

# 第二代二步法動力氣候預報系統事後預報技術得分之初步分析

施宇晴 胡志文 鄭凱傑 黃文豪

中央氣象局 科技中心

## 摘要

中央氣象局「動力統計氣候預報系統」已於民國 99 年正式上線作業，此系統中所用的全球大氣動力模式(簡稱第一代模式)的水平解析度為 T42，垂直方向有 18 層。但本局第一代模式的解析度不足以解析颱風及季內震盪等易造成臺灣地區災害的系統，因此本局在民國 100 年起推動為期 6 年的「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」中將使用新版的全球大氣動力模式(簡稱第二代模式)，將 CWB 全球氣候模式提升至水平解析度為 T119，垂直方向增加至 40 層，以期能提升預報能力，並預報這些系統的統計特性。

為初步瞭解新版模式(T119L40)與舊版模式(T42L18)在事後預報技術得分上的差異，本文以 GFS-opg 為例，並依據世界氣象組織 (World Meteorological Organization) 所建議長期預報的標準化校驗系統 (Standardised Verification System for Long-Range Forecasting, SVS for LRF)，區分 5 種不同區域 (熱帶、南半球、北半球、亞洲及東亞-西北太平洋區)、建立 Gerrity Skill Score、Equitable Threat Score、ROC Score (Relative Operating Characteristics Score)、Reliability Diagram 及網格點上 ROC Score 等數種技術得分 (Skill Score) 的計算方法，並針對降雨及 2 米溫度兩項變數進行分析比較，希望能瞭解新版模式(T119L40)是否有較好的預報能力，初步比較結果顯示新版模式技術得分結果大致上比舊版模式表現為佳。

## 一、前言

中央氣象局自民國 91 年起進行為期 8 年的「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，發展先用統計或動力模式預報海表面溫度的變化，再使用大氣環流模式將所預報的海表面溫度做為下邊界條件進行大氣狀態預報的「二步法動力統計氣候預報系統」，規劃建立每月 2 次的系集預報系統，此系統已於民國 99 年正式上線作業。

基於大氣環流模式及統計方法的隨時間的進步，及本局第一代中所用的大氣環流模式 (T42(2.8125°x2.8125°，垂直方向有 18 層)的解析度不足以解析颱風及季內震盪等易造成臺灣地區災害的系統，因此本局在民國 100 年起推動為期 6 年的「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」(以下簡稱 P5 計畫)中將建置新版的全球大氣動力模式，以求有能力解析易造成臺灣地區災害之系統，並有能力預報這些系統的統計特性。P5 計畫中所選用的全球大氣動力模式為本局數值天氣預報系統 98 年底所用的預報版本(以下簡稱第二代模式)，其水平解析度為 T119(1° x 1°)，垂直方向有 40 層。

本文以 GFS-opg 為例，將全球區分成熱帶 (20°S-20°N, 0°-360°E)、南半球 (90°S-20°S, 0°-360°E)、北半球 (20°N-90°N, 0°-360°E)、亞洲 (0°-50°N, 40°E-160°E) 及東亞-西北太平洋區 (5°N-45°N, 100°E-140°E) 等 5 個區域 (如圖 1)，並依據世界氣象組織 (World Meteorological Organization) 所建議長期預報的標準化校驗系統 (Standardised Verification System for Long-Range Forecasting, SVS for LRF) 計算 Gerrity Skill

Score、Equitable Threat Score、ROC Score (Relative Operating Characteristics Score)、Reliability Diagram 及網格點上 ROC Score 等數種技術得分 (Skill Score)，針對降雨及 2 米溫度兩項變數進行兩代模式事後預報結果的初步分析比較，希望能瞭解新版模式(T119L40)是否有較好的預報能力。

此次分析的結果只是針對 GFS 模式使用 OPGSST 海表面溫度預報的預報，且僅使用 2 月份為初始場的事後預報結果來做比較分析。兩代系統除了模式的不同外(胡等, 2014)，事後預報的長度，系集數目及三分類的區間也各不相同。第一代系統中事後預報的時間由 1981 到 2005 年共 25 年，每個系集預報只有 10 個成員，三分類的區間為 3, 4, 3。第二代系統的事後預報時間為 1982 到 2011 年共 30 年，每個系集預報有 30 個成員，三分類的區間改為 3, 3, 3。

本文在第二節為兩代模式事後預報的初步結果比較，但因篇幅的限制，此章節僅展示出全球及亞洲地區的結果，第三節則更進一步驗證第二節的比較結果，並比較兩代模式技術得分在月預報與季預報之間所表現出的得分差異，第四節為小結。

## 二、兩代模式事後預報結果初步比較

圖 2 為以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均地面降水之 GSS(Gerrity Skill Score)技術得分，上圖為 GFST119L40(第二代)模式，下圖為 GFST42L18(第一代模式)。GSS 的值大於零就代表有預報技術，最完美的預報得分 GSS=1，即完全命中，而 GSS=0 則表示無

預報技術，GSS 值若小於 0，則表示其預報技術低於隨機預報。圖中可看出兩代模式降水有系統性技術的區域大多集中在熱帶太平洋，其中 GFST119L40 模式在副熱帶北大西洋 GSS 的表現較 GFST42L18 好。

圖 3 是 2 米溫度場的 GSS 得分結果，明顯看出第二代模式得分結果較好，尤其在陸地上的 GSS 得分結果第二代模式有優於第一代的表現。

ETS(Equitable Threat Score)是在計算除了觀測與模式預報皆無降水且不是隨機猜中的情況下，模式正確預測降水的機率，而 ETS 分數越高代表模式降雨預報越準確，在此處也是用三分類個別做計算。圖 4 與圖 5 是兩代模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月亞洲區域季平均地面降水 ETS 技術得分，由上至下分別為降雨偏多(Above)、降雨適中(Normal)及降雨偏少(Below)，兩代模式的降雨正常分類表現皆較弱，以肉眼比較下，第一代模式三分類得分表現似乎較第二代模式好，第二代模式在陸地上無明顯較好的得分，亞洲區域僅在菲律賓及其附近的西太平洋海域有比較集中的得分表現。

圖 6 為以 2 月份為初始場預報全球區域 3~5 月季平均降水的可信賴度圖(Reliability Diagram)。可信賴度以三分類{偏多(upper)，正常(middle)及偏少(lower)}表示，圖中線條越靠近對角線表示此分區的預報的可信賴度越高。

從圖 6 中可看出第二代模式比起第一代模式更趨近於對角線，此表第二代模式有較好的降雨表現。

圖 7 同圖 6，但為兩米溫度的結果，圖中可見第二代模式在三個分區也有較高的可信賴度，尤其是溫度偏高(紅色)與溫度偏低(藍色)兩分區第二代模式更明顯的比第一代趨近於對角線，表示第二代模式有相對較好的表現。

ROC 是利用「命中預報」與「錯誤預報」比較所得的技術得分，針對三分類分別計算「命中預報率 HRn」(Y 軸)與「錯誤預報率 FARn」(X 軸)，即可繪出 ROC curve，當曲線向對角線左側彎曲時，表示「命中預報」大於「錯誤預報」，即預報正確率越高，其技術得分大小即為 ROC curve(曲線下方)的面積，完美的技術得分為 1，技術得分大於 0.5 即表示模式具有預報能力。圖 8 為以 2 月份初始場，預報 3~5 月亞洲地區季平均地面降水之 ROC curve，3 條曲線分別代表藍色為偏少(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏多(upper)。可看出在亞洲地區第二代模式三分類表現皆比第一代好，圖 9 為亞洲區域兩米溫度的結果，比較兩代模式結果可看出，第二代模式三個分類都優於第一代模式，溫度偏高及溫度偏低兩個分類尤其進步明顯，技術得分甚至超過 0.7 以上，由此可知第二代模式兩米溫度的改進幅度比降水更好。

### 三、技術得分比較驗證

根據以上兩代模式事後預報初步比較的結果，除 ETS 外，大多呈現出第二代模式優於第一代模式，但上一節只針對季預報結果來做比較，此章節再進一步比較兩代模式技術得分在月預報與季預報之間所表現出的得分差異。

圖 10 為預報網格點上 GSS 為正得分(GSS>0)格點數與該區所有網格點的比例，上圖為全球、中圖為亞洲地區、下圖為熱帶地區，其中藍色為降雨，紅色為兩米溫度，實線為 GFST119L40(第二代模式)，虛線為 GFST42L18(第一代模式)，此為月預報結果。在月預報部分全球兩米溫度第二代模式預報 3~6 月正得分表現在比例上高於第一代模式，但在降水部分第二代模式正得分比例則沒有高出第一代模式，亞洲與熱帶地區的兩米溫度結果，二代模式正得分比例皆高於一代模式，但在降水部分則隨預報時間的不同有所高低。

圖 11 則同圖 10，但為季預報的結果。從全球、亞洲及熱帶地區來看，季預報無論是降水或兩米溫度，二代模式從 3~5 月直至 6~8 月預報的 GSS 正得分比例都高於一代模式。而從其它三分區如東亞西北太平洋、北半球及南半球(區域分佈請參照圖一)的 GSS 正得分比例來看，二代模式亦大多優於一代模式(無圖示)。

圖 12 為以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均地面降水之 ROC score 結果比較，上圖為月預報(3、4、5 月)、下圖為季預報(3~5、4~6、5~7 月)，其中藍色為偏少(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏多(upper)，實線為 GFST119L40(第二代)模式，虛線為 GFST42L18(第一代模式)，分析區域為全球。

全球區域第二代模式的結果，不管是月預報或季預報除了正常分區的 ROC Score 略小於一代模式外，偏多與偏少分區的結果都較好。

圖 13 為兩代模式兩米溫度 ROC score 比較結果，其三個分類區二代模式大多優於一代模式，在偏高及偏低兩分類二代模式的進步幅度明顯。

圖 14 為預報網格點上 ETS 為正得分(ETS>0)格點數與該區所有網格點的比例，上圖為全球區域、下圖為亞洲地區，實線為 GFST119L40(第二代)模式，虛線為 GFST42L18(第一代模式)，其中藍色為偏少(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏多(upper)。個別比較三分類在兩代模式間正得分比例結果顯示，不管哪個分類二代模式並無優於一代模式的表現。

### 四、小結

本文以 GFS-opg 的 2 月份初始場預報結果為例，針對降雨及 2 米溫度兩項變數進行技術得分的比較，希望能瞭解新版模式(T119L40)是否有較好的預報能力，初步比較結果顯示 GSS 部分季預報降水與兩米溫度的表現二代模式都比一代模式為佳，在月預報的部分兩米溫度全球區域的表現也優於一代模式，但在月預報的降水方面則沒有較進步的情況。

在全球季預報可信賴度圖(Reliability Diagram)的結果也可知道第二代模式在三個分區也有較高的可信賴度，從 ROC curve 及 ROC score 正得分比例結果也了解到二代模式在偏高(偏多)及偏低(偏少)兩分類表現大多優於一代模式，Normal 分類則依不同區域有不同的結果，此部分則需再深入分析比較。

而在針對降水所計算的 ETS 得分部分在三個分類個別比較下，二代模式並無優於一代模式的表現。

總結來說，第二代模式兩米溫度預報表現進步明

顯，而進步幅度大多呈現”季”優於”月”的表現。

**參考文獻：**

胡志文、馮欽賜、汪鳳如、陳建河、鄭明典，2002：中央氣象局全球模式之氣候特徵：東亞夏季季風。*大氣科學*，30，99-116。

胡志文、任俊儒、黃文豪、鄭凱傑、施宇晴、李清滕，2013：中央氣象局第二代全球大氣動力氣候預報系統之測試與建置。*102 年天氣分析與預報研討會論文彙編*，A3-70-A3-75。

施宇晴、胡志文、任俊儒、鄭凱傑，2009：二步法動力氣候預報系統之事後預報技術得分分析II。*98 年天氣分析與預報研討會論文彙編*，410-415。

Roeckner E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornbluh, E. Manzini, A. Rhodin, U. Schlese, U. Schulzweida, and A. Tompkins, 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description. *Max Planck Institute for Meteorology Rep. No. 349*. 140pp.

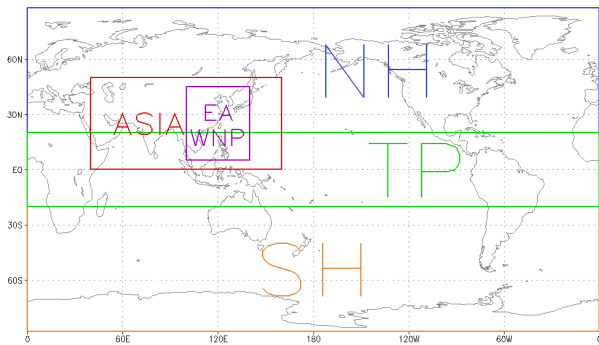


圖 1、「二步法動力統計氣候預報系統」所分析的區域，分別為：北半球(NH，20°N-90°N，0°-360°E)，南半球(SH，90°S-20°S，0°-360°E)，熱帶(TP，20°S-20°N，0°-360°E)，亞洲(ASIA，0°-50°N，40°E-160°E)，東亞-西北太平洋(EA-WNP，5°N-45°N，100°E-140°E)。

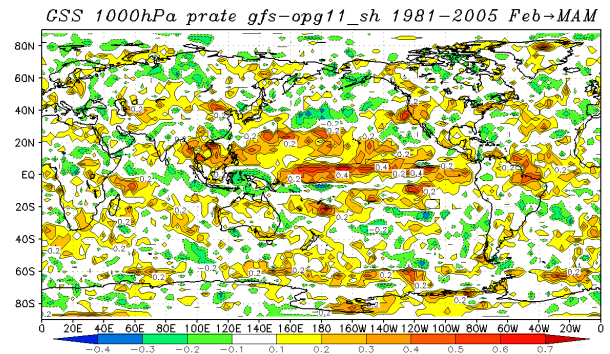
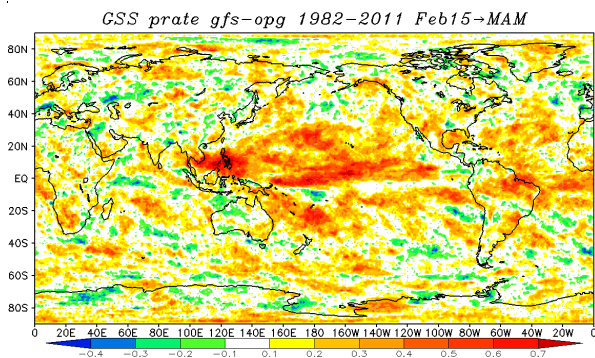


圖 2、以 2 月份初始場，預報全球 3~5 月季平均地面降水之 GSS 技術得分，GSS 的值大於零就代表有預報技術。上圖為 GFST119L40(第二代)模式，下圖為 GFST42L18(第一代模式)。

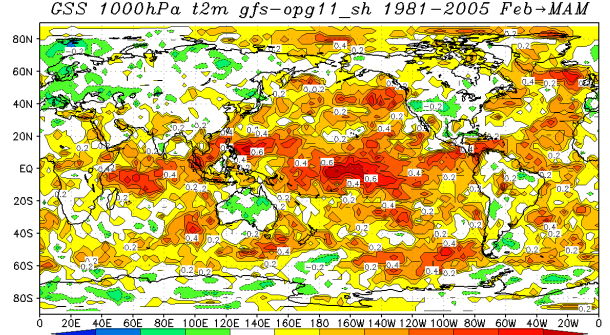
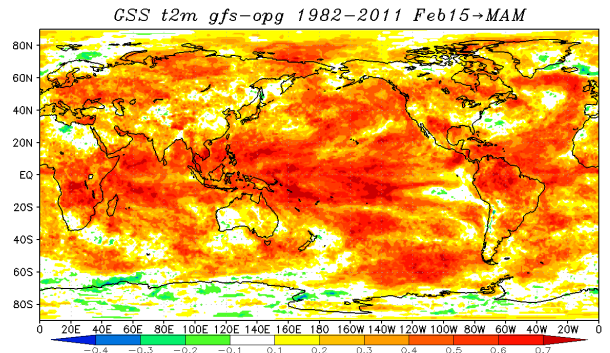
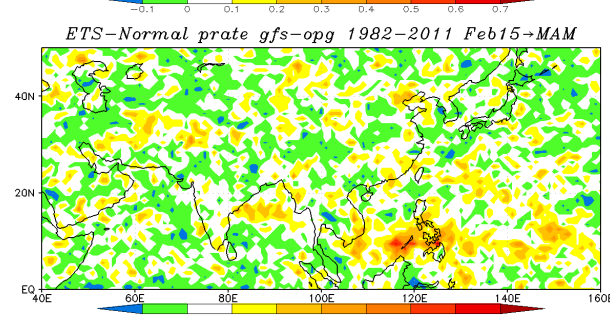
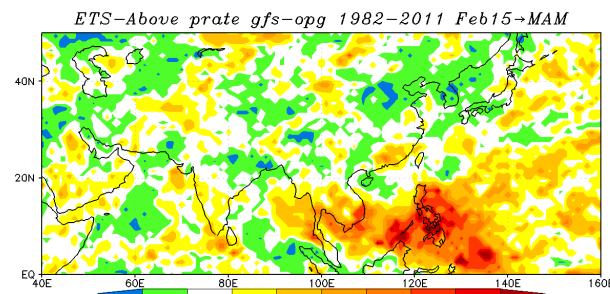


圖 3、同圖 2、但為兩米溫度的結果。





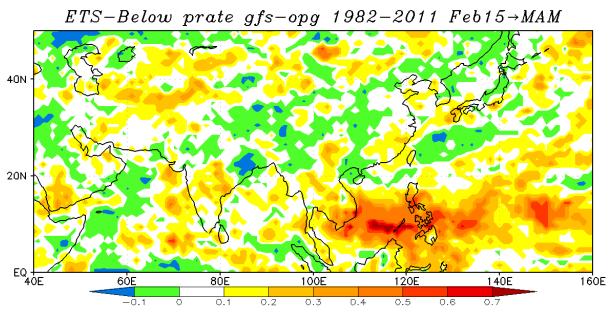
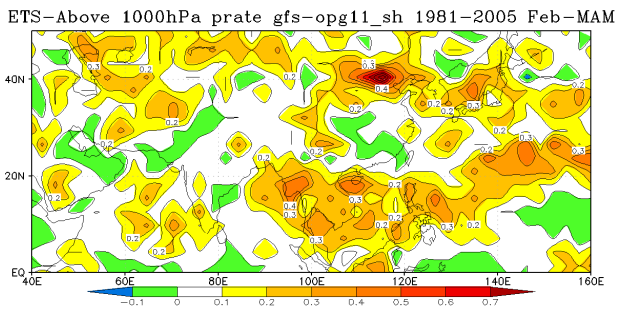


圖 4、GFST119L40(第二代)模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月亞洲區域季平均地面降水 ETS 技術得分，由上至下分別為降雨偏多(Above)、降雨適中(Normal 及降雨偏少(Below)。



ETS-Normal 1000hPa prate gfs-opg11\_sh 1981-2005 Feb-MAM

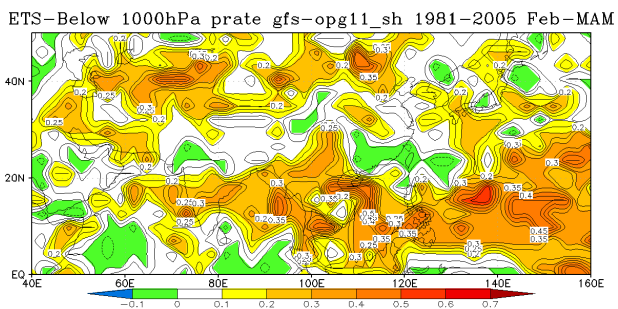
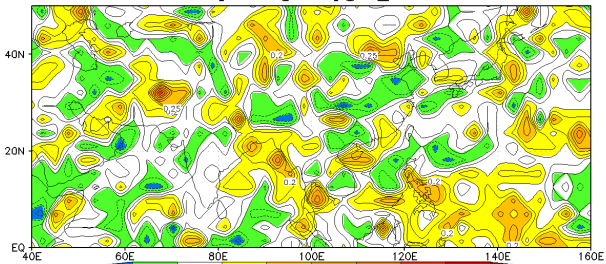


圖 5，同圖 4，但為 GFST42L18(第一代模式)的結果。

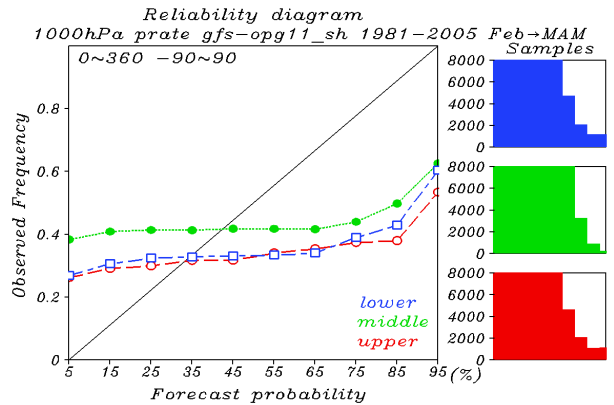
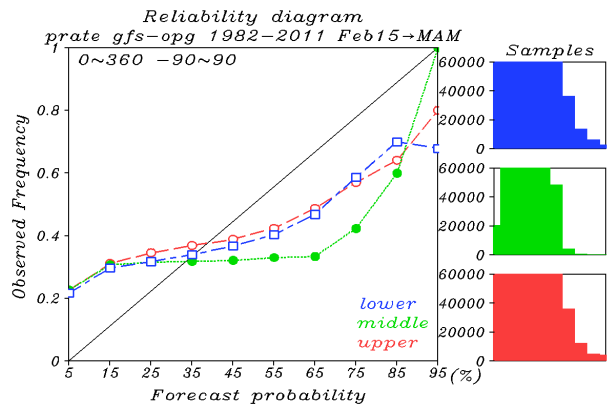


圖 6、以 2 月份初始場，預報全球地區 3~5 月季平均降水之可信賴度圖(Reliability Diagram)，其中藍色為偏少(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏多(upper)，上圖為 GFST119L40(第二代模式)，下圖為 GFST42L18(第一代模式)。

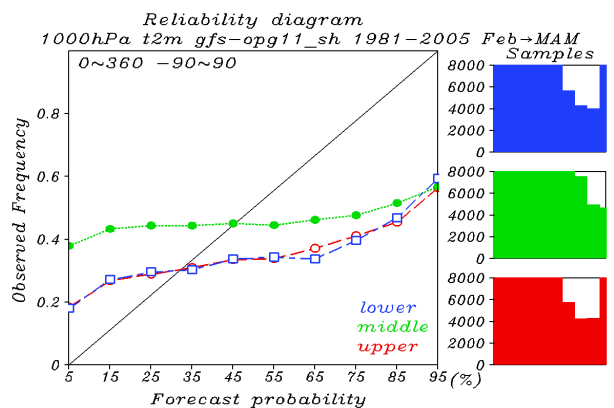
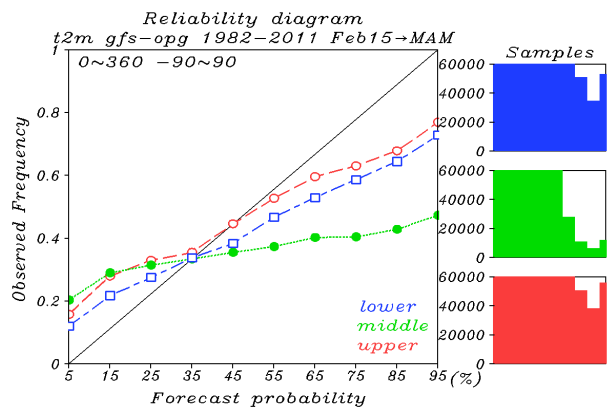


圖 7、同圖 6，但為兩米溫度的結果。

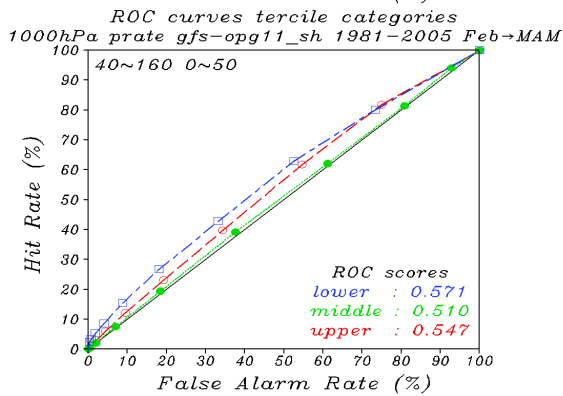
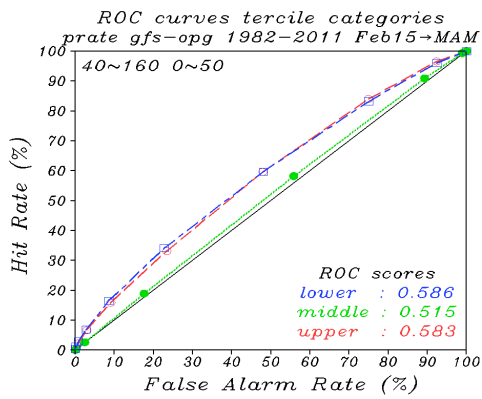


圖 8、以 2 月份初始場，預報 3~5 月季亞洲地區平均地面降水之 ROC curve，其中藍色為偏少(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏多(upper)，上圖為 GFST119L40(第二代模式)，下圖為 GFST42L18(第一代模式)。

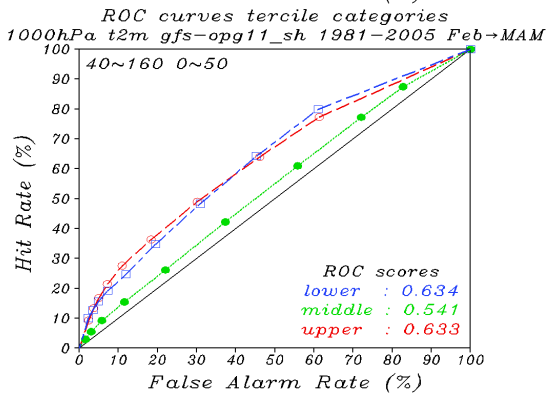
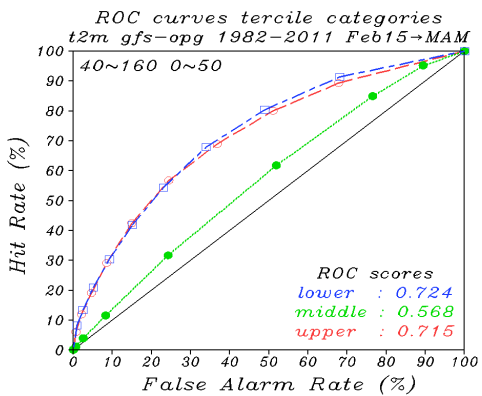


圖 9、同圖 8，但為兩米溫度的結果。

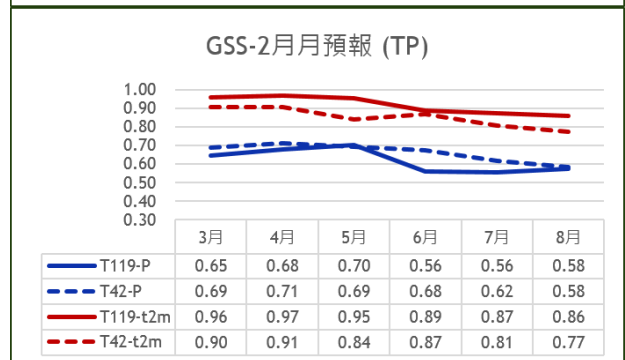
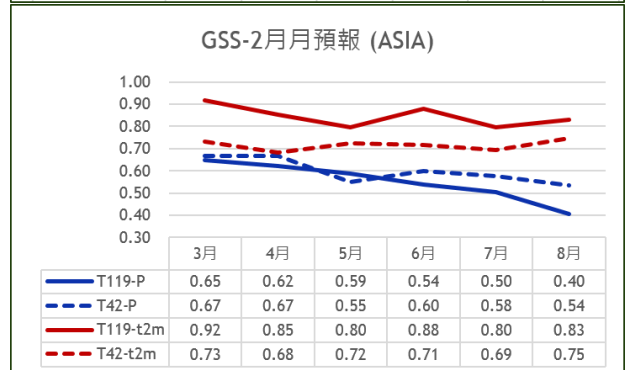
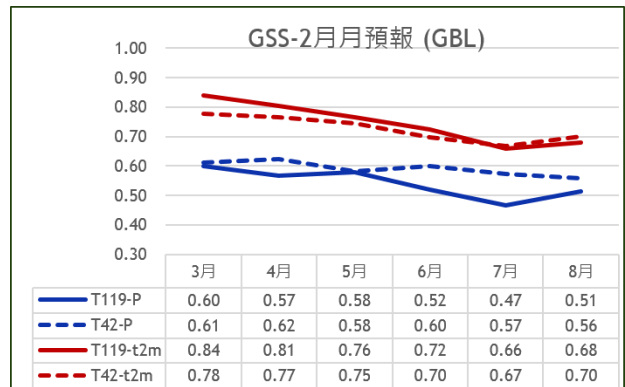
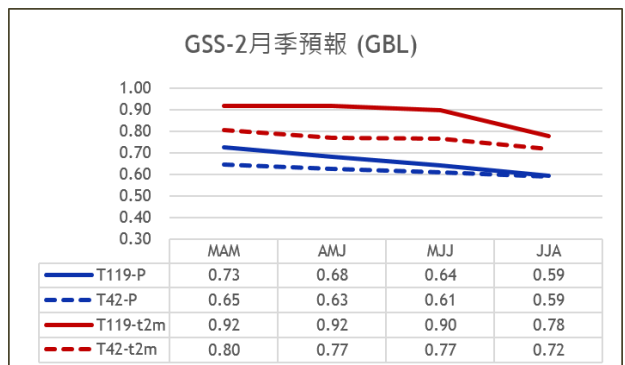


圖 10、預報網格點上 GSS 為正得分(GSS>0)格點數與該區所有網格點的比例，上圖為全球、中圖為亞洲地區、下圖為熱帶地區，其中藍色為降雨，紅色為兩米溫度，實線 GFST119L40(第二代模式)，虛線為 GFST42L18(第一代模式)，此為月預報結果。



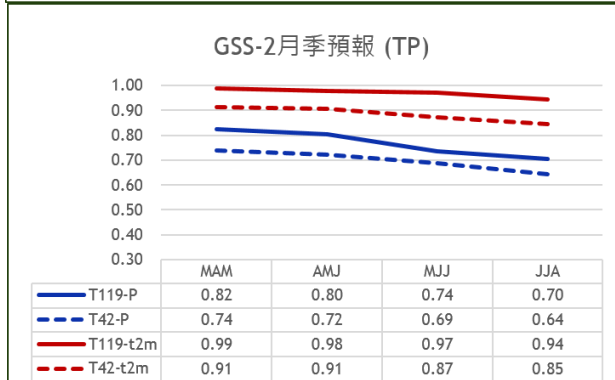
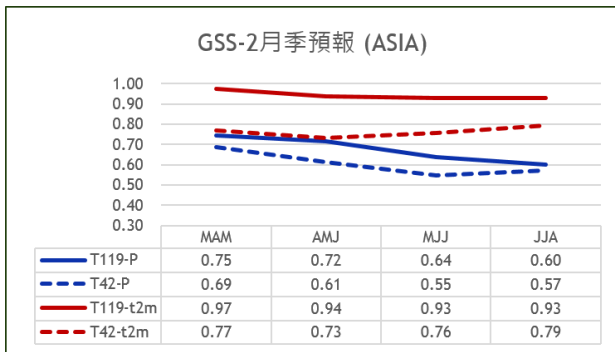


圖 11、同圖 10，但為季預報的結果。

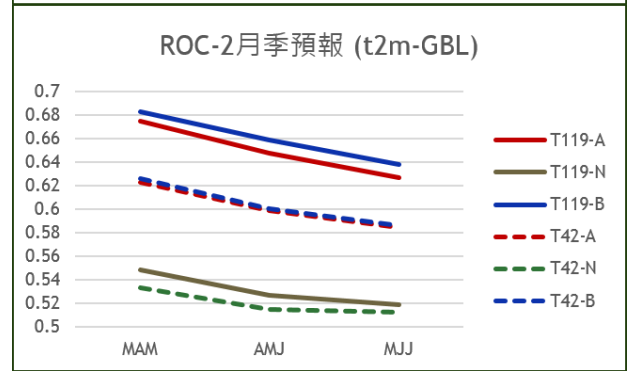
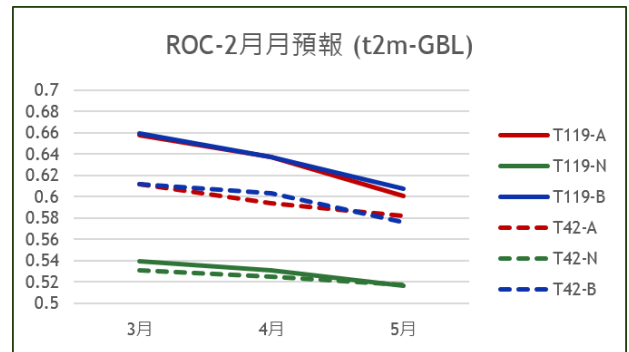


圖 13、同圖 12，但為兩米溫度的結果。

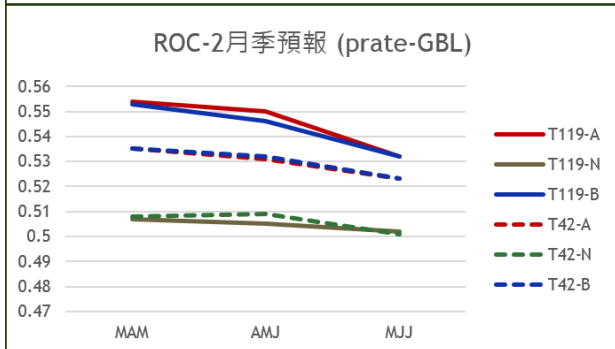
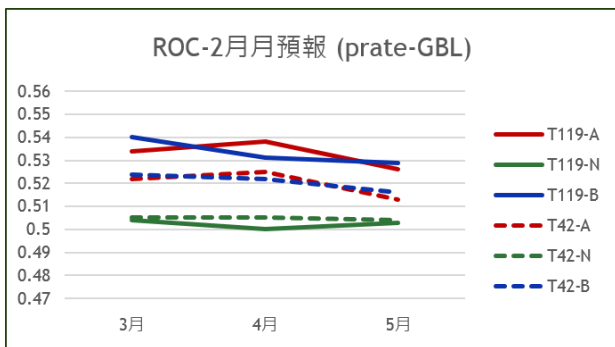


圖 12、以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均地面降水之 ROC score 結果比較，上圖為月預報(3、4、5 月)、下圖為季預報(3~5、4~6、5~7 月)，其中藍色為偏少(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏多(upper)，實線 GFST119L40(第二代模式)，虛線為 GFST42L18(第一代模式)，分析區域為全球地區。

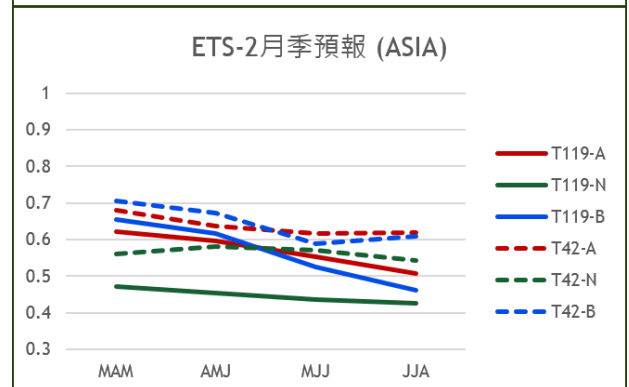
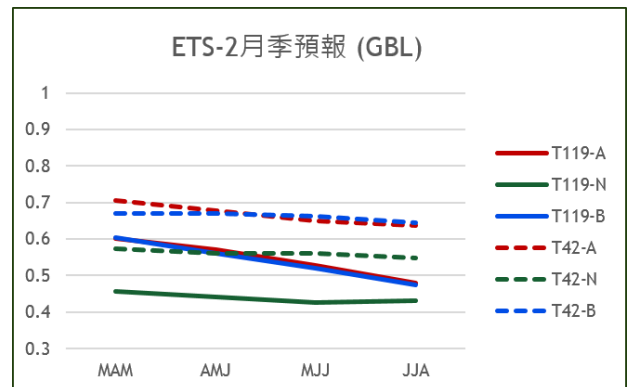


圖 14、預報網格點上 ETS 為正得分(ETS>0)格點數與該區所有網格點的比例，此為以 2 月份初始場的季預報結果，上圖為全球區域、下圖為亞洲地區，其中藍色為偏少(Below)，綠色是正常(Normal)，紅色為偏多(Above)，實線 GFST119L40(第二代模式)，虛線為 GFST42L18(第一代模式)。