

TCCIP AR6氣候資料在森林研究領域 的轉化與應用

行政院農業委員會林業試驗所 | 林奐宇 副研究員

AR6新資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會



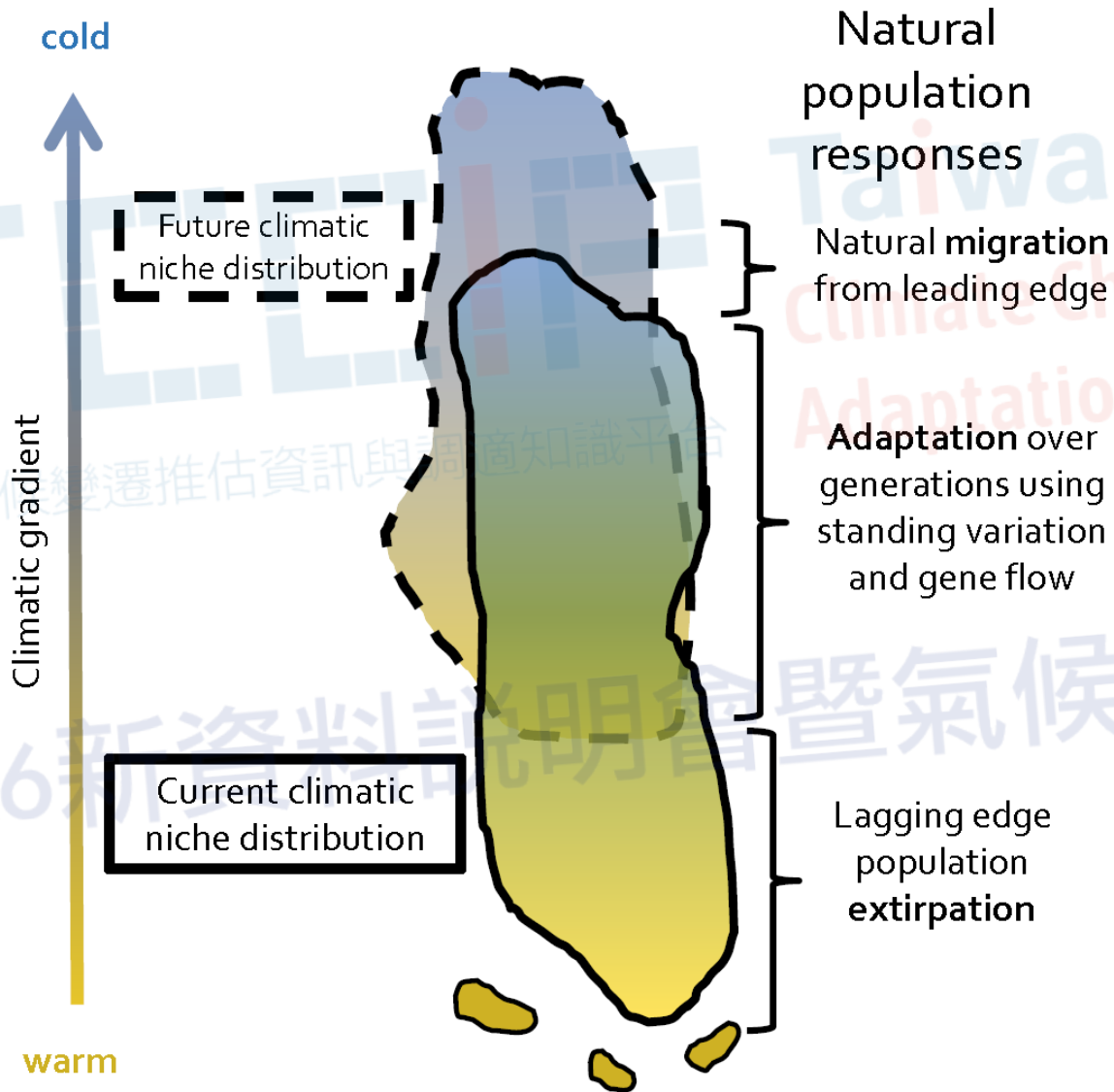
我們觀察到的現在森林分布，是經過氣候、土壤、地質、干擾事件與生物播遷等因素的綜合結果





仔細觀察一片山頭，你會發現綠色森林有著不盡相同的外貌。樹木或尖、或圓，顏色或深、或淡...

森林樹種的氣候變遷衝擊量化方式



■ Leading edge

- 擴張領域，與原居住者產生競爭

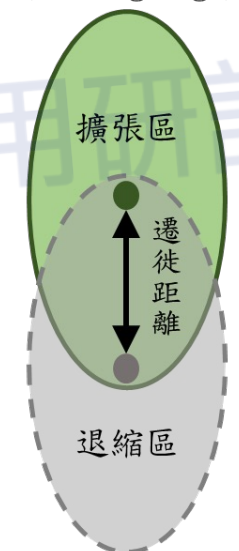
■ Retreating edge

- 健康劣化、干擾增加，被後來者排除

■ Stable area

- 在變遷預測期間相對穩定，適合生存或經營的區域

遷徙擴張前緣
(Leading edge)



最適氣候條件的變化方向

Aitken et al. 2015

如何讓5km網格化氣候資料更貼合山區的研究需求？

How diverse the climate environment is inside a 25-km² area?

對森林生態研究者而言，5km網格化資料若能克服這些問題，那就更完美了！

1. 反映地形高差造成的局部氣候差異
2. 除了溫度及雨量因子，能擴增其他生物氣候因子如積溫、溫量指數等
3. 直接納入與森林研究常用的資料分析軟體，避免額外軟體的轉換處理

<https://www.taroko.gov.tw/>

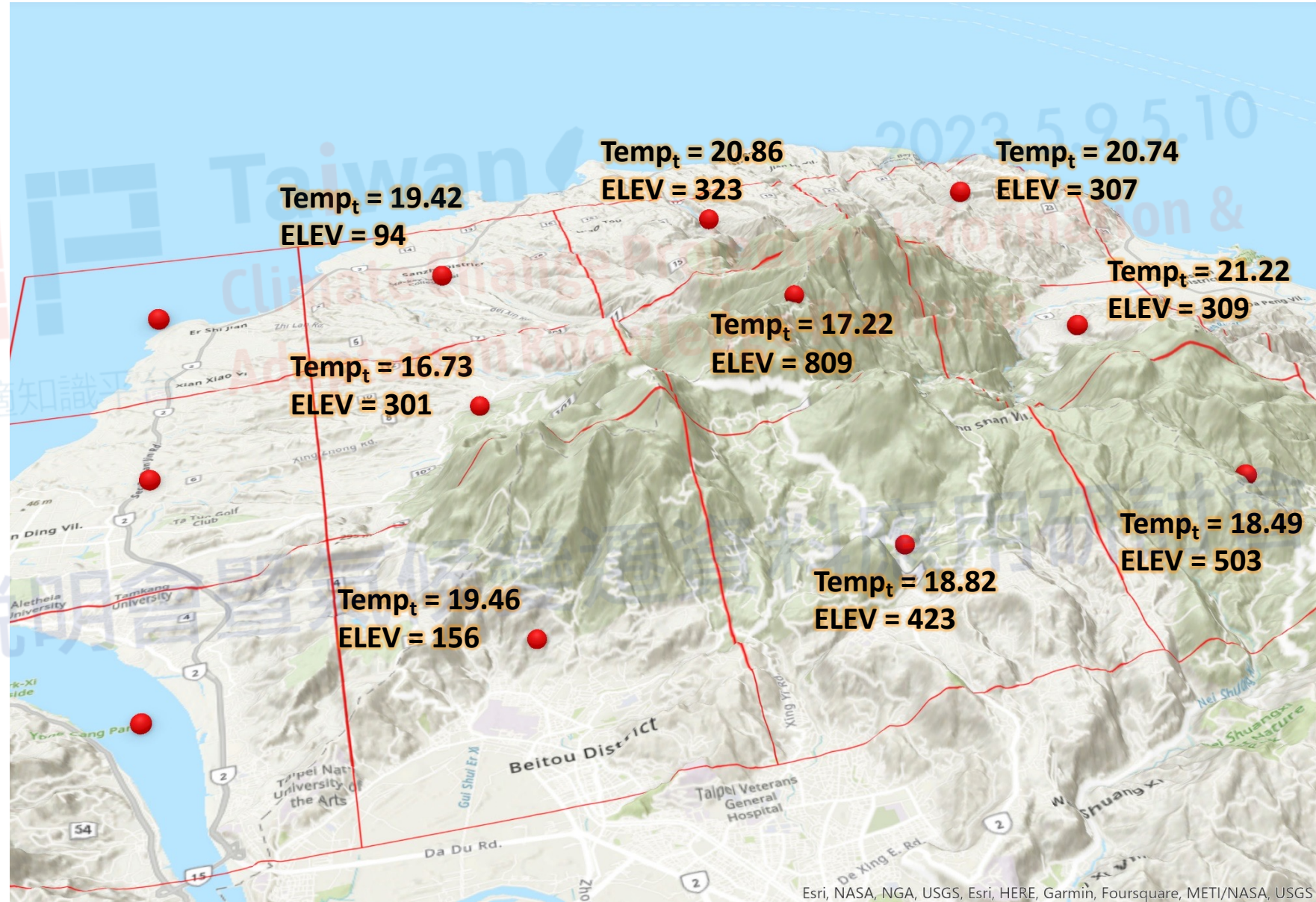
想想看，怎麼讓網格化資料更適用於山區環境？



以 AR6 日、月尺度資料開發山區降尺度工具

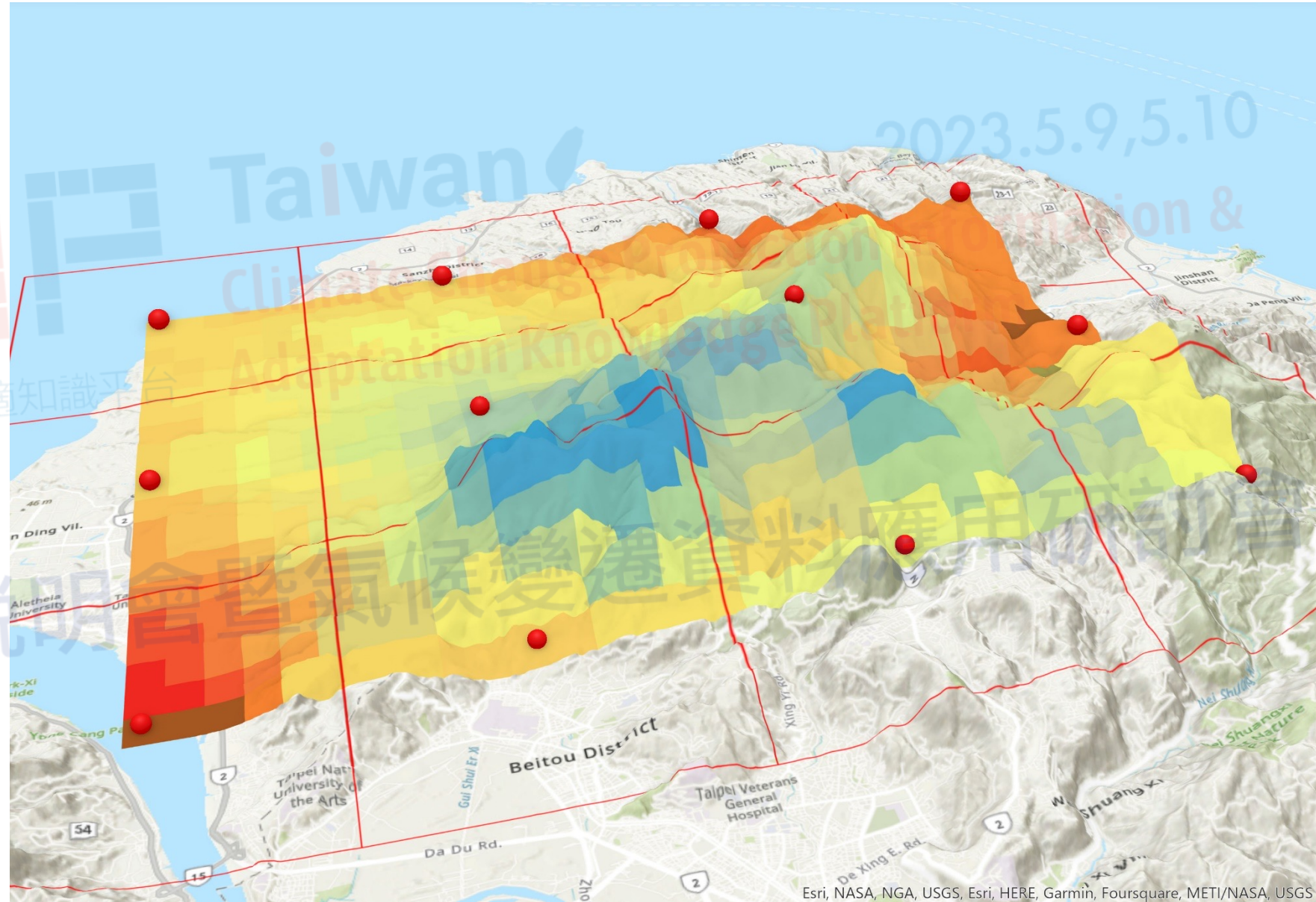
■ 本工具的特性

- 目標：針對植物的分布座標及調查時間，產生相對應的氣候資料
- 作法：將網格化氣候資料，依地表高程及氣候遞減率特性，進行局部校正及空間解析度提高
- 不改變網格控制點的原有氣候估計值



以 AR6 日、月尺度資料開發山區降尺度工具

- 以 1km 解析度對 TCCIP 網格資料進行內插與海拔修正
- TCCIP 格點原有估計值不受本方法影響
- 具有自由尺度 (scale-free) 特性



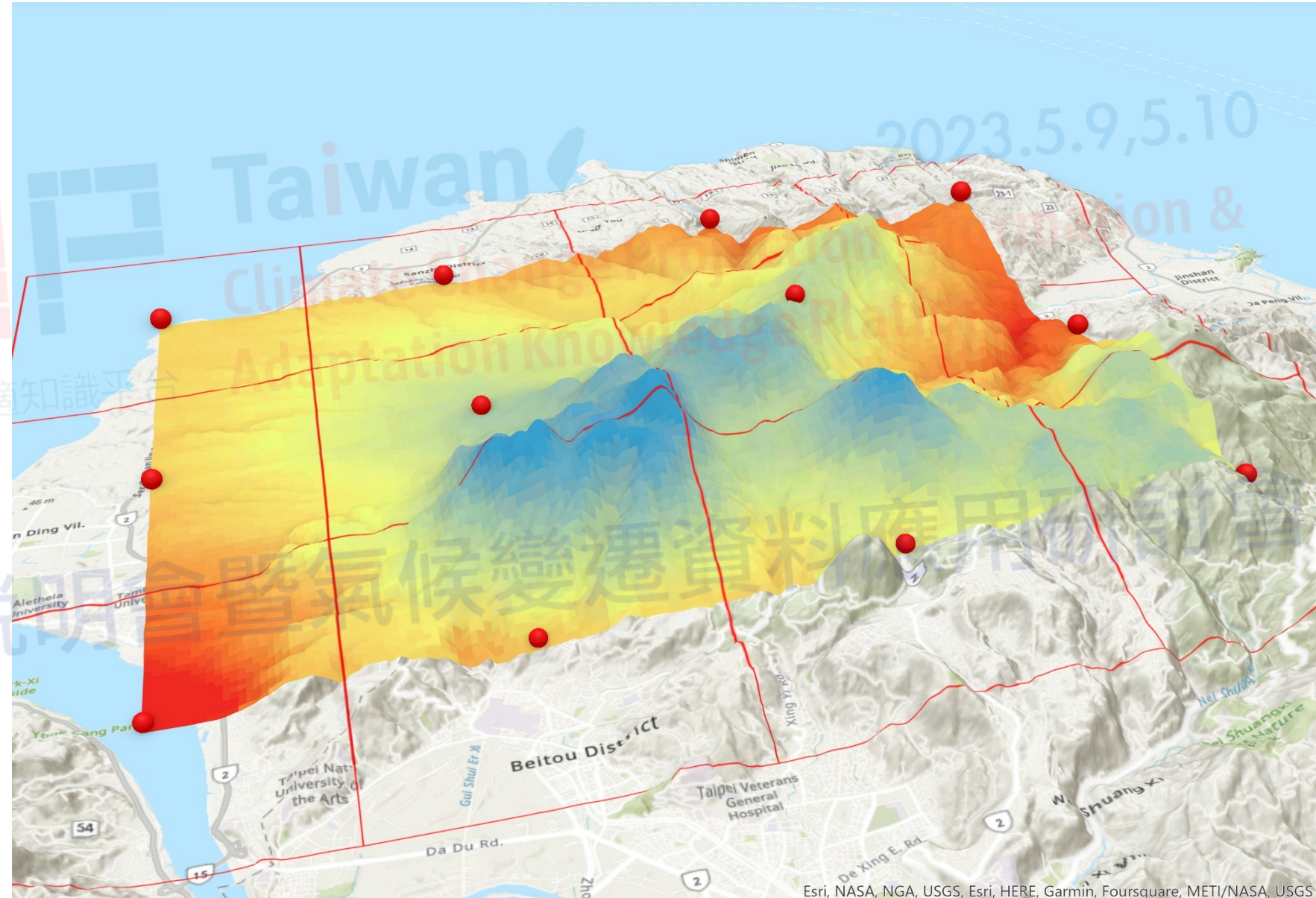
以 AR6 日、月尺度資料開發山區降尺度工具

- 以 100m 解析度對 TCCIP 網格資料進行內插與海拔修正
- Dynamic local regression 可獲得與地形變化高度契合的氣候圖層，與森林樹種的空間分布具有高度統計相關
- 可依據 TCCIP 發佈圖層，產製歷史期間及不同未來情境的氣候資料

Clim.regression



ClimateAP

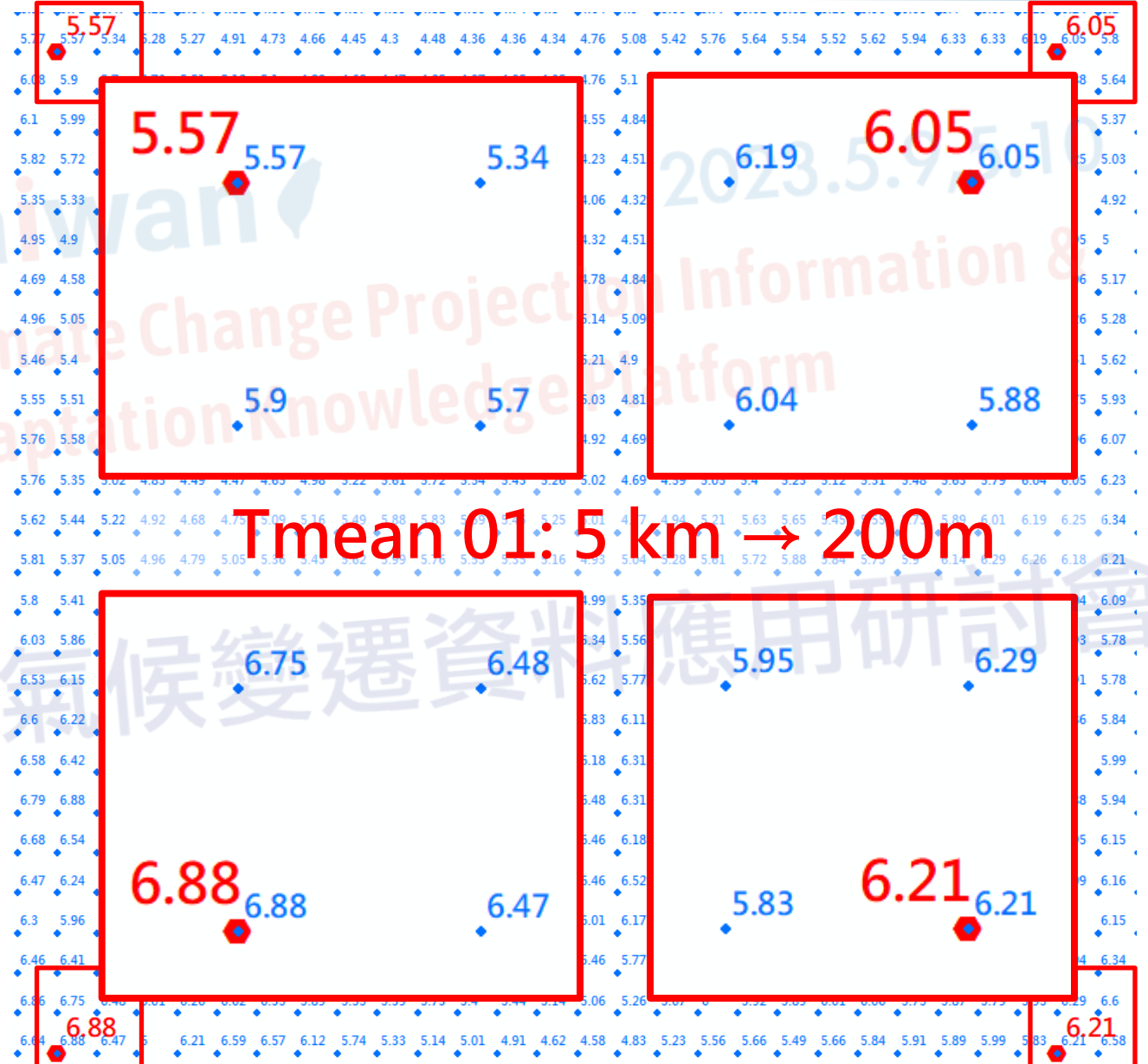


在不改變原有資料前提下進行空間內插

■ 以TCCIP網格中心為控制點，推估結果的精度與來源資料相同

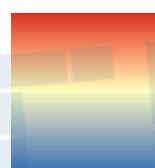
- 本方法具備雙向線性內插及利用海拔差值修正氣候參數特性，當推估點與來源網格點相同時，因水平距離為零、海拔差距亦為零，故所得推估值將與來源資料完全一致
- 在5km解析度下，本方法不會改變TCCIP網格化資料的精度

以TCCIP網格為控制點，
不改變原始資料



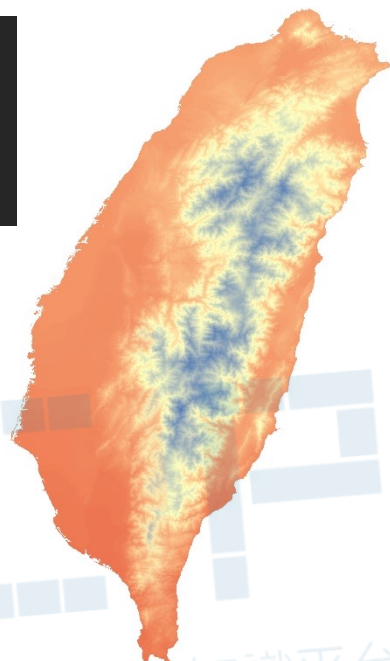
TaiESM1 @ SSP245, AR6

MAT (°C)

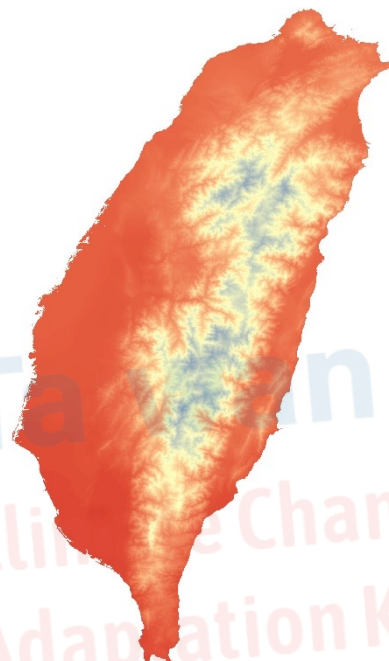


High : 29

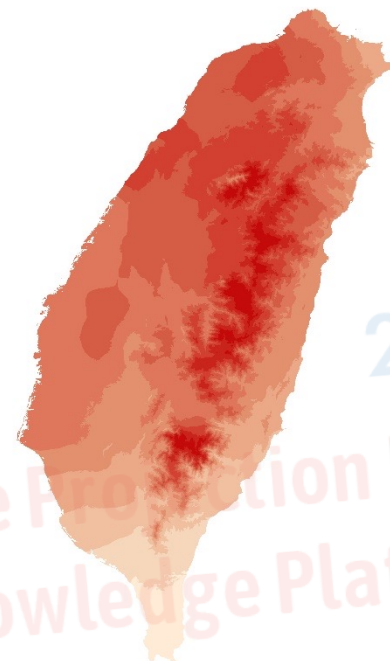
Low : 6



Baseline 1986-2005

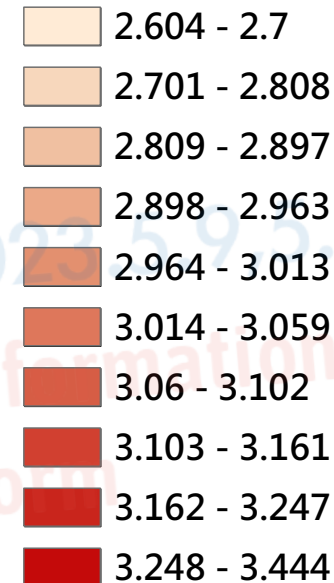


Future 2080-2100

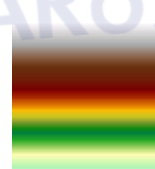


Difference

MAT diff. (°C)

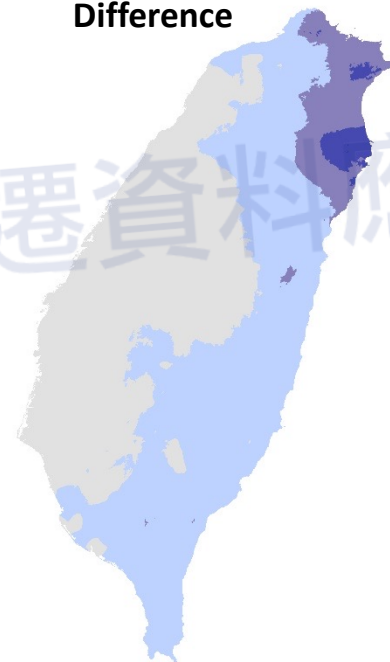
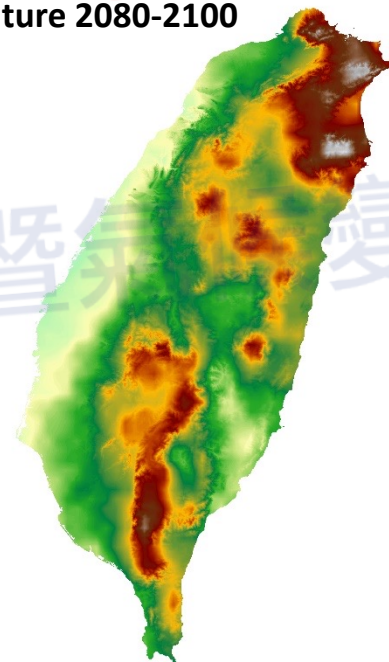
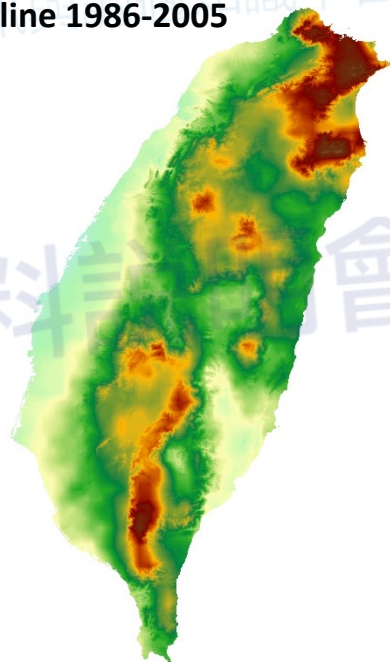


MAP (mm)

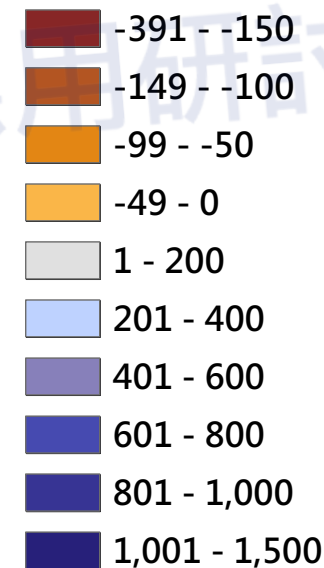


High : 5000

Low : 800

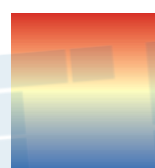


MAP diff. (mm)



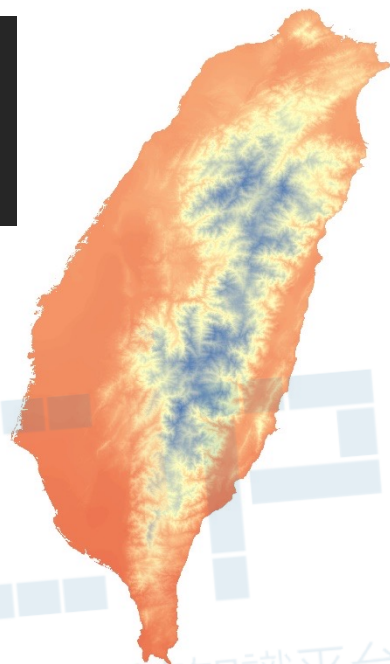
NESM3 @ SSP245, AR6

MAT (°C)

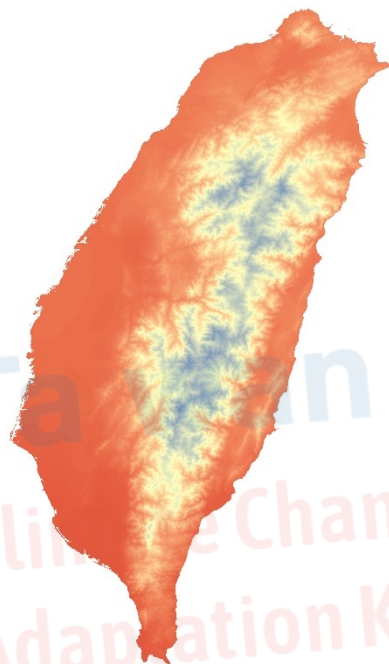


High : 29

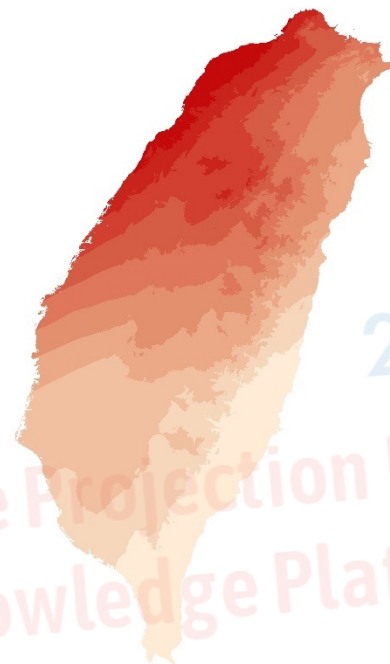
Low : 6



Baseline 1986-2005

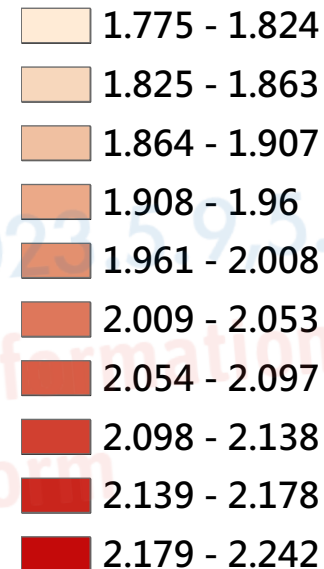


Future 2080-2100

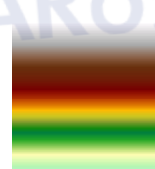


Difference

MAT diff. (°C)

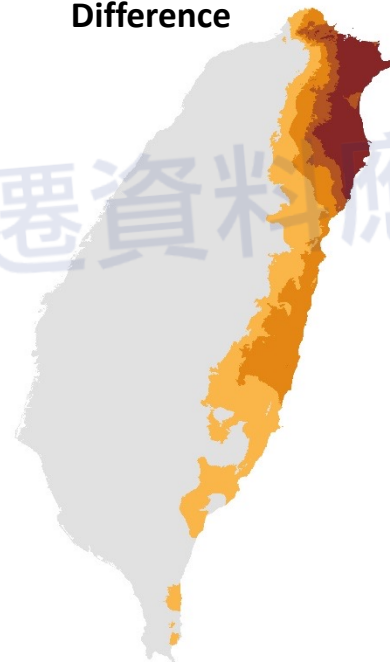
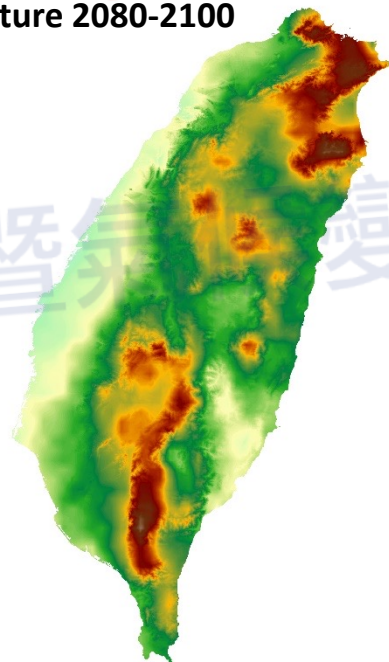
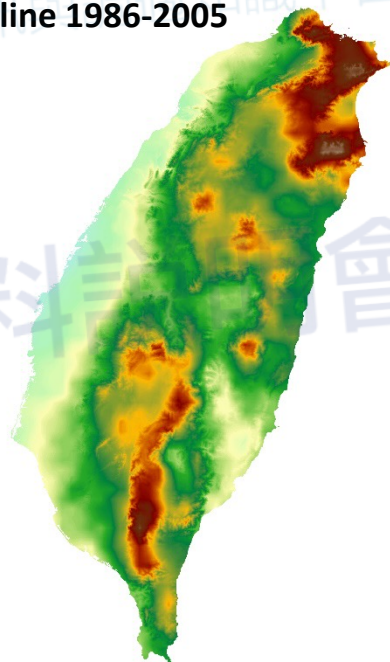


MAP (mm)

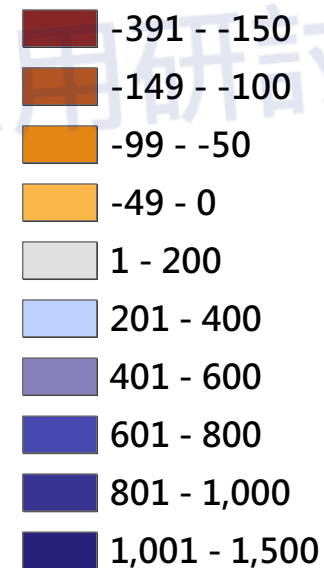


High : 5000

Low : 800



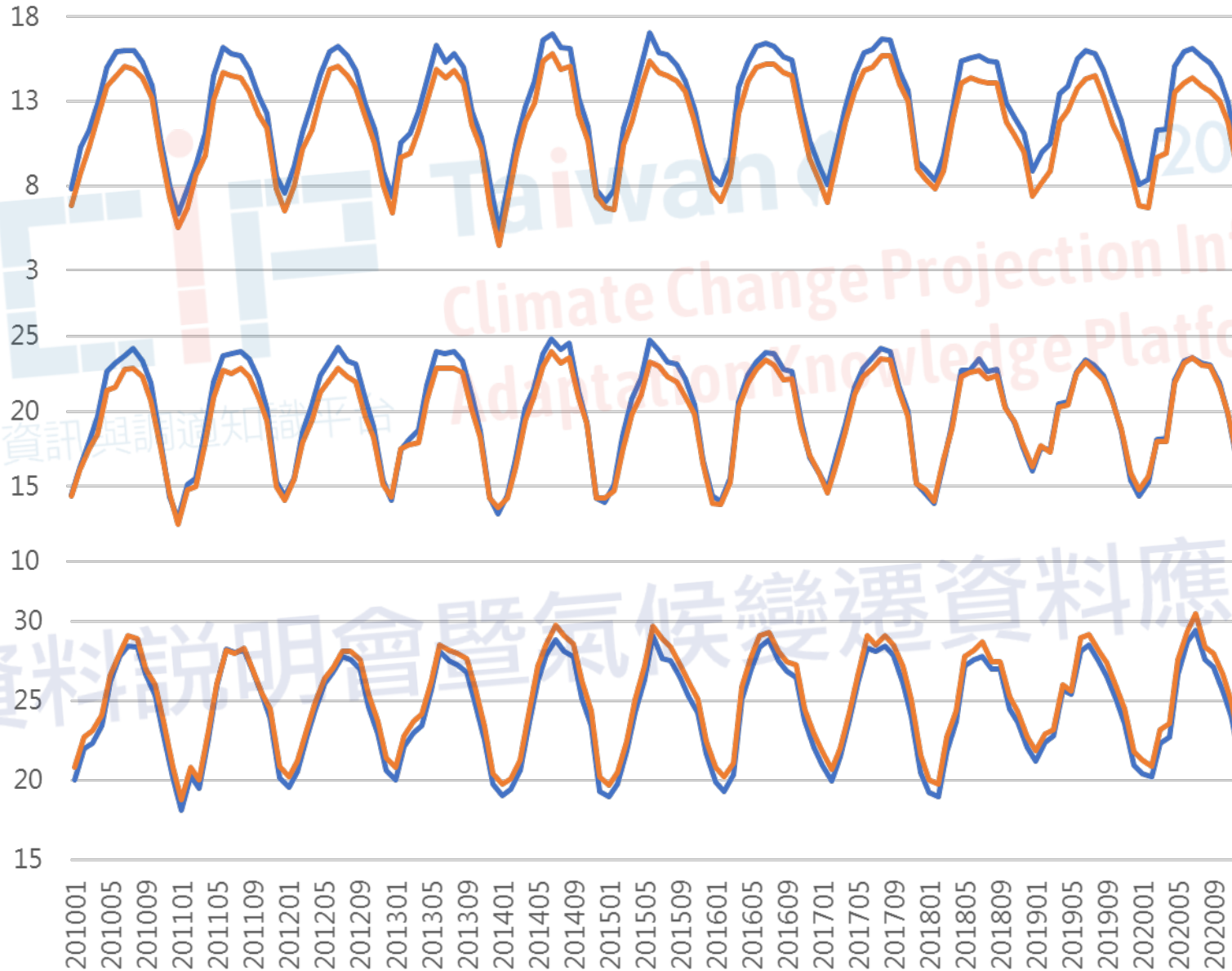
MAP diff. (mm)



Clim.regression v2的精度驗證

— 實測值
— Clim.regression v2
估計值

阿里山測站
elev = 2413m



2023.5.9/5.10
月均溫絕對誤差
1.10°C

日月潭測站
elev = 1017m

月均溫絕對誤差
0.56°C

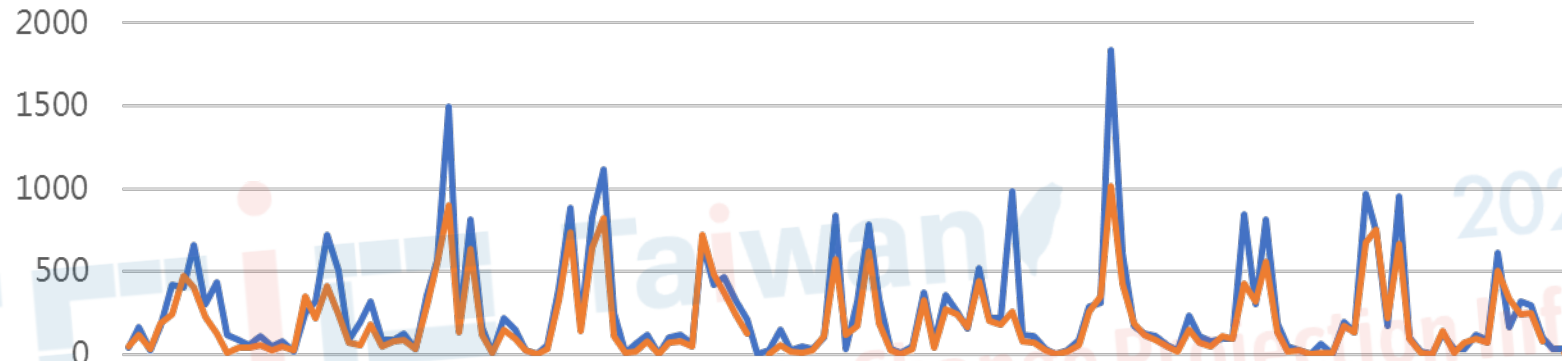
大武測站
elev = 8m

月均溫絕對誤差
0.68°C

Clim.regression v2的精度驗證

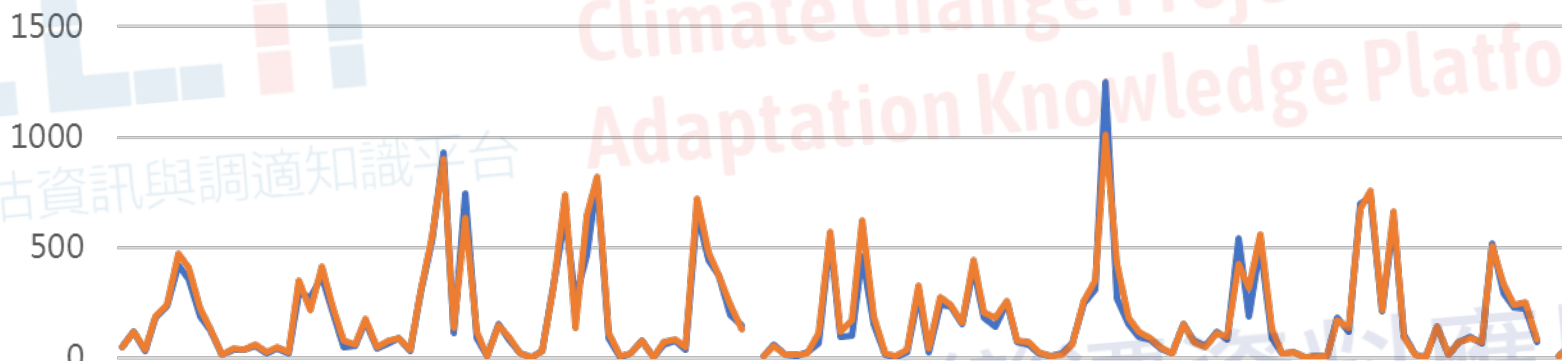
— 實測值
— Clim.regression v2
估計值

阿里山測站
elev = 2413m



月降水絕對誤差
63.36mm

日月潭測站
elev = 1017m



月降水絕對誤差
23.88mm

大武測站
elev = 8m



月降水絕對誤差
15.70mm

201001 201005 201009 201101 201105 201109 201201 201205 201209 201301 201305 201309 201401 201405 201409 201501 201505 201509 201601 201605 201609 201701 201705 201709 201801 201805 201809 201901 201905 201909 202001 202005 202009

Clim.regression v2的精度驗證

■ 驗證之ground truth：TCCIP提供2000-2020年中央氣象局歷史觀測月平均資料

- 氣溫：中央氣象局局屬測站29處、自動測站481處，共510處
- 降雨：中央氣象局局屬測站29處、自動測站710處，共739處

■ 驗證方法

- 依據測站經緯度、海拔及觀測時間，由clim.regression v2產生對應之月均溫、月降雨資料
- 計算每一筆觀測與推估資料的絕對誤差（AE），計算21年間的平均絕對誤差（MAE）情形

■ 結果

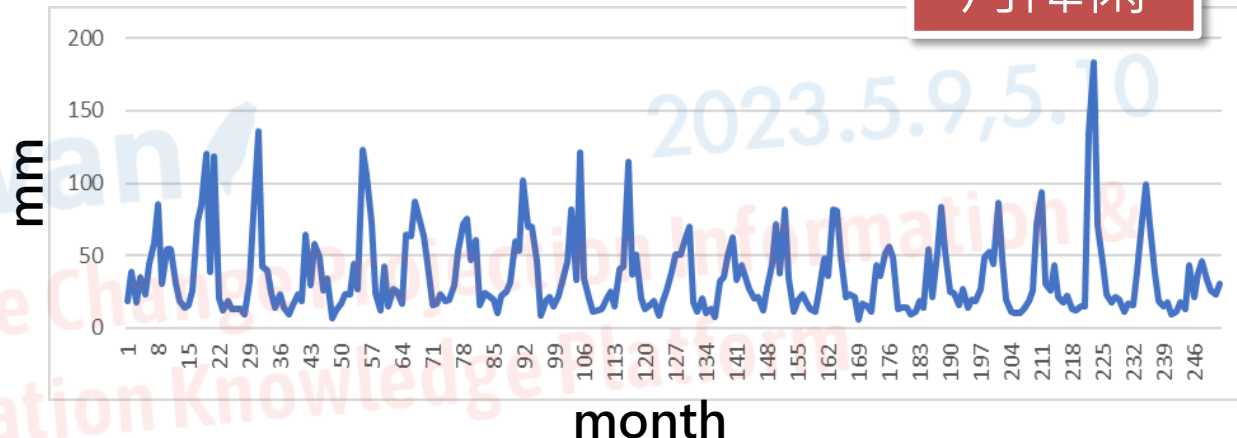
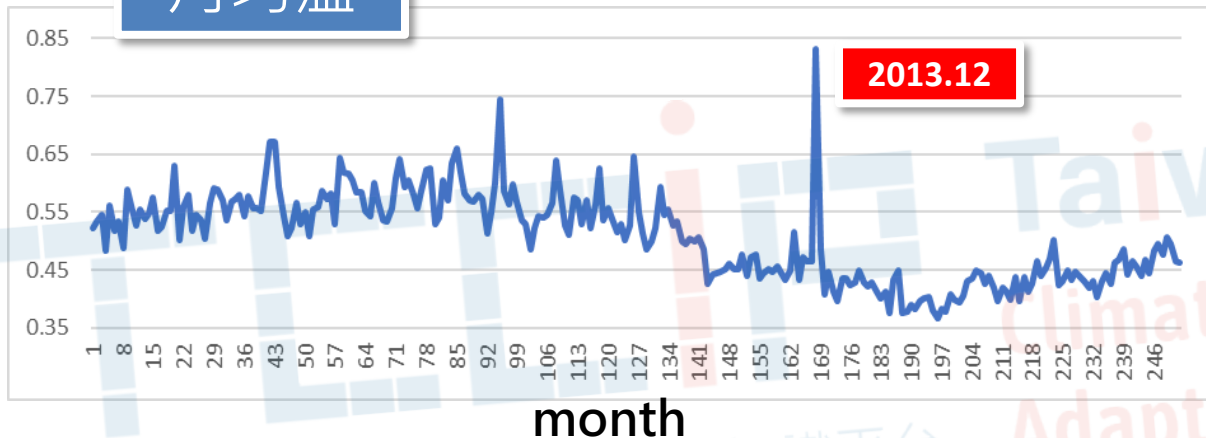
- 以510處測站資料，計算獲得**月均溫之MAE為0.48°C**
- 氣溫推估誤差與測站密度顯著相關，與TCCIP網格化資料本身之誤差分布一致
- 以739處測站資料，計算獲得**月降雨之MAE為35.89mm**
- 降雨推估誤差集中在東北部、北部地區與高山測站，中低海拔區域無明顯誤差

Clim.regression v2的精度驗證

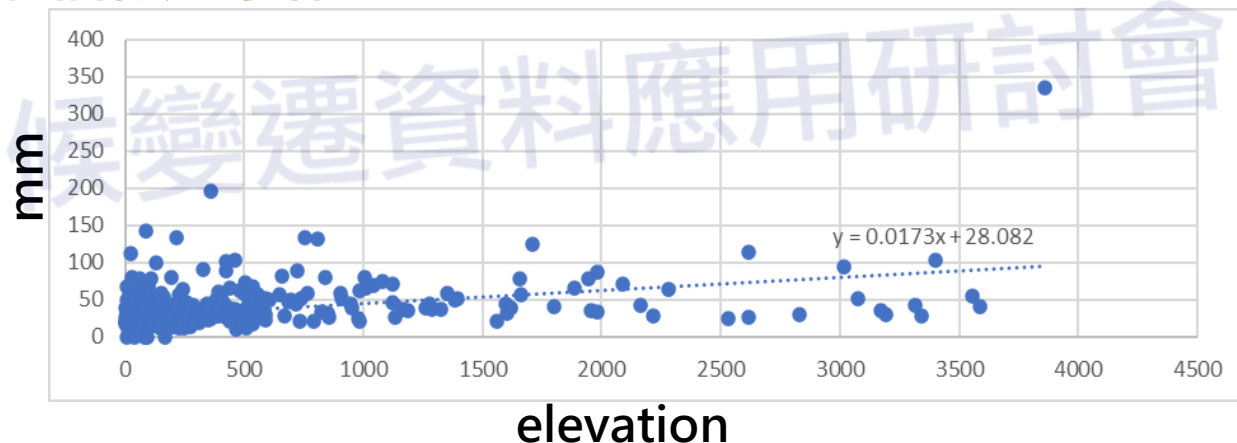
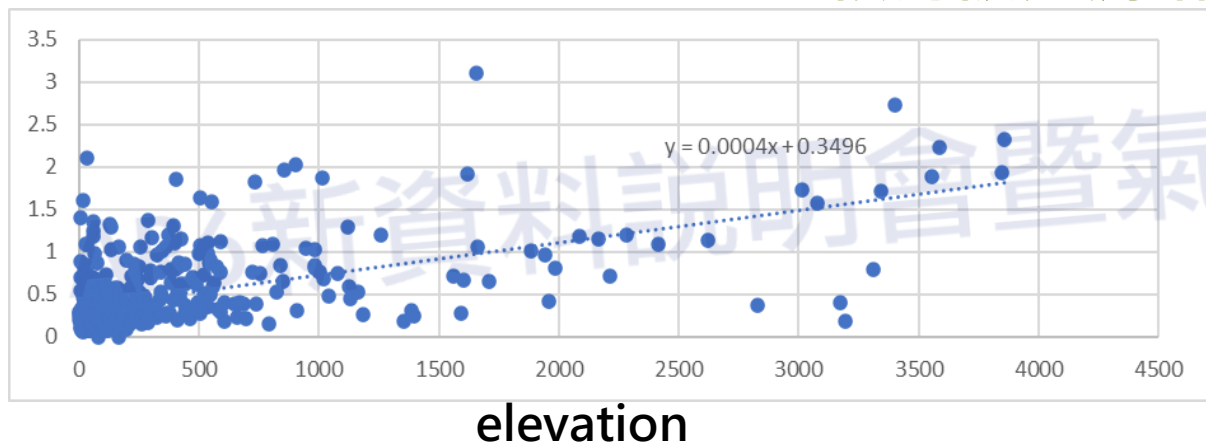
月均溫

依月份序列之平均推估誤差變化

月降雨



依海拔之測站推估誤差變化



開發R套件：clim.regression v2 森林氣候工具

- 以R語言撰寫
- 產生66個基本氣候參數及72個生物相關氣候因子
- 輸出氣候資料的空間解析度，由使用者輸入的興趣點決定
- 產製全臺250m解析度圖層 (含138輸出氣候資料欄位)，約需6-8分鐘

clim.regression v2 輸出氣候因子		欄位數	說明
Monthly variables	precip 01-12	12	每月累積降雨量
	tmin 01-12	12	每月平均低溫
	tmean 01-12	12	每月平均氣溫
	tmax 01-12	12	每月平均高溫
Seasonal variables	precip DJF, MAM, JJA, SON	4	每季累積降雨量
	tmin DJF, MAM, JJA, SON	4	每季平均低溫
	tmean DJF, MAM, JJA, SON	4	每季平均氣溫
	tmax DJF, MAM, JJA, SON	4	每季平均高溫
Annual variables	MAP	1	年累積降雨量
	MAT	1	年平均氣溫
Biotic climate derivatives	AHM	1	年熱濕指標
	SHM	1	生長季熱濕指標
	CD 01-12	12	每月冷積溫度
	GD 01-12	12	每月生長積溫
	DM 01-12	12	乾旱月份 (Su, 1985)
	PD 01-12	12	缺水指標 (Su, 1985)
	WPR	1	冬季降水比例 (Li et al., 2013)
	MSP	1	生長季降水量
	WI	1	溫量指標
	BIO 01-19	19	WorldClim 生物氣候因子
	小計	138	

開發R套件：clim.regression v2 森林氣候工具



clim.regression_v2.historical (target.points, climate.dir, from, to)

clim.regression_v2.future (target.points, climate.dir, GCM, SSP, from, to)

歷史期間網格化觀測資料：

- 以TCCIP網格化觀測資料 (1960-2020) 為來源
- 自設降尺度目標圖層，可為固定距離網格點，亦可為X, Y, Z散佈資料 (如植物分布地點、如臺灣百岳座標)
- 涵蓋台灣地區 (不含金門、馬祖)

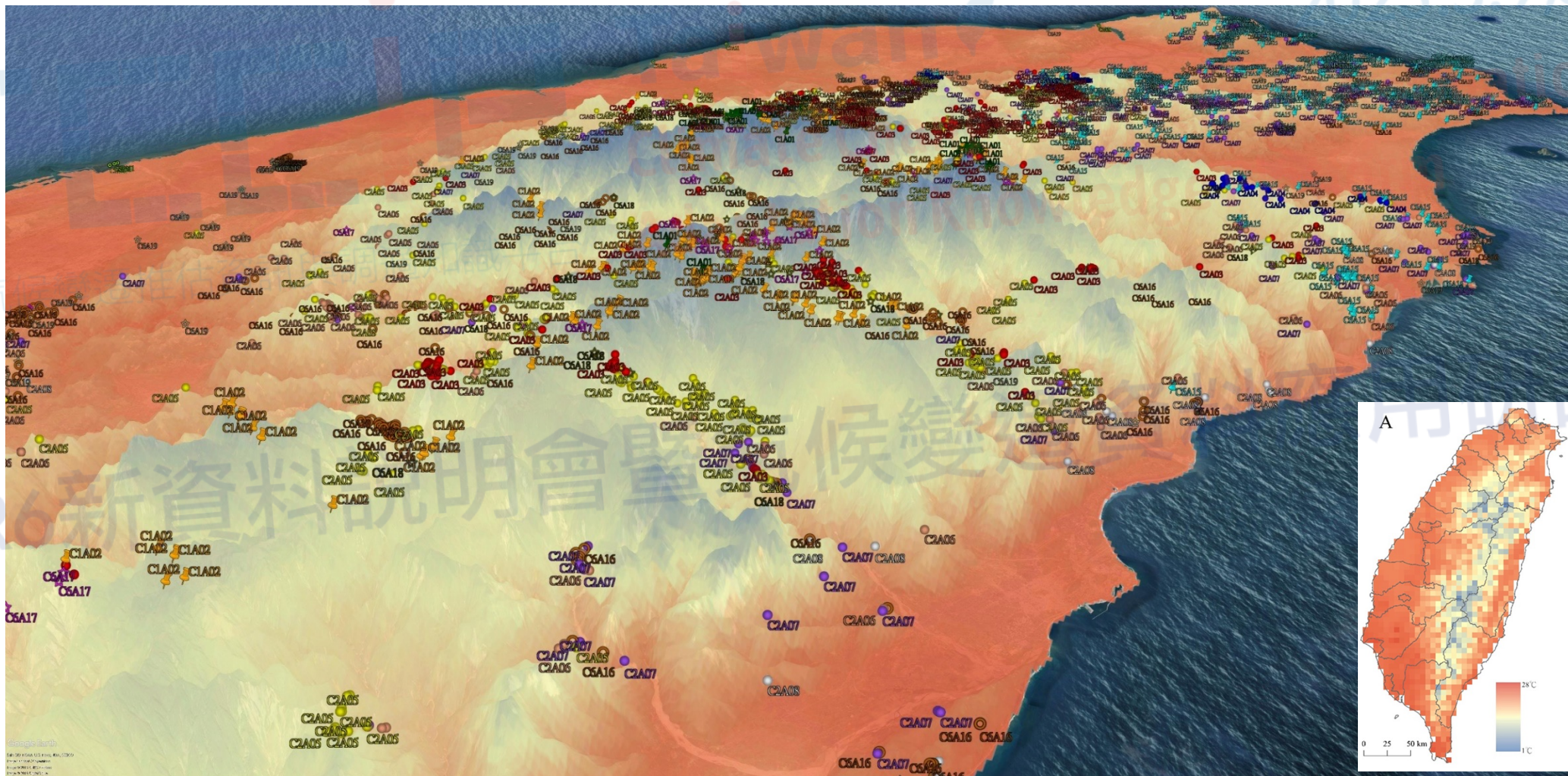
未來階段網格化推估資料

- 以TCCIP AR6網格化資料 (1960-2100) 為來源
- 使用方法與.historical指令相同，僅需增加指定未來階段採用的GCM及SSP情境 (28種、4情境)

GCM_NO	GCM	SSP_NO			
		1 ssp126	2 ssp245	3 ssp370	4 ssp585
1	ACCESS-CM2	V	V	V	V
2	ACCESS-ESM1-5	V	V	V	V
3	AWI-CM-1-1-MR	V	V	V	V
4	BCC-CSM2-MR	V	V	V	V
5	CanESM5	V	V	V	V
6	CMCC-ESM2	V	V	V	V
7	EC-Earth3	V	V	V	V
8	EC-Earth3-AerChem			V	
9	EC-Earth3-CC		V		V
10	EC-Earth3-Veg	V	V	V	V
11	EC-Earth3-Veg-LR	V	V	V	V
12	FGOALS-g3	V	V	V	V
13	GFDL-CM4		V		V
14	GFDL-ESM4	V	V	V	V
15	IITM-ESM	V			
16	INM-CM4-8	V	V	V	V
17	INM-CM5-0	V	V	V	V
18	IPSL-CM6A-LR	V	V	V	V
19	KACE-1-0-G	V	V	V	V
20	KIOST-ESM	V	V		V
21	MIROC6	V	V	V	V
22	MPI-ESM1-2-HR	V	V	V	V
23	MPI-ESM1-2-LR	V	V	V	V
24	MRI-ESM2-0	V	V	V	V
25	NESM3	V	V		V
26	NorESM2-LM	V	V	V	V
27	NorESM2-MM	V	V	V	V
28	TaiESM1	V	V	V	V

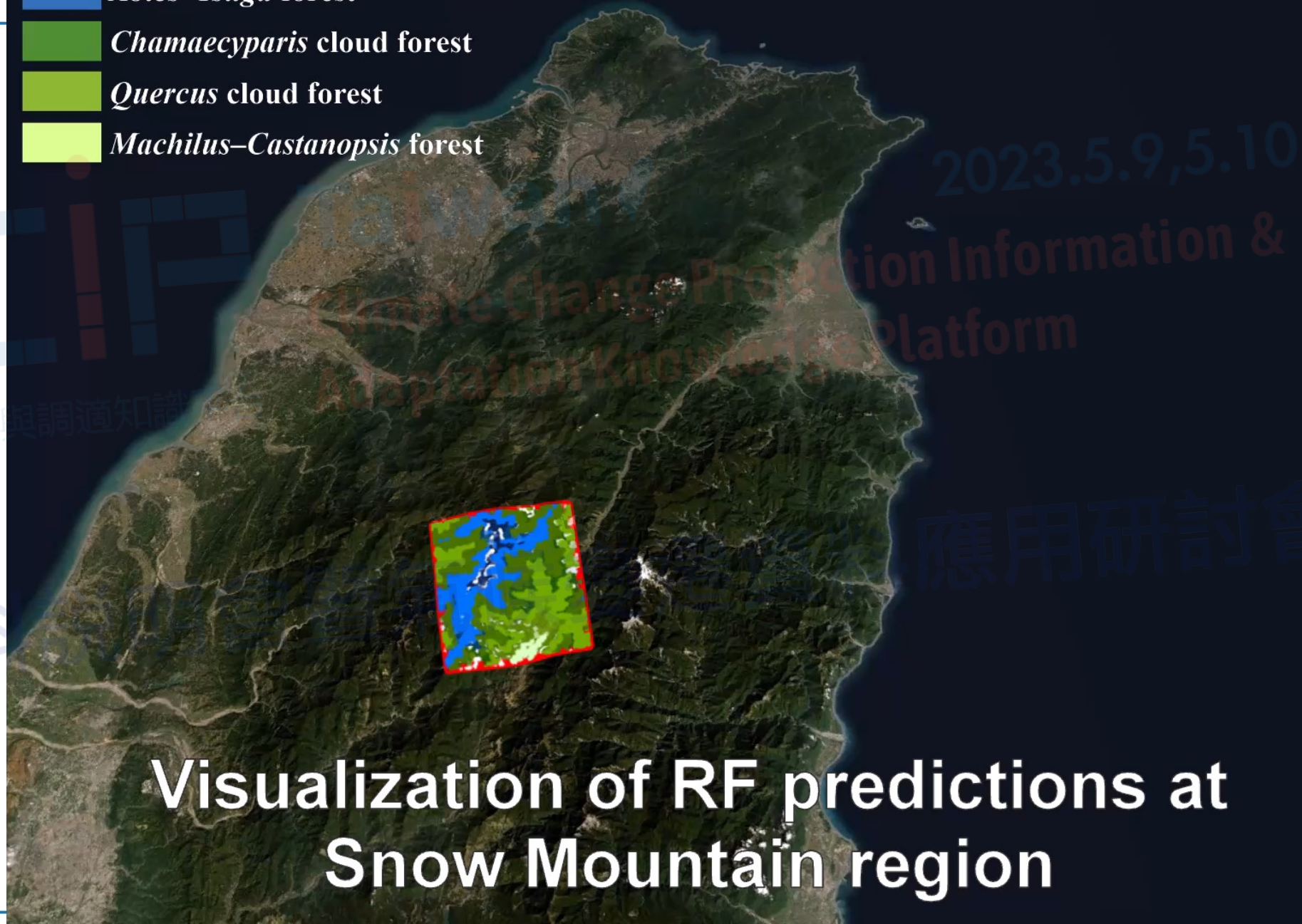
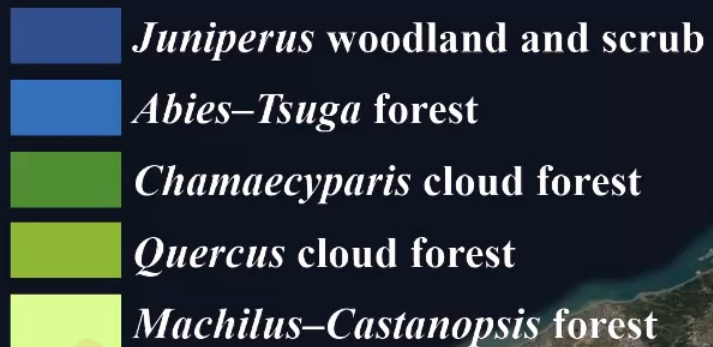
氣候變遷與植群研究

- 以TCCIP網格化資料及clim.regression工具，為全臺森林樣區產生歷史氣候資料
- 根據國家植群多樣性調查結果，森林樣區共分為21植被型，其中13型與氣候相關



實現高解析的森林分布預測

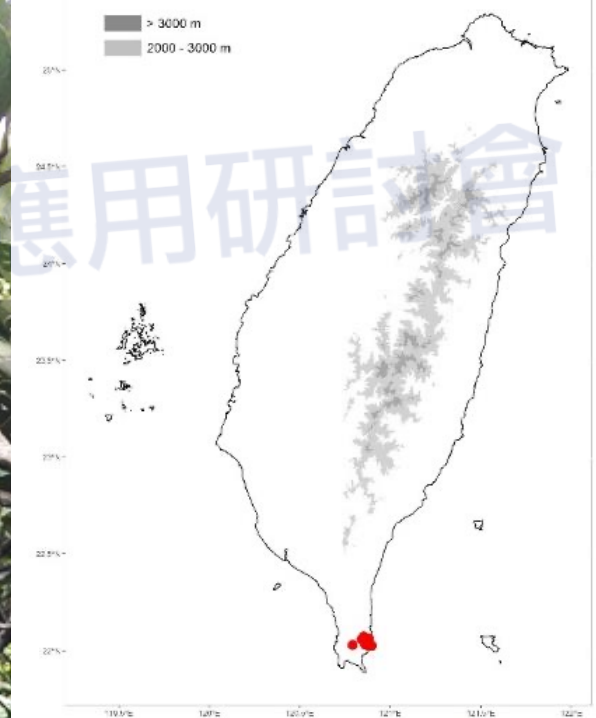
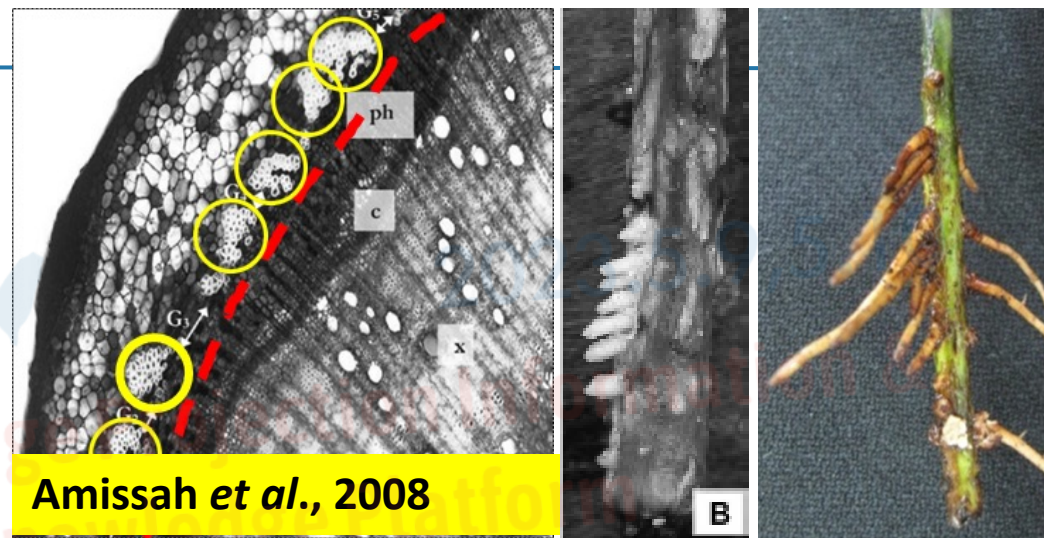
- 利用機器學習的隨機樣本與重複抽樣原則，構成各植群型的適存區域與機率
- 藉由各植群型適存機率比較，找出可容納多植群型共存的區域，類似生態交會帶 (ecotone) 之概念



氣候棲位模型在稀有植物復育應用

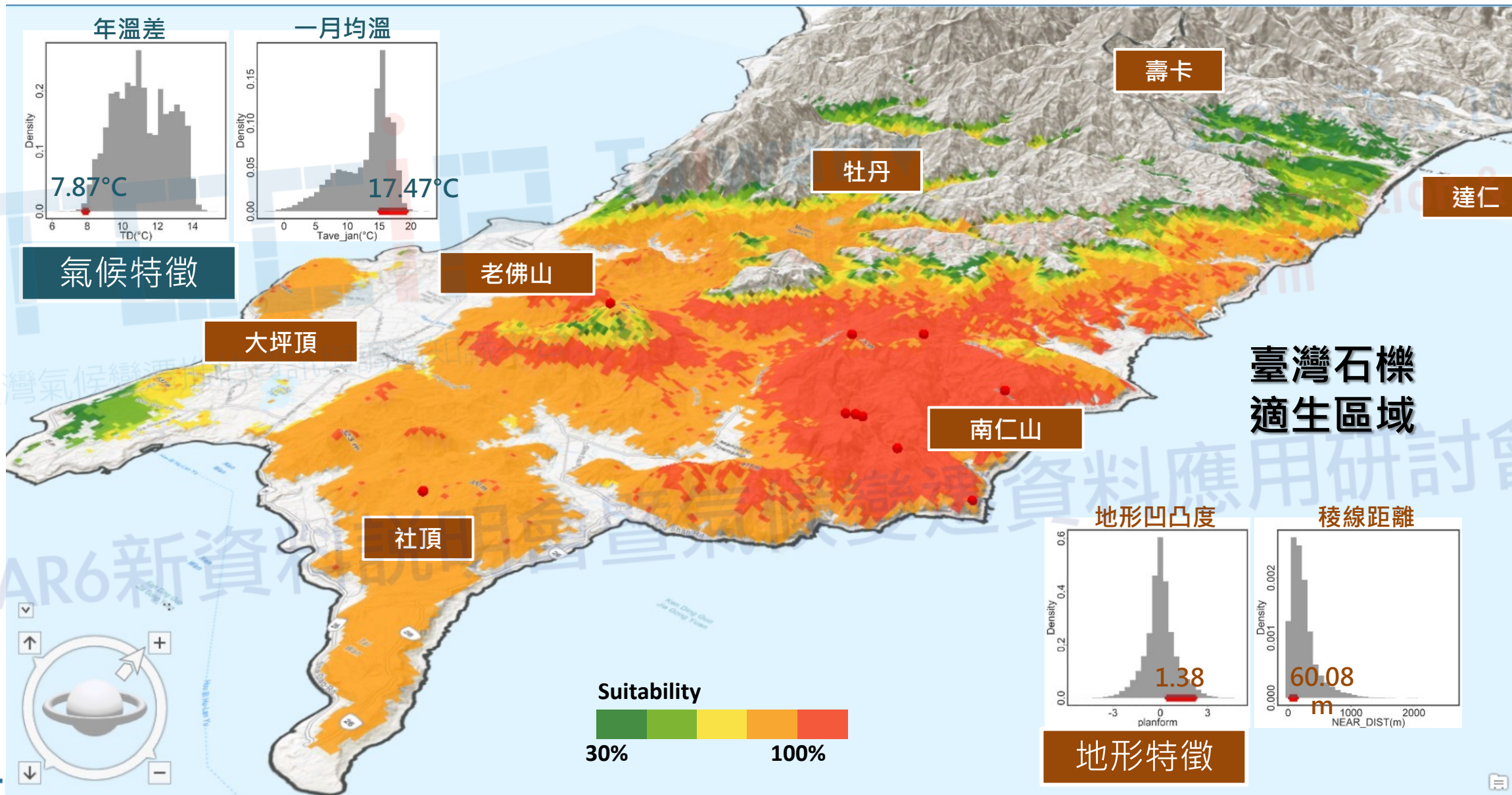
■ 台灣石櫟：開發人工繁殖技術，提高後代數量

- 種子發芽不易
- 一般扦插方式難以發根
- 插穗浸泡 500 ppm IBA 溶液 20-30 分鐘有較佳發根率
- 人工繁殖後，將後代送往鄰近且氣候適合的地點種植，擴大族群數量

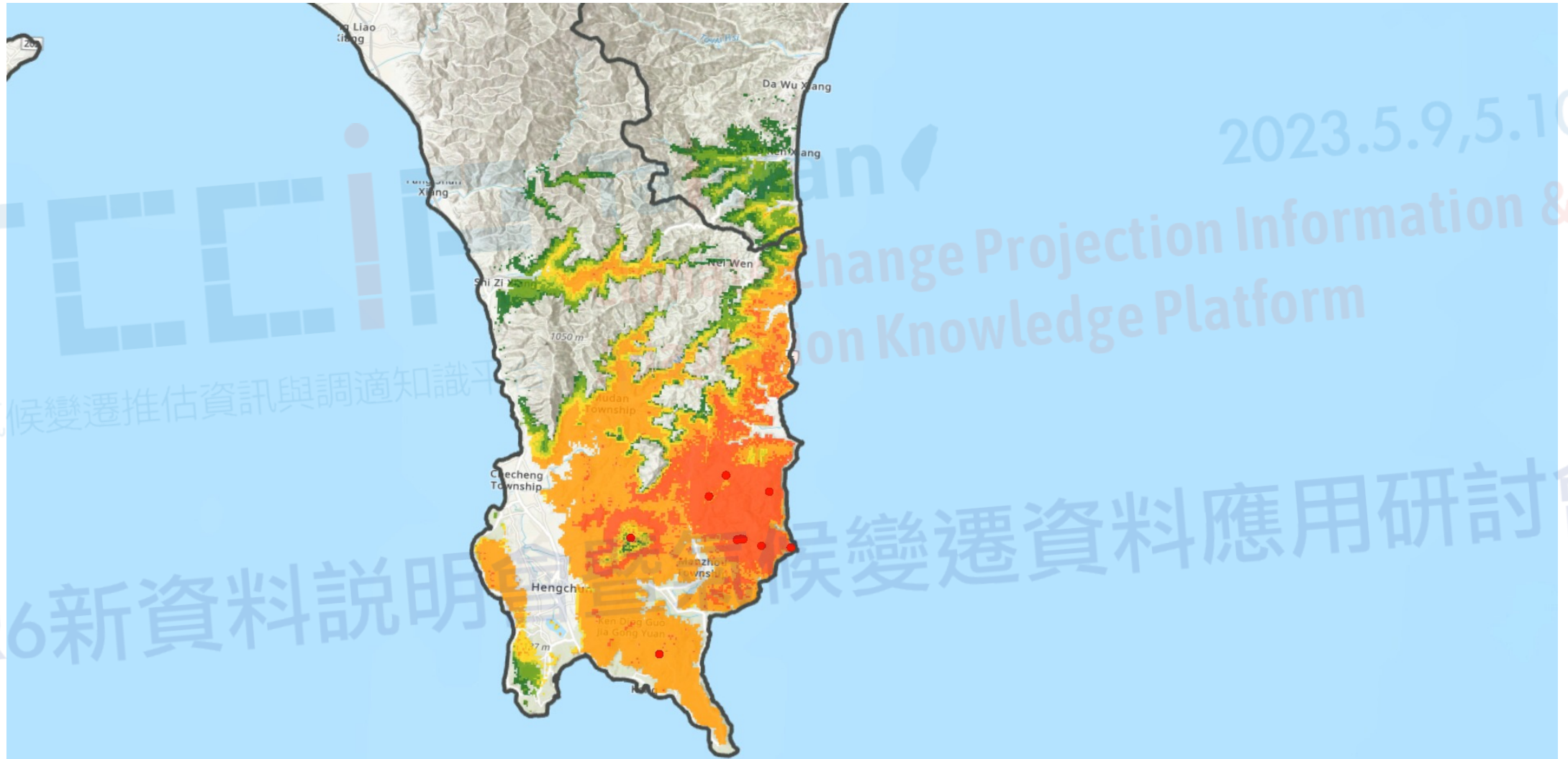


2017 年 09 月 30 日 採集

氣候棲位模型在稀有植物復育的應用



台灣石櫟：尋找適合的棲地，把後代送回去



- ❖ 立體視覺化的地理模型，可協助直觀化的保育規劃與現地推動
- ❖ 棲位模型具有可重複的模組化特性，可套用於不同物種的適生區域推估

TCCiP Taiwan

Climate Change Projection Information & Adaptation Knowledge Platform

2023.5.9,5.10

感謝聆聽

臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台



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



資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會

