

中央氣象局「發展鄉鎮逐時天氣預報」計畫之

高解析度統計降尺度預報方法研究

-- 99~101年進展與實作檢討

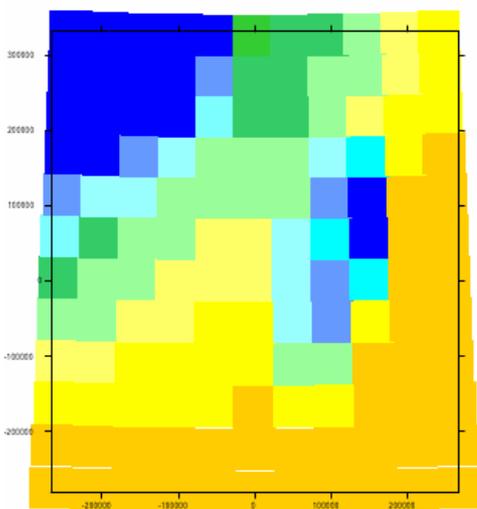
陳雲蘭¹ 劉欣怡² 馮智勇² 薛宏宇² 劉家豪²
楊淑蓉³ 郭孟坤³ 彭眾恩³

1中央氣象局氣象預報中心

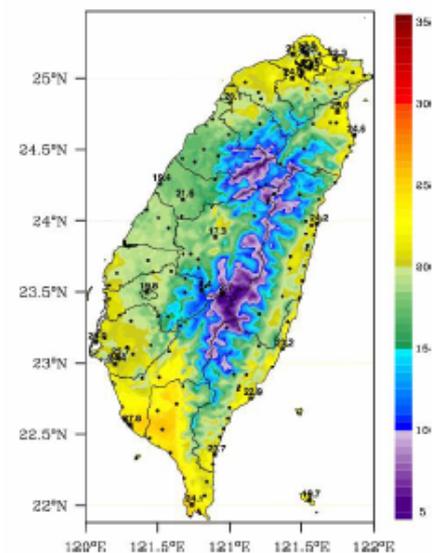
2多采科技

3資拓宏宇

Special thanks to
王信凱²、李宥樺²



20120219 IH00 103 048 (°C)



高解析度統計降尺度預報方法研究

-- 99~101年進展與實作檢討

報告內容

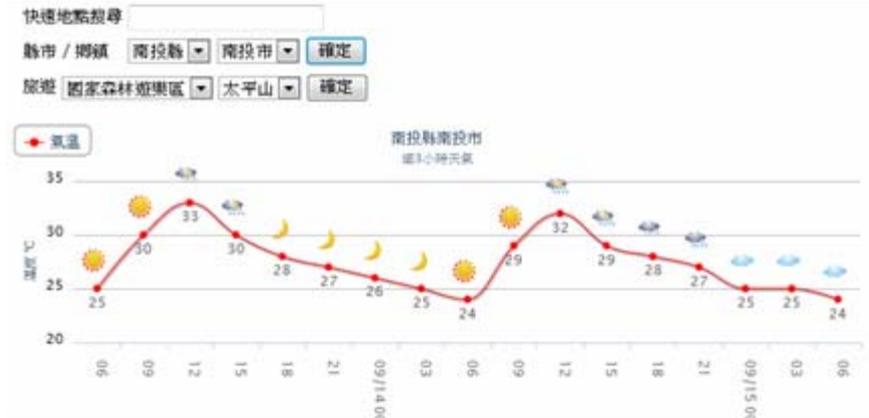
- 背景說明
- FIFOW_SFM 三年(99~101)研發重點
- 討論 1 : PP VS MOS
 - 101年新嘗試 Dynamic MOS
- 討論 2 : PP_S2Gridded VS PP_Gridded
- 未來方向 : 多模式、多系集

縣市預報 | **鄉鎮預報** | 原鄉部落 | 國家森林遊樂區 | 國家公園 | 國家風景區 | 休閒農場 | 主要水庫 | 主要港口

南投縣南投市公所

展開時間選單

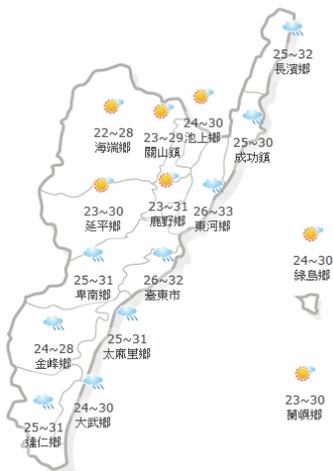
預測：09/13 白天



臺東縣臺東市公所

展開時間選單

預測：09/13 白天



縣市 / 鄉鎮 臺東縣 臺東市 確定

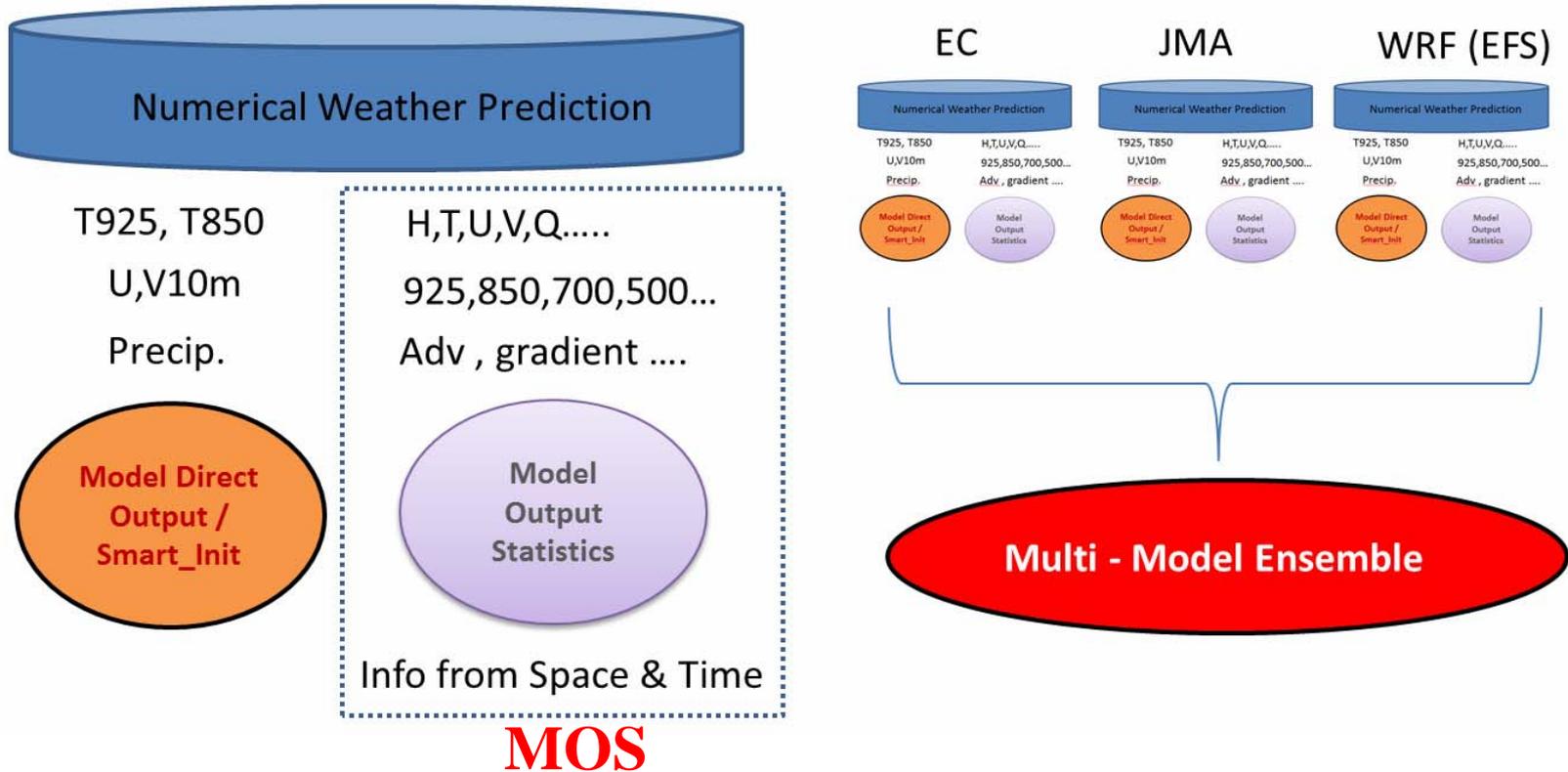
日期	逐3小時預報		1週預報		09/17 星期一	09/18 星期二
	09/13 星期四	09/14 星期五	09/15 星期六	09/16 星期日		
時間	白天	晚上	白天	晚上	白天	晚上
天氣狀況						
最高溫 (°C)	32	29	31	28	31	28
最低溫 (°C)	26	25	25	25	25	25
蒲福風級	2	1	3	3	2	2
風向	東南風	東北風	東北風	東北風	偏東風	偏西風
相對濕度	82%	87%	80%	82%	75%	88%
降雨機率	30%	30%	30%	30%	80%	60%

為何需要降尺度？

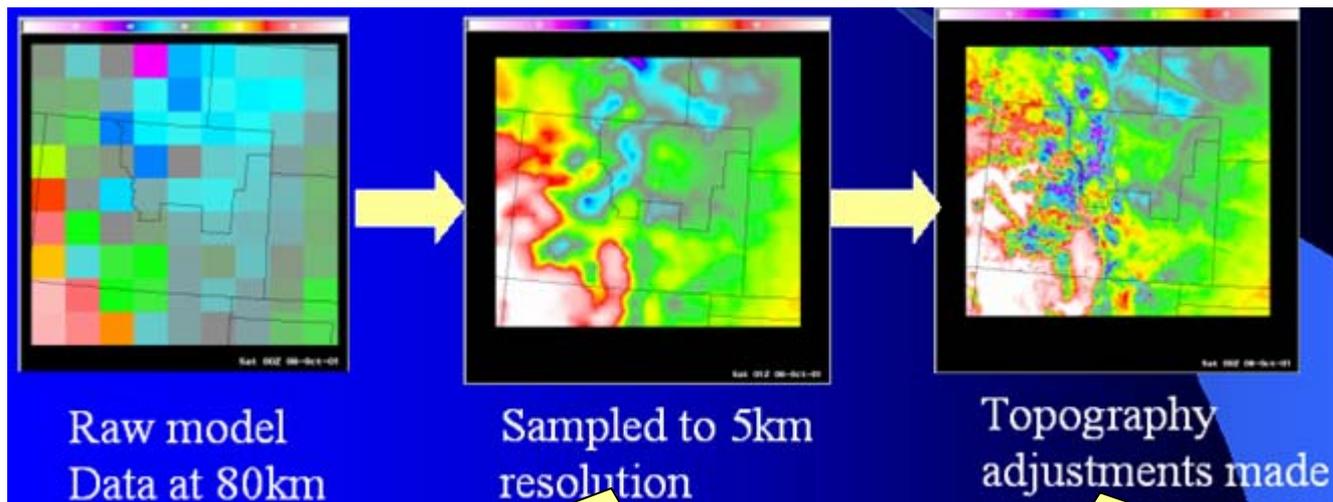
- NWP 沒有解析到預報作業所需時空尺度 (50/15/5 km → 2.5 km)
- NWP 沒有直接產製作業所需地面天氣要素 (Tmax/Tmin/Cloud Cover..)
- NWP 的產出值仍需要調校 (Bias , 地形因素....)

降尺度方法

動力方法、物理方法、統計方法(簡單統計, 多元迴歸, 各種資訊擷取方法)



Approach 1 : GFE Smart Init (CWB GFE team)



(Mike Romberg,2002)

用remap的方式，同時處理投影轉換以及降格點尺度

透過物理關係(或簡單統計)修訂或產製所需要素

Approach 2 : MOS 統計降尺度 (CWB FIFOW_SFM team)

$$\hat{Y} = \beta X$$

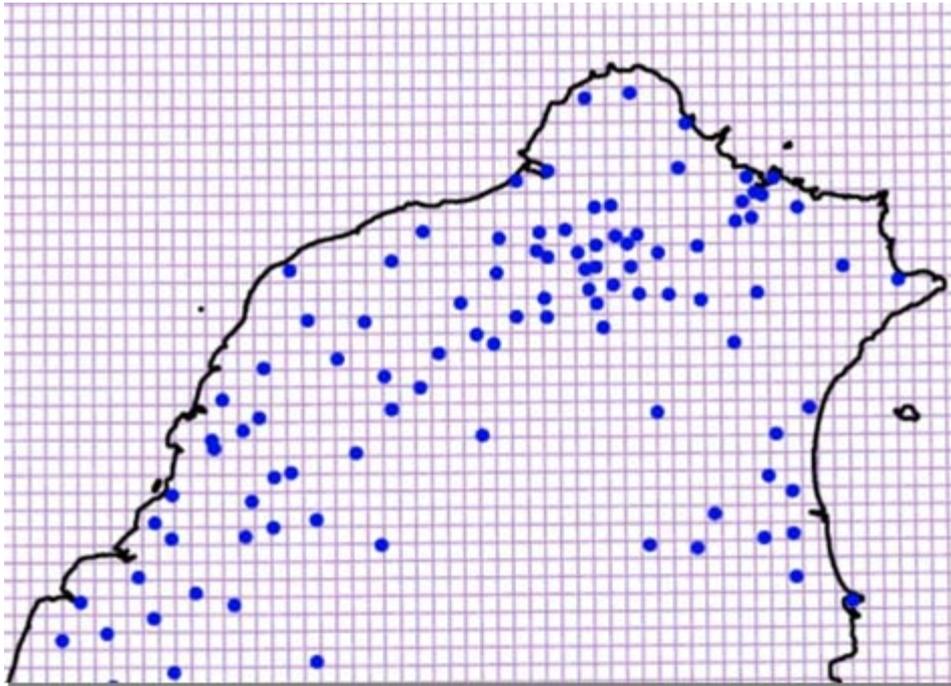
$$\min_{\beta} \|Y - X\beta\|^2 \quad \|\beta\| = \sum_{j=1}^d |\beta_j| \leq t$$

β : 迴歸係數

X : 預報因子; NWP三維大氣

\hat{Y} : 預報對象; 地面天氣

不只是MOS，還需要是 Gridded-MOS



$$\hat{Y}_{sto} = \beta X$$

$$\hat{Y}_{grid} = \beta X$$

G-MOS 的兩種做法：

(1) 先預報測站點再內插

$$\hat{Y}_{(sto)} = \beta X$$

MOS_station + 內插面化 \rightarrow $\hat{Y}_{grid}(2.5km)$

(2) 先求得GT，再進行統計預報

$$\hat{Y}_{(GT)} = \beta X$$

MOS_grid \rightarrow $\hat{Y}_{grid}(2.5km)$

FIFOW 統計預報子系統 任務：

發展高解析度統計預報技術

提供高解析度統計預報指引

近三年(99~101)研發重點

(1) 優化統計預報模型

- (1) 資料取樣方法 (陳等, 2009)
- (2) 統計模型假設合適性研究 (王與陳, 2010)
- (3) 引入LASSO改善建模研究(王與陳, 2009,2010,2011)
-  (4) PP、MOS(多采科技，2012)、DMOS (資拓宏宇，2012)

(2) 研發高解析降尺度方法

- (1) 客觀分析方法研究 (李等,2009；馮等，2011, **2012**)
(續見本研討會：馮智勇等，**2012**：客觀分析法地面溫度案例分析。)
- (2) PP/MOS_GridDED (使用GT資料高效處理運算)(多采科技，2011)
- (3) PP/MOS_S2G (使用UK, OK, KGPP方法面化) (多采科技，2011,2012)

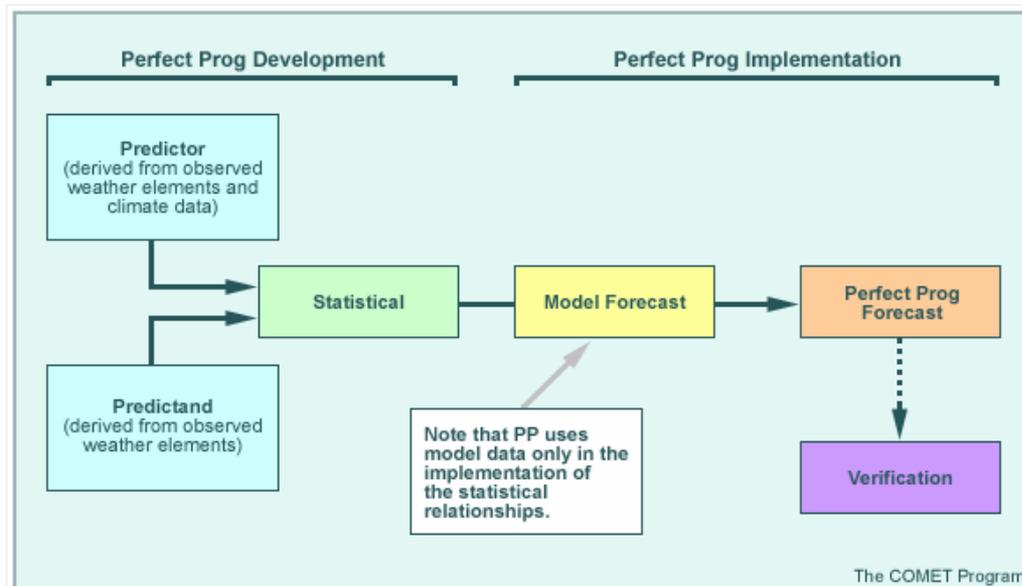
PP

優點：

- 可使用長時間的氣候資料建置模式，增加穩健性。
- 建模不受NWP模式更新影響

缺點：

- 不能校正NWP模式的系統性誤差
- PP方程中使用的預報因子需存在於所將套用的NWP模式。



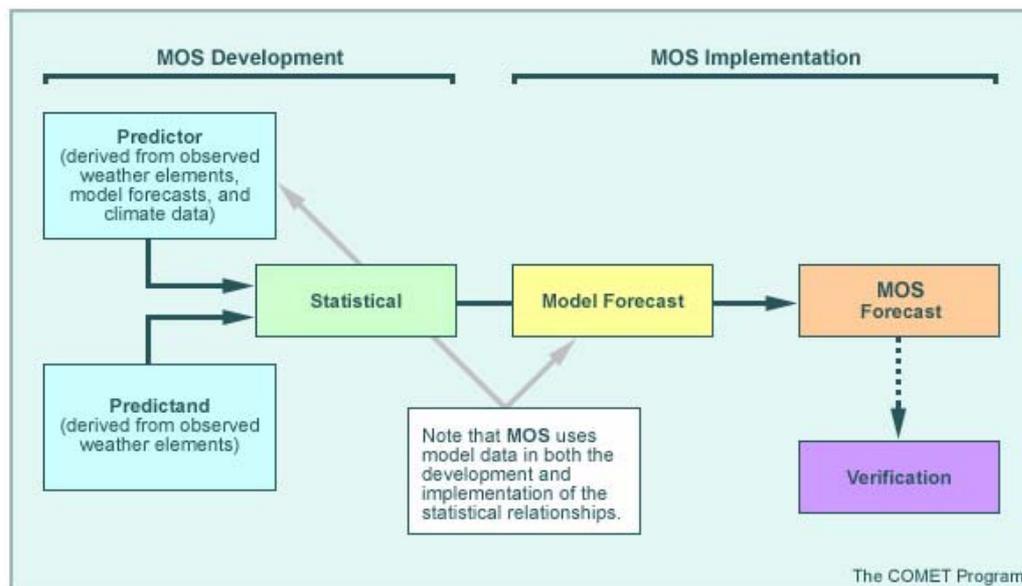
MOS

優點：

- 有機會校正NWP模式的系統性誤差。
- 可針對NWP模式選擇出較具預報能力的預報因子來建模。

缺點：

- 隨NWP的更新，需重建方程(但實務上又受限於資料長度而窒礙難行)。
- 逐預報時距各別建置，方程數量較多而增加維運資源。



D-MOS

優點：

- 只用近數月份的資料建模，減少受NWP模式更新的制約。同時亦大幅減少資料處理量。
- 可處理近期新建測站。
- 比較有機會給出符合目前氣候狀態的統計關係式

缺點：

- 較短的統計樣本長度可能影響預報成效，對缺失值數量的敏感度可能較高。
- 對極端值的掌握可能較差。
- 對季節氣候轉變期間的預報能力可能較差。

Dynamic MOS (D-MOS)

- Developed by Research Applications Program at NCAR (bill@ucar.edu)
- A **continuously updated** set of MOS equations is fitted
 - at each site
 - for each weather parameter
 - every issue/forecast time
- The most recent **100 days of history** are used to fit **linear regression relations** between
 - predictand (weather parameter observed at station)
 - predictors (weather parameters in NWP output)
- **New sites/new models** easily included (within 100 day)
- Better sensitivity to **current weather patterns**.
(e.g. ENSO signals)

Ref : Claudia Tebaldi , 2003 :

Improving numerical weather prediction using recent observations and spatial composition

討論(1) : PP, MOS, DMOS

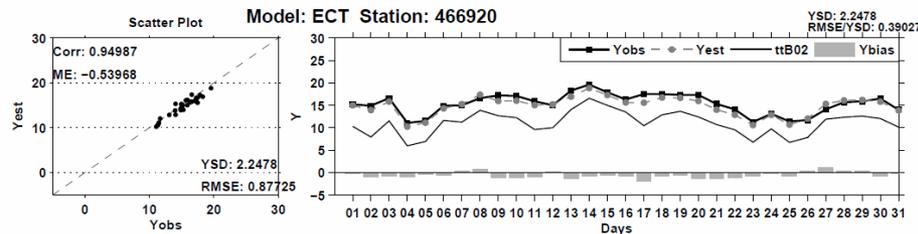
問題1 :

PP的建模：使用長時間分析資料(本計畫以EC-TIGGE資料代表, PP_ECT)，還是針對所應用NWP模式個別客製PP模型(PP_by_Model)？

優點比較：

PP_by_EC：建模方程由分析品質較佳的模式資料得出，且其樣本資料長度(2006.10~)為現有NWP模式中最長。

PP_by_Model：可處理個別模式特性、選用預報因子不需考量與其他模式共用的限制。



ECT : EC-TIGGE(0.5°)

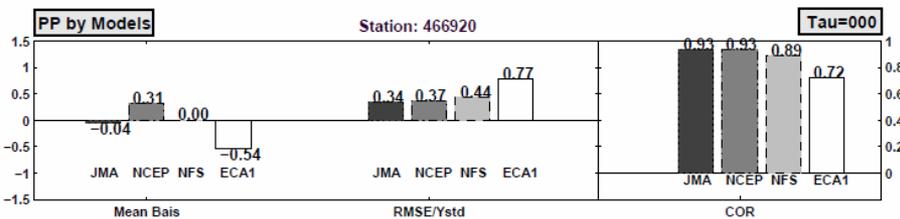
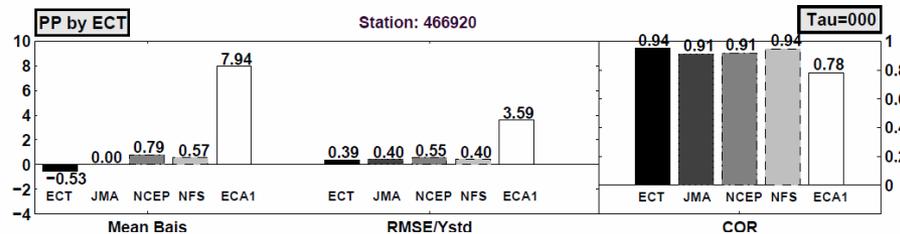
OP models:

JMA : JMA global (0.5°)

NCEP : NCEP global (0.5°)

NFS : CWB regional (15km)

ECA1 : EC (0.125°)



RMSE/YSD :

相當於對預報誤差值給予標準化。值愈小愈佳。若其值接近1，表示預報誤差等同以氣候法進行預報。

➔ 建議改用
PP_by_model

討論(1) : PP, MOS, DMOS

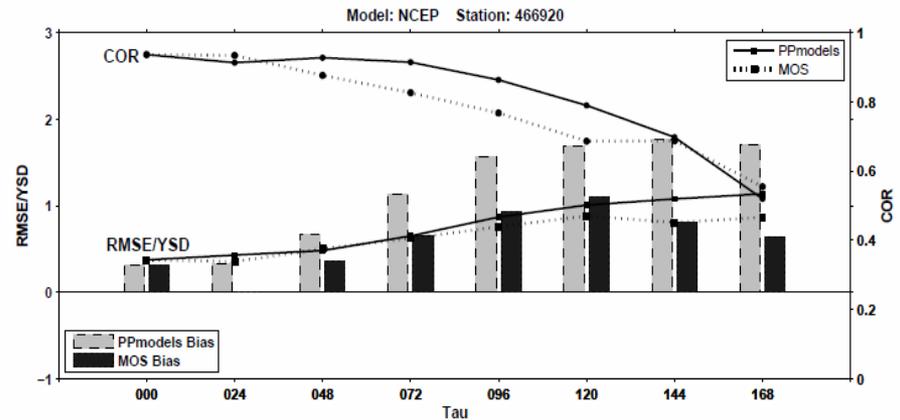
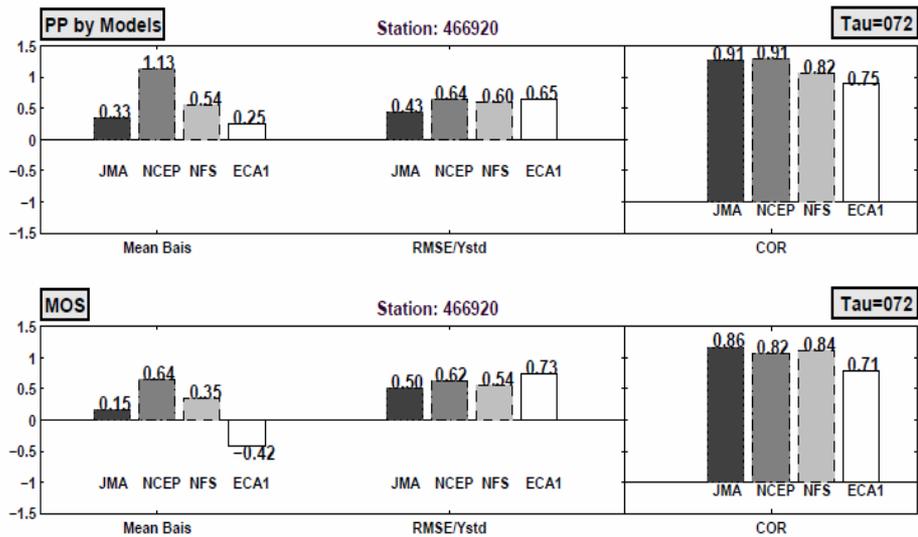
問題2 :

採用 **MOS** 是否將進一步增進預報成效？是否可取代 **PP_by_model** ？

優點比較：

PP_by_Model：忠實反應NWP的預報趨勢。適合特定應用的需求，如系集預報。

MOS：有機會修正系統性偏差，並根據過去模式預報能力的統計結果，自動訂正預報值受所預報大氣影響的比重。



➔建議

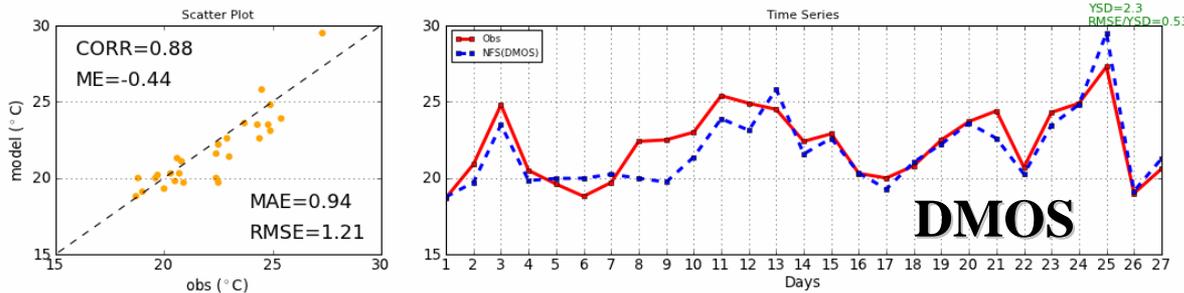
可延用PP_by_model (station, grid) ,
並加 MOS (station)以爲輔。

討論(1) : PP, MOS, DMOS

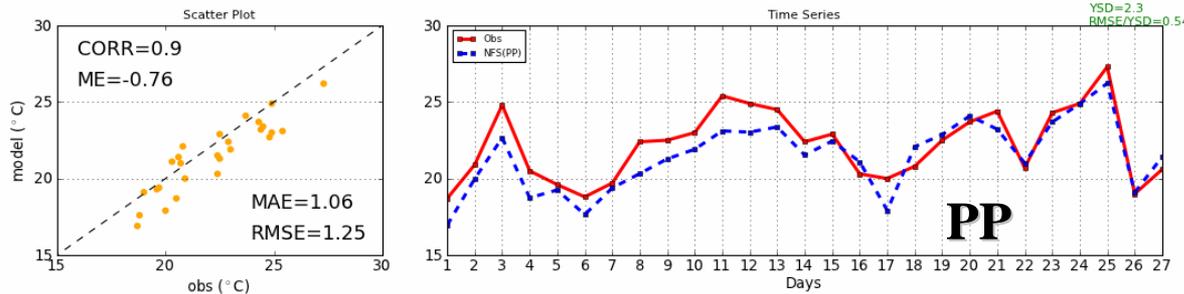
問題 3 :

D-MOS 的預報成效是否與 MOS / PP_by_model 相當？

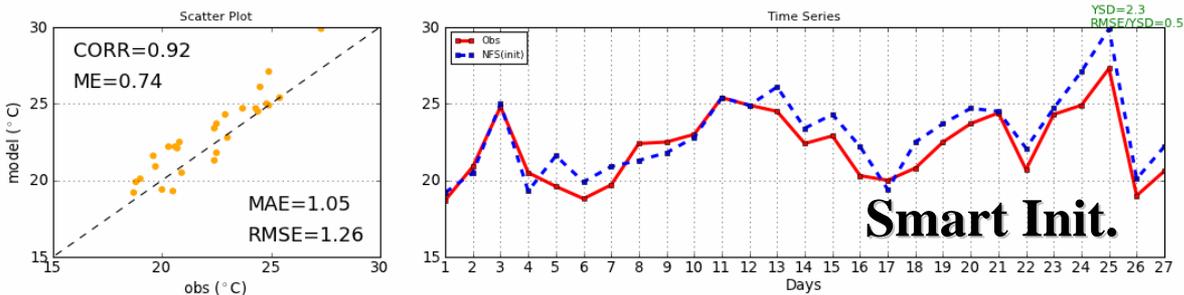
466920 Weather element T, IH: 00, tau: 0, Model:NFS(DMOS) 20120401~20120427



466920 Weather element T, IH: 00, tau: 0, Model:NFS(PP) 20120401~20120427



466920 Weather element T, IH: 00, tau: 0, Model:NFS(Init) 20120401~20120427



	ME	RMSE	COR
DMOS	-0.44	1.21	0.88
PP	-0.76	1.25	0.90
S. Init	+0.74	1.26	0.92



3種預報指引的成效相去不遠，顯示D-MOS有發揮空間。仍需日後更多觀察。

討論(2)：PP_Gridded, PP_S2Gridded

問題 4：

產製高解析網格降尺度預報值方法的比較：以預報測站點再面化是否可行？

PP_G：直接以GT值建模並預報

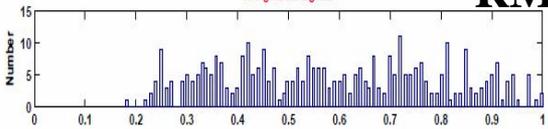
PP_S2G：使用測站點預報值再以UK方法面化

取368鄉鎮點進行比較

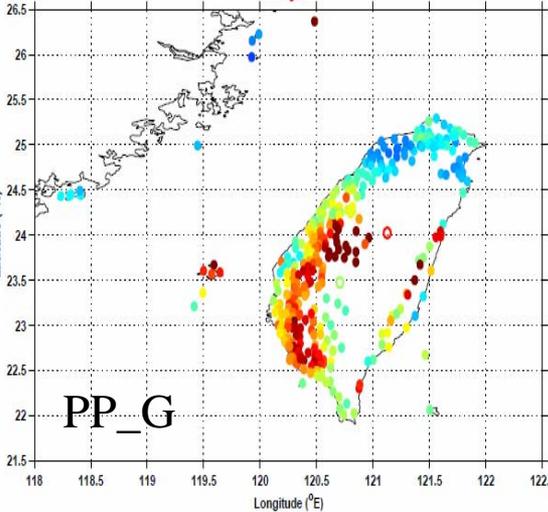
➔ PP_S2G 與 PP_G 相當，甚至表現略優。

RMSE / YSD

R/Y grid histogram

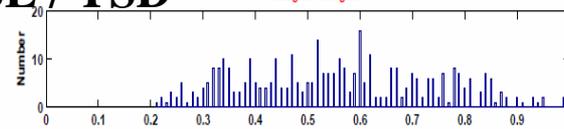


R/Y grid

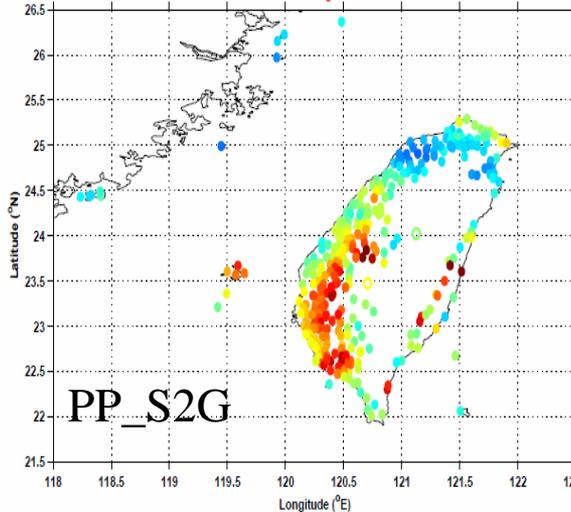


PP_G

R/Y sta2grid histogram

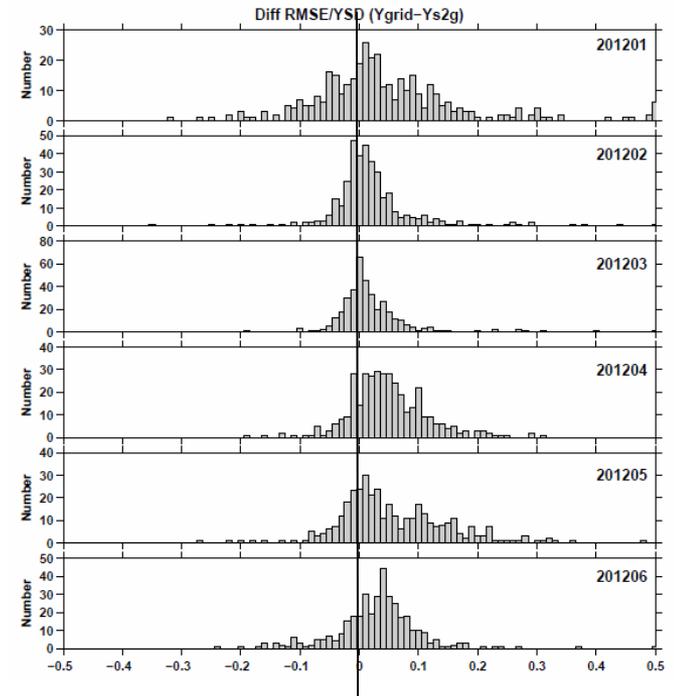


R/Y sta2grid



PP_S2G

RMSE/YSD (PP_G – PP_S2G)



RMSE/YSD：相當於對預報誤差值給予標準化。值愈小愈佳。

未來方向

102年計劃重點工作：

- (1) PP_by_ECT → PP_by_Model
- (2) 加入368鄉鎮的點預報(原為151站)
- (3) 強化校驗功能及資訊提供
- (4) 導入系集、整合多模式

SFM current status(99~101) & Plan for 102-103

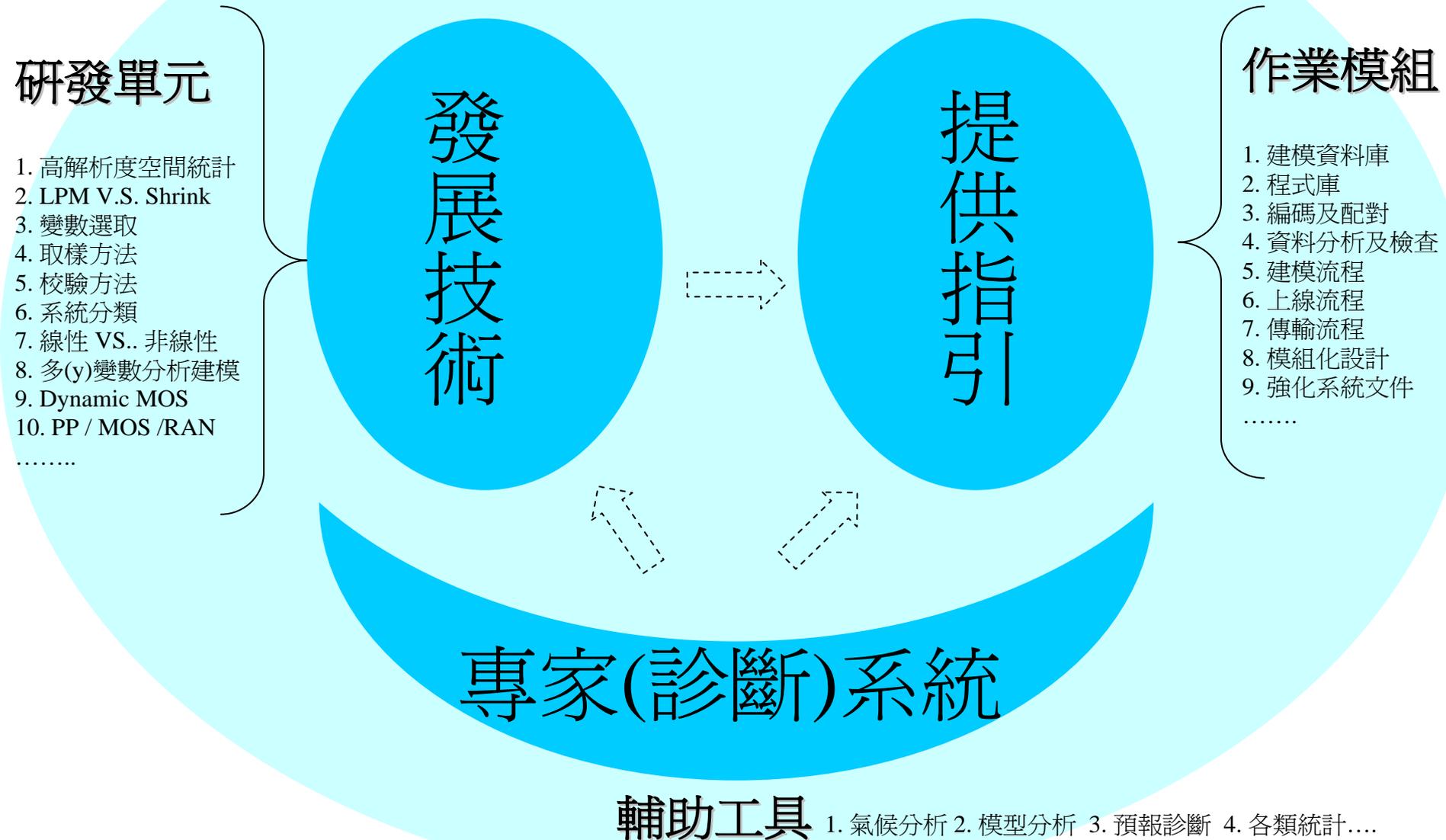
OP (外部成果)	年度	系統建置		校驗	研發
PP_ECT (G,S,S2G)	99	PP_ECT		建模分析工具	LASSO
	100				BCDG、KGPP
	101	PP_M	MOS(S) DMOS_T(S)	事後預報模組 OP預報校驗功能	P4、聯立方程 OBJ、KGPP
PP_M(G,S,S2G) MOS(S,S2G) DMOS_T(S,S2G)	102	PP_系集	DMOS_T_系集 & DMOS_R	強化的事後預報模組 整合離線重跑功能	EKDMOS BMA
add 系集	103		EKDMOS BMA		



- 王政忠、陳雲蘭，2009：最小絕對壓縮挑選機制(LASSO)於天氣分析迴歸預報的應用。天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局，314-319。
- 王政忠、陳雲蘭，2010：邏輯斯迴歸(Logistic Regression)模型輔以最小絕對壓縮挑選機制(LASSO)於降水機率預報之應用。天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局，236-241。
- 王政忠、陳雲蘭，2011：「發展鄉鎮逐時天氣預報」計畫之高解析度統計預報技術研究(2) --引用順序型邏輯斯迴歸模型進行雲量多類別預報試驗。天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局。
- 李天浩，2009：應用克利金法建立高解析度網格點氣象數據之研究。交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告
- 陳雲蘭、王政忠與張琬玉，2009：統計迴歸模式季內時間取樣差異測試。中央氣象局自行研發計畫成果報告第CWB98-1A-03號，16頁。
- 馮智勇、李天浩、陳雲蘭、高慧萱，2011：「發展鄉鎮逐時天氣預報」計畫之高解析度統計預報技術研究(3) -- BCDG空間內插方法分析與應用。天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局。
- 發展鄉鎮逐時天氣預報—高解析度網格統計降尺度建置案 統計降尺度天氣預報子系統，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告，2011。
- Wang Jheng-Jhong and Y. L. Chen, 2011 : Comparison of Regularized Logistic Models with Linear Regression Models for Precipitation Probabilistic Forecasting. AOGS 2011.

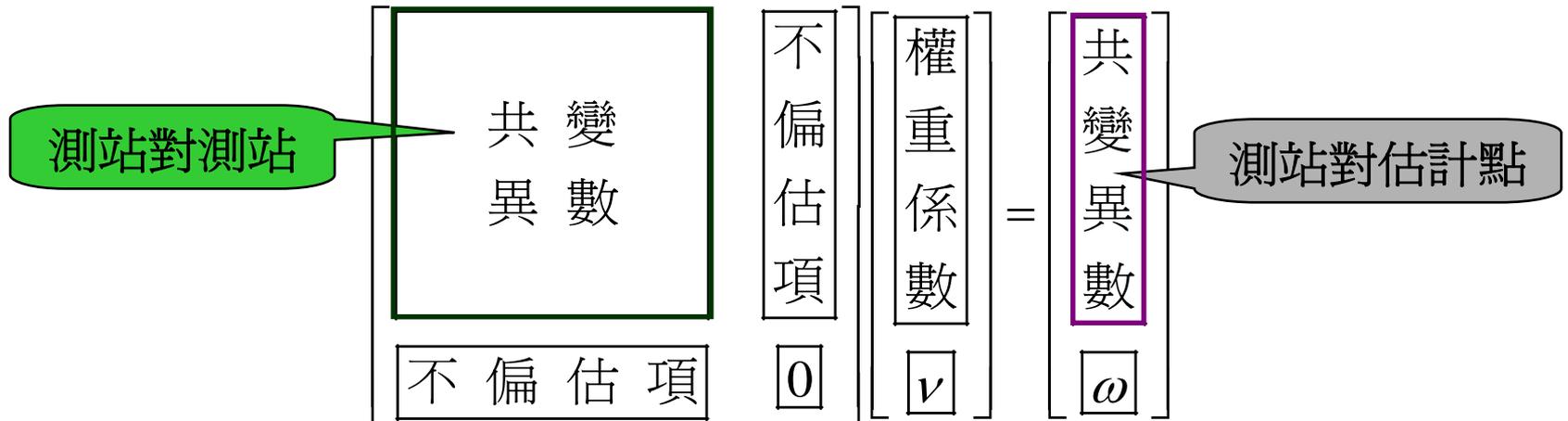
附圖

長程規劃方向：完善作業及發展環境



克利金法

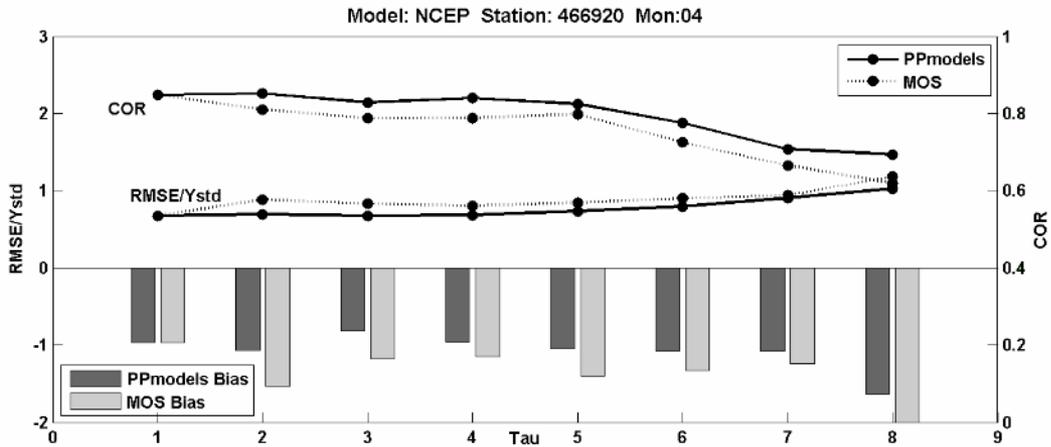
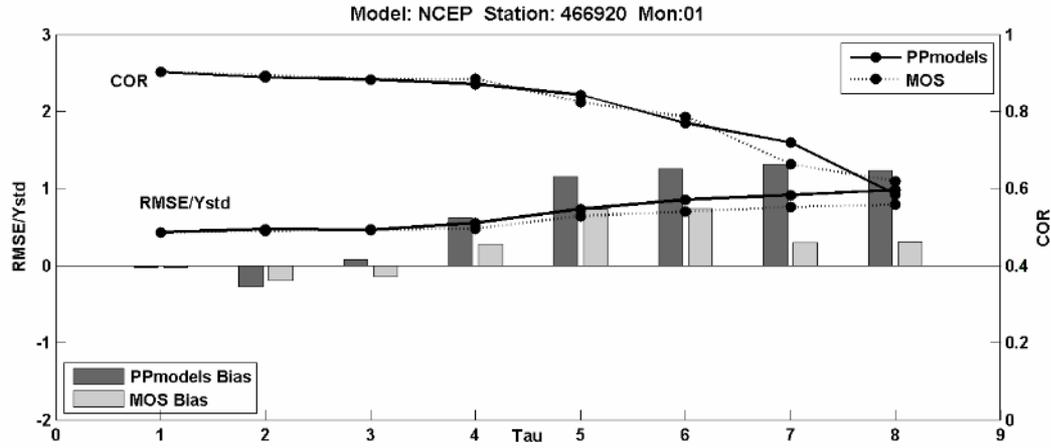
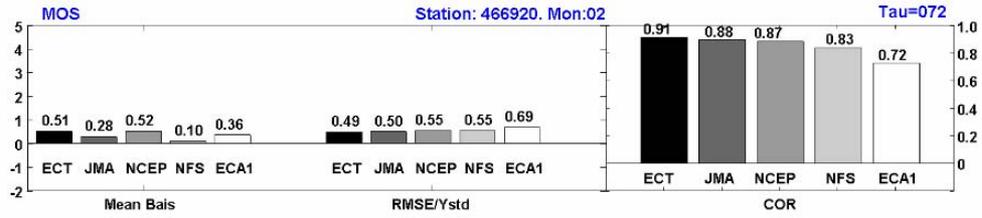
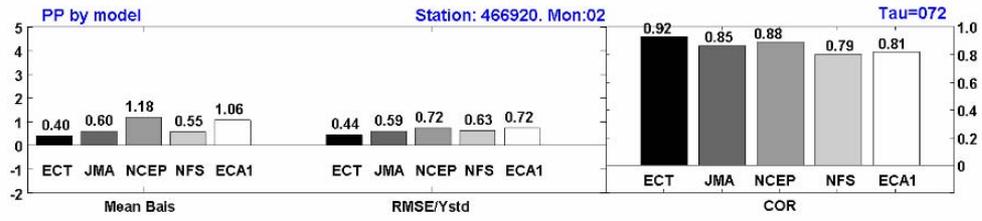
克利金法為使用Variogram分析空間相關性，以計算觀測值權重組合之客觀分析方法。由「估計誤差變異數最小化條件」及「不偏估條件」可建立以下矩陣方程式並求出權重係數值



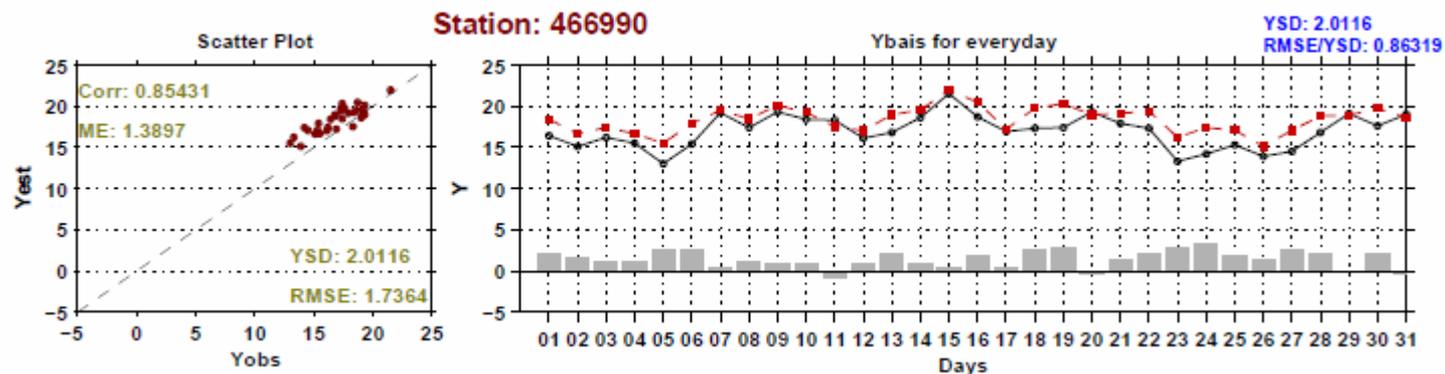
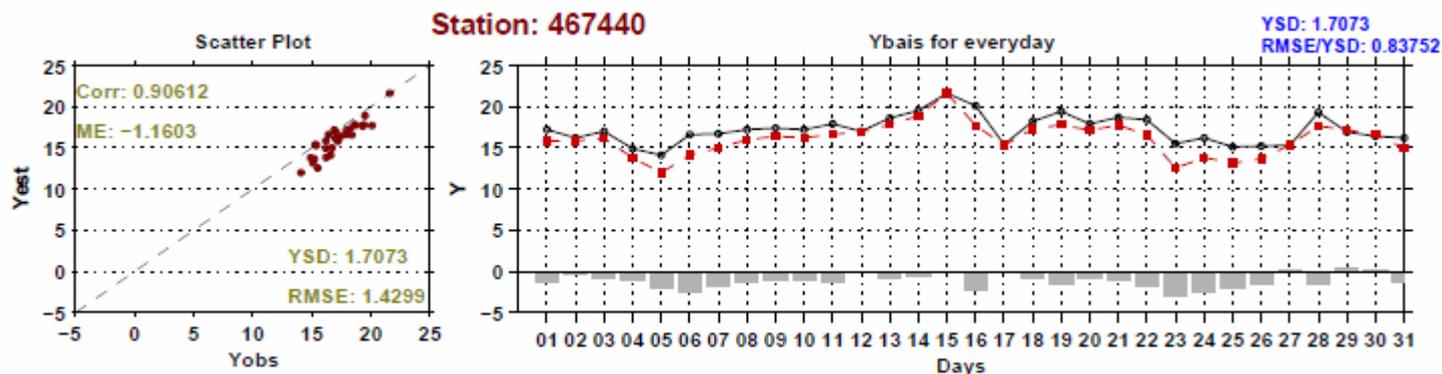
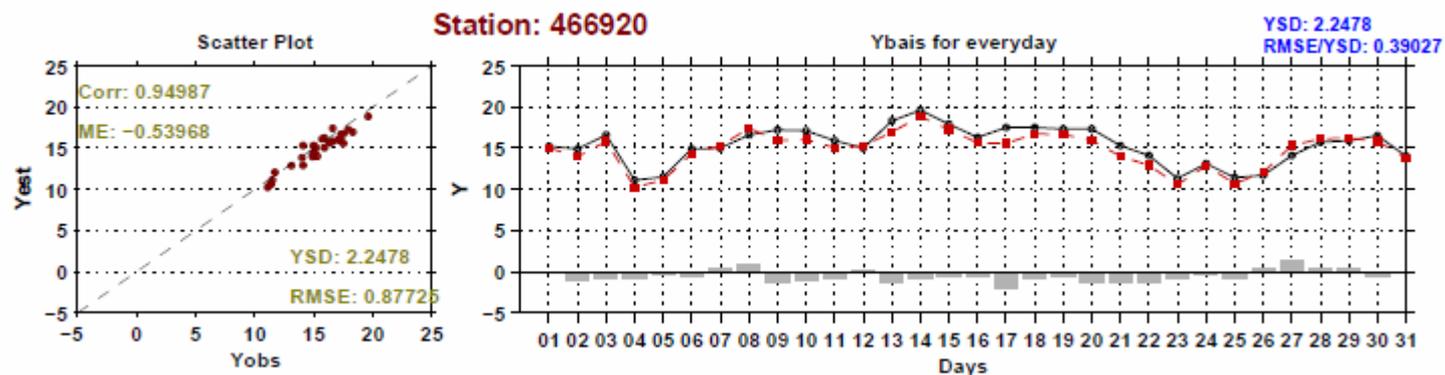
The diagram illustrates the matrix equation for Kriging weights. It consists of three main parts: a coefficient matrix, a vector of constraints, and a vector of unknowns, all separated by an equals sign. The coefficient matrix is a square matrix with '共變異數' (Covariance) in the upper triangle and '不偏估項' (Unbiased estimation terms) in the lower triangle. A green callout bubble labeled '測站對測站' (Station to Station) points to the upper triangle. The vector of constraints is a column vector with '不偏估項' (Unbiased estimation terms) and a zero '0'. The vector of unknowns is a column vector with '共變異數' (Covariance) and a symbol ω . A grey callout bubble labeled '測站對估計點' (Station to Estimation Point) points to the upper triangle of the unknowns vector.

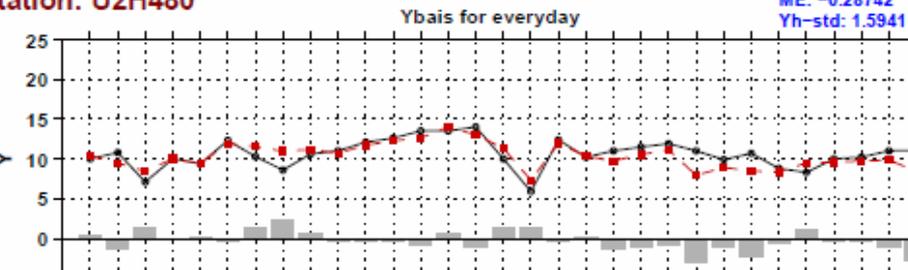
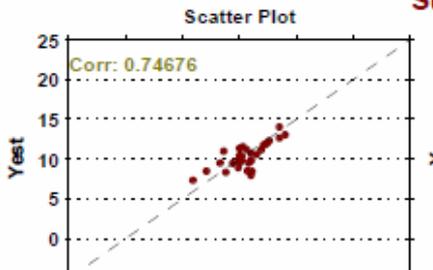
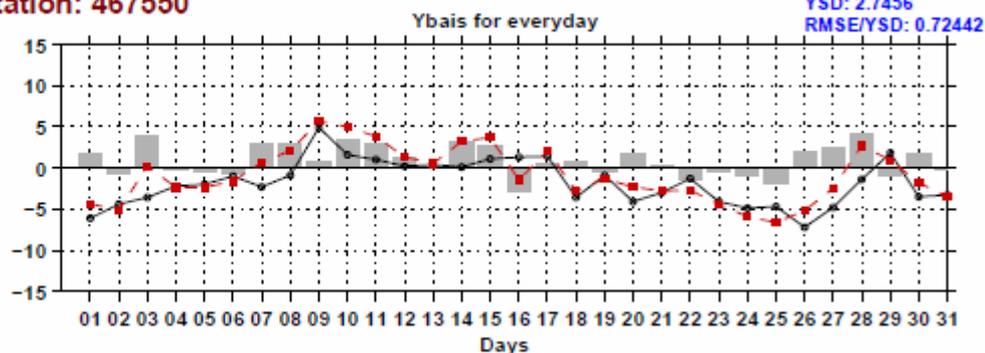
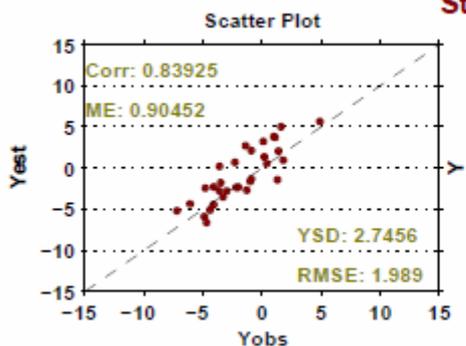
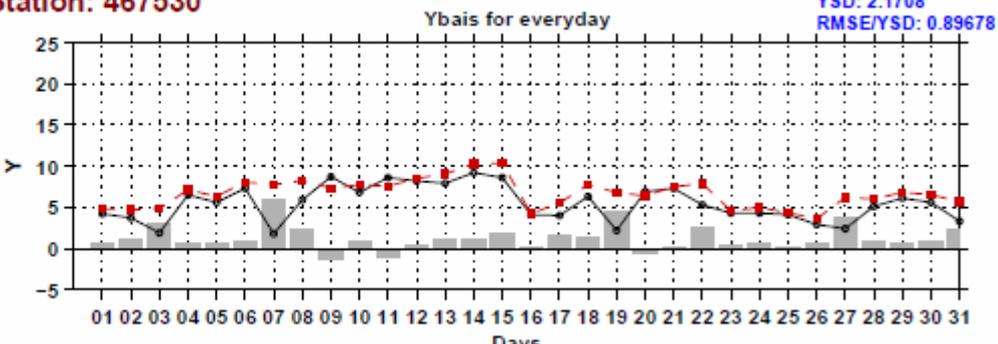
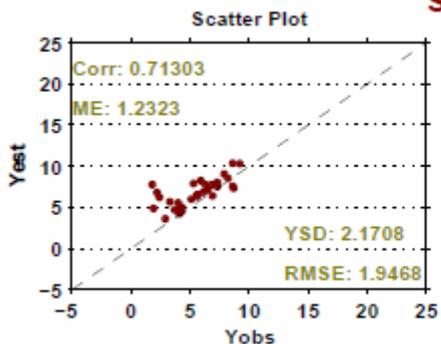
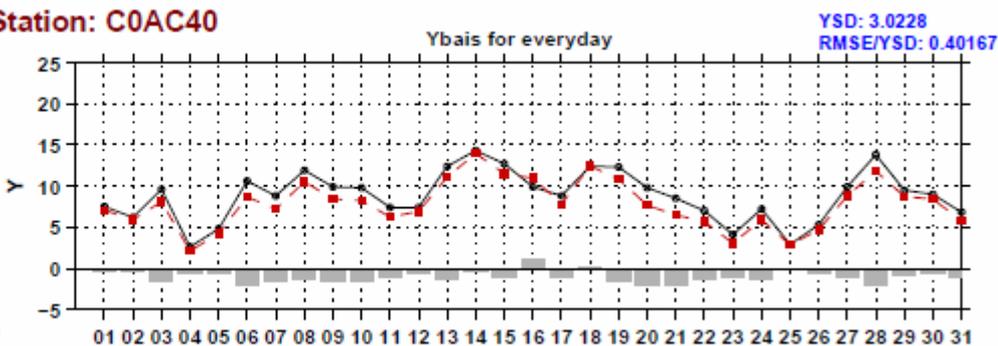
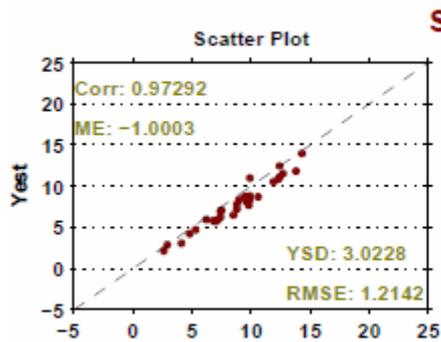
$$\begin{bmatrix} \text{共變異數} \\ \text{不偏估項} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{不偏估項} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{共變異數} \\ \omega \end{bmatrix}$$

(劉浙仁, 2009)



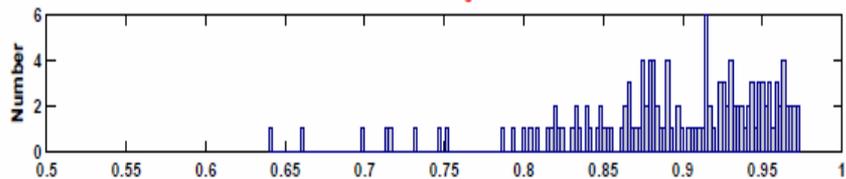
平地



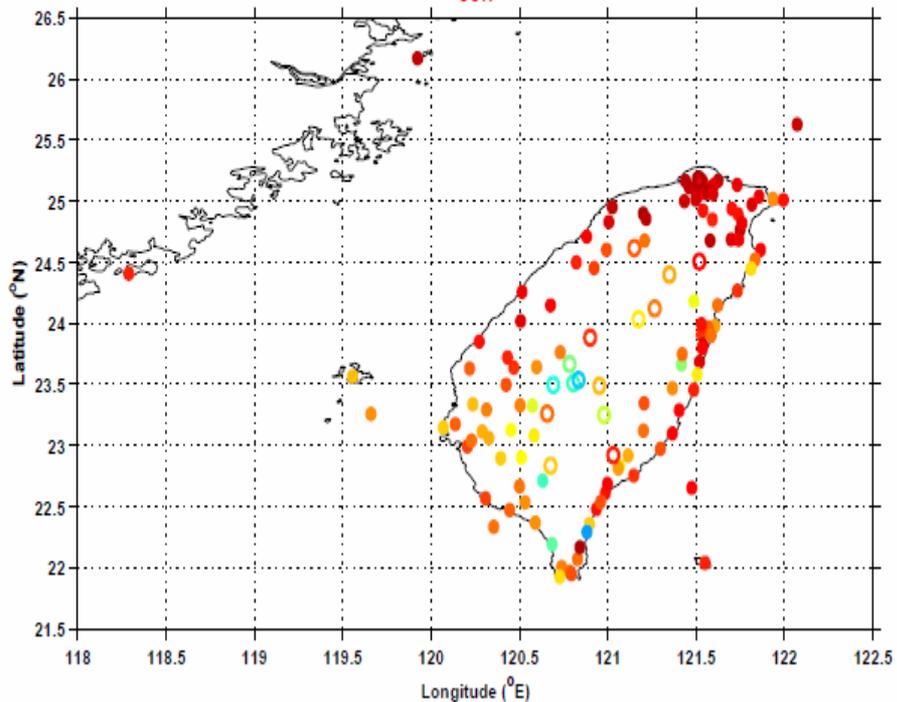


WX01 @ 201201 @ IH00 Tau000 @ Forecasting Model: ECT

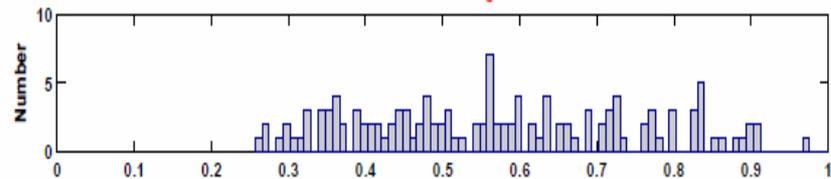
COR histogram



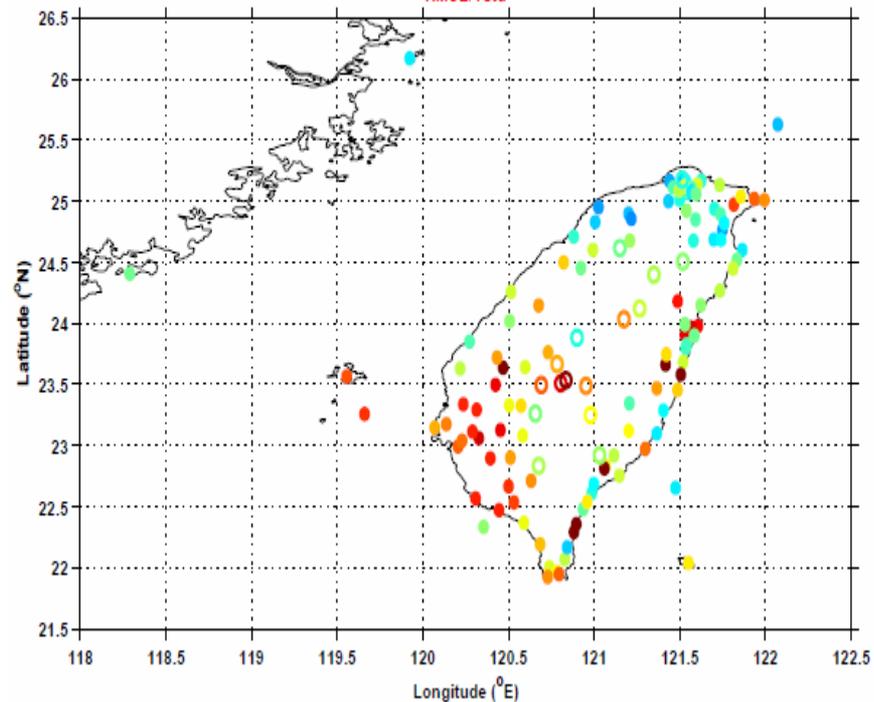
COR

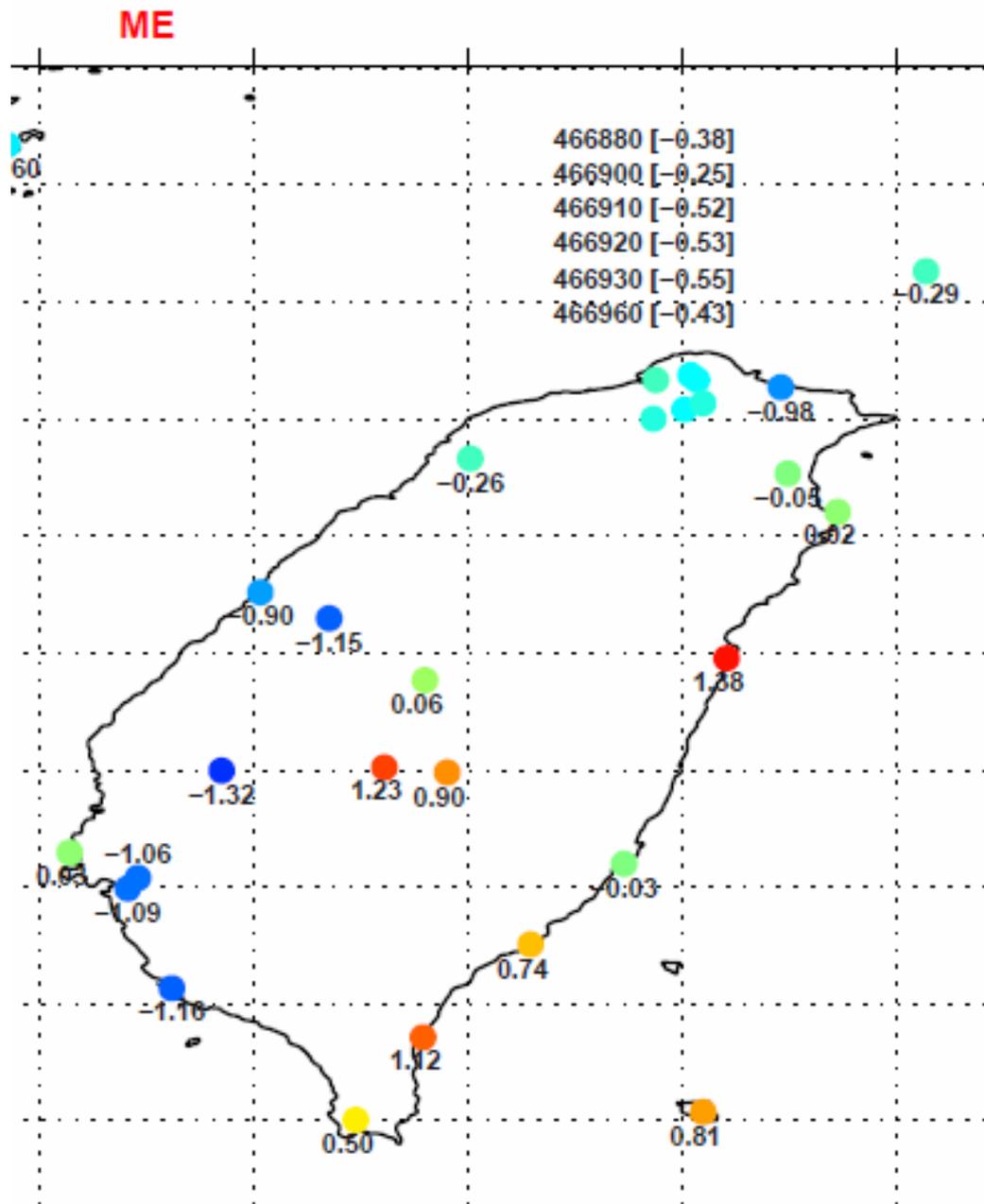


RMSE/Ystd histogram



RMSE/Ystd

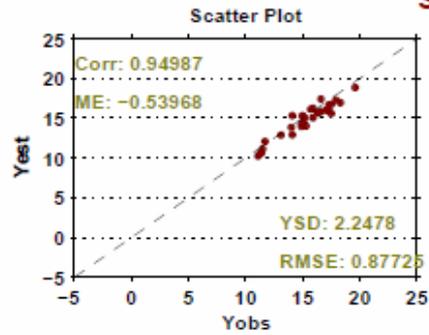




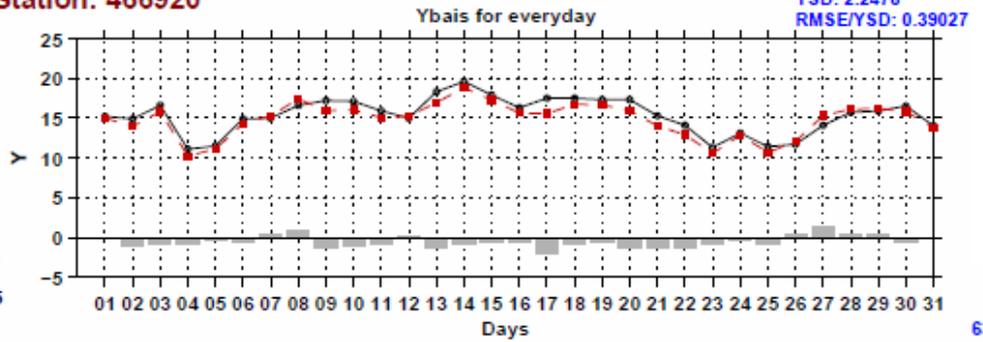
為何東冷西暖？

大背景有何不同？

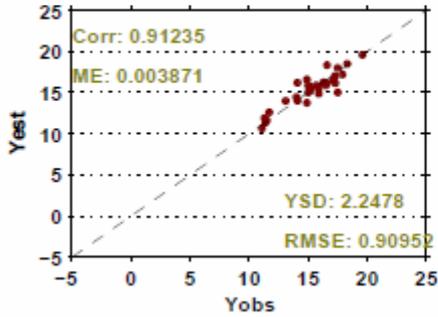
ECT



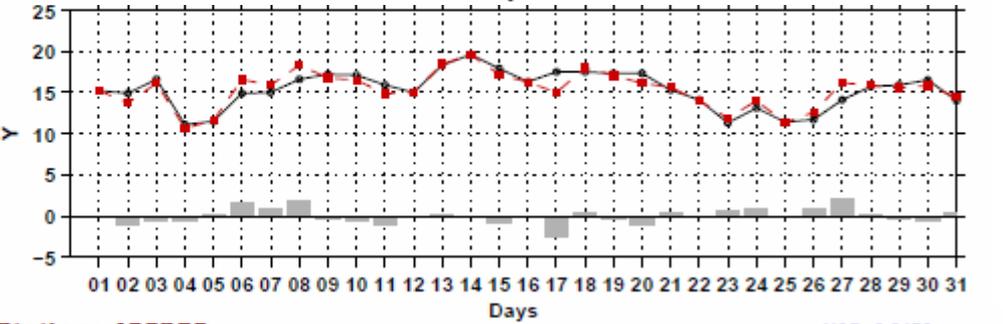
Station: 466920



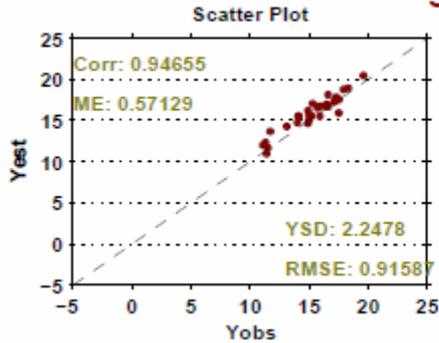
JMA



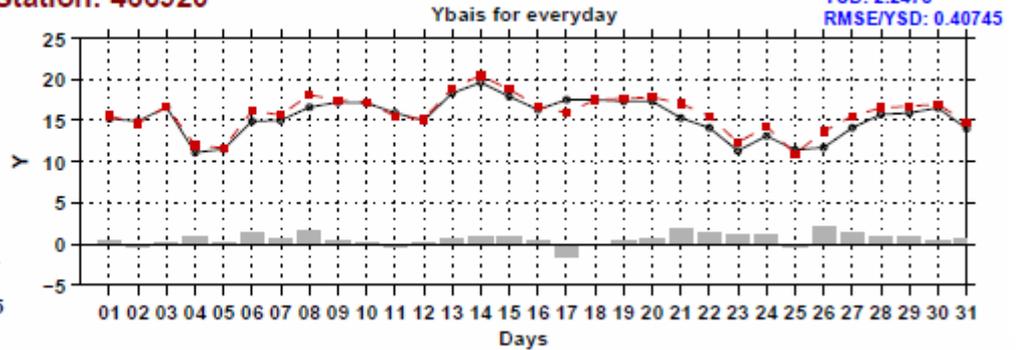
Station: 466920



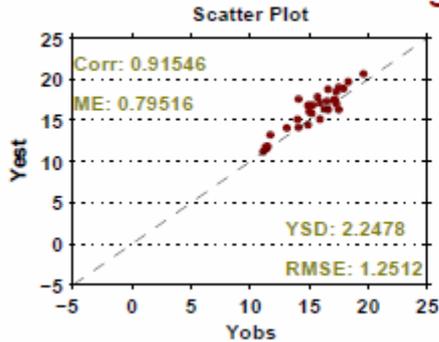
NFS



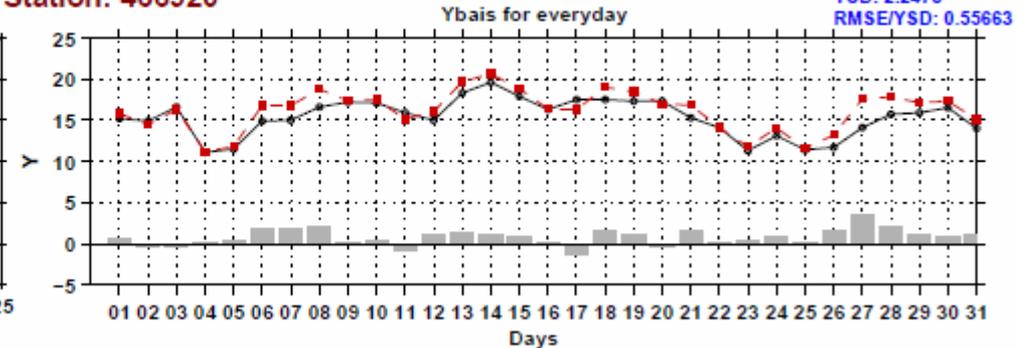
Station: 466920



NCEP

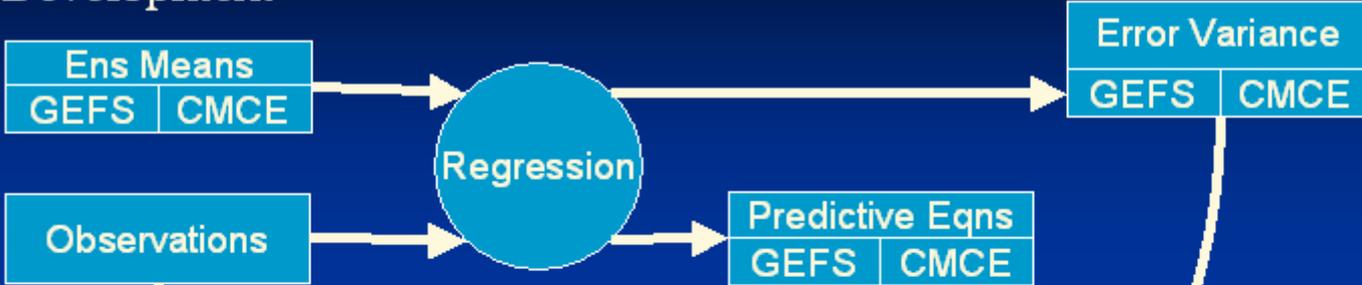


Station: 466920



EKDMOS Method

Development



Spread Calibration



Implementation

