

# CWB CFS 1-tier 模式雲物理過程之改進結果

吳子榆<sup>1</sup> 林欣怡<sup>1</sup> 劉邦彥<sup>1</sup> 陳建河<sup>2</sup> 呂承萱<sup>3</sup> 莊漢明<sup>3</sup> 林沛練<sup>4</sup>  
中央氣象局科技研究中心<sup>1</sup> 中央氣象局資訊中心<sup>2</sup> 美國國家環境預測中心<sup>3</sup> 中央大學大氣物理所<sup>4</sup>

## 摘要

去年，根據 NCEP CFS 和 CWB CFS 海氣耦合 30 年積分的結果，統計出輻射量的修正係數，可對大氣模式傳到海洋模式的輻射通量進行調整。我們進行了兩組 30 年海氣偶和積分實驗，一組沒有對輻射通量進行調整，為 nocor 組；一組對有進行輻射通量調整，為 allcor 組。Nocor 組與觀測比較，在海溫存在冷偏差；而 allcor 組海溫的表現較好，但對於大氣模式的輻射量卻沒有幫助。

今年經過幾組敏感度測試後，發現模式的雲對流和降水過程對地面風切之影響，進而改變模式海溫的表現，因此我們將針對 CWB CFS 1-tier 模式的雲物理過程進行測試並分析結果。

關鍵字：雲物理過程

## 一、前言

目前正在發展中的 CWB CFS 1-tier 模式，包含 CWB 大氣模式與 GFDL MOM3 海洋模式，為海氣耦合模式。

去年，主要利用統計 NCEP 大氣模式與 CWB 大氣模式 30 年積分平均之輻射通量的比值，對傳輸到海洋模式的大氣輻射通量進行調整。進行兩組實驗，一組沒有做輻射通量調整稱為 2013nocor，一組有做輻射通量調整稱為 2013allcor。實驗結果發現，2013nocor 的海溫存在冷偏差，約 6K；2013allcor 的海溫存在暖偏差。如圖 1，我們將模式結果與 OISST 的差值取北緯 30 度到南緯 30 度區域平均，將每個月的平均畫成時間序列圖，可以明顯的看出 2013nocor 有越來越冷的趨勢，而其他組模擬是存在暖偏差的。又對其他氣象變數場分析，發現對傳輸到海洋模式的輻射通量進行調整，海洋模式反饋到大氣模式作用非常小，對大氣模式是沒有幫助的。

今年希望透過對大氣模式雲物理過程調整，改善大氣模式結果，並改善海溫存在的負偏差。

## 二、實驗介紹

對大氣模式雲物理過程進行下列幾種測試：

- 1.將地表反照度調小，希望讓更多的短波輻射達到地表，而使海溫增加。
- 2.對 PBL 進行測試，將 Von Karman constant 由 0.4 改為 0.3，改變 PBL 通量。
- 3.增加雲量，希望進到地表的短波輻射減少。
- 4.考慮冰水路徑(IWP, ice water path)對輻射的影響，ice factor 為 1.05, 1.1, 1.5, 2, 3 等。
5. Convection scheme 改為 Simplified Arakawa and Schubert (SAS)。

並將以上五種方法做組合，總共做十五組實驗，加以瞭解雲和輻射在模式當中扮演的角色。

## 三、實驗結果

結果分析討論包含上述其中五組實驗，ice 1.05、ice1.1、ice1.5、ice3 之結果和 SAS，去年結果 2013nocor、2013allcor，並與觀測或再分析場比較。

圖 2 為各組實驗地表風切與 QuikSCAT 觀測差異量，ice1.05(圖 2-(3))、ice1.1(圖 2-(4))、ice1.5(圖 2-(5))、ice3(圖 2-(6))、sas(圖 2-(7))在 10N~25N 的西南季風和 35N~40N 的東南風都較 2013nocor(圖 2-(1))、2013allcor(圖 2-(2))弱。較弱的地表風切會有較溫暖的海溫(圖 3-(3)、圖 3-(4)、圖 3-(5)、圖 3-(6)、圖 3-(7))，如西北及北中太平洋。2013nocor 較強的風切區域，其海溫較冷(圖 3-(1))。

沿著 SPCZ 北邊和 ITCZ 南邊的地表風切偏差量(5°N -10°S and 150°E -120°W)，可以看出 2013allcor、ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3、sas 在這個區域有較弱的地表風切，減弱海洋上升流，使得海溫較暖。在北太平洋較弱的地表風切，也呈現海溫暖偏差。2013nocor 地表風切較 QuikSCAT 大的區域，則是呈現海溫冷偏差。發現 CWB CFS 1-tier 模式的海溫冷暖偏差，跟地表風切強弱偏差是相關的，風切的改變會使得海洋垂直方向的混和跟著改變。

接下來討論對輻射量的影響。大氣層頂向外的長波輻射(ULWtoa)與 CERES-EBAF estimate 的偏差量，在 2013nocor 和 2013allcor 兩組的實驗差別很大。2013allcor 組別中，暖池、SPCZ、南太平洋一部分、熱帶大陸、西印度季風區和 ITCZ 的東邊和西邊一樣都存在正偏差，表示在這些區域雲很薄。當增加更多雲冰時，ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3，這些較大正偏差量區域，正偏差量減少。與 2013nocor 比較 ULWtoa 偏差量之全球平均，從-12 W/m<sup>2</sup> 降低到-3.5W/m<sup>2</sup>。當我們加入更多的雲冰後(不做其他任何調整)，就能減少大氣層頂向外的 IR 偏差量，是值得更深入研究的。而 SAS 在這些區域則是雲長得太厚，所以 ULWtoa 是呈現負偏差。

淨地表短波輻射(NSWsf)與觀測 CERES-EBAF 輻射之偏差量，整體在熱帶貿易風區皆有負偏差量，在 ITCT 的西邊和祕魯、加州沿岸區域(這可能是低估 stratocumulus clouds)、南大洋、印度季風區、和熱帶大陸一樣有正偏差。加入了雲冰之後(ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3)和 2013nocor、2013allcor 比較，在颱風路徑和熱帶大陸的正偏差減少，這是因為增加冰輻射光學厚度，到達地表的短波輻射量減少，使得在這些較大正偏差量區域，偏差量減少。SAS 因為雲發展的較厚，使

得短波進入地表較少，所以 2013nocor 正偏差的區域正偏差減少，負偏差的區域負偏差增加。

透過加入更多的冰輻射厚度，能夠有效減少淨地表長波輻射之偏差量(NLWsf)，在淨地表輻射偏差量也有相似的結果。ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3 在 ITCZ、颱風路徑(storm track)、暖池和祕魯、加州沿岸區域，都能有效降低偏差量。SAS 因為雲長得較厚，NLWsf 向上放出的不多，全球的平均在 0.9W/m<sup>2</sup>。

地表潛熱通量偏差量(LHsf)，2013allcor 在全球洋面上從失去很多給大氣，而 ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3、SAS 與 2013allcor 相比，海洋向上給大氣的潛熱較少，表示海洋能得到較多能量。低估潛熱向上的區域大致上與 NSWsf 低估區域重疊，這意味著過多的向下淨地表熱輻射通量(NHsf)，在向上的可感熱通量偏差量(SHsf)會較少，進入海洋能量較多。而 NHsf 較多的低方也能對應到海溫偏暖。ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3、SAS 較弱的地面風切也會抑制海洋的混和，而使得海溫偏暖，與 2013nocor 比較海溫能增加到 5K。

在 2013nocor 的 NHsf 之負偏差量區域，有較強的地面風切偏差量，使得下層海水湧升而有較低的海溫。雖然 2013all 的 HNsf 有較大的負偏差，但因為風切偏差量較小，所以海溫較暖。海溫變化也許不能用 NHsf 來解釋，而是地面風切造成的湧升更能解釋。

在降水方面，2013nocor 全球平均有 3mm/day；2013allcor 有 3.6mm/day，能看出有暖池、向東北偏移的 SPCZ 和東段的 ITCZ；ice1.05、ice1.1、SAS 模擬出來的 SPCZ 和 ITCZ 較 2013nocor、2013allcor 好。

## 四、結論

我們藉由 CWB CFS 1-tier 模式進行好幾組敏感度實驗測試，並利用模式結果與觀測或再分析場之偏差量，評估模式氣候平均的狀態。

2013nocor 在淨地表通量有正的偏差，較強的地表風切，使得海洋呈現冷偏差；2013allcor 在淨地表通量也有正的偏差量，然而地表風切較小，海洋混和作用小，使得海溫呈現暖偏差；ice1.05、ice1.1、ice1.5、ice3、在淨地表通量有正的偏差，並搭配較小的地表風切偏

差量，使得海溫呈現暖偏差。

有些研究指出，在區域尺度上的偏差量，例如 CMIP3、CMIP5 模式，因為不同的雲物理和動力過程而造成這些偏差量。因此，在本研究中所進行的雲冰光學厚度敏感度測試，改變雲冰光學厚度可能不是造成地表風切和海溫產生偏差的唯一因素。例如 SAS 實驗，因為改變雲物理過程，使得雲發展的較厚，阻擋較多的

短波輻射進入，也使得向上的長波、潛熱較少，因此有較大的淨地表熱通量正偏差，又地表風切較小，使得海溫有正偏差。然而缺少雪輻射效應，可能可以合理解釋地表風切和海溫相互作用，而產生區域偏差。

目前已經知道是雲的問題，未來還會對模式進行一些調整，希望能找到最佳的結果。

## 附圖

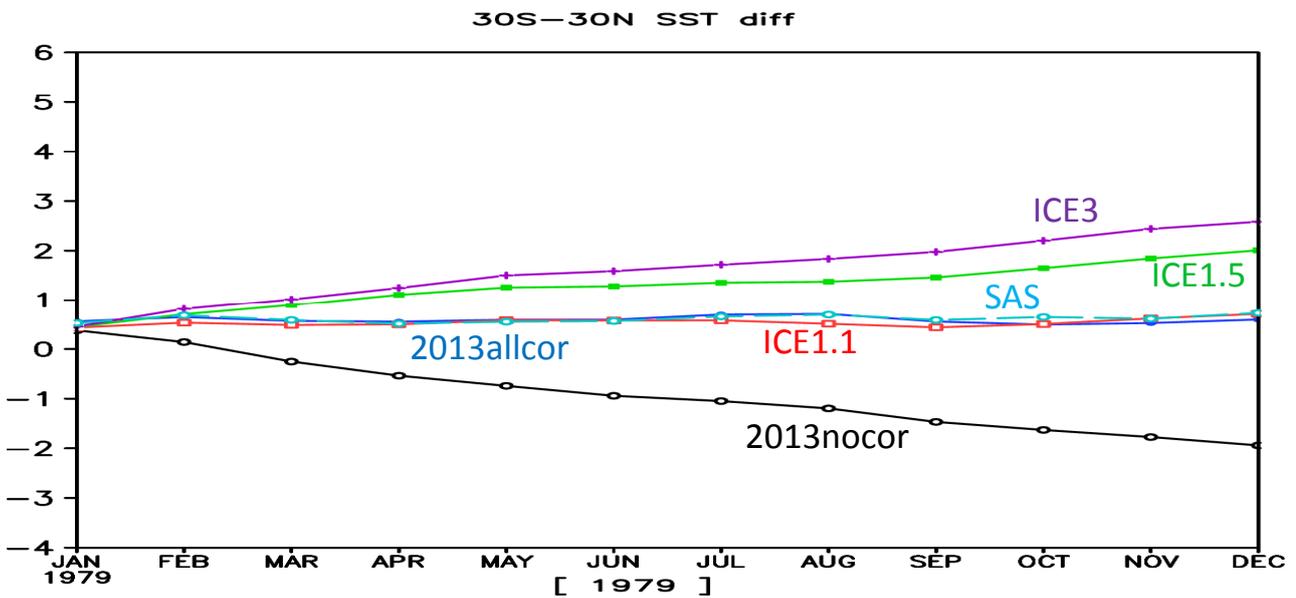


圖 1、2013nocor、2013allcor、ICE1.1、ICE1.5、ICE3、SAS 在南北緯 30 度間海溫區域平均之時間序列圖。

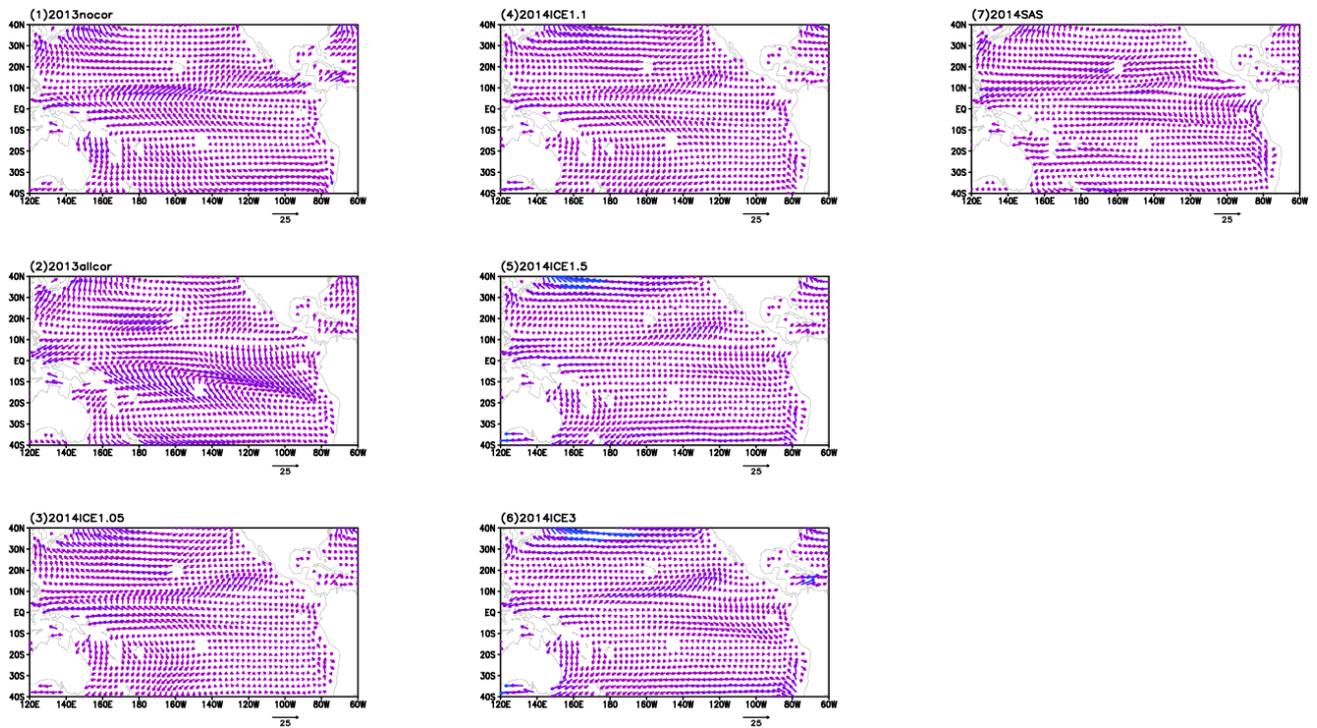


圖 2、地表風切向量年平均與 QuikSCAT 年平均之偏差量：(1)2013nocor，(2)2013allcor，(3)IWC\*1.05，(4)IWC\*1.1，(5)IWC\*1.5，(6)IWC\*3，(7)SAS。地表風切向量偏差的單位為  $200 \cdot \text{Nm}^{-2}$ 。

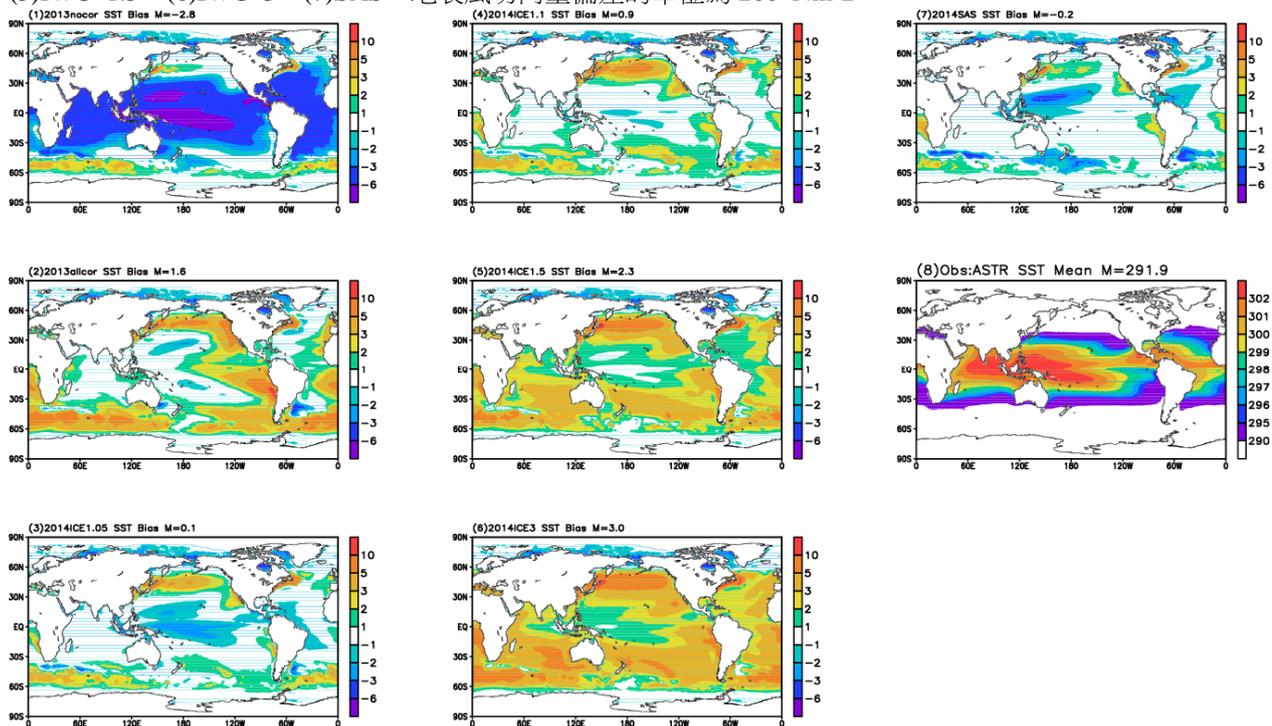


圖 3、海溫年平均與 ASTR 年平均之偏差量，(1)2013nocor，(2)2013allcor，(3)IWC\*1.05，(4)IWC\*1.1，(5)IWC\*1.5，(6)IWC\*3，(7)SAS，(8) ASTR 年平均。

## 致謝

特別感謝盧孟明博士、胡志文學長、汪鳳如學姊的在本研究上提供的幫助。