

卡門濾波資料融合應用於百米風速預報之評估

王惠民¹ 黃麗玫¹ 馮智勇² 陳奕翰² 任俊儒^{1 3} 陳文軒^{1 3}

中央氣象局科技中心¹ 多采科技有限公司² 資拓宏宇國際股份有限公司³

研究動機：

檢視應用卡門濾波(Kalman filter)方法，融合本局7種模式百米風預報資料，整合後的產品於百米風之預報表現，以評估其應用的可行性。

使用資料：

使用**2020年3月至6月WRF**(Weather Research and Forecasting model; 簡稱WRF)、**GFS**(Global Forecast System; 簡稱GFS)、以動力降尺度技術產製之WRF中尺度動力降尺度系統(Meso-scale Dynamic Downscaling System; 簡稱**MDWRF**)、NCEP(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)中尺度動力降尺度系統(簡稱**MDNCEP**)，GFS以統計後處理技術誤差衰退平均法(Decaying Average, DCA)產製之**DCAGFS**(簡稱)，GFS及WRF以動態模式輸出統計法(Dynamic Model Output Statistics, DMOS)產製之**DMOGFS**(簡稱)及**DMOWRF**(簡稱)等**7種模式**100米處風速預報資料；**WRF3公里解析度分析場**之百米風資料作為預報校驗之真值(true value)。

卡門濾波原理簡介

利用預報資料過去的誤差表現進行權重組合，得到誤差最小的整合預報。假設對應相同 t 時間之**觀測**(O_t)與**預報**(F_t)均存在不確定性(亦即視觀測也為一種預報來源)，可推導**最佳估計值**(KF_t)為**兩者權重組合**。權重係數由兩者的估計不確定性 σ_t^f 和 σ_t^o 所組成。

$$KF_t = \frac{(\sigma_t^o)^2}{(\sigma_t^f)^2 + (\sigma_t^o)^2} F_t + \frac{(\sigma_t^f)^2}{(\sigma_t^f)^2 + (\sigma_t^o)^2} O_t$$

(1)

$$KF_t = \sum_{j=1}^N \frac{\frac{1}{\sigma_j^2}}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{\sigma_i^2} \right)} F_{t,j}$$

(2)

假設觀測值(或分析場)序列為 A_1, A_2, \dots, A_t ，同時時的第 j 種預報估計值序列為 $F_{1,j}, F_{2,j}, \dots, F_{t,j}$ ，估計誤差序列為 $D_{i,j} = F_{i,j} - A_i$ ， $i = 1, 2, \dots, t$ ，則第 j 種預報來源之估計誤差平均值 $\overline{D_{t,j}}$ 動態計算而得：

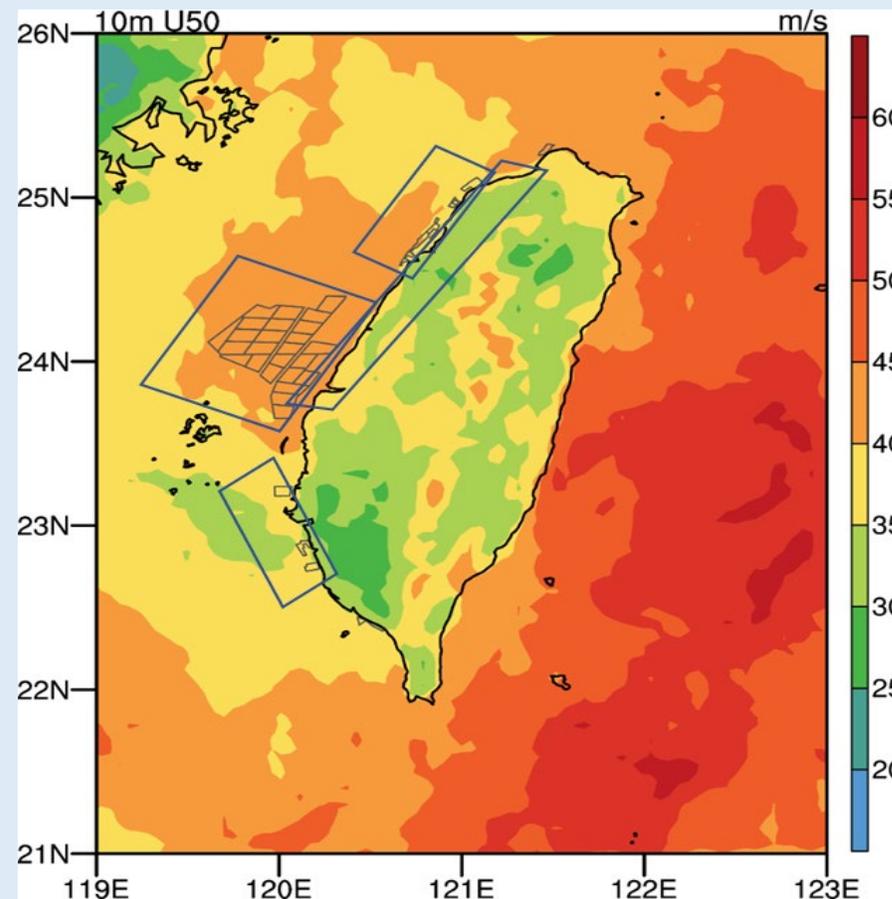
$$\overline{D_{t,j}} = \overline{D_{t-1,j}} \cdot (1 - \omega) + D_{t,j} \cdot \omega$$

(3)

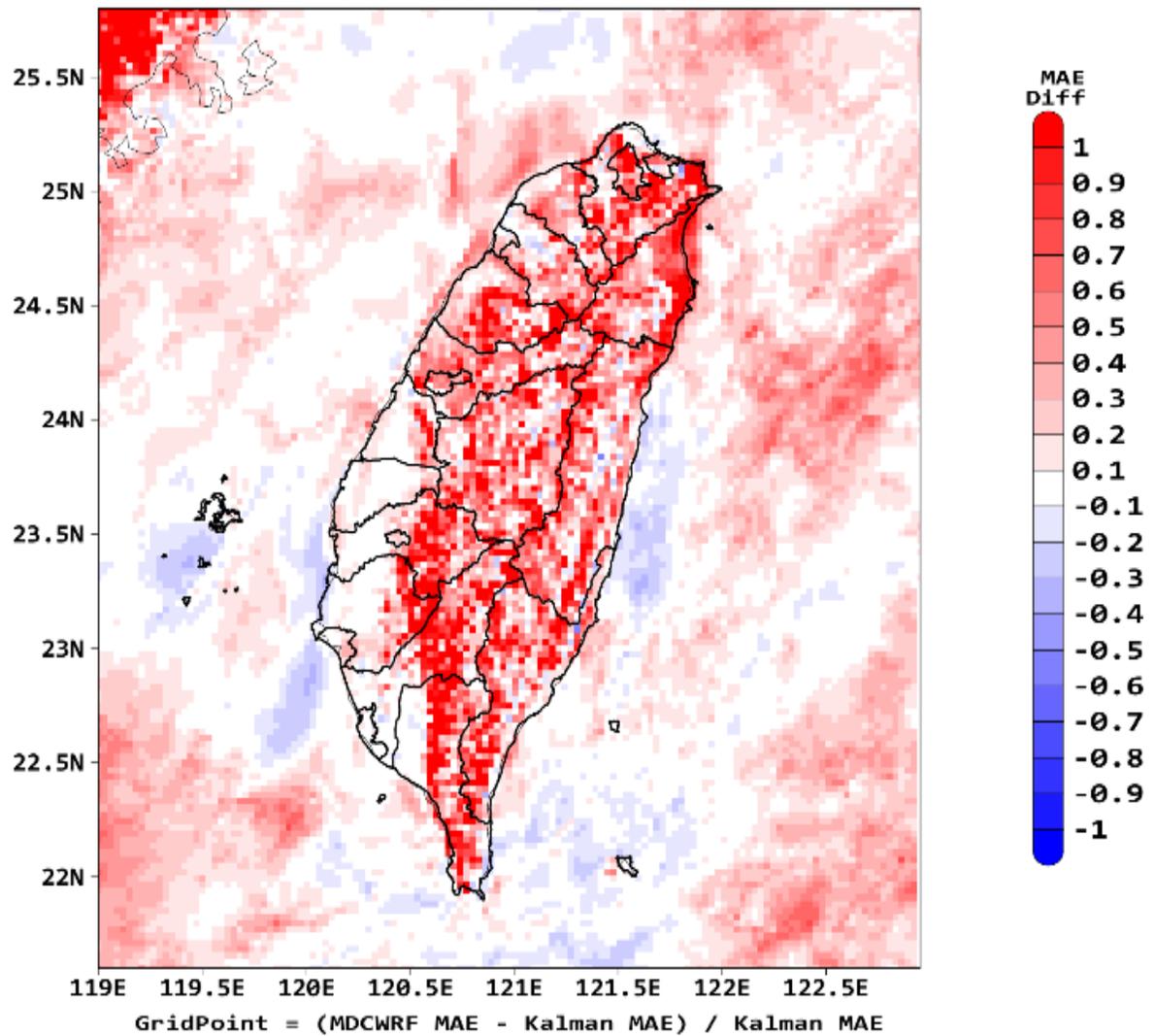
$\omega = 0.06$ ，代表加權近期約15天的誤差影響。計算時，令 $\overline{D_{t,j}}^2 = \sigma_{t,j}^2$ 帶入 (2)

MAE (Mean Absolute Error; 平均絕對誤差)

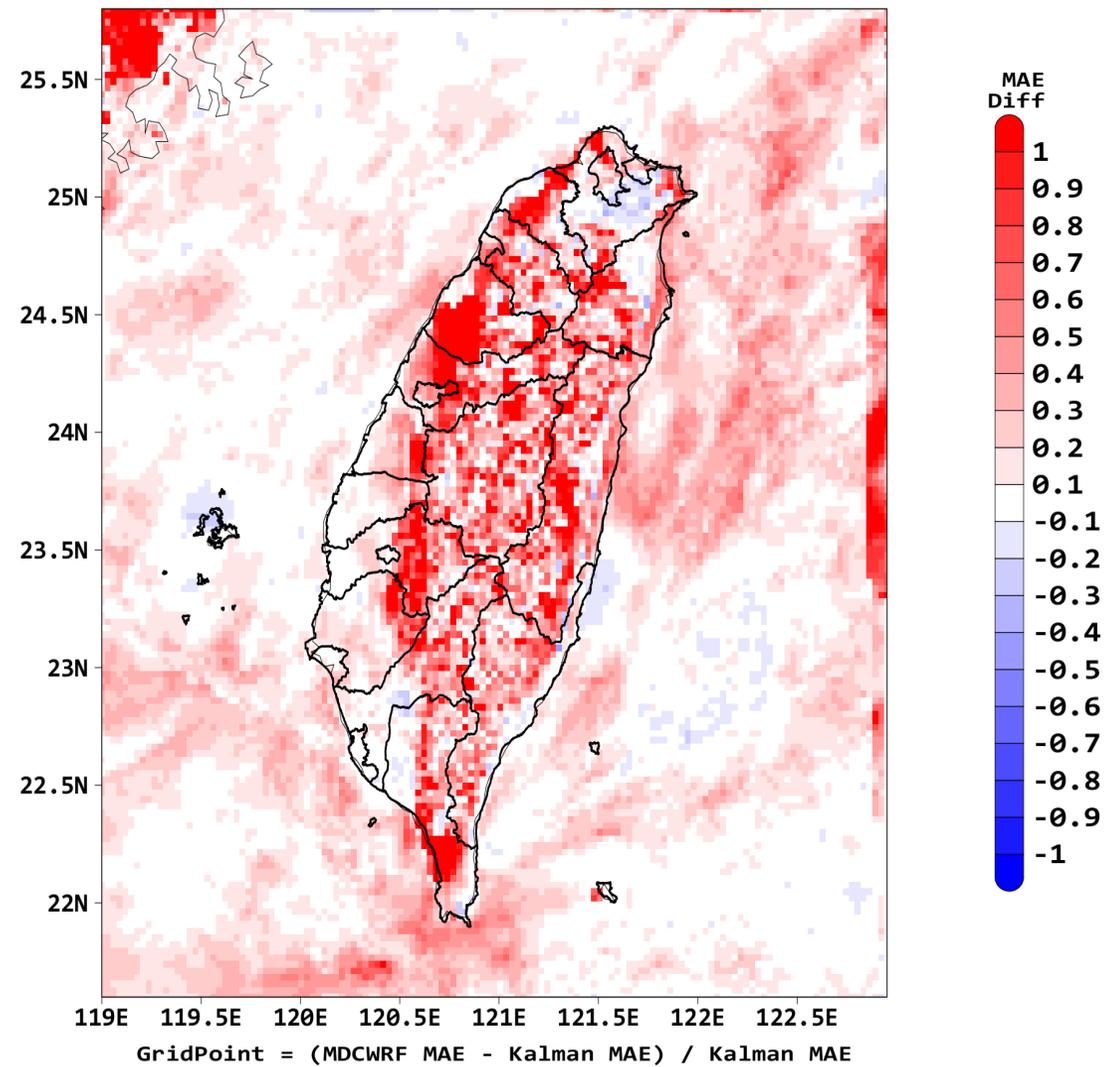
$$= \frac{\sum_{i=1}^{i=n} |fcst_i - obs_i|}{n}$$



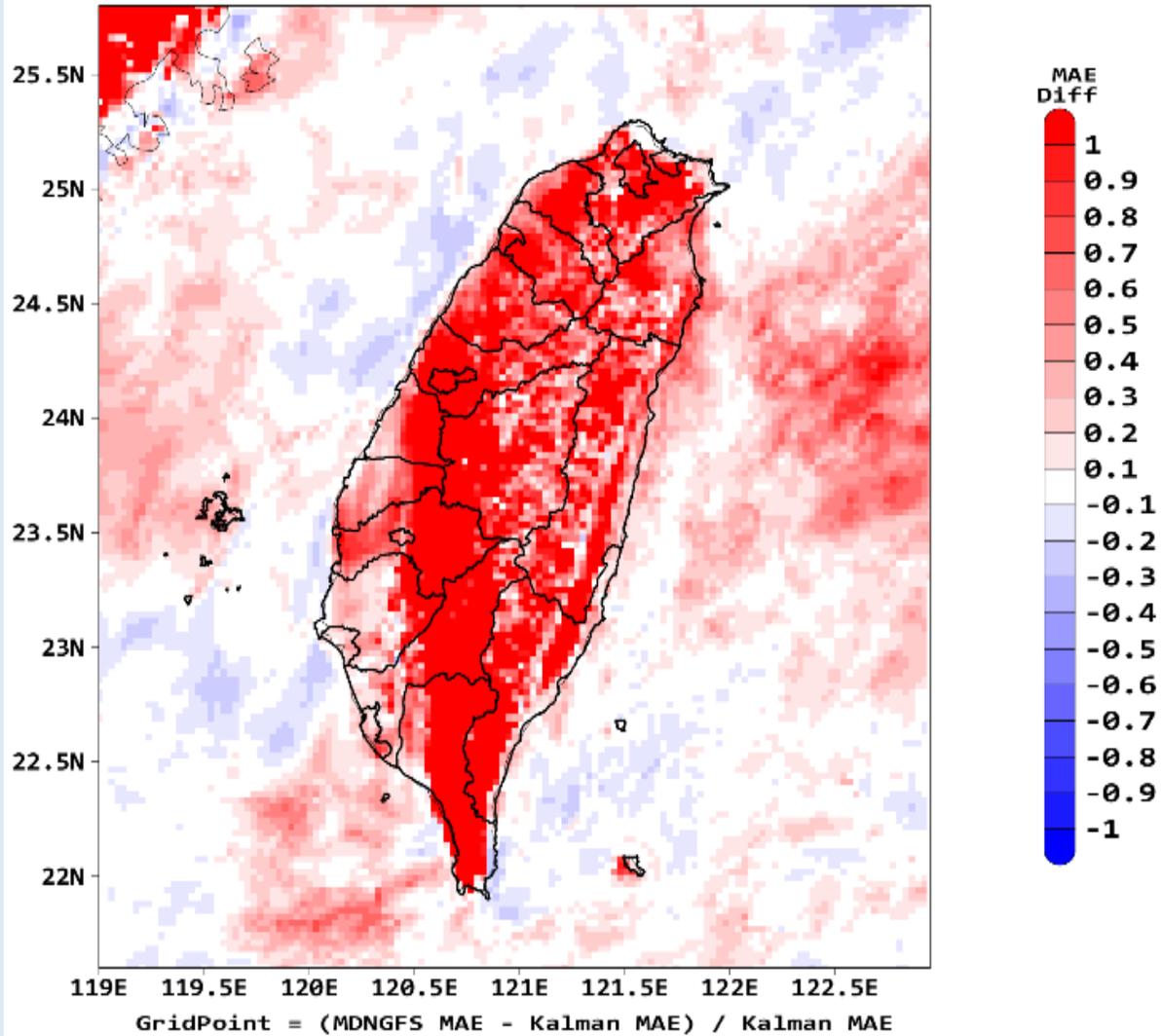
20200301 ~ 20200430 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



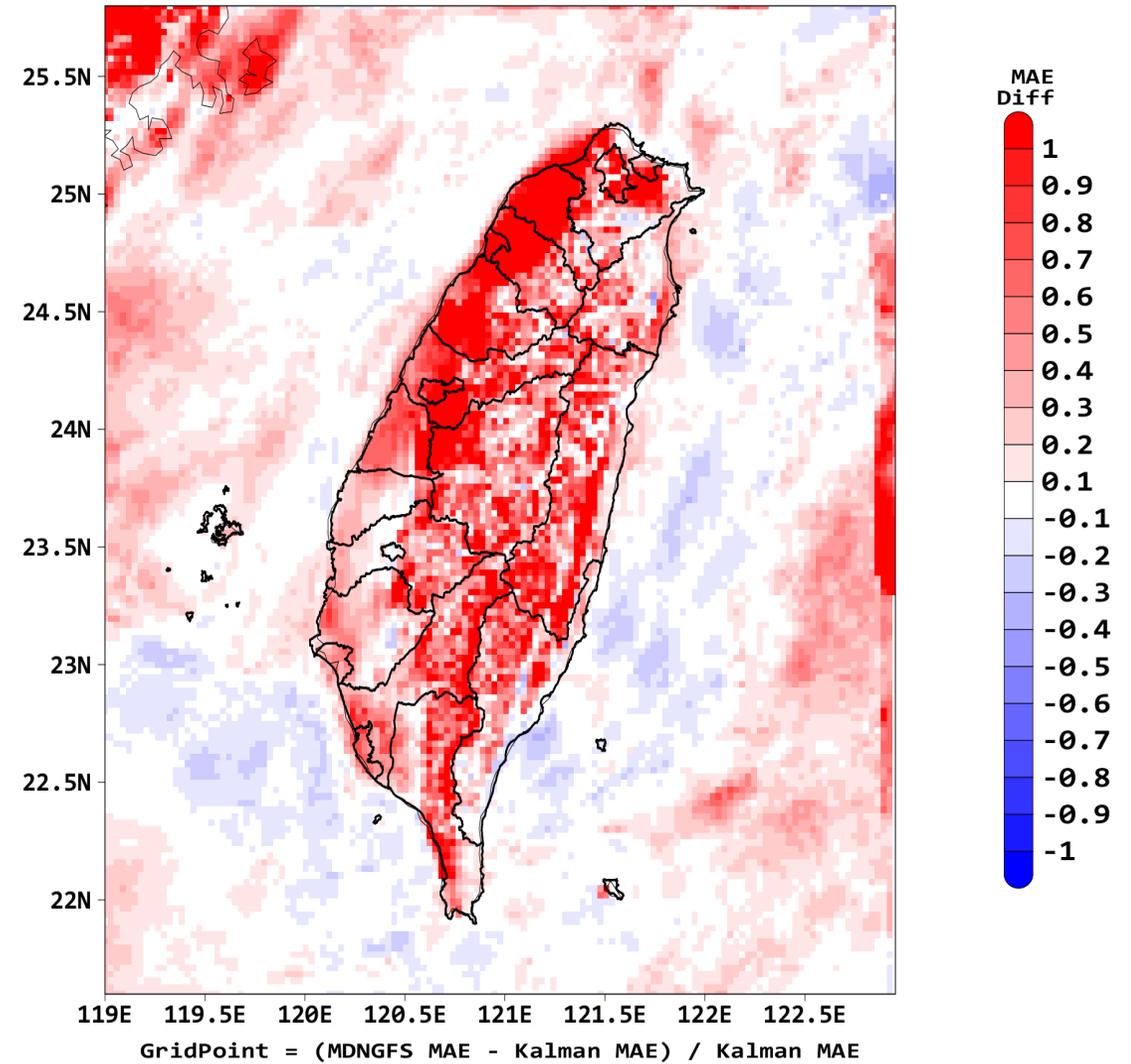
20200501 ~ 20200630 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



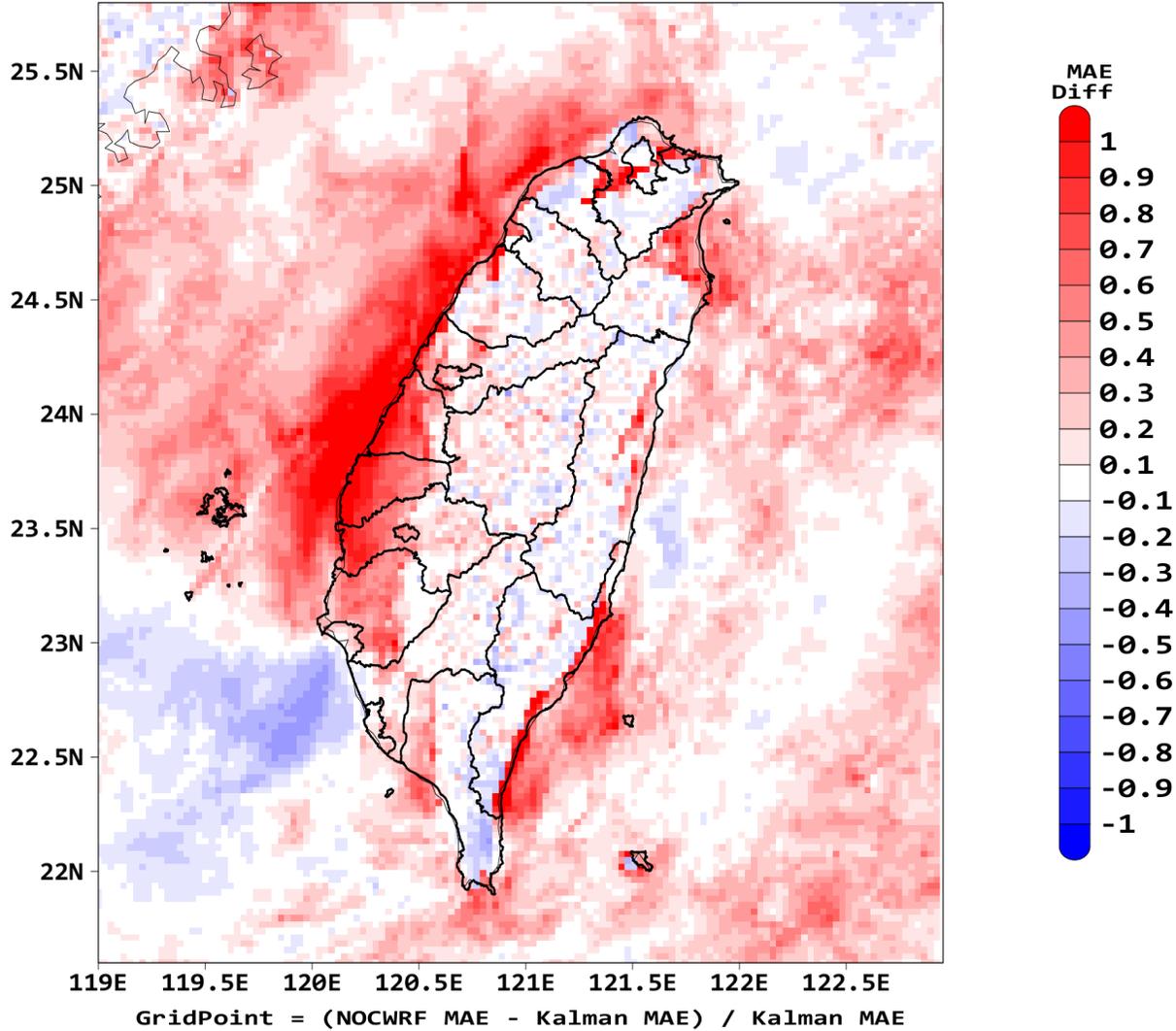
20200301 ~ 20200430 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



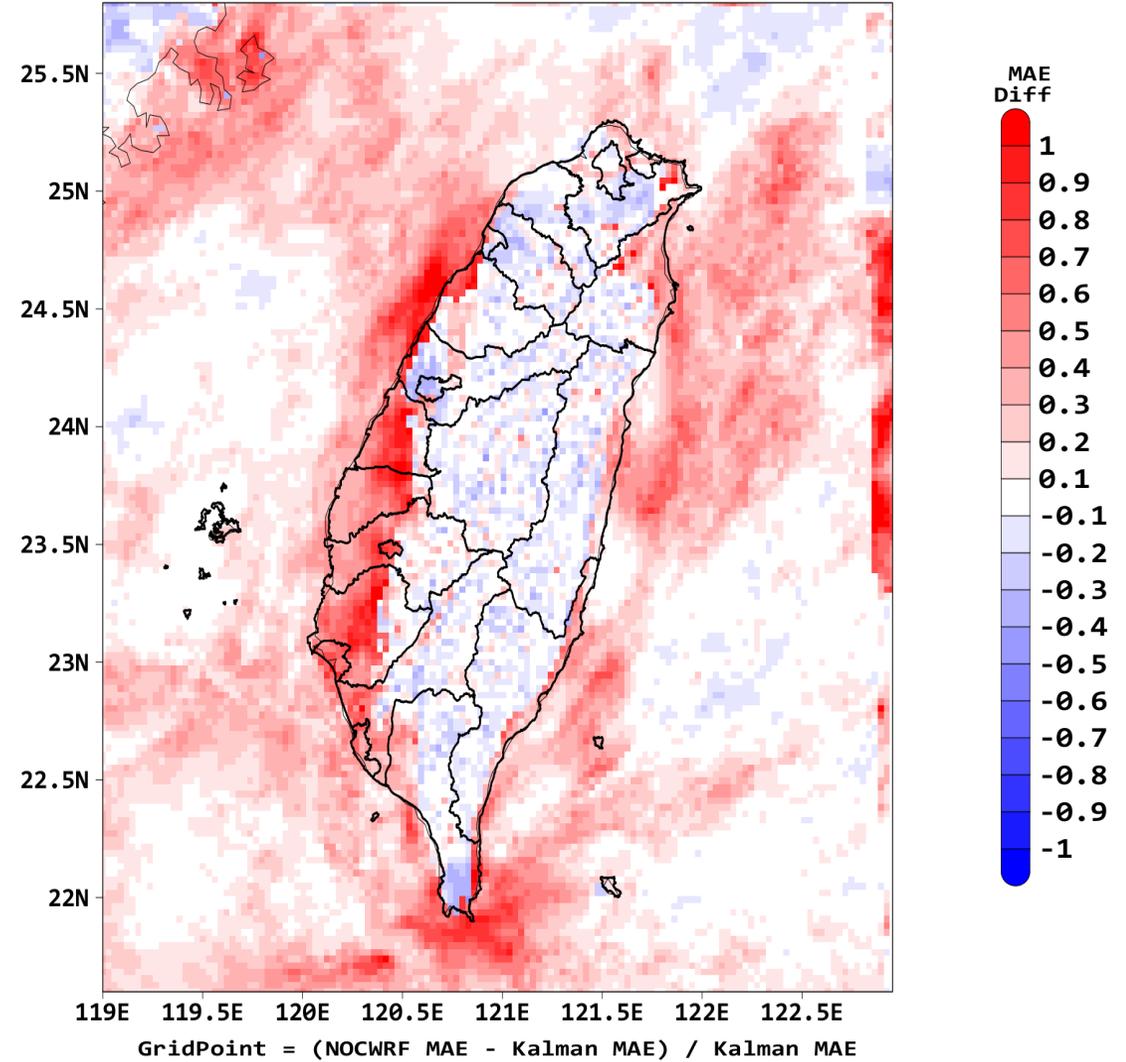
20200501 ~ 20200630 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



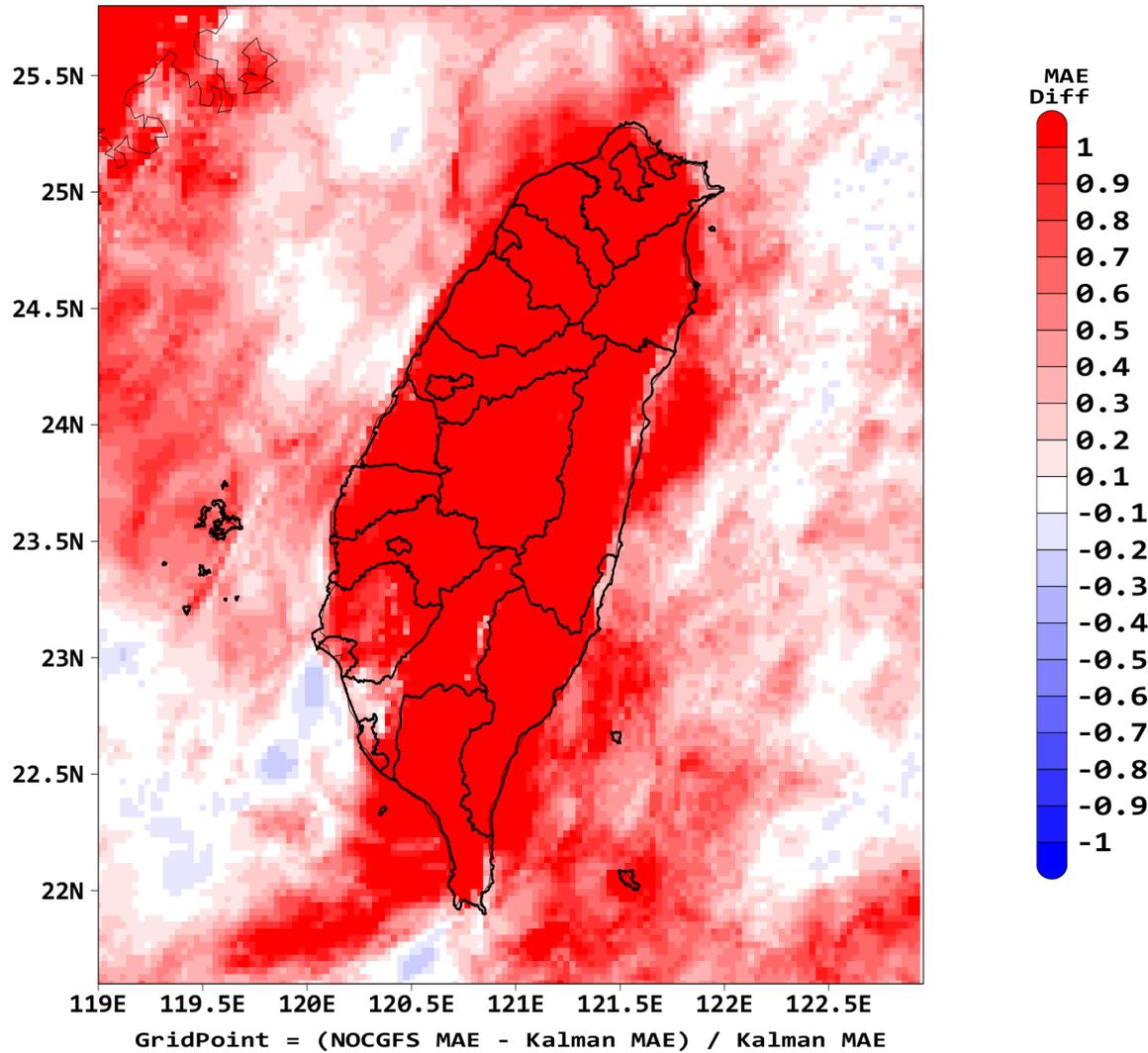
20200301 ~ 20200430 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



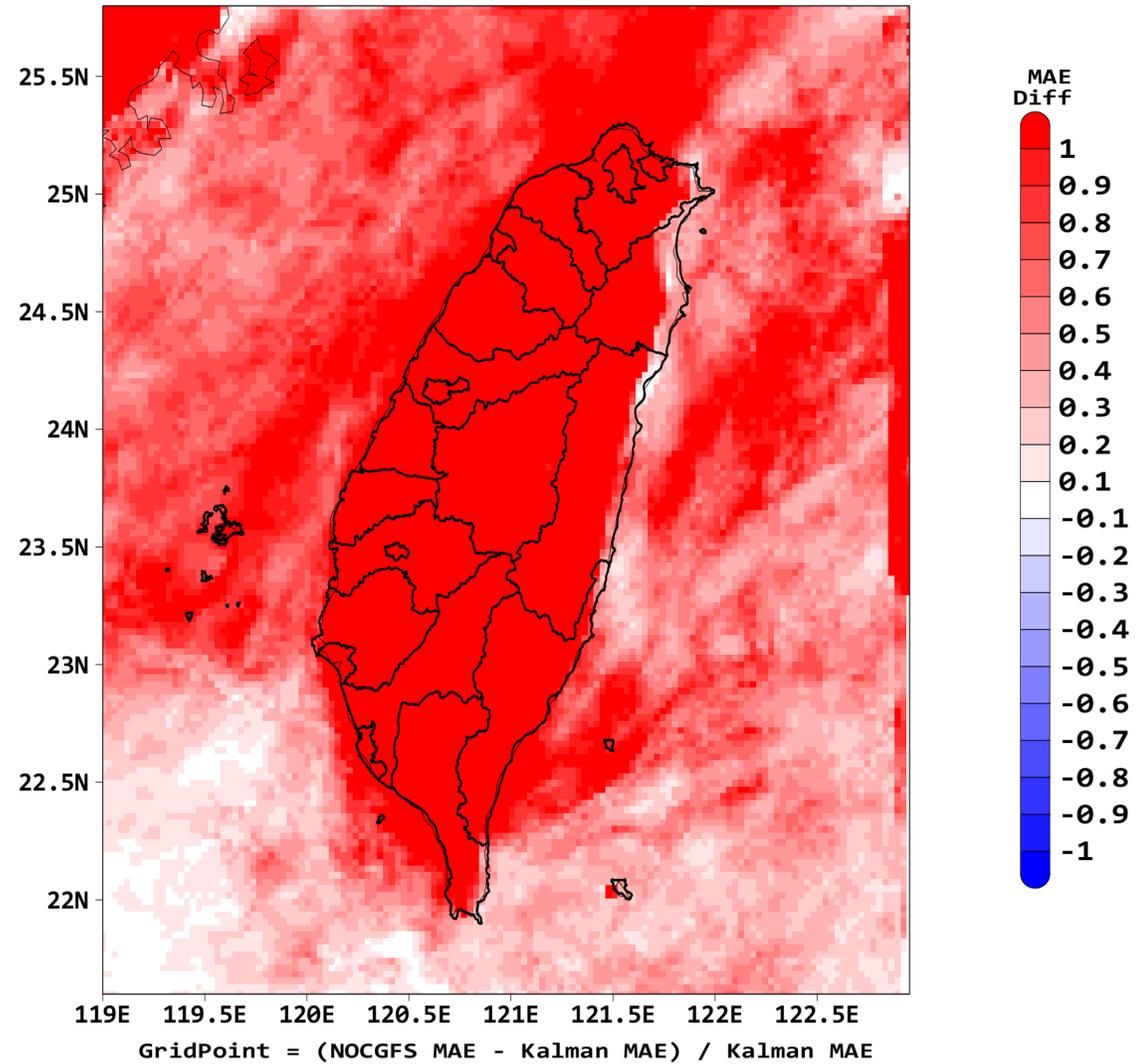
20200501 ~ 20200630 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



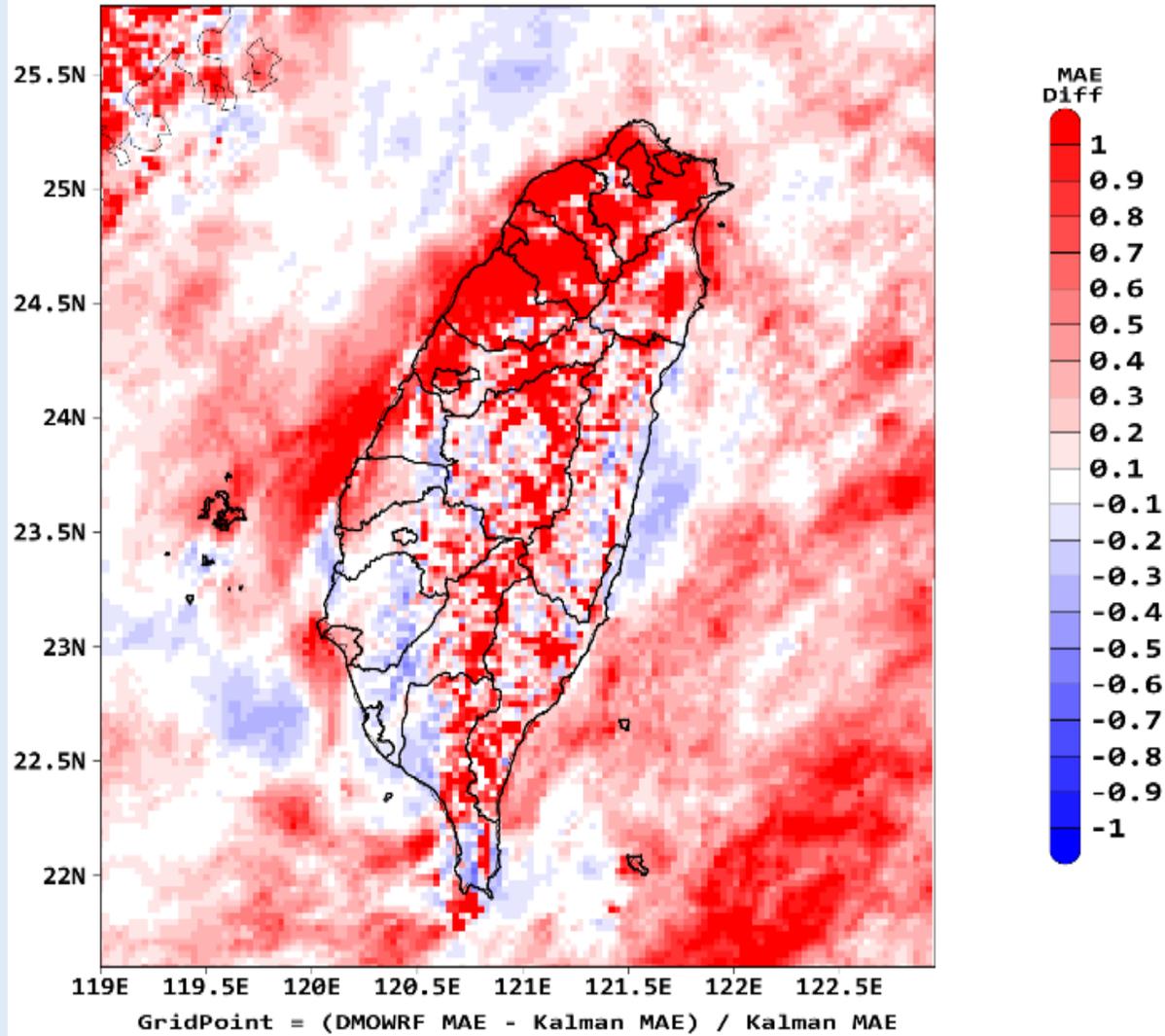
20200301 ~ 20200430 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



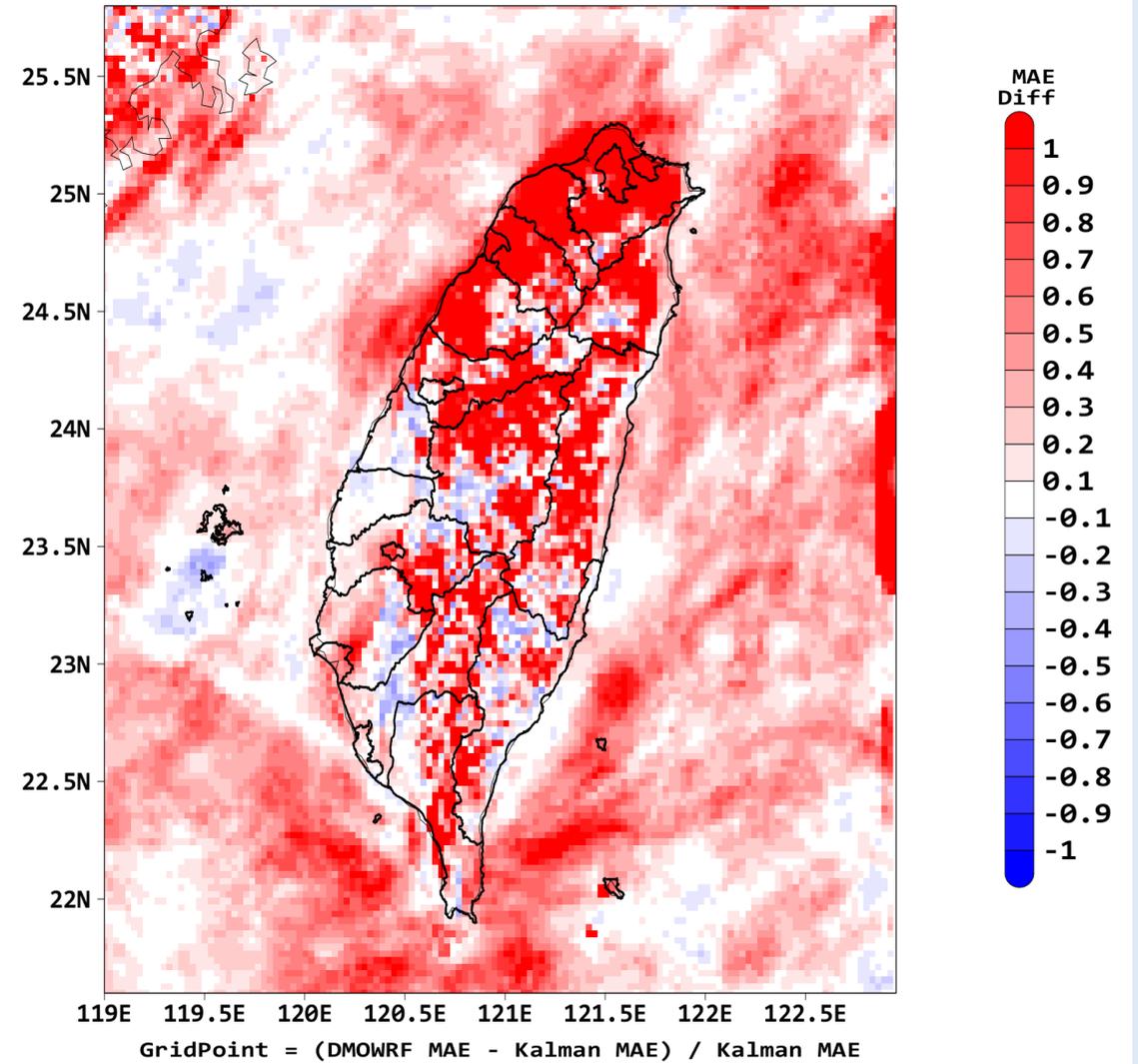
20200501 ~ 20200630 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



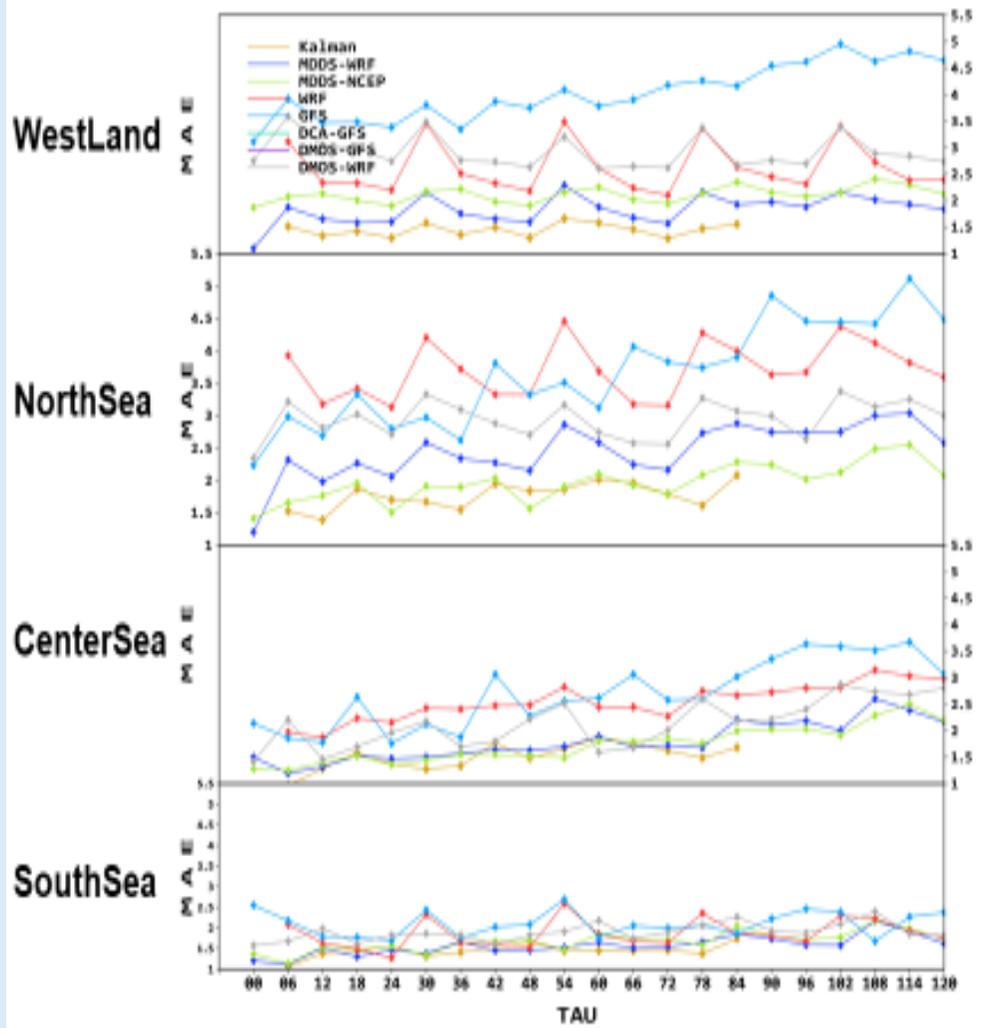
20200301 ~ 20200430 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



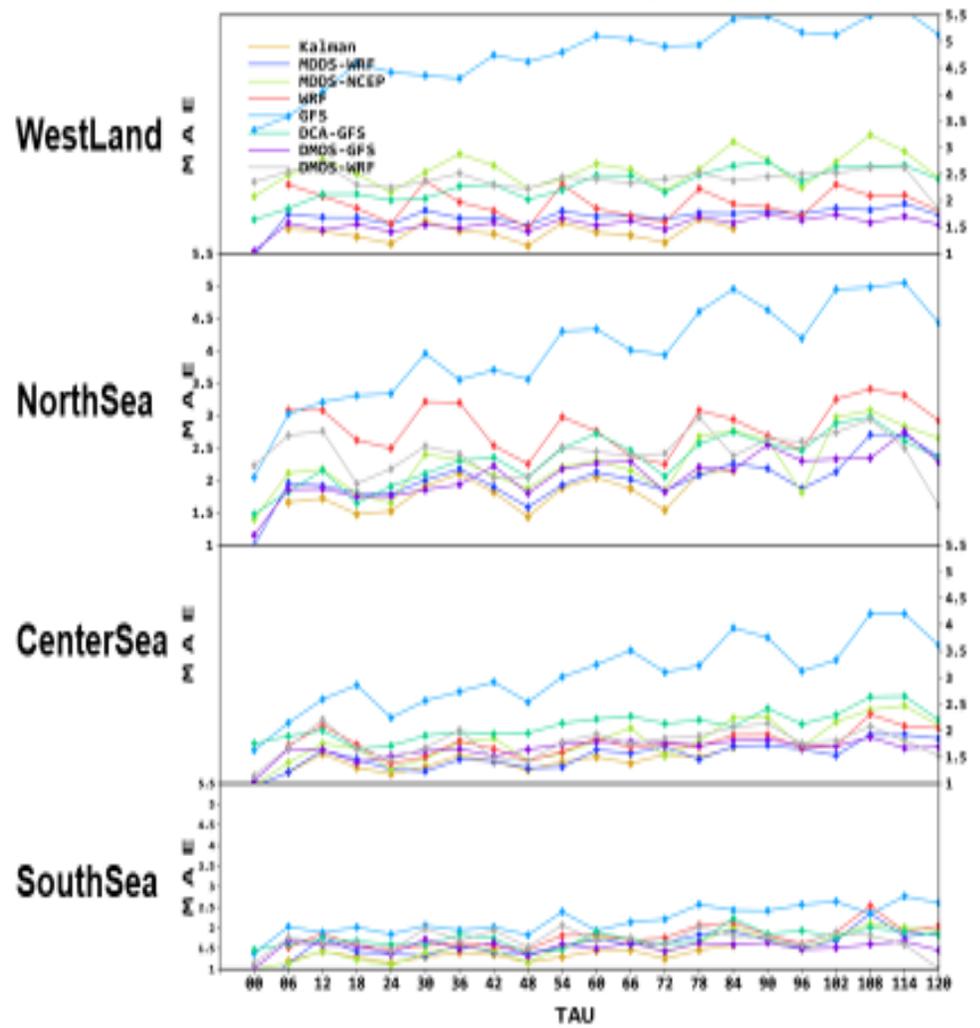
20200501 ~ 20200630 Tau=024 100_Meter_WindSpeed
Mean Absolute Error %



100-meter-Wind-Speed
20200301 ~ 20200430 IH=00Z



100-meter-Wind-Speed
20200501 ~ 20200630 IH=00Z



	西部陸地(所有TAU平均MAE)		北部外海(所有TAU平均MAE)	
	3-4月	5-6月	3-4月	5-6月
Kalman	1.45	1.40	1.77	1.80
MDWRF	1.82	1.69	2.45	2.01
MDNCEP	2.11	2.58	1.96	2.27
WRF	2.63	1.95	3.71	2.84
GFS	4.03	4.77	3.65	4.00
DCAGFS	缺資料	2.30	缺資料	2.32
DMOGFS	缺資料	1.55	缺資料	2.08
DMOWRF	2.91	2.41	2.95	2.43
	中部外海(所有TAU平均MAE)		南部外海(所有TAU平均MAE)	
	3-4月	5-6月	3-4月	5-6月
Kalman	1.51	1.42	1.45	1.34
MDWRF	1.79	1.52	1.57	1.57
MDNCEP	1.74	1.79	1.67	1.56
WRF	2.54	1.78	1.86	1.79
GFS	2.70	3.07	2.10	2.19
DCAGFS	缺資料	2.10	缺資料	1.74
DMOGFS	缺資料	1.66	缺資料	1.53
DMOWRF	2.14	1.77	1.90	1.68

結論：

1. 6-84小時逐6小時百米風預報之**平均絕對誤差平均**，在3-4月及5-6月期間，臺灣西部4個風能潛力區，均以**卡門濾波融合預報最低**，除說明預報產品之表現優於其他7個模式預報產品外，也顯示其**在不同季節，在4個風能潛力區表現也相對穩定**。
2. MDWRF、MDNCEP模式產品，雖然，在不同季節在某些風能潛力區也有次佳的表現，但是在區域及季節上都不能持續，產品的穩定性，表現不如卡門濾波融合預報。
3. 此次預報校驗結果顯示，卡門濾波資料融合方法，應能擷取不同模式預報產品之優點，整合出一個預報表現更佳的产品供預報參考。

謝謝聆聽