



AR5 統計降尺度溫度 V2 版 資料生產履歷



2023 年 9 月 5 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

AR5 統計降尺度溫度 V2 版資料生產履歷

1. 資料紀錄

2019.08(上架)

2021.09([產製方法更新](#))

2. 產製目的

為了瞭解臺灣受到氣候變遷影響的未來推估資訊，必須使用全球氣候模式的模擬資料，但是對於臺灣複雜的地理與氣候特徵而言，全球氣候模式的空間解析度太低，並不適合直接使用，必須透過降尺度方法提高解析度，得到不同地理氣候區域的推估差異。這筆資料是利用統計降尺度方法，以歷史觀測資料為基底，結合模式過去同一時期的歷史模擬，建立長期且穩定之統計關係，並將此統計關係應用於未來推估資料中。由於 V1 版在統計降尺度過程中，有少數模式的網格點出現最高溫低於最低溫的不合理現象，故重新調整偏差修正方法並且推出更新版本。

3. 資料來源

■ 參考觀測資料

使用 TCCIP 所產製的 5 公里網格化觀測日資料(翁與楊，2018)(詳細資料使用設定如表 1 所示)，此觀測資料只有陸地資料，海洋上除有測站之離島外並無資料(圖 1)。

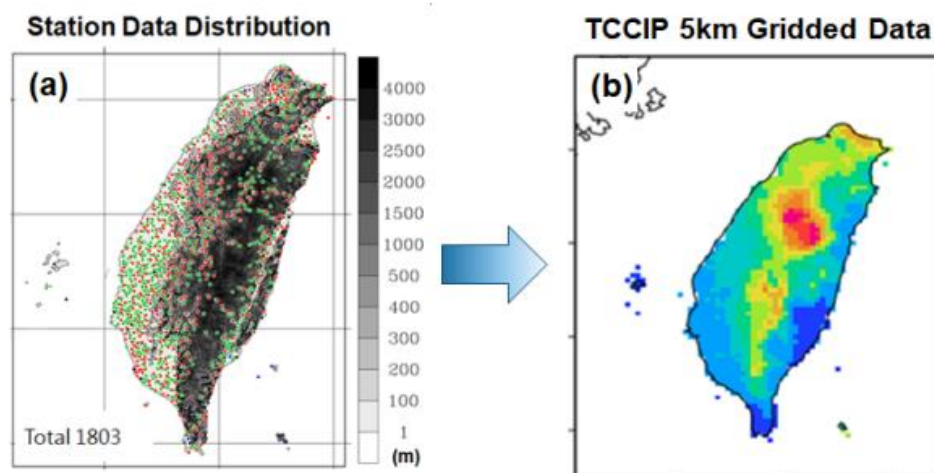


圖 1、網格化觀測資料產製說明示意圖。(註：本示意圖以降水為例。a 為測站點位資料分布，陰影代表地形高度[單位：公尺]。使用包含氣象署所屬站(黑色)、氣象署自動站(紅色)、水利署(綠色)及民航局測站(藍色)。b 為 5km 空間解析度網格資料)

表 1、觀測資料變數與資料長度列表

提供單位	變數	時間長度	空間範圍
TCCIP	最高溫、最低溫	1960~2005 (共計46年)	台灣(119.2~122.15, 21.5~25.55) 包含離島(澎湖及附屬島嶼)

■ 模式資料

統計降尺度日資料使用的原始全球氣候模式資料(GCM)，蒐集來自於地球系統網格聯盟(Earth System Grid Federation, ESGF: <http://esgf-node.llnl.gov/>)的 CMIP5(Couple Model Intercomparison Projects Phase-5) (Stocker et al., 2013)資料庫(詳細下載清單列表於表 2)。為符合網格化觀測資料，歷史基期模擬(Historical)使用 1960-2005 年，未來推估 4 組暖化情境(RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5)使用 2006-2100 年日資料做降尺度。

表 2、CMIP5 日資料模式名稱、產製單位、模擬編號(run)、模式原始解析度(RES.)以及情境(歷史氣候模擬(Historical), 未來推估暖化情境 RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 與 RCP8.5) 模式清單列表 (√: 有資料)。

模式名稱	產製單位	解析度	Historical	RCP2.6	RCP4.5	RCP.60	RCP8.5
ACCESS1-0	CSIRO-BOM	192x145	√		√		√
ACCESS1-3		192x145	√		√		√
bcc-csm1-1	BCC	128x64	√	√	√	√	√
bcc-csm1-1m		320x160	√	√	√	√	√
BNU-ESM	BNU	128x64	√	√	√		√
CanESM2	CCCMA	128x64	√	√	√		√
CCSM4	NCAR	288x192	√	√	√	√	√
CESM1-BGC	NCAR	288x192	√		√		√
CESM1-CAM5		288x192	√	√	√	√	√
CMCC-CESM	CMCC	96x48	√				√
CMCC-CM		480x240	√		√		√
CMCC-CMS		192x96	√		√		
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS	256x128	√	√	√		√
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE	192x96	√	√	√	√	√
EC-EARTH	ICHEC	320x160	√				√
FGOALS-g2	LASG-CESS	128x60	√	√	√		√
GFDL-CM3	NOAA-GFDL	144x90	√	√		√	√
GFDL-ESM2G		144x90	√	√	√	√	√
GFDL-ESM2M		144x90	√		√	√	√
HadGEM2-AO	MOHC	192x145	√	√	√	√	√
HadGEM2-CC		192x145	√	√	√	√	√
HadGEM2_ES		192x145	√	√	√	√	√
inmcm4	INM	180x120	√		√		√
IPSL-CM5A-LR	IPSL	96x96	√	√	√	√	√
IPSL-CM5A-MR		144x143	√	√	√	√	√
IPSL-CM5B-LR		96x96	√		√		√
MIROC5	MIROC	256x128	√	√	√	√	√
MIROC-ESM		128x64	√	√	√	√	√
MIROC-ESM-CHEM		128x64	√	√	√	√	√
MPI-ESM-LR	MPI-M	192x96	√	√	√		√
MPI-ESM-MR		192x96	√	√	√		√
MRI-CGCM3	MRI	320x160	√	√	√	√	√
MRI-ESM1		320x160	√				√
NorESM1-M		144x96	√	√	√	√	√
Total			34	22	29	17	33

4. 產製流程

步驟一、空間內插(Spatial Interpolate)：首先將上述表二的模式資料利用線性內插(Bilinear interpolation) 的方法，將各個 GCM 日資料原始解析度(如表 2 所示)，提高至與觀測資料相同的 5 公里空間解析度，如圖 2。

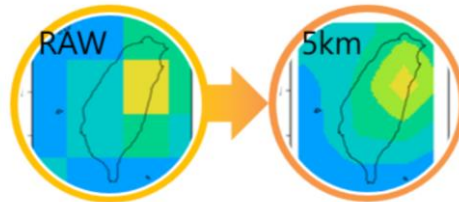


圖 2、AR5 全球模式原始解析度資料(raw data)，以 Bilinear 線性內插方法提高至 5km 解析度。

步驟二、

偏差修正(Bias correction, BC)：為保留日資料的極端值訊號，取樣方式是逐日的將觀測與模式資料，每一年包含目標日的前後各 15 天合計 31 日曆天，全部 46 年共 1395 天做為樣本(如圖 3)，以日最高溫(Tmax)與日最低溫(Tmin)同時處理偏差修正，避免出現最低溫大於最高溫之不合理狀況。為考量氣候變遷所影響之升溫變化，先利用每一年 31 天窗區計算出一個平均值，再對共 46 筆資料計算線性回歸得到一趨勢(Trend)。對日均溫(Tavg，定義為最高溫與最低溫之平均)、日較差(DTR，Diurnal Temperature Range，最高溫與最低溫之差)移除此趨勢後再進行偏差修正。為修正模式資料的偏差值，使模式模擬統計分布特性與觀測相吻合，以經驗累積分布函數 ECDF(empirical cumulative distribution functions)呈現兩組資料的統計特性，將模式的 ECDF 調整至與觀測相同的 ECDF(Gobiet et. al., 2015; Maurer, 2007; Wood et. al., 2002; 2004)。以圖 4 為例，模式原始資料 X1，依路徑①對應模式機率密度值 P，以觀測相同的機率密度值依路徑②，得到對應的資料 X2 做為模式的修正值。再將原趨勢加回修正後的資料。經計算得到日最低溫($T_{min} = T_{avg} - DTR/2$)以及日最高溫($T_{max} = T_{avg} + DTR/2$)。

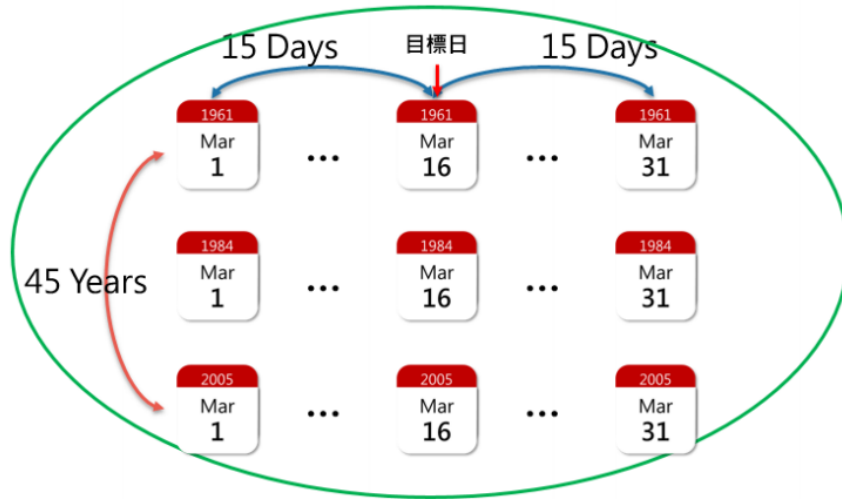


圖 3、日資料取樣示意圖。取觀測與模式資料「目標日」每年的前、後各 15 天合計 31 天的氣候資料(31 天*46 年=1426 筆)。

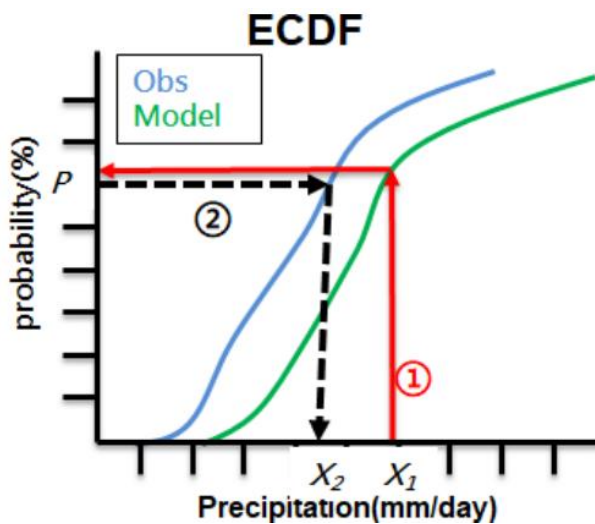


圖 4、使用圖 3 取樣日資料方式，建立模式與觀測的經驗累積機率 ECDF(empirical cumulative density functions)函數關係，將模式資料做偏差修正至符合觀測 ECDF 的流程示意圖(X_1 為模式原始資料、 P 對應 X_1 機率密度值、 X_2 即為修正後模式資料)。

步驟三、

月資料直接由日資料轉換。

5. 資料不確定性

資料不確定性可參考[網格化觀測資料與統計降尺度不確定性分析說明](#)

6. 參考文獻

- Gobiet, A., Suklitsch, M., and Heinrich, G., 2015: The effect of empirical-statistical correction of intensity dependent model errors on the temperature climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 4055-4066, <https://doi.org/10.5194/hess-19-4055-2015>.
- Maurer, Edwin P. ,2007: Uncertainty in hydrologic impacts of climate change in the Sierra Nevada, California, under two emissions scenarios. Climatic Change, 82 (3). 309-325
- Wood, A. W., E. P. Maurer, A. Kumar, and D. P. Lettenmaier, 2002: Long-range experimental hydrologic forecasting for the eastern United States. J. Geophysical Research-Atmospheres 107(D20), 4429
- Wood, A. W., L. R. Leung, V. Sridhar, and D. P. Lettenmaier, 2004: Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs. Clim. Change, 62, 189–216.

7. 發表文章

待發表

8. 文件引用方式

林修立，王俊寓，林士堯（民 112 年 9 月 5 日）。AR5 統計降尺度溫度 V2 版資料生產履歷 (1.0.1 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/upload/data_profile/20210830155550.pdf

9. 附件一、溫度資料版本之差異與說明

AR5 統計降尺度溫度日資料在降尺度過程中，由於偏差修正所導致某些模式日較差(日最高溫與最低溫之差值)出現負值的情形，如表 2 和圖 5 所示。經過調整偏差修正的步驟之後，重新產製的新版(V2)溫度日資料，除了有效解決日較差負值的問題，同時也修正日較差機率分布，使之更接近觀測資料。為了讓使用者瞭解資料改版前、後的資料特性差異，以下將說明日最高溫、最低溫與平均溫之比較結果。

表 2、各模式日較差負值發生次數統計表。(X 代表模式無該情境資料)

模式	Historical	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
ACCESS1-0	0	×	0	×	0
ACCESS1-3	0	×	0	×	0
bcc-csm1-1	0	0	0	0	0
bcc-csm1-1-m	0	0	1	0	0
BNU-ESM	0	0	1	×	0
CanESM2	126	8	111	×	250
CCSM4	64	652	336	271	127
CESM1-BGC	182	×	1044	×	647
CESM1-CAM5	234	1771	677	623	552
CMCC-CESM	1	×	×	×	5
CMCC-CM	556	×	1232	×	725
CNRM-CM5	17	157	56	×	65
CSIRO-Mk3-6-0	0	0	0	0	0
EC-EARTH	0	×	×	×	0
FGOALS-g2	0	0	0	×	0
GFDL-CM3	0	0	×	0	0
GFDL-ESM2G	0	1	3	8	3
GFDL-ESM2M	1	×	97	76	15
HadGEM2-AO	0	0	0	0	0
HadGEM2-CC	0	×	0	×	0
HadGEM2-ES	0	0	0	0	0
inmcm4	1878	×	3993	×	6372
IPSL-CM5A-LR	0	0	0	0	0
IPSL-CM5A-MR	0	0	0	0	0
IPSL-CM5B-LR	0	×	0	×	0
MIROC5	221	243	313	307	382
MIROC-ESM	0	0	0	0	0
MIROC-ESM-CHEM	0	0	0	0	0
MPI-ESM-LR	0	0	0	×	0
MPI-ESM-MR	0	0	0	×	0
MRI-CGCM3	72	314	430	134	124

MRI-ESM1	55	×	×	×	50
NorESM1-M	0	0	0	0	0

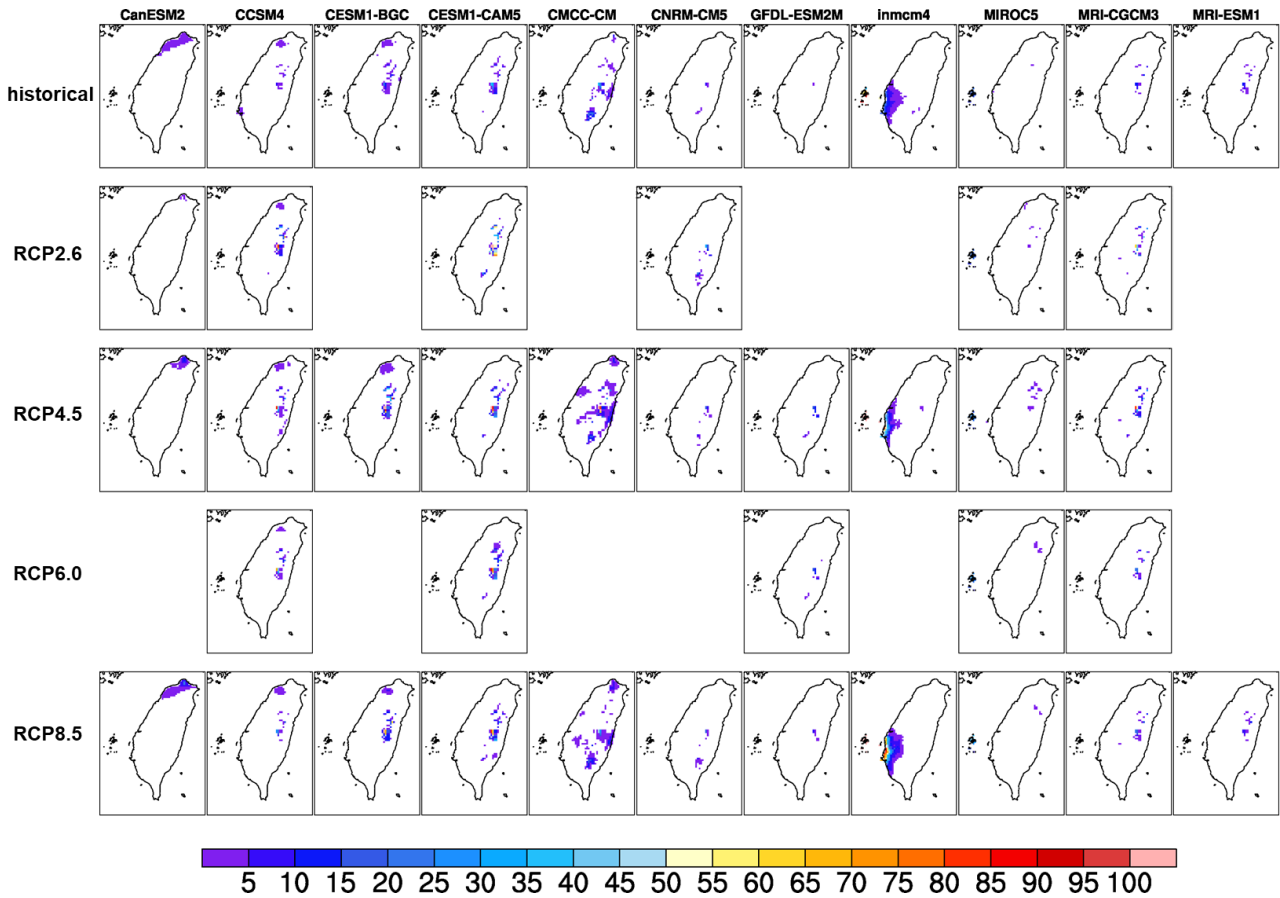


圖 5、日較差負值發生次數統計空間分布圖，每一行分別為不同模式，每一列代表不同情境 (historical 歷史模擬以及不同 RCPs)。

由 34 個氣候模式在歷史模擬時期 1960-2005 年的系集統計結果(圖 6)，V2 版相較於 V1 版的最高溫、最低溫與平均溫的差異分布在山區稍微較明顯，其中最高溫略高於 V1 版，最低溫略低於 V1 版，平均溫則幾乎沒有差異，最高溫的全臺平均為 $+0.11^{\circ}\text{C}$ (模式範圍介於 $+0.09 \sim +0.12^{\circ}\text{C}$)、最低溫為 -0.14°C ($-0.16 \sim -0.12^{\circ}\text{C}$)，平均溫為 -0.02°C ($-0.02 \sim -0.01^{\circ}\text{C}$)。

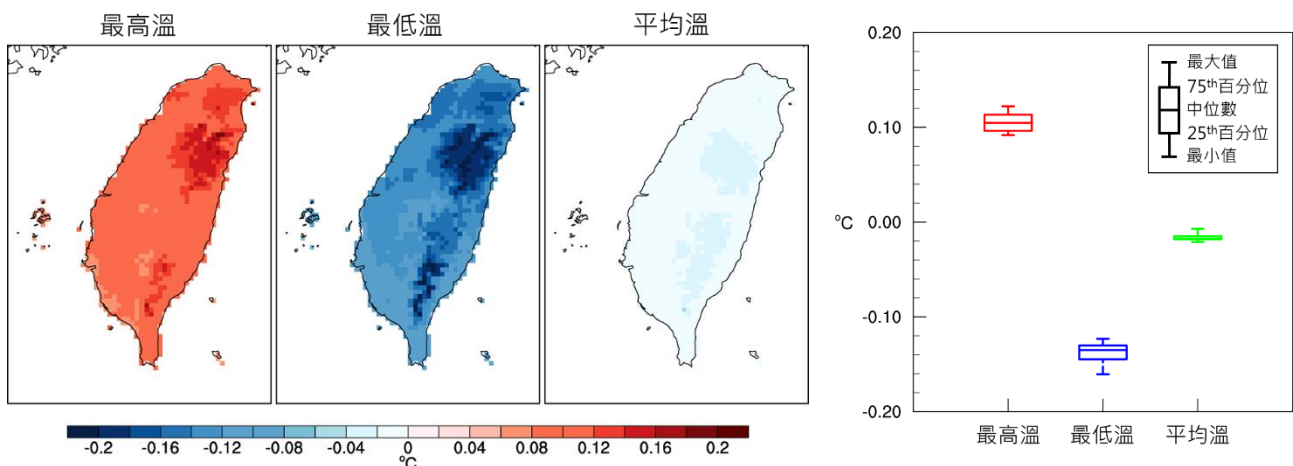


圖 6、歷史模擬時期(1960-2005 年)平均最高溫、最低溫與平均溫不同版本的差異(V2 相較於

V1 版)。(a) 系集平均的空間分布。(b) 所有模式全臺平均值的盒鬚圖。

全臺平均溫度變化的時間序列顯示兩個版本的溫度變化趨勢仍維持一致(圖 7)，模式之間的分佈範圍稍微縮小，不同情境之間以 RCP2.6 和 RCP4.5 的增溫稍微減少，RCP6.0 和 RCP8.5 則沒有甚麼變化。世紀中(2036-2065 年)和世紀末(2071-2100 年)的平均溫度推估變化如圖 8，V2 版在山區網格的增溫低於 V1 版，其中 RCP2.6 和 RCP4.5 情境較為明顯，表 3 則為全臺平均溫度變化值，該結果顯示兩個版本主要差異在於部分山區的增溫幅度減小。

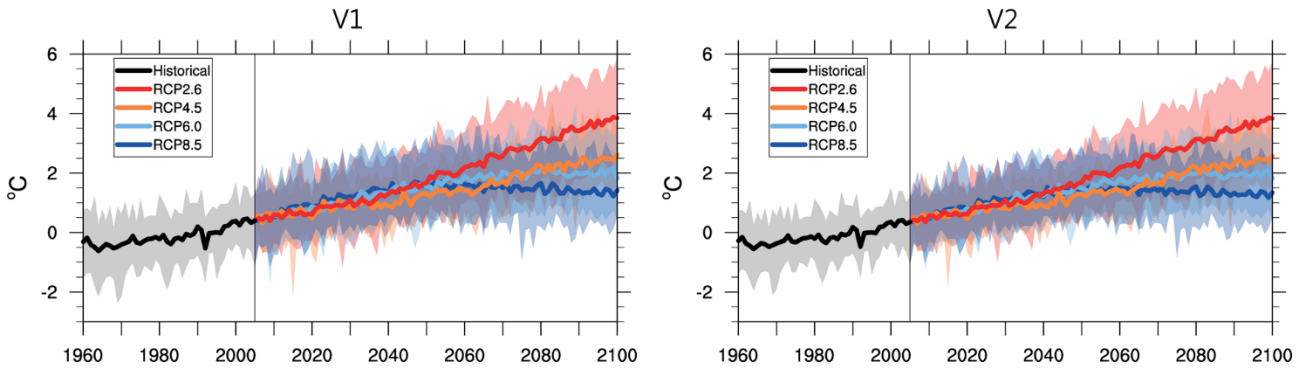


圖 7、全臺平均溫度變化的年時間序列，左圖為 V1 版，右圖為 V2 版。基期使用 1976-2005 年平均，粗線為系集平均值，陰影代表不同情境下所有模式的分佈範圍，縱軸為溫度距平，橫軸為年份。

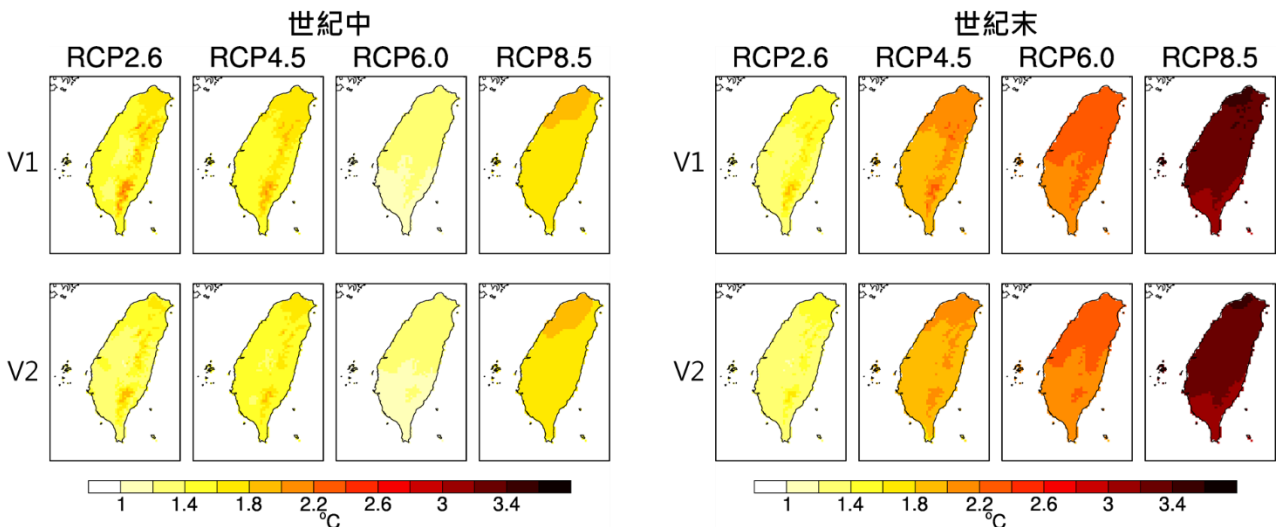


圖 8、兩個版本溫度資料在不同情境下的平均溫度變化之空間分布圖，左圖為世紀中(2036-2065 年)，右圖為世紀末(2071-2100 年)，為多模式系集平均的結果。

表 3、兩個版本溫度資料在不同情境下至世紀中和世紀末的全臺平均溫度推估變化，基期使用 1976-2005 年平均，表中數值為系集平均的結果。

	世紀中(2036-2065)				世紀末(2071-2100)			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
V1	1.55	1.59	1.22	1.75	1.43	2.00	2.22	3.29
V2	1.42	1.52	1.21	1.75	1.34	1.94	2.20	3.27