

中央氣象局104年天氣分析與預報研討會

邱思翰 林沛練
國立中央大學 大氣科學系

摘要

全球氣候模式(GCMs)對於局地的區域性天氣特徵受限於解析度不足而難以清楚呈現，但若是使用GCMs資料透過動力降尺度方式提供給區域模式，則較能解決GCMs無法解析區域和局地氣候變化的問題。然而區域模式由於長期積分下，區域模式的表現有著隨時間快速變差的情形，因此若是在區域模式中配合使用波譜納進法(Spectral Nudging)，則可能解決此問題。

本研究著重在WRF (The Weather Research & Forecasting Model) 模式使用spectral nudging技術長期預報之能力，因為WRF本身目前主要應用在短期預報居多，經過長期積分後，便會明顯偏離真實分析場。因此本篇研究利用了Spectral Nudging的技術，進行2008年夏季連續積分模擬，使用兩層巢狀網格，並透過nudging分析場及Domain1的模擬結果來維持Domain2高解析度網格的長期模擬之大尺度特徵，模擬結果顯示，在連續模擬一整季後，仍然能保持不錯的表現，降雨分布特徵也與觀測相似。

關鍵字：Spectral Nudging

一、前言

過去WRF模式主要應用在天氣預報，因此大多皆為短期（最常大約一週左右）積分，對於長時間的模擬，結果皆不是很理想。而全球模式雖然可以進行長期積分，但是礙於計算資源不足，通常對於一些中小尺度的天氣系統而言，解析度都不是很夠，因此我們針對台灣及東亞地區使用WRF模式設計了兩層巢狀網格，第一層網格解析度為十五公里解析度之網格主要希望能保有原有大尺度的綜觀環境場，在此使用spectral nudging分析場資料，而第二層解析度為五公里，希望能盡量解析出台灣複雜地形影響下，小尺度的系統對台灣所造成的影響，期望能透過提高解析度以增加模式模擬台灣地區的能力。另外考慮到日照輻射受到台灣複雜地形的影響下，可能會有些微誤差，因此加入考慮地形坡度之輻射參數化，希望能改善模式的模擬結果。

二、研究目的

本研究主要希望能改進原先短期天氣之區域模式，使WRF能具有季以上之模擬能力，並透過全球模式產生出來之模擬結果，經由本區域氣候模式動力降尺度模擬後，期望由於解析度的提高，更能反映出此區域之氣候特性。

三、研究方法

本研究主要探討WRF裡面spectral nudging的應用，如何使WRF模式能執行長期積分而保有大尺度的分布特徵。一般來說Nudging主要透過以下方程式來作計算修正：

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = F(\alpha) + G_\alpha W_\alpha (\hat{\alpha}_0 - \alpha)$$

其中，前兩項為模式的forcing term，最後一項為Nudging 的 tendency term， G 為 Nudging factor， W 為 weight function， $\hat{\alpha}$ 為分析場。

而 Spectral Nudging 與 Grid nudging 最大差異就在於 Spectral Nudging 會將最後一項作波譜分析，之後再根據波數的選擇，保留我們所需要的尺度特徵，其餘資訊則剔除。如此一來便可防止過度限制模式，造成模式在模擬時，一些中小尺度的現象無法產生。

另一方面，由於兩者在原始 WRF 中，Grid nudging 調整的變數場有 U 、 V 、 T 、 Q ，而 Spectral Nudging 調整的變數場為 U 、 V 、 T 、 PHI ，由於單就原始 WRF 的方式去做 nudging 後，發現 Spectral Nudging 在模擬一週後便存在有蠻嚴重的 dry bias (如圖一)，而也因為含有這種 dry bias 導致模式結果很容易偏掉，因此我們修改 Spectral nudging 調整的變數場，多新增了水氣場的調整，含有水氣場的模擬結果表現改善很多。

本篇研究模式設定為兩層巢狀網格 (如圖二)，解析度第一層為15公里、第二層為5公里，模擬時間為2008年5月1日～8月31日，共計四個月的時間。主要比對 CESM 全球模式預報場、 CFSR 全球再分析資料兩種全球資料透過本研究動力降尺度方法所

得到的降雨與 TRMM 衛星觀測之降水資料及台灣自動雨量站資料之差異。

另外當模式在積分時，雖然第一層網格有 nudging 分析場資料，使得第一層網格的模擬結果與觀測相符，但是第二層的網格單單依靠第一層網格提供的邊界場仍然無法維持整體分布。特別是在水氣場的部分，第二層的模擬結果中明顯看到模式積分到第三個月時，水氣在海上的地方已稍嫌不足，使得海上降雨明顯少很多。因此我們認為第二層網格若也要長時間積分，勢必也需要進行 nudging 的方法。但考量到若直接 nudging 分析場的資料，尺度會差太多以至於結果有可能不太理想，因此我們除了測試直接 nudging 分析場以外，另外使用第一層網格的資料 nudging 至第二層網格，希望能 nudging 較接近的尺度，防止局部發展的對流因 nudging 較粗解析度之分析場而受到抑制。

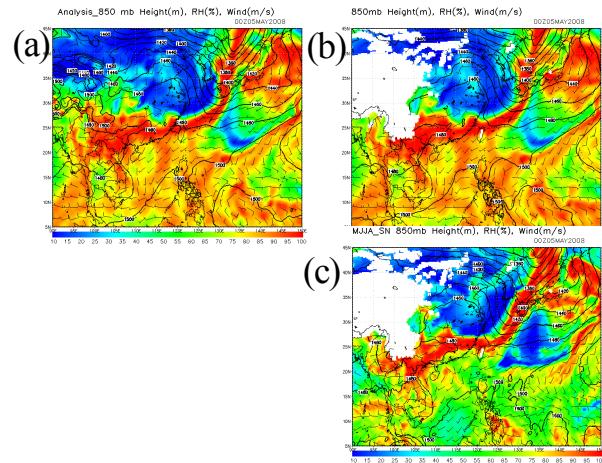
四、結果與討論

模擬2008年夏季四個月的結果，圖三為模式第二層整個東亞地區月平均降雨量的結果，整個降雨特性皆有抓到，包括南海及菲律賓西方海面的降雨，表示模式透過 Spectral nudging 的技術可以模擬到一整季而不會偏掉。

以台灣地區為例，氣象局自動雨量站所觀測到的降雨主要集中在西南部山區（圖四a），主要由於梅雨鋒面及颱風對於西南部的降雨，而以CFSR作為模式IC、BC時，無論是否考慮地形坡度造成輻射的影響（圖四b,c），對於整季之月平均雨量沒有太多差異，另外 nudging 模式第一層模式資料（圖四d）至模式第二層的結果雖然有稍微改進一些，但其實差異並不是很大，就整體看來，三個測試的結果雖然降雨定量有些微高估，但在定性上都能反映出台灣地區夏季降雨極值落在西南部的特性。

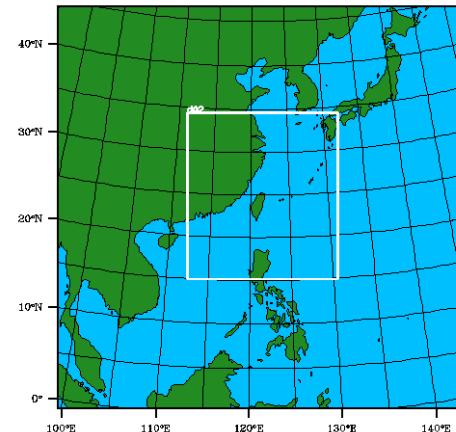
另外，本研究以全球模式模擬場當作本研究之IC及BC進行測試，如圖五，結果顯示在定性上，模擬結果與TRMM觀測之降雨特性及降雨分佈相似，而定量上，模擬結果的月平均雨量與TRMM觀測到的數值有些差異，模擬結果較TRMM觀測值高估不少，但由於TRMM的資料解析度為0.5度，難免與真實值造成些微低估，因此未來會針對微物理參數化進行改進，期望能改善模式降雨在定量上的表現。

五、圖表說明

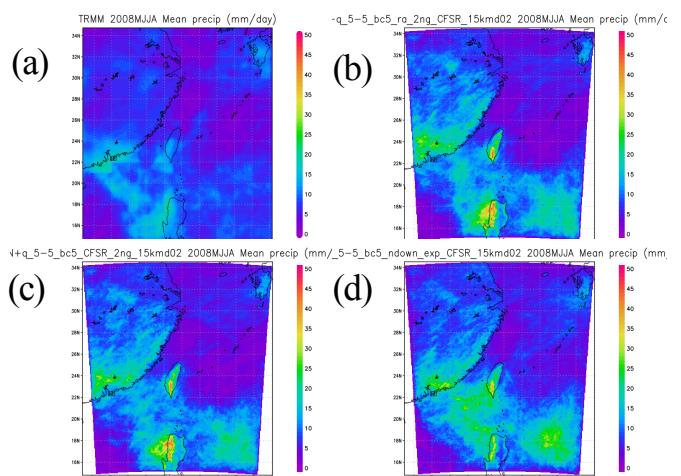


圖一、模式積分五天後850mb濕度場結果 (a) NCEP分析場結果 (b) Grid nudging run模擬結果 (c) Spectral nudging run模擬結果。

Domain Setting

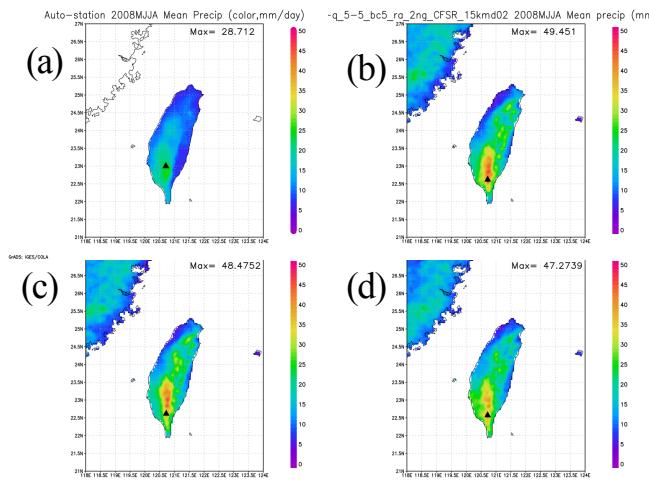


圖二、模式範圍設定：兩層槽狀網格，解析度為 15、5 km。

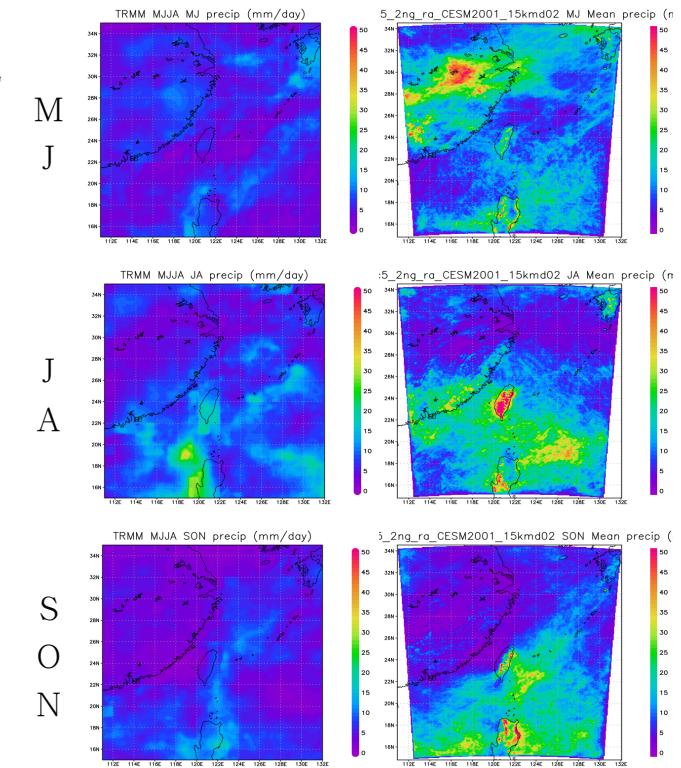


圖三、2008年5~8月份東亞地區月平均降雨量 (a) 中央氣象局自動雨量站觀測值 (b) 加入改進之輻射參數化後的模擬結果 (c) nudging 分析場的模擬結果 (d) nudging D01 模擬

場的模擬結果。



圖四、2008年5~8月份台灣地區月平均降雨量 (a) 中央氣象局自動雨量站觀測值 (b) 加入改進之輻射參數化後的模擬結果 (c) nudging 分析場的模擬結果 (d) nudging D01 模擬場的模擬結果。



圖五、2000年TRMM衛星降雨資料及使用CESM作為IC、BC之模擬結果，區分為五個季節，分別為冬季(DJ)、春季(FMA)、梅雨季(MJ)、夏季(JA)、秋季(SON)。

