

# 衛星高光譜大氣紅外觀測資料對氣象局全球數值預報系統的影響

陳雯美<sup>1</sup> 陳建河<sup>2</sup>

中央氣象局<sup>1</sup> 科技研究中心<sup>2</sup> 資訊中心

## 摘要

衛星資料突破傳統觀測資料時間及空間上的限制，可提供時空高解析度的三維全球大氣資訊，所以世界各數值天氣預報中心均積極地在預報作業中同化衛星資料以提昇數值預報品質。本局全球數值預報系統預報作業也逐步增加同化不同的衛星資料，本報告即針對同化 AQUA 衛星搭載的高光譜大氣紅外探測儀(AIRS)資料對全球數值預報系統的影響進行探討。AIRS 資料為一高垂直解析度及高精確度的輻射觀測資料，且根據世界主要數值預報中心的經驗，適當的同化 AIRS 觀測資料的確可以有效提升數值預報系統的預報表現。但由於本局預報系統與其他預報中心並不相同，實際利用美國國家環境預報中心(NCEP)發展的格點統計內插(GSD)三維變分系統將 AIRS 資料同化進入本局的全球數值預報系統時，南半球的預報表現顯著改善，但北半球的預報表現則明顯變差。為修正北半球的預報表現，設計數組同化不同觀測頻段資料的敏感度測試實驗以尋求對本局全球數值預報系統同化 AIRS 資料的最佳策略。測試實驗顯示，在本局目前的全球數值預報系統中只同化權重函數峰值位於對流層的長波 CO<sub>2</sub> 頻道資料對北半球的 5 天預報可以有明顯的改進，而在此基礎上同化權重函數峰值位於平流層的長波 CO<sub>2</sub> 頻道或窗區頻道的資料均不利於北半球的預報。

關鍵字：高光譜紅外探測儀，資料同化

## 一、前言

相較於傳統觀測資料有限的觀測次數及不均勻的分布，衛星資料可提供在時間上連續而密集、在空間上覆蓋全球三維高解析度的資料，包括傳統資料稀少的高山地區、廣大洋面地區與寒冷的極區，協助預報作業系統能獲得這些區域較完整的資訊，所以世界各天氣預報中心均積極地在預報作業中同化衛星資料以提昇預報品質。中央氣象局全球數值預報作業中也已使用許多由衛星提供的不同種類資料，並參考世界各氣象預報作業中心的經驗，逐步增加同化各種新型態的衛星資料(陳等, 2012)，本報告即針對同化高光譜大氣紅外探測儀(AIRS)資料對全球數值預報系統的影響進行探討。

搭載於美國太空總署(NASA) AQUA 繞極衛星上的高光譜大氣紅外探測儀(Atmospheric Infrared Sounder, AIRS)是第一個新一代高光譜分辨率的紅外探測儀，其觀測波段是介於 3.74~15.4  $\mu\text{m}$  的紅外線波段，與前一代高解析度紅外探測儀(HIRS)相同。AIRS 觀測資料星下點水平解析度為 13.5 公里，略優於 HIRS 的 17.4 公里；在資料垂直分層方面，AIRS 有 2378 個觀測頻道、資料垂直解析度約 1 公里，遠優於 HIRS 的 20 個觀測頻道、資料垂直解析度約 3 公里，可以提供相當詳盡的大氣垂直結構資訊。在觀測精確度上，用衛星觀測資料反演對流層內 1 公里厚大氣的平均溫度時，

AIRS 觀測資料可精確至約 1° K，而 HIRS 觀測資料則只精確至 1.5-2° K。所以 AIRS 可提供較 HIRS 更高垂直解析度與更高精確度的觀測資料。

由於 AIRS 觀測資料高解析度與高精確度的特性，包括歐洲中期預報中心(ECMWF)、美國國家環境預報中心(NCEP)等數值預報中心均已在預報作業中同化使用此資料。而且這些作業中心的使用經驗亦顯示 AIRS 觀測資料可以有效提昇數值預報的準確度(McNally et al. 2006；LeMarshall et al. 2006)。

但由於 AIRS 觀測資料是輻射資料，有別於傳統觀測資料的氣壓、溫度、濕度與風，必須經過一觀測運算子做變數轉換才可以進行同化，同化的過程中必須考慮模式頂高度、模式大氣結構之預報偏差、地表狀態、雲與水汽的分布等模式特性，才能使此資料的同化對預報準確度的提昇有所幫助。因此，基於各數值預報中心數值預報模式的不同，各中心同化 AIRS 資料所使用的頻道策略—包括頻道波段與頻道數目也各不相同(表一)。本局全球預報模式與其他數值預報中心之預報模式當然有所不同，所以必須測試是否可以完全複製其他數值預報中心的同化頻道策略，甚至必須調整找出適合本局預報作業系統的同化頻道策略，才能有助於提昇預報能力，否則不但無助於預報能力的提昇，更會減損既有的預報表現。

本報告即針對上述的問題進行探討。由於本局全球預報系統中同化模組的核心部分採用 NCEP 發展的

GSI分析系統,所以首先探討本局全球預報系統使用與NCEP相同的AIRS觀測資料頻道的同化策略對預報品質的影響。其次利用同化不同高度之頻道波段對預報系統影響的敏感度測試來探討如何針對預報系統的特性調整頻道同化策略。最後根據上述二項測試可對本局預報系統使用AIRS觀測資料的成效及如何適當同化此型態的資料做一初步的結論,做為未來作業系統同化AIRS觀測資料或其他衛星資料時之參考。

## 二、同化 AIRS 資料的初步測試

預報作業要使用新的觀測資料前必須先確定其對預報品質有正面的影響才能納入預報作業中。本節將比較有同化AIRS觀測資料的預報結果(AIRSncep)及作業對照組(opctl)的預報結果,藉以評估在現行的全球預報系統中同化AIRS觀測資料對預報品質的影響。二組實驗均採用中央氣象局發展中的高解析度全球數值預報系統,考慮電腦資源以及模式頂高度對衛星資料使用的影響,水平解析度採用與作業相同的t320、約42公里的解析度,垂直則由作業的40層增為60層,而模式頂也由作業的1hPa提高為0.1hPa。同化分析模組採用NCEP發展並經本局調適的格點統計內插三維變分系統(Grid Statistic Interpolation system, GSI) (Wu et al. 2002)。目前作業對照組(opctl)所同化的觀測資料包括:探空、高空風、飛機、地面/船舶觀測、ECMWF格點資料及颱風期間的颱風虛擬資料及衛星資料。衛星資料目前已使用的資料種類為:衛星導出風、GPS-RO掩星資料以及NOAA15、NOAA18、AQUQ及METOP-A衛星之AMSU-A觀測資料(陳等, 2010; 陳等, 2012)。AIRSncep實驗則除了同化上述之觀測資料外,另增加同化AIRS觀測資料。由於之前並無使用AIRS觀測資料的經驗,所以採用同樣使用GSI的NCEP頻道同化策略

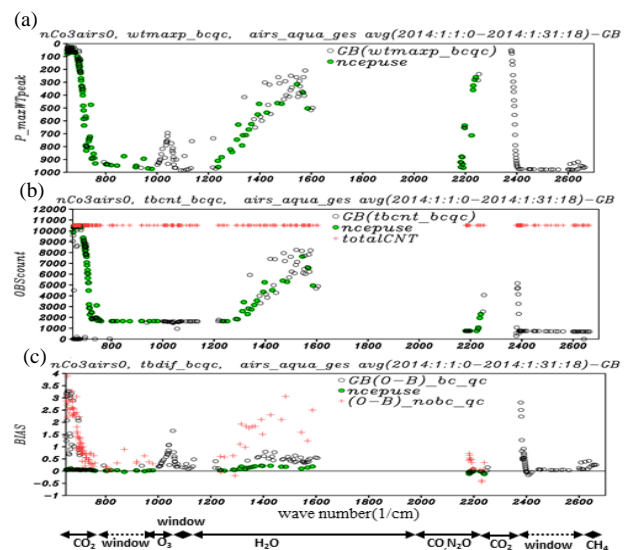
表一: 各數值預報中心 AIRS 頻道使用情形,表中數字為”陸地/海面”使用之頻道個數。(摘自 ITWG 官網)

| 波數                               | NWP 中心 |       |       |              |
|----------------------------------|--------|-------|-------|--------------|
|                                  | NCEP   | EC    | UK    | FNOC/<br>NRL |
| 650-770<br>(CO <sub>2</sub> 長波)  | 75/75  | 48/81 | 46/75 | 31/51        |
| 770-1210<br>(窗區、O <sub>3</sub> ) | 11/11  | 0/32  | 0/19  | 0/0          |
| 1210-2000<br>(水汽)                | 20/20  | 0/7   | 0/47  | 0/0          |
| 2000-2700<br>(短波)                | 14/14  | 0/19  | 0/0   | 0/13         |

做為測試AIRS觀測資料頻道同化策略的初步測試,測試時間自2013年12月10日至2014年1月31日,以前2週為系統調整時間,校驗有效時間為2014年1月1日至31日的預報結果。

### (一)AIRS 資料使用分析

首先了解 AIRS 資料在本局全球數值預報系統中的使用情形,並做為之後同化頻道選用策略的參考。圖一顯示 2014 年 1 月 1 日至 31 日實驗 AIRSncep 之 AIRS 資料各頻道的使用統計平均值。圖一(a)為各頻道權重函數峰值所在氣壓層,即此氣壓層的大氣對該頻道觀測輻射值有最大的貢獻,可代表該頻道主要的觀測高度;圖中顯示主要同化的 AIRS 資料頻道波段為波數小於 1000 的二氧化碳及窗區頻道、介於波數 1200~1400 之間的水氣頻道及在波數 2200 附近的一氧化碳及氧化亞氮頻道,這些頻道的觀測高度可涵蓋整個大氣的各個高度,包含相當完整的大氣垂直剖面資訊。AIRS 資料的水平解析度為 13.5 公里,完整的資料量相當龐大,考慮計算機資源與同化品質,GSI 同化資料前會依據預報模式解析度篩選資料降低資料的水平密度,目前使用 145 公里格點進行篩選;圖一(b)顯示篩選後進入同化過程各頻道的資料量介於 10000~11000 筆之間,但由於雲對紅外線的觀測有很大的影響,GSI 系統中的資料管控過程(QC)會排除有雲的視點中低於雲頂高度頻道資料的同化。配合圖一(a)各頻道的觀測高度分布,顯示各頻道被同化的資料量大致隨各頻道觀測高度的增高而增加,如:波數 600~650cm<sup>-1</sup>的 CO<sub>2</sub>頻道,觀測高度位於 100hPa 以上的平流層,幾



圖一: 2014 年 1 月 1 日至 31 日平均 AIRS 觀測資料使用情況。(a)各頻道平均權重函數峰值所在氣壓層,縱軸單位為 hPa。(b) 各頻道平均資料量(+)及同化資料量(•)。(c) 各頻道亮度溫度之(O-B), +為未經偏差修正、•為偏差修正後。各圖中橫軸為各頻道之波數、•為 NCEP 同化之頻道。最下方標示各波段吸收帶。

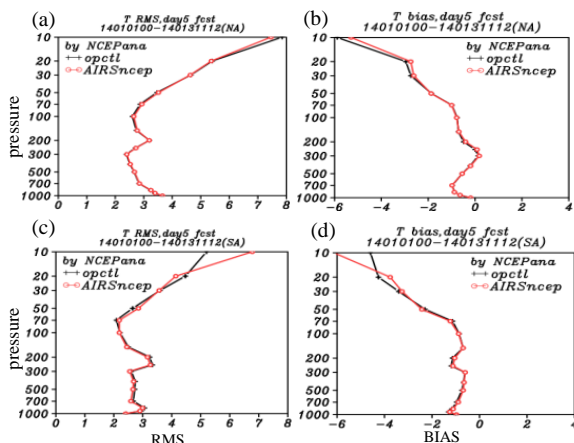
乎不受雲的影響，同化率大於 90%(~10000/11000)；而波數 770~1210  $\text{cm}^{-1}$  的窗區頻道，觀測的高度接近地表，受雲影響的資料最多，同化率大約只有 20% 左右。

各頻道的平均 AIRS 觀測亮度溫度與模式模擬亮度溫度差(O-B)除了包含觀測與模式模擬亮度溫度真實差距的訊息，也就是分析所需要的觀測訊息外，還包含觀測偏差、背景場偏差以及觀測運算子誤差，在沒有背景場偏差的情況下，透過偏差修正(bias correction)，可以有效排除觀測偏差與觀測運算子偏差，得到觀測所能提供的實際觀測與模式模擬之亮度溫度差的訊息，進行分析。圖一(c)平均(O-B)顯示在觀測高度位於中、低對流層的  $\text{CO}_2$  頻道及窗區頻道 ( $700\text{-}1210\text{cm}^{-1}$ )，其未經偏差修正的(O-B)值小於  $1^\circ\text{C}$ ；而觀測高度位於 100hPa 以上平流層的  $\text{CO}_2$  頻道(波數  $600\text{-}650\text{cm}^{-1}$ )，其未經偏差修正的(O-B)值超過  $2.5^\circ\text{C}$ ，部分頻道甚至大於  $3^\circ\text{C}$ ，遠大於 ECMWF 的偏差值(小於  $1^\circ\text{C}$ ；McNally et al.,2006)。部分具有較大偏差值的頻道資料即使經過偏差修正仍有相當大的(O-B)值，被排除不選用。圖一(c)中顯示仿效 NCEP GSI 所挑選的同化頻道，在氣象局全球數值預報系統中經過偏差修正的平均(O-B)接近 0，可以為分析使用；而未選用的頻道，經偏差修正後仍有很大偏差，顯示這些頻道不應選用，因此目前的測試預報中使用 NCEP GSI 的頻道同化策略是合理的。

## (二)同化 AIRS 資料對預報的影響

由於同化的觀測資料不同會使兩組實驗的分析場產生差異，為了能有客觀比較，所有實驗均採用 NCEP 的分析場進行預報的校驗。

圖二為 2014 年 1 月平均北半球溫度 5 天預報均方根誤差及預報偏差。北半球 850hPa (圖二(a))以下的低對流層有較大的預報誤差(大於  $3^\circ\text{C}$ )，這與北半球陸地



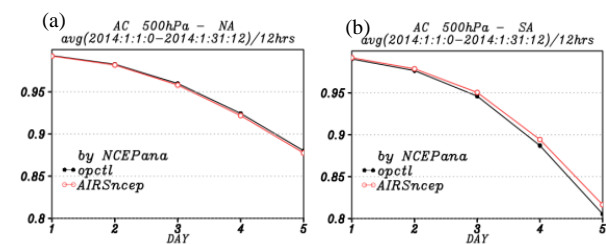
圖二: 2014 年 1 月 1 日至 31 日各層平均 5 天預報溫度 (a) 北半球均方根誤差(b)北半球預報偏差(c) 南半球均方根誤差(d)南半球預報偏差。以 NCEP 的分析場為校驗場。

分布較廣，溫度場結構較複雜有關，對照主要為海洋覆蓋的南半球就無此現象(圖二(c))。平流層部分也有大於  $3^\circ\text{C}$  的預報誤差，但南北半球均有同樣的情形，而此誤差明顯與預報系統的負偏差有關(圖三(b)(d))。南北半球對流層的預報誤差均較小，但 300-100hPa 之間明顯有較大的誤差。目前正積極改善預報模式以減少此二項系統性預報偏差。

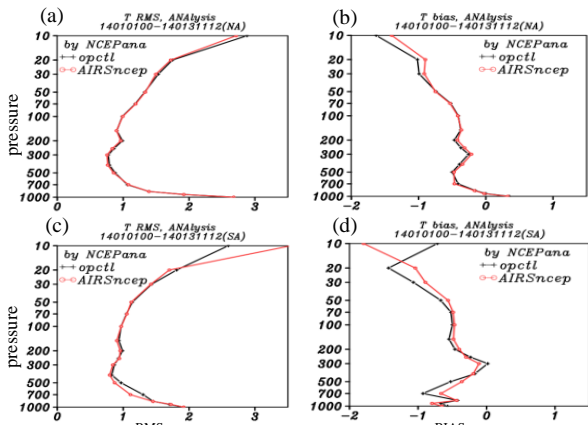
比較兩組預報的結果，可以發現北半球的預報誤差(圖二(a))除了 10hPa 有較為明顯的差異外，其他各層幾乎沒有差別；預報偏差(圖二(b))則顯示 AIRS 資料對 30hPa 以上各層的負偏差略有改善。南半球的部分，兩組預報的預報誤差較北半球有較為明顯的差異，尤其是平流層的部分，雖然多數氣壓層的預報誤差略減，但也出現預報誤差反而變大的氣壓層，尤其在 10hPa，對應預報偏差(圖二(d))也顯示 AIRS 資料加劇 10hPa 的預報偏冷的情形。所以由以上的分析顯示 AIRS 觀測資料的同化對南半球的影響較顯著，但並無法明顯改善前述的系統性誤差。

圖三為 2014 年 1 月平均 1 到 5 天預報的 500hPa 高度場距平相關。由圖可知作業對照組 opctl 的 5 天預報距平相關北半球為 0.8801，南半球則僅達 0.8054，顯示氣象局全球預報系統對北半球的預報表現較南半球好。進一步比較二組預報的預報距平相關，在北半球的部分(圖三(a))，增加同化 AIRS 觀測資料的 AIRSncep 預報距平相關反而較 opctl 預報差，5 天預報距平相關值由 0.8801 降為 0.8774；然而在南半球(圖三(b))，增加同化 AIRS 觀測資料的預報距平相關值則顯著提高，由 0.8054 提升至 0.8164。

由前述的分析比較顯示，儘管在氣象局的全球預報系統中使用與 NCEP 一致的頻道同化策略同化 AIRS 觀測資料是合理的選擇，也使南半球的預報表現明顯提升，但卻使北半球預報表現變差。此外，預報模式的系統性誤差也無法因此資料的同化而減少，因此必須進一步探討可能的原因並調整 AIRS 觀測資料的同化策略。



圖三: 2014 年 1 月 1 日至 31 日各等壓面平均 5 天預報 500hPa 高度場距平相關。(a)北半球。(b) 南半球。校驗場均為 NCEP 分析場。



圖四: 2014 年 1 月 1 日至 31 日各層平均溫度分析場與 NCEP 分析場之(a)北半球均方根誤差(b)北半球預報偏差(c)南半球均方根誤差(d)南半球預報偏差。

### (三) 同化 AIRS 資料對初始分析場的影響

前述中已知同化 AIRS 觀測資料不利於北半球的預報表現，為釐清是否因增加同化 AIRS 觀測資料後的初始分析場偏離實際大氣所致，有必要比對分析二組預報的分析場。

圖四為 2014 年 1 月二組實驗之溫度分析場與 NCEP 溫度分析場的均方根誤差平均與偏差平均。由圖可知增加同化 AIRS 資料的分析場誤差與作業對照實驗相比並無明顯變化，只在北半球上層 10hPa 略為減小，南半球下層 700 及 500hPa 處也有減小的現象，但上層 10hPa 處誤差明顯增加。除南半球 10hPa 及 300hPa 處外，南北半球分析場各氣壓層溫度較 NCEP 分析偏低的現象均略有改善，尤以南半球最明顯。因此，增加 AIRS 資料的同化並不會使初始分析場產生太大的改變，雖有一二處偏離 NCEP 的分析，但較明顯的改變仍是使分析較接近 NCEP 的分析。增加同化 AIRS 資料對南半球分析場的影響不論好壞均較北半球大，可能的原因是南半球缺乏傳統觀測資料，衛星資料成為影響南半球分析結果的主要來源。

## 三、AIRS 資料使用的敏感度測試

由前一節的分析討論得知同化 AIRS 觀測資料會使氣象局全球預報系統的初始分析場較接近 NCEP 的分析場，但卻導致北半球的預報表現變差。由於測試同化 AIRS 資料所選擇的頻道與 NCEP 相同，所以同化得到的初始分析場與 NCEP 的分析場差異減小是合理的，但卻顯示 NCEP 的同化策略並不完全適合氣象局的預報系統。由於衛星資料的同化過程中必須參考模式的大氣背景場，且基本上是假設背景場沒有偏差，而目前預報系統對上、下層大氣的預報存在明顯的系統性預報偏差及較大的預報誤差，觀測高度位於這些氣壓層的 AIRS 觀測頻道是否可以被正確同化需要進

一步探討。

本節將選擇三組不同波段頻道資料進行測試，嘗試找出對本局全球預報系統最佳的 AIRS 資料頻道同化策略。由於預報系統對臭氧、水汽的掌握不易且短波 CO<sub>2</sub> 觀測頻道受到太陽輻射反射的影響較大，因此各中心所使用頻道均以波數小於 1000 的長波頻道為主(表一)，因此測試頻道的選擇將以波數小於 1000 cm<sup>-1</sup> 的長波 CO<sub>2</sub> 波段及窗區頻道波段為主，依其權重函數峰值所在高度將長波 CO<sub>2</sub> 波段分成對流層頻道及平流層頻道的兩組資料，連同窗區頻道共三組不同同化頻道資料以探討其對預報系統的影響。

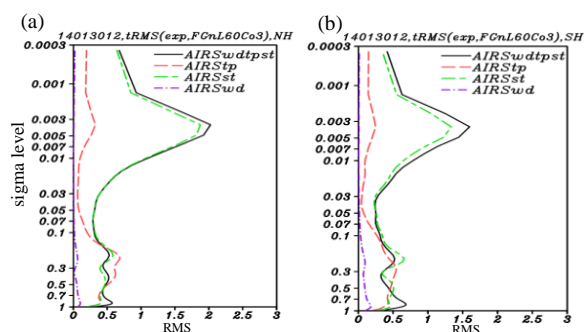
### (一) 個案測試

除了針對前述三組資料進行個案測試外，同時也包含一組選用 NCEP 使用頻道中波數小於 1000cm<sup>-1</sup> 的頻道資料的測試，做為比較參考。各組測試的代碼及頻道數列於表二中。測試個案的時間為 2014 年 1 月 30 日 12Z。

圖五顯示各組實驗的分析增量均方根誤差垂直變化。南北半球各組實驗的誤差並無太大差異，較明顯的不同是北半球對流層的垂直變化較南半球多。窗區頻道(實驗 AIRSwd)主要影響近地面的低對流層，是各實驗中對分析影響最小的，主要是因為只有 11 個觀測頻道，且由前面的討論知道，窗區頻道因為有雲而被排除的資料最多；CO<sub>2</sub> 對流層頻道(實驗 AIRStp)主要影響 100hPa 以下對流層大氣的分析，但對平流層 10hPa 以上也有明顯的影響；CO<sub>2</sub> 平流層頻道(實驗 AIRSst)主要的影響高度是在平流層，且對分析的影響較前述

表二：個案測試各實驗新增同化 AIRS 資料說明

| 實驗名稱       | 說明                             |
|------------|--------------------------------|
| AIRSwdtpst | NCEP 作業使用之長波共 86 頻道            |
| AURStp     | CO <sub>2</sub> 長波對流層頻道共 36 頻道 |
| AIRStst    | CO <sub>2</sub> 長波平流層頻道共 39 頻道 |
| AIRSwd     | 長波窗區共 11 頻道                    |



圖五: 2014 年 1 月 30 日 12Z 不同頻道使用實驗之分析增量垂直各層均方根誤差。(a)北半球(b)南半球。

二組實驗大很多，對流層大氣的分析也受到此組頻道資料的影響，其影響程度與對流層頻道對對流層的影響程度相當，也幾乎與同化所有頻道資料(AIRSwdtpst)對分析的影響一致。由以上的討論得知儘管選擇的頻道有特定的觀測高度，但同化過程中除主要影響觀測所在高度的分析場外，也同時對整層大氣的分析有不同程度的影響。

## (二)數值作業預報平行測試

數值天氣預報作業乃藉由預報模式提供預報作業時間前 6 小時的 6 小時預報作為分析初始猜測場，透過分析模組與觀測資料進行同化，提供最佳之大氣現況分析場，供模式對未來進行預報；藉由模式 6 小時預報的分析初始猜測場可以將每一個時間不同資料使用策略的影響帶入下一個時間的分析與預報中，因此，要了解觀測資料對預報系統的影響必須經過此一作業流程對一段期間的準作業平行測試來進行評估。平行測試由 2013 年 12 月 10 日至 2014 年 1 月 31 日，前兩週做為系統同化資料改變的調整時間，也就是僅對 2013 年 12 月 24 日至 2014 年 1 月 31 日的預報進行校驗。

由前面的討論得知氣象局全球數值預報系統對對流層大氣的預報較無明顯預報偏差與誤差，同化此層大氣 AIRS 波段資料較無預報偏差及誤差影響的疑慮，因此實驗設計以同化 CO<sub>2</sub> 對流層頻道為基本實驗，分別再加入 CO<sub>2</sub> 平流層頻道或窗區頻道資料，進行準平行測試，並將結果與前述作業對照組及採用 NCEP 同

表三：準平行測試實驗說明(所列為同化作業用觀測以外新增之 AIRS 資料)。

| 實驗名稱     | 說明                                   |
|----------|--------------------------------------|
| opctl    | 無新增觀測                                |
| AIRSncep | 增加 NCEP 作業使用頻道共 120 頻道               |
| AIRStp   | 增加 CO <sub>2</sub> 長波對流層頻道共 36 頻道    |
| AIRStpwd | 增加 CO <sub>2</sub> 長波對流層及窗區頻道共 47 頻道 |
| AIRStpst | 增加 CO <sub>2</sub> 長波對流及平流層頻道共 75 頻道 |

表四：北半球及南半球 2014 年 1 月平均 500hPa 高度 5 天預報距平相關。

| 實驗名稱     | 北半球    | 南半球    |
|----------|--------|--------|
| opctl    | 0.8801 | 0.8054 |
| AIRSncep | 0.8775 | 0.8165 |
| AIRStp   | 0.8848 | 0.8081 |
| AIRStpwd | 0.8802 | 0.8112 |
| AIRStpst | 0.8771 | 0.8136 |

化 AIRS 策略的初步同化實驗結果進行比較，實驗說明如表三。

各組實驗誤差特性(與 NCEP 分析場比較)與原同化 NCEP 使用頻道的結果(圖三)類似(圖未示)，所以直接比較各組實驗的距平相關以了解不同頻道波段對預報表現的影響。

表四為各實驗 2014 年 1 月平均 500hPa 高度場 5 天預報距平相關值。北半球以增加同化 AIRS 長波 CO<sub>2</sub> 對流層頻道的預報表現最佳(AIRStp)，平均相關值為 0.8848，較作業對照組(opctl)實驗的 0.8801 進步，也較同化 NCEP 使用頻道的 AIRSncep 實驗 0.8775 有更好的預報表現，再增加窗區頻道或平流層頻道資料均對北半球的預報不利，尤其是增加 CO<sub>2</sub> 平流層頻道資料的負面影響最大，使預報得分甚至低於 opctl 的表現。南半球的部分由於缺乏傳統觀測資料，所以各組增加同化 AIRS 資料實驗的預報表現均優於作業對照組 opctl，且以增加同化最多 AIRS 頻道的實驗 AIRSncep 預報表現最佳。顯然在同化多種型態的資料時(如北半球)，必須了解不同型態資料之間是否會產生干擾，並尋找適合的同化策略以減低對預報的不利影響。根據上述的討論，在氣象局全球預報系統中必須調整原 NCEP 的 AIRS 頻道同化設定，選擇只同化長波 36 個 CO<sub>2</sub> 對流層頻道的頻道同化策略可以有效提升作業預報系統南、北半球的預報表現。

## 四、結論與展望

本報告針對同化 AQUA 衛星搭載的高光譜大氣紅外探測儀(AIRS)資料對全球數值預報系統的影響進行探討。結果顯示，在中央氣象局全球數值預報系統中同化 NCEP 作業使用的 AIRS 頻道資料時，位於平流層的頻道觀測亮度溫度與模式模擬亮度溫度差值(O-B)偏大，經過偏差修正雖可有效排除偏差進行同化，使分析場與 NCEP 分析場較接近，並顯著提昇南半球的預報表現，但卻使北半球的預報表現變差。

針對目前預報系統對平流層及近地表低對流層大氣的預報存在明顯的系統性預報偏差與較大的預報誤差，設計不同頻段資料同化方式以了解觀測高度位於此二層的頻道資料是否適合使用。對波數小於 1000cm<sup>-1</sup> 的長波波段，根據權重函數峰值所在高度將 CO<sub>2</sub> 分成對流層及平流層頻道，連同窗區頻道共三組資料進行對預報影響的敏感度測試。個案測試顯示，以 CO<sub>2</sub> 平流層頻道對分析的影響最大，且除了對平流層分析有顯著的影響外，對對流層的分析影響也相當顯著，與 CO<sub>2</sub> 對流層頻道對對流層分析的影響相當；

而CO<sub>2</sub>對流層頻道影響較小，除了影響對流層的分析，也對平流層的分析有影響；窗區頻道主要影響近地表低對流層大氣的分析，影響為三組資料中最小的。

一個月的數值預報作業準平行測試結果顯示，對於缺乏傳統觀測資料的南半球而言，以不同使用策略增加同化 AIRS 資料對南半球的預報均有顯著的改善；但對北半球而言，以同化 CO<sub>2</sub>對流層頻道資料對預報表現最有幫助，再增加同化窗區或 CO<sub>2</sub>平流層頻道資料均會減損預報表現。所以現階段在氣象局全球預報系統中可以使用只同化 AIRS 長波 36 個 CO<sub>2</sub>對流層頻道的頻道同化策略，可以同時提升作業預報系統南、北半球的預報表現。

實驗結果顯示同化 AIRS 觀測高度位於平流層及近地表低對流層的頻道資料時，由於模式在此二層有明顯的預報偏差與預報誤差，所產生的分析場確實不利於預報表現，有違於增加同化 AIRS 觀測資料以提昇預報系統預報表現的目的，尤其是北半球的預報表現。對目前發展中的全球預報系統的預報而言，現階段以同化 AIRS 之 CO<sub>2</sub>對流層頻道資料為最佳的同化策略，對南、北半球的預報均有幫助。未來可以透過較嚴格的資料控管尋求有效同化更多 AIRS 頻道資料的方式來增進系統的預報表現。而改善預報模式的預報偏差並減小預報誤差是最根本的解決方式，目前中央氣象局全球預報模式已進行各項改善研究，也有相

當的進展，未來可望在新的模式進行 AIRS 資料同化的評估測試，期能配合使用更多的資料來提升系統的預報表現。

## 參考文獻:

- 陳建河、陳雯美、沈彥志、曾建翰、汪鳳如和馮欽賜，2012:中央氣象局全球預報系統的現況與未來。天氣分析研討會論文彙編，88-90。
- 陳雯美、陳建河和馮欽賜，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。
- Le Marshall, J., J. Jung, J. Derber, M. Chahine, R. Treadon, S. J. Lord, M. Goldberg, W. Wolf, H. C. Liu, J. Joiner, J. Woollen, R. Todling, P. van Delst, and Y. Tahara, 2006: Improving Global Analysis and Forecasting with AIRS. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 87, 891-894.
- McNally, A. P., P. D. Watts, J. A. Smith, R. Engelen, G. A. Kelly, J. N. Thépaut, and M. Matricardi, 2006. The assimilation of AIRS radiance data at ECMWF. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **132**, 935-957.
- 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.