

中央氣象局動力統計氣候預報系統簡介

胡志文¹ 蕭志惠¹ 童雅卿¹ 任俊儒¹ 鄭凱傑¹ 黃文豪¹ 施宇晴¹ 施景峰¹ 莊穎叡¹ 賈愛攻²

1. 中央氣象局 科技中心

2. 中央氣象局 蘇澳氣象站

摘要

為因應中央氣象局(以下簡稱本局)「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫對氣候預報之需求，本局正發展季節氣候預報系統。規劃此系統包含五大部分：最佳化全球海表面溫度預報、大氣模式前處理系統、兩步法大氣環流模式預報、統計降尺度預報系統與動力降尺度預報系統等。

最佳化全球海表面溫度預報中所採用的預報因子包含統計模式、持續法與動力模式的結果再使用系集預報的方法得到最終的海溫預報。兩步法大氣環流模式預報所選用的大氣模式為環流模式(General Circulation Model)，共有兩組分別為中央氣象局全球預報系統(GFS, Global Forecast System)中所使用的大氣環流模式，及德國 Max Planck Institute 發展的 ECHAM(第五版)大氣環流模式。所選用的海表面溫度預報也有兩組，分別為本局最佳化海溫預報 Optimum Global SST Forecast, OPTSST)與美國 NCEP(National Center for Environment Prediction)的 CFS (Climate Forecast System)預報的海表面溫度資料。統計降尺度預報分別使用 EOF 及 SVD 等方法找出與台灣地區測站有比較好關聯的預報因子與地區進行台灣地區的雨量與溫度預報。動力降尺度預報則使用美國氣候與社會國際研究院(International Research Institute for Climate and Society)的 ECHAM(第四版)做邊界條件進行台灣地區的降水與雨量預報。

本系統目前已完成的部分包含最佳化全球海表面溫度預報系統、大氣模式前處理系統及兩步法大氣環流模式預報系統等。本次報告重點在分析兩步法大氣環流模式預報系統的事後預報(hindcast)的技術得分。

一、前言

本局自民國 91 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，為因應對短期氣候預報的需求計畫中發展了「動力統計氣候預報系統」，此系統主要設計是以短期氣候預報為主，目前的主要預報時間為未來一季。經過 7 年的研發與建置「動力統計氣候預報系統」已經接近完成。本文主要的目的在介紹「動力統計氣候預報系統」所包含的子系統，各子系統的作用及原理。

受到非線性作用的影響，對大氣狀態的詳細演變最多只有兩星期的預報能力。氣候預報的可行性主要基於大氣的下墊面(如海洋，地面降雪，海冰)相對於大氣而言有較長的記憶，利用此種下墊面緩慢的變化，可以預報下墊面演變對大氣平均狀態的影響。在做氣候預報前必需先確定哪些因子對氣候有重要的

影響，在確定這些因子後即可利用這些因子進行氣候預報。經由前人的分析已經確認赤道區太平洋的聖嬰現象(El Niño)對氣候演變有決定性的影響。

目前世界上先進國家及預報中心對氣候預報主要採取三種方法，分別為統計預報，動力模式(數值模式)預報及動力模式統計預報。統計預報主要是利用不同氣候現象在時間與空間尺度上的統計關係做預報。動力模式氣候預報則是使用一組動力學方程，利用大氣及海洋現在的條件來預報大氣及海洋未來的變化。動力模式統計預報是使用動力模式預報的結果經由統計方法的分析，校正模式的誤差藉以提高模式預報的準確度。中央氣象局「動力統計氣候預報系統」即採用

動力模式統計預報的方法進行台灣地區降水與雨量的預報。

在先進國家及預報中心所用的動力模式氣候預

報中主要有兩種方式，第 1 種是 1 步法，此方法使用海洋環流模式與大氣環流模式耦合的海氣耦合模式同時預報海洋與大氣的狀態。第 2 種是 2 步法，此方法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之前所預報的海表面溫度做為下邊界條件進行大氣狀態的預報。本局「動力統計氣候預報系統」中所採用的即是 2 步法設計。

本文在第二節中介紹「動力統計氣候預報系統」，第三節分析系統事後預報的技術得分，第四節為小結。

二、系統介紹

「動力統計氣候預報系統」包含 5 大子系統，分別是 1、最佳化全球海溫預報系統(Optimum Global SST Forecast, OPTSST)；2、大氣模式前處理系統；3、2 步法大氣環流模式預報系統；4、統計降尺度預報系統與 5、動力降尺度預報系統(圖 1)。

最佳化海溫預報系統(圖 2)的預報因子包含統計模式、持續法海溫預報與動力模式的結果，統計模式中採用的預報因子有 NINO 3.4 指標、菲律賓海的海平面氣壓與熱帶海洋熱含量(tropical ocean heat content)以 SVD 方法預報海溫，動力模式預報採用 Kang 與 Kug (2000) 的中間海氣耦合模式(intermediate ocean model)預報赤道區太平洋的海表面溫度，以上結果再加上持續法的海溫預報以多變數線性迴歸方法進行系集預報後得到最後的海表面溫度預報。

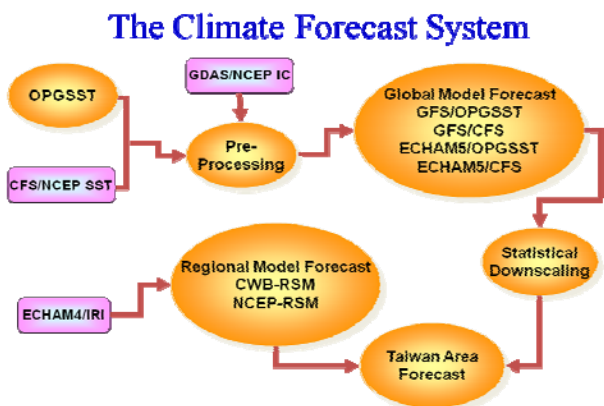


圖 1、動力統計氣候預報系統流程圖。

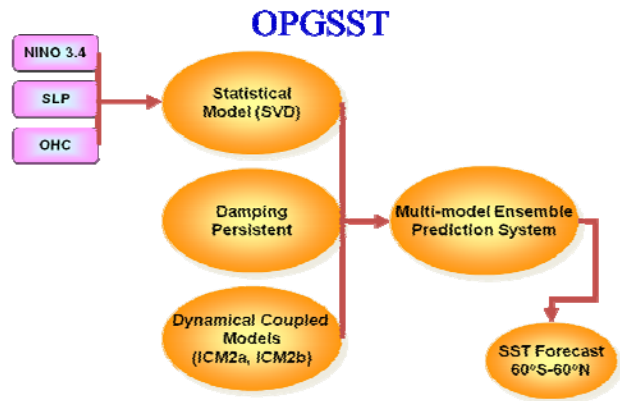


圖 2、最佳化海溫預報系統流程圖。

大氣模式前處理系統(圖 3)主要的功能有二，一是將海表面溫度的預報結果內插到大氣模式的網格點，其次是將大氣模式所需的初始場由觀測資料的網格內插到模式的網格點並做靜力調節，所選用的大氣初始場為 NCEP/GDAS 的分析資料。

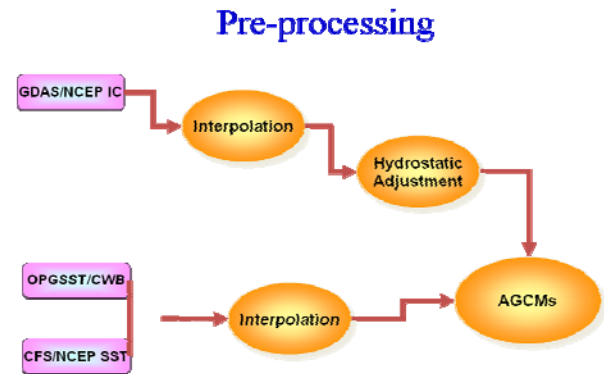


圖 3、大氣模式前處理系統流程圖。

2 步法大氣環流模式預報系統(圖 4)選用了兩組大氣模式，分別為本局的 GFS(T42L18, 胡等, 2002) 模式與德國 Max Planck Institute 發展的 ECHAM(第五版)模式(T42L19, Roeckner 等, 2003)，於 2 步法模式預報中所選用的海表面溫度預報場也有兩組，分別為本局發展的最佳化海溫預報(OPGSST)與美國 NCEP CFS 系統所預報的海表面溫度。兩組模式與兩組海溫預報可組成 4 個預報模組，分別是 GFS/OPGSST、GFS/CFS、ECHAM5/OPGSST 與 ECHAM5/CFS，每個模組有 10 組積分，每組預報時間長度為 7 個月，每次預報由 40 組積分組成系集預報。

Two-tier Dynamical Forecast

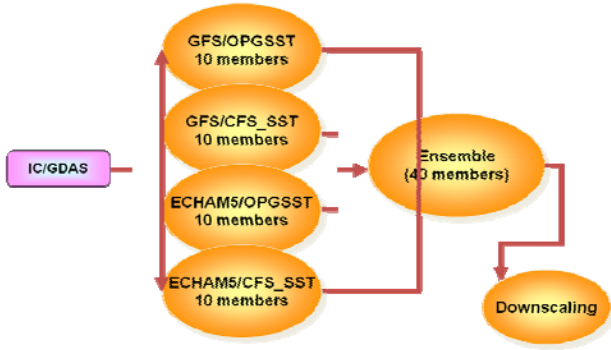


圖 4、2 步法大氣環流模式預報系統。

統計降尺度系統(圖 5)先以時間上的相關係數尋找與台灣地區降水與溫度有較大相關性的觀測場變數與區域。找出相關性較大的預報因子與區域後利用 EOF 方法濾掉小尺度的擾動,使用 SVD 方法得到預報模式來預報台灣地區的降水與溫度。每一個預報因子都可以經過濾波與預報等程序而得到一組預報場,最後的預報結果是以各預報因子的事後預報命中率(hit rate)做權重組合而成。

Statistical Downscaling System

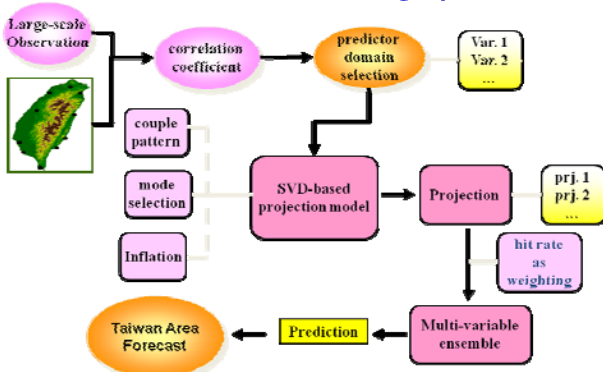


圖 5、統計降尺度系統流程圖。

動力降尺度預報系統(圖 6)目前所採用的大氣環流模式是美國氣候與社會國際研究院(International Research Institute for Climate and Society)的 ECHAM(第四版)作為區域模式的邊界條件,所選用的區域模式有兩個,一為 CWB-RSM、另一個是 NCEP-RSM,兩組模式的水平解析度都是 60 KM,每個模式每次預報有 15 組積分,由 30 組積分組合成最後的系集預報。

系統設計的預報規劃為最佳化全球海溫系統每月預報一次,2 步法大氣環流模式系統預報每月兩次(上旬及下旬各一次),統計降尺度預報系統每月兩次,動力降尺度預報系統每月預報一次。

Dynamical Downscaling

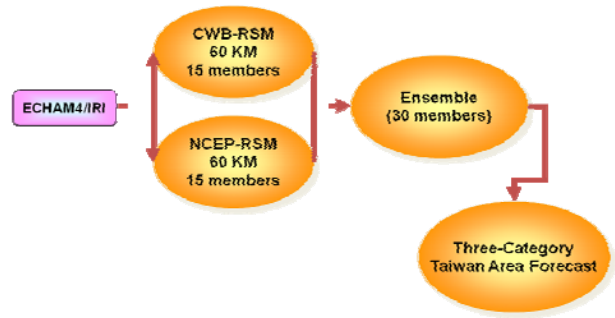


圖 6、動力降尺度系統流程圖。

三、事後預報技術得分

「動力統計氣候預報系統」中,最佳化全球海溫預報系統、大氣模式前處理系統與 2 步法大氣環流模式預報系統等 3 個子系統已完成了 1981 到 2005 年的 25 年事後預報(hindcast),統計降尺度系統及動力降尺度系統也完成了部分的事後預報,本節的目的在分析各子系統的技術得分。

圖 7 為最佳化全球海溫預報 NINO 3.4 海溫距平相關(anomaly correlation, 紅色線)隨預報時間的變化,其中四張小圖分別為 2 月(左上)、5 月(右上)、8 月(左下)及 11 月(右下)起報的結果,圖中也同時顯示 NCEP/CFS 預報(綠色線)、及持續法(藍色線)之結果。比較 3 組預報在不同起報時間的結果,3 組海溫預報在 8 月份起報的結果較佳,反之 2 月份起報的結果較差,此結果指出海溫預報也有春季障礙(spring barrier)現象。比較 3 組模式,CFS 的預報結果較佳,最佳化全球海溫預報次之,持續法最差。

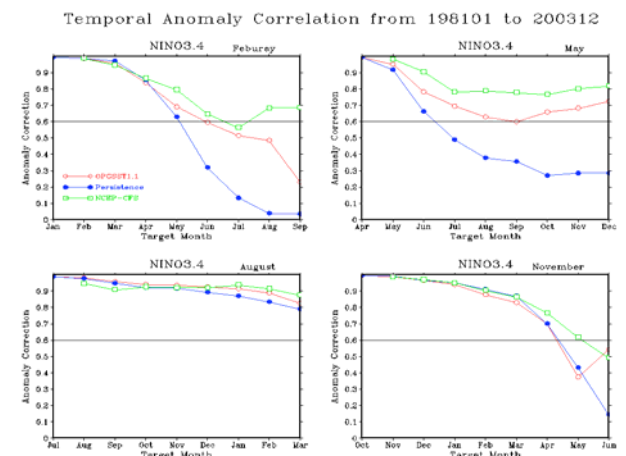


圖 7、各海溫預報場 NINO 3.4 距平相關(anomaly correlation)隨預報時間變化圖,紅色線為最佳化全球海溫預報系統的結果,綠色線為 NCEP/CFS 的預報,藍色線為持續法的預報,

分析時間為 1981-2003 年。

2 步法大氣環流模式預報系統的校驗方法主要是參考世界氣象組織(World Meteorological Organization)出版的 SVS/LRF (Standardised Verification System for Long-Range Forecasts) 文件，並加入了本局的需求。2 步法大氣環流模式預報系統的分析結果將以區域平均的方式呈現，所分析的區域包含北半球、南半球、熱帶、亞洲及東亞與西北太平洋區(詳細分區請參考圖 8)。2 步法大氣環流模式預報系統每次預報未來 7 個月，由於模式預報的 1 個月也是模式執行的月份，因此模式 1 個月預報的參考價值較低，下面分析的資料將以模式的 2 到 4 個月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。

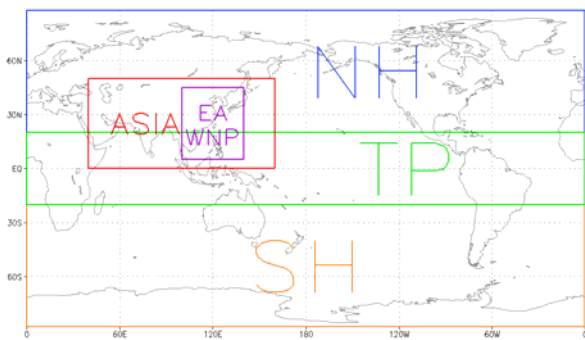


圖 8、2 步法大氣環流模式預報系統所分析的區域，分別有，北半球(NH, 20°N-90°N, 0°-360°E)，南半球(SH, 90°S-20°S, 0°-360°E)，熱帶(TP, 20°S-20°N, 0°-360°E)，亞洲(ASIA, 0°-50°N, 40°E-160°E)，東亞-西北太平洋(EA-WNP, 5°N-45°N, 100°E-140°E)。

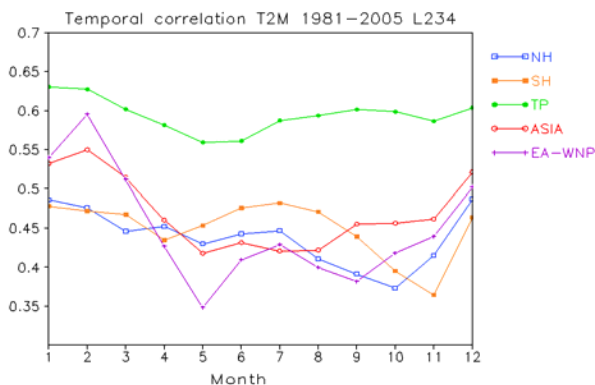


圖 9、2 米溫度場每月第 2 季預報與觀測場在時間上(1981-2005)相關係數的各區域平均值，各區域的定義請參考圖 8。

2 米溫度場每月第 2 季預報與觀測場在時間上(1981-2005)相關係數的各區域平均值列於圖 9，其中以熱帶地區(TP)的相關係數較高，所有區域的相關

係數在 12, 1, 2 月較高，4 到 6 月較低的現象，各區域在 7 到 11 月有不同的變化。各月份的變化中以東亞及西北太平洋區有較大的差異。2 米溫度場的各月份第 2 季 GSS (Gerrity Skill Score) 列於圖 10，圖中也可看出熱帶地區(TP)的結果優於其他區域，各區域逐月的變化沒有明顯的一致性，其中又以東亞-西北太平洋區的有較大的逐月變化。

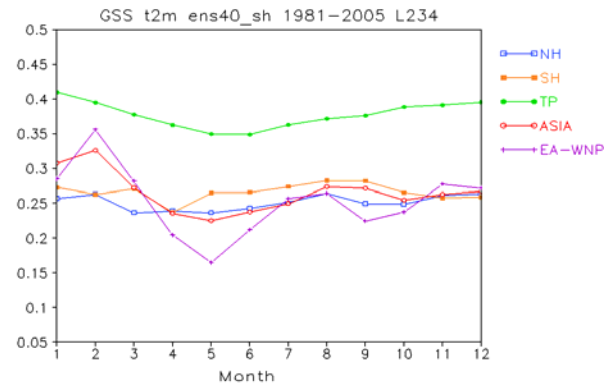


圖 10、2 米溫度場每月第 2 季預報的各區域平均 GSS(Gerrity Skill Score)，各區域的定義請參考圖 8，在計算區域平均時捨去小於 0 的值。

統計降尺度系統的結果列於圖 11，圖中的 GSS 分別來自 GFS/OPGSST, ECHAM/OPGSST 兩模組、4 個不同的季節。每個季節有兩個值，左邊的是直接由動力模式內插到台灣測站後所得，右邊的是經由統計降尺度計算的結果。由圖 11 中可知不論是降水或 2 米溫度及不同季節，經由統計降尺度的計算的台灣 9 站 GSS 平均值皆優於動力模式的直接預報。

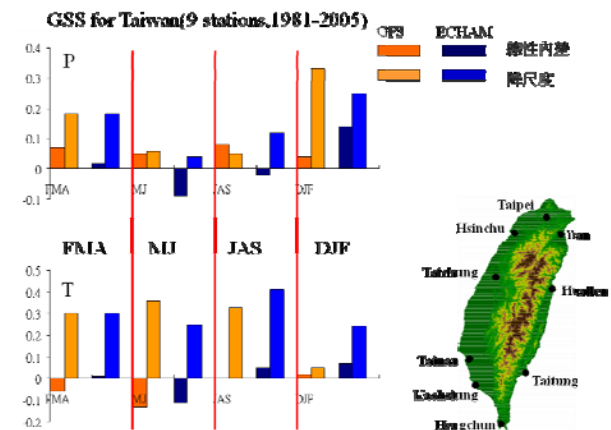


圖 11、使用 GFS/OPGSST 及 ECHAM/OPGSST 模組所得之統計降尺度結果，以台灣地區 9 個測站(圖右下角)的 GSS 平均值表示，上半部為降水的結果，下半部為 2 米溫度場的結果。所分析的時段分別是 2 到 4 月、5 及 6 月、7 到 9 月及 12,1 及 2 月。每個時段有 2 個值，左邊的值是直接動

力模式的預報結果內插到台灣測站後所得之結果，右邊的是經由統計降尺度計算後所得之結果。

Dynamical Downscaling

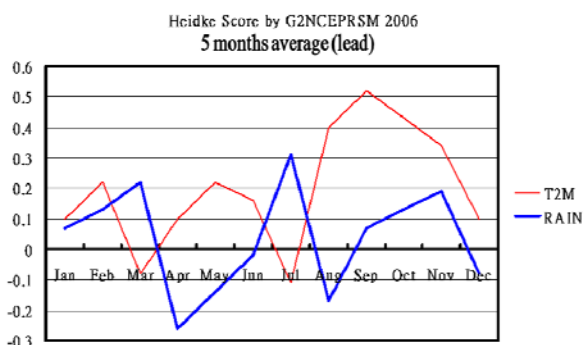


圖 12、動力降尺度預報系統使用 NCEP/RSM 所得之 2006 預報場 Heidke Score，紅色線為 2 米溫度場的結果，藍色線是地面降水的結果，圖中所表示的第 1 到第 5 個月預報的平均值。

圖 12 是動力降尺度系統 2006 年對 2 米溫度場與地面降水預報的 Heidke Score(lead 1-5 的平均值)，其結果顯示動力降尺度系統在不同季節對不同變數有不同的預報技術。

四、小結

本文的目的在介紹中央氣象局發展的「動力統計氣候預報系統」，本系統自民國 91 年開始發展，經由歷年的努力目前已接近完成。「動力統計氣候預報系統」包含下列 5 個子系統，分別是 1、最佳化全球海溫預報系統 (Optimum Global SST Forecast, OPTSST)；2、大氣模式前處理系統；3、2 步法大氣環流模式預報系統；4、統計降尺度預報系統與 5、動力降尺度預報系統。前 3 個子系統已建置完成，將於民國 98 年正式上線，統計降尺度預報系統預計民國 99 年上線作業，動力降尺度系統仍處於研發階段，近期內沒有上線作業的計劃。

對已完成建置的前 3 個子系統吾人針對 1981-2005 的事後預報做了詳細的技術得分分析，所得結果顯示動力模式的預報在熱帶區域有較好的結果，南、北半球，亞洲與東亞-西北太平洋區在不同月份所得到的技術得分有所不同，其中又以東亞-西北太平洋區逐月預報的技術得分有較大的差異。統計降尺度預報目前已完成了兩組動力預報結果、四個季節的事後預報系統分析，經由結果分析得知經由統計降尺度計算後台灣地區 9 個測站的降水與 2 米溫度場的技術得分都較動力模組的預報為高，顯示統計降尺

度預報系統有助於提升台灣地區的短期氣候預報能力。

本文的研究結果顯示「動力統計氣候預報系統」對短期氣候的演變有一定程度的預報能力，本系統的上線作業將有能力提升本局對短期氣候演化的預報能力。

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。
- Kang, I.-S. and J.-S. Kug, 2000: An El-Nino prediction system using and intermediate ocean and a statistical atmosphere. *Geophys. Res. Letter.*, **27**, 1167-1170.
- Roeckner E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornblueh, 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.