

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 陳建河

中央氣象局



目的：

- 了解 AIRS 觀測資料對中央氣象局全球數值預報系統的影響
- 由敏感度測試，尋求最有利於預報表現的同化策略

中央氣象局全球數值預報系統 (CWBGFS)：

- 採用解析度為 $t320160$ 、模式頂為 0.1hPa 之CWBGFS進行各項測試。
- 資料同化分析系統：GSI變分分析系統(自NCEP 移植建置)

- 觀測資料：

- 傳統觀測資料

- SYNOP, SHIP, METAR, BUOY

- TEMP, PILOT, AIREP, NXTRAD, PROFILER

- 衛星觀測資料

- SATOB, MODIS(AQUA, TERRA), ASCAT, WINDSAT

- GPSRO

- AMSUA(NOAA15, NOAA18, METOP-A, AQUA)

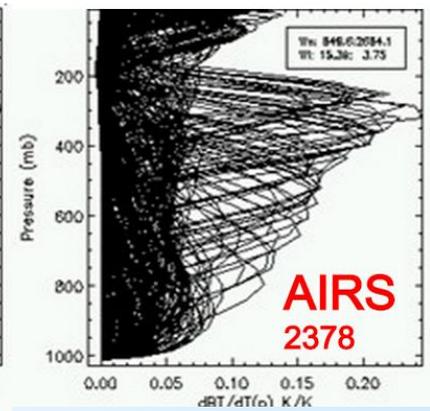
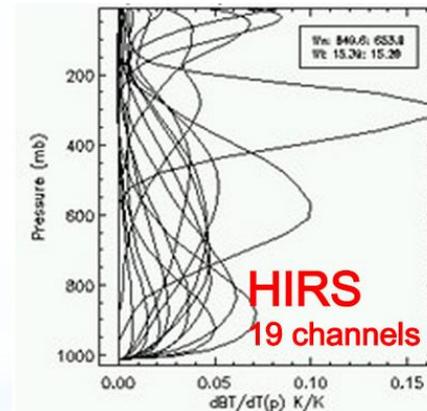
- IASI(METOP-A)



高光譜大氣紅外探測(AIRS)資料

- **AIRS - Atmospheric InfraRed Sounder**。
- 搭載於AQUA衛星(2002.5發射)，預計可以運作至2020年代(NASA)。
- 第一個新一代高光譜解析度大氣紅外線探測儀器，在 $3.74\sim 15.4\ \mu\text{m}$ 的紅外線波段有**2378**個頻道，向外傳送其中**281**頻道供NWP使用。
- 探測地表及大氣層的紅外線輻射，提供**高精確度、高垂直解析度**的對流層及低平流層的溫度以及對流層的水汽觀測資料，供科學家改善天氣預報與監測氣候變遷。

儀器特性	AIRS	HIRS
頻道個數	2378	19 (IR)
垂直分辨率	1km	3km
星下點空間分辨率	13.5km	17km
溫度探測精確度 (1km thick)	1° K	1.5-2 ° K
濕度精確度 (2km thick)	15%	30%



Ref : Tony McNally, ECMWF

NASA site : Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) Instrument Guide



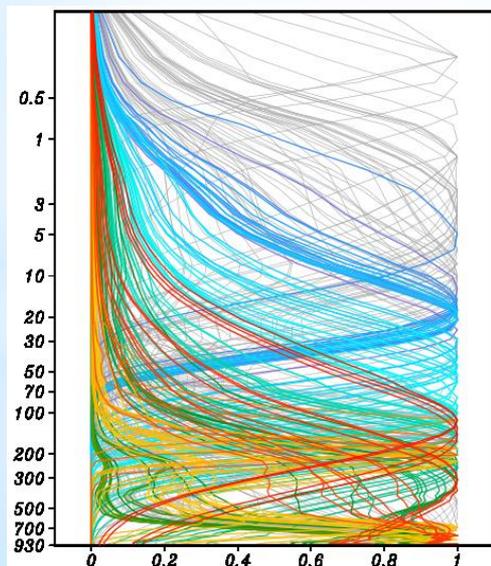
AIRS資料在全球數值預報作業的使用

各數值預報中心AIRS頻道使用個數

NWP中心 波數(cm^{-1})	ECMWF Land/sea	UK Land/sea	NCEP Land/sea	FNOC/NRL Land/sea	JMA Land/sea
650-770(CO_2 長波)	48/81	46/75	75/75	31/51	85
770-1210(窗區、 O_3)	0/32	0/19	11/11	0/0	
1210-2000(水汽)	0/7	0/47	20/20	0/0	
2000-2700(短波)	0/19	0/0	14/14	0/13	
作業化時間	2003.10	2006.5	2007.5	2009.9	2014.4

(ITWG : <https://groups.ssec.wisc.edu/groups/itwg/nwp/itsc-atovs-nwp-survey-results/questionnaire>)

Weighting function



colored : NCEP 同化頻道。
grey : NCEP 未同化頻道。

- 初步AIRS同化測試：同化NCEP作業使用之頻道資料。
- 測試期間:20131210-20140131，校驗:20140101-0131。

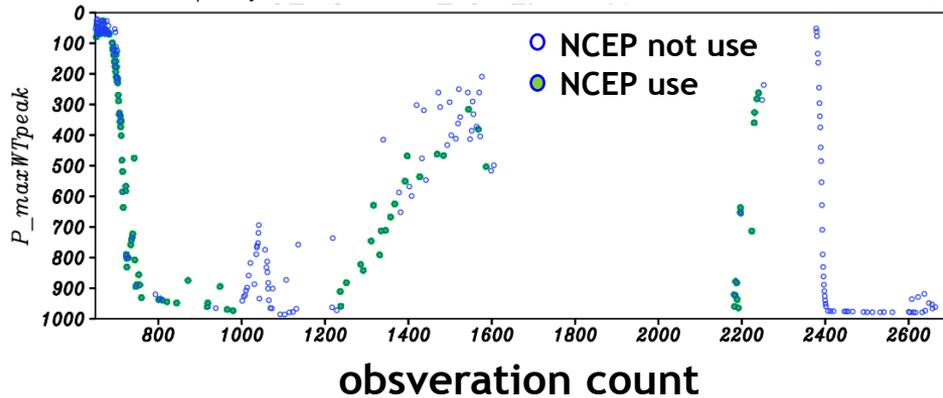
實驗名稱	說明
opctl	作業對照組。
AIRSncep	增加同化NCEP同化AIRS頻道資料(120 channels)。



CWBGFS中AIRS觀測資料使用情形

2014.1 平均

P_{wt_max}



➤ Thinning grid size : 145km.

➤ 同化頻道涵蓋各層大氣，提供完整的垂直大氣資訊。

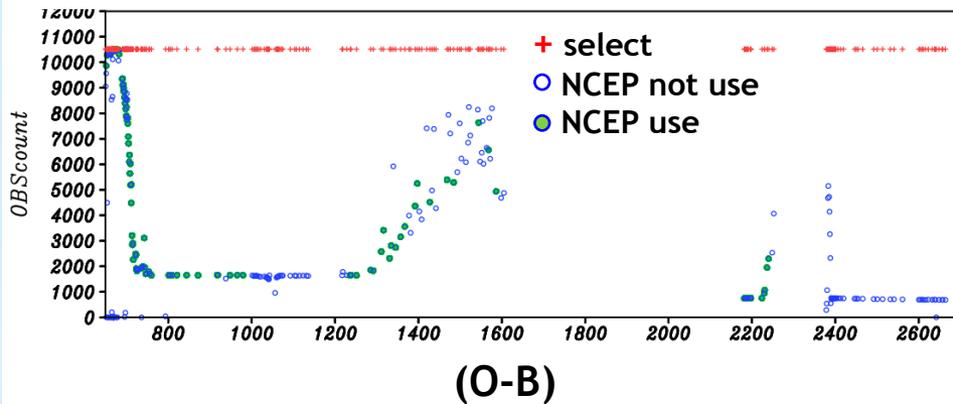
➤ 上層大氣同化率較高，越下層，受雲影響的資料越多，同化率越低。

➤ (O-B) : (觀測-背景場)

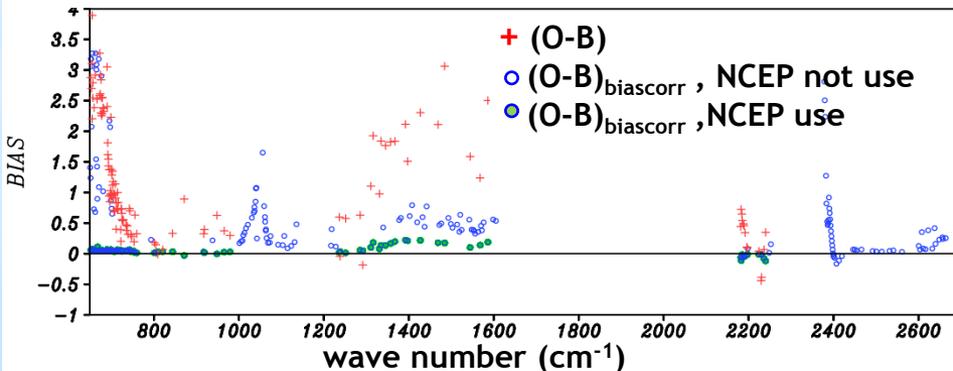
平流層 $> 2^{\circ}\text{C}$ (ECMWF : $< 1^{\circ}\text{C}$)

window channels $> 1.5^{\circ}$ (ECMWF: $< 0.75^{\circ}\text{C}$)

➤ NCEP使用的頻道資料，在CWBGFS經bias correction，可以有效排除(O-B) bias供同化分析使用。



stage	CWBGFS Count(chn)	CWBGFS In %	NCEP use in %
total	201434850	-----	-----
select	2841546	(v.s.total) 1.4%	1.5%
Assimilate	122479	(v.s.total) 0.07% (v.s.select) 4.3%	0.4% 24%

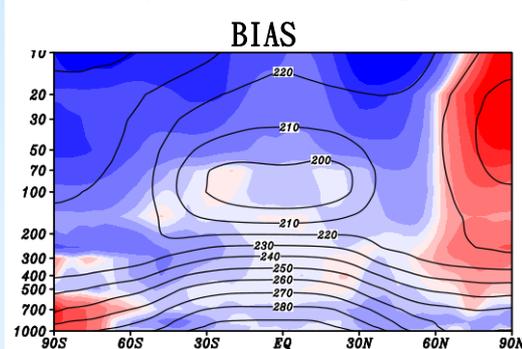


NCEP use reference : 2014.1 monthly input data count in www.nco.ncep.noaa.gov

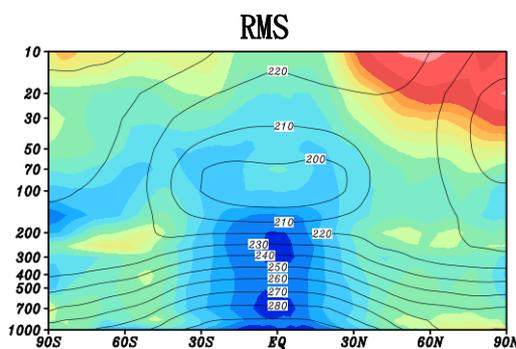


AIRS觀測資料對CWBGFS分析與預報的影響

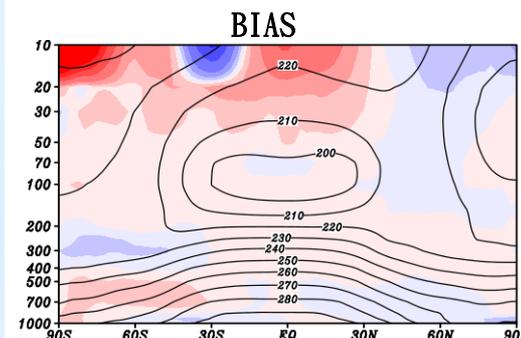
2014.1月平均：溫度場5天預報誤差 (FCST-ANA)



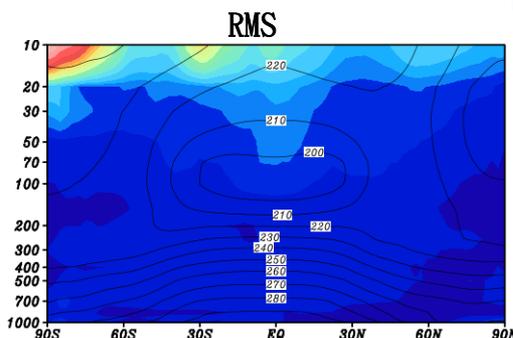
分析溫度場差異 (AIRSncep-opct1)



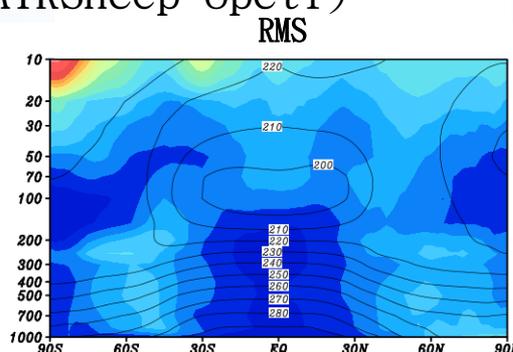
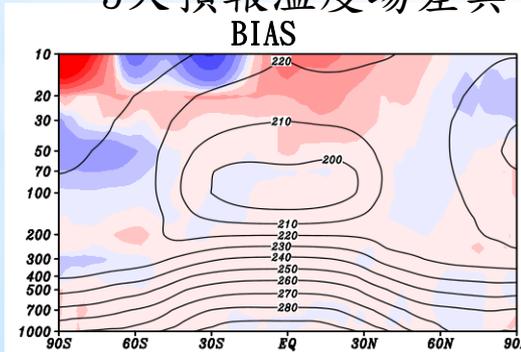
- 大部分為預報偏冷。
- 平流層有較大的預報偏差及誤差。
- 對流層中、高緯度有較大預報誤差。200-300hPa誤差較大。近地表，北半球誤差較南半球明顯。



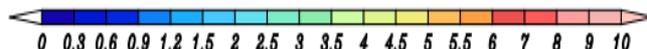
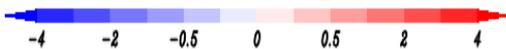
5天預報溫度場差異 (AIRSncep-opct1)



- AIRS資料對分析與預報偏冷的情形有改善。
- 對平流層的分析影響較顯著。
- 對對流層分析以南半球的影響較明顯。



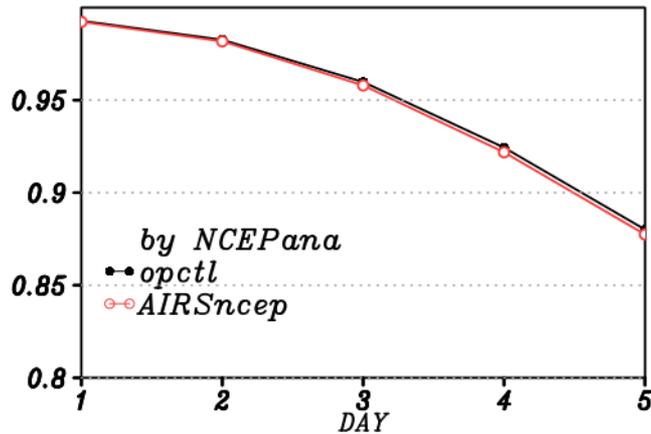
- 對預報誤差較大的區域，預報有較大的差異。



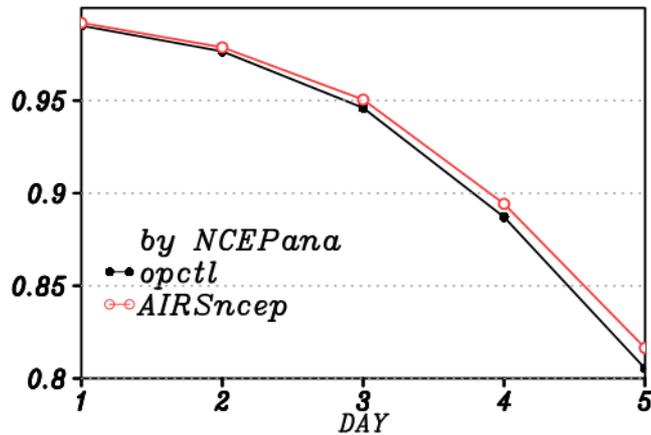
AIRS觀測資料對CWBGFS預報的影響

以NCEP分析場校驗5天預報結果

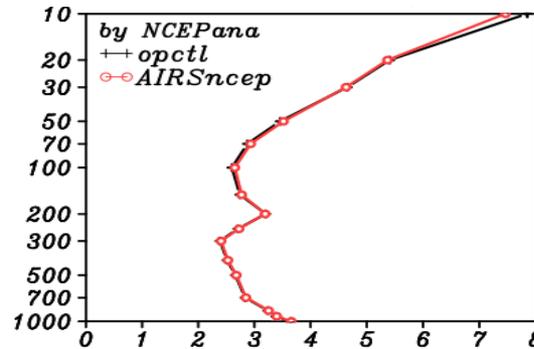
2014.1平均 500hPa高度場AC
北半球



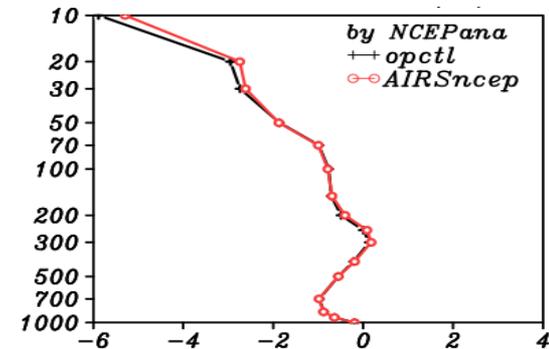
南半球



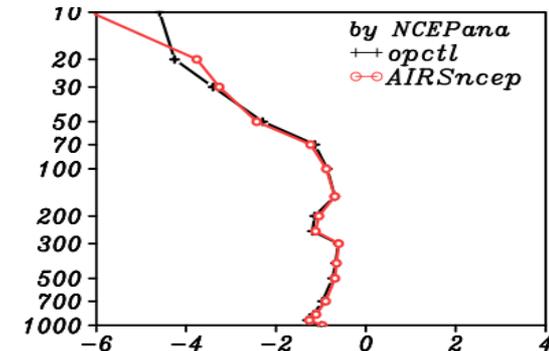
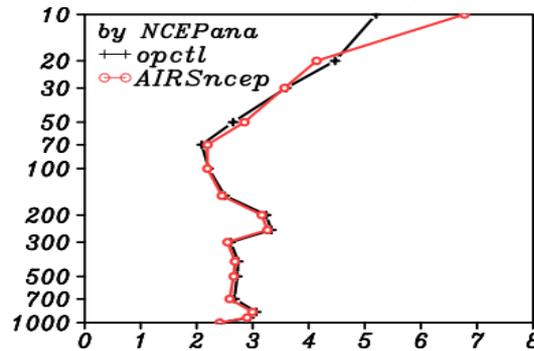
2014.1 平均溫度場RMS error
北半球



平均溫度場bias



南半球



➤ 新增AIRS觀測的同化，提升南半球的預報表現，但北半球的預報表現反而變差。

➤ 預報誤差顯示：

平流層有明顯預報偏差，誤差很大

北半球下對流層，雖預報偏差不明顯，但誤差大。

=>可能影響對平流層及窗區頻道的AIRS資料的使用。

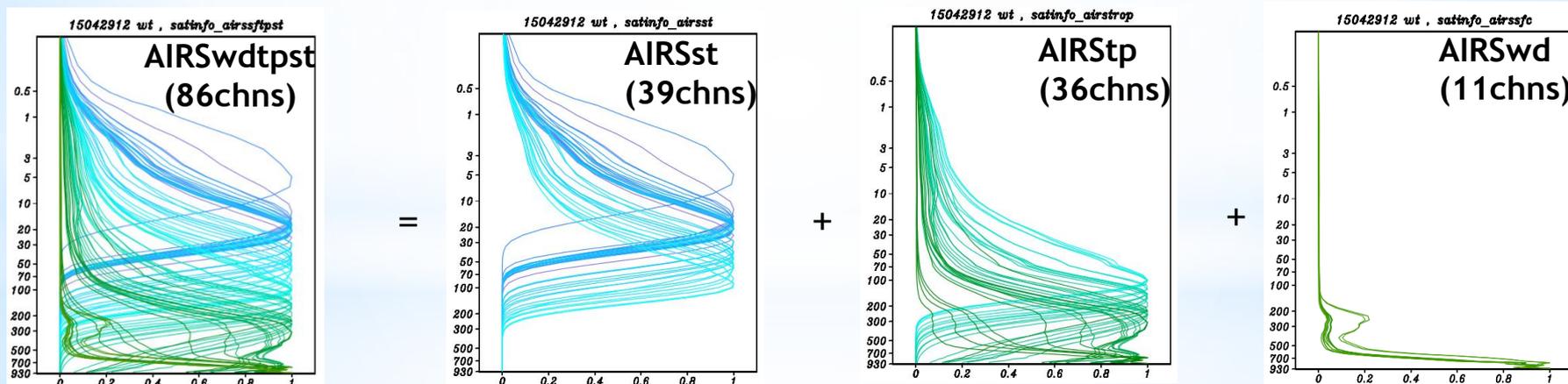


同化AIRS資料對分析的影響之敏感性測試

個案：14013012

實驗名稱	說明
AIRSsttpwd	新增AIRS wave number 1000cm^{-1}、NCEP使用的頻道資料。
AIRSst	同AIRSsttpwd，但只同化 CO_2 平流層頻道。
AIRStp	同AIRSsttpwd，但只同化 CO_2 對流層頻道。
AIRwd	同AIRSsttpwd，但只同化窗區頻道。

weighting function :

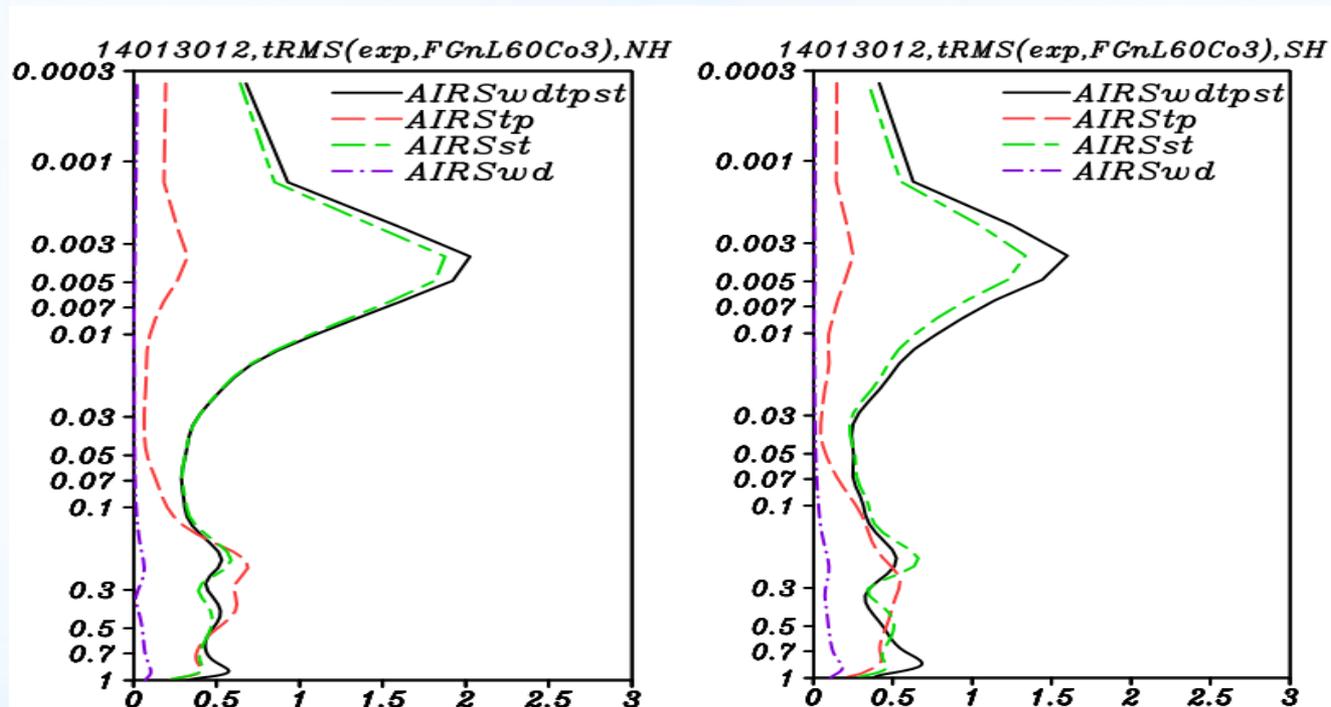


同化AIRS資料對分析的影響之敏感性測試

個案14013012：溫度 (ANA-FG)的RMS

北半球

南半球



➤北半球對流層RMS的垂直變化較南半球多。

➤ AIRSwd(窗區頻道)：影響最小，主要影響近地面的低對流層的分析。

AIRStp(CO₂對流層頻道)：主要影響對流層大氣的分析。對平流層5hPa以上也有影響。

AIRSst(CO₂平流層頻道)：影響最顯著，主要的影響平流層，且對流層也有明顯的影響。

➤同化AIRS資料除影響觀測資所在高度層的分析外，對整層大氣的分析有不同程度的影響。



AIRS資料同化對預報影響之敏感性測試

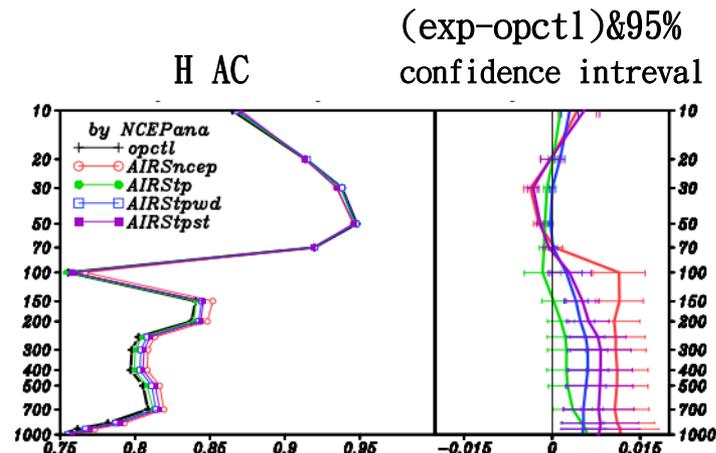
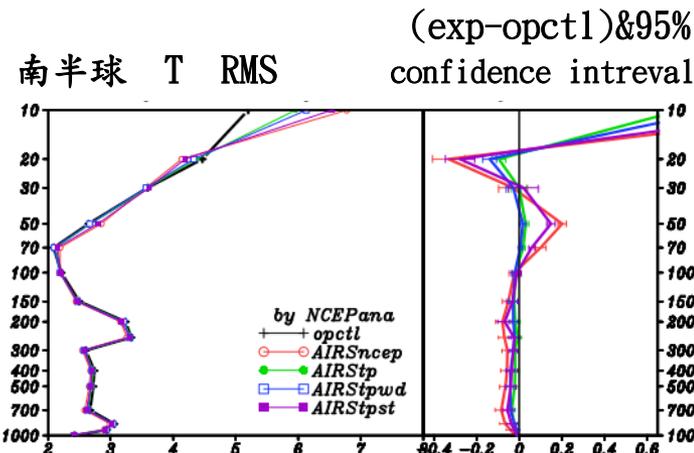
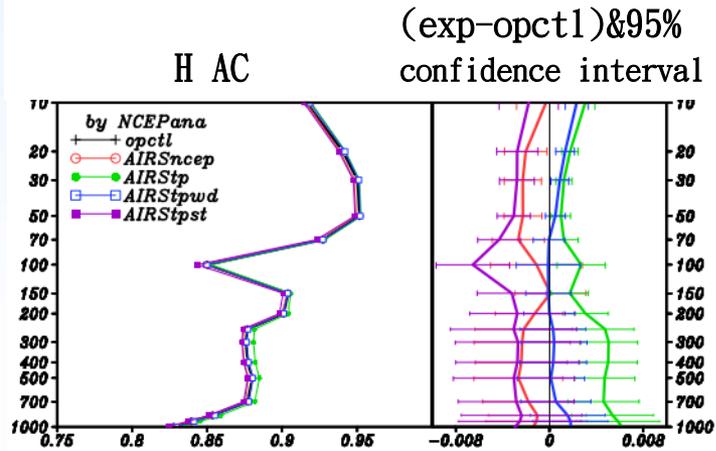
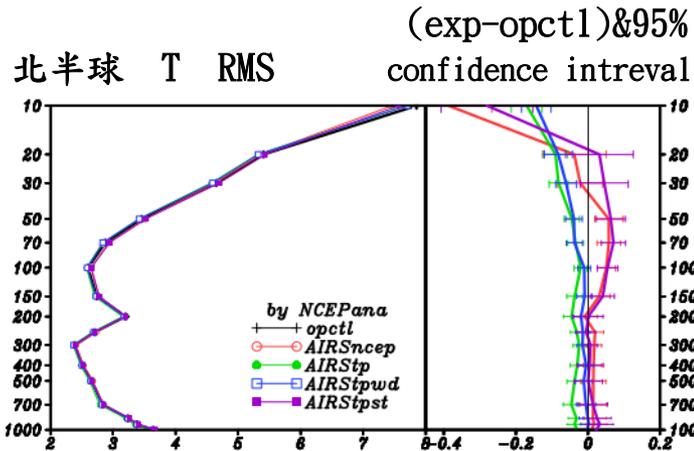
- 以增加長波 CO₂ 對流層頻道為敏感性測試的參考實驗。分別再新增窗區頻道及平流層頻道進行資料影響敏感性測試。
- 測試期間：20131210-20140131，校驗：20140101-0131。

實驗名稱	說明
opctl	作業對照組。
AIRSncep	增加同化NCEP同化AIRS頻道資料(120 channels)。
AIRStp	增加同化波數 $<1000\text{cm}^{-1}$ 、NCEP同化之 36個長波CO ₂ 對流層頻道。
AIRStpwd	增加同化波數 $<1000\text{cm}^{-1}$ 、NCEP同化之長波CO ₂ 對流層頻道及窗區頻道，共47頻道。
AIRStpst	增加同化波數 $<1000\text{cm}^{-1}$ 、NCEP同化之長波CO ₂ 對流層及平流層頻道，共75頻道。



AIRS資料同化對預報影響之敏感性測試

2014.1平均五天預報結果



北半球:長波CO₂對流層頻道資料可以減小溫度預報誤差,顯著改善各層預報表現。但窗區及長波CO₂平流層頻道資料均不利於預報表現。

南半球:AIRS觀測資料可以減小對流層的溫度預報誤差,但平流層部分層的誤差變大。預報表現部分則同化越多AIRS資料,對對流層的預報表現之改善越顯著。



結論與展望

- CWBGFS同化NCEP作業使用之AIRS頻道資料的初步測試顯示：
 - AIRS資料可以改善CWBGFS分析與預報偏冷的情形，且對預報誤差較大處有較明顯的影響。
 - AIRS資料可以顯著提昇南半球的預報表現，但北半球的預報表現卻變差。
- AIRS資料使用策略對CWBGFS分析與預報的敏感度測試：
 - 同化位於模式預報有較大預報誤差或偏差的平流層及窗區頻道AIRS資料，不但無法提升預報表現，反而使預報表現變差。
 - 現階段CWBGFS採用同化AIRS 36個長波CO₂對流層頻道的同化策略，可以同時降低南、北半球的溫度預報誤差，對預報表現有顯著的提升。
- 未來可以透過較嚴謹的資料控管或採用更精確的觀測運算子，有效同化更多AIRS資料，提升CWBGFS的預報表現。
- CWBGFS模式部分也持續進行各項改善研究，目前對部分預報偏差的改善已有相當的進展，未來可望以新的模式進行AIRS資料同化的評估測試，預期可以有效使用更多的資料來提升系統的預報表現。

