

# 全球氣候模式應用於 月雨量預報之可行性評估

中央氣象局107年天氣分析與預報研討會

馮智勇<sup>1</sup> 陳苡甄<sup>1</sup> 劉人鳳<sup>2</sup> 陳孟詩<sup>2</sup>

<sup>1</sup>多采科技有限公司

<sup>2</sup>中央氣象局預報中心

多采公司

Manysplendid Infotech, Ltd.



# 緣起

## ▶ 短期氣候預報現況：預報員主觀預報產品

地區 \ 月份	5 月	6 月	7 月
北部	142.1~295.7	186.4~397.3	168.2~291.4
中部	149.2~281.1	209.3~410.8	134.9~372.8
南部	103.7~237.3	248.7~488.9	220.5~512.5
東部	121.4~280.0	119.5~260.3	75.0~271.3

### 1. 氣溫與雨量類別機率預報

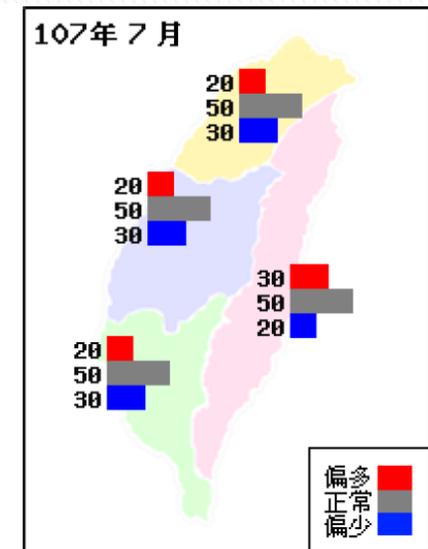
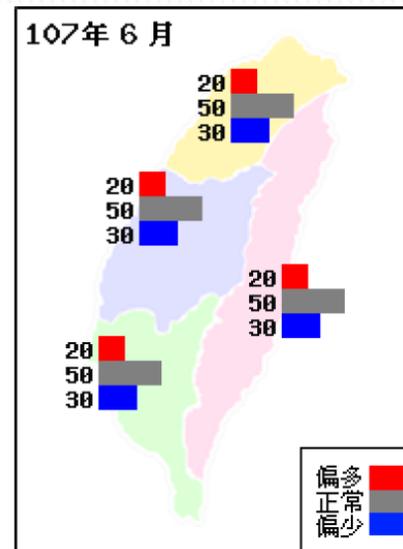
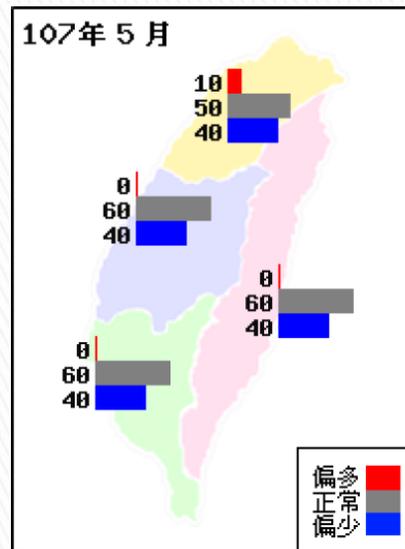
- 偏低、正常、偏高

### 2. 月、季尺度

- 第1週、第2週與第1~4週預報
- 未來3個月之各月預報

### 3. 北、中、南、東四分區

- 台北、台中、高雄與花蓮為參考氣象站



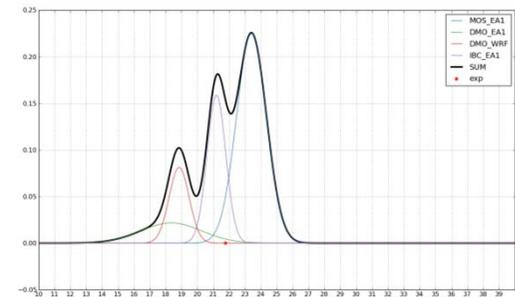
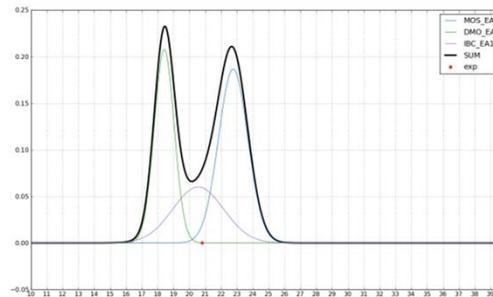
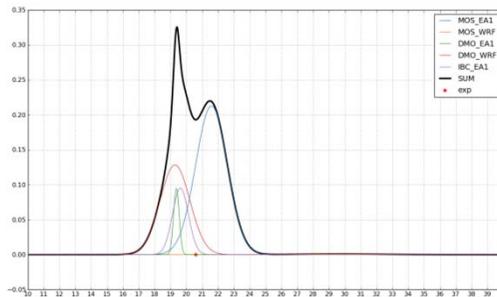
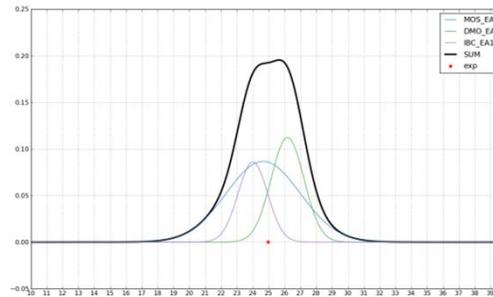
# 精緻化預報與災防應用

- ▶ 數值動力模式預報能力發展迅速
  - 無縫隙預報概念
    - 氣象模式：延伸預報能力至2週以上
    - 氣候模式：由月、季尺度向下涵蓋第1、2週預報能力
  - 多種系集模式輸出
  - 高解析度(時間/空間)客觀預報產品
- ▶ 災防單位流量預報作業需求
  - 利用歷史流量資料建置統計預報模型
    - Q80, Q90
    - 歷史相似方式
  - 利用三分類(偏少/正常/偏多)雨量機率預報產製流量預報
    - 配合統計模擬與降雨逕流模式

# 流量統計預報能否預知 降水系統生成與否？

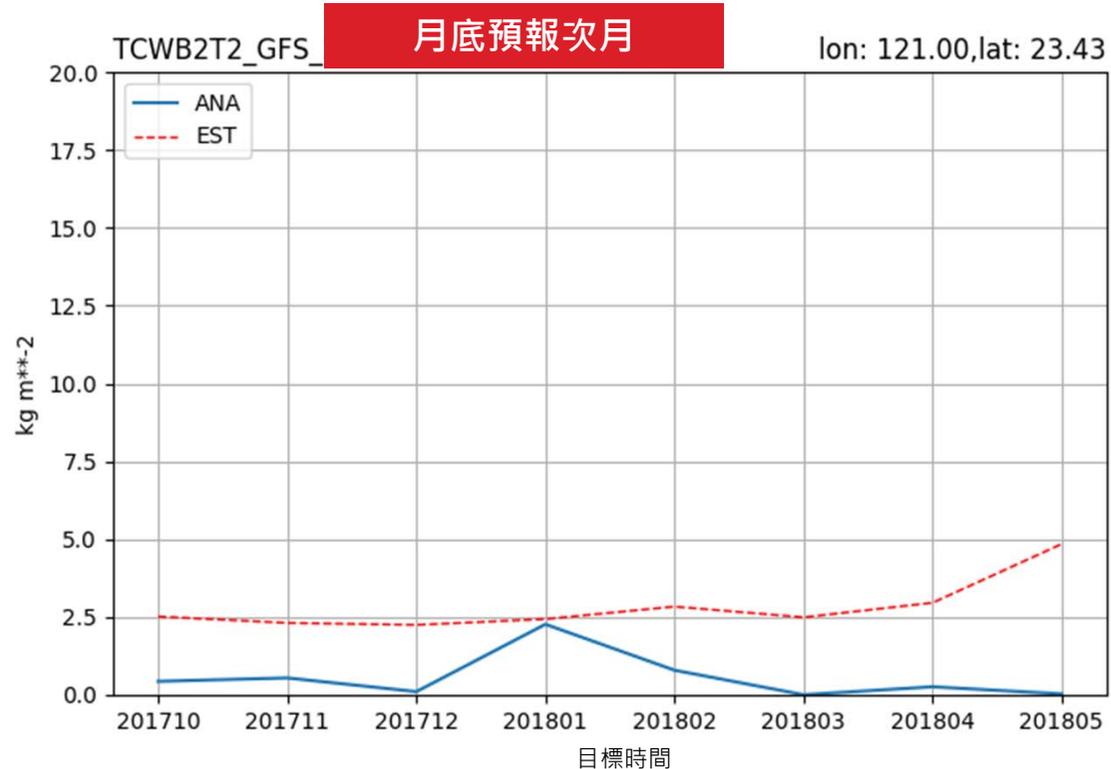
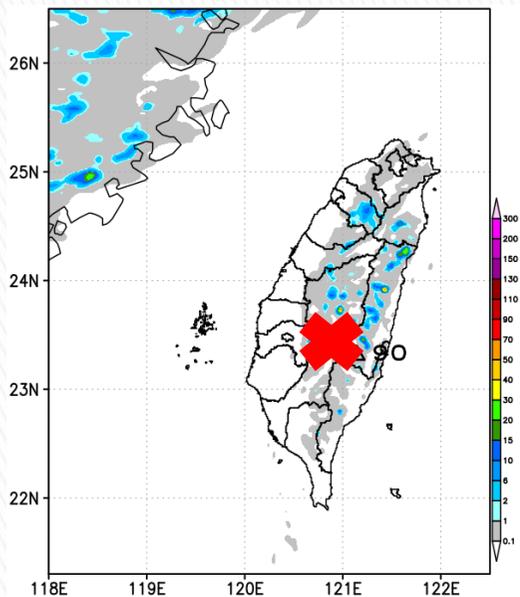
- Q80、Q90？
- 歷史相似流量？

# 統計模擬能否從三分類機率預報 完整反演雨量發生機率？



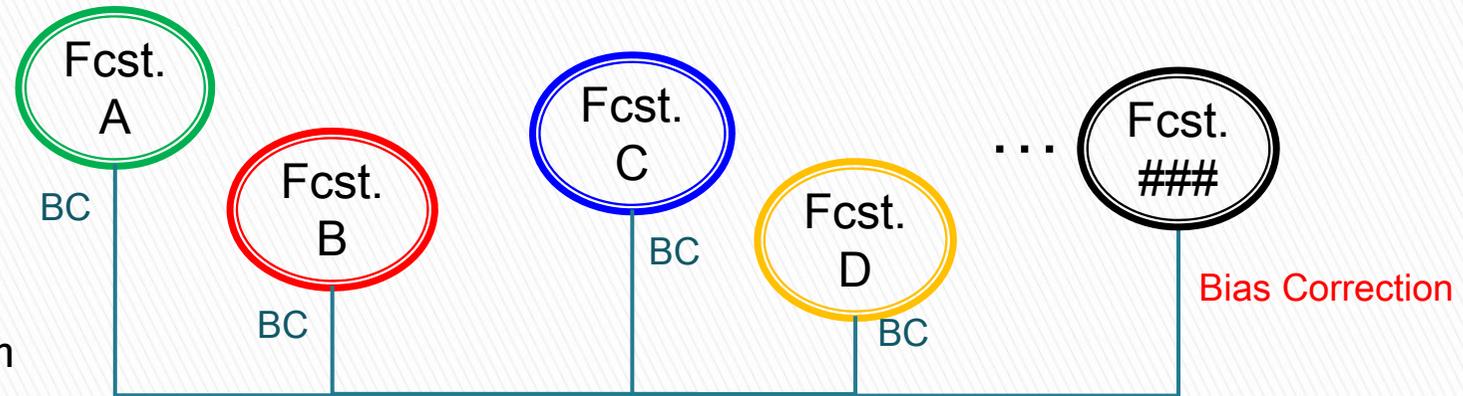
# 氣候系集模式降水模擬發展現況

- ▶ 107年4月底水情吃緊，是否5、6月可解除旱象？



格點模擬與降水真實場時間序列變化一致，量值具系統性偏差

# 短期氣候綜合預報架構



## ► Bias Correction

- Quantile Mapping
  - For climate models
  - Apply to each grid point
  - Keep the difference while extrapolating quantile

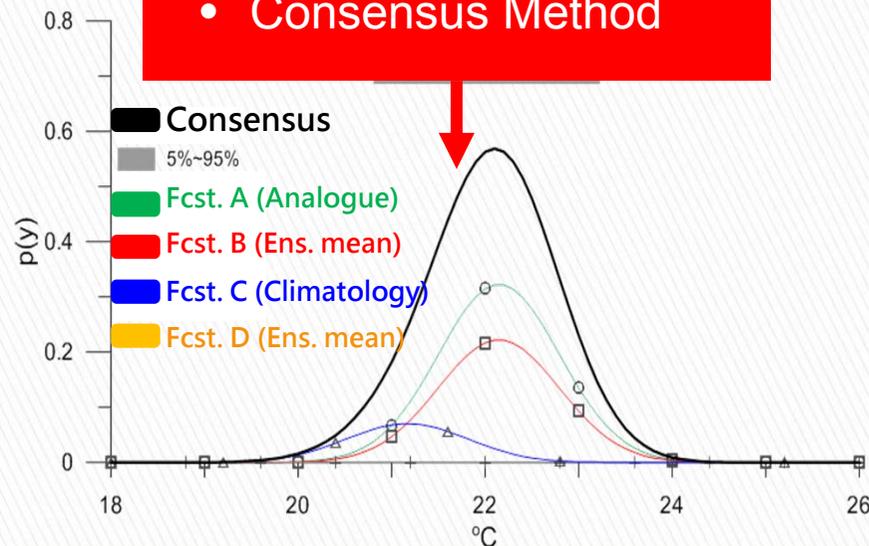
## ► Station Downscaling Fcst.

- Regression model
  - Calibration : regression to nearest grid point
  - Bridging : regression to climate index

## ► Consensus Method

- Bayesian Model Average

- Station Downscaling
- Consensus Method



# 月雨量客觀綜合預報流程設計

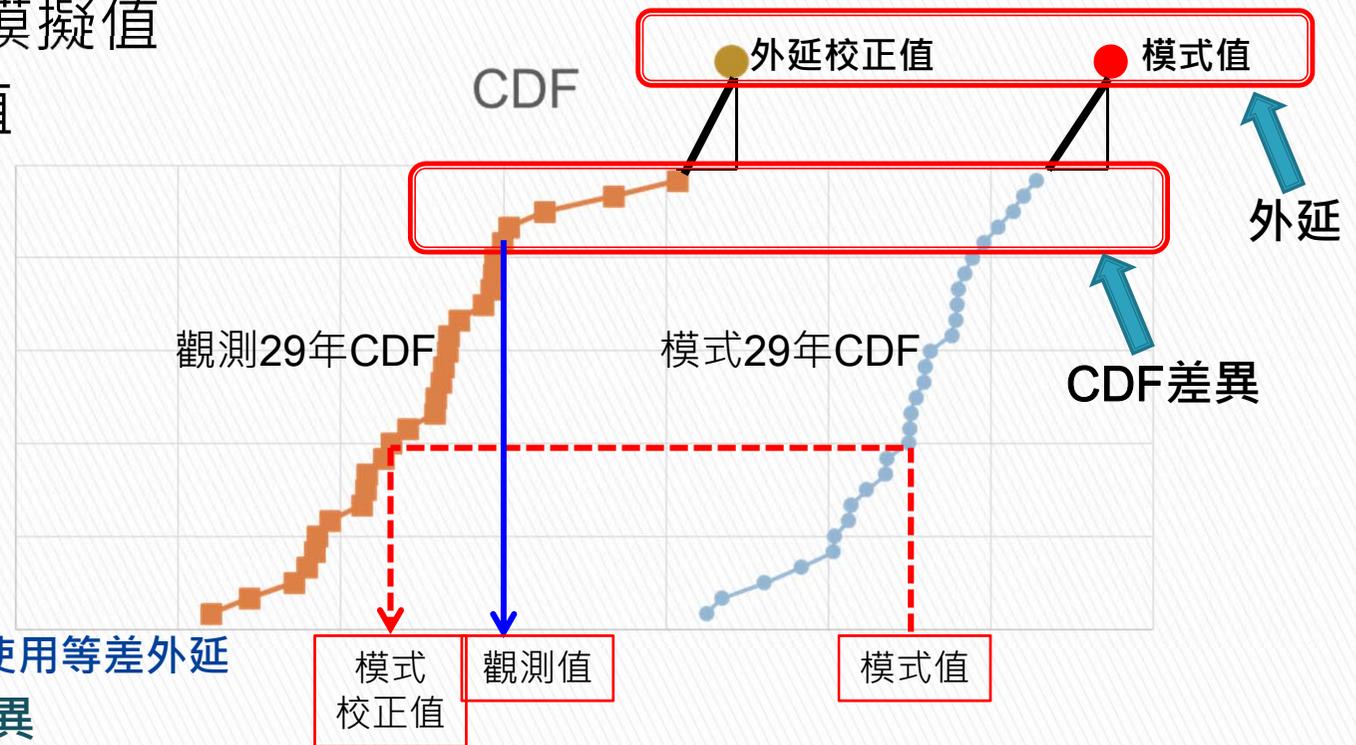
流程	方法	備註
系集模式代表性預報 (Representative Fcst.)	系集模式算術平均	CWB TCWB2T2: 120 成員 CWB TCWB1T1: 12 成員 NCEP CFSv2: 20/24/28 成員
系統性偏差校正 (Bias Correction)	Quantile Mapping	以分析場為校正對象(CFSR)
測站統計降尺度 (Statistical Downscaling)	空間內插 Calibration model Bridging model	雙線性內插 相鄰四點迴歸+前進選擇法 遙相關氣候指標迴歸
綜合預報 (Consensus Fcst.)	BMA	逐點建置綜合預報模型

# 氣候模式資料說明

分類	重預報資料/即時資料		
資料名稱	TCWB2T2	TCWB1T1	CFSv2
時間解析度	monthly	monthly	monthly
空間解析度	1° x 1°	1° x 1°	0.5° x 0.5°
資料時間長度	1982→2011	1982→2011	1982→2011/03
模擬範圍	Global	Global	Global
系集成員數- Reforecast	120 1. CWB-GFS, MPI-ECHAM5 2. CWB-OPGv2,NCEP-CFSv2 3. 兩組大氣模式與兩組海溫預報交錯搭配四種組合，每種組合每月產出30個起始模擬時間不同的預報，每月共有2*2*30=120個系集成員	12 1. CWB-GFS 2. GFDL-MOM3 3. 每月固定12天00Z模擬(1, 3, 6, 8, 11, 13, 16, 18, 21, 23, 26, 28)，每月共有12個系集成員	20, 24, 28 1. 每侯模擬四次(00/06/12/18Z)，視月份會有5*4=20, 6*4=24, 7*4=28三種系集成員數
系集成員數- Operation	120 同Reforecast	30 每日00Z模擬，每月共有30個系集成員	120 每日模擬四次(00/06/12/18Z)，每10日組成系集E1, E2, E3，每組系集有40個成員，每月有3*40=120個系集成員

# 分位數映射法 (QM)

- 逐格點進行偏差校正  $\hat{x}_m(t) = F_o^{-1}\{F_m[x_m(t)]\}$ 
  - F : Cumulative Distribution Functions, CDF
  - $F^{-1}$  : inverse CDF , i.e. quantile function
  - m : 模式模擬值
  - o : 觀測值



## [QM法誤差來源]

- 百分位數函數外延
  - 雨量使用等比外延
  - 溫度/風場/高度場使用等差外延
- 百分位數函數形狀差異
- 觀測值與推估值之分位數差異

# BMA 綜合預報方法

- ▶ 假設觀測在已知模式預報時的條件機率
  - Raftery et al. (2005)應用於溫度與海平面壓力
    - 數值模式的溫度預報具有一定程度的預報資訊(可靠度)
    - $y$  為 $t$ 時刻待估計的物理量
    - $x_k$  為 $t$ 時刻 UW-MM5 系集模式第  $k$  成員的溫度預報值
    - $f_k$  為常態分布，代表已知第  $k$  成員時推估物理量之機率分布
      - 平均值為  $a_k + b_k x_k$ ，經簡單線性迴歸進行誤差校正
      - 標準差為  $\sigma$

$$\begin{aligned} f_{BMA}(y | x_1, x_2, \dots, x_k) &= \sum_{k=1}^K f_k(y | x_k) \cdot \omega_k \\ &= \sum_{k=1}^K g(y | x_k, \sigma^2) \cdot \omega_k \end{aligned}$$

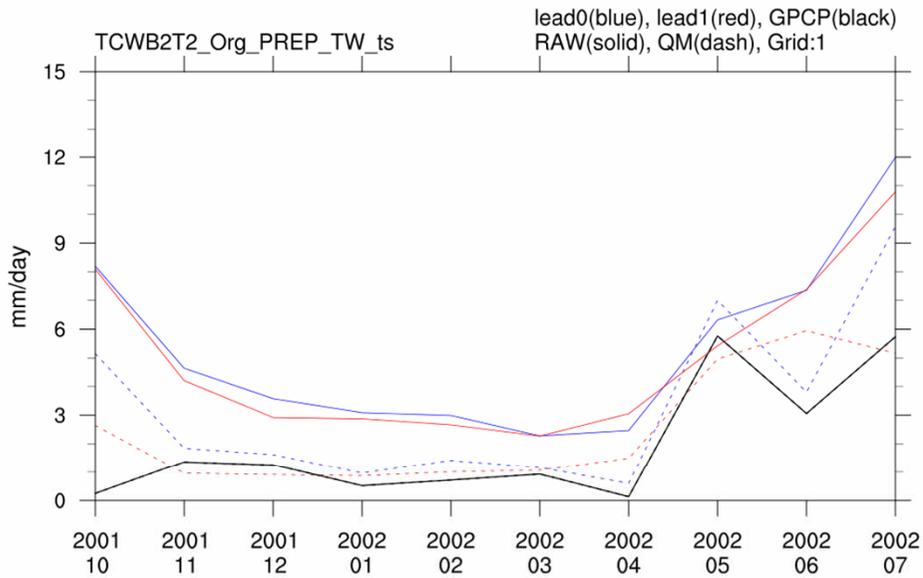
- 採EM演算法求解未知權重係數  $\omega_k$  與常態分布參數  $\sigma$

# BMA應用於雨量預報的考量

- ▶ BMA模型預測天氣參數( $y$ )發生機率
  - $p(y|f_1, f_2, \dots, f_k) = \sum_{k=1}^K w_k g_k(y|f_k)$
- ▶ 雨量預報統計檢定
  - 一般常聽到的雨量是gamma(空間?時間?對象?)
  - 而雨量誤差為何種分布?
  - 假設預報具有準確性,理論上真實觀測會落在預報附近,因此觀測和預報誤差應為normal
  - 針對雨量誤差做normal/gamma檢定(包含RAW/QM資料)
  - Kolmogorov-Smirnov test
    - H0: 符合理論分布

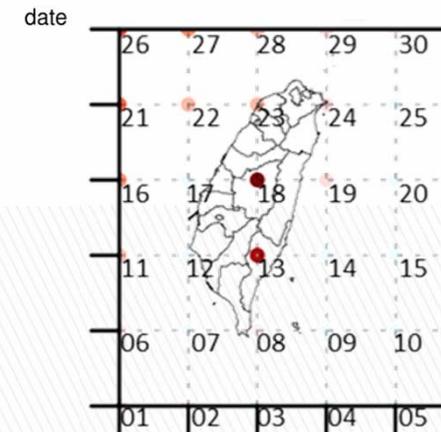
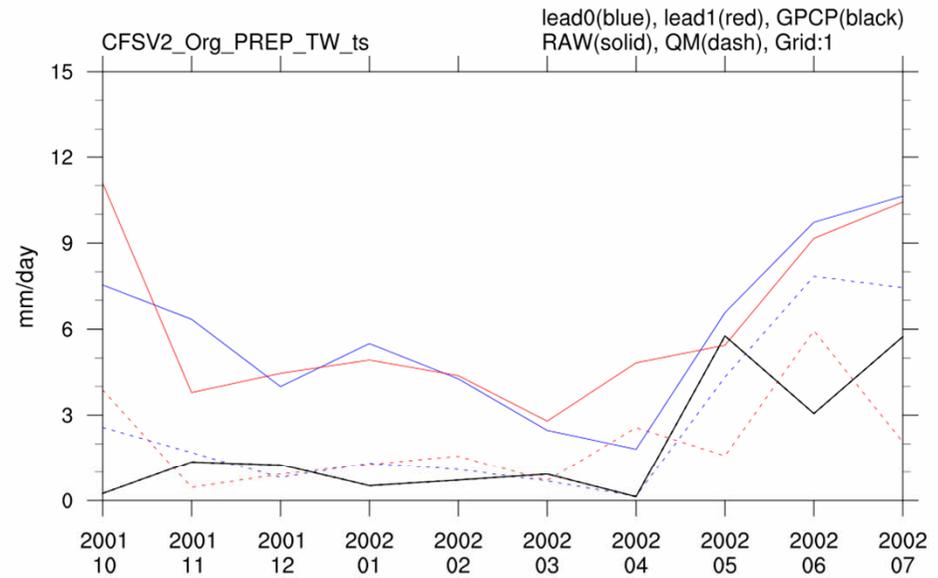
# 格點雨量重預報資料時序

## ▶ TCWB2T2



- ▶ 預報次月(藍線)
- ▶ 預報兩個月後(紅線)
- ▶ GPCP(黑線)
- ▶ RAW(實線),QM(虛線)

## ▶ CFSV2



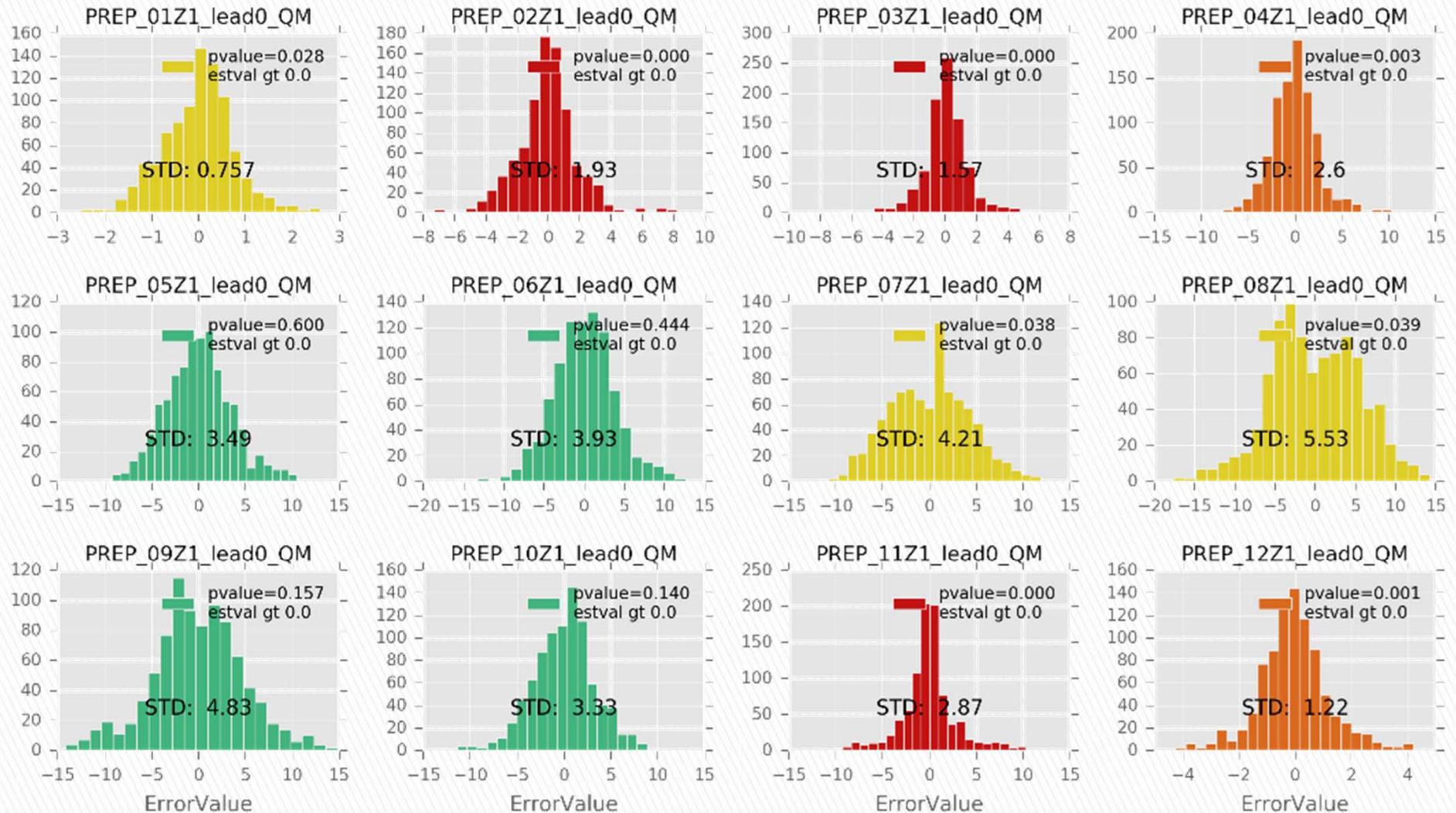
# 以K-S檢定月雨量預報模型(1 / 2)

## ▶ 作法

- 針對臺灣30格點1-12月份雨量作檢定
- 模式資料: TCWB2T2、TCWB1T1、CFSv2
- 分析場資料: GPCP
- 每個月會有30年x30格點共計900個差值樣本(obs-est)繪製成直方圖,再以K-S檢定normal
  - normal  $\rightarrow \mu, \sigma$
  - $\alpha=0.05$
  - $H_0$ : 樣本群符合理論分布

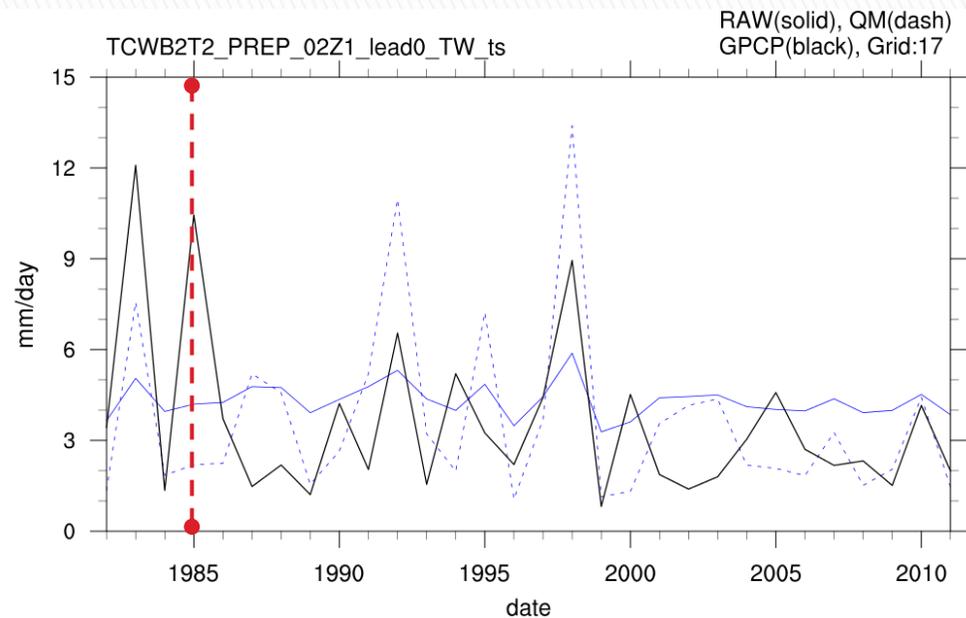
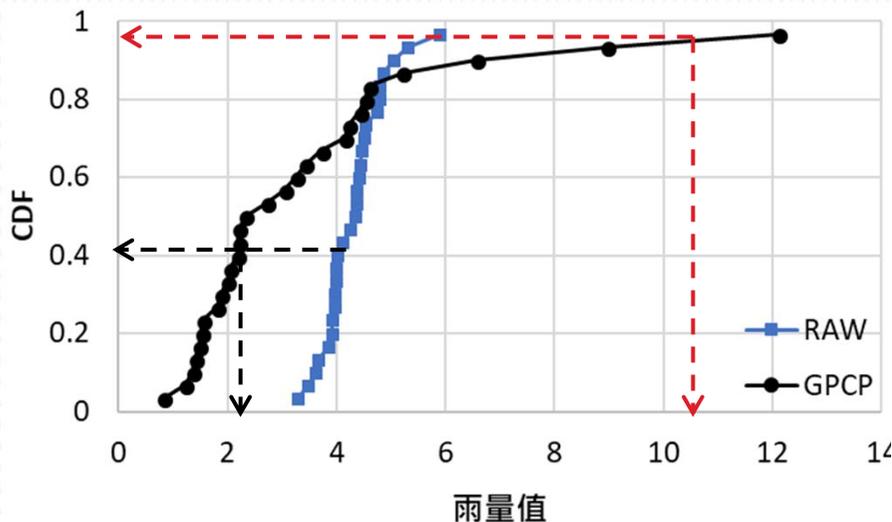
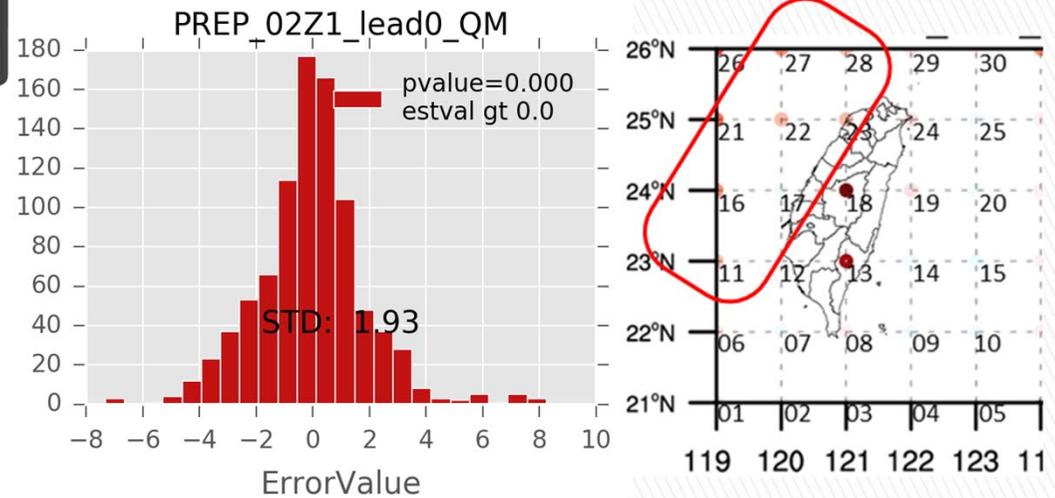
# TCWB2T2 模式雨量差值檢定

## ▶ QM 校正值檢定：模式次月月雨量



# QM後差值變大例

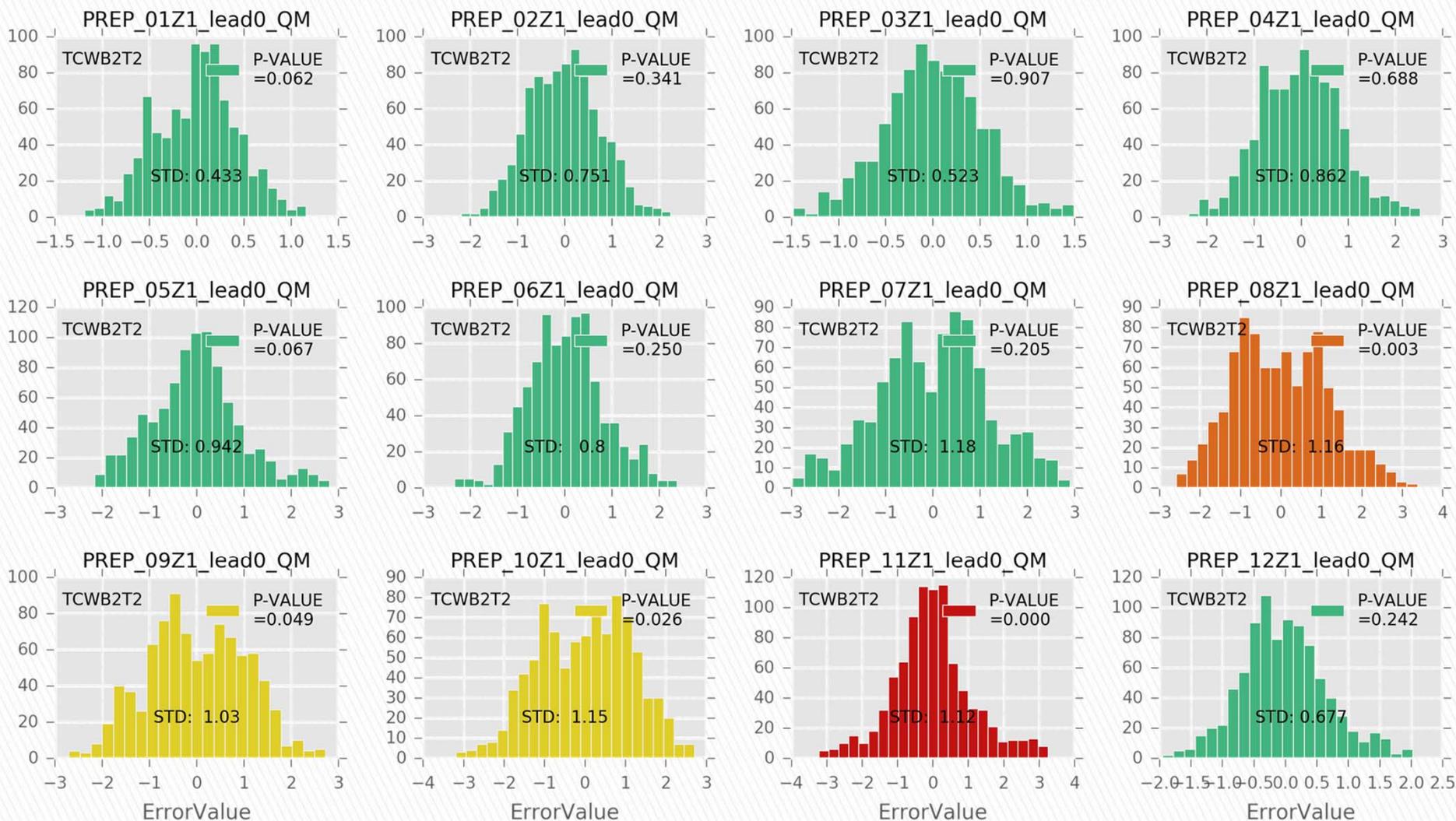
- ▶  $err\_max = 8.24829$
- ▶ 900樣本中的107th
- ▶ 1985年2月17th格點
- ▶ RAW(4.2), GPCP(10.45), QM(2.20)
- ▶ 預報和觀測在建模CDF百分位數差異過大使得QM結果不理想



# 2T2 雨量BoxCox轉換值差值檢定

▶ 轉換係數採 0.24

$$z_i = \frac{r_i^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda = 0.24$$



# 結論與後續工作

- ▶ 全球氣候模式具正確描述月、季尺度降水系統能力
  - 對於未來1~3個月的預報能力相近，無顯著差異
  - 格點模擬與降水真實場時間序列變化一致，量值具系統性偏差
  - 可透過如 **QM** 統計後處理方式進行校正
- ▶ 應用**BMA**客觀綜合多種系集模式預報需分析條件機率
  - 在已知模式預報下，天氣要素觀測值的機率密度函數
  - 若模式已具描述該天氣要素時，誤差/差值應符合常態分布
  - 月雨量校正值經**Box-Cox**轉換後，大多均符合常態分布
    - 測試水文常採用之 **Box-Cox** 轉換係數：0.28、0.32、0.36
- ▶ 分析納入遙相關氣候指標迴歸模型
  - 降水相關性分析、條件機率分析
- ▶ 針對模式格點建置 **BMA** 月雨量綜合預報模型&校驗分析

簡報結束 敬請指教

[www.manysplendid.com](http://www.manysplendid.com)



# 分位數映射法(QM)誤差來源說明

- ▶ 樣本數太少建立的CDF函數形狀較不連續，容易產生誤差。
- ▶ 當模式預報值落在CDF範圍以外之極值處理。
- ▶ CDF函數形狀斜率差異過大，使得分位數即便移動相同百分位，變數變動的幅度卻不同，造成校正誤差。
- ▶ 最主要的影響因素為模式的分位數與觀測的分位數之差異。

