

評估氣象局第一代海氣耦合模式經改進後模式預報能力

李清勝¹、吳子榆¹、張庭槐¹、陳建河²

¹ 中央氣象局 科技中心

² 中央氣象局 資訊中心

摘要

目前氣象局已有第一代海氣耦合模式(TCWB1T1)的預報產品加入月與季作業化氣候預報系統。然而從分析預報技術結果中，發現此作業化版本在氣候場模擬有較大誤差，所以針對此海氣耦合模式中的物理參數化、下邊界、動力改進以及初始場、氣候場來進行修正。分析結果指出，此修正後的模式版本表現出，無論是在海平面溫度、氣壓場、溫度場與雨量場均比原本作業化版本更接近於觀測場，尤其是陸地上的偏暖誤差修正最為明顯，而且新版本的誤差值並不會隨著預報時間增長而會增大。

一．前言

中央氣象局第一代一步法全球氣候預報系統(TCWB1T1)從2018年開始已進行準作業系統之月與季預報，此預報系統採用的大氣模式是氣象局所發展之全球模式，海洋模式則是採用GFDL的Module Ocean Model version 3(MOM3)模式。此預報系統可正確掌握住ENSO的年變化特徵(林等人，2015)以及能夠掌握住太平洋副熱帶高壓位置、印度洋的索馬利亞噴流肇始(吳等人，2015)。童雅卿(2016)分析此TCWB1T1模擬結果得到，此海氣耦合模式有明顯的氣候場偏差，對ENSO的氣候特徵的掌握也不理想。此外，童等人(2017，2018)利用統計方法嘗修正氣候場偏暖誤差，結果得到可改善海面溫度之氣候值，且對其隨時間偏差變大的趨勢有明顯改善，而且也可改善此模式對ENSO與季內震盪之模擬。然而本文則是進一步修正模式本身的模擬誤差，針對模式中的物理參數化、下邊界、動力改進以及初始場與氣候場來進行修正，發現新版模式可明顯改善氣候特徵，而且也改善模式偏暖誤差。

二．海氣耦合模式簡介

中央氣象局所發展之一步法海氣耦合模式，大氣模式採用氣象局所發展之全球模式；海洋模式則是採用GFDL的Module Ocean Model version 3(MOM3)模

式。大氣和海洋模式一天耦合一次，海洋模式會藉由海面溫度會影響大氣模式，大氣模式也會藉由各種heat flux和wind stress影響海洋模式，大氣海洋交互作用的處理方式更符合實際狀況。

此大氣模式為T119之波譜模式，其東西方向水平解析度約為經度1度，南北方向之解析度依緯度而有所不同，垂直方向40層。模式使用物理參數法包括積雲參數法為New Simplified Arakawa-Schubert scheme，Noah 4層土壤模式，非局部邊界層參數法，淺積雲參數法，雲水預報決定網格尺度降水參數法，重力波拖曳參數法及輻射參數法。大氣模式積分一天，提供所預報之momentum flux，sensible heat flux、latent heat flux、precipitation、solar radiation、long-wave radiation等資訊給海洋模式使用。

海洋模式為GFDL的Module Ocean Model version 3(MOM3)模式。其東西方向有360個格點，南北方向為202個格點，預報範圍限於南緯70度至北緯60度之間的海洋。海洋模式垂直40層，最底層約在5200公尺。預報變數包括海流速度、海水溫度與鹽度，採c.g.s制。海洋模式預報海面溫度，當大氣模式之下邊界。因受限於預報範圍，在南緯70度以南及北緯60度以南地區的海面溫度則用OISSTv2海面溫度之30年日平均資料來給定。

大氣模式初始資料採用CFSR之分析資料。海洋模式的初始資料由NCEP MOM3之分析資料內插而來。

大氣模式預報一天後，提供大氣預報資料給海洋模式，海洋模式預報一天後，提供海面溫度預報資料給大氣模式，如此反覆，可進行長時間積分。

本文主要針對現行作業化版本(R54)，修正物理參數化設定，下邊界海陸格點處理方法，模式動力架構、模式初始場與氣候場的改善，新修改完後的版本簡稱R60，表 1 代表詳細的修改方法，在物理參數化方面是採用不同的相對溼度門檻值設定，除了最大最小值的差異外，還有分布的不同以及海陸差異。下邊界則是海洋模式將海溫內插回大氣模式時，兩個模式海點跟陸點差異，會造成海溫誤差，海陸格點修正方法能減少在海洋大陸區域的海溫誤差。動力部分則是在處理水平擴散時，會將預報值透過細數調整向參考值接近，若將參考值從參考大氣換成前一個預報時間，會大幅減少預報值與參考值的差異。初始場與氣候場則是會隨著時間進行更新。

三．觀測資料與模式資料

大尺度環流場所使用的觀測資料為 ERA interim reanalysis (Berrisford, 2011) 資料，資料格點數為 480x241，空間解析度為 0.75 度，資料格點數為 360x180，空間解析度為 1 度。全球雨量觀測場資料則是使用 Global Precipitation Climatology Project (GPCP, Adler et al., 2003)，資料格點數都為 144x72 格點數，空間解析度為 2.5 度。海平面溫度則為 Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST-V3b, Smith et al., 2008)，資料格點數為 180x89，空間解析度為 2 度。

TCWB1T1 預報系統是 MOM3 的架構來與大氣模式做海氣耦合，系集成員有 30 個，所以本文主要是分析 30 個系集成員的平均。由於各個觀測場資料、模式預報資料解析度不相同，所以此將觀測資料內插成模式的網格點數，全球經緯向共 360x180 格點數(空間解析度為 1 度)的網格資料，本文主要針對歷史預報期間，1995-2015 年來分析修正後的版本是否有明顯改善模式誤差。

四．氣候場比較

圖 1 顯示初始場 1 月預報第一個月全球溫度(T2M) R54減觀測場(ERA interim)、R60減觀測場以及R60減

R54之氣候場差異分佈圖。圖中可以看到R54在高緯度海洋上有略偏暖誤差，但中國大陸、美洲陸地上，北緯30度以北，都有存在明顯的偏暖誤差，而R60版本在海洋上的誤差與R54相同，但陸地上的偏暖誤差有大幅度改善，從兩者版本之間差異圖更可以明顯看到主要修正誤差大都在陸地上。

圖 2 顯示初始場 1 月預報第一個月全球雨量 R54 減觀測場(GPCP)、R60 減觀測場以及 R60 減 R54 之氣候場差異分佈圖。圖中可以看到 R54 模擬雨量氣候場在 SPCZ、南印度洋模擬雨量偏多，而非洲南部，澳洲以及南美洲則是雨量偏少。R60 的雨量氣候場與觀測場差異和 R54 相似，從兩版本的差異圖來看，R60 有略減少在 ITCZ 的雨量，但 SPCZ 則偏多，另外也減少在陸地上的雨量誤差，尤其是澳洲北部最明顯。

為了進一步了解氣候場誤差是否會隨著預報時間的增加而會變大，圖 3 顯示初始場 1 月預報第 2、第 4、第 6 個月全球溫度 R54 減觀測場、R60 減觀測場之氣候場差異分佈圖，圖中明顯看到 R54 版本，在陸地上的偏暖誤差，在預報到第 6 個月時明顯變大，但 R60 版本的溫度，預報到第 6 個月時誤差仍呈現出和第 2 個月相似，由此可得到 R60 的系統性誤差並未隨著預報時間增加而會變大。

圖 4 顯示初始場 1 月預報第 2、第 4、第 6 個月全球雨量 R54 減觀測場、R60 減觀測場之氣候場差異分佈圖，圖中明顯看到 R54 版本，主要在 SPCZ 與 ITCZ 有降水偏多誤差，陸地上則是偏少誤差。R60 版本預報的雨量誤差，和 R54 版本類似，但 SPCZ 與 ITCZ 的雨量比 R54 略偏多，但陸地上雨量則偏少。

另外，初始場 7 月預報的未來 6 個月的誤差分佈，也是和初始場 1 月有相似的分佈情形，故不另外敘述。

另外在海溫的分析方面，由圖 5 顯示 Nino3.4(170°W-120°W; 5°S-5°N) 與 NinoW(130°E-150°E; EQ-15°N) 兩個區域兩個不同版本的海溫時間序列圖，圖中分別為觀測場(ERSST)、初始場 1 月預報第 1、第 2、第 3 個月的 R54 與 R60 海溫預報時間序列，圖中可以看到，在 Nino3.4 區域，兩個版本的預報值並無明顯差異，整體的變化趨勢也和觀測值相同，但在 NinoW 的時間序列來看，兩個版本預報的海溫均和觀測場有一定的誤差值存在，而且隨著預報時間增長，海溫誤差也較大，但 R60 有略為修正 R54

的誤差，使得R60的海溫誤差較小。

五· 模式預報能力評估

圖6顯示R54與R60初始場1月預報第1、第2、第3個月溫度與觀測場之距平相關係數空間分佈圖，圖中只顯示相關係數值有通過95%的統計檢定。R54顯示溫度高相關區域集中在赤道中太平洋、印度洋、大西洋，較高緯度的海洋無預報能力，海洋上的預報能力明顯高於陸地，隨著預報時間的增加，有顯著的相關區域也減小，唯一只有赤道地區有較好的預報能力。R60較顯著的相關係數分佈特徵也和R54一樣，都是呈現出相同的預報能力。

圖7顯示R54與R60初始場1月預報第1、第2、第3個月雨量與觀測場之距平相關係數空間分佈圖。R54顯示雨量高相關區域集中在赤道中太平洋、海洋大陸，非洲東岸地后，其它地區無預報能力，預報隨著時間的增加，只剩下赤道中太平洋有預報能力。同樣，R60的相關係數分佈也和呈現出和R54一樣的空間分佈。

五· 結論

本文針對現行作業化海氣耦合模式，修正了物理參數化設定，下邊界海陸格點處理方法，模式動力架構、模式初始場與氣候場，新修正後的版本明顯改善雨量、溫度在陸地上的偏多與偏暖誤差，而且現行作業化版本會隨著預報月份增加，偏暖誤差會增大，而修正後版本的誤差隨著預報月份增加是呈現穩定特性滿比較適合長時間積分。但修正後版本對於預報能力並沒有明顯提升，未來將進一步分析季風指標的預報能力。

六· 參考文獻

童雅卿，2016: 一步法海氣耦合氣候預報系統長期積分之診斷與評估。105年天氣分析與預報研討會論文，A3-10。

童雅卿、胡志文、吳子榆，2017: 一步法海氣耦合

模式氣候場修正對模式長期積分之影響評估，106年天氣分析與預報研討會論文，A3-5

童雅卿、胡志文、吳子榆，2018: 海水溫度氣候場對氣候系統模擬之影響，107年天氣分析與預報研討會論文，A4-10

林欣怡、吳子榆、劉邦彥、陳建河、呂承萱、莊漢明、林沛練，2015: TCWB 1-tier 模式之ENSO訊號結果分析。天氣分析與預報研討會論文彙編，A3-95。

吳子榆、林欣怡、劉邦彥、陳建河、呂承萱、莊漢明、林沛練，2015: TCWB CFS 1-tier 模式之東亞夏季季風結果分析。天氣分析與預報研討會論文彙編，A3-96。

Adler, R. F., and Coauthors, 2003: The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *J. Hydrometeor.*, 4, 1147–1167.

Berrisford, P., Dee, D., Poli, P., Brugge, R., Fielding, K., Fuentes, M., Källberg, P., Kobayashi, S., Uppala, S., Simmons, A., Oct. 2011. The ERA-Interim archive Version 2.0. ERA Report Series 1, ECMWF, Shinfield Park, Reading.

Smith, T. M., R. W. Reynolds, T. C. Peterson, and J. Lawrimore, 2008: Improvements to NOAA's historical merged land–ocean surface temperature analysis (1880–2006). *J. Climate*, 21, 2283–2296.

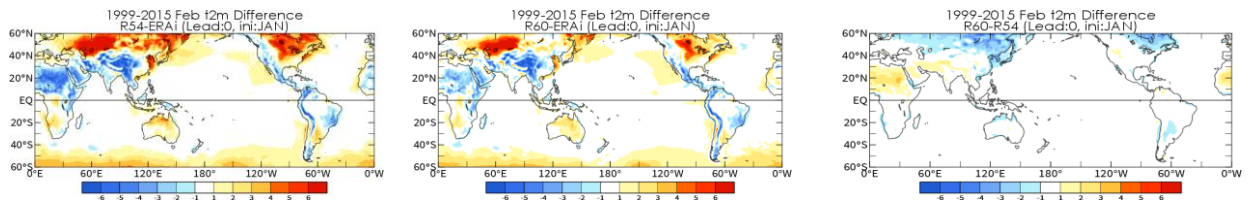


圖1. 初始場1月預報第一個月全球溫度(T2M)氣候場之R54減觀測場、R60減觀測場以及R60減R54差異分佈圖。

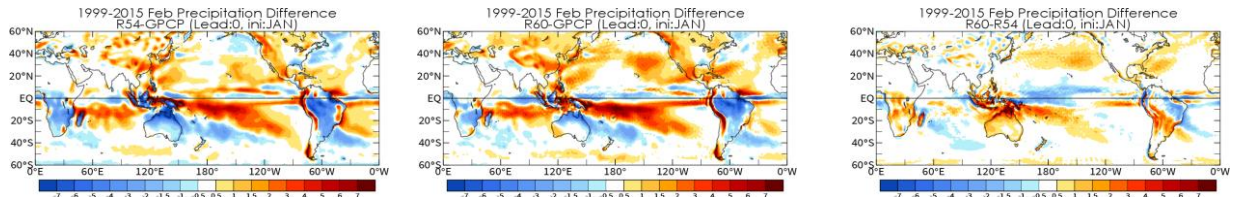


圖2. 同圖1，但為初始場1月預報第一個月全球雨量氣候場之空間差異分佈圖。

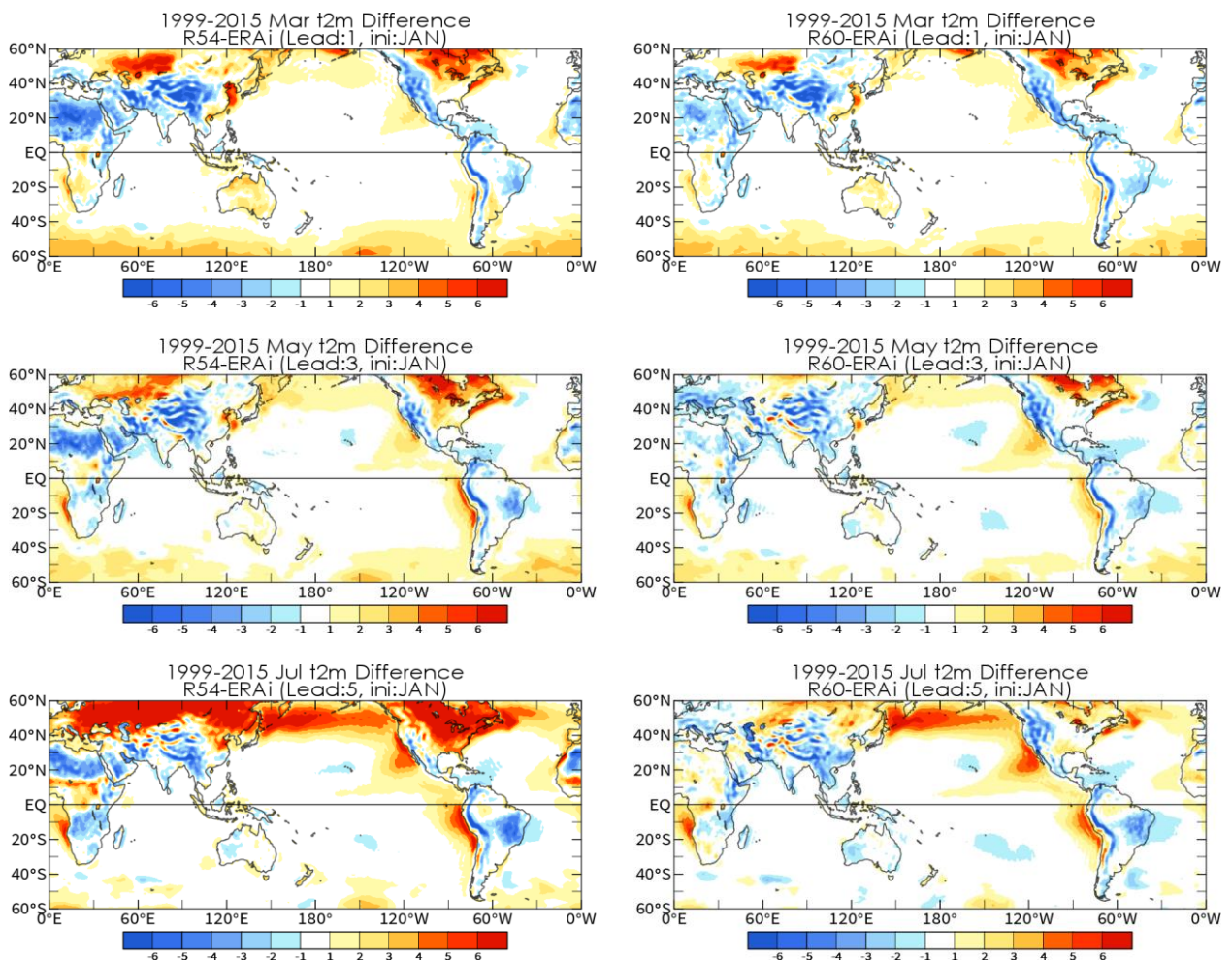


圖3. 初始場1月預報第2、第4、第6個月(由上至下)全球溫度(T2M)氣候場之R54減觀測場(左)與R60減觀測場(右)差異分佈圖。

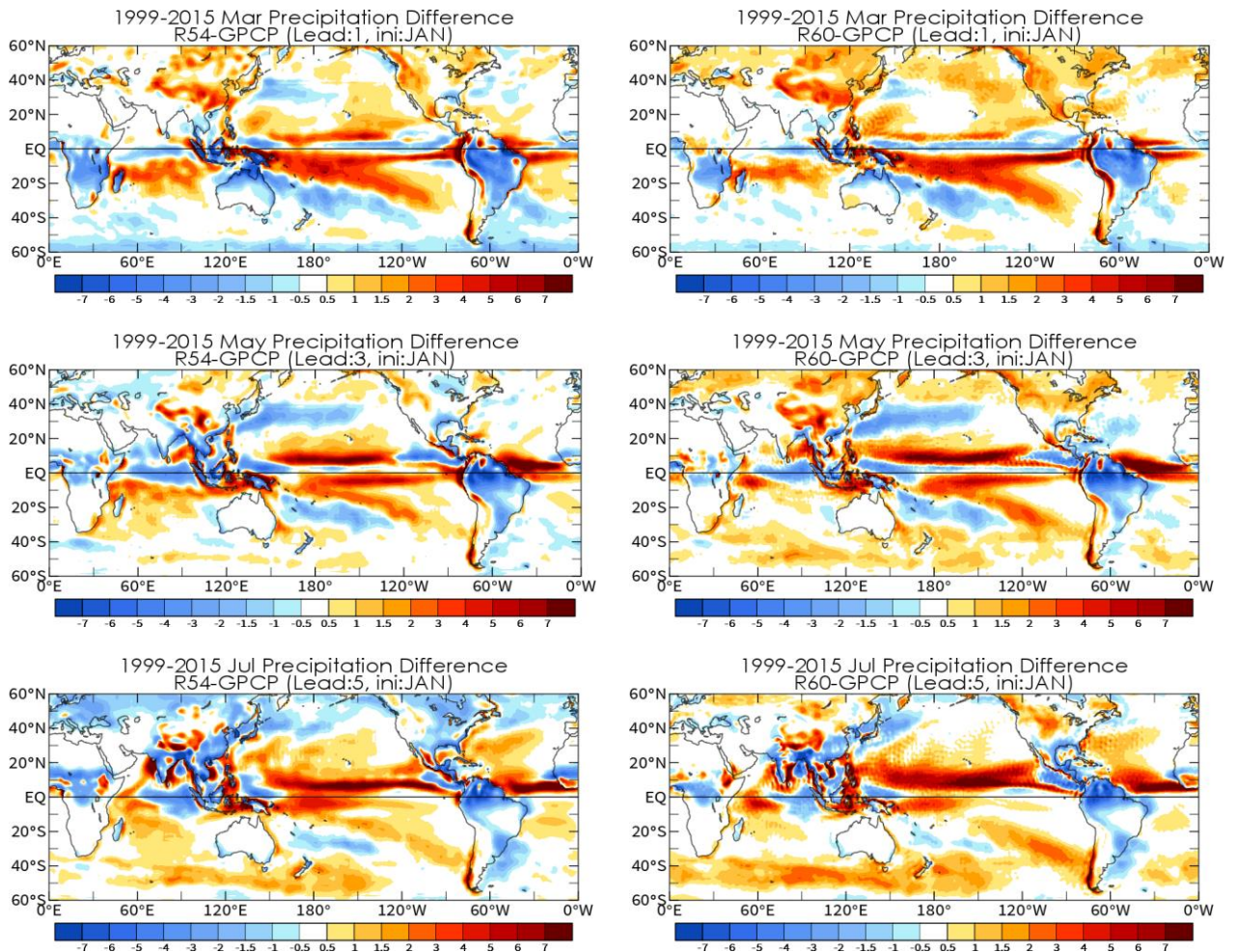


圖4. 同圖3，但為初始場1月預報第一個月全球雨量氣候場之差異分佈圖。

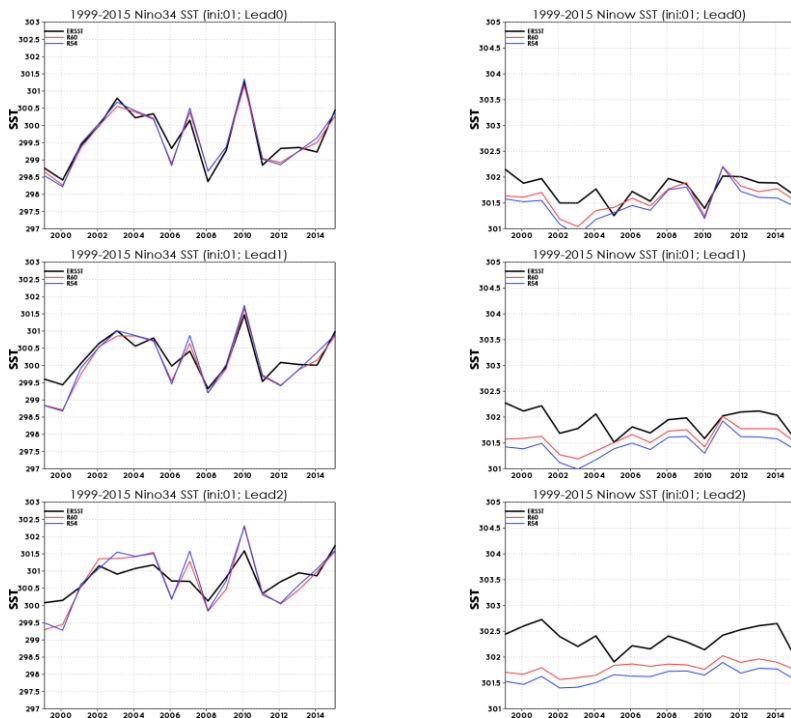


圖5. 初始場1月預報第1、第2、第3個月(由上至下)海溫平溫度(sst)之觀測場(黑色)、R54(藍色)與R60(紅色)之Nino3.4(左)與NinoW(右)區域平均時間序列圖。

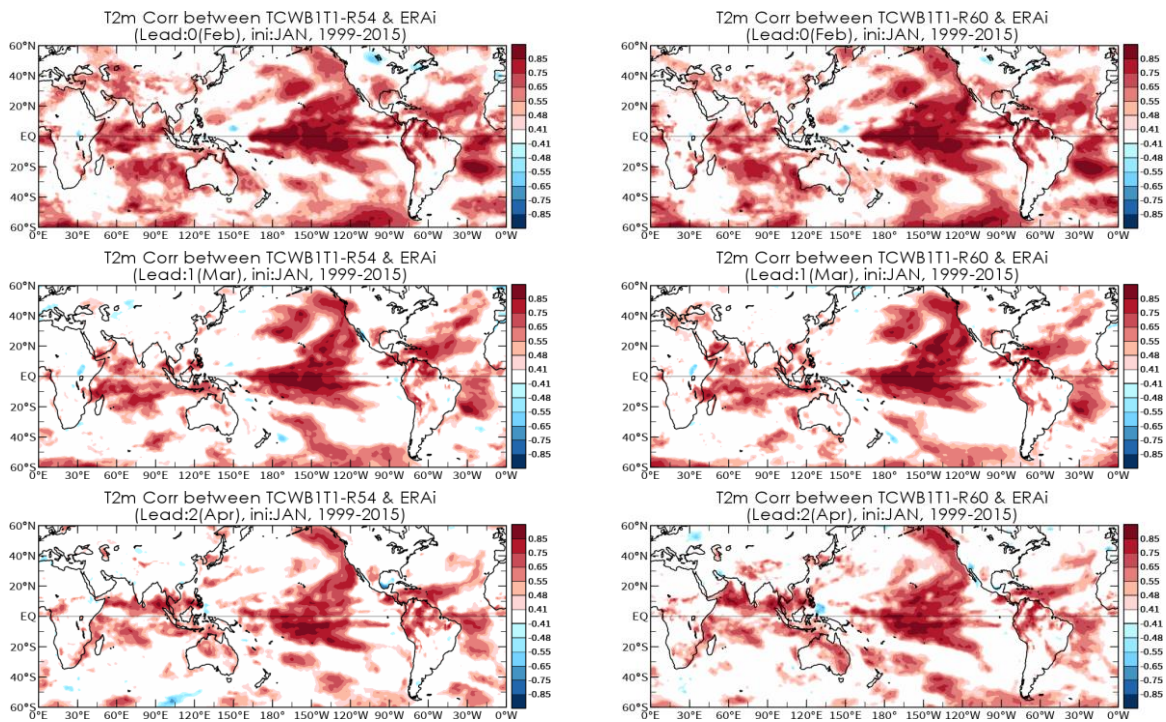


圖 6. 初始場1月預報第1、第2、第3個月(由上至下)T2M之R54(左)、R60(右)分別與觀測場之距平相關係數空間分佈圖，圖中只顯示相關係數值有通過95%的統計檢定。

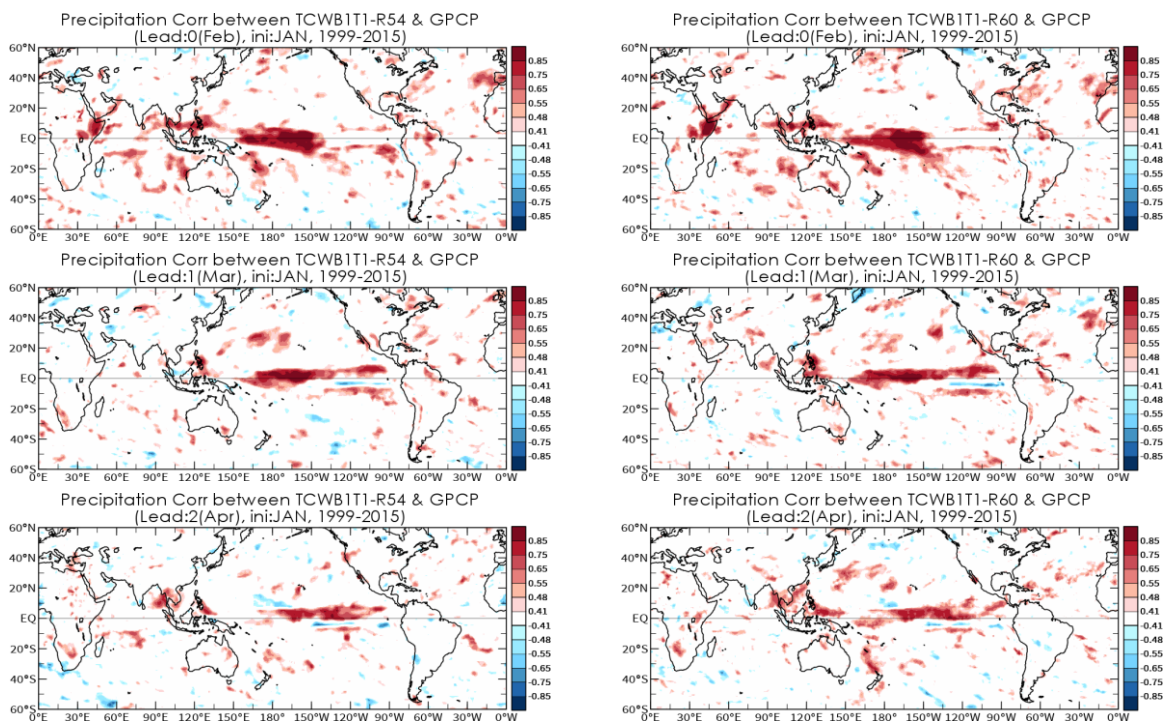


圖 7. 同圖 6，但為初始場 1 月預報第 1、第 2、第 3 個月雨量與觀測場之距平相關係數空間分佈圖。