

二步法動力氣候預報系統之事後預報技術得分分析 II

施宇晴 胡志文 任俊儒 鄭凱傑

中央氣象局 科技中心

摘要

為瞭解二步法動力統計氣候預報系統各組大氣模式海表面溫度組合於不同季節、區域之表現及可預報度，工作小組繼計 SMIP/HFP 實驗，自 1981 至 2005 年逐月進行事後預報，建立各組大氣模式海表面溫度組合及包含 40 組成員的多模式系集預報之氣候場，形成完整之事後預報資料庫。且依據世界氣象組織 (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)，區分成 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、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，此報告主要針對降雨、2 米溫度及地面溫度技術得分及區域平均後的結果進行分析比較，並進一步探究各變數技術得分在不同區域及季節所表現出得分差異之原因，期能瞭解不同大氣/海表面溫度組合的多模式系集預報結果的預報能力。

一、前言

中央氣象局執行「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，將建立二步法海氣動力統計氣候預報系統，已選定中央氣象局全球模式 (Global Forecast System, GFS) (胡等, 2002) 及由德國 Max Planck Institute for Meteorology 所發展的 ECHAM (Roeckner 等, 2003) 全球模式為系集預報成員，動力模式之邊界條件則選定美國 NCEP/CFS (Climate Forecast System) 系統及中央氣象局所發展之最佳化海溫預報 (CWB/OPGSSST) 所預報的海表面溫度。二步法海氣動力統計氣候預報系統於 2007 年起進行作業化測試，預計於 2009 年正式開始作業。

為瞭解二步法海氣動力統計氣候預報系統各組大氣模式海表面溫度組合於不同季節、區域之表現及可預報度，工作小組繼計 SMIP/HFP 實驗，自 1981 至 2005 年逐月進行事後預報，建立各組大氣模式海表面溫度組合及包含 40 組成員的多模式系集預報之氣候場，形成完整之事後預報資料庫，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 種不同區域 (如圖 1)，計算 Gerrity Skill Score、ROC Score (Relative Operating Characteristics Score)、Reliability Diagram、網格點上 ROC Score 及 ETS (Equitable Threat Score) 等數種技術得

分 (Skill Score) 的計算方法，針對降雨及 2 米溫度及地面溫度等變數進行分析校驗，期能瞭解不同大氣/海表面溫度組合及多模式系集預報結果於不同季節及區域的預報能力，未來將與「二步法動力統計氣候預報系統」每月預報資料共同呈現於網頁中，供使用者參考預報系統的可預報能力及可預報度，提供未來氣候預報作業參考。

本文中分析的資料為 40 個系集預報成員所組合成的事後系集預報結果，校驗所使用的觀測資料為插分至 T42 水平解析度的 NCEP Reanalysis version 2 月平均資料；文中將以模式的 2 到 4 個月 (L234) 預報結果平均所得到的季平均 (下面將稱為第 2 季預報) 為重點。本文中之春季為每年 3-5 月、夏季為 6-8 月、秋季為 9-11 月、冬季則為 12 月至次年 2 月。本文在第二節為事後預報技術得分分析結果，第三節為探討技術得分在不同區域及季節所表現出得分差異之原因，第四節為小結。

二、事後預報技術得分分析

世界氣象組織所建議長期預報的標準化校驗系統包含機率性預報的 Gerrity Skill Score、ROC Score、Reliability Diagram 與網格點上 ROC Score 以及決定性預報的 Mean Square Skill Score 數種技術得分，本文僅就 Gerrity Skill Score、ROC Score 以及網格點上 ROC Score 及 Equitable Threat Score 針對降雨、2 米溫度及代表海洋表現的地面溫度場進行分析。

GSS (Gerrity Skill Score) 為依據 3 分法針對海氣網格點計算命中率，並透過得分與標準指於命中或未命中的情況，依據模式預報與實際結果差異給予加分或減分，例如實際情況是偏低，對於正確的預測偏低當然給予較大的獎勵，但對

於預測偏高則給予減分，而對於預測正常則給予較小的減分，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。本文中採用 3 分法偏高、正常及偏低所佔的比例分別為 30%、40% 及 30%。

圖 2 由左至右為降雨、2 米溫度場及地面溫度亞洲區域夏(上排)冬(下排)兩季的 GSS ，冬季的表現明顯優於夏季，亞洲區域夏季降雨的 GSS 得分明顯較 2 米溫度及地面溫度差，而 2 米溫度及地面溫度的表現則呈現類似的情形，夏季不論洋面或陸地皆呈現得分偏低的狀況，不論冬季或夏季正得分的區域大都出現在海面上，陸地上則得分偏低，顯示模式對海洋區域的掌握遠勝陸地為佳，冬季低緯度洋面上則略有得分。

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 FRn 」(X 軸)，即可繪出 ROC curve，其得分大小即為 ROC curve 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；ROC 被用來表現「命中預報」與「錯誤預報」的差距，而非判斷與預報誤差之數值大小；偏差比較大的預報也有可能因為有較高的命中預報率而有較好的 ROC。ROC 技術得分除可適用於選定區域外，亦適用於模式的每 1 網格點，針對模式網格點計算單點的 ROC 技術得分可瞭解區域性的 ROC 分布。

圖 3 為亞洲區域夏季(上排)及冬季(下排)由左至右為降雨、2 米溫度場及地面溫度的 ROC curve，3 條曲線分別代表偏高(upper)、正常(middle)及偏低(lower)3 分類的 ROC curve，曲線下方的面積即為該分類的 ROC 技術得分，由圖中可看出冬夏兩季皆以溫度正常的分類表現較差，技術得分僅略大於 0.5，夏季降雨溫度正常分類甚至低於 0.5，表示在此分類下模式預報能力較差，冬季表現整體比夏季好，2 米溫度場及地面溫度在冬季溫度偏高的分類得分最佳，技術得分幾乎達 0.63。

ROC 技術得分除可適用於選定區域外，亦適用於模式的每 1 網格點，針對模式網格點計算單點的 ROC 技術得分可瞭解區域性的 ROC 分布，本文選用每月各區域的得分平均值變化來分析得分結果。

圖 4 為每月第 2 季預報網格點上的 ROC 技術得分各區域平均，上排為溫度偏高、下排為溫度偏低，圖由左排至右排分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度，降雨部分在熱帶地區變化幅度較小外，其他各區域皆為冬季得分佳、夏季較差，不論降雨偏多或偏少，東亞-西北太平洋區的得分變化幅度皆相當大，在春冬 2 季得分超越熱帶地區，但在夏季則呈現無預報能力的狀況(得分小於 0.5)。2 米溫度與地面溫度場各區域中以熱帶地區表現最佳，在兩分類表現皆明顯高於其它區域，且幅度變化依然不大，東亞-西北太平洋區得分變化幅度大，春季表現較其他區域為佳，夏季則較差。

EIS(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 EIS 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值計算。

圖 5 為亞洲區域夏冬兩季的 ETS，上排為夏季、下排為冬季，由左至右分別為降雨偏多(Above)、降雨適中(Normal)及降雨偏少(Below)，圖中可見冬季得分表現較夏季好，兩季降雨正常分類表現較弱，而冬季降雨偏少分類得分較明顯。

三、技術得分驗證分析

根據以上分析 1981-2005 年事後系集預報的結果，皆呈現出預報系統 2 米溫度及降雨於陸地上的表現不佳，但在海洋上有較佳的表現；以季節而言模式預報結果在夏季表現不佳，冬季及春季部分區域相對較佳；以區域而言模式在熱帶區域表現明顯高於其他各分區，此章節就以 GSS 為例，再深入探究各變數技術得分在不同區域及季節所表現出得分差異之原因。

圖 6 為降雨(左圖)、2 米溫度場(中圖)及地面溫度(右圖)每月第 2 季預報的各區域平均 GSS (Gerrity Skill Score)，在計算區域平均時已捨去小於 0 的值，百分比值為該月的該區域中所有網格點正值所佔之百分比，圖中可見降雨在熱帶地區得分表現平均比其他地區好，正值所佔百分比也較高，而圖中可見得分越高月份與正值所佔比例成正比，反之亦然，尤其以東亞西北太平洋表現更明顯，可見 5-8 月得分較低，正值所佔百分比相對較低，皆不超過 60%。2 米溫度場也是春冬季表現優於夏秋，而以地面溫度來表現海溫方面，也可以清楚顯示夏季表現較差，平均來遠勝熱帶地區 2 米溫度場與地面溫度的得分表現比降雨場好，得分的正值所佔比例也較高且超越其它地區。而另一例如地面溫度在東亞西北太平洋的得分 6 月最低，但 6 月正值佔 90% 卻比 12 月正值只佔 80% 的得分來的低，所以從此現象可知正值所佔比例的多寡並不能完全表示對值高或低的判斷。

圖 7 為熱帶地區每月第 2 季預報的 GSS (Gerrity Skill Score)，上排為以柱狀圖呈現區域內正值與負值各所佔全部區域的百分比，下排則為將區域內技術得分值分為三階段(0.7~1, 0.3~0.7, 0~0.3)呈現其所佔之比例，由左至右分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度。從熱帶地區每個月得分以正值及負值比例柱狀圖呈現，可以看出在接近夏季的時候正值比例慢慢減少負值則逐漸增加，以三階段呈現的百分比中，三圖表中皆可看出再 4-5 月低值得分所佔比例較高，高值得分比例幾乎沒有，此狀況應證了模式預報結果在夏季表現較差的情形。

圖 8 同上圖，除為亞洲區域每月第 2 季預報的 GSS (Gerrity Skill Score)。以降雨來看，很明顯夏季到秋季期間正值所佔比例減少且低值(0~0.3)所佔比例增加，推斷夏季及秋季期間整個區域的得分情況不理想，對照 GSS 區域平均降雨(圖 6)亞洲地區表現狀況來看則呈現一致的情形，以圖 6 亞洲地區降雨得分表現為例，所有月份看來 8 月表現最差，若看柱狀圖，也是 8 月低值與負值所佔比例最高，由此得至驗證。在 2 米溫度與地面溫度的情形，首先觀察正負值的比例，在表現效差的春冬季來看，正值比例並非都很

高，甚至8月正值比例最高，但對照三階段得分比例來看，春冬季因中值(0.3-0.7)及高值(0.7-1)得分比例較高，因而拉高了整體得分表現，即可顯示2米溫度與地面溫度春冬季得分表現較好，對應GSS區域平均溫度場在(圖6)亞洲地區表現則呈現一致的情形。

圖9為東亞西北太平洋的情況，降雨部分可見夏季及秋季除正值所占比例較小外，低值所占比例也較多，所以大幅拉低了整個區域平均的分數。而2米溫度及代表海溫的地面溫度場部分只冬季負值比例略高外，其餘正負值所占比例皆看不出明顯的變化，但在三個得分區段可以看出在春季轉夏季時(3-6月)，低值明顯升高，中值及高值明顯減少，而不論是降雨、2米溫度及地面溫度場在冬季及春季部分，其三得分區段皆可明顯看到高值(0.7-1)比例較高的情況，對應圖6東亞西北太平洋的表現則更驗證了該區在春冬季的優異表現。

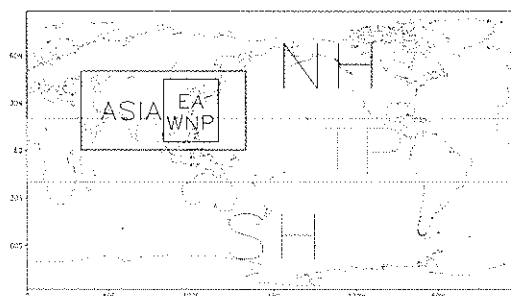


圖1、「二步法動力綜合氣候預報系統」所分析的區域，分別為：北半球(NH，20°N-90°N，0°-360°E)，南半球(SH，90°S-20°S，0°-360°E)，熱帶(TP，20°S-20°N，0°-360°E)，亞洲(ASIA，0°-50°N，40°E-160°E)，東亞-西北太平洋(EA-WNP，5°N-45°N，100°E-140°E)。

四、 小結

分析系集事後預報的結果，預報系統2米溫度及降雨於陸地上的表現不佳，但在海洋上有較佳的表現，本文從地面溫度技術得分呈現出海洋上預報確實有較好表現，以季節來看，各區域在春冬季得分正值百分比比較高，夏季較低，驗證了春冬季得分優於夏季，而各區域比較下，熱帶地區得分正值比例明顯高於其他地區，所以平均得分較高，另外，正負值所占比例並不能完全驗證得分狀況，還需配合各區域每個月得分值高低所占比例的狀況來參考方可更確實的了解差異性及優劣性。

參考文獻：

- 胡志文、馮欽錫、汪鳳如、陳建可、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。
- Roeckner E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornblüeh, 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.

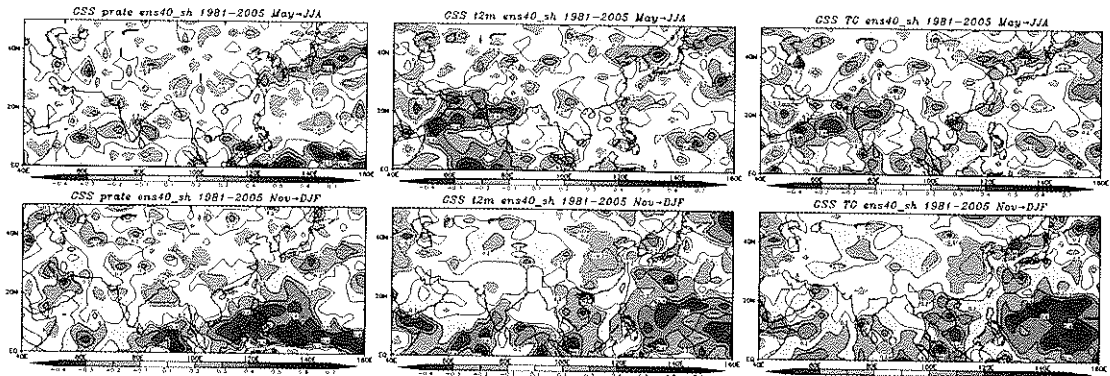


圖 2、亞洲區域夏冬兩季的 GSS，圖上排為夏季、圖下排為冬季，由左至右分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度場。

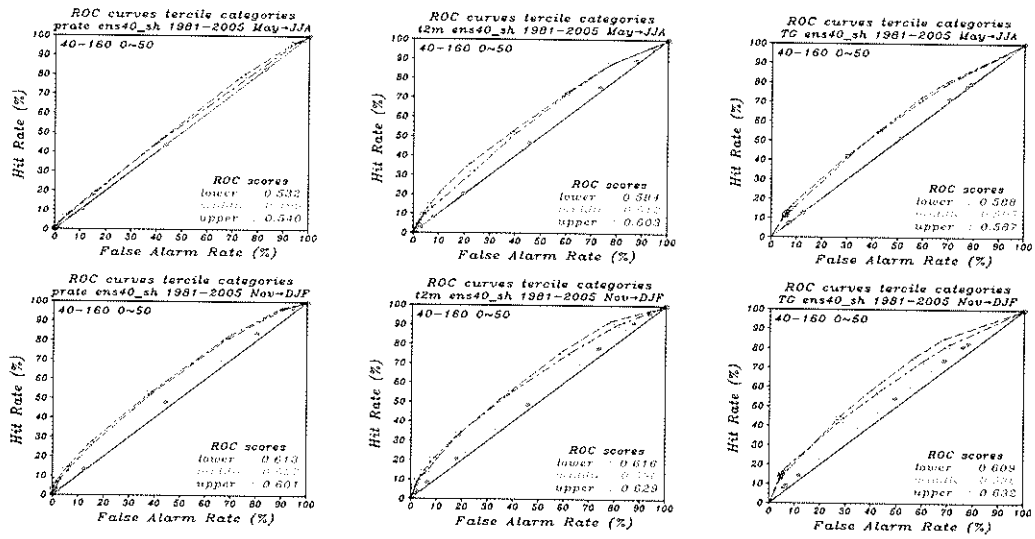


圖 3、亞洲區域夏冬兩季的 ROC curve，圖上排為夏季、圖下排為冬季，由左至右分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度場。

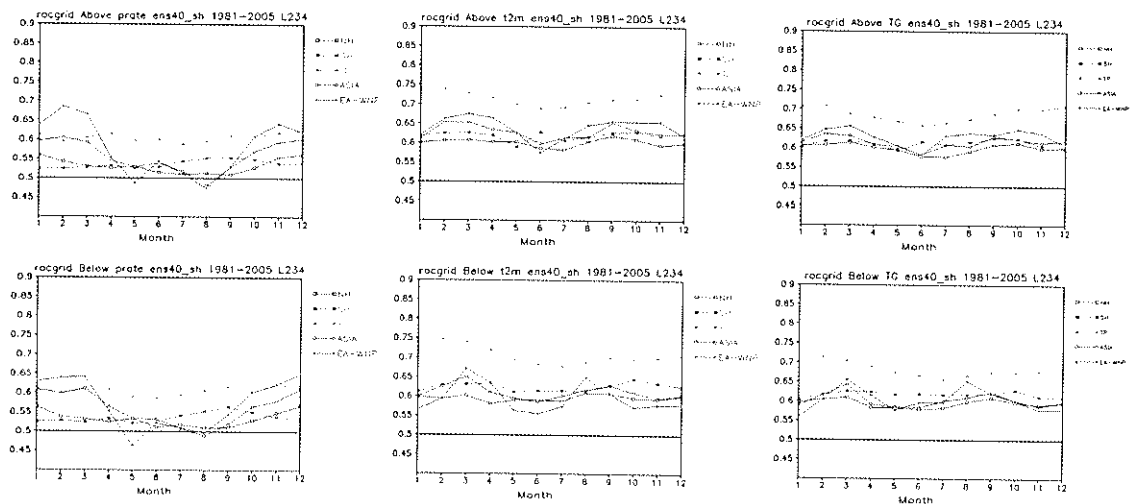


圖 4、每月第 2 季預報網格點上的 ROC 技術得分各區域平均，上排為溫度偏高、下排為溫度偏低，圖由左排至右排分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度。

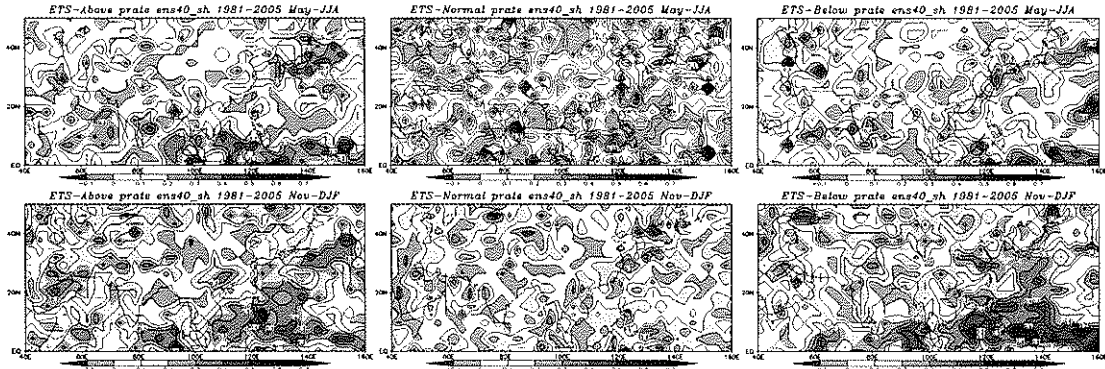


圖 5、亞洲區域夏冬兩季的 ETS，圖上排為夏季、圖下排為冬季，由左至右分別為降雨偏多(Above)、降雨適中(Normal)及降雨偏少(Below)。

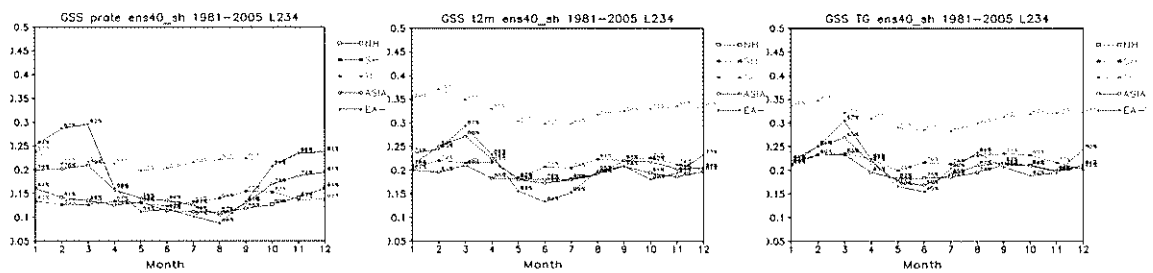


圖 6、降雨(左圖)、2 米溫度場(中圖)及地面溫度(右圖)每月第 2 季預報的各區域平均 GSS(Gerrity Skill Score)，在計算區域平均時已捨去小於 0 的值，百分比值為該月的該區域中所有網格點正值所佔之百分比。

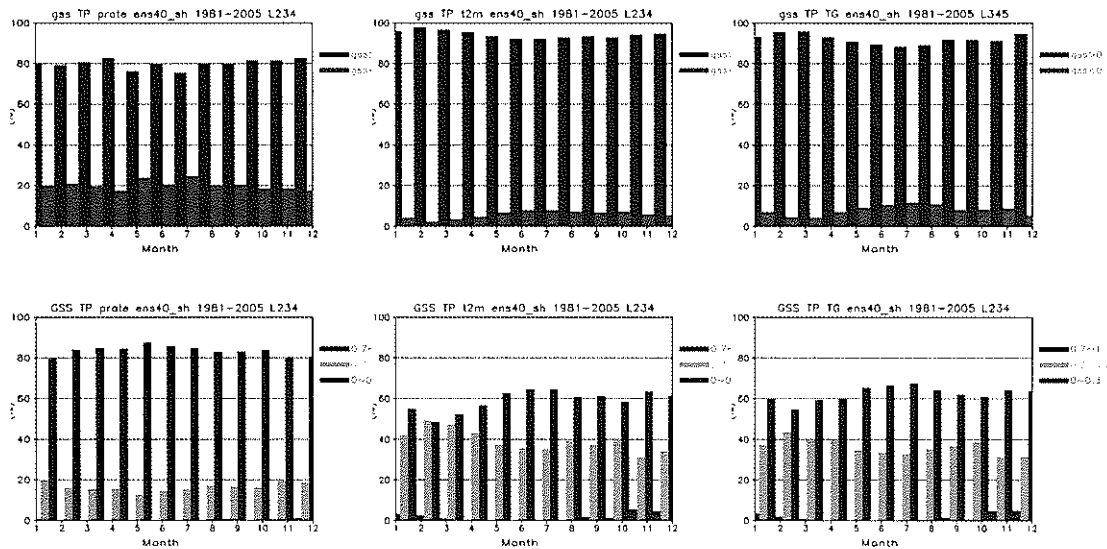


圖 7、熱帶地區每月第 2 季預報的 GSS(Gerrity Skill Score)，上排為以柱狀圖呈現區域內正值與負值各所佔全部區域的百分比，下排則為將區域內技術得分值分為三階段(0.7~1, 0.3~0.7, 0~0.3)呈現其所佔之比例，由左至右分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度。

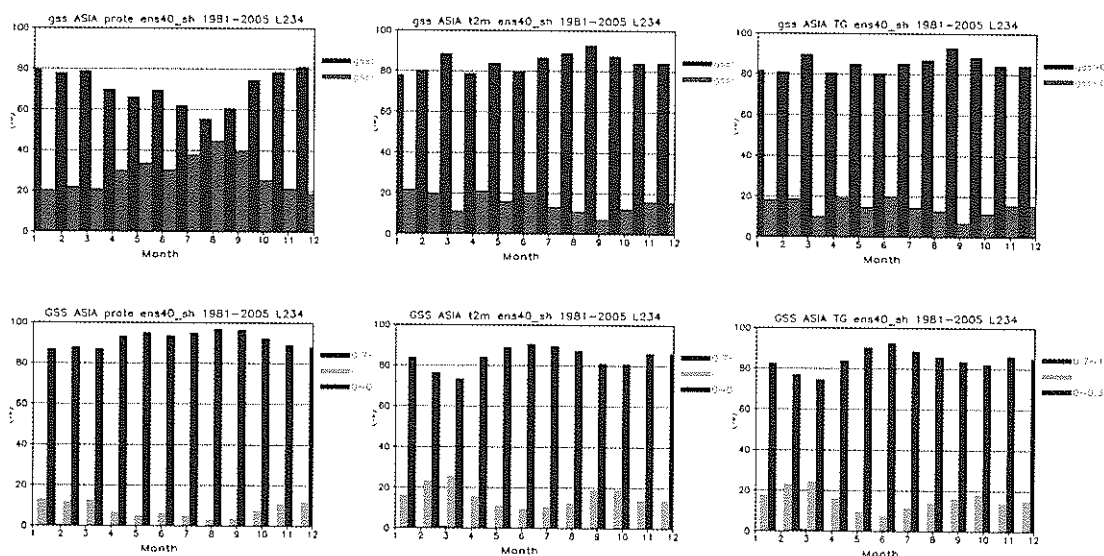


圖 8、亞洲地區每月第 2 季預報的 GSS(Gerrity Skill Score)，上排為以柱狀圖呈現區域內正值與負值各所佔全部區域的百分比，下排則為將區域內技術得分值分為三階段(0.7~1, 0.3~0.7, 0~0.3)呈現其所佔之比例，由左至右分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度。

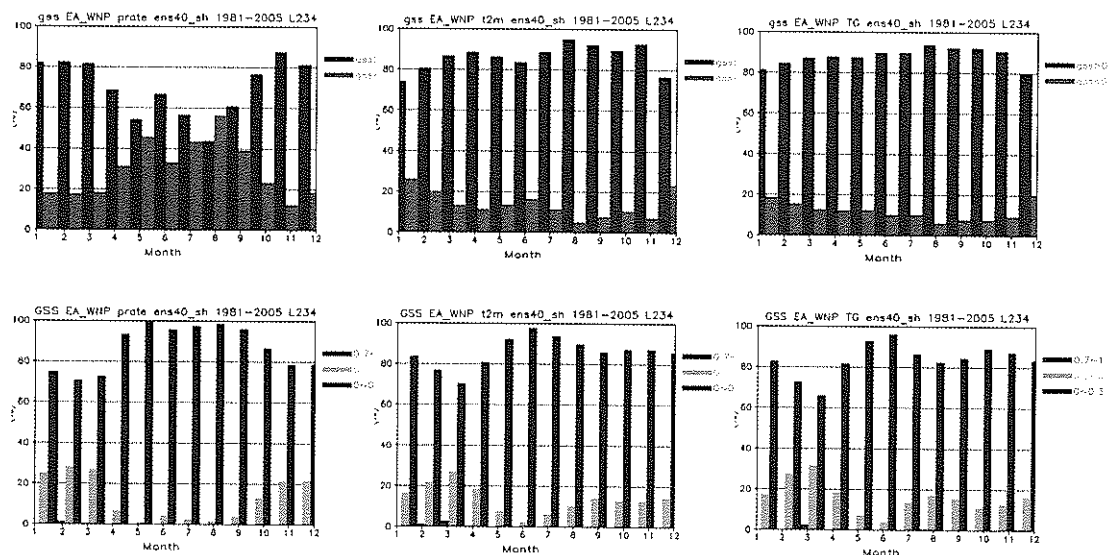


圖 9、東亞西北太平洋區域每月第 2 季預報的 GSS(Gerrity Skill Score)，上排為以柱狀圖呈現區域內正值與負值各所佔全部區域的百分比，下排則為將區域內技術得分值分為三階段(0.7~1, 0.3~0.7, 0~0.3)呈現其所佔之比例，由左至右分別為降雨、2 米溫度場及地面溫度。