

中央氣象局全球資料同化系統之更新評估

陳雯美¹ 沈彥志¹ 曹伶伶¹ 馮欽賜² 吳婉淑³

¹中央氣象局氣象科技研究中心

²中央氣象局氣象資訊中心

³美國國家環境預報中心

摘 要

隨著觀測技術的日新月異，非傳統觀測資料的種類及數量均有顯著的增長，其在資料同化所扮演的角色也越形重要。中央氣象局為加強全球資料同化系統對新增非傳統觀測資料的同化能力，規劃由美國國家環境預報中心(NCEP)引進其作業之格點統計內插三維變分分析系統(GSI)以更新現行作業之全球資料同化系統。本文將介紹此新資料同化系統在中央氣象局全球數值預報系統之建置與測試及比較新、舊同化系統之間的差異，並分析此新資料同化系統對中央氣象局全球數值預報模式預報成效的影響。初步結果顯示在使用相同觀測資料的情況下，更新之全球資料同化系統有助於提昇預報模式的預報成效。

關鍵字：資料同化，格點統計內插(GSI)

一、前言

中央氣象局現行作業之全球資料同化系統係由美國國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction; NCEP)的統計波譜內差系統(Spectral Statistical Interpolation; SSI) (Parrish and Derber, 1992)修改建置而成，自 2003 年開始正式作業。由於觀測技術的日新月異，非傳統觀測資料之種類(如衛星、雷達及剖風儀)與數量(如空間解析度及衛星頻道數)均有顯著的增長，其在資料同化所扮演的角色也越形重要，然而目前的作業系統並不具備同化許多新的非傳統觀測資料之能力，本局為解決此迫切的問題，經評估後決定引進 NCEP 全球數值預報系統於 2007 年 5 月更新的作業分析系統 - 網格統計分析系統(Gridpoint Statistical Interpolation; GSI; Wu et al. 2002))，此系統不但在分析方法上對背景場誤差具備較接近真實大氣的處理方式，同時也具備同化更多非傳統觀測資料的

能力。

本文的目的即在介紹中央氣象局資料同化系統的更新及其效益評估；第二節介紹分析系統的更新，第三節則分析評估新系統的結果，最後做一總結。

二、分析系統的更新

資料同化系統基本上由分析系統、數值預報模式以及觀測資料所組成。圖一為中央氣象局全球資料同化系統實際作業的流程示意圖。作業分成 post run 與 major run 兩部分，資料同化部分的分析系統均使用 SSI 系統，預報模式部分則是目前作業的全球數值預報模式，解析度為 t240L30。major run 的主要任務是進行 8 天的預報，提供下游中小尺度模式使用及預報參考，必須考慮時效性，目前作業設定觀測資料截止時間為當次分析時間後 3 小時左右，即以此時所取得的觀測資料進行資料同化及預報作業，如每天作業的 00Z，major run 的啟動時間為 03Z，03Z 以後才接收處理的觀測資料就無法在 major run 中使用了；

post run 的任務則是藉由同化較完整的觀測資料，得到品質較佳的 6 小時預報，使下一個分析時間的 major run 及 post run 有較好的分析初始猜測場，作業設定 post run 的觀測資料截止時間為分析時間後的 8 小時，此時該分析時間可用的觀測資料幾乎已完成接收處理可供同化分析，以 00Z 為例，設定 08Z 開始執行 post run。對一般作業中心而言，major 與 post run 主要的差異在觀測資料的量，但對本局而言，由於我國並非 WMO(World Meteorological Organization)的會員國，觀測資料取得不易，經多方努力，目前主要的資料來源有三：即時接收的 GTS 電碼資料、CIMSS(Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies)的高密度衛星反演風以及 NCEP ftp 網站的 NCEP 全球數值預報系統所使用的觀測資料。其中前二者為即時接收，是目前 major run 使用的觀測資料來源，可惜資料種類較少；NCEP ftp 網站的觀測資料較為完整，包括傳統觀測資料以及許多新的非傳統資料，但由於資料檔產生的時間在各分析時間後的 6 小時左右，只能提供 post run 作業使用，是目前 post run 作業的觀測資料的來源。事實上，NCEP 後來也在每個分析時間後約 3 小時 10 分左右提供其預報作業(相當於本局的 major run)同化的觀測資料，部分資料也能滿足作業 major run 的時效需求，可以在 major run 同化，當然先決條件是同化系統必須具備同化這些觀測資料的能力，這也是作業分析系統迫切需要更新的主要原因。

比較現行作業分析系統 SSI 及更新之分析系統 GSI，對觀測資料的同化能力而言，作業的 SSI 分析系統除了可同化各種傳統觀測資料外，非傳統資料部分具備同化 NOAA14 及 NOAA15 衛星輻射觀測的能力，2006 年 NOAA 14 衛星除役後，就僅能同化 NOAA15 的資料；至於 GPS RO 掩星觀測部分的同化是本局自行研發建置，於去年上線作業，由於其所需的計算資源較多，僅能在 post run 同化分析此資料。GSI 是目前 NCEP 區域及全球數值預報的分析系統，仍持續不斷的發展更新，對新的觀測資料類別的同化也更新得很快，除了具備同化目前作業 SSI 分析系統所能同化的資料種類外，還具備同化 NOAA16、17、18、19 及

METOP、AQUA 等衛星的輻射觀測資料及 GPS RO 掩星觀測資料的能力。

就分析方法而言，SSI 與 GSI 本質上均為三維變分分析，且都在模式定義的 sigma 面上進行分析，GSI 則還具備在 hybrid 垂直座標分析的選項。SSI 在波譜空間進行分析，背景場誤差在波譜空間上定義，為均向及均勻的，緯度的變化是藉由一統計之緯度變化參數控制，在分析的質量場與風場的平衡關係直接應用線性平衡方程來維繫。GSI 的分析是在物理網格空間進行分析，其主要優勢在背景場誤差直接在物理格點上定義，目前為緯度及高度的函數，可以是非均向性(anisotropic)及非均勻性的(inhomogeneous)，與真實大氣特性較接近，各分析變數間的平衡關係除了經由統計關係維繫，還建置了正切線性正模約束(Tangent Linear Normal-Mode Constraint, TLNMC, Daryl et al., 2009)的強約束(strong constraint)來加強，減低因分析之場質量場與風場間的不平衡而影響預報表現的機會。

分析系統的更新分成兩部分，第一階段以系統建置測試，並同化目前作業所使用的觀測資料做為更新資料同化系統的目標，預計本年 7 月上線作業；第二階段也就是未來將持續進行的部分，重點將是以建置完成的新一代同化系統逐步增加同化目前作業尚未使用的新觀測資料類別、重新產生全球數值預報系統的背景場誤差以及分析參數的測試微調。在現階段系統的建置測試部分，主要是與中央氣象局作業環境聯結，包括初始猜測場、觀測資料以及背景場誤差等。GSI 的背景場誤差是緯度及高度的函數，目前暫時採用 NCEP 的，僅針對解析度做調整。觀測資料部分，則必須在 GSI 中增加輸入中央氣象局即時接收處理的 GTS 電碼觀測資料及高解析度衛星反演風資料的功能，目前已初步完成的資料包括探空、高空風、飛機、衛星反演風觀測及 ECMWF 網格資料以及颱風發生期間颱風虛擬資料的同化。

三、測試結果

測試部分將討論作業前的準平行測試。準平行測試完全依實際作業的方式進行長時間的平行測試以確保分析系統的更新有助於全球數值預報系統預

報成效的提昇。因此平行測試也同時包括 post run (實驗 pgsi) 與 major run (實驗 mgsi), 不同的是作業的 post run 只做 6 小時預報, 準平行測試的 post run 則設計和 major run 相同, 在 00Z 及 12Z 進行 7 天預報, 目的是了解在觀測資料較完整的情況下, 全球數值預報系統的能力, 為了與作業比較, 也以相同的觀測資料同時進行作業版的實驗(major run 的 mop 及 post run 的 pop), 也對 post run 部分作 7 天的預報, 做為分析比較的參考。

準平行測試的時間為 98 年 7 月 22 日 00Z 至 99 年 1 月 31 日 12Z, 包含夏季及冬季月份。同化的資料為目前作業所同化的觀測資料, 包括探空、高空風、飛機、衛星反演風、地面觀測、颱風虛擬資料及 ECMWF 網格等傳統觀測資料及 gps RO 掩星觀測以及 NOAA 15 衛星輻射觀測資料, 目前作業 major run 並未同化 gps RO 掩星觀測以及 NOAA 15 衛星輻射觀測資料, 因新分析系統可以符合作業時效要求, 因此平行作業及未來更新後的 major run 均增加同化這兩類觀測資料。

圖二是北半球夏季月份 8 月的五天預報各等壓面高度場的平均距平相關、溫度場均方根誤差及平均偏差圖。圖(a)顯示除了 100hPa 外, 更新系統的實驗 mgsi 各層的平均距平相關均較作業版的對照實驗 mop 高, 以 500hPa 等壓面為例, 作業版實驗 mop 為 0.788, 而 mgsi 為 0.795, 進步約 1%。圖(b) 顯示 200hPa 以下實驗 mgsi 的平均溫度均方根誤差與實驗 mop 相當, 但 200hPa 以上則有較明顯改善。圖(c) 顯示平均溫度偏差在 850hPa 以下各層的溫度偏差差異很大, 實驗 mop 為溫度偏冷而實驗 mgsi 則為偏暖, 可能與 mgsi 增加同化 gps RO 掩星觀測以及 NOAA 15 AMSUA 衛星輻射觀測資料有關。

圖三則是南半球 8 月的結果, 相對於北半球, 南半球實驗 mgsi 較 mop 在各層的平均距平相關及溫度場均方根誤差的改善更為明顯, 圖(a)顯示 250hPa 以下各層的平均距平相關的改善尤其明顯, 以 500hPa 等壓面為例, 作業版實驗 mop 為 0.766, 而 mgsi 為 0.791, 進步約 3%。圖(c)平均溫度偏差除了與北半球相同兩組實驗結果有很大的差異外, 300hPa 以上差異也很大, 實驗 mgsi 較 mop 有更明顯

的偏冷的趨勢。

圖四是 post run(pgsi)與 major run(mgsi)的平均 500hPa 高度場距平相關的比較, 不論南、北半球 post run 均較 major run 明顯較好, 尤其是南半球五到七天的預報特別明顯; post run 與 major run 主要的差異在觀測資料的來源不同及資料截止時間不同, 預報成效的差異證實同化較完整的觀測資料, 確實有助於提高預報的成效, 使 post run 可以提供下一分析時間較好的分析初始猜測場, 印證 post run 存在的必要性。

四、結論

為提昇全球資料同化系統的同化能力及品質, 中央氣象局引進 NCEP 作業的 GSI 分析系統以取代作業的全球資料同化系統之 SSI 分析系統。目前已完成在全球數值預報系統的建置並進行各項測試。

準平行測試結果顯示, 不論南、北半球新系統都能對預報成效有明顯的改善, 以 500hPa 高度場距平相關為例, 北、南半球五天預報分別有 1%及 3%的改善, 符合上線作業的要求。

新系統 major run 與 post run 的預報結果比較顯示, 同化較完整的觀測資料確實有助於提昇數值預報的成效, post run 也確實可以提供下一分析時間較好的分析初始猜測場。

同化系統的更新除了改善現階段作業的預報成效, 更積極的意義在其強大的資料同化能力, 未來可以此為基礎, 逐步同化新種類觀測資料, 提昇數值預報的能力。此外, 建立自己的背景場誤差、持續各分析參數的測試微調等也是未來提昇同化分析品質的重要研究課題。

參考文獻

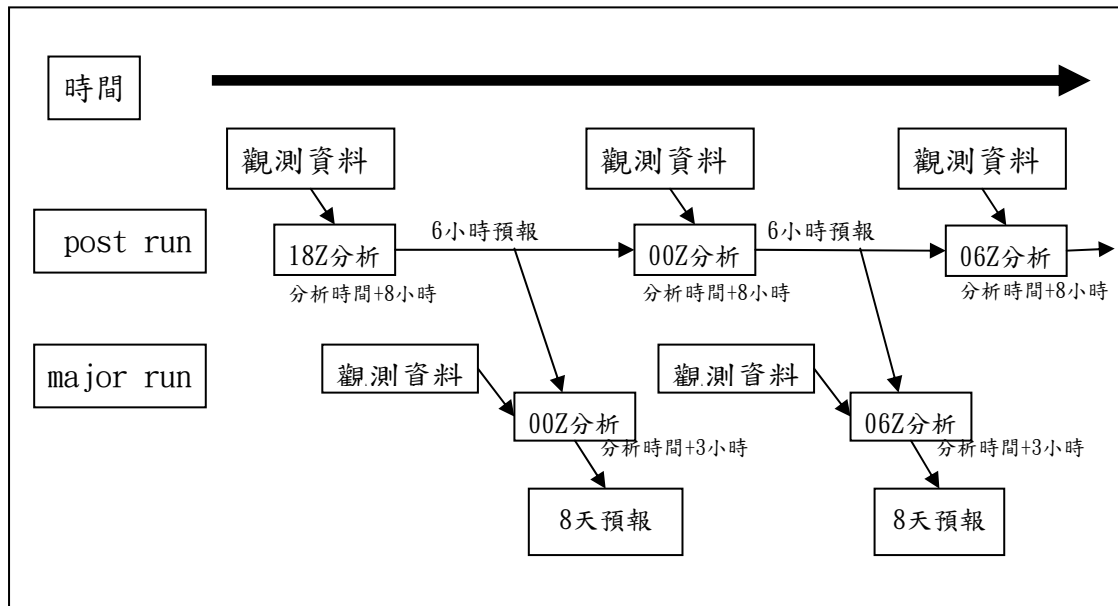
- 吳家苓, 陳雯美, 沈彥志, 吳婉淑, 2009: “GSI 應用於中央氣象局全球數值預報系統之初步研究”, 天氣分析研討會
- 陳雯美, 吳家苓, 沈彥志, 吳婉淑, 2009: “GSI 中 TLNMC 對中央氣象局全球數值預報系統之影響”, 天氣分析研討會
- K1 Keist D.T., J.C. Derber, R. Treadon, D. Parrish,

R. Errico, and R. Yang, 2008: Improving incremental balance in the GSI 3DVAR analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, in preparation.

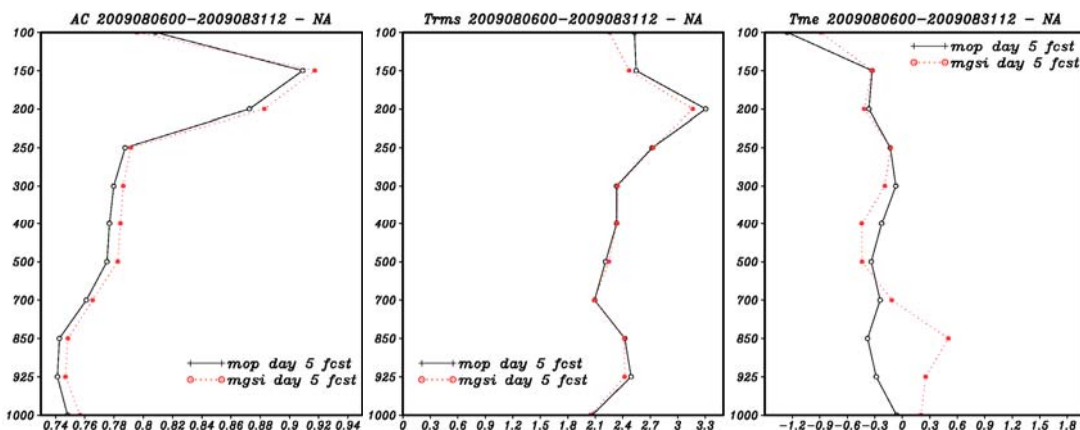
Parrish, D. F., and J. C. Derber, 1992: The National Meteorological Center's

spectralstatistical-interpolation analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1747-1763.

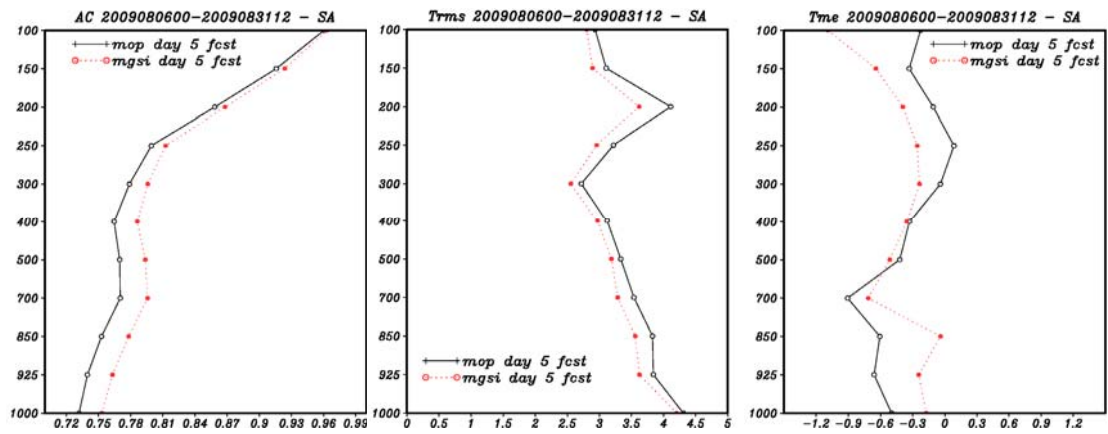
Wu, W.-S., R. J. Purser, and D. F. Parrish, 2002: Three-dimension variational analysis with spatially in homogeneous covariances. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2905-2916.



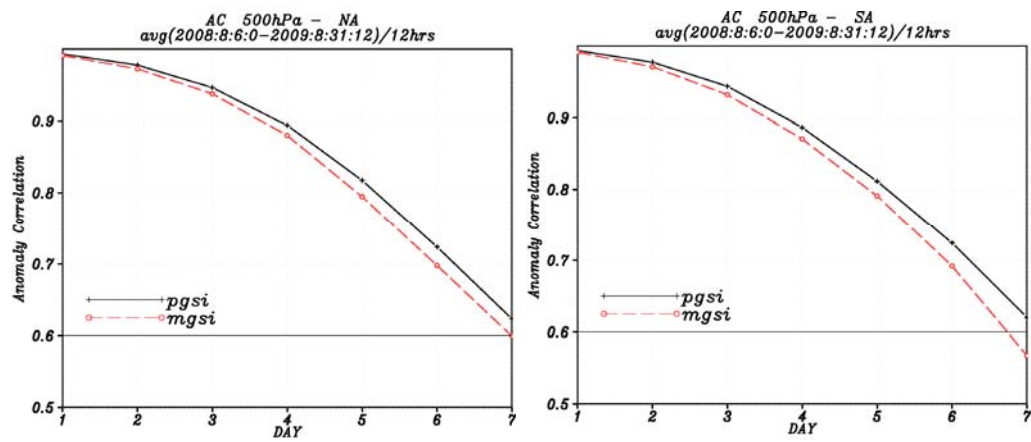
圖一：全球數值預報系統實際作業的流程示意圖。



圖二：北半球 2009 年 8 月 6 日 00Z 至 2009 年 8 月 31 日 12Z 五天預報平均 (a) 高度距平相關 (b) 溫度均方根誤差 (c) 溫度平均誤差。+ 實線為實驗 mop，空心圓點線為實驗 mgsi。



圖三：同圖五但為南半球的結果。



圖四：同圖五但為熱帶地區風場東西分量的(a)均方根誤差 (b)平均誤差。