

觀測資料對中央氣象局WRF模式影響的測試與探討

江晉孝¹ 潘琦¹ 馮欽錫¹ 滕春慈²

¹中央氣象局氣象資訊中心

²中央氣象局海象測報中心

摘要

隨著科技日新月異，提供更多元的氣象資訊進入先進的模式分析系統，加強對各種劇烈天氣的監測與分析。本研究針對目前三維變分分析(3DVAR)能夠同化的觀測資料對模式分析場的調整以及預報場的校驗做初步的分析與探討。

初步結果顯示觀測資料的使用對於模式分析場的調整有明顯的差異，從2009年6月8日18Z個案分析發現(一)地面綜觀資料(SYNOP)與飛機觀測資料(AIREP)會使得大陸廣州附近500百帕的高度分析場有明顯的短波槽加深的現象，(二)福爾摩沙衛星三號GPS掩星資料則會加強西太平洋副熱帶高壓範圍向西南方延伸的趨勢。

此外，本研究設計多組實驗各進行為期一個月(2008/06/01~2008/06/30)的預報，並以歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)與美國國家環境預報中心(NCEP)的分析場校驗。校驗結果顯示1.加入全部觀測資料對中高層高度場與風場有較好的表現，2.不加入地面綜觀報資料則對低層高度場與風場、溫度預報有些微改進。

關鍵詞：資料同化、三維變分分析、GPS掩星、地面綜觀報、飛機報

一、前言

資料同化為數值天氣預報不可或缺的要害，而三維變分分析則為現今世界各主要氣象作業中心資料同化系統中熱門的選項。天氣研究與預報模式(Weather Research and Forecasting Model; WRF)與WRF三維變分資料同化(WRF 3 Dimension Variational analysis; WRFVar)為中央氣象局目前主要之區域預報模式與資料分析方法，配合本局高速電腦運算系統之有限資源，期能提高作業效率與預報準確度。本研究針對觀測資料經WRFVar同化後對分析場的調整以及模式預報的影響做初步評估。

二、實驗說明

中央氣象局WRF模式(CWBWRF)已於2007年上線作業，此模式為三層巢狀網格區域，最外層的網格解析度為45公里，中層的網格解析度為15公里，內層的網格解析度為5公里。本研究實驗模式的版本是WRF V3.0.1.1與WRFVar V3.0.1.1，本文僅針對最外層45公里做分析與探討。

目前中央氣象局區域作業模式中WRFVar已同化的觀測資料有地面綜觀報(SYNOP)、飛機報(AIREP)、機場天氣報(METAR)、船舶報(SHIP)、漂浮站觀測報(BUOY)、衛星雲導風報(SATOB)、衛星海面風觀測報(QSCAT)、衛星探空報(SATEM)、高空風報(PILOT)、探空報(SOUND)、投落送(DROPSONDE)、GPS掩星(GPSRO)等傳統與遙測資料。

為了解各種觀測資料對分析場調整的效益，本研究選擇2009年6月8日18Z為個案，對初始猜測值逐一加入觀測資料來分析資料對500百帕高度分析場調整的差異以及影響的範圍，並藉由NCEP分析場來了解和評估分析場調整的情形。

經由個案分析的結果，本研究再設計多組長期積分實驗，分別是(一)資料同化中加入全部觀測資料(相當於作業情況，實驗代號為FULL)、(二)資料同化中不加入SYNOP(實驗代號為NOS)、(三)資料同化中不加入SYNOP與AIREP(實驗代號為NOSA)。三組實驗均使用NCEP分析場(0.5°x0.5°)為初始猜測場、NCEP預報場為CWBWRF模式的邊界來進行為期一個月的測試(2008/06/01~2008/06/30)，採用6小時資料同化間距(6 hour update cycle)，並分別在00/12Z進行3天預報和06/18Z進行6小時預報，希望能進一步了解觀測資料使用與否對預報的效益。

本研究使用中央氣象局數值天氣預報校驗系統內已建立「技術得分」的項目，包含了距平相關(Anomaly Correlation)、平均誤差(Mean Error)、均方根誤差(Root Mean Square Error)等。

三、結果分析

(一) 個案分析

由2009年6月8日18Z的500百帕高度場分析，若初始猜測場加入QSCAT、SOUND、PILOT後對初始場的改變調整不大(圖1a)，再加入AIREP後發現在大陸廣州與澳門地區出現了明顯短波槽加深的情形(圖1b)。繼續加入GPSRO後則使得西太平洋副高壓明顯西伸，另外在新疆與巴基斯坦邊界以及中南半島皆出

現明顯的差異，但是卻也修正了廣州澳門附近因飛機資料造成的凹槽(圖1c)。

將上述的分析場再分別加入SATEM、SATOB、SHIP、BUOY、METAR後，對分析場影響甚小(圖未顯示)，但最後加入SYNOPT後，可以清楚發現廣州與澳門地區短波槽又再次出現，且整個分析場與初始猜測值的差異甚大(圖1d)。雖然無法單以此個案得知是否分析場偏離初始猜測值太遠即為不好的分析結果，但是由此實驗卻可以了解地面綜觀報以及飛機報對分析結果佔了舉足輕重的地位，而GPSRO對西太平洋副熱帶高壓範圍的掌握亦是重要因素之一。

(二) 分析場疊圖

為了更了解在長時間積分下大尺度環流預報是否偏移，各組實驗分別在6/10、6/20、6/30的00Z的500百帕高度分析場與NCEP分析場疊圖(圖2)，由結果可清楚得知三組實驗在一個月長時間積分下並沒有引起大尺度環流偏移的現象，主要天氣系統位置大同小異。

(三) 分析場校驗結果

經由個案分析結果再設計三組長時間(2008/06/01~2008/06/30)積分實驗，而校驗結果在距平相關部分，如圖3a和圖3b所示為2008年6月1日至2008年6月30日的海平面氣壓、500百帕以及300百帕的一個月高度分析場的距平相關時序校驗圖。此三組實驗除了相互間距平相關以外，也分別與NCEP分析場、ECMWF分析場計算出距平相關。一般而言距平相關值若大於0.6以上則表示此模式是可參考的。由結果顯示所有距平相關皆在0.9以上，可充分顯示三組實驗都在可信範圍之內，但與NCEP、ECMWF分析場最接近的為加入所有觀測資料(FULL)，其次為不加入地面綜觀報(NOS)，最後則是不加入地面綜觀報及飛機報(NOSA)，此結果顯示加入全部資料後在一個月的分析場校驗結果仍屬最佳。由距平相關結果得知CWBWRF的分析場較接近NCEP分析場，而與ECMWF分析場則有較大差距，造成此結果的原因有1.目前中央氣象局WRF模式所使用的初始場及邊界條件的來源為NCEP分析場，2.ECMWF分析場解析度(2.5°x2.5°)較粗。

(四) 預報場校驗結果

觀測資料的使用與否對預報結果的好壞可由均方根誤差以及平均誤差加以了解，表1與表2分別總整各組實驗與NCEP分析場、ECMWF分析場在12小時預報至72小時預報於不同高度的均方根誤差值。表1的結果顯示與NCEP分析場校驗後，加入全部的觀測資料(FULL)對於中高層(500百帕、300百帕)高度場以及風場預報的掌握較好；而不加入地面綜觀報資料

(NOS)除了對低層高度場與風場的預報掌握較佳以外，在溫度場預報亦有較佳表現。

表2顯示與ECMWF分析場校驗呈現與NCEP校驗相似的結果，加入全部觀測資料(FULL)仍然在中高層的高度場與風場表現較佳，而在低層則是與不加入地面綜觀報(NOS)互有優劣，但是溫度場仍是(NOS)表現較佳。

綜合校驗得分的比較(表1和表2)可知不加入地面綜觀資料會加強模式低層高度場和風場的預報，的確有必要進一步評估地面綜觀資料的使用策略。此外，由研究結果也發現CWBWRF模式在預報高度場與溫度場比較接近NCEP分析場；但預報風場則較為接近ECMWF分析場。

四、結論與討論

WRFVar能處理眾多種類傳統觀測資料與先進的遙測資料，本研究初步探討觀測資料逐步加入同化系統中對分析場和預報場所造成的影響，另外也藉NCEP、ECMWF分析場來診斷分析模式預報的結果。由本研究可得到兩個結論1.加入全部觀測資料對中高層高度場與風場有較好的表現，2.不加入地面綜觀報資料則對低層高度場與風場、溫度預報有些微改進。

觀測資料使用方式與以下幾個因素有著密不可分的關係：1.模式地形高度的處理方式，2.觀測資料內的氣象要素(風、溫度、壓力、水氣)是否要全部放入同化系統，3.模式背景場誤差選取與使用設定，4.觀測誤差的調整。

未來將做一組完全沒有資料同化且僅將NCEP分析場差分後即預報的實驗，並與NCEP、ECMWF分析場做校驗，希望得知資料同化增進模式預報的幅度，另外也將逐一探討地面觀測資料中各氣象要素對分析場與預報場的影響程度。

五、致謝

感謝美國國家大氣研究中心郭永潤博士提供歐洲中期天氣預報中心分析場資料。

六、參考文獻

- 潘琦，滕春慈，2008：中央氣象局區域模式(NFS)應用WRFVar的平行測試之診斷分析。氣象學報。47，55-72。
- Rauno Nieminen, 1983：Operational verification of ECMWF forecast fields and results for 1980-1981. ECMWF Technical Report No.6.

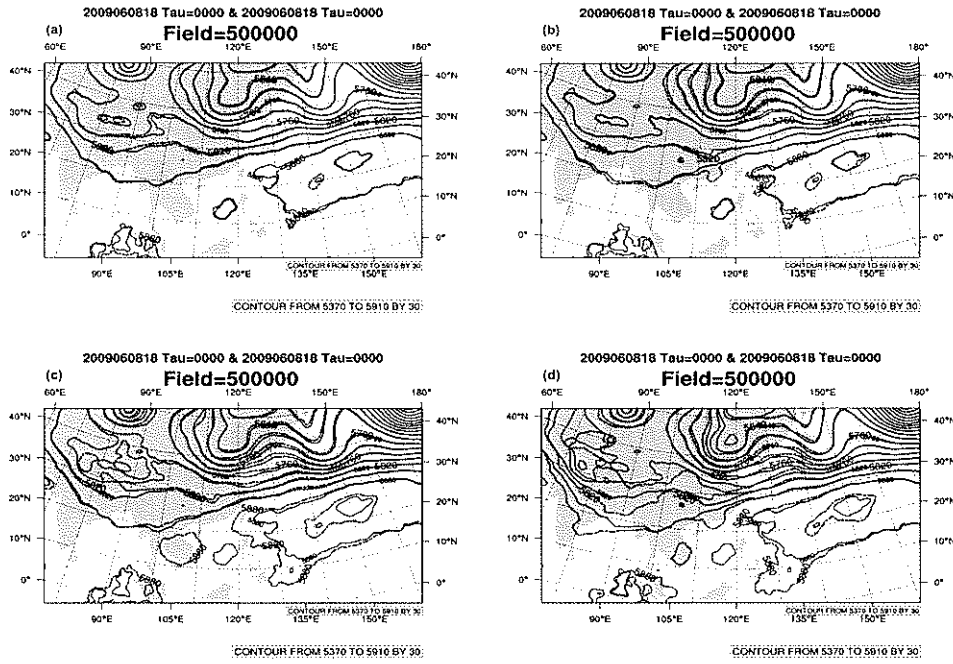


圖1：500百帕高度初始場與分析場的差異，實線為初始場，虛線分別為(a)加入QSCAT、SOUND、PILOT的分析場，(b)加入QSCAT、SOUND、PILOT、AIREP的分析場，(c)QSCAT、SOUND、PILOT、AIREP、GPSRO的分析場，(d)加入QSCAT、SOUND、PILOT、AIREP、GPSRO、SATEM、SATOB、SYNOP的分析場。

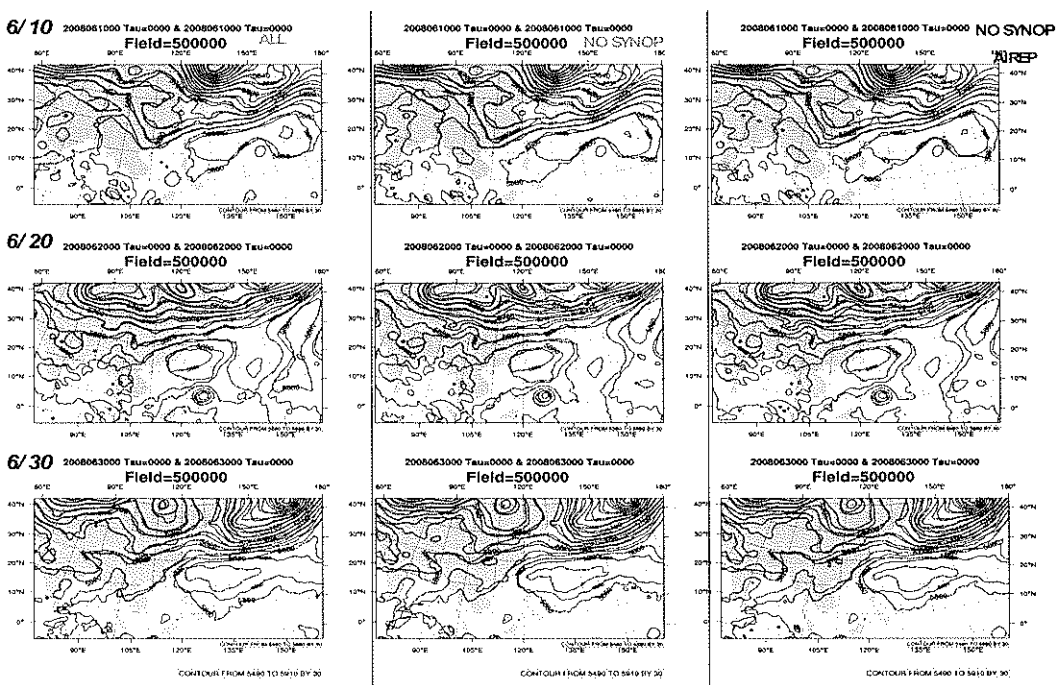


圖2：各組實驗在6/10、6/20、6/30的00Z的500百帕高度分析場與NCEP高度分析場疊圖，實線為NCEP高度分析場，虛線由左至右分別為加入全部資料、不加入SYNOP、不加入SYNOP&AIREP。

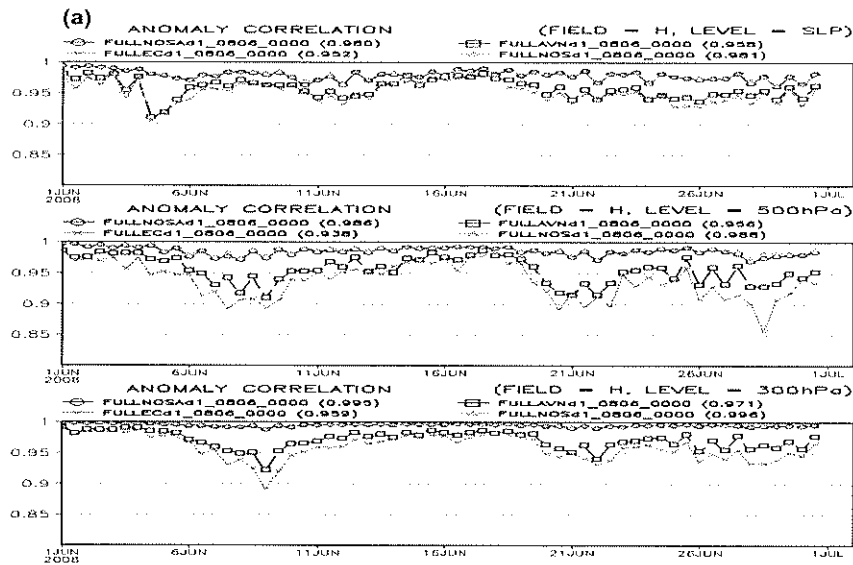


圖3 (a)：分析場在海平面、500百帕、300百帕的一個月高度場距平相關，○為全部資料與不加入SYNOP&AIREP之相關，□為全部資料與NCEP分析場之相關，X為全部資料與ECMWF分析場之相關，△為全部資料與不加入SYNOP之相關。

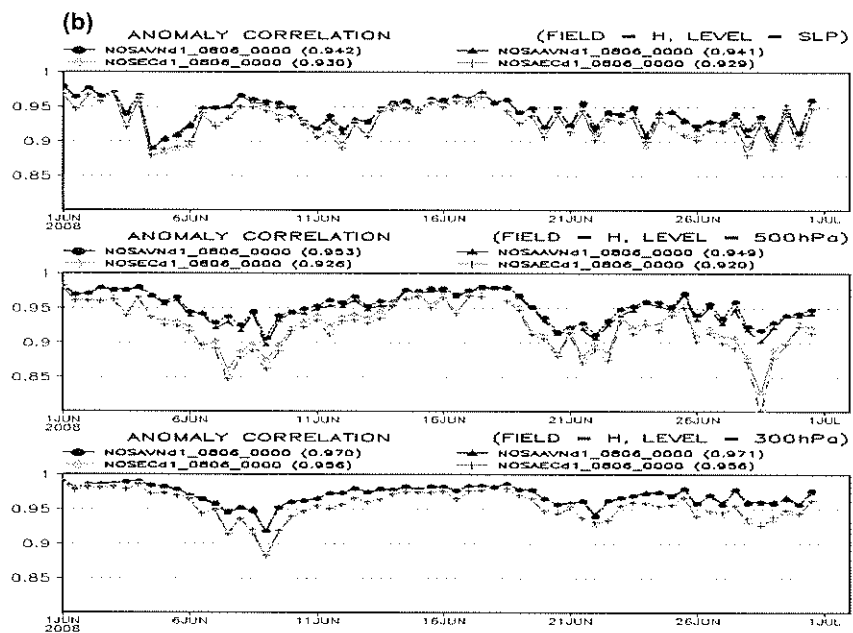


圖3(b)：分析場在海平面、500百帕、300百帕的一個月高度場距平相關，●為不加入SYNOP與NCEP分析場之相關，▲為不加入SYNOP&AIREP與NCEP分析場之相關，◇為不加入SYNOP與ECMWF分析場之相關，✦為不加入SYNOP&AIREP與ECMWF分析場之相關。

Summary of compare with NCEP

| RMS | hPa | 12hr | | | 24hr | | | 48hr | | | 72hr | | |
|-----|-----|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | | FULL | NOSA | NOS | FULL | NOSA | NOS | FULL | NOSA | NOS | FULL | NOSA | NOS |
| H | 850 | 8.878 | 8.797 | 8.775 | 9.635 | 9.814 | 9.798 | 12.40 | 12.42 | 12.40 | 15.34 | 15.26 | 15.24 |
| | 500 | 7.167 | 7.673 | 7.291 | 8.438 | 8.869 | 8.579 | 12.36 | 12.65 | 12.53 | 17.00 | 16.9 | 16.91 |
| | 300 | 8.907 | 9.096 | 9.046 | 10.50 | 10.61 | 10.56 | 16.17 | 16.35 | 16.39 | 23.22 | 23.27 | 23.24 |
| T | 850 | 1.250 | 1.279 | 1.259 | 1.393 | 1.403 | 1.369 | 1.630 | 1.618 | 1.614 | 1.832 | 1.803 | 1.802 |
| | 500 | 0.707 | 0.700 | 0.696 | 0.763 | 0.759 | 0.753 | 0.934 | 0.942 | 0.935 | 1.122 | 1.136 | 1.129 |
| | 300 | 0.787 | 0.799 | 0.789 | 0.910 | 0.910 | 0.898 | 1.137 | 1.126 | 1.125 | 1.338 | 1.342 | 1.333 |
| U | 850 | 2.591 | 2.602 | 2.586 | 2.876 | 2.880 | 2.874 | 3.514 | 3.498 | 3.494 | 4.062 | 4.041 | 4.039 |
| | 500 | 2.666 | 2.716 | 2.674 | 2.934 | 2.976 | 2.942 | 3.524 | 3.551 | 3.530 | 4.187 | 4.193 | 4.188 |
| | 300 | 3.472 | 3.525 | 3.482 | 3.874 | 3.943 | 3.897 | 4.831 | 4.883 | 4.840 | 5.817 | 5.859 | 5.821 |

表1：各組實驗12hr~72hr預報與NCEP分析場校驗的均方根誤差值，FULL為加入全部資料，NOSA為不加入SYNOP&AIREP，NOS為不加入SYNOP。

Summary of compare with EC

| RMS | hPa | 12hr | | | 24hr | | | 48hr | | | 72hr | | |
|-----|-----|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | | FULL | NOSA | NOS | FULL | NOSA | NOS | FULL | NOSA | NOS | FULL | NOSA | NOS |
| H | 850 | 9.137 | 9.018 | 8.951 | 9.214 | 9.386 | 9.320 | 11.46 | 11.49 | 11.43 | 14.52 | 14.45 | 14.40 |
| | 500 | 8.745 | 9.624 | 9.086 | 9.728 | 10.38 | 9.945 | 13.54 | 13.95 | 13.74 | 18.35 | 18.2 | 18.25 |
| | 300 | 10.90 | 11.13 | 11.10 | 12.29 | 12.48 | 12.42 | 17.90 | 18.14 | 18.16 | 25.11 | 25.13 | 25.14 |
| T | 850 | 1.437 | 1.488 | 1.474 | 1.616 | 1.629 | 1.619 | 1.861 | 1.845 | 1.842 | 2.056 | 2.025 | 2.023 |
| | 500 | 0.833 | 0.831 | 0.825 | 0.883 | 0.885 | 0.879 | 1.025 | 1.032 | 1.025 | 1.196 | 1.207 | 1.202 |
| | 300 | 0.794 | 0.814 | 0.797 | 0.909 | 0.918 | 0.902 | 1.143 | 1.138 | 1.133 | 1.354 | 1.363 | 1.351 |
| U | 850 | 2.503 | 2.529 | 2.513 | 2.789 | 2.804 | 2.800 | 3.408 | 3.394 | 3.388 | 3.938 | 3.919 | 3.918 |
| | 500 | 2.767 | 2.847 | 2.804 | 3.019 | 3.083 | 3.037 | 3.556 | 3.604 | 3.572 | 4.233 | 4.248 | 4.230 |
| | 300 | 3.425 | 3.479 | 3.434 | 3.823 | 3.885 | 3.835 | 4.793 | 4.849 | 4.800 | 5.792 | 5.841 | 5.799 |

表2：各組實驗12hr~72hr預報與ECMWF分析場校驗的均方根誤差值，FULL為加入全部資料，NOSA為不加入SYNOP&AIREP，NOS為不加入SYNOP。