



國立成功大學  
水利及海洋工程學研究所 碩士論文

區域氣候場對雨量降尺度之影響  
The impact of regional climate fields on  
precipitation downscaling

指導教授：游保杉  
學生：劉正欽  
日期：2010/06/28

# 大綱

1

緒論

2

研究區域與資料處理

3

空間統計降尺度法

4

統計降尺度結果與分析

5

結論與建議

1

緒論

2

研究區域與資料處理

3

空間統計降尺度法

4

統計降尺度結果與分析

5

結論與建議

## 緒論-研究動機與目的

### ❖ 研究動機：

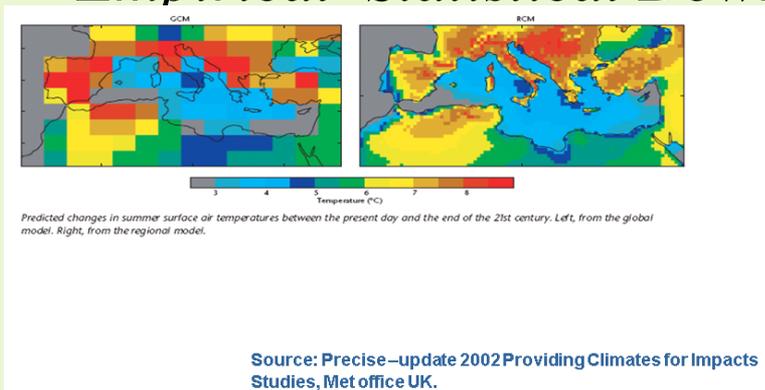
氣候變遷造成未來降雨型態有所改變，藉由降尺度的方法，推估南部雨量在未來的改變情形。能夠給決策者，在規劃未來水資源調配及使用時的重要參考資料。

### ❖ 研究目的：

1. 探討不同區域氣候場對降尺度結果的影響
2. 推估未來2010-2045年南部區域雨量的改變情形

# 緒論-統計降尺度簡介

- ❖ 降尺度(Downscaling)
- ❖ The process of making the link between the state of some variable representing a large space and the state of some variable representing a much smaller.(Benestad (2008), *Empirical-Statistical Downscaling*)



來源：台灣大學全球變遷中心

## ❖ 分類：

- 1.動力降尺度
- 2.統計降尺度

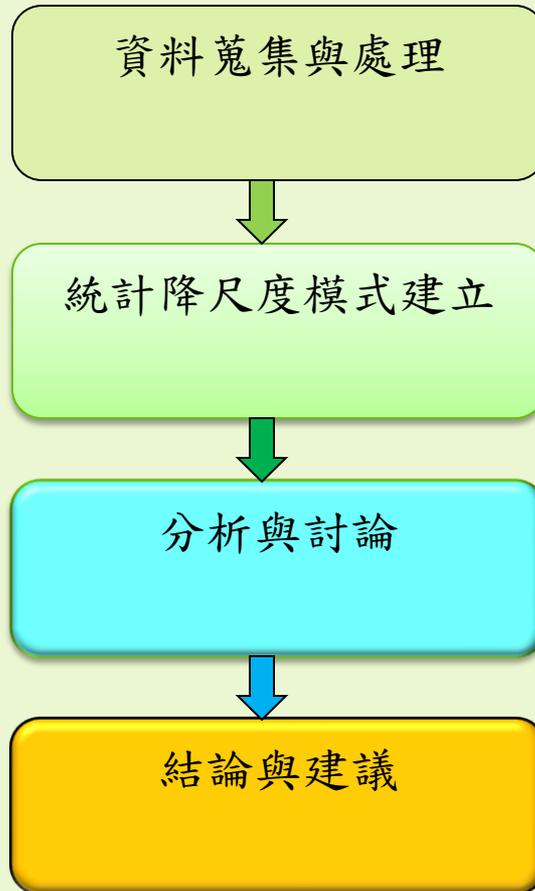
## 緒論-文獻回顧

### ❖ 統計降尺度相關研究

1. 區域氣候場的選擇會影響降尺度結果。對溫度降尺度 (Rasmus E. Benestad, 2001)
2. 依照季節去選擇降尺度最好的區域氣候場。對雨量降尺度 (F. Wetterhall et al. 2007)
3. 運用不同降尺度方法，將結果利用多模式系集平 (Multimodel ensembles, MME) 的方式，可以減低GCM的不確定性。  
(Liew Juneng et al. 2010)

# 緒論

## ❖ 本文組織與架構



1

緒論

2

研究區域與資料處理

3

空間統計降尺度法

4

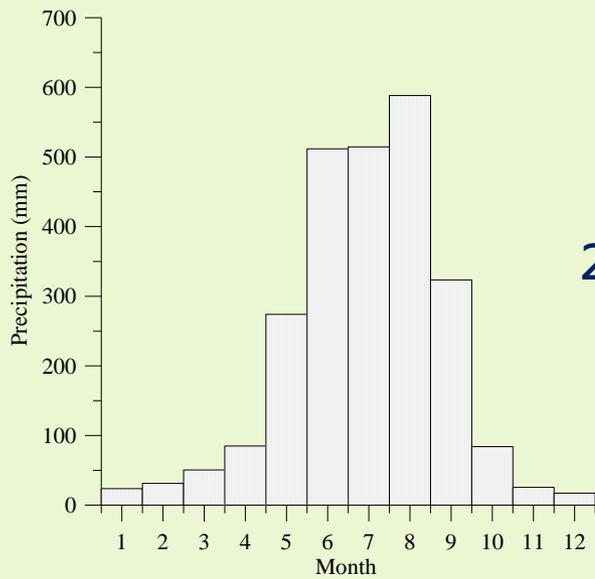
統計降尺度結果與分析

5

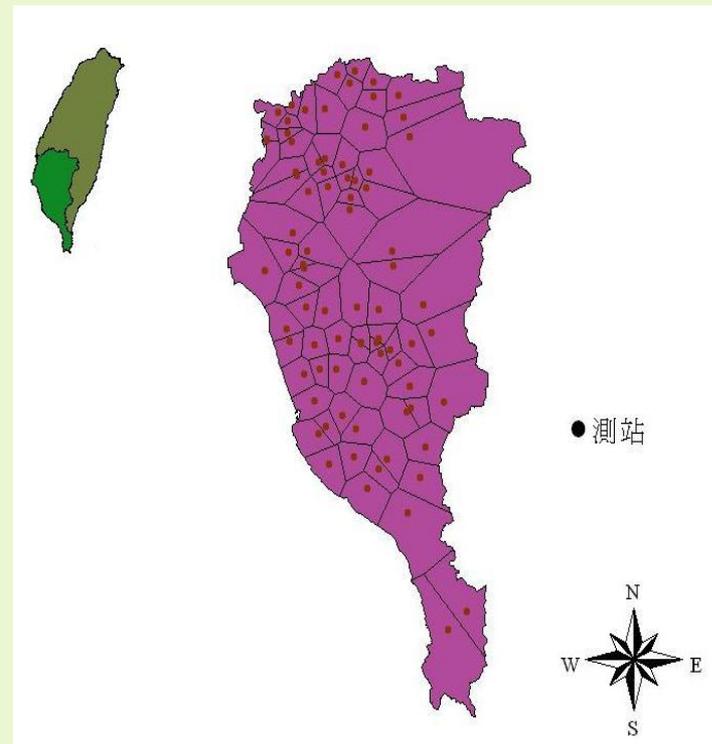
結論與建議

# 研究區域與資料處理-研究區域

- ❖ 研究區域：南部
- ❖ 地面測站數目：82
- ❖ 資料長度：
  1. 觀測資料：1975-2000
  2. GCM資料：1975-2000(20c3m)



南部1975-2000平均雨量柱狀圖



南部各雨量站分布情況

# 研究區域與資料處理-資料來源

## 20c3m

利用20世紀溫室氣體變化觀測數據，模擬過去20世紀氣候變化情況。

測試各模式重現過去氣候的能力，並以此作為各模式對未來氣候預測能力的參考。

## GCM資料

區域氣候場格網點上之模擬資料  
有未來氣象因子資料

## 預測因子選擇

海平面氣壓(SLP) (Chu et al., 2008)

850毫巴南北向風場(v850) ( Haylock et al., 2006)

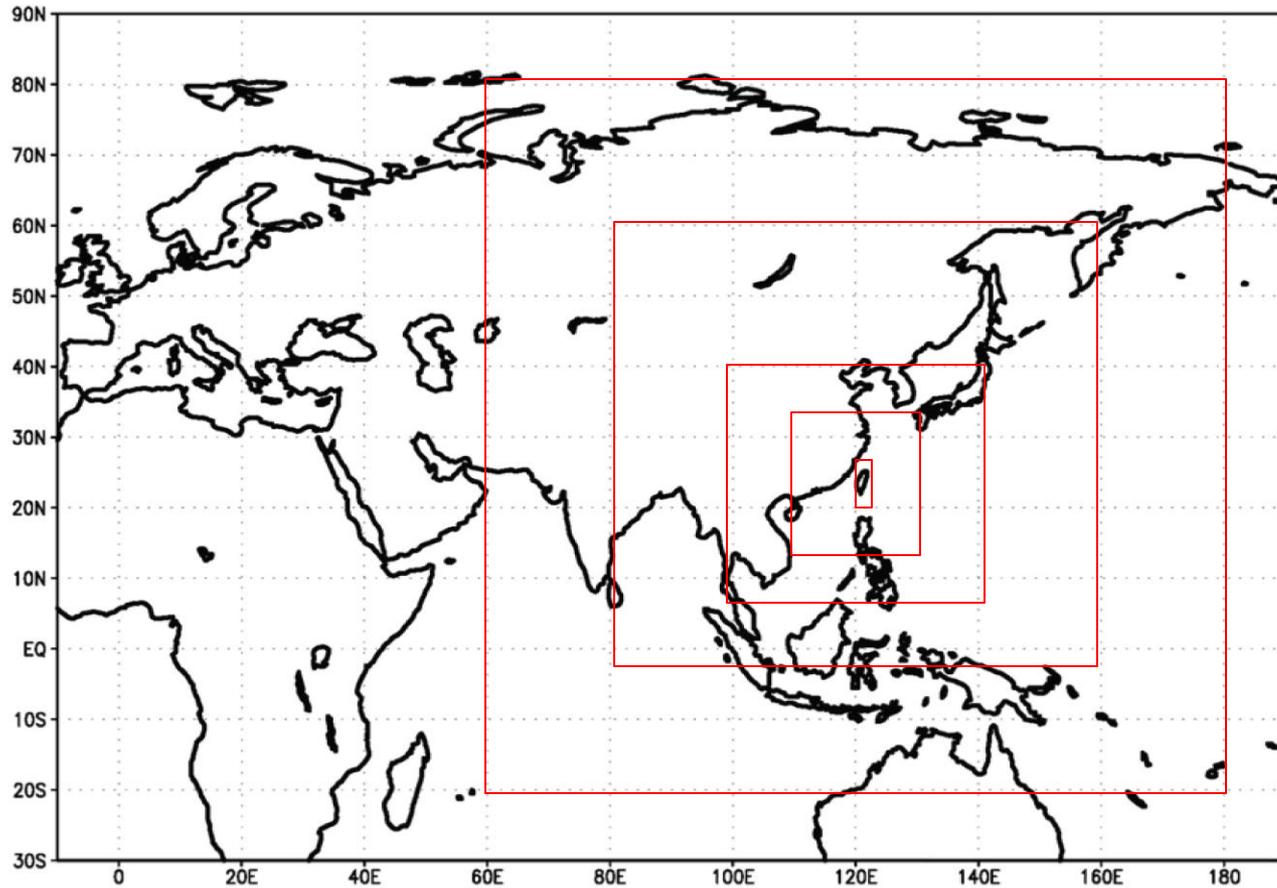


# 研究區域與資料處理-區域氣候場

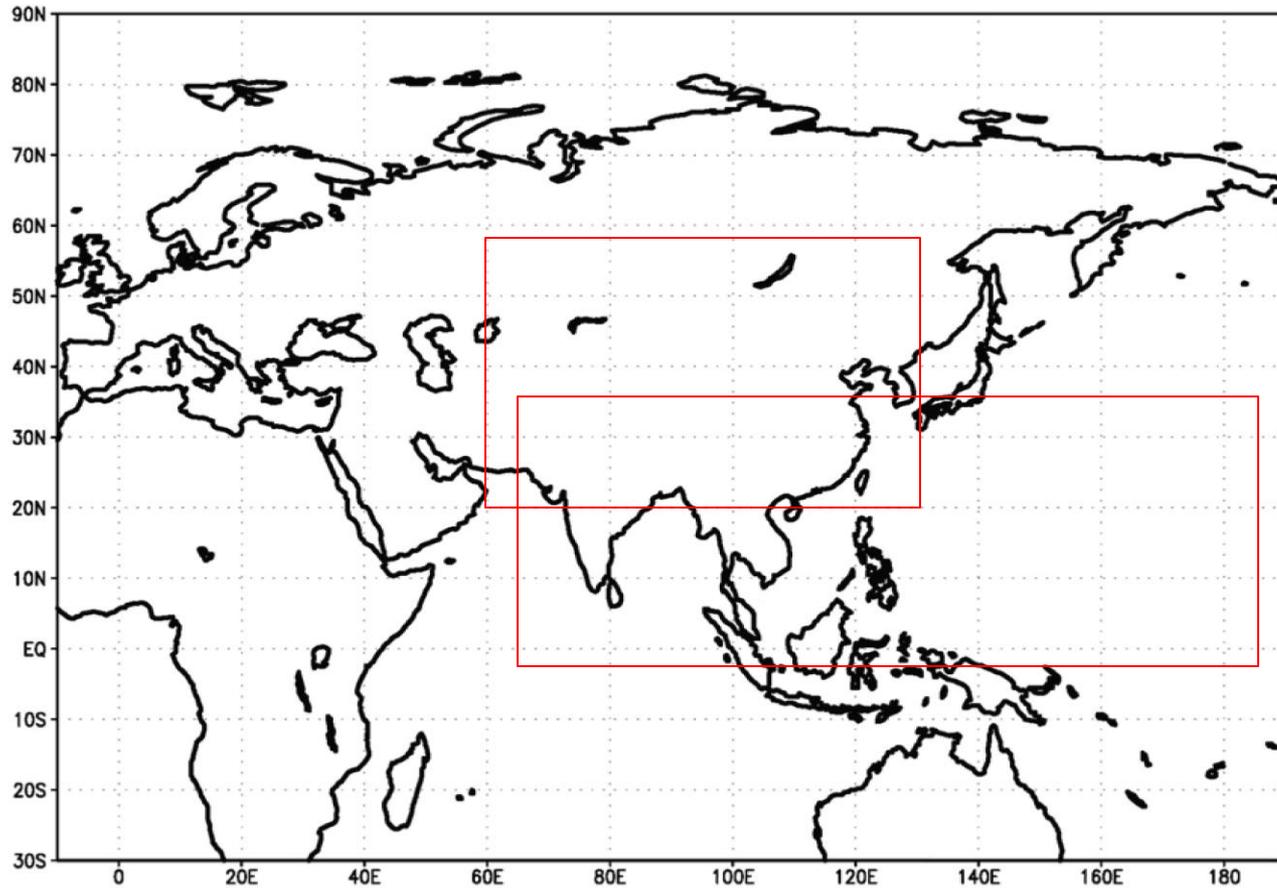
Domain	經緯度	縮小或放大
domain1	120E~122.5E 20N~27.5N	最小
domain2	110E-130E 15N~35N	放大
domain3	100E~140E 10N~40N	放大
domain4	80E~160E 0N~60N	放大
domain5	60E~180E 20S~80N	放大
domain6	60E~180E 5N~40N	夏季
domain7	60E-130E 20N~60N	冬季



# 研究區域與資料處理



# 研究區域與資料處理



1

緒論

2

研究區域與資料處理

3

空間統計降尺度法

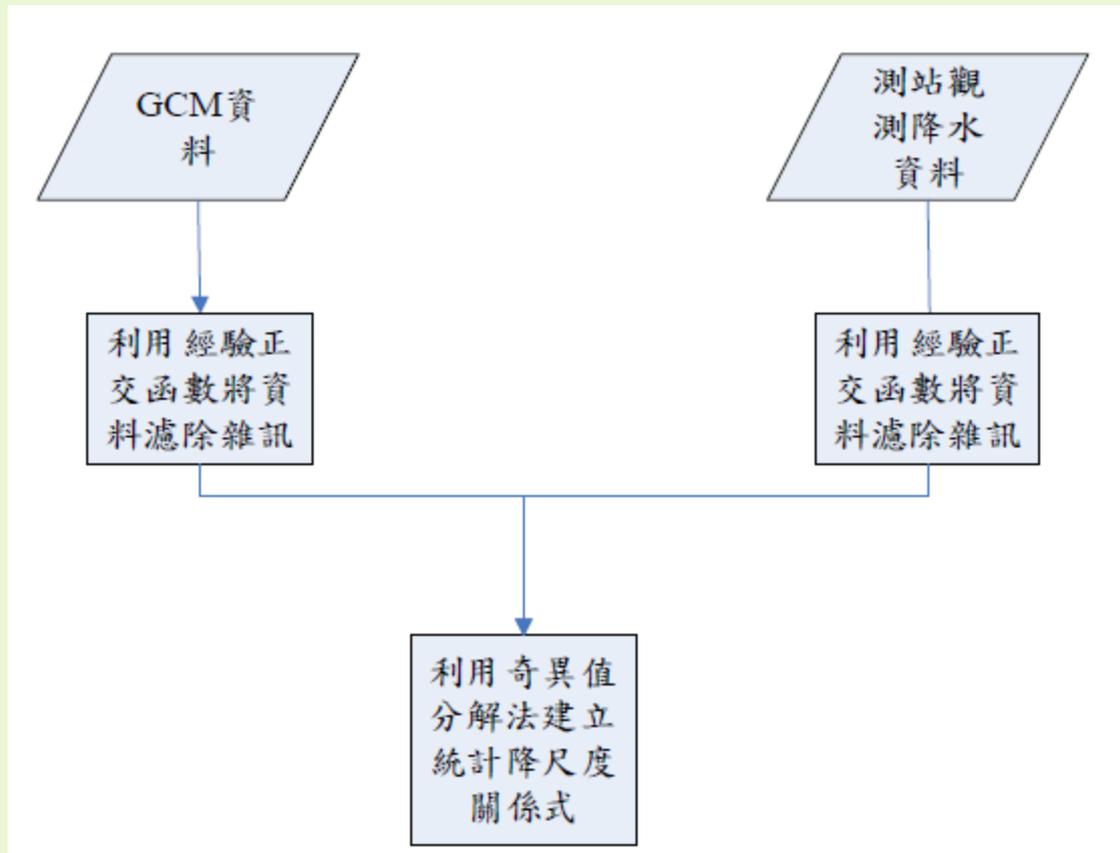
4

統計降尺度結果與分析

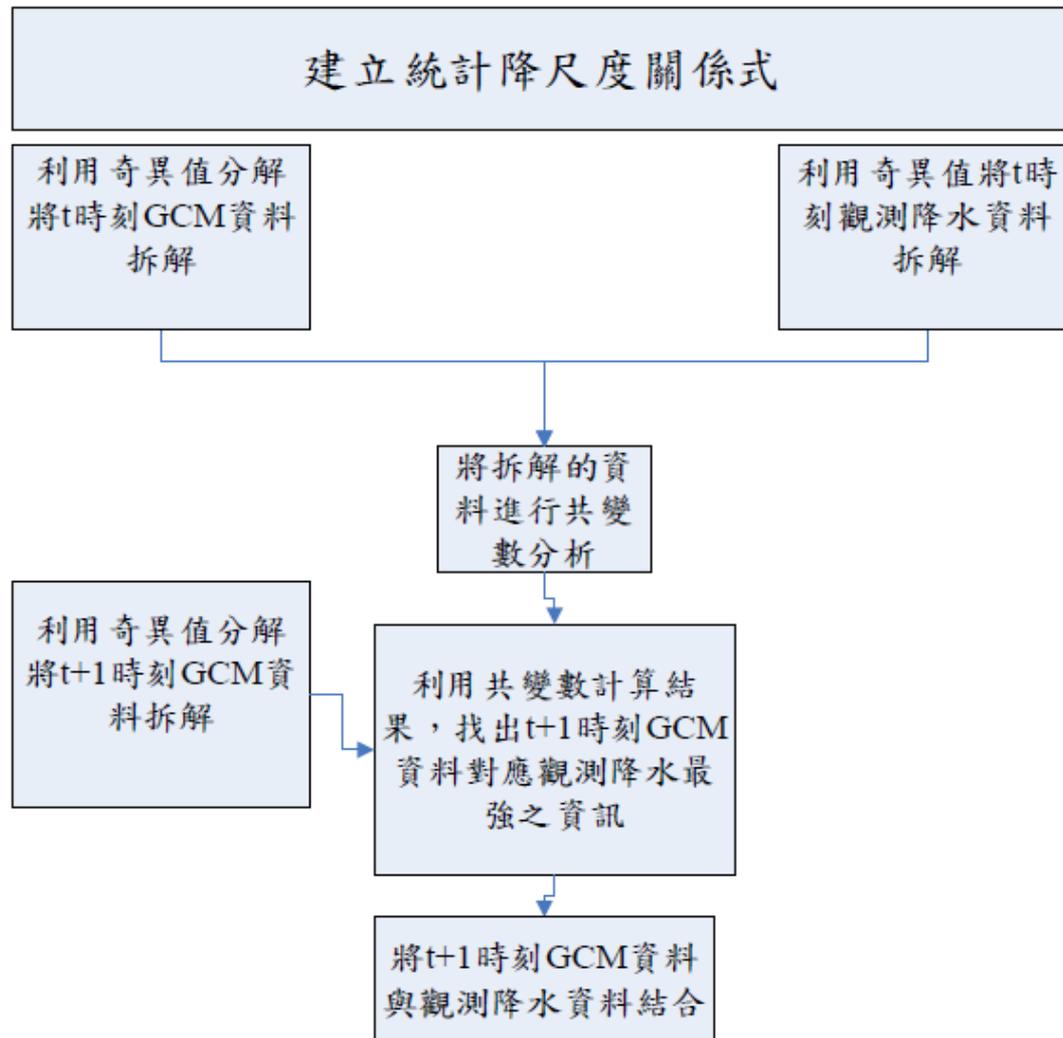
5

結論與建議

# 空間統計降尺度法



# 空間統計降尺度法



# 空間統計降尺度法

## ❖ 經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function)

經驗正交函數主要的功能是将一樣本提供很多的資訊中，取出重要的部分重建資料，也就是濾除雜訊的步驟。



# 空間統計降尺度法-奇異值分解

## ❖ 奇異值分解(Singular Value Decomposition)

假設有一變量A為 $m \times n$ 矩陣

$$A = U \Sigma V^T$$

U為 $AA^T$ 的特徵向量矩陣( $m \times m$ )，V為 $A^T A$ 的特徵向量矩陣( $n \times n$ )， $\Sigma$ 為奇異值矩陣( $m \times n$ )

奇異值： $AA^T$ 特徵值的平方根  $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$

$$A^T \cdot A = \theta \Rightarrow \theta = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \dots & \theta_{1n} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \dots & \theta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \theta_{n1} & \theta_{n2} & \dots & \theta_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \Rightarrow |\theta - \lambda I| = 0$$

$\lambda$ 就是特徵值，就會有相對應的特徵向量

# 空間統計降尺度法-奇異值分解

$$A = U \Sigma V^T$$

$$A = \sigma_1 u_1 v_1^T + \sigma_2 u_2 v_2^T + \cdots + \sigma_r u_r v_r^T$$

$$A = \sigma_1 SVD_1 + \sigma_2 SVD_2 + \cdots + \sigma_r SVD_r$$

理論最重要的部分是要求得 $SVD_i$

# 空間統計降尺度法-應用奇異值分解

- ❖ 將各個 $SVD_i$ 求出後，我們將變量 $A$ 看成是空間與時間的綜合資訊，空間的資訊由 $SVD_i$ 代表，由於空間資訊會隨著時間改變造成權重的不同，所以權重是時間的函數 $w(t)$ 。

$$A(t, S) = w_1(t)SVD_1(S) + w_2(t)SVD_2(S) + \dots + w_i(t)SVD_i(S)$$

$$B(t, S) = \overline{w}_1(t)\overline{SVD}_1(S) + \overline{w}_2(t)\overline{SVD}_2(S) + \dots + \overline{w}_1(t)\overline{SVD}_1(S)$$

$$w_n(t) = SVD_n(S) \cdot A(t, S)$$

# 空間統計降尺度法-應用奇異值分解

❖ 假設A變量無t+1時刻時的值→無法由A變量取得t+1時刻的權重。

~~$$w_n(t+1) = \text{SVD}_n(S) \cdot A(t+1, S)$$~~

$$A(t, S) = w_1(t)\text{SVD}_1(S) + w_2(t)\text{SVD}_2(S) + \dots + w_i(t)\text{SVD}_i(S)$$

COV

$$B(t, S) = \overline{w}_1(t)\overline{\text{SVD}}_1(S) + \overline{w}_2(t)\overline{\text{SVD}}_2(S) + \dots + \overline{w}_1(t)\overline{\text{SVD}}_1(S)$$

$$B(t+1, S) = \overline{w}_1(t+1)\overline{\text{SVD}}_1(S) + \overline{w}_2(t+1)\overline{\text{SVD}}_2(S) + \dots + \overline{w}_1(t+1)\overline{\text{SVD}}_1(S)$$

# 空間統計降尺度法-應用奇異值分解

$$A(t, S) = w_1(t)SVD_1(S) + w_2(t)SVD_2(S) + \dots + w_i(t)SVD_i(S)$$

WIN

$$B(t, S) = \bar{w}_1(t)\overline{SVD}_1(S) + \bar{w}_2(t)\overline{SVD}_2(S) + \dots + \bar{w}_i(t)\overline{SVD}_i(S)$$

$$B(t+1, S) = \bar{w}_1(t+1)\overline{SVD}_1(S) + \bar{w}_2(t+1)\overline{SVD}_2(S) + \dots \\ + \bar{w}_i(t+1)\overline{SVD}_i(S)$$

$$A(t+1, S) = \bar{w}_2(t+1)SVD_1(S) + \bar{w}_1(t+1)SVD_2(S) + \dots$$

1

緒論

2

研究區域與資料處理

3

空間統計降尺度法

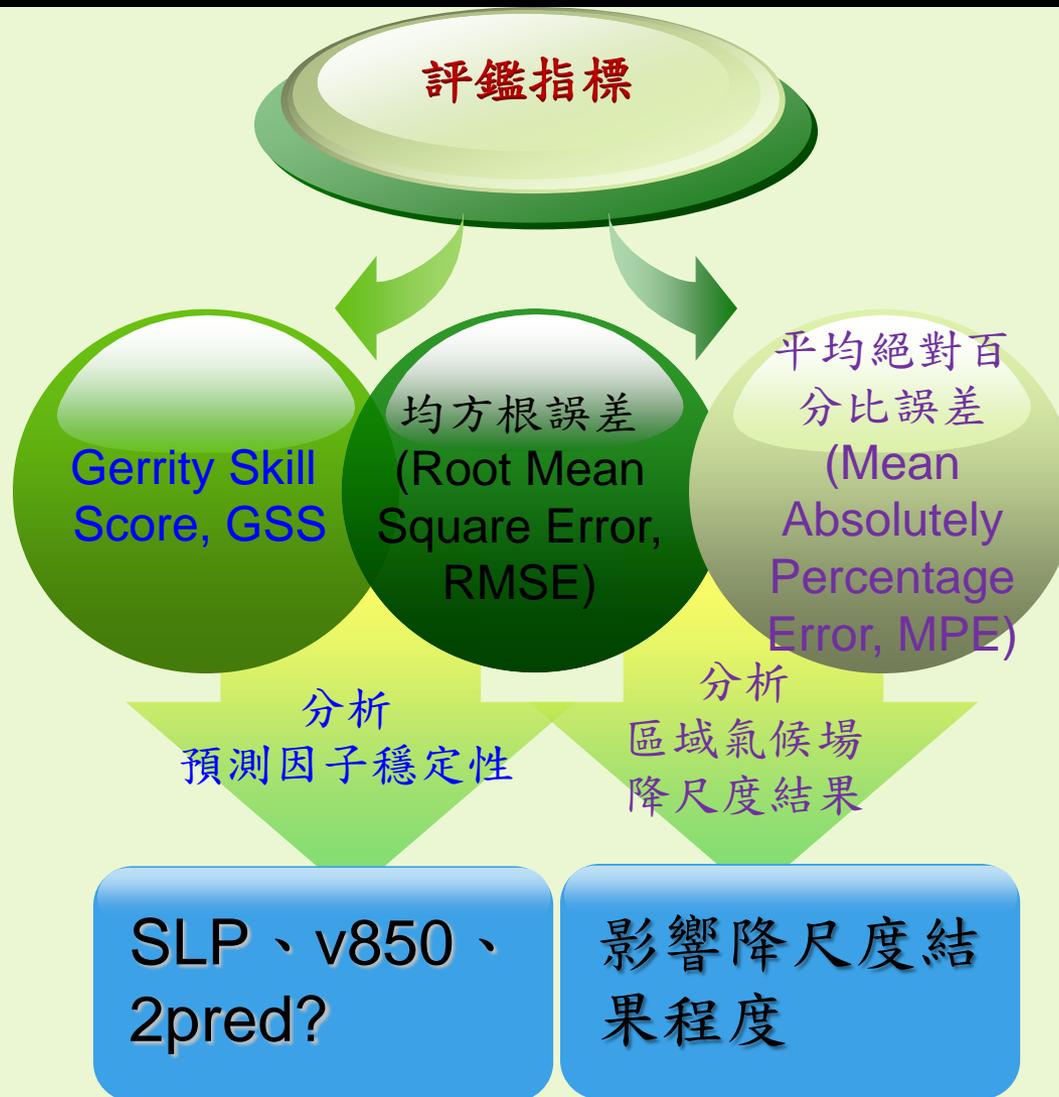
4

統計降尺度結果與分析

5

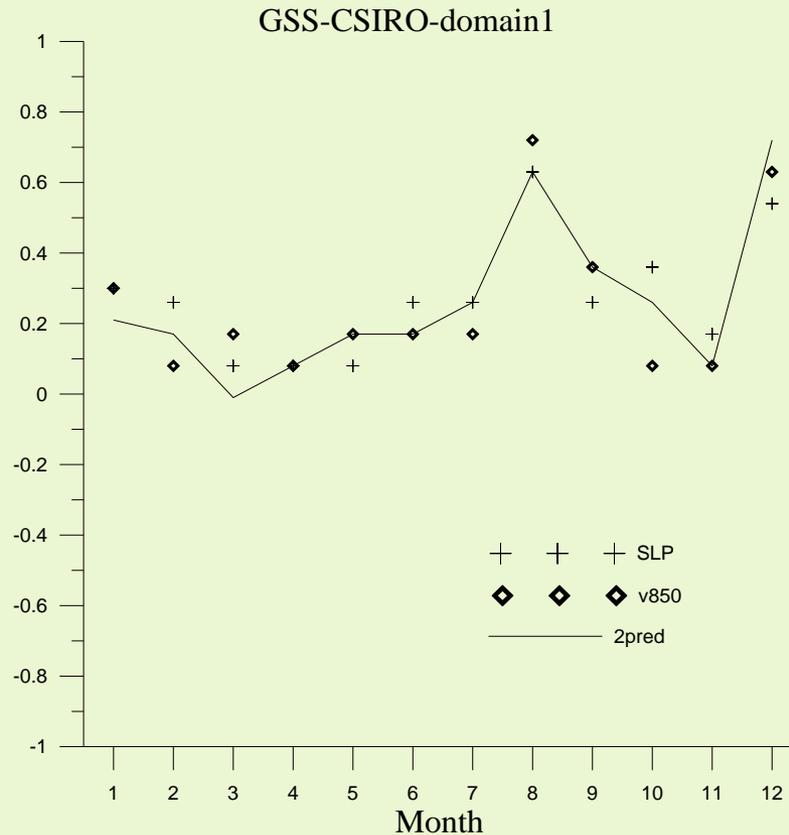
結論與建議

# 統計降尺度結果與分析



# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 預測因子穩定性-GSS



# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 預測因子穩定性-GSS

各模式不同預測因子的GSS優勝月份數: SLP

GCM模式 Domain	CCCMA	CSIOR	ECHAM5	GFDLCM -20	GFDLCM -21	MIROC	MRI
Domain1	5	4	4	4	5	3	4
Domain2	5	3	4	1	6	5	4
Domain3	2	4	5	5	3	5	4
Domain4	4	4	5	5	3	5	3
Domain5	2	5	6	0	1	3	3
Domain6	4	3	3	5	4	2	5
Domain7	2	5	6	3	2	3	3

# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 預測因子穩定性-GSS

3種預測因子所占百分比及GSS大於零之平均月份數

預測因子	SLP	v850	2pred
所占優勝月份數百分比 (%)	184/588=31%	197/588=34%	207/588=35%
GSS>0 平均月份數目	8個月份	8個月份	9個月份

註：總數為7個GCM模式、7個區域氣候場及12個月份=7×7×12=588

## ❖ 預測因子穩定性-RMSE

3種預測因子所占百分比

預測因子	SLP	v850	2pred
所占優勝月份數百分比 (%)	54/588=9%	189/588=32%	345/588=59%

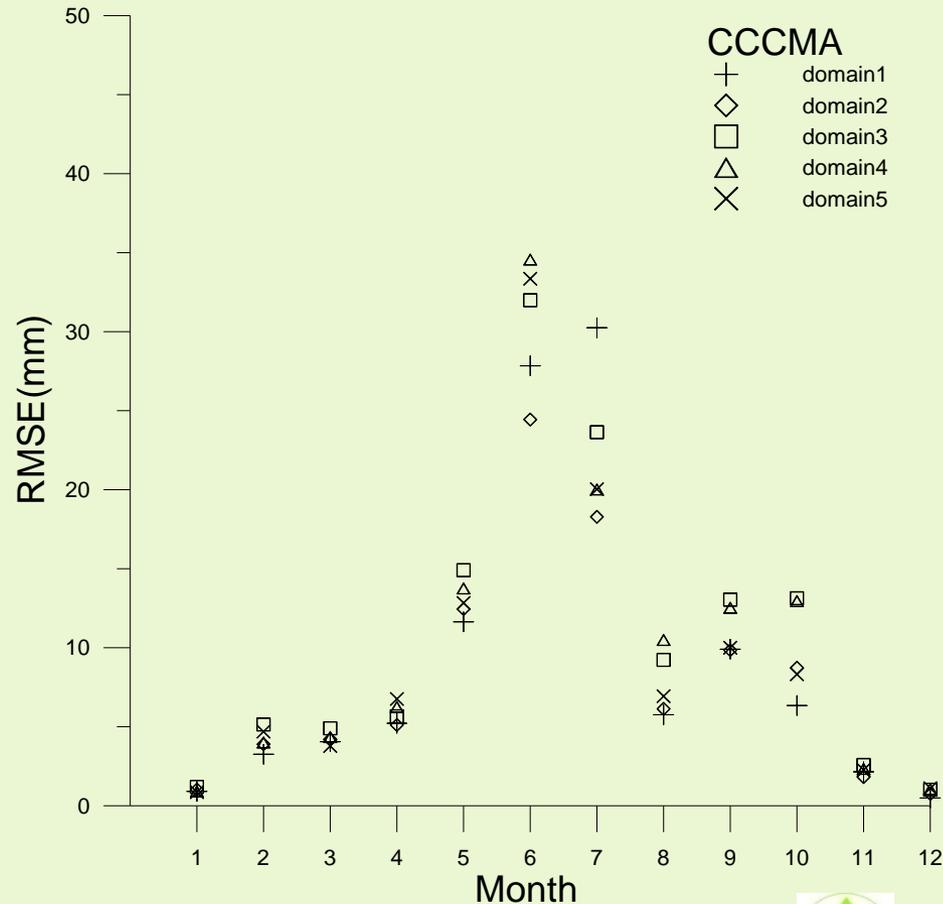
註：總數為7個GCM模式、7個區域氣候場及12個月份=7×7×12=588

## 統計降尺度結果與分析

- ❖ 小結：由上述表格可知2predictor，在均方根誤差的基準比較下，有明顯優勢，因此，往後本研究就針對2predictor做分析探討。

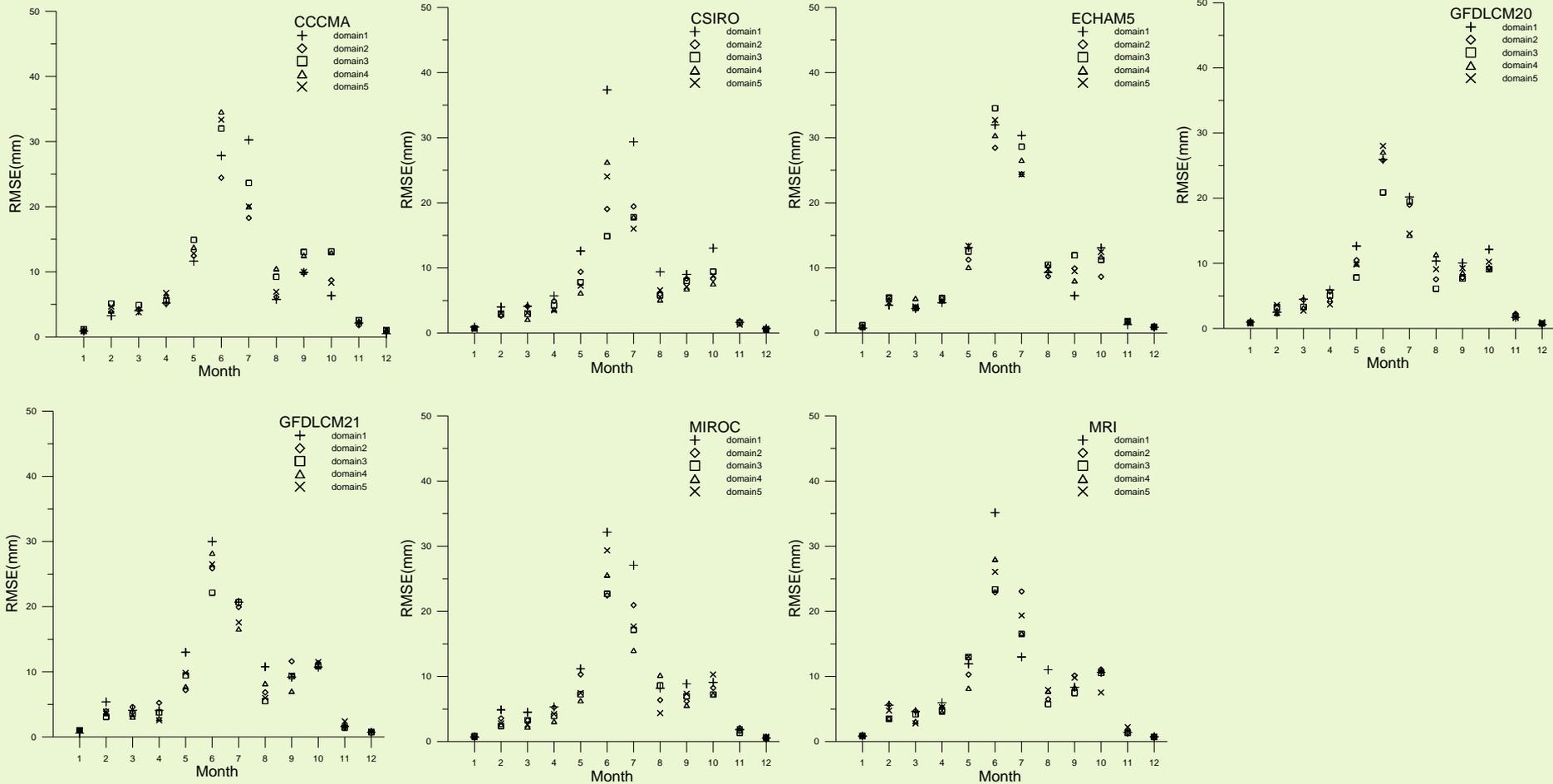
# 統計降尺度結果與分析

❖ 區域氣候場降尺度結果比較-均方根誤差為指標之比較分析



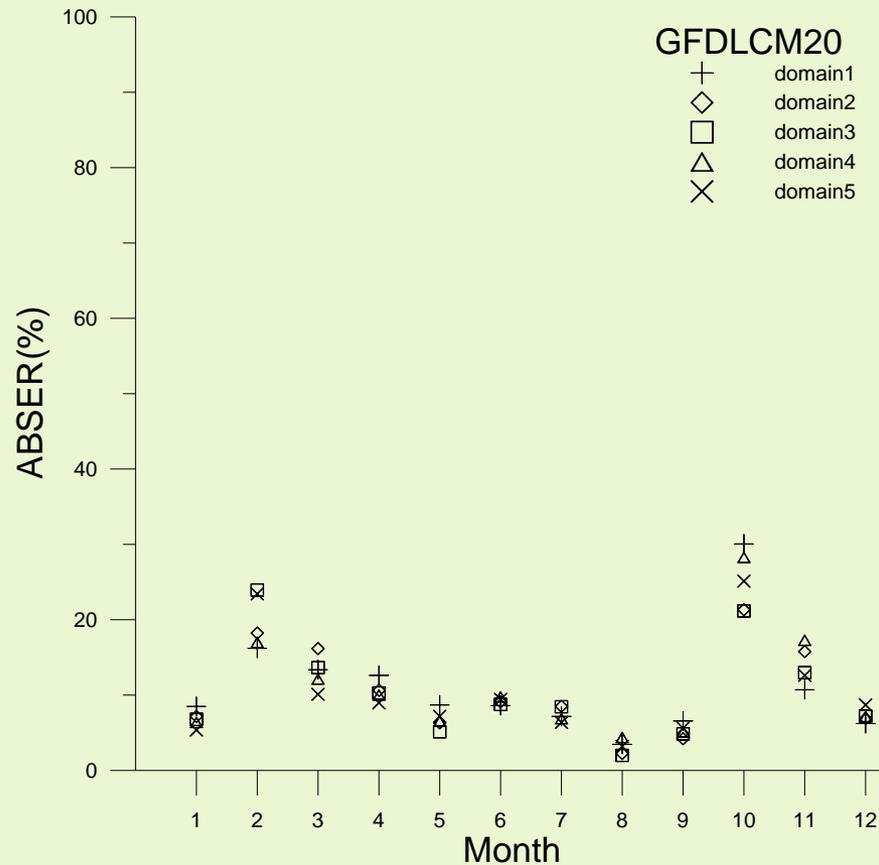
# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-均方根誤差為指標之比較分析



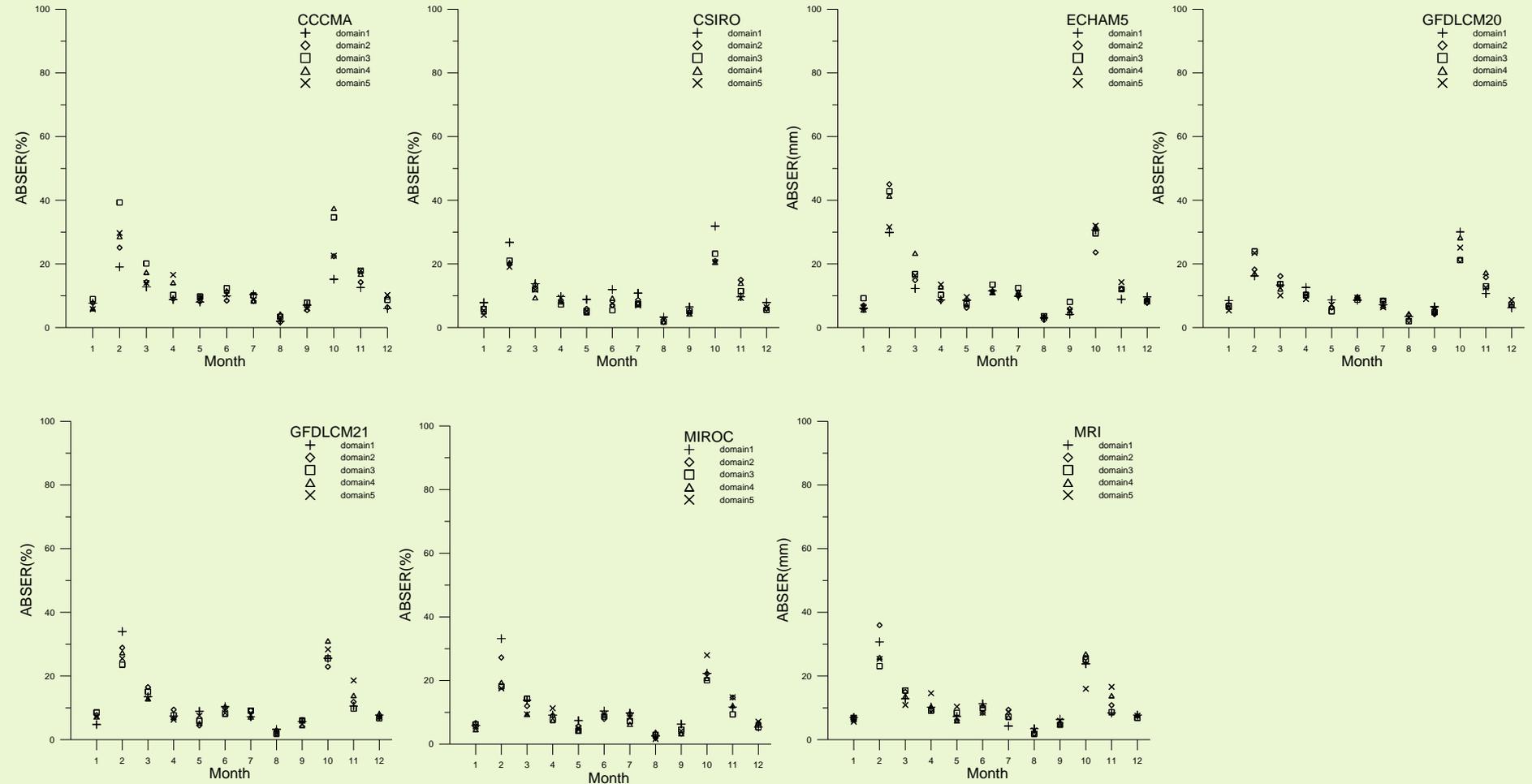
# 統計降尺度結果與分析

❖ 區域氣候場降尺度結果比較-絕對百分比誤差為指標之比較分析



# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-絕對百分比誤差為指標之比較分析

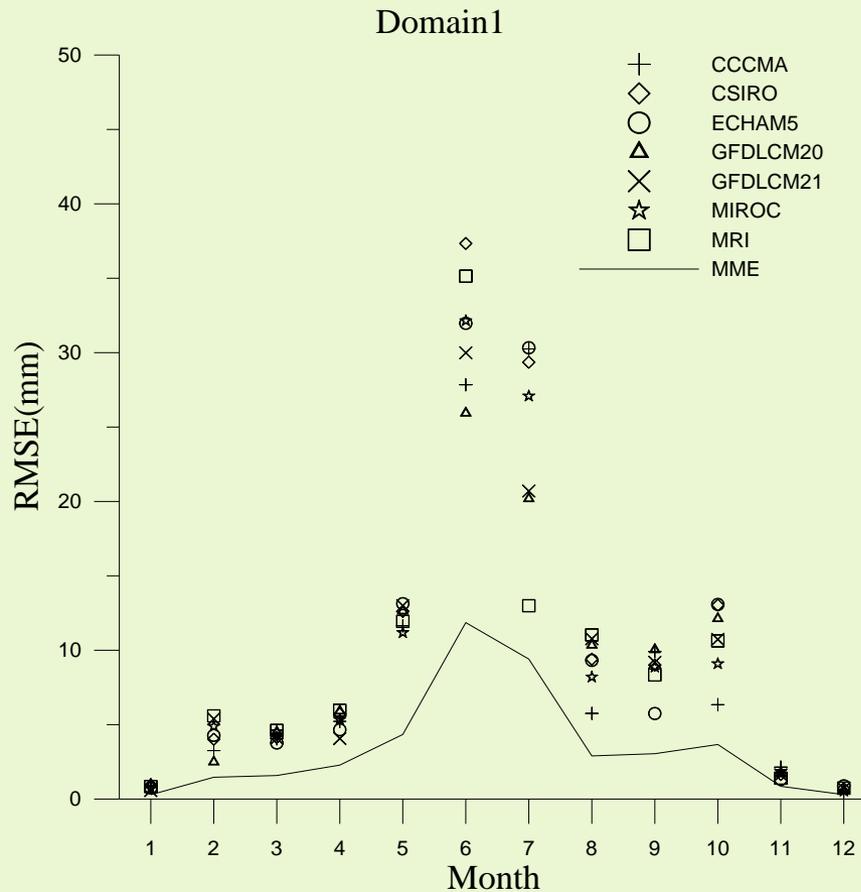


## 統計降尺度結果與分析

- ❖ 小結：由於過多模式，無法找出穩定的區域氣場場，因此，藉由多模式系集平均(MME)來建立一個比較基準。

# 統計降尺度結果與分析

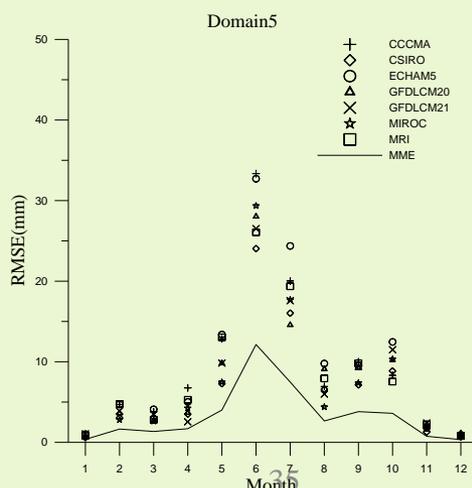
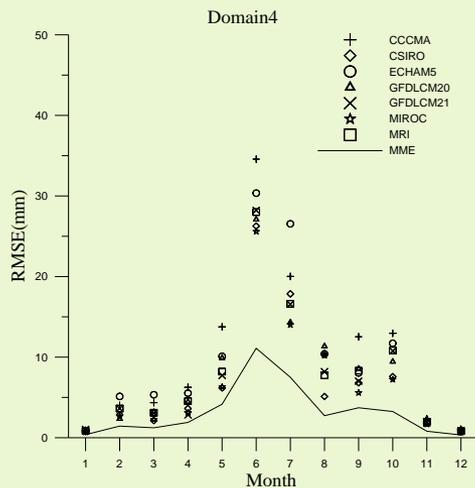
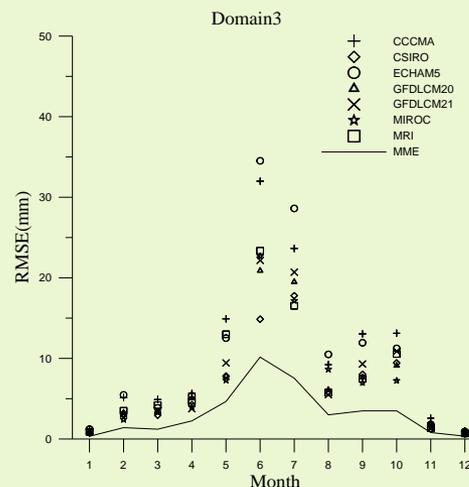
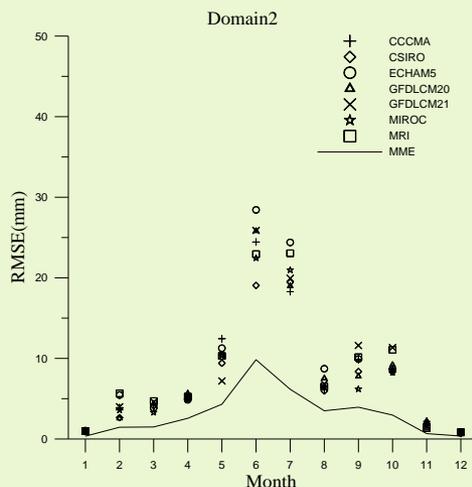
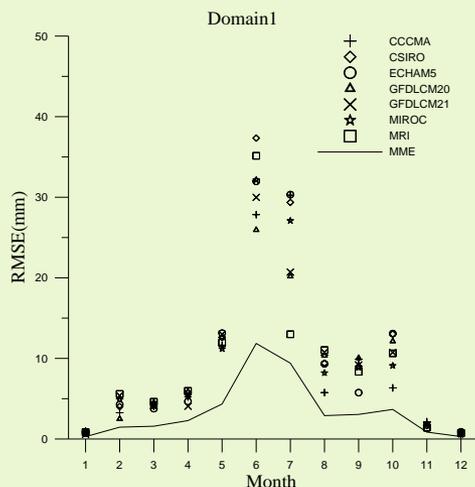
## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-多模式系集平均(MME)分析結果探討





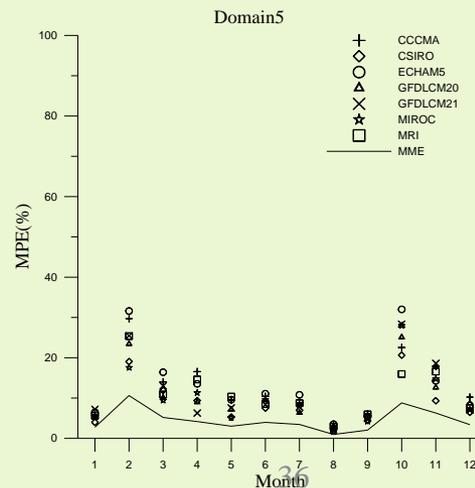
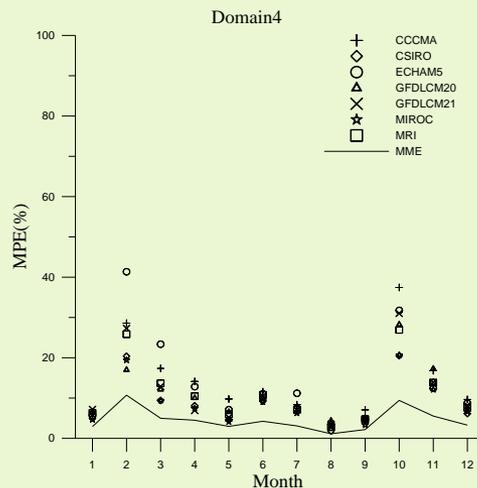
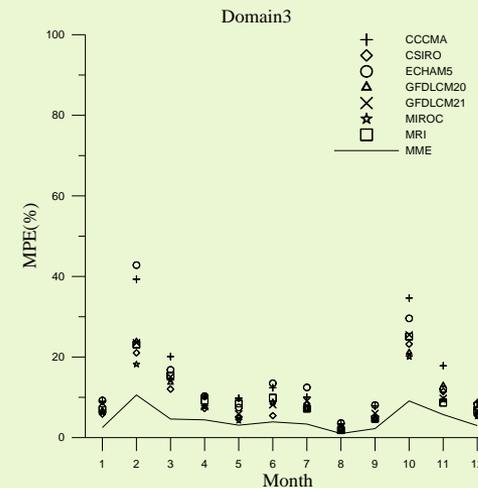
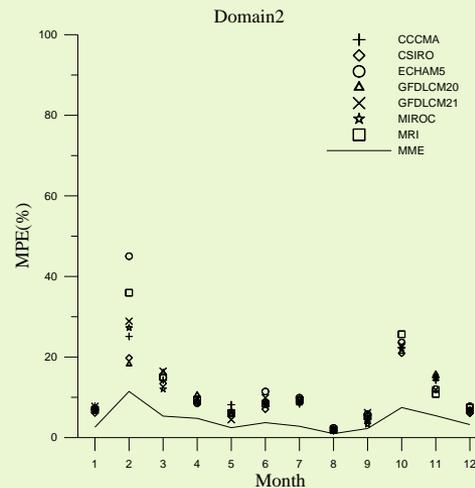
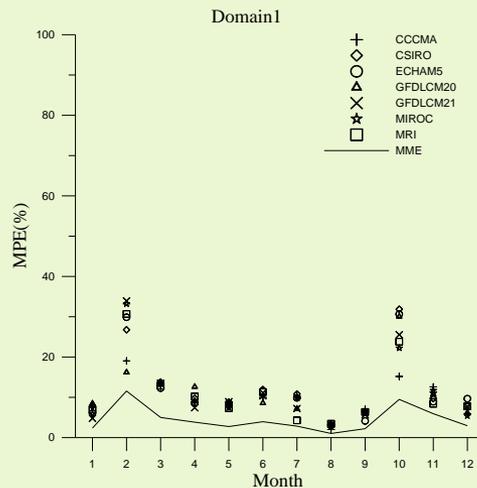
# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-多模式系集平均(MME)分析結果探討



# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-多模式系集平均(MME)分析結果探討



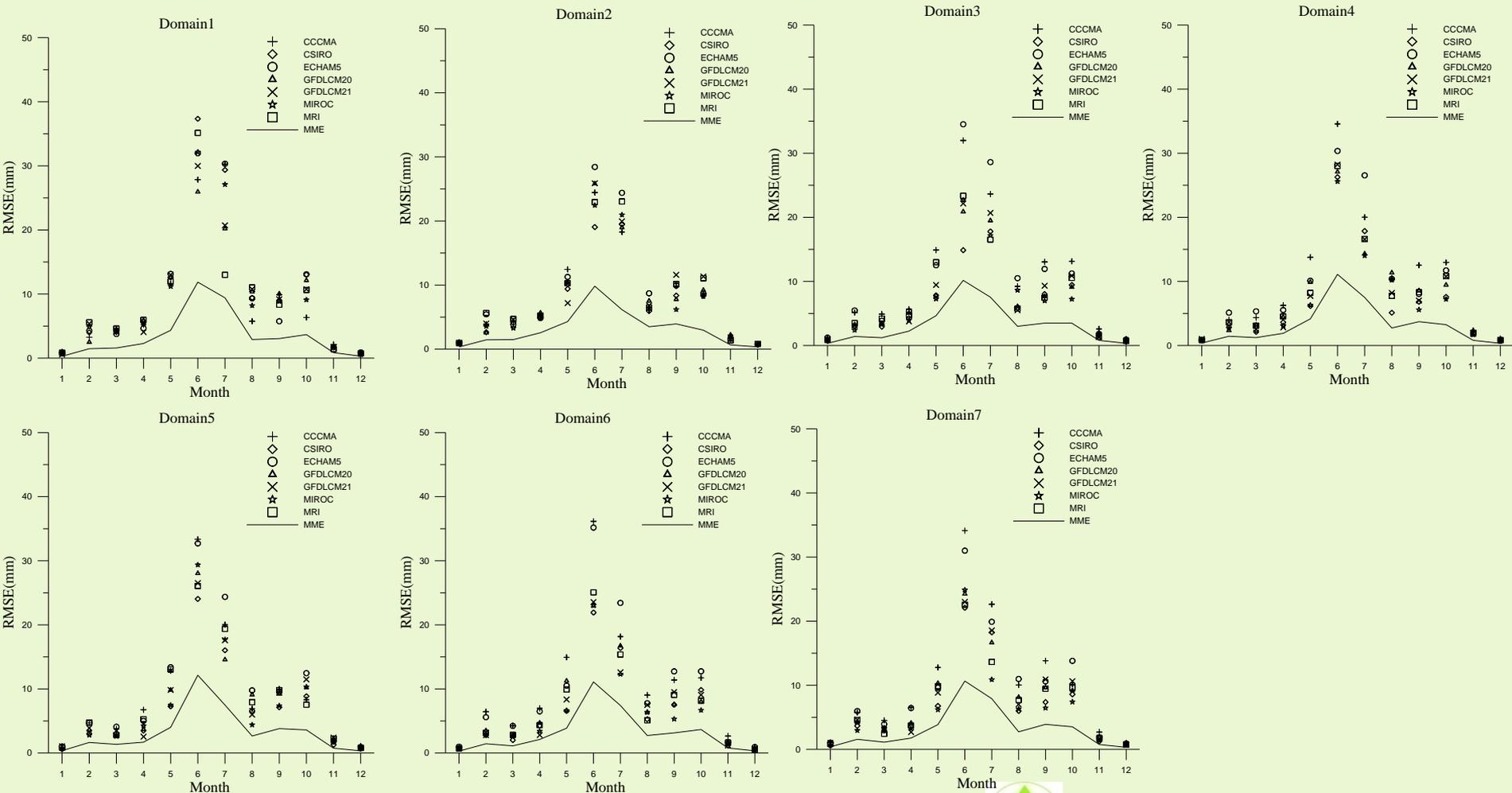
## 統計降尺度結果與分析

- ❖ 由上面結果得知，在MME的基準下，區域氣候場大小對降尺度結果影響程度不大。
- ❖ 以下再去比較考慮季節性選定的區域氣候場，降尺度結果是否會較有優勢。



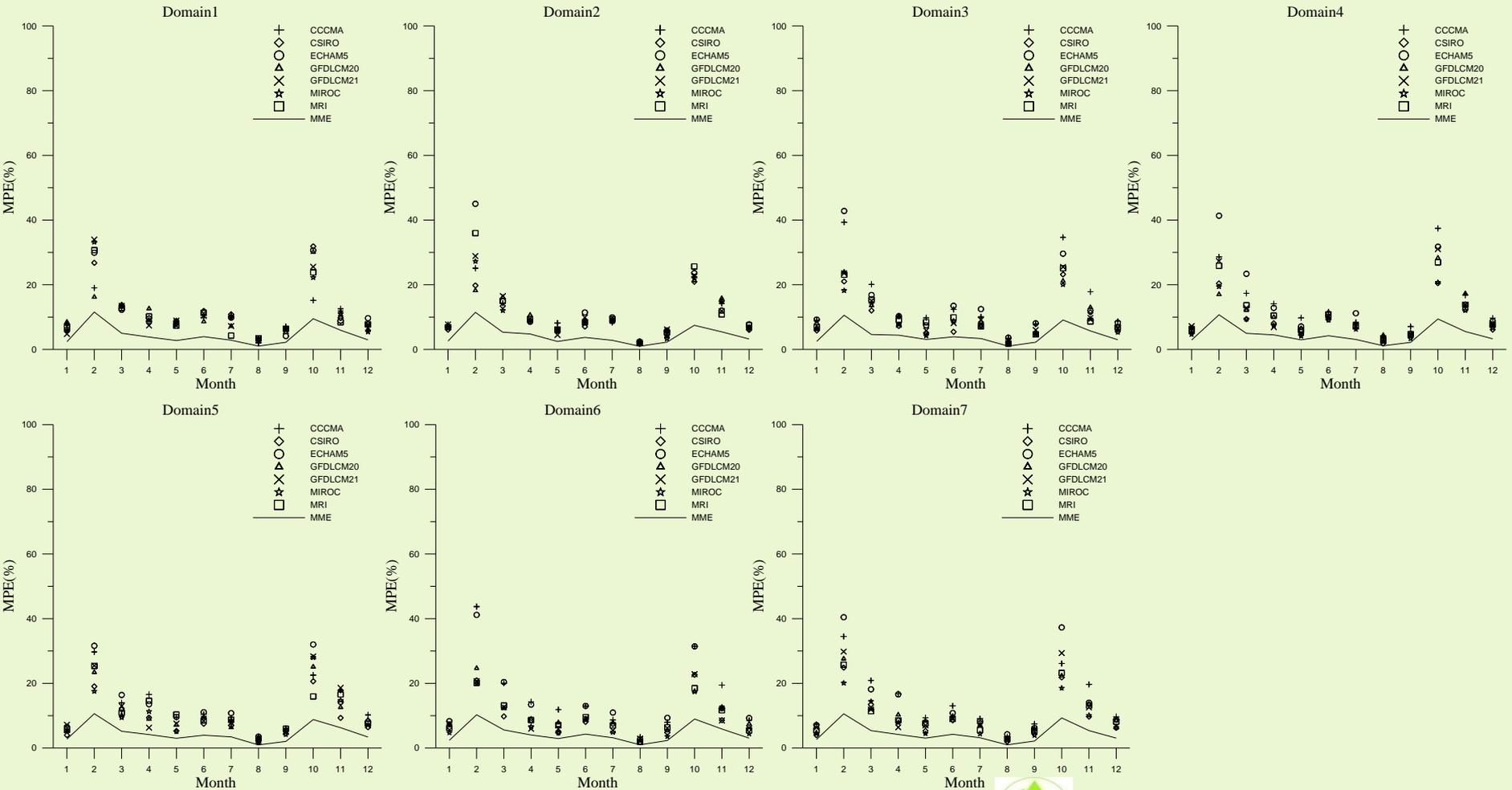
# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-多模式系集平均(MME)分析結果探討



# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-多模式系集平均(MME)分析結果探討

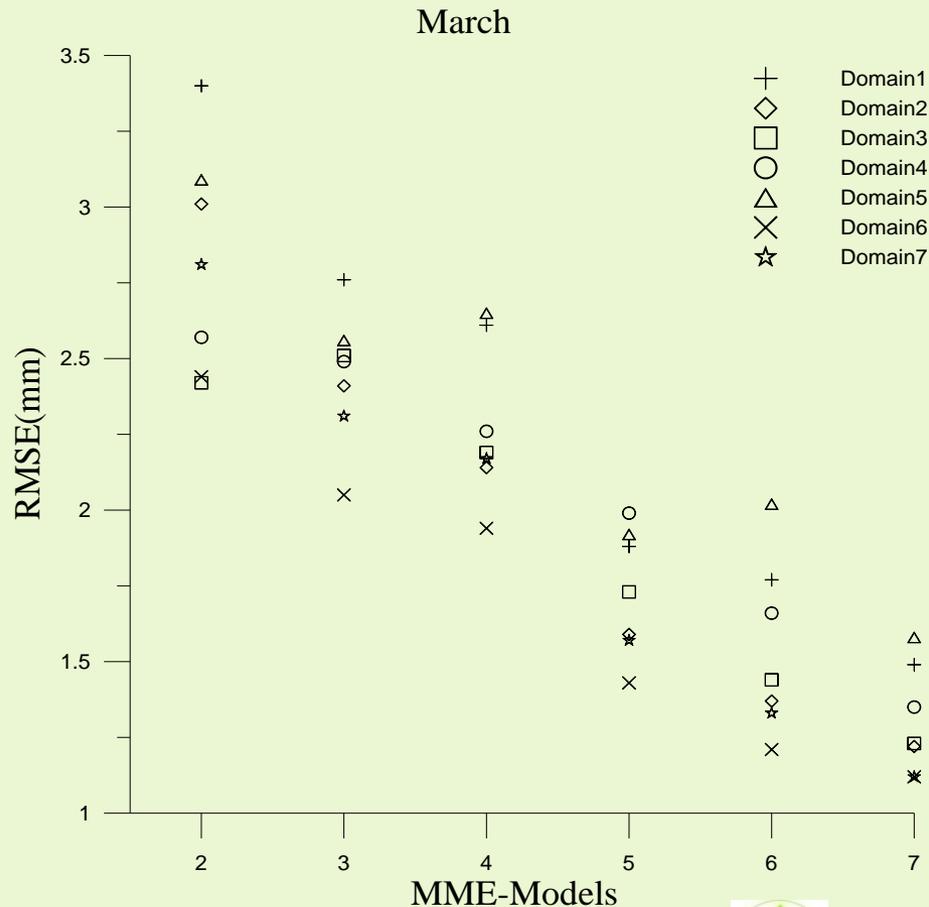


## 統計降尺度結果與分析

- ❖ 由上面結果，考慮季節而選定區域氣候場，也對降尺度結果影響程度不大。故在進行MME的條件下，區域氣候場大小範圍對降尺度影響程度都不大。
- ❖ 選擇區域氣候場1。

# 統計降尺度結果與分析

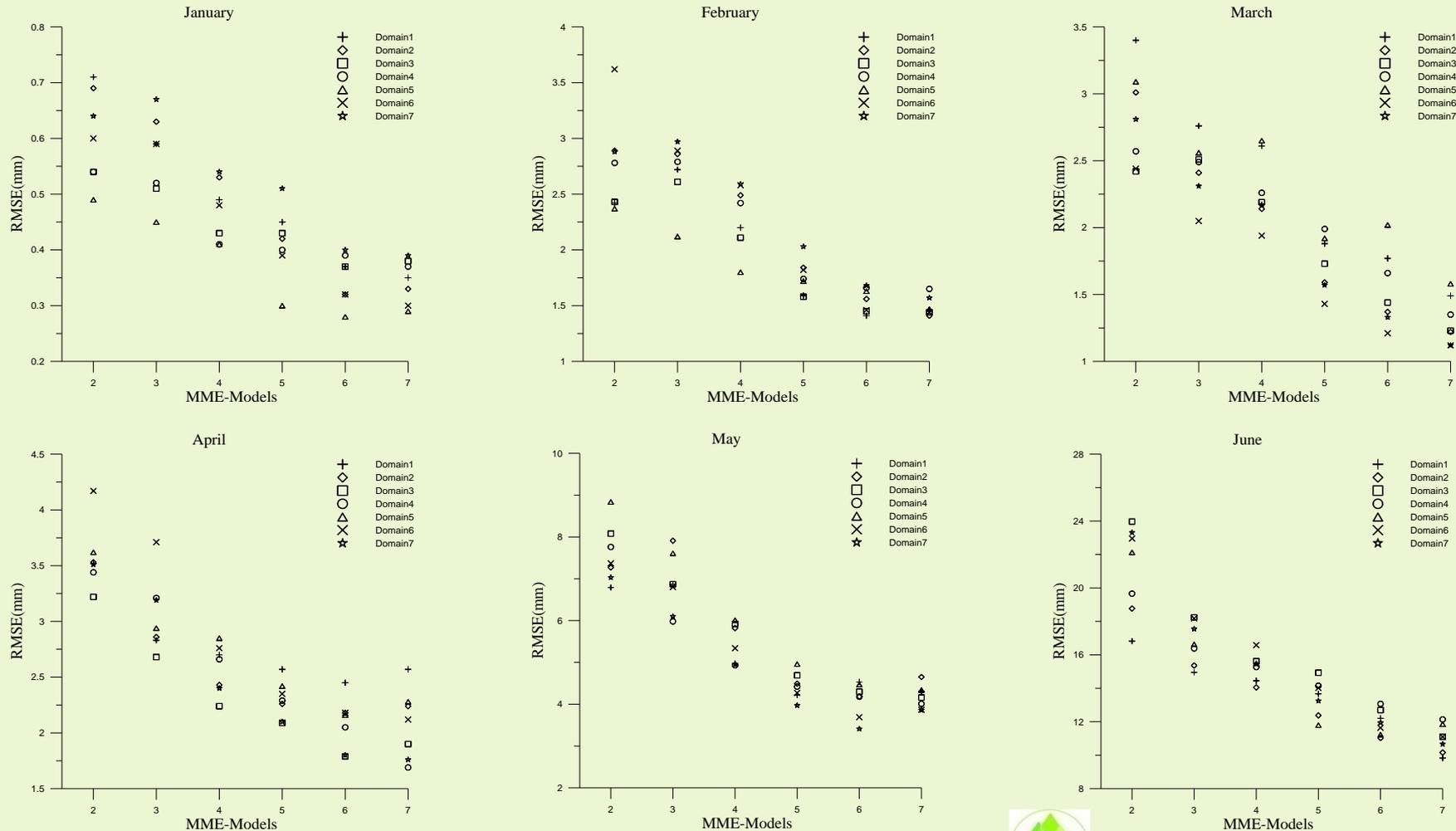
## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較-GCM模式採用數目分析結果





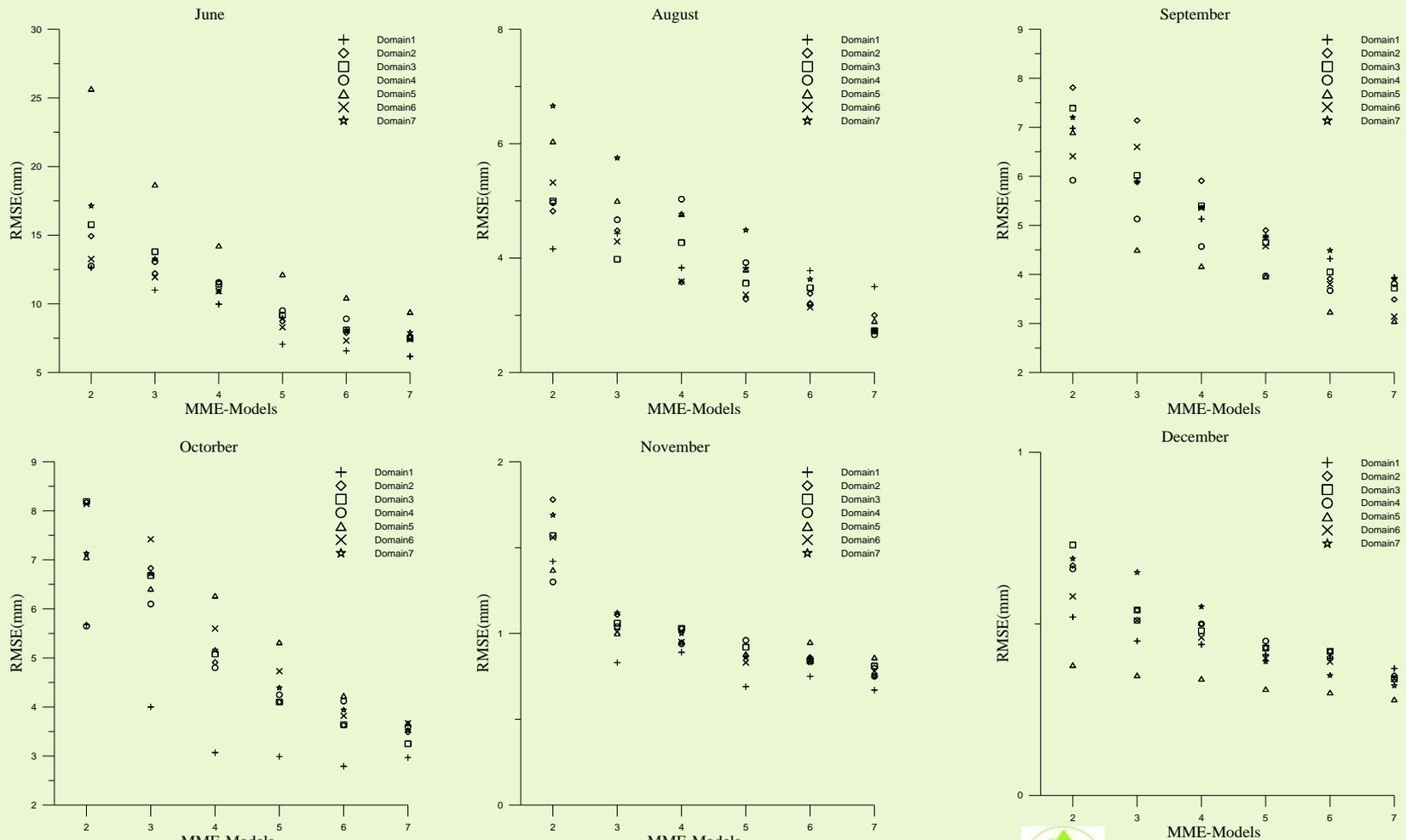
# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較- GCM模式採用數目分析結果



# 統計降尺度結果與分析

## ❖ 區域氣候場降尺度結果比較- GCM模式採用數目分析結果





# 統計降尺度結果與分析

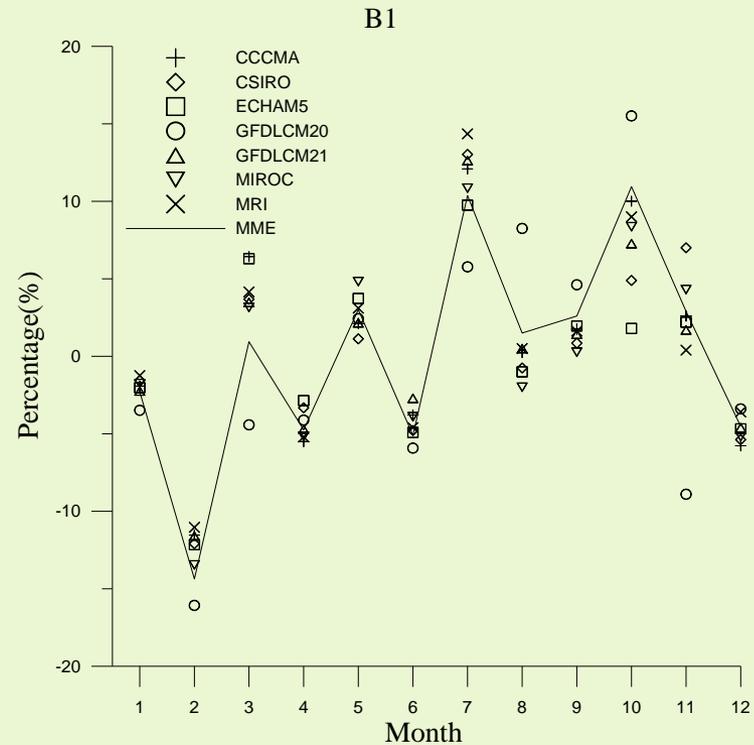
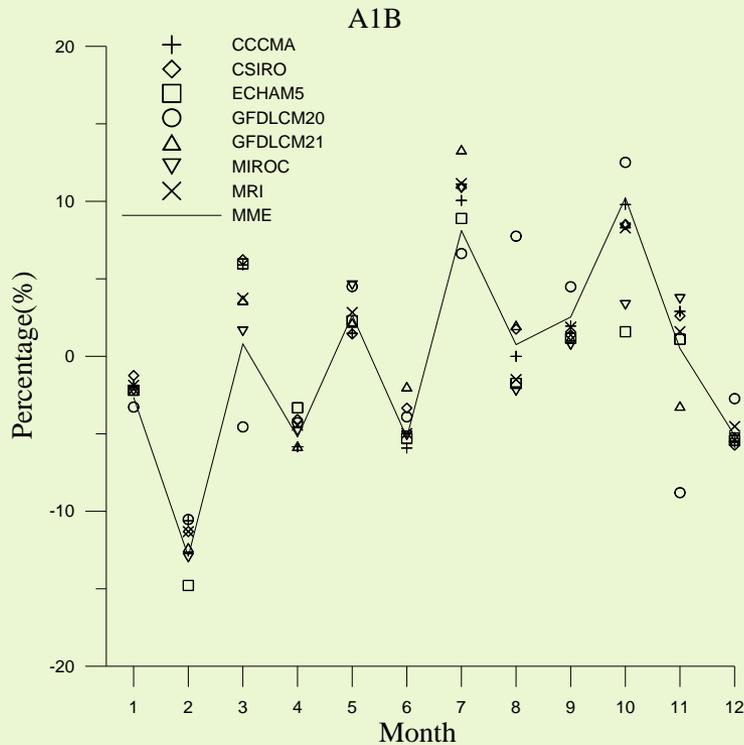
- ❖ 採用GCM模式愈多進行MME，均方根誤差愈降低。



# 統計降尺度結果與分析

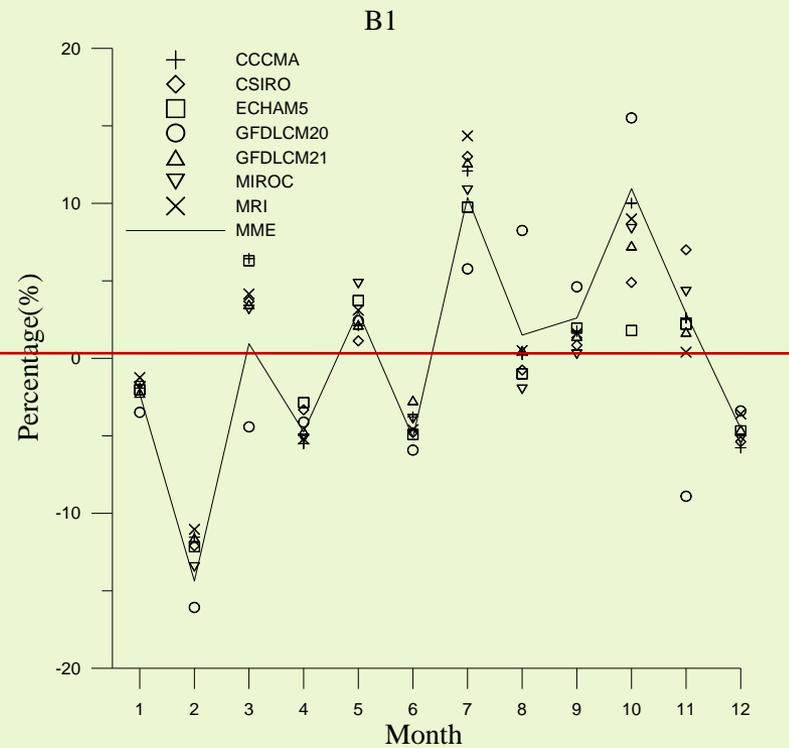
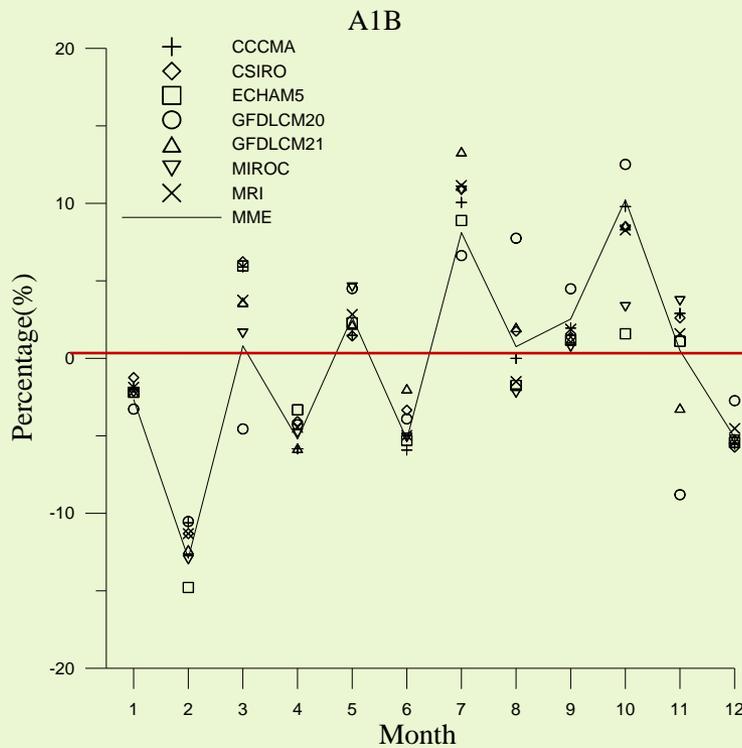
❖ 推估未來降雨改變情形

$$\Delta R = \frac{(R_{future} - R_{20c3m})}{R_{20c3m}} \times 100\%$$



# 統計降尺度結果與分析

## 推估未來降雨改變情形



1

緒論

2

研究區域與資料處理

3

空間統計降尺度法

4

統計降尺度結果與分析

5

結論與建議

## 結論與建議-結論

- ❖ 預測因子穩定性的探討，海平面氣壓(SLP)、850毫巴南北向風速(v850)以及兩個預測因子的雨量降尺度平均值(2predictor)，三個分析出來的結果以2predictor最有優勢。尤其是在6月份及7月份的時候。
- ❖ 本文奇異值分解，來建立統計降尺度關係式。將7種GCM模式使用多模式系集平均(MME)時，對於不同區域氣候場降尺度的結果，沒有顯著性影響。在均方根誤差下，做為比較基準時，建議採用第一個區域氣候場即可。

## 結論與建議-結論

- ❖ 運用多模式系集平均(MME)，可有效降低月雨量模擬誤差。
- ❖ 本研究最後推估台灣南部地區未來降雨改變率的結果如下：乾季呈現減少趨勢，濕季呈現增加趨勢。

## 結論與建議-建議

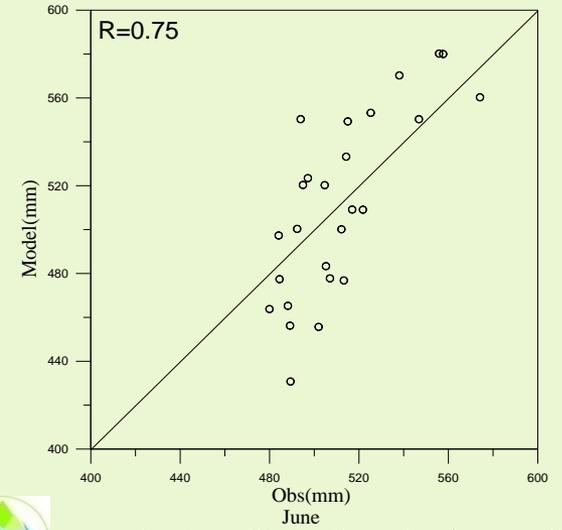
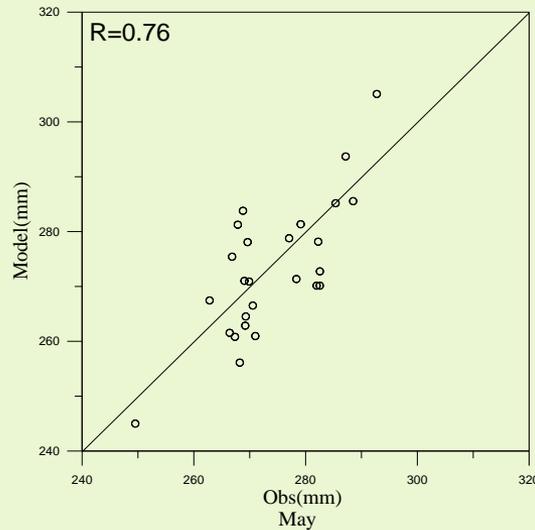
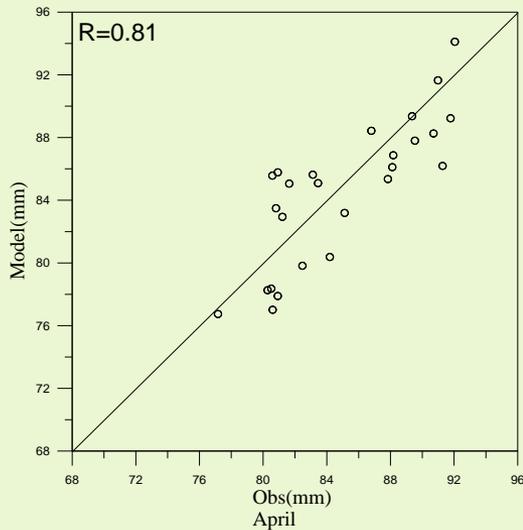
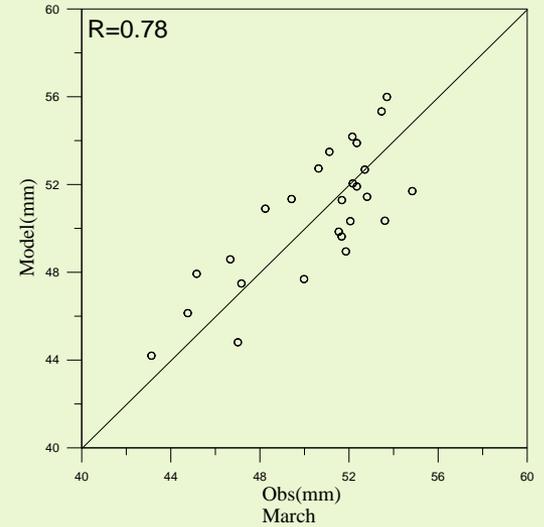
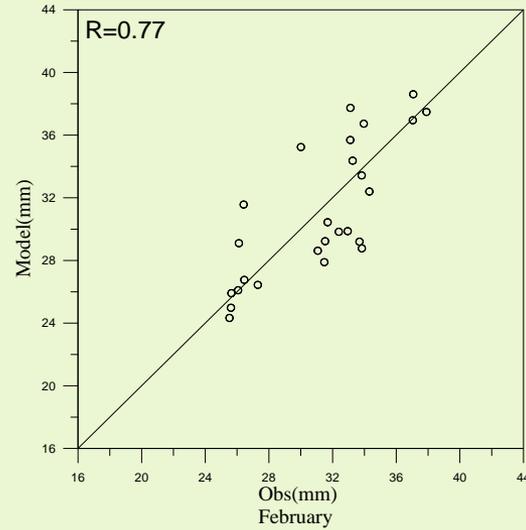
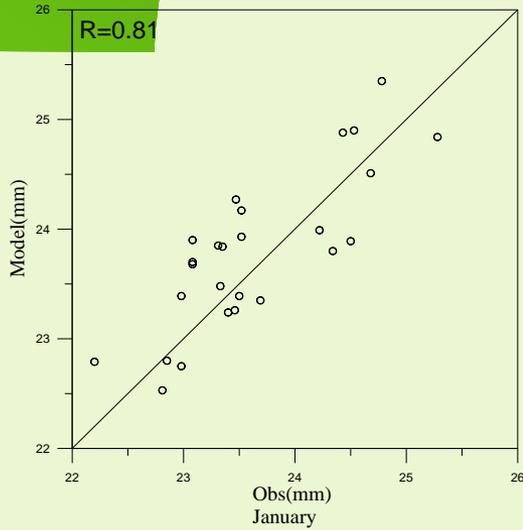
- ❖ 在相同的評鑑指標下，運用不同統計降尺度方法，探討不同區域氣候場對統計降尺度結果的影響是否與本研究分析結果相同。
- ❖ 改善手動試誤法的方式，設計自動最佳化的系統去尋找最適宜且計算時間可以接收的區域氣候場，增加便利性。
- ❖ 將空間降尺度得到的月份資料，經過時間降尺度的方法，取得日資料，對未來水資源做更細緻的評估。



感恩您的聆聽！

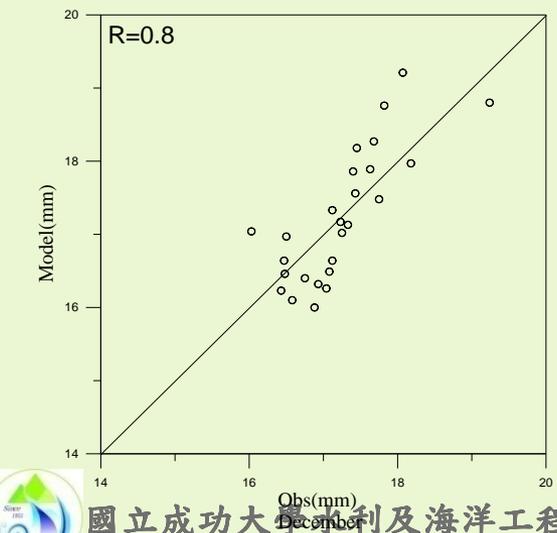
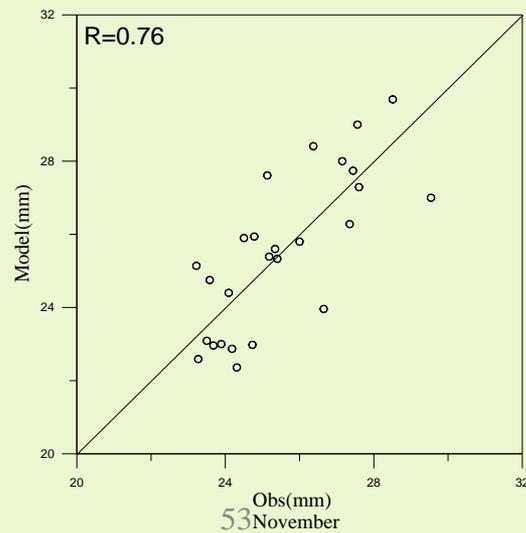
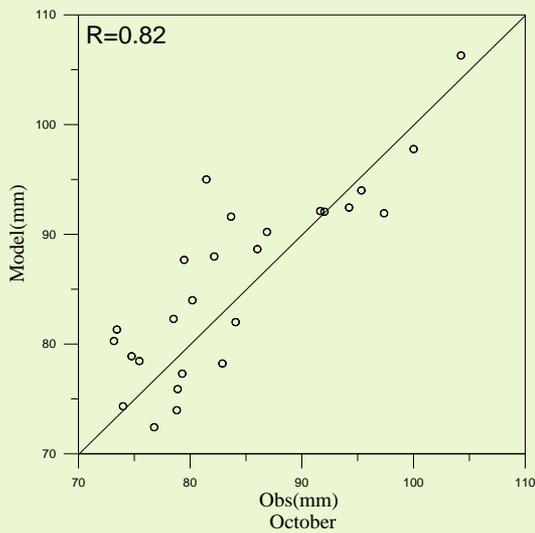
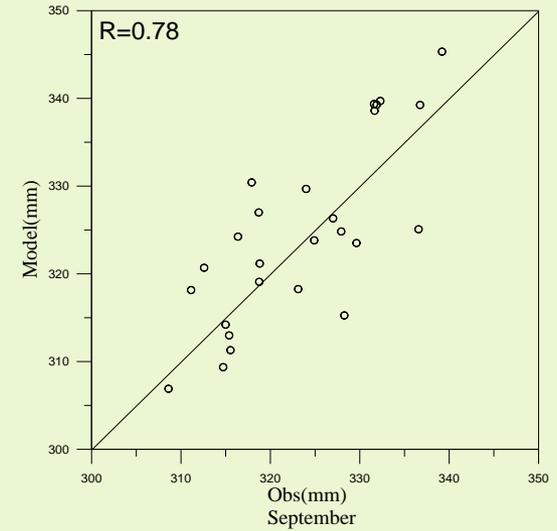
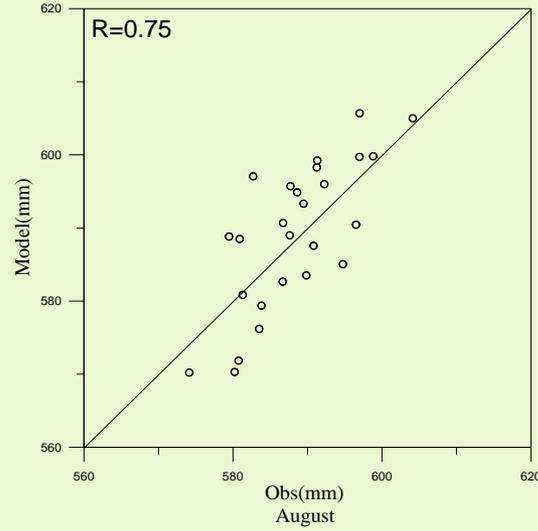
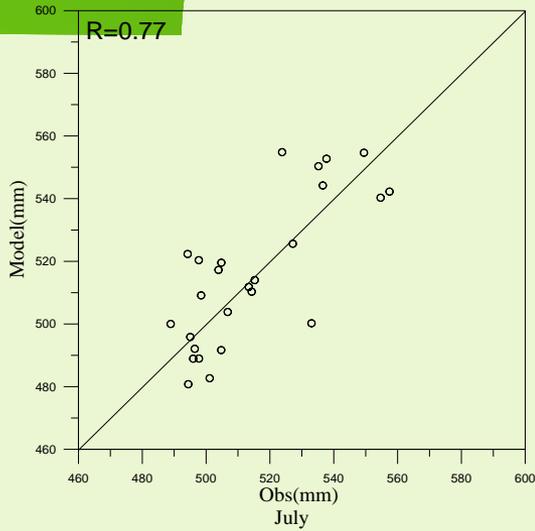


# 附錄-觀測值與模擬值相關係數





# 附錄-觀測值與模擬值相關係數



# 附錄-觀測與模擬之氣候值比較

月份	雨量平均(mm)		雨量標準差(mm)		偏態係數(CS)	
	觀測值	模擬值	觀測值	模擬值	觀測值	模擬值
1	23.63	23.63	0.74	0.96	0.48	-0.20
2	31.21	30.87	3.88	4.98	-0.18	-0.52
3	50.47	50.46	3.09	4.47	-0.94	0.51
4	84.99	85.07	4.50	5.29	0.20	-0.34
5	274.00	273.96	9.59	15.48	-0.12	0.25
6	511.67	513.12	25.05	39.23	1.00	0.18
7	514.54	513.26	20.61	30.10	0.77	0.67
8	588.36	587.86	7.07	11.79	0.19	-0.48
9	323.40	323.21	8.69	13.83	0.14	0.03
10	84.02	83.94	9.17	12.15	0.96	-0.73
11	25.50	25.56	1.76	2.36	0.60	0.75
12	17.23	17.27	0.68	1.08	0.88	0.42