

# SoWMEX實驗EAKF系集資料同化系統初步分析

林昀琪<sup>1</sup> 劉輝<sup>2</sup> 馮欽賜<sup>1</sup>

中央氣象局氣象資訊中心<sup>1</sup>

美國國家大氣研究中心<sup>2</sup>

## 摘要

系集調整卡爾曼濾波(EAKF)為美國國家大氣研究中心(NCAR)資料同化研究平台(DART)最新資料同化系統。EAKF係利用系集樣本預報場與觀測資料來求取最佳分析場，同時也更新背景場誤差(Background Error)。EAKF資料同化系統已成功移植至中央氣象局作業系統中，本研究採用EAKF系集資料同化系統針對2008年SoWMEX實驗進行1個月連續分析與預報，評估EAKF連續長時間分析的穩定性與預報效益。初步結果顯示：(1) 垂直的RMSE顯示，在分析時，高度場在低層較WRFVAR好，溫度場與風場則是在低層有較大誤差，風場誤差都比WRFVAR稍大些。隨著預報時間增加，高度場誤差稍微增大，溫度場誤差則是減小趨勢，風場則無太大變化。(2) EAKF與WRFVAR在AC與RMSE校驗中差異都在小數點下三位，顯示EAKF連續長時間分析與預報和現行作業WRFVAR結果相近。本次實驗為初步測試的結果，關於EAKF對於低層溫度與風場分析和預報都較WRFVAR來得差些，仍需進一步的研究。

關鍵字：系集調整卡爾曼濾波(Ensemble Adjustment Kalman Filter; EAKF)

## 一、前言

系集調整卡爾曼濾波(Ensemble Adjustment Kalman Filter system; EAKF)是近年美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research)資料同化研究平台(Data Assimilation Research Testbed; DART)最新資料同化系統，此方法將氣象資訊在時間上往前分析，再依次估計出整個大氣狀態的估計值。簡單來說，在預報過程中有新的觀測資料進來時，用此觀測資料與預報值來決定出最佳的分析值。利用最新觀測資料來更新預報值，有利於預報結果不會偏離實際大氣太遠，使得預報誤差降低，進而改善數值模式預報結果。EAKF與WRFVAR資料同化最大差異在於背景場誤差(Background Error)更新，現有WRFVAR資料同化系統採用一組固定的背景場誤差進行調整。EAKF的背景場誤差會隨時間變動，係利用同化新的觀測資料後，進行短時系集預報計算出新的背景場誤差，使得此背景場誤差更接近於實際大氣狀態。

中央氣象局已於2008年引進EAKF資料同化系統安裝於作業系統中，並於去年以2008年實際颱風個案進行初步測試，結果顯示EAKF颱風路徑誤差較WRFVAR來得小。今年更以2008年6月SoWMEX實驗進行1個月連續長時間分析與預報，分析EAKF在長時間連續分析的穩定度與其預報效益，並評估其作業的可行性。

## 二、EAKF資料同化系統概述與流程

資料同化係將特定時間內所有的觀測資料加上模式背景場估計出大氣狀態。本局近年來不斷發展大氣資料同化系統以取代傳統的客觀分析方法，EAKF為美國國家大氣研究中心最近研發的資料同化系統，利用系集預報與資料同化的特性，使得分析場更接近於實際大氣狀態，特別是在中尺度天氣系統上。

EAKF與EnKF都是使用卡爾曼濾波方法進行系集資料同化，EAKF與EnKF資料同化的過程並不相同。EAKF使用系集成員的連續概率分佈與背景場誤差以及觀測資料，計算出系集的分析增量，利用此分析增量調整系集成員，得到新的系集成員概率分佈，即調整後的系集分析增量；EnKF則是利用擾動觀測法計算出分析增量，再將分析增量加回各系集成員，得到新的系集分析增量。簡單來說，EAKF主要由原本系集成員的連續概率分佈、背景場誤差和觀測資料計算出分析增量；EnKF則是用擾動觀測法計算出分析增量。

本局於今年開始進行長時間連續EAKF分析與預報，EAKF資料同化流程(圖1)如下：

1. 由全球網格資料產生初始場和邊界場。
2. 使用WRFVAR擷取背景場誤差(NCEP CV3)並加入隨機亂數，產生32組擾動初始場(filter\_ics\_01\_32)，利用32組擾動初始場更新全球網格邊界場得到32組擾動邊界場。

3. 由EAKF將32組擾動初始與觀測資料場進行系集資料同化，得到32組系集分析場和系集平均分析場(Posterior\_diag)。
4. 利用系集平均分析場更新步驟1的邊界場，進行系集平均的72小時預報。
5. 由EAKF分析後的32組系集分析初始場與系集擾動邊界場進行6小時短時預報，得到32組下個時間的初始場。重複步驟3使用EAKF將32組初始場資料和觀測資料進行資料同化，得到32組系集分析場與系集平均分析場(Posterior\_diag)。

### 三、實驗設計

本次實驗使用WRF(Weather Research and Forecasting)模式為v 3.1版本(April 9 2009 released)，EAKF資料同化系統為v 3.1版本。模式使用單層巢狀網格，預報區域如(圖2)所示(d01 : 222 x 128)，模式解析度為45 km，垂直使用的 $\sigma$ 座標共有41層，模式層頂為30hPa。以NCEP GFS全球模式分析場資料作為模式邊界場，使用WRF/EAKF做每6小時cycling run，再選取00、06、12和18Z進行72小時預報。另外本次更新也改採用NCEP所使用的CV3背景場誤差資料。實驗採用32組系集成員作資料同化與短期預報，受限於電腦運算資源，因此採取32組的系集平均進行72小時預報。WRFVAR實驗設定與WRF/EAKF相同，使用每6小時cycling run，再做72小時預報。

研究實驗以2008年6月SoWMEX為主，分析時間為2008060100 ~ 2008063018，共30天。為了比對兩組實驗的預報效益，將EAKF和WRFVAR預報結果與NCEP分析場資料進行校驗。主要以高度場、溫度場和風場進行校驗。比較WRF模式分別以EAKF和WRFVAR為資料同化方法而產生中尺度天氣預報的差異，並且評估EAKF在長時間連續分析的穩定性與預報效益。

### 四、EAKF和WRFVAR比較

#### (一) 高度場差異

由AC(Anomaly Correlation)圖顯示(圖3)，初始分析時EAKF與WRFVAR結果相近，隨著預報時間兩者的AC也相當接近。由RMSE(Root Mean Square Error)垂直分佈圖(圖4)，在分析時在中低層EAKF較小，高層則是WRFVAR較小。隨著預報時間增加，EAKF的RMSE有稍微增大，預報72小時除了高層較WRFVAR大些，其餘都與WRFVAR相近。在RMSE的時間序列圖(圖5)，發現EAKF與WRFVAR相當接近，顯示EAKF已接近氣象局WRFVAR作業的預報效益。

#### (二) 溫度場差異

由RMSE垂直分佈圖(圖6)，在分析時EAKF低層較大些，但隨著預報時間的增加，此差異有逐漸縮小的趨勢，預報48小時甚至超前WRFVAR。在RMSE的時間序列圖(圖7)，發現EAKF與WRFVAR結果也相當接

近，低層在預報48小時較WRFVAR好，中高層則較WRFVAR差些，兩者差距都相近微小，和現行WRFVAR結果相近。

#### (三) 風場差異

由RMSE垂直分佈圖(圖8和圖9)，在分析時EAKF低層和高層稍差些，隨著預報時間增加誤差也有縮小的趨勢，尤其到了預報72小時U和V的中低層都與WRFVAR相近。在RMSE的時間序列圖(圖10跟圖11)，發現EAKF均較WRFVAR差些，隨著預報時間誤差仍存在，顯示EAKF在風場的分析與預報仍有改善空間。

### 五、結論

本次實驗使用EAKF資料同化系統針對2008年6月SoWME實驗進行一個月長時間連續分析與預報，主要測試EAKF系統在中央氣象局作業系統的穩定性與預報效益。以下為初步測試結果：

1. 由高度場的AC顯示，EAKF與WRFVAR結果相當接近，隨著預報時間增加兩者差異也相當相近。
2. RMSE垂直分布顯示，在分析時高度場在低層較WRFVAR好，溫度場與風場則是在低層有較大的誤差。隨著預報時間增加，高度場誤差有稍微增大，溫度場誤差則是減小的趨勢，風場則無太大變化，風場誤差都比WRFVAR稍大些。
3. EAKF與WRFVAR在AC與RMSE校驗中差異都在小數點下三位(圖12)，顯示EAKF連續長時間分析與預報和現行作業WRFVAR結果相近。
4. EAKF風場分析與預報都較WRFVAR來得差些，仍需進一步的研究。

### 六、未來工作

目前已完成1個月長時間連續分析與預報，未來將針對以下幾點進行測試：

1. 將進行冬季月份EAKF長時間連續分析與預報，評估EAKF在不同季節的穩定性與預報效益。
2. 測試兩層巢狀網格預報，評估在高解析度下預報效益，並且分析EAKF系集降雨預報概率。
3. 針對颱風個案進行系集預報測試，評估EAKF系集預報效益。

# EAKF procedure in CWB

{ EAKF cycling }

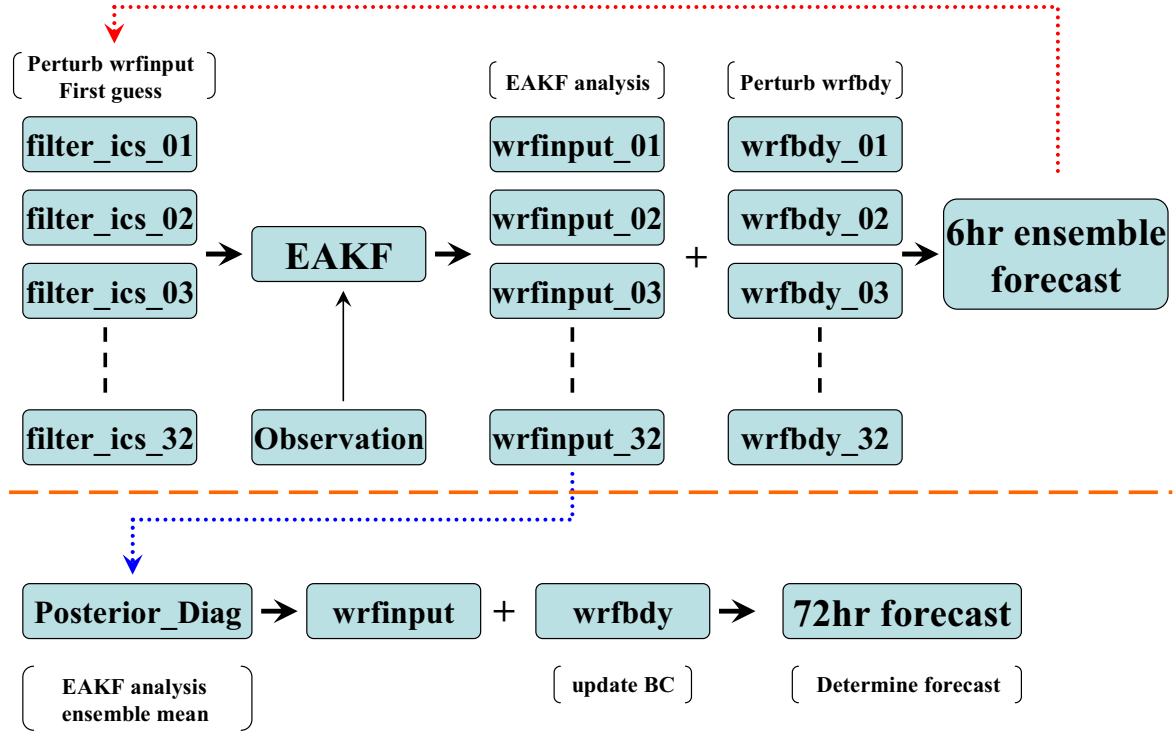


圖 1 中央氣象局 WRF/EAKF cycling run 示意圖。

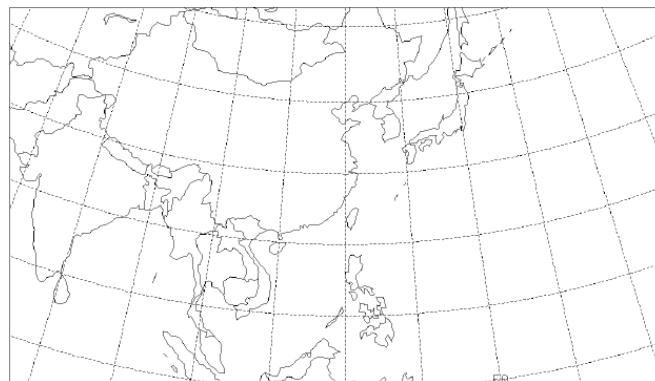


圖 2 中央氣象局 WRF 模式預報網格點範圍，domain 1：222 x 128，格點解析度為 45 km。

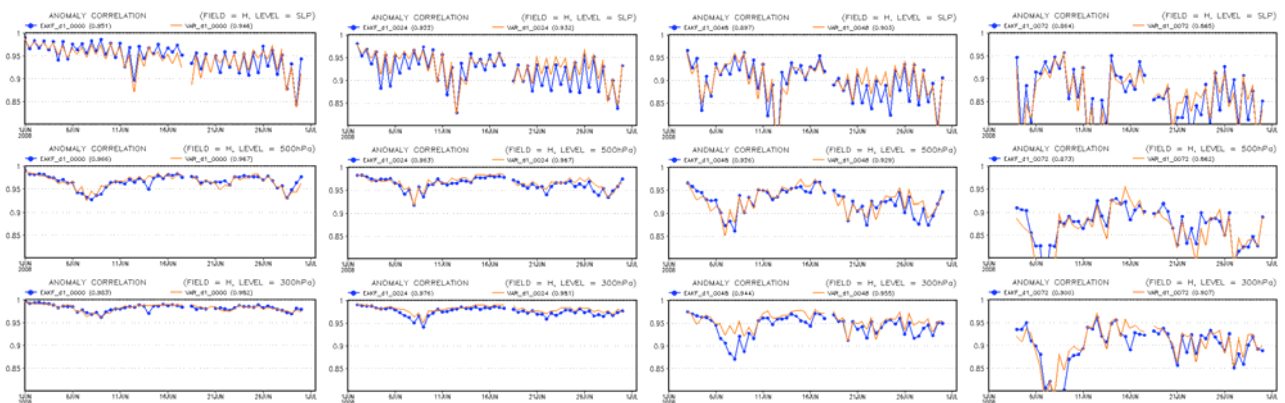


圖 3 高度場 Anomaly Correlation 時間序列，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

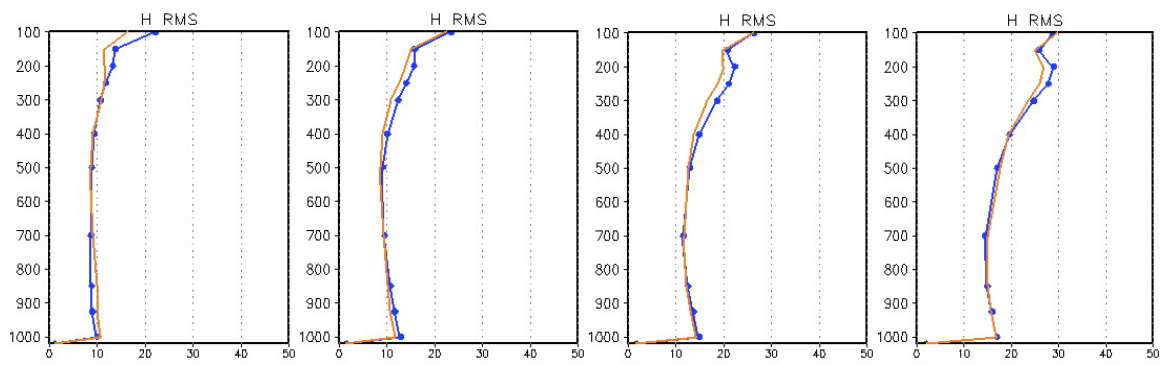


圖 4 高度場 RMSE 垂直分布圖，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

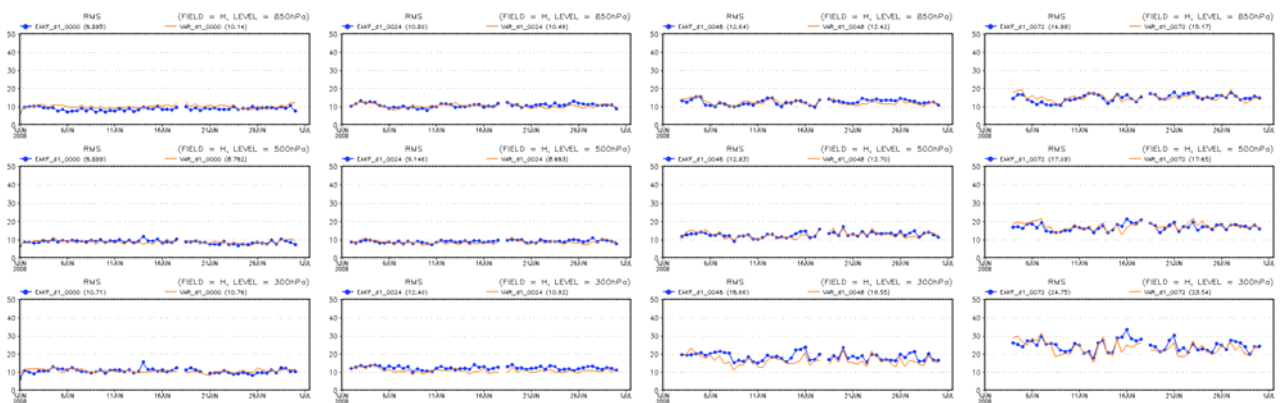


圖 5 高度場 RMSE 時間序列，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

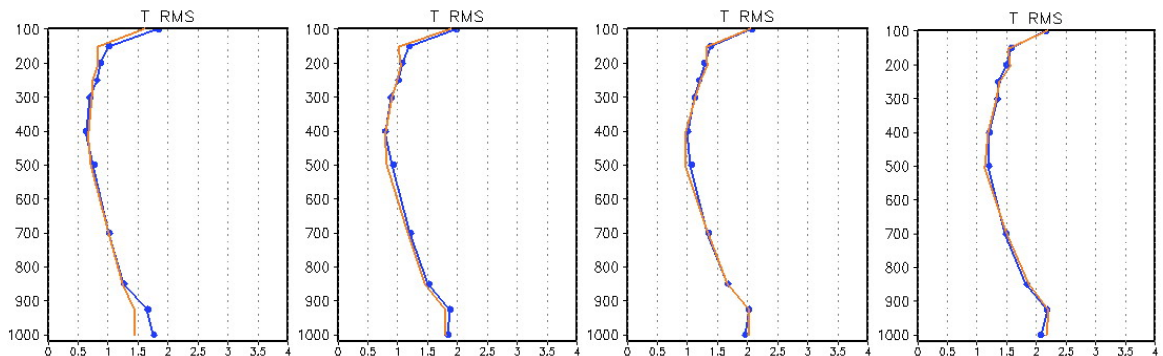


圖 6 溫度場 RMSE 垂直分布圖，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

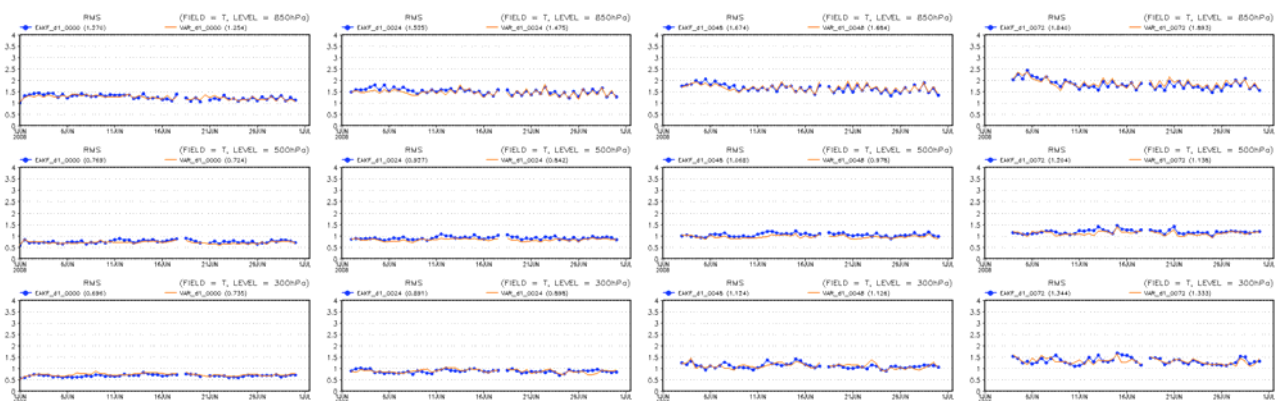


圖 7 高度場 RMSE 時間序列，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

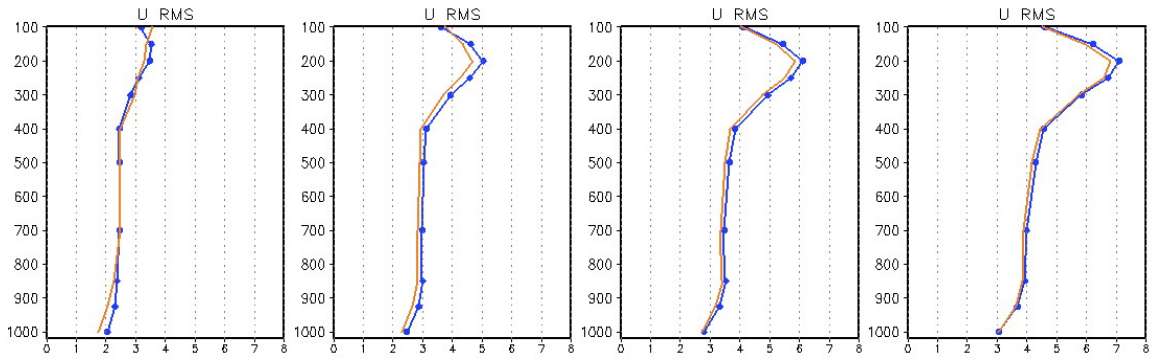


圖 8 風場(U)RMSE 垂直分布圖，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

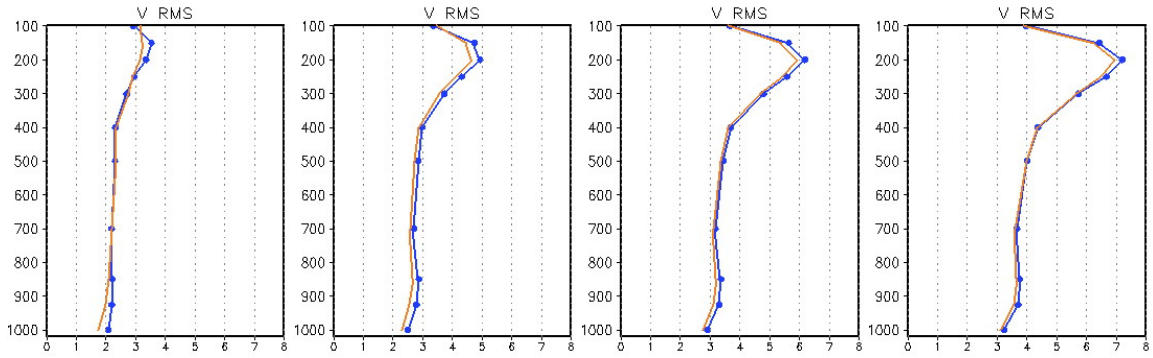


圖 9 風場(V)RMSE 垂直分布圖，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

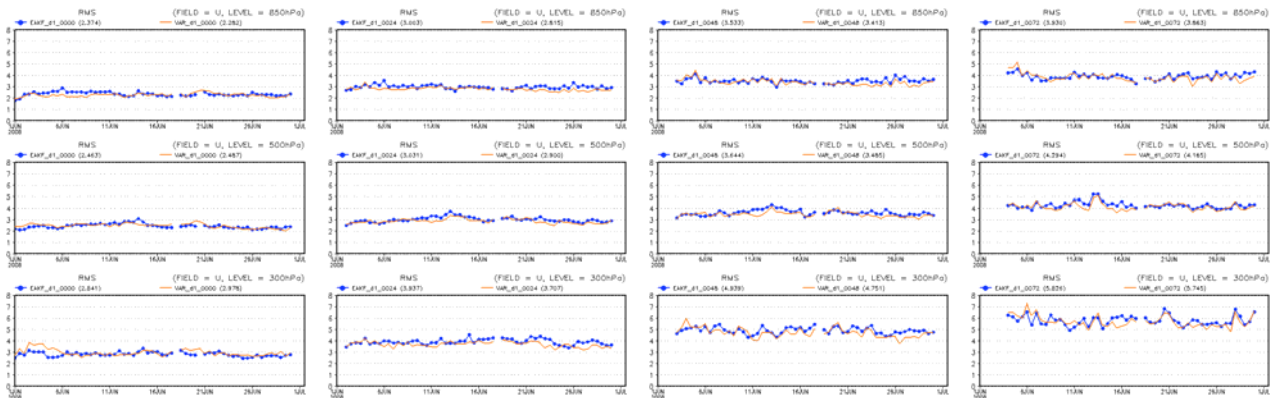


圖 10 風場(U)RMSE 時間序列，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

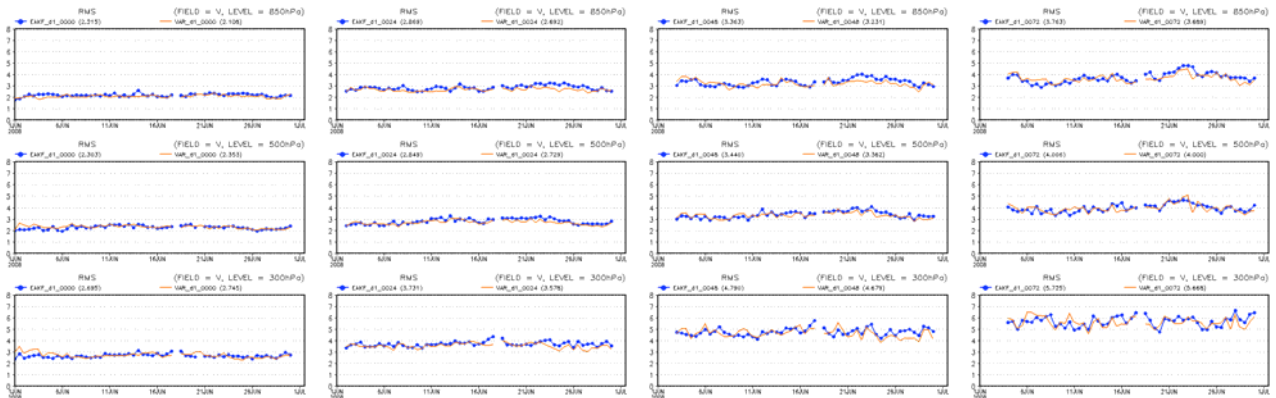


圖 11 風場(V)RMSE 時間序列，由左至右分別為 00h、24h、48h 和 72h，點直線 EAKF，直線 WRFVAR。

RMS 00h	H		T		U		V	
850hPa	8.895	10.14	1.270	1.254	2.374	2.282	2.215	2.108
500hPa	8.899	8.872	0.769	0.724	2.463	2.487	2.303	2.353
300hPa	10.71	10.76	0.696	0.735	2.841	2.978	2.695	2.745
RMS 24h	H		T		U		V	
850hPa	10.80	10.49	1.525	1.475	3.003	2.815	2.869	2.692
500hPa	9.146	8.683	0.927	0.842	3.031	2.900	2.849	2.792
300hPa	12.40	10.92	0.891	0.898	3.937	3.707	3.731	3.578
RMS 48h	H		T		U		V	
850hPa	12.64	12.42	1.674	1.684	3.533	3.413	3.363	3.231
500hPa	12.93	12.70	1.068	0.978	3.644	3.485	3.440	3.632
300hPa	18.66	16.55	1.124	1.126	4.939	4.751	4.790	4.679
RMS 72h	H		T		U		V	
850hPa	14.99	15.17	1.840	1.893	3.930	3.863	3.763	3.689
500hPa	17.09	17.65	1.204	1.138	4.294	4.165	4.006	4.000
300hPa	24.75	23.54	1.344	1.333	5.826	5.745	5.725	5.668

圖 12 高度場、溫度場和風場(U 和 V)RMSE 時間序列平均值，左為 EAKF，右為 WRFVAR。