

# WRF3DVAR背景誤差對模式分析及預報影響之探討

陳美心<sup>1</sup> 郭永潤<sup>2</sup> 江晉孝<sup>1</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

資料同化中，背景誤差與觀測誤差的正確設定對於分析結果相當重要，這兩個統計量決定了加入觀測資料後背景場將如何調整。雖然背景誤差是由一段時間之統計資料算出，在於實際應用之適用性上仍有調整的空間。本研究選擇不同背景誤差並對其設定進行調整，並使用外迴圈技術，進一步探討背景誤差對模式分析及預報之影響。

結果顯示適當調整背景誤差有助於模式分析及增進預報能力，適當使用外迴圈對於模式分析及預報能力也有增益，但若不當使用則會對模式預報造成傷害。

## 一、前言

資料同化之目的在於使分析場更接近真實大氣狀態，基本方程如下(Ide et al., 1997):

$$J(x) = J_b(x) + J_o(x) \\ = \frac{1}{2}(x - x^b)^T B^{-1}(x - x^b) + \frac{1}{2}(y - y^o)^T R^{-1}(y - y^o)$$

方程式中B表示背景誤差協方差，觀測資料對於分析場之影響主要由此項主導。背景誤差的計算是使用“NMC-method”得到，使用不同初始時間對於同一預報時間之預報場相差，進而計算出背景誤差(Parrish and Derber, 1992)。在WRFVAR V3.1中，背景誤差之選擇有兩種，NCEP之CV3(控制變數在物理空間)，及NCAR之CV5(控制變數在特徵向量空間)。NCEP之CV3是使用NCEP之GFS模式超過49組實驗進行長於一年的實驗，取48小時預報與24小時預報之相差所計算出。NCAR之CV5則是可由使用者自行使用WRF模式針對模擬實驗範圍格點進行長於一個月的實驗模擬後，取24小時預報與12小時預報之相差所計算出。

WRF3DVAR針對以上兩種背景誤差提供不同的調整選項，並有外迴圈(outer loop)可供使用，使背景誤差的調整能更有彈性。研究指出適當調整背景誤差有效增進預報能力(Guo, 2005)

## 二、實驗設計

本文進行五組實驗，分別命名為BE1~BE5，背景誤差選擇包括CV3及CV5，使用不同的調整係數及

外迴圈次數。本實驗之CV5為使用2008年06月之模式預報資料所算出。BE1使用CV5且相關係數設定採用模式預設值，BE2使用CV3且相關係數設定採用模式預設值，BE3使用CV3並調整其係數，BE4和BE3相同但再加上3次外迴圈(每次迴圈使用相同的係數)，BE5使用CV5並調整其係數再加上3次外迴圈(每次迴圈使用不同的係數)，詳細係數說明如表一。

實驗期間為2008年6月，使用之模式版本為WRF V3.0及WRFVAR V3.1，每六小時update cycle。

## 三、結果分析

使用單點測試分析方法，在WRF3VAR植入一假觀測值，分析3DVAR對於此觀測資料之反應。結果顯示當背景誤差同為CV3時，將psfc及t\_u之變異量放大1.4倍後造成之分析場差異不大，但若調整q/qsg之變異量縮小0.4倍及水平尺度放大1.75倍對於分析場影響顯著。3次外迴圈後，明顯放大分析增量及尺度。當背景誤差同為CV5時，調整變異量和長度尺度及使用3次外迴圈使分析之增量及尺度變大。(圖一至圖四)

使用以上五組背景誤差進行2008年6月之預報實驗，再以探空觀測資料為校驗基準之觀測點校驗結果如圖五。經過12小時預報後，由均方根誤差(RMSE)結果可知，在風場的預報上，100mb以下以BE5有最好的預報，100mb到50mb則是以BE1有

較好的預報，整體而言CV5在風場預報有較好的結果。溫度場預報上，50mb以BE1有較好的預報，70mb~200mb以BE2及BE3有稍好的預報，200mb以下以BE5有稍好的預報。濕度場的預報上，各組實驗之均方根誤差都非常接近，在850mb以下之低層以BE5有稍好的預報。預報至72小時後，各組實驗之均方根誤差差距漸減。

以ECMWF之分析場做為校驗基準之格點校驗結果如圖六。經過12小時預報後，由均方根誤差(RMSE)結果可知，在風場的預報上，200mb以下以BE5有最好的預報，200mb以上則是以BE1有較好的預報，整體而言CV5在風場預報有較好的結果，校驗結果和觀測點校驗類似。溫度場預報上，各組實驗除了50mb以BE1有較好的預報外，其餘層之誤差差異很小。高度場的預報上，200mb以下為BE1和BE5有較好的預報，200mb以上以BE3有較好的預報。BE4無論在高度場及風場均是最差預報，且和其他各組之實驗差距明顯。預報至72小時後，各組實驗之均方根誤差差距漸減。

比較使用CV5之實驗BE1及BE5，調整系數及使用外迴圈後，的確有效提高預報能力，但在高層(約150mb以上)卻使預報能力下降。比較使用CV3之實驗BE2、BE3及BE4，調整系數後些微增進預報能力，但使用外迴圈後，預報能力明顯下降。由2008061000之海平面氣壓場(圖七)可發現BE4之分析場比起BE3有許多零碎的等壓線，太平洋高壓也分裂為兩塊，同時熱帶地區有許多大小約為500km以上之1012mb封閉等壓線存在，而這些封閉等壓線在12小時預報後有部分依然存在，反觀BE5雖然分析場時也有些零碎的封閉等壓線，但在12小時預報後即消失。可知使用外迴圈的確有效使分析場更接近觀測資料，因此可能在分析後產生局部地區和環境之梯度較大。但由於BE4於3次外迴圈時均使用相同的尺度係數，使得觀測資料影響過深過廣，造成局部地區和環境場之間產生較大的梯度，模式無法在12小時內平衡此效應，因此得到最差的預報結果。而BE5在每次迴圈時減少尺度係數，因此雖然分析場產生零碎的小尺度封閉等壓線，但是模式

很快消滅這些小尺度的系統而達到平衡，又能保留使用外迴圈時分析場接近觀測場的優勢，因此有較好的預報結果。

#### 四、結論

背景誤差雖然是由統計資料所得出，但仍可能因為不同區域範圍或因為統計時間不夠長等原因，使得應用於模式時仍有調整之空間。

本研究顯示經由不同調整系數之3次外迴圈後，CV5在一個月的預報上有較佳的預報結果，但並較好的預報結果並非全面性。從單點測試可知CV5的影響在垂直尺度較深，而CV3在水平尺度較大，本研究對於這兩者之預報特徵已有初步了解，如何進一步再調整進而得到更適用之背景誤差仍有許多研究空間。對於不同的天氣系統所適合之背景誤差也可能不相同，亦可針對台灣地區之颱風、梅雨等劇烈天氣系統調整適當之背景誤差以增進模式預報能力。

#### 五、參考文獻

- Guo, Y.-R., H. Kusaka, D. M. Barker, Y.-H. Kuo, and A. Crook, 2005: Impact of Ground-based GPS PW and MM5-3Dvar Background Error Statistics on Forecast of a Convective Case. *SOLA*, Vol. 1, 073-076, doi: 0.2151/sola.
- Ide, K., P. Courtier, M. Ghil, and A. C. Lorenc, 1997: Unified notation for data assimilation: Operational, sequential and variational. *J. Met. Soc. Japan*, 75, 181-189.
- Parrish, D. F., and J. C. Derber, 1992: The National Meteorological Center's Spectral Statistical Interpolation analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1747-1763.

## 六、附錄圖表

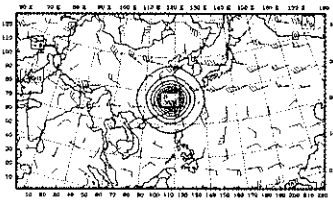
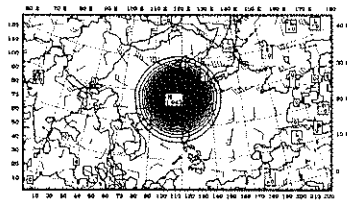
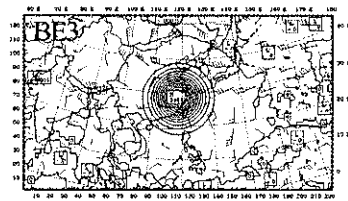
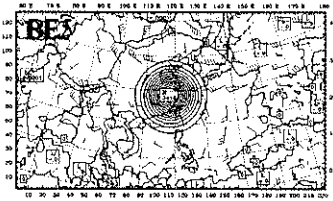
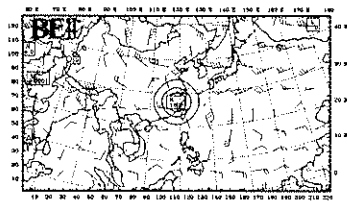
CV5:

BE1/BE5	Loop1	Loop2	Loop3
Var_sacling_psi	1.0/1.5	/1.0	/0.5
Var_sacling_chi_u	1.0/1.5	/1.0	/0.5
Var_sacling_t_u	1.0/1.5	/1.0	/0.5
Var_sacling_q/qsg	1.0/1.0	/1.0	/0.5
Var_sacling_psfc	1.0/1.5	/1.0	/0.5
Len_sacling_psi	1.0/1.0	/0.5	/0.25
Len_sacling_chi_u	1.0/1.0	/0.5	/0.25
Len_sacling_t_u	1.0/1.0	/0.5	/0.25
Len_sacling_q/qsg	1.0/1.0	/0.5	/0.5
Len_sacling_psfc	1.0/1.0	/0.5	/0.2

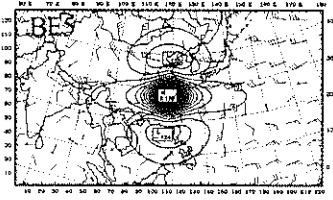
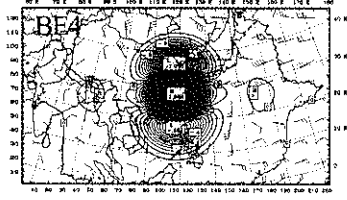
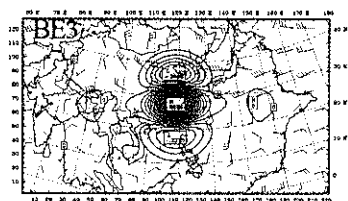
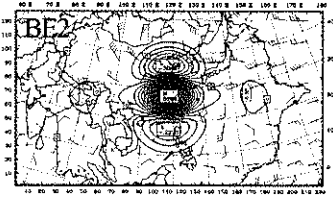
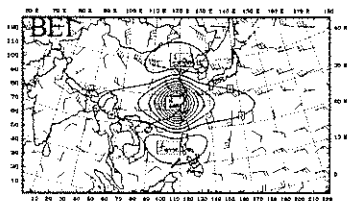
CV3:

BE2/BE3/ BE4(Loop)	Variance	Horizontal scale	Vertical scale
psi	0.25/0.25/0.25	1.0/1.0/1.0	1.5/1.5/1.5
chi_u	0.25/0.25/0.25	1.0/1.0/1.0	1.5/1.5/1.5
t_u	0.25/0.35/0.35	1.0/1.0/1.0	1.5/1.5/1.5
q/qsg	0.25/0.1/0.1	1.0/1.75/1.75	1.5/1.5/1.5
psfc	0.25/0.35/0.35	1.0/1.0/1.0	1.5/1.5/1.5

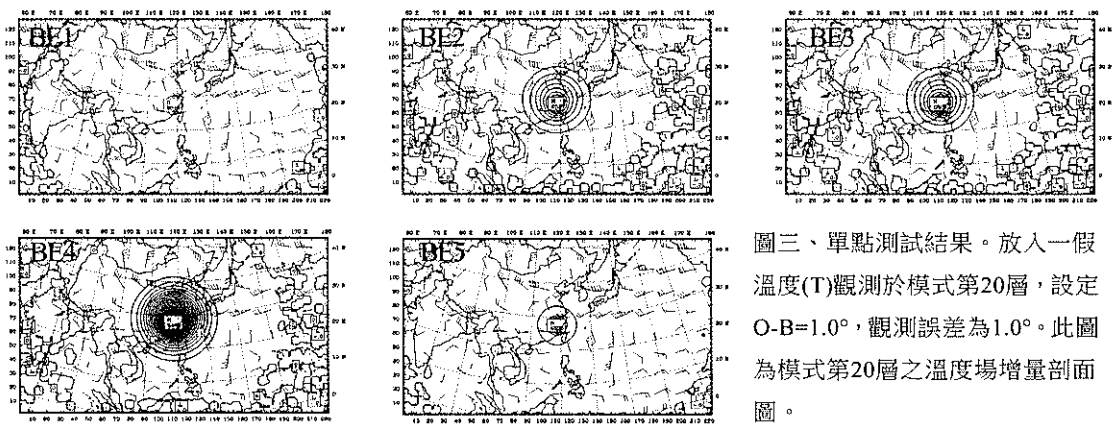
表一、實驗設計。Var表示Variance(變異量)，Len表示Length(長度)，psi為stream function，chi\_u為unbalanced potential velocity，t\_u為unbalanced temperature，q/qsg為pseudo relative humidity，psfc為unbalanced surface pressure。



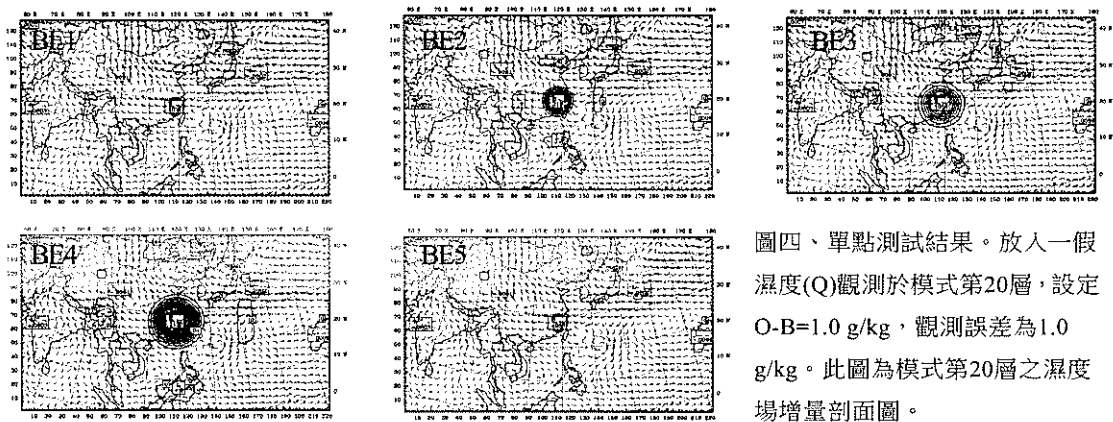
圖一、單點測試結果。放入一假壓力(P)觀測於模式第20層，設定O-B=1.0 hPa，觀測誤差為1.0 hPa。此圖為模式第20層之壓力(P)增量剖面圖。



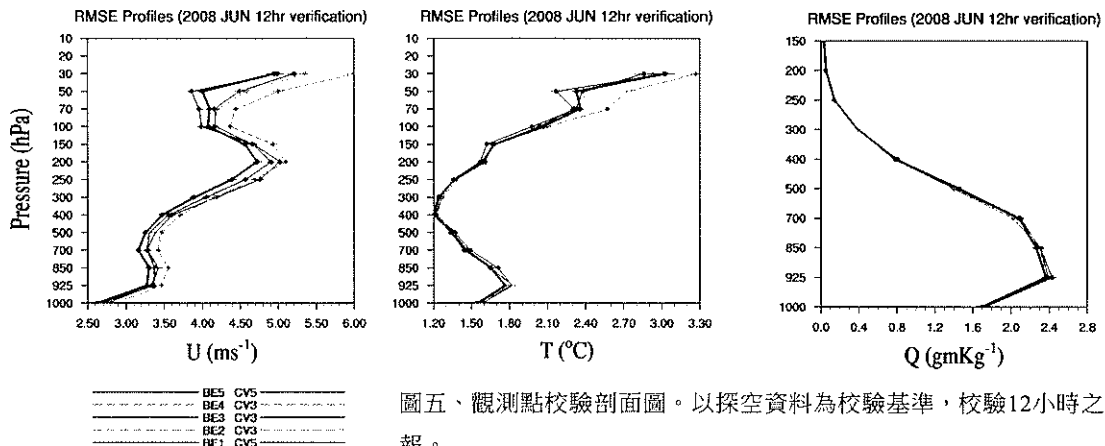
圖二、單點測試結果。放入一假風場(U)觀測於模式第20層，設定O-B=1.0 m/s，觀測誤差為1.0 m/s。此圖為模式第20層之風場(U)增量剖面圖。



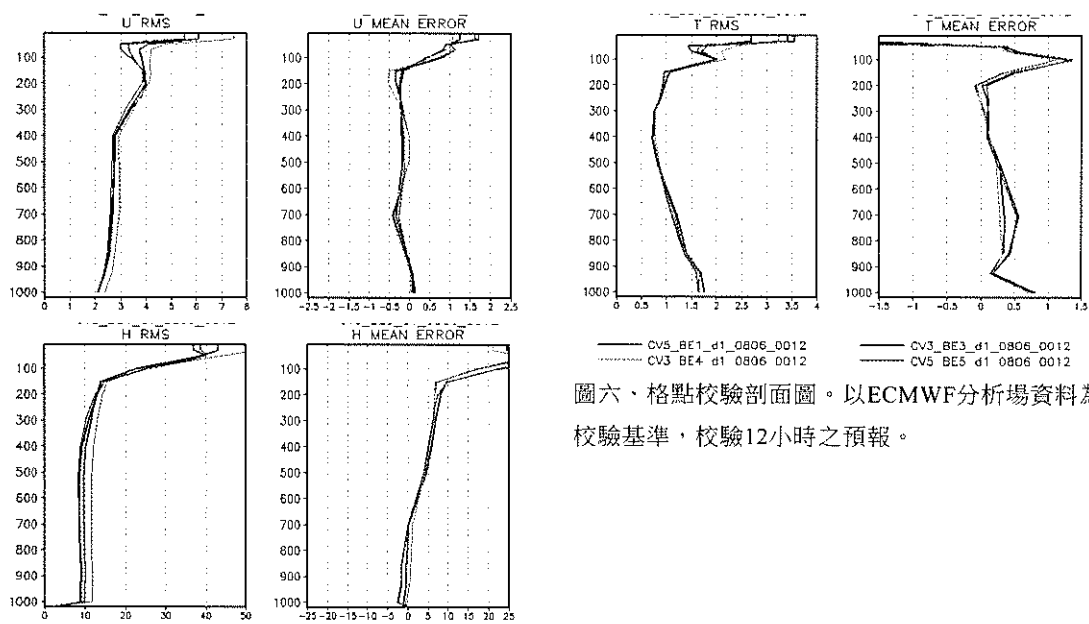
圖三、單點測試結果。放入一假溫度(T)觀測於模式第20層，設定O-B=1.0°，觀測誤差為1.0°。此圖為模式第20層之溫度場增量剖面圖。



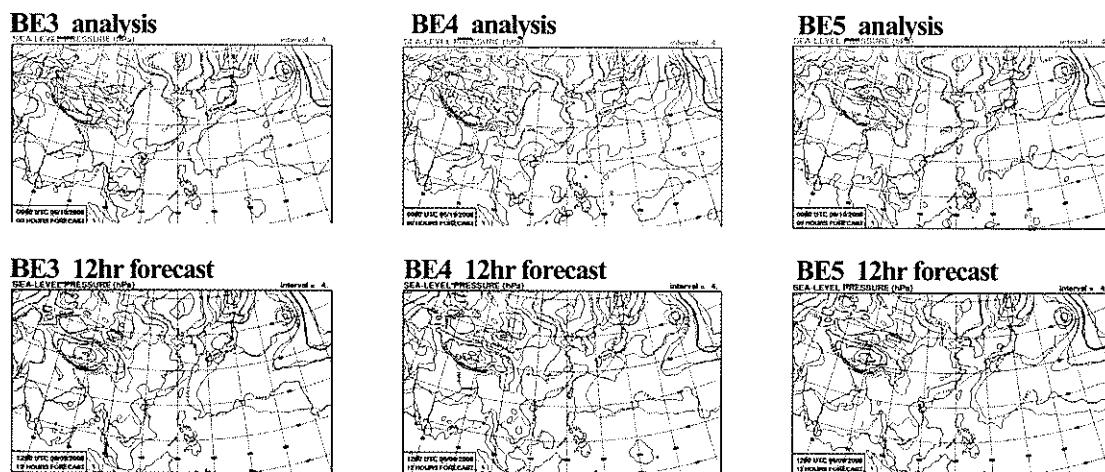
圖四、單點測試結果。放入一假濕度(Q)觀測於模式第20層，設定O-B=1.0 g/kg，觀測誤差為1.0 g/kg。此圖為模式第20層之濕度場增量剖面圖。



圖五、觀測點校驗剖面圖。以探空資料為校驗基準，校驗12小時之預報。



圖六、格點校驗剖面圖。以ECMWF分析場資料為校驗基準，校驗12小時之預報。



圖七、各組實驗之2008061000海平面氣壓分析場及12小時預報場。