

# CWBGFS 資料同化系統 2019 年 3 月更新簡介

林宗翰<sup>1</sup>、陳登舜<sup>2</sup>、黃子茂<sup>1</sup>、鄧雯心<sup>1</sup>、趙子瑩<sup>1</sup>、陳建河<sup>3</sup>  
中央氣象局科技中心<sup>1</sup> 中央大學<sup>2</sup> 中央氣象局資訊中心<sup>3</sup>

## 摘 要

中央氣象局全球數值預報系統(CWBGFS)的資料同化系統為根據美國國家環境預報中心(NCEP)所發展之格點統計內插(GSI)混成三維變分-系集資料同化系統(hybrid 3D variational-ensemble data assimilation system; 3DEnVar)，依 CWBGFS 作業系統及計算機環境修改建置而成，目的在提供最佳之全球數值預報初始場，提升全球數值預報準確度。本次 CWBGFS 資料同化系統更新將 GSI 提昇至 2015 年 NCEP 環境模式中心(EMC)更新之版本，該版本同時提升資料同化技術及同化新觀測資料能力。本文簡介此更新，及其對 CWBGFS 分析及預報影響之評估。

本次 GSI 更新內容主要包括加入進階的四維(4DEnVar)混成變分系集資料同化方法、使用新版的輻射傳遞模式(CRTM)及採用新的衛星輻射觀測資料偏差調整(bias correction)方法等。其中唯 4DEnVar 技術在氣象局作業系統中的測試尚未得到良好的成效，在本次更新中仍使用原 3DEnVar。在觀測資料使用上，新增衛星輻射觀測資料與衛星風觀測資料等，此次更新使衛星輻射觀測資料之使用量達原作業系統之八倍左右。由冬季月份(2018 年 1 月)所進行的同化及預報平行測試結果顯示，此次資料同化系統之更新對 CWBGFS 預報表現有顯著影響。

關鍵字：混成變分系集分析、中央氣象局全球數值預報系統

## 一、前言

中央氣象局全球數值預報系統(CWBGFS)的資料同化系統為根據美國國家環境預報中心(NCEP)所發展之格點統計內插(GSI)混成三維變分-系集資料同化系統(hybrid 3D variational-ensemble data assimilation system; 3DEnVar)(Wang et al,2007)，依 CWBGFS 作業系統及計算機環境修改建置而成。氣象局至 2019 年 3 月之作業版本是以 NCEP 2012 年 5 月上線作業的 GSI 版本(Wu et al 2002;Kleist et al,2009)為基礎建置，在此之後 NCEP 持續發展同化系統，並有多次作業版本更新。

本文旨在說明最近的氣象局全球資料同化系統研究與作業工作，重點放在 2019 年 3 月更新其 GSI 分析模組至 NCEP 環境中心(EMC)2015 年更新版本的內容和測試結果。第二節為簡介 CWBGFS 分析模組 GSI 與本次版本更新說明，第三節是新增衛星觀測資料與更新前之差異，第四節是以平行測試結果來評估更新 GSI 版本對 CWBGFS 預報的影響，最後為總結。

## 二、GSI 說明與版本更新

CWBGFS 為一個波譜模式，目前作業解析度 T511L60，水平解析度約 25 公里，模式頂為 0.1hPa(陳等，2015)。CWBGFS 資料同化系統在 2013 年 10 月起

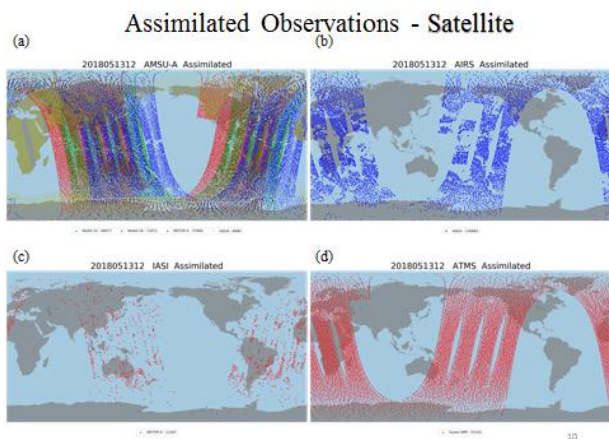
使用 3DEnVar 系統作業，2019 年第一季前為以 NCEP 2012 年 5 月上線作業的版本為基礎建置而成。

NCEP GDAS(Global Data Assimilation System)持續發展更新其 GSI 同化系統，包括 2013 年的 2 次更新，主要變更為增加新類別觀測資料的同化，如 Suomi NPP 衛星的 CrIS 及 METOP-B 衛星之 AMSU-A、MHS 等資料。分析系統的更新包括優化程式及 EnKF 系統部分的變更，並開始使用衛星 GOES 及 EUMESAT 的每小時衛星雲導風觀測資料(SATWIND)以及 METOP-B 的 GPSRO 資料，同時也對飛機溫度觀測資料做偏差調校。同化方法上包括分析方法由三維(3DEnVar)進階為四維(4DEnVar)混成系集變分分析、更新輻射傳遞模式(CRTM)，並改善衛星 SATWIND 及輻射觀測資料稀疏化(thinning)及權重的處理方式等。整體而言在觀測資料使用上，衛星雲導風、衛星輻射觀測資料以及飛機溫度觀測資料的使用上有具體的變動。

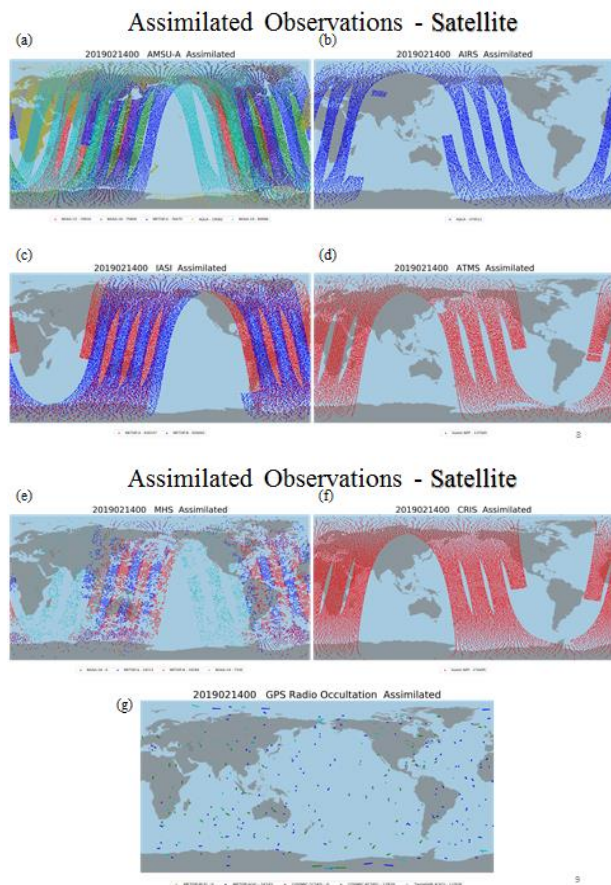
## 三、對 CWBGFS 觀測資料使用影響

更新前作業同化的觀測資料包含傳統資料探空(rawinsonde)、高空風(PILOT)、飛機觀測、地面及船舶觀測等資料，以及衛星觀測雲導風、衛星掩星觀

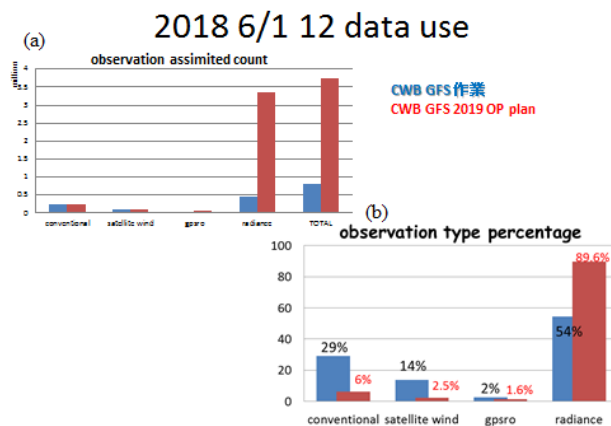
測(gpsro)及輻射觀測等資料，衛星輻射觀測目前使用 NOAA15、NOAA18、AQUA及METOP-A衛星 AMSU-A以及Suomi NPP衛星的ATMS微波觀測頻道輻射觀測資料，和AQUA衛星的AIRS及METOP-B衛星的IASI紅外線觀測頻道輻射觀測資料(陳等，2013；陳等2015)，如圖一。本次GSI更新版本對既有的METOP-A衛星之IASI頻道以及AIRS與ATMS等新增同化使用的頻道數，並在除原本使用之衛星輻射觀測資料外，新增使用NOAA19、METOP-A、METOP-B衛星之MHS微波濕度儀頻道與Suomi NPP衛星的CrIS；同時，對於衛星掩星觀則(gpsro)資料，由輻射率(refractivity)改為偏折角(Bending Angle)之同化，使用資料分布如圖二。另外還有新增同化 NOAA19衛星之臭氧觀測與使用同步衛星輻射觀測資料(GOES衛星與METOSAT衛星)。新舊版本GSI觀測資料使用量差異如圖三，其中傳統觀測包含探空(rawinsonde)、高空風(pilot)、飛機(airp)、船舶及浮標(ship/buoy)、ATLAS浮標，衛星雲導風包含可見光(vis)、紅外線(ir)、水汽(wv)頻道觀測資料:日本Himawari-8(H-8)，歐洲METEOSAT(EM)及美國GOES，繞極衛星TERRA及AQUA。GPS掩星觀測資料: COSMIC C1/C6、TerraSAR-X、METOP-A，衛星輻射觀測資料，包括NOAA15、NOAA18、METOP-A、NOAA-19、AQUA的AMSU-A、Suomi NPP的ATMS、METOP-A、METOP-B的IASI、AQUA的AIRS、Suomi NPP的CrIS、NOAA19、METOP-A、METOP-B的MHS。主要差異在衛星輻射資料使用差異，新版衛星輻射資料約達原本之8倍。



圖一: 個案2018年5月13日12Z使用更新後系統同化前衛星觀測資料之使用分布。(a) AMSUA 輻射觀測資料，包括 NOAA15、NOAA18、METOP-A、AQUA 衛星。(b) AIRS 輻射觀測資料，包括 AQUA 衛星。(c) IASI 輻射觀測資料，包括 METOP-A 衛星。(d) AIRS 輻射觀測資料，包括 Suomi NPP 衛星。



圖二: 2019年2月14日00Z使用更新後系統同化衛星觀測資料之使用分布。(a) AMSUA 輻射觀測資料，包括 NOAA15、NOAA18、METOP-A、AQUA 衛星。(b) AIRS 輻射觀測資料，包括 AQUA 衛星。(c) IASI 輻射觀測資料，包括 METOP-A 衛星。(d) AIRS 輻射觀測資料，包括 Suomi NPP 衛星。(e) MHS 輻射觀測資料，包括 NOAA19、METOP-A、METOP-B 衛星。(f) CrIS 輻射觀測資料，包括 Suomi NPP 衛星。(g) GPS 掩星觀測資料，包括 COSMIC C1/C6、TerraSAR-X、METOP-A 等低軌衛星。



圖三: 個案2018年6月1日12Z (a) 東西分量風資料同化使用量。(b) 各觀測資料種類所占百分比。藍色為本次更新前，紅色為本次更新後的情況。

## 四、對CWBGFS預報的影響：平行測試結果

以2019年冬季1月份進行循環更新(update cycle)平行測試實驗，評估本次GSI更新改版對CWBGFS預報的影響。平行測試實驗使用中央氣象局解析度T511L60，使用目前作業之預報模式(gfs-r367)，以3DEnVar進行實驗，同化分析系統部分分別採用現行作業(OP)及更新後的版本(19Q1)進行兩組實驗，使用資料如附表一，實驗代號及說明如附表二。

由兩組實驗的分析場作為校驗參考，圖四為風場校驗結果，由圖四(b)發現北半球除了在約150mb的5-6天預報有一負面影響之外，其餘皆為正面效應，尤其在300mb之1天預報有明顯之改善；由圖四(d)南半球除了在250mb的3天預報有一明顯負面影響之外，其餘皆為正面影響，在200mb與50mb之1天及7天預報有明顯改善情形。溫度場方面(圖五(b))，北半球除了在低層850mb之7天預報有些微負面影響之外，其餘皆為正面表現。南半球(圖五(d))則在200mb高層3-7天預報皆為負面表現，但在高層100mb以上與中低層(500-1000mb)預報1-7天皆為正面影響。在熱帶地區溫度場(圖六(b))除200mb7天預報為負面影響外，其餘皆正面影響；熱帶地區風場(圖六(d))在5天預報200mb部分有些微負面影響外，其餘皆為正面影響，尤其在24小時由低到高層皆為明顯改善之情形。

全球500mb高度氣壓距平相關係數(anomaly correlation)得分如圖七，在1月份26個個案統計得到原GSI版本分數為0.815，使用新版GSI得分為0.818，雖然在此通用校驗分數上的改進不顯著，但由其他變數、其他高度層的校驗結果(圖四-六)與詳細的校驗分數表格(未呈現)可知，本次資料同化系統更新對大部分的變數與高度層有全面性的顯著改善。

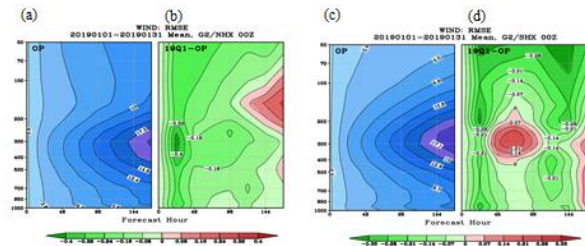
表一:平行測試實驗說明

實驗代號	同化分析系統	預報模式系統
OP	現行作業(基於EMC 2012年5月版本)	gfs-r367
19Q1	本次更新版本(基於EMC 2015年版本)	gfs-r367

表二:平行測試觀測資料使用說明

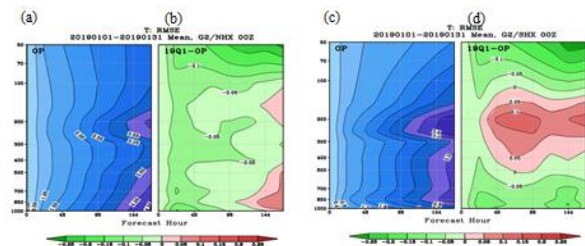
實驗代號	觀測資料種類	衛星掩星觀測(GPSRO)使用種類
OP	傳統觀測、衛星輻射觀測(AMSU-A、IASI、AIRS、ATMS)、衛星雲導風	折射率(refractivity)
19Q1	傳統觀測、衛星輻射觀測(AMSU-A、IASI、AIRS、ATMS、CrIS、MHS)、同步衛星輻射資料觀測、衛星雲導風、臭氧觀測	偏折角(Bending Angle)

### RMS Error of Wind



圖四: 2019年1月期間之7天風場預報之校驗，橫軸為預報時間，縱軸為模式垂直層，所有校驗皆以自己的分析場為校驗基準。(a)更新前作業系統之北半球均方根誤差(RMSE)。(b)更新後系統平行測試實驗之北半球(20N-80N)均方根誤差相對於更新前作業系統結果之差異，綠色為正面改善，紅色系為變差。(c)、(d)同(a)、(b)，但為南半球(20S-80S)的結果。

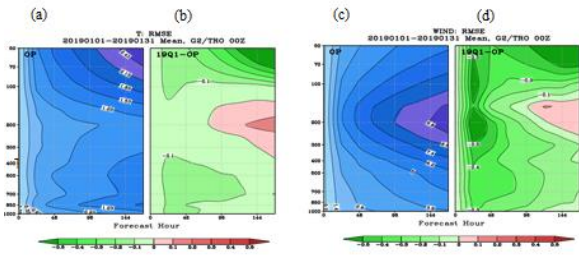
### RMS Error of T



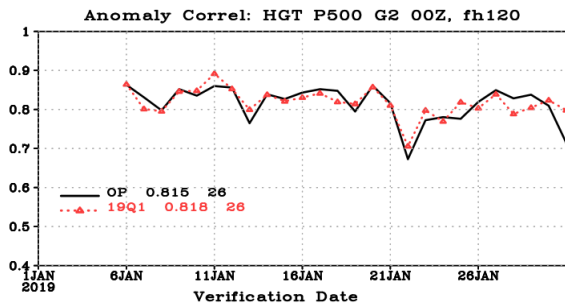
圖五:同圖四，但為溫度場。



## Tropics RMS Error



圖六: 2019年1月期間之7天之熱帶地區(20N-20S)校驗, 橫軸為預報時間, 縱軸為模式垂直層, 所有校驗皆以自己的分析場為校驗基準。(a)更新前作業系統之溫度場均方根誤差(RMSE)。(b)更新後系統平行測試實驗之均方根誤差相對於更新前作業系統結果之差異, 綠色為正面改善, 紅色系為變差。(c)、(d)同(a)、(b), 但為風場的結果。



圖七: 2019年1月期間5天預報之500mb高度全球氣壓距平得分, 橫軸為時間, 縱軸為距平分數。黑線為更新前作業系統之距平分數, 紅色為更新後。

## 五、結論

本文說明最近的氣象局全球資料同化系統研究與作業工作, 主要介紹2019年3月的一次作業系統更新上線內容, 包括衛星輻射觀測資料使用頻道與種類的大幅增加, 使總數量增加為約8倍, 以及在GPSRO同化上改以偏折角取代折射率等。使用3D-EnVar進行各項分析及實驗, 說明更新GSI版本及新增觀測資料使用設定後對CWBGFS預報的影響。

一個月平行測試5天預報的校驗結果顯示全球500mb距平相關為略為改進; 其他校驗結果除南半球3天預報200mb風場溫度場變差, 其餘皆改進, 尤其

是熱帶地區1-2天預報之風場均方根誤差, 從低至高層, 皆為明顯改進。整體來說, 更新GSI系統與新增使用觀測資料對CWBGFS預報之正面影響多於負面影響。未來將針對各種觀測資料種類對CWBGFS預報之影響作局部之評估與調整, 提供更好的預報初始場, 提升系統的預報表現。

## 參考文獻:

- 陳建河、陳雯美和汪鳳如, 2015: The recent improvement of high resolution model T511L60 of CWBGFS。天氣分析研討會論文彙編。
- 陳雯美、陳登舜和趙子瑩, 2016: CWBGFS資料同化系統更新簡介及初步影響評估。天氣分析研討會論文彙編。
- 陳雯美、陳建河和逢欽賜, 2013: IASI觀測對中央氣象局全球數值預報系統的影響評估。天氣分析研討會論文彙編。
- 陳雯美和陳建河, 2015: 衛星高光譜大氣紅外線觀測資料對氣象局全球數值預報系統的影響。天氣分析研討會論文彙編。
- Kleist, Daryl T., David F. Parrish, John C. Derber,, Russ Treadon, Wan-Shu Wu, Stephen Lord, 2009: Introduction of GSI into the NCEP Global Data Assimilation system. *Wea. Forecasting*, 24, 1691-1705.
- Wu, W.-S., R. J. Purser, and D. F. Parrish, 2002: Three-dimension variational analysis with spatially inhomogeneous covariances. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2905-2916.
- Wang, X., C. Snyder, and T. M. Hamill, 2007: On the theoretical equivalence of differently proposed ensemble/3D-Var hybrid analysis schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 135, 222-227.