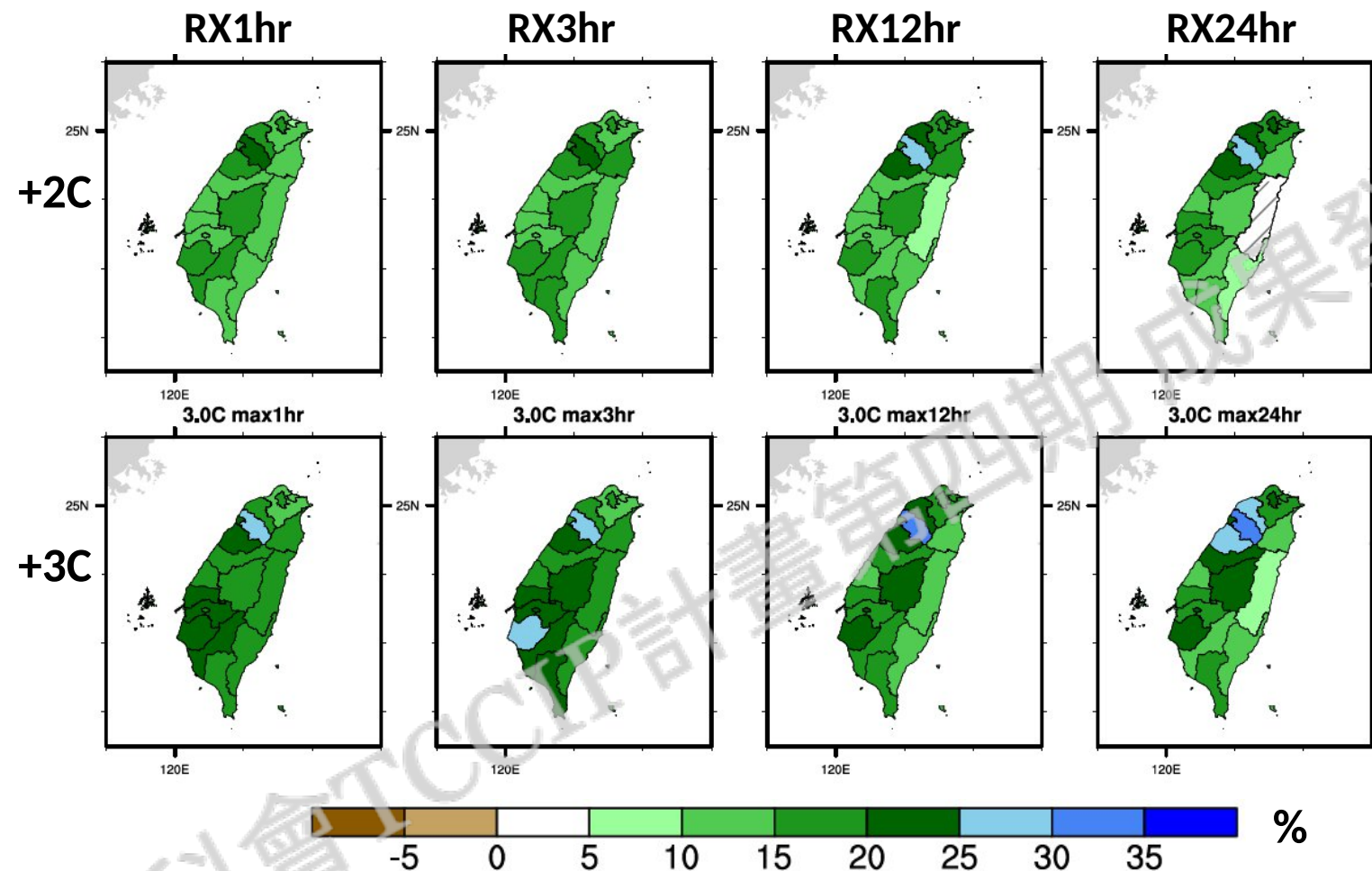
+6%

+28%

➤ AR6 +2C的變化較AR5小

各地區颱風降雨前10%極端降雨改變率推估

各地區不同延時累積降雨前10%事件平均的降雨改變率



➤ 前 10% 極端降雨事件來自基期、2C、3C的 125、272、179 場颱風

➤ 各地區極端降雨多隨著暖化而增加降雨強度

➤ 延時越長，颱風路徑也越長，不確定性也變大

新版TReAD資料評估小結

➤ 相較於舊版，TReAD V2

- 太陽輻射量顯著改善；氣溫、風速與相對濕度稍有改善；降雨變差

➤ TaiESM1 動力降尺度（颱風少、單一模式，連續百年模擬）

- 推估全島平均的未來變化趨勢 TaiESM1的動力與統計降尺度結果相似 也與多數的CMIP6 多模式系集一致
- 降雨的變化，動力比統計降尺度呈現較多的區域上差異，非全島一致

➤ HiRAM 系集動力降尺度（颱風、系集呈現不確定）

- 提供AR5的GWL2C、4C推估全年資料
- AR5基期系集增加可呈現不確定，但其範圍仍遠小於多模式系集的不確定性
- 提供AR6颱風事件降尺度推估資料
 - 降尺度改善颱風強度的模擬，仍高估強度
 - 在GWL2C、3C氣候下，颱風頻率減少 13%、43%；強颱風頻率增加 40%、22%；最大風速增加4%、8%；降雨增加16%、24%，不確定性不小
 - 局部區域的極端降雨強度隨暖化而增加

Thank you for your attention!

TCCiP 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

NSTC 國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

NCDR 國家災害防救科技中心
National Science and Technology Center
for Disaster Reduction