

引入全球及區域譜模式作季度預報

李細明 楊繼興 楊敬基
香港天文台

摘要

香港天文台自 2001 年起運行一個自美國加州大學聖迭哥分校氣候實驗預測中心引入的區域氣候模式，以支援天文台發展季度預報的工作。運行模式所需的邊界條件亦由該中心通過 FTP 服務器提供。為減少對這些邊界條件的依賴，天文台於 2006 年從該中心引入一整套全球大氣環流模式及區域氣候模式。全球模式的水平解像度是 T62，大概等同 200 公里，垂直方向共有 28 層。區域氣候模式則可由使用者自行調控水平解像度，滿足不同情況下的需要。全球模式所需要的初始分析數據可直接從 NCEP 的互聯網服務器下載，運算後的結果輸入區域模式進行較高解像度運算。本文介紹天文台在引入這套全球-區域氣候模式過程中的經驗，計算區域模式的模式氣候的方法，及模式預報的初步驗證結果。

Adaptation of Global and Regional Spectral Model for Seasonal Forecasting

S.M. Lee, K.H. Yeung and K.K. Yeung
Hong Kong Observatory

Abstract

Since 2001, the Hong Kong Observatory has been operating a regional climate model adapted from the Experimental Climate Prediction Centre (ECPC) of the University California at San Diego to support seasonal forecasting. Boundary conditions for running the model are provided by ECPC via an FTP server. To minimize such reliance, the observatory adapted a complete suite of global atmospheric circulation model and regional climate model from ECPC in 2006. The global model has a horizontal resolution of T62 which is equivalent to about 200 km, and a vertical resolution of 28 layers. The horizontal resolution of the regional model can be specified by the user to meet different needs. Analysis data for initializing the global model are downloaded directly from the NCEP Internet data server. The output of the global model feeds directly into the regional model for finer resolution computation. This report describes the experience gained by HKO in adapting this suite of global-regional models, the methodology used in the computation of the model climatology of the regional model and some preliminary results of model verification.

引入全球及區域譜模式作季度預報

李細明 楊繼興 楊敬基
香港天文台

1. 引言

香港天文台自 2001 年〔1〕起運行一個自美國加州大學聖迭哥分校氣候實驗預測中心引入的區域氣候模式，以支援天文台發展季度預報的工作。運行模式所需的邊界條件亦由該中心通過 FTP 服務器提供。為減少對這些邊界條件的依賴，香港天文台於 2006 年研究探討引入美國加州大學聖迭哥分校氣候實驗預測中心（以下簡稱 ECPC）的全球譜模式，目的是自行製作天文台區域氣候模式（譜模式）所需要的邊界條件，減少對外界的倚賴。在引入全球譜模式的過程中，我們遇到了一些困難，透過 g-rsm（Global – Regional Spectral Model）互聯網論壇（<http://g-rsm.wikispaces.com>）上互動式的討論與學習，既解決了問題，也發掘出新的資源供研究及實驗之用。我們成功引入全球譜模式及最新的區域譜模式，全球模式所需要的初始分析數據可直接從 NCEP 的互聯網服務器下載，運算後的結果輸入區域模式進行較高解像度運算。本文介紹這次引入模式的經驗及比較新、舊區域模式的表現。

2. 模式簡介

ECPC 的全球及區域譜模式均源於美國國家環境預報中心（National Centers for Environmental Protection，以下簡稱 NCEP）〔1, 2〕，模式用戶可透過上述網址取得這兩個模式的整套程式碼。全球模式的水平分辨率為 T62，大概等同於 200 公里，垂直方向共有 28 層。新的區域模式在垂直方向也分為 28 層，而水平分辨率及覆蓋範圍可按用戶的需要而自行調較。相比只有 18 層的舊區域模式，新的區域模式能更好的模擬大氣邊界層。另外，新的區域模式容許並行計算，可同時以多顆處理器運行，大大減少運算時間；而舊的區域模式只能以一顆處理器運行。為了跟現行的區域模式比較，我們為新的區域模式選擇了相同的水平分辨率（15 公里），覆蓋範圍則略為增大一點，即北緯 18 至 27 度，東經 110 至 119 度，避免用作驗證的觀測站過於接近模式的邊界。模式地形有高分辨率（經緯 30 秒）和低分辨率（經緯 4 分）兩種供用戶選擇，我們採用了高分辨率的地形因為較為配合 15 公里的水平分辨率。

這兩個模式在 IBM 服務器上的編譯需要 Engineering Scientific Subroutine Library (ESSL) 及 Mathematical Acceleration SubSystem (MASS)

支援。如選擇運行 Message Passing Interface (MPI) 版本的模式，MPI 庫如 Parallel Operating Environment (POE) 是不可或缺的。我們選擇了 MPI 版本的全球及區域模式在 IBM p630 服務器上以四顆處理器運行。這兩個模式的運行效率很高，整個全球－區域模式的運行只需要約 15 小時便能夠完成一個夏季的預報。

在天文台運行舊區域模式的初期，許大偉等人 [1] 發現最好的時間步伐為 90 秒。但這個參數在新區域模式並不適用。新模式在夏季的預設時間步伐為 75 秒，但模式仍偶有爆發性發展而導致運行中止。我們要把這個參數降至 60 秒，才能使模式穩定下來。在製作冬季預報時，我們使用了模式的預設時間步伐，即 45 秒。

3. 全球模式的初始條件

我們最初嘗試從 NCEP 的互聯網服務器 (NOAA Operational Model Archive Distribution System, 以下簡稱 NOMADS) 下載 NCEP 全球預測系統 (Global Forecast System, 以下簡稱 GFS) 的實時分析數據，作為我們全球模式的初始條件。這些分析包括兩個合共約 340 MB 的檔案，它們是 GFS 的原始輸出檔，唯其格式不是全球模式預設的輸入格式之一。如果要利用這些實時分析數據來初始化全球模式，我們需要向 ECPC 另外索取一些補充程式來進行格式轉換。然而，這又會引出一個新的問題：據過往觀察，NCEP 會不時更新 GFS，而每次更新都會改動這兩個原始輸出檔，我們因此需要不斷更新補充程式，這樣會為業務運作帶來不穩定性。

ECPC 在上述 g-rsm 網址提供了過去數十年 (1948 - 2006) NCEP/NCAR (National Center for Atmospheric Research) 全球再分析數據，供研究使用。這些再分析數據檔所用的格式是全球模式預設的輸入檔之一，其格式相當穩定。我們得知最新的 NCEP/NCAR 再分析數據可在 NOMADS 服務器下載，這些數據較實時落後約兩天半，例如 1 月 1 日 00UTC 的再分析數據要等到 1 月 3 日晚上才被上載到網址供用戶下載。這兩天半的差別對目前天文台每三個月才發佈一次的季度預報的運作沒有甚麼負面影響。以這些 NCEP/NCAR 再分析數據作為日後投入業務運作的全球模式的初始條件，可以避免受 GFS 更新的影響。

4. 攝取海水溫度

海水溫度是氣候模式的一項重要邊界條件。我們可以利用以下兩種方法為我們使用的全球模式攝取海水溫度：(1) 把現時的海溫距平持續；或 (2) 使用其他全球海洋模式或大氣及海洋耦合模式所輸出的海溫預測。

在下載 ECPC 全球模式的同時，用戶可取得過往多年全球海溫的月平均氣候值（1950 – 1997），g-rsm 網址更提供 1870 – 2006 年的逐日全球海溫，用戶可自行計算任何時段的氣候值。實時全球海溫可以從 NOMADS 服務器下載。把實時的海溫減去氣候值便得出現時的海溫距平，假設這個距平持續，把距平加上未來數月的海溫氣候值，便可得出未來數月的海溫，供模式攝取。

如使用其他模式的海溫預測作為全球模式的海溫邊界條件，NCEP 的氣候預報系統（Climate Forecast System，以下簡稱 CFS）〔3〕的業務產品是一個選擇。在 CFS 每天提供的業務產品中，海溫的預測涵蓋了未來 9 個月的逐日全球海溫。這些海溫預測可以從 NOMADS 服務器下載，稍作修改以滿足全球模式的格式要求便可供全球模式攝取。

5. 新的區域模式氣候

我們利用上述 g-rsm 網址提供的 1961 – 2006 年 NCEP/NCAR 再分析數據運行全球模式，繼而利用全球模式的結果輸入新區域模式計算這 46 年夏季（6 月至 8 月）及冬季（12 月至 2 月）的雨量及溫度預測。我們以 1961 – 1990 年的預測結果製作新的區域模式氣候，而 1991 – 2006 年的預測則供驗證新區域模式之用。這個由 30 年資料計算出來的模式氣候相信比現正使用中從 4 年資料計算出來的模式氣候更具代表性。是次計算同時利用了 g-rsm 網址提供的海溫及海冰的資料。

6. 新、舊區域模式的比較

我們參考了許大偉〔4〕在 2004 年驗證舊區域模式的方法，選擇了香港、澳門和鄰近地區共 9 個氣象站的雨量及溫度數據作為驗證基準。觀測和預測都以標準化值表達，即以氣候標準誤差（standard deviation，簡稱為 σ ）作為單位〔5〕。計算標準化距平的數式可參考〔4〕。

是次驗證以 1961 – 1990 年的觀測/預測值計算氣候平均和標準誤差。我們參考〔4〕提出的方法，假設模式氣候與真實氣候同樣地接近常態分佈，雨量級別的定義如下：

偏多雨：	距平 $> 0.5\sigma$ ，約對應於氣候分佈中最大的30%；
接近正常：	距平 $\pm 0.5\sigma$ 以內，約對應於氣候分佈中間的40%；
偏少雨：	距平 $< -0.5\sigma$ ，約對應於氣候分佈中最少的30%。

我們計算了新區域模式在夏季和冬季預測偏多雨和偏少雨的 scaled Hanssen and Kuipers score（簡略為 Ks），以評估其表現。Ks 等於 1 代

表系統經常命中，十分理想； K_s 等於 0 表示系統經常虛報〔6〕，計算方法如下：

$$K_s = (HR - FAR + 1) / 2$$

HR和FAR分別是命中率和虛報率。

表 1 顯示新、舊區域模式在夏季及冬季預測偏多雨和偏少雨的 K_s ，結果顯示新區域模式除了在冬季預測偏少雨的技巧遜於舊區域模式外，其餘情況與舊區域模式相約或較優勝。圖 1 顯示新區域模式在這兩季的原始雨量預報與各站實測雨量的線性相關，相關系數達 0.73；而舊區域模式四個季度的原始雨量預報與實測雨量的相關系數為 0.69。

雖然〔4〕沒有提供舊區域模式在溫度方面的驗證結果，我們也檢視了新區域模式在溫度方面的預測技巧。圖 2 顯示新區域模式在這兩季的原始季度溫度預報與各站實測溫度的線性相關，相關系數達 0.98。

7. 結論

本文比較了新、舊區域模式在夏季及冬季預測雨量的表現，並檢視了新區域模式在這兩季的溫度預測，結果顯示新區域模式在這兩季的雨量距平預測有一定的技巧，而模式的溫度預報與實況的線性相關較雨量為高。我們將會驗證新區域模式在春季及秋季的預報，使驗證結果更為完整。

鳴謝

感謝ECPC提供全球譜模式及新區域模式的程式碼、NCEP/NCAR再分析數據、海溫資料、海冰資料及運行兩個模式的意見。

參考文獻

- [1] Hui, T. W., K. H. Yeung, and W. L. Chang, 2001: Adaptation of NCEP RSM model for seasonal forecasting. Third RSM International Conference, Taipei, China, 23-27 July 2001. Reprint No. 436, Hong Kong Observatory.
- [2] Roads, John O., Shyh-Chin Chen, and Francis Fujioka, 2001: ECPC's weekly to seasonal forecasts. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **82**, 639-658.
- [3] Saha S., S. Nadiga, C. Thiaw, J. Wang, W. Wang, Q. Zhang, H. M. van den Dool, H.-L. Pan, S. Moorthi, D. Behringer, D. Stokes, M. Pena, S. Lord, G. White, W. Ebisuzaki, P. Peng, P. Xie, 2006: The NCEP Climate Forecast System. *Journal of Climate*, Vol. 19, No. 15, 3483-3517.
- [4] 許大偉, 沈潔瑩, 葉彩雄: 香港天文台區域氣候模式及其季度雨量預測的驗證. 第十八屆粵港澳氣象科技研討會. 中國, 香港, 2004年2月16-18日. Reprint No. 537, Hong Kong Observatory.
- [5] Pan, Jianfu, van den Dool, Huug. 1998: Extended-Range Probability Forecasts Based on Dynamical Model Output. *Weather and Forecasting*, **13**, 983-996.
- [6] WMO 2002: Standardized Verification System (SVS) for long-range forecasts (LRF). New Attachment II.9 to the *Manual on the GDPFS*. WMO No. 485. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

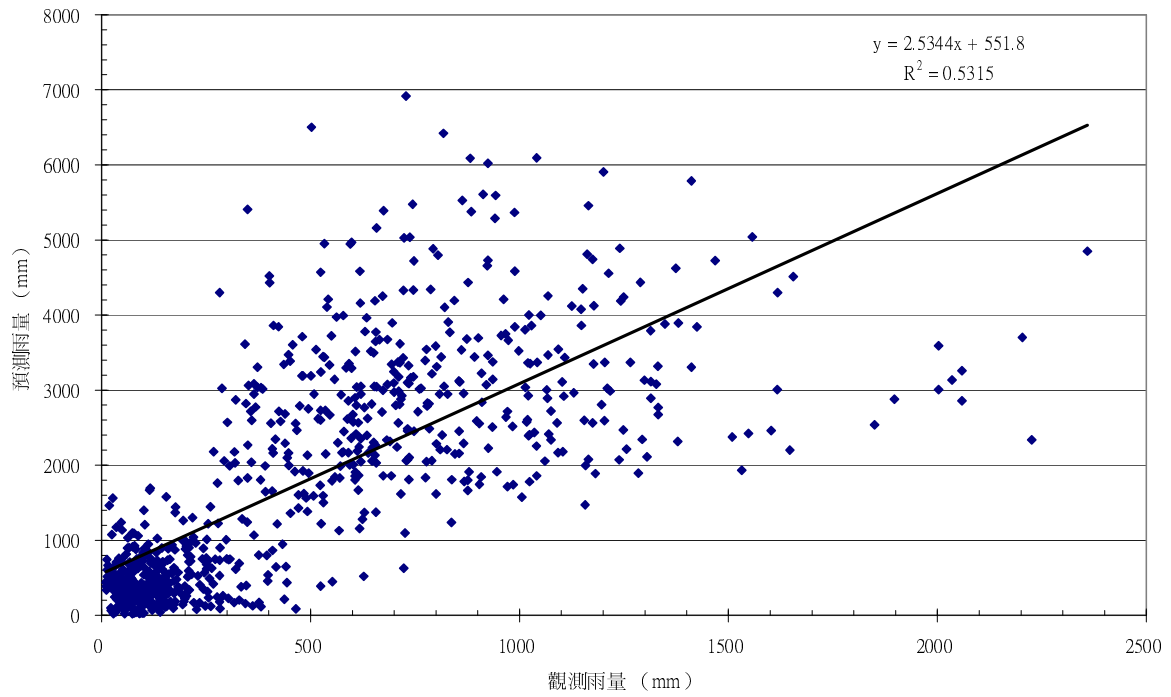


圖 1 新區域模式原始雨量預測跟各站錄得雨量的線性相關。

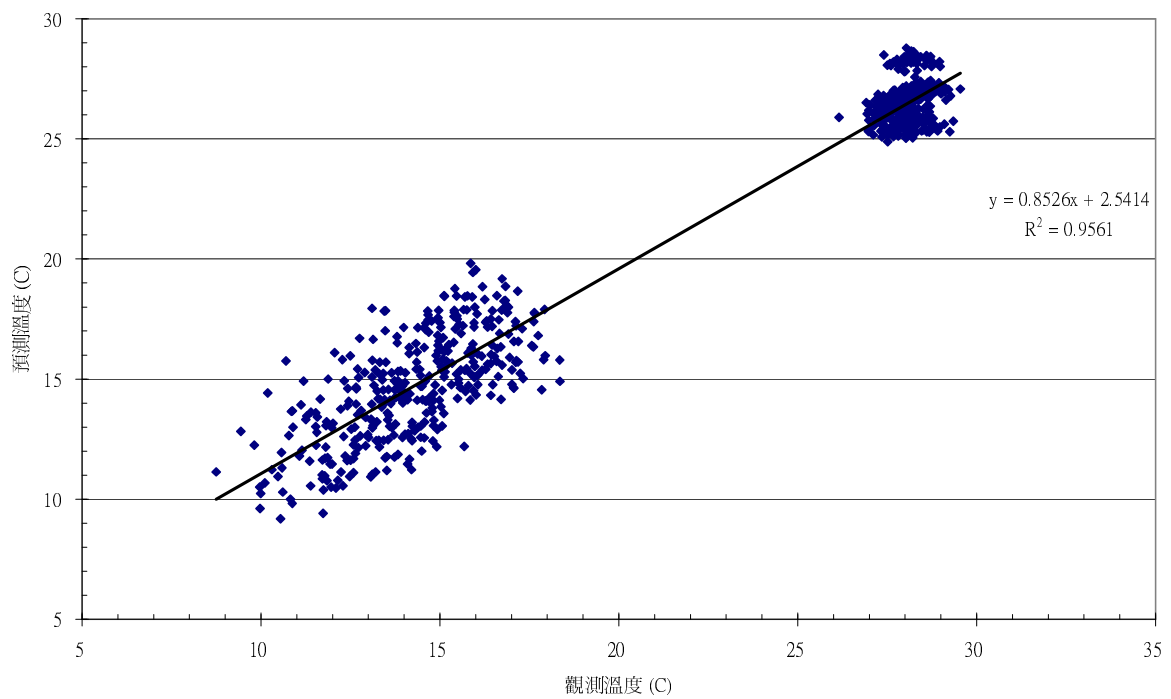


圖 2 新區域模式原始季度溫度預測跟各站錄得溫度的線性相關。

表 1 新、舊（括號內）區域模式預測偏多雨和偏少雨的Ks。

	距平預報	
	會否偏多雨	會否偏少雨
夏季	0.51 (0.46)	0.48 (0.48)
冬季	0.66 (0.64)	0.59 (0.68)