

區域波譜模式架構於個人電腦 Linux 作業平台上預報策略之初步研究

蔡晉東¹ 潘大綱¹ 呂芳川² 莊漢明³

1 空軍氣象中心 2 中正理工學院 3 美國國家環境預報中心

摘要

本研究主要使用美國國家環境預報中心 (National Centers for Environmental Prediction, 簡稱 NCEP) 1997 年版巢狀區域波譜模式 (Regional Spectral Model, 簡稱 RSM) 架構於 Linux 作業平台, 以探討東亞地區寒潮爆發個案, 模式對綜觀天氣系統演化的掌握能力; 另就預報時效性問題, 擬定四組巢狀網格預報策略實驗, 藉以了解使用個人電腦為工具最佳作業策略。

透過均方根 (Root Mean Square, 簡稱 RMS) 偏差檢驗 120 小時預報與實際觀測之誤差, 研究結果顯示各組實驗均可合理掌握大陸冷高壓南下勢力及華南雲帶的演變。此外無論 RSM 使用全球模式或區域模式粗網格的資料作為基本場與邊界值, 在 30 公里或更高的空間解析度上均可獲得相近的預報結果。由於模式輸入場以中央氣象局全球模式初始場與預報場作為模式基本場與邊界值, 運用相近於全球模式解析度的大範圍 G2RA120 模組的粗網格作為過渡模組來穩定模式積分, 有助於提昇細網格的預報結果。二重巢狀模組的實驗一 G2RAC30 不僅於 72 小時內預報較三重巢狀模組的控制組 G2RABC30 理想, 如此預報策略亦可有效節省電腦運算資源, 提昇預報的時效性。

運用於本研究之個人電腦 Linux 作業環境來執行東亞地區有限區域的天氣預報, 實驗中最佳的預報策略即實驗一的二重巢狀模組, 經評估在單機上電腦運算時間約 12 個小時內即可完成 120 小時的預報, 未來應用個人電腦平台於數值天氣預報作業或研究上均有相當的潛力。

關鍵字：區域波譜模式、均方根

(2002 年 2 月 08 日收稿; 2002 年 2 月 20 日定稿)

一、前言

隨資訊科技進步的里程日新月異, 電腦處理運算的能力亦相對地突飛猛進, 為數值天氣預報創造了有利的客觀環境, 亦使數值天氣預報的發展與應用層面更為廣闊(鄭, 2000; 潘, 2000)。利用客觀的數值天氣預報不僅可彌補主觀天氣預報的弱點, 同時可提昇天氣預報準確度, 定性上除能掌握天氣變化趨勢外, 在定量上亦可對造成災害的各種氣象參數予以合理的估擬, 如此天氣災害所帶來的危害得以預警及防範, 故顯見應用數值模式於天氣預報上儼然已成為作業單位未來必然之趨勢。目前不論作業或研究單位使

用超級電腦或工作站作為數值天氣預報的作業平台, 此等級的電腦在採購與維護上需耗費相當大的物力及人力, 而個人電腦運算速度隨科技進步亦大幅度地進步中, 陳等(2001)曾使用個人電腦上 Linux 作業平台叢集平行運算系統應用在數值天氣預報的測試, 說明未來運用此作業系統於大氣數值計算上具有相當大的潛力。

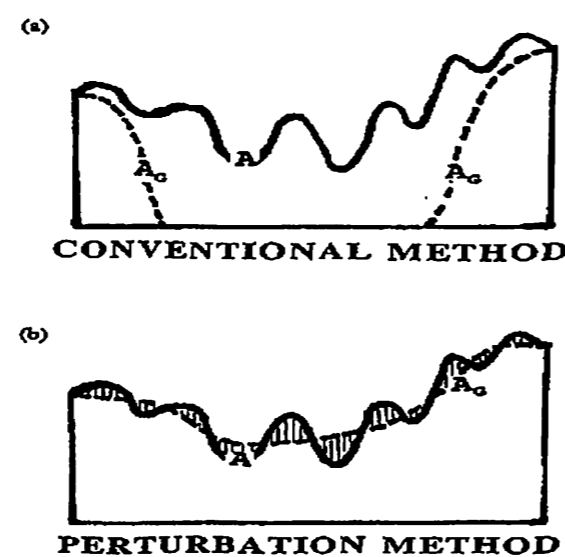
一般而言, 全球模式的解析度受限於資源之限制, 因此往往無法太細, 是故無法解析較小尺度之天氣系統, 為突破此一限制, 世界上作業或研究單位多應用較高解析度的有限區域數值天氣預報模式, 搭配全球模式而形成一巢狀模組來對所敏感的區域執行天

氣預報，以提高數值模式的實用價值。如：NCEP Eta Model (Black,1994)；NCEP RSM (Juang 等,1997; Juang,2001)；美國大氣研究中心 (National Center for Atmospheric Research, 簡稱NCAR)的第五代中尺度模式 MM5 (Grell 等,1994)；區域大氣模式 (Pielke 等,1992)等。

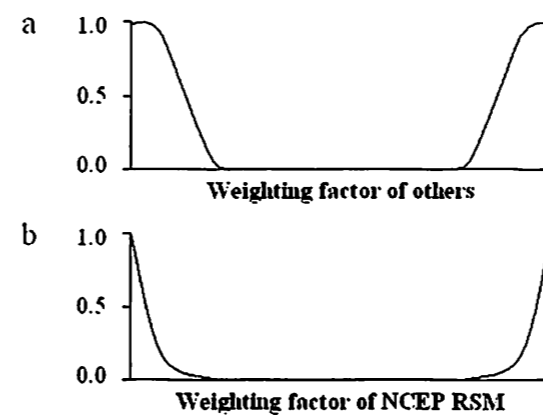
數值方法可概分為有限差分法、有限元法與波譜法，一般而言，波譜法具以下的優點：沒有截斷誤差 (truncation error)、轉折誤差 (aliasing error)與相位誤差 (phase error)等 (Orszag,1970)。Jurraud 等(1981)指出比較波譜法與有限差分法於全球模式上的差異，在使用實際的觀測資料作數值天氣預報，前者明顯地優於後者，對於相同的預報誤差率，前者較後者可多預報6到9小時。考慮提高有限區域模式的預報精確度，最直接的方法即保留高階的有限差分法。然而，提高有限差分法的階次，將大幅地增加計算程式的複雜性以及邊界處理的困難度，因此目前作業泰半均限制有限差分法的階次至六階 (Campana,1979; Purser, and Leslie, 1988)。應用波譜法於有限區域模式時無上述缺點，唯對隨時間而變之側邊界條件需謹慎處理。

由於波譜法具有相當多的優點，Juang and Kanamitsu (1994) (簡稱JK94) 改進Hoyer (1987)將氣象變數分成基值與擾動量的方法，建立美國國家環境預報中心的有限區域波譜模式，採用傳統有限區域模式常用的地圖直角坐標與動量方程 (Momentum Equation)。Juang等(1997) (簡稱JHK97)進一步發展改良JK94為多重巢狀界面的區域波譜模式，另對邊界的處理、地圖投影因子及模式物理亦作部份的改進。傳統的有限區域模式將全球模式的訊息只傳入邊界區(如圖1a)，隨時間變化的大尺度運動訊息，可傳進有限區域模式整個積分區域內(如圖1b)。波譜模式的擾動法將氣象變數值分成基本場與擾

動場(斜線區域)兩部分，基本場為全球波譜模式或粗網格的預報值，如此可以滿足有限區域模式隨時間變化的側邊界條件；RSM/NCEP邊界所使用緩和側邊界係數(圖2b)又明顯較傳統格點模式(圖2a)為小。根據Juang (2001)以1997年1月3日1200UTC個案測試結果發現波譜模式邊界所產生的錯誤及影響很小，亦即積分區域內的非線性強迫作用遠大於側邊界強迫作用，Juang(2001)強調多數的傳統模式巢狀網格策略稱為巢狀側邊界嵌入(lateral boundary nesting)，但RSM運用擾動法來計算細網格的量場值，故在物理空間中稱為巢狀積分區域嵌入(domain nesting)，而波譜空間則為巢狀波譜嵌入(spectral nesting)。



圖一 a、b分別為傳統方法與擾動法處理任一氣象變數在區域積分範圍中之一維的振幅。其中A為區域模式積分範圍氣象場的值，AG為全球波譜模式所提供的氣象場，而圖b中斜線為區域模式中氣象場的擾動量。(摘自Jaung et al. 1997)



圖二 一維區域範圍上的緩和係數之振幅示意圖，a為多數的區域模式，b為NCEP RSM。(摘自Juang 2001)

RSM/NCEP應用在美國地區的天氣預報作業，表現得相當理想，目前已正式成為NCEP作業模式之一。近年來RSM對東亞地區的天氣預報上的研究亦愈益普及，如中華民國海軍於82年7月1日至87年6月30日委由中正理工學院應物系發展「大氣預報模式」，王等(1998)引進NCEP JK94為主要架構，建構三重靜力巢狀區域波譜模(簡稱NVJK94)，對東亞天氣系統掌握有不錯的表現。而對冬季影響台灣地區天氣的天氣系統之預報，陸續亦有相當多的個案測試(王等1997、1998；于等1998；Hor等 2001)，模式對綜觀天氣系統的預報皆能有效的掌握。另外，蔡等(2000)運用三重巢狀波譜模式，對SCSMEX IOP2個案梅雨鋒面的預報模擬研究指出，靜力RSM模組對綜觀天氣系統、梅雨鋒面及南海和台灣地區定性降水，有相當程度的預報能力，以上說明模式對東亞地區冬季及梅雨季之天氣系統預報上，RSM的表現已漸趨成熟。

二、研究動機

有於電腦資源的限制，本研究嘗試於Linux作業系統上運用JHK97巢狀區域波譜模式，探討使用中央氣象局全球模式初始場

及氣象參數趨勢，RSM在東亞地區寒潮爆發個案中，對於綜觀天氣系統的掌握能力及評估JHK97 Linux版本應用於天氣預報上的可行性。同時，考量預報時效性的問題，透過擬定相關預報策略實驗，了解最佳的作業預報策略為本研究的最後動機，期望此結果作為爾後模式上線作業的參考。

三、實驗設計：

在模式的輸入場資料選取上，我們使用中央氣象局全球模式T80垂直解析度18層的輸出場作為區域波譜模式的基本場及邊界值，於72小時內每12小時讀入全球模式的預報場乙次，之後則為每24小時提供預報場乙次至120小時。個案選取2001年12月18日1200UTC寒潮爆發作為模式預報的初始時間，並參考現行海軍氣象中心作業方式，作為控制組預報策略設計之參考，據此設計了三組不同實驗，藉以了解JHK97年版對於東亞地區冬季寒潮爆發時綜觀天氣的掌握能力，及最佳的作業策略。

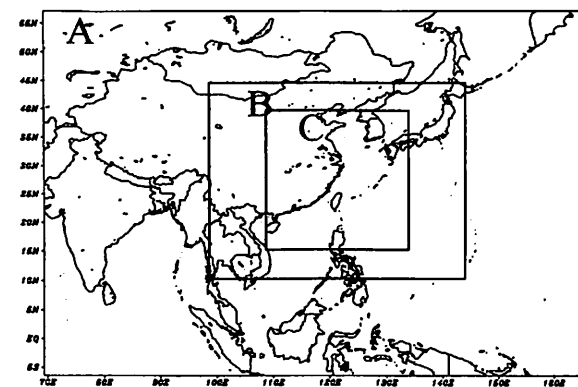
四組測試預報實驗的積分區域示意圖如圖三所示，其中最外重模組積分區域稱為A網格，第二與最內重網格分別以B、C網格代表。各組實驗的空間、時間步長及細網格的輸入場設計如表一所示，實驗名稱定義介紹如後，G2R表全球模式至巢狀區域模式；其後的A、AB、ABC、AC、B、BC、C分別表巢狀網格的積分策略，如ABC為三重的巢狀積分策略，由最外重為A網格，再進入第二重B網格，最內重則為最高解析度的C網格，以此類推；而數字120、60、30分別表空間解析度，各組實驗的最內重巢狀網格的空間解析均為30公里。控制組為三重巢狀網格，實驗一、二均為二重巢狀網格，實驗三則為一重巢狀網格，即由全球模式的直接進入30公里空間解析度執行預報。

表一 四組實驗設計詳表。

實驗名稱	實驗模組	空間解析度	時間解析度	格點數	基本場
控制組	G2RA120	120 公里	240 秒	81*65	中央氣象局全球模式 (T80)
控制組	G2RAB60	60 公里	120 秒	81*67	G2RA120
控制組	G2RABC30	30 公里	60 秒	81*91	G2RAB60
實驗一	G2RA120	120 公里	240 秒	81*67	中央氣象局全球模式 (T80)
實驗一	G2RAC30	30 公里	60 秒	81*91	G2RA120
實驗二	G2RB60	60 公里	120 秒	81*67	中央氣象局全球模式 (T80)
實驗二	G2RBC30	30 公里	60 秒	81*91	G2RB60
實驗三	G2RC30	30 公里	60 秒	81*91	中央氣象局全球模式 (T80)

表二 各組實驗設計所使用的模式物理過程表中“√”與“×”符號分別表選取或不選取該項物理過程。

物理過程 實驗名稱	輻射物理	淺雲參數化	水氣調整參數	水文過程	地表和邊界層物理	重力波平滑與垂直擴散	SAS 積雲參數化	大尺度(格點)降水	顯式雲物理過程
G2RA120 G2RAB60 G2RB60	√	√	×	√	√	√	√	√	×
G2RABC30 G2RAC30 G2RBC30 G2RC30	√	√	×	√	√	√	√	×	√



圖三 模式積分區域示意圖 A、B 與 C 分別表大中小積分區域。

表三 為 A、B 與 C 網格執行 120 小時預報 CPU 所耗費之時間估算表。

	CPU Time (Hour)
A Domain	1.25
B Domain	2.44
C Domain	10.1

模式的控制組實驗的設計大致上與目前 NVJK94 三重巢狀模組之設計相似，最大不同處為積雲參數化的使用，NVJK94 為 Kuo 氏積雲參數化，而 RSM 則為 SAS (Simplified Arakawa-Schubert Scheme)。表二為 JHK97 可應用的模式物理過程，相同的物理過程設計運用於 A 或 B 網格，除不使用三濕變數顯式預報雲物理模式(簡稱 3cloud)與水氣調整參數外，其餘的物理過程均採用；相較於 A、B 模組，C 模組最大不同處為納入 3cloud，即將單一溼變數 qv 轉換為三濕變數 qv 、 qci 、 qrs (水汽，雲滴，雨滴及雪)，且不使用水氣調整參數與大尺度(格點)降水的假設。

本研究所使用的區域波譜模式架構於個人電腦 Linux 7.2 作業平台上，目前使用 PGI Fortran 77 及 C 語言測試版編譯程式、中央處理器(CPU)為 Pentium 4 時脈 1.5G 赫

茲、768 百萬位元(Migabyte)記憶體。為了掌握模式的預報時效，表三為 A、B 與 C 網格模式執行 120 小時預報中央處理器所使用之時間 (CPU Time)估算，表中所列時間不含模式處理執行程式碼編譯與讀解全球模式資料之時間，由於 C 網格使用 3cloud 雲物理過程，空間解析度為最高，故在預報過程中所花費的 CUP Time 亦相對地增加。

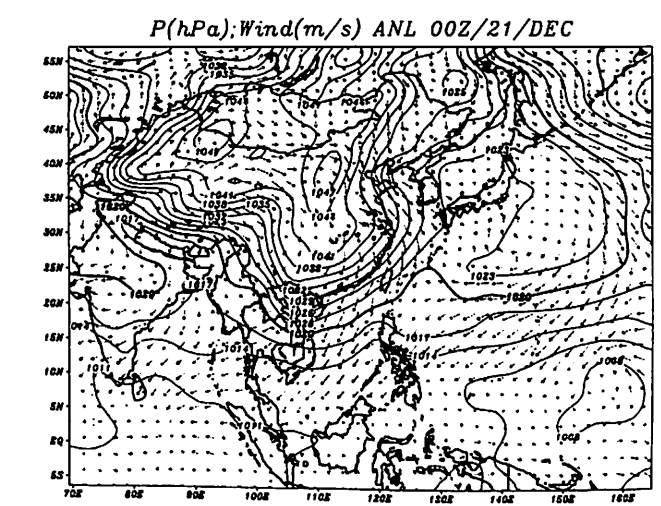
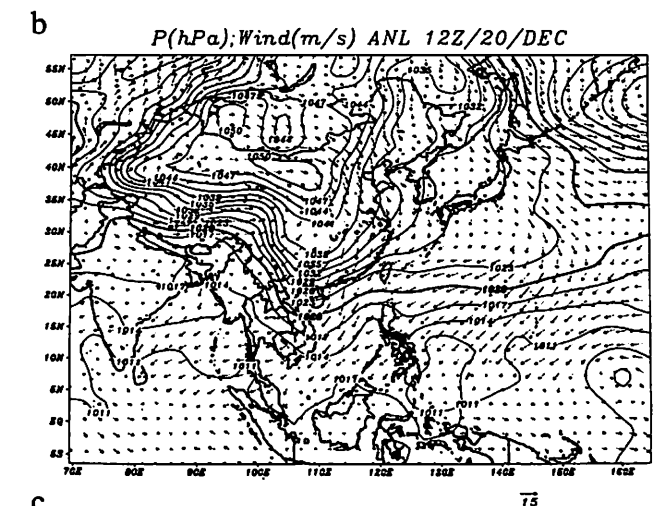
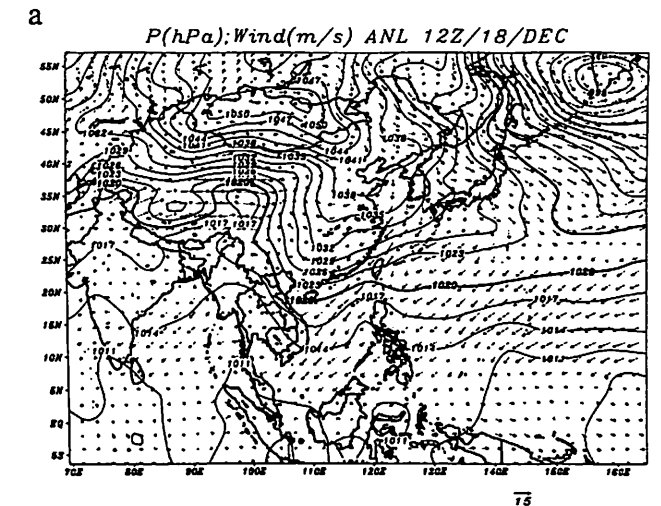
四、綜觀天氣分析：

由 2001 年 12 月 18 日 1200UTC 綜觀天氣圖顯示大陸冷高壓中心位於外蒙古(如圖四 a)，其勢力向南伸展至本省附近，此時紅外線衛星雲圖可見鋒面雲系由日本東南方海上向西南沿伸至海南島附近(如圖五 a)，隨後於 20 日 1200UTC 大陸冷高壓勢力持續南下，經陝西、四川至廣西省一帶(如圖四 b)，圖四 a 中影響本省的鋒面雲系已東移至東經 140 度以東(圖略)，21 日 0000UTC 另一新生的鋒面中心位於日本附近(如圖四 c、五 b)，冷鋒由此西南沿伸至本省東北部外海，圖十中細實線為本省板橋測站 18 日 1200UTC 至 23 日 1200UTC 所觀測地面溫度變化，說明 18 日 1200UTC 時本省受大陸冷氣團影響並無明顯降溫，而 20 日 1200UTC 後板橋測站溫度顯著由 19 C 下降至 11 C，隨大陸冷高壓勢力減弱及東移(圖略)，板橋測站溫度在 22 日後緩慢回升。

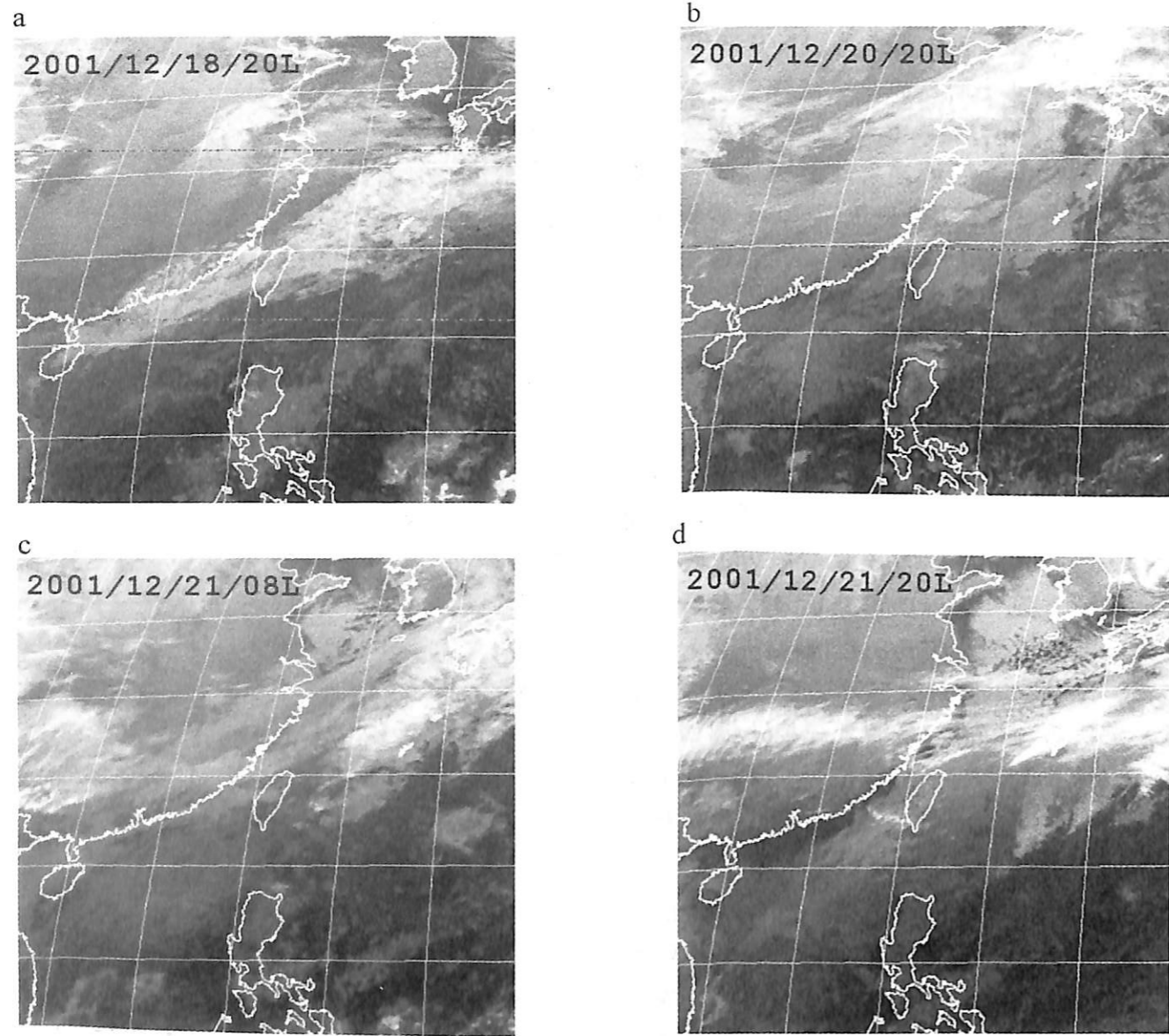
五、研究分析

(一)模式預報結果

控制組最外重模組 G2RA120 所使用之初始場如圖四 a 所示，圖七 a、b、c 分別為 2001 年 12 月 20 日 1200UTC 模式第 48 小時預報，同時間分析場及全球模式預報場如圖四 b、



圖四 a、b 與 c 分別為 2001 年 12 月 18 日 20 日 1200UTC 與 21 日 0000UTC 分析場，每 3hPa 為間距的海平面氣壓場，箭號為風場(m/s)，風速大小如圖右下角風標所示。



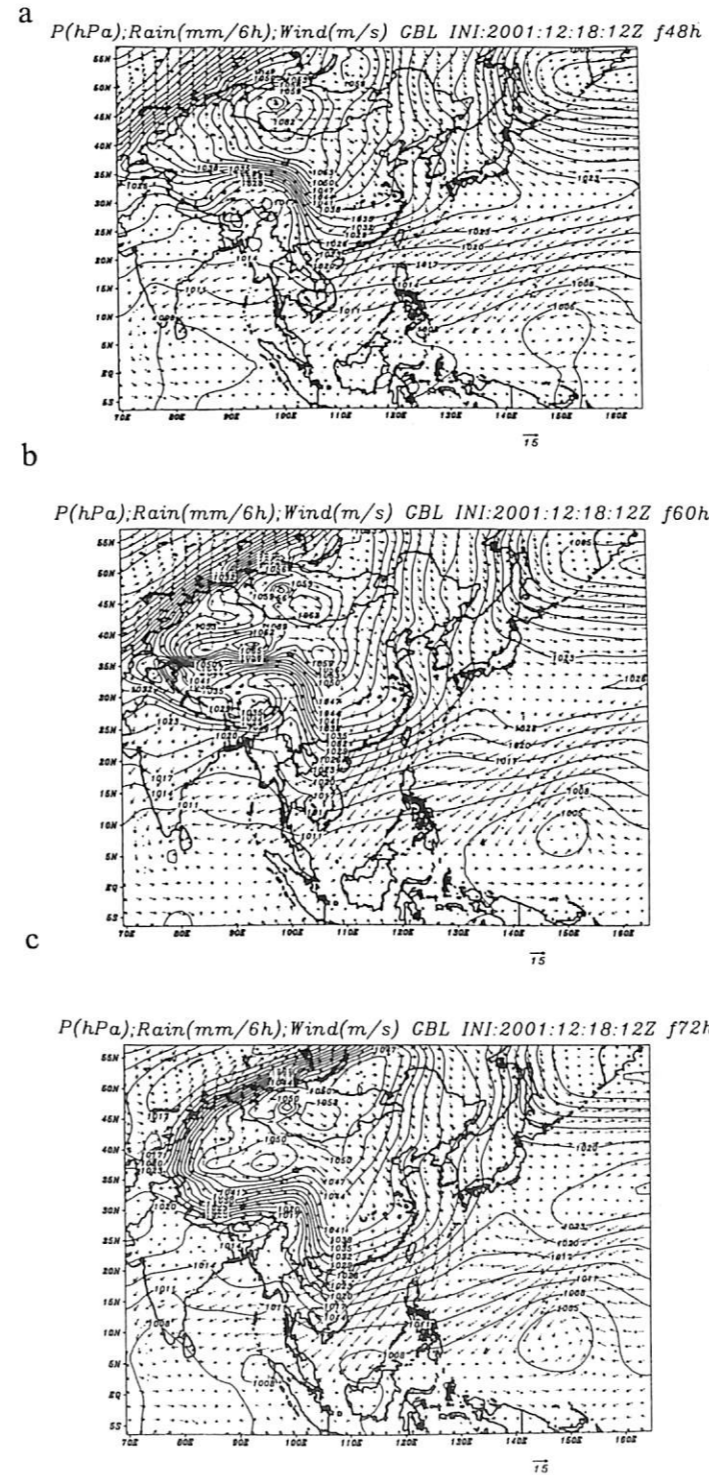
圖五 a、b與d時間同圖三但為紅外線衛星雲圖，c為21日0000UTC。

六 a 所示，分析場中大陸冷高壓中心位於河套一帶，勢力持續向南伸展至海南島附近，與 G2RA120 模組預報場綜觀天氣系統之配置較相近，而全球模式所預報之大陸冷高壓中心勢力略偏強，位置略偏北。而 G2RAB60 與 G2RABC30 模組之預報場與 G2RA120 之結果相近，但隨空間解析度的提高，雖使用同解析度的地形資料，因差異的波數截斷 (wave truncation) 所解析的地形高度亦不同，故因地形強迫作用位於華南與台灣一帶之質

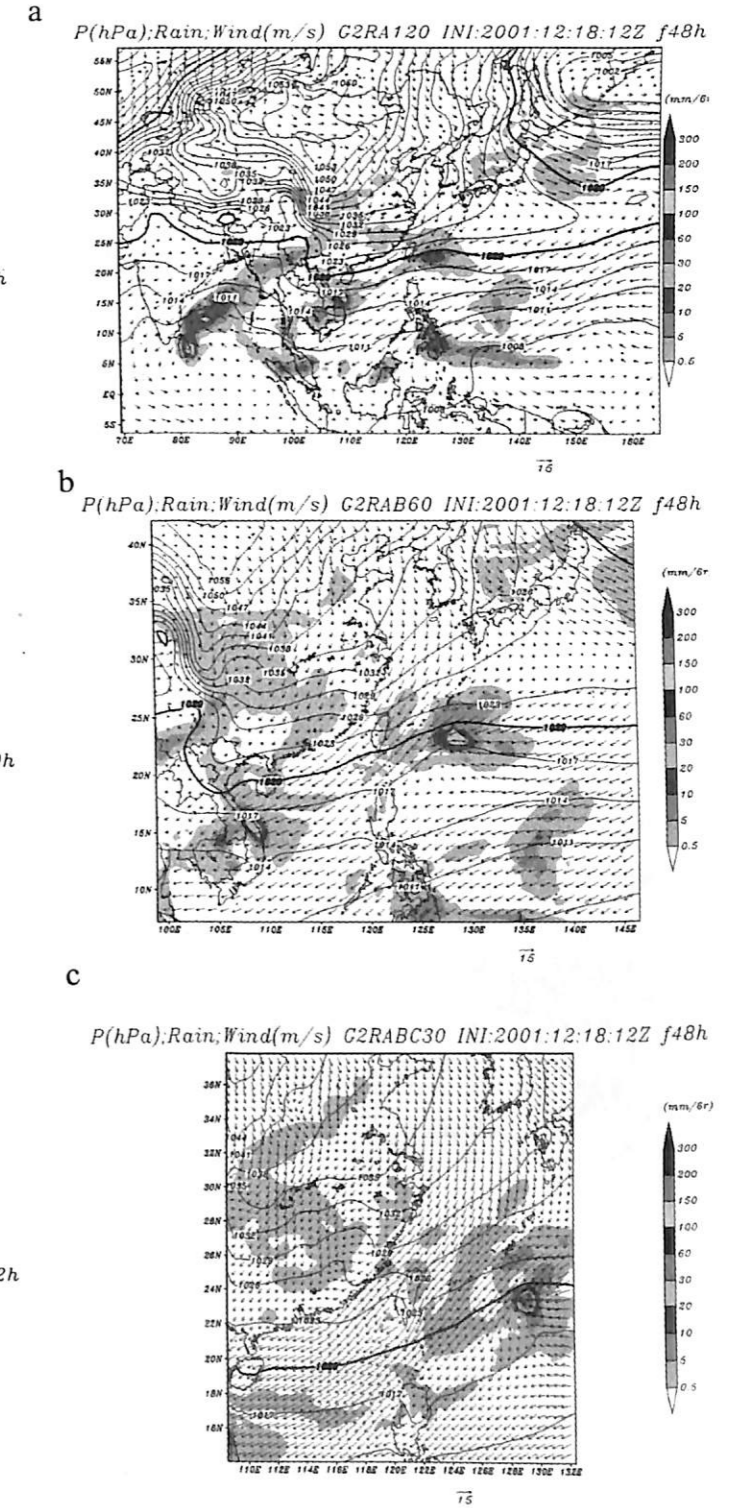
量場變化，最高解析度 G2RABC30 模組可更精細地預報，且由於 G2RABC30 使用 3cloud 顯式雲物理預報模式，由累積降雨量分布，定性上相較於圖五 b 紅外線衛星雲圖之結果，較另二組實驗結果理想。

圖八 a、b與c分別為第60小時之預報場，分析場中大陸冷高壓中心略向東緩移，其勢力明顯成南北走向(圖四c)，此時由板橋測站所觀測地面溫度已逐漸下降，至22日清晨溫度約僅攝氏11度左右。另外，日本附近

有一新生波動逐漸形成，對此一綜觀天氣型態之預報，G2RA120 模組較全球模式預報(如圖六c)接近分析場，相似的结果如前模式第48小時預報所分析。

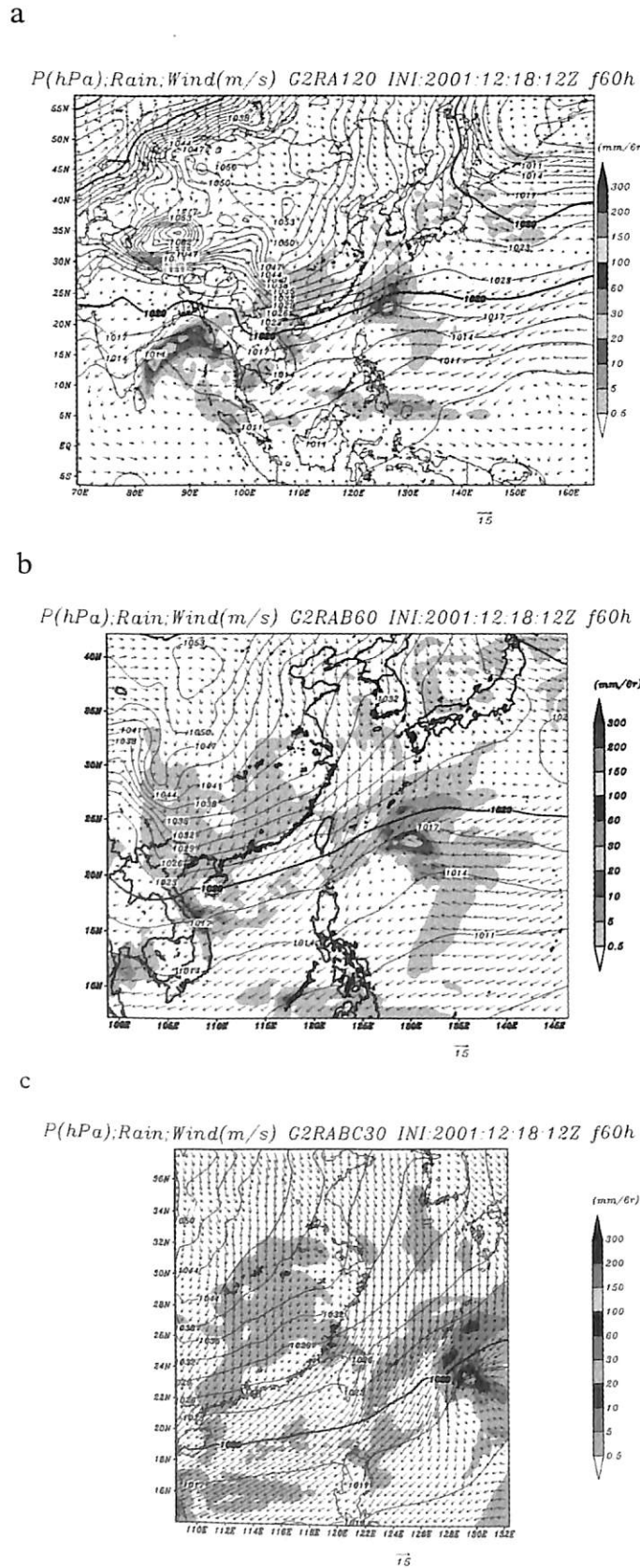


圖六 a、b同圖三，但為中央氣象局全球模式預報結果。



圖七 a、b與c分別為控制組第48小時G2RA120、G2RAB60與G2RABC30預報場，實線為每3hPa間距的海平面氣壓場；箭號為風場(m/s)，風速大小如圖右下角風標所示；陰影區G2RA120與G2RAB60為每6小時、G2RABC30為每3小時之累積降雨量，雨量大小參考

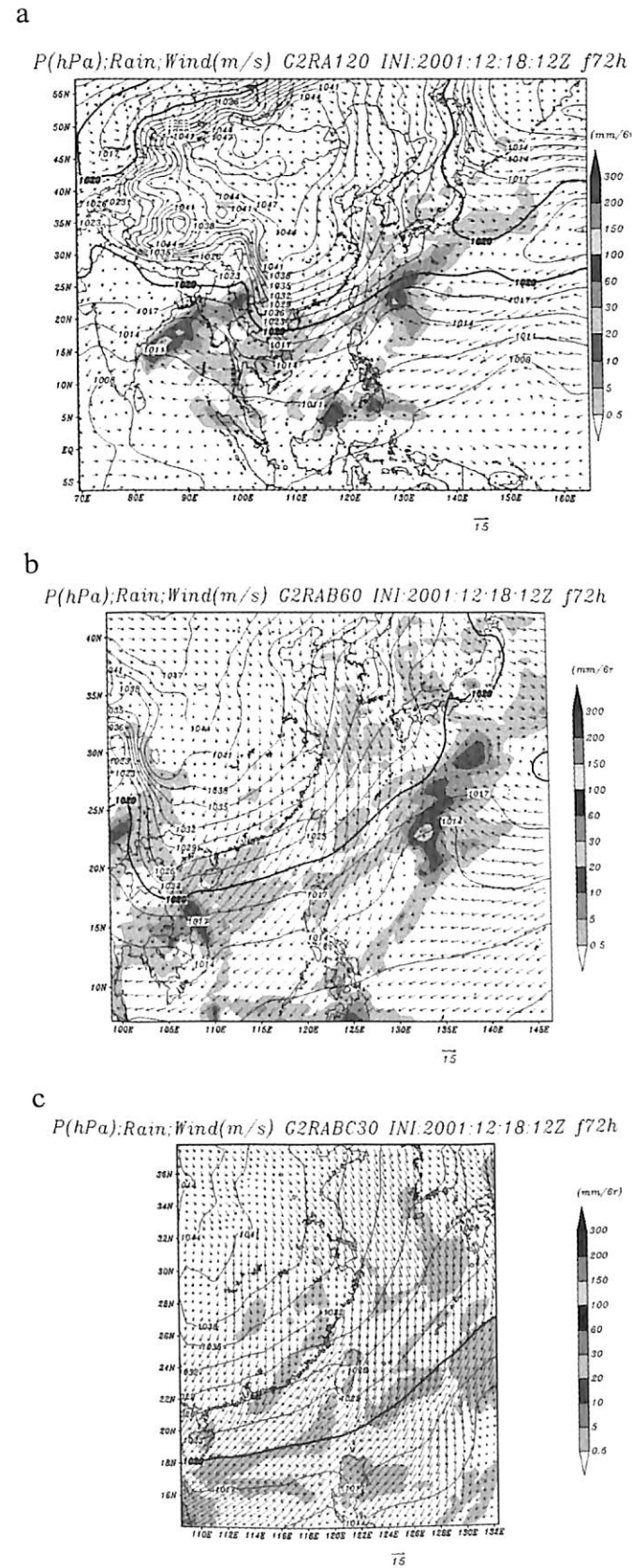
右側色標。



圖八 同圖七但為控制組第60小時預報結果。

第72小時控制組預報如圖九所示，分析場(圖略)及衛星雲圖(圖五d)中及大陸冷高壓勢力之預報，大體上與控制組預報結果相似，而全球模式預報大陸冷高壓中心(如圖六c)相較於分析場亦略偏強，另位於日本東南方海上之鋒面雲帶，與控制組預報之位置大致上相近，且由G2RA120第60小時與72小時預報累積降水量演進，顯示鋒面雲系的發展趨於成熟。此期間位於日本南方海面、東海、與華南一帶雲系之移動及發展，紅外線衛星雲圖於上述地區雲量仍偏多(如圖五c)，相較於控制組三組實驗預報累積降雨量(如圖八)，定性上模式亦可捕獲雲系形成位置，而後隨冷高壓南下，華南地區之雲系亦持續向東南移出華南且逐漸消散(如圖五d)，控制組對於此雲系的演變，亦均可合理地掌握(如圖九)。由於區域模式使用全球模式分析場及預報場作為基本場與邊界值，然於第84至120小時預報，此期間分析場中大陸冷高壓勢力已開始減弱並逐漸東移出海(圖略)，而全球模式預報場冷高壓勢力則明顯偏強、位置偏西，G2RA120預報大陸冷高壓配置大致上與全球模式相近(圖略)。同時，圖十觀測場板橋測站此期間溫度亦緩慢回暖，但全球模式與G2RA120北部地區1000hPa溫度預報，與觀測場溫度轉變趨勢出入較大。上述差異意謂著當全球模式預報場提供大尺度運動訊息誤差較大時，透過區域模式動力與物理調整後所修正的大尺度偏差幅度仍為有限。

以上大致說明G2RA120模組應用於2001年12月18日東亞地區寒潮爆發個案五天預報中，對於綜觀天氣系統已有相當程度的預報能力，且三天內模式預報表現為較理想，個案中全球模式對於大陸冷高壓勢力之預報均略為偏高，而區域波譜模式控制組對於大陸冷高壓的勢力預報則較接近分析場結果，且隨空間解析度的提高，模式的預報亦



圖九 同圖七但為控制組第72小時預報結果。

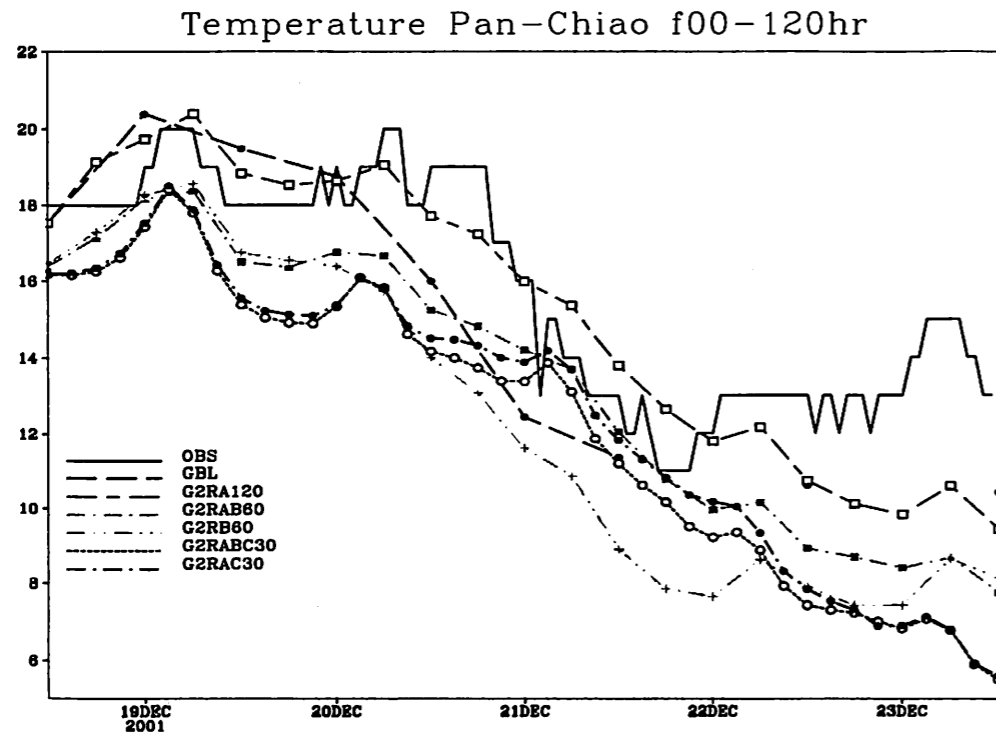
更為精細，顯示模式降尺度的觀念可合理地被應用於巢狀區域波譜模式。另蔡(2001)應用

NVJK94三重巢狀模組於2000年寒潮爆發個案研究發現相較於全球波譜模式最外重模組所預報的冷高壓勢力不僅向西伸展且更往南推，而個案中控制組三組實驗對冷高壓南下勢力之預報上，質量場並無此一問題，推論或許由於JHK97修正JK94處理地圖投影因子後的結果。

(二)預報策略測試

由前面控制組預報模擬顯示三重巢狀區域波譜模式對綜觀天氣系統之演變具有不錯的預報能力，為節省模式計算時間，提高模式預報時效，我們根據控制組之預報策略另外設計三組實驗，透過統計的方法上RMS偏差，定量掌握各組實驗預報結果，期望了解區域波譜模式應用於東亞地區天氣預報上最要佳之預報策略。

圖十一 a、b與c分別為各組實驗在A、B與C網格中模式預報120小時每12小時相較於分析場之海平面氣壓場RMS偏差值，唯一不同之處為a圖中全球模式的資料處理，模式輸入場為中央氣象局全球模式之分析場及預報場，全球模式預報場第72小時前每12小時有一筆預報場，第72至120小時預報場間距則為24小時。Harr與Groscup(1988)提出RMS之誤差隨時間增長而增大，冬天預報值較夏天為大。由於選取冬天寒潮爆發個案，圖a之實線全球模式亦顯示此一特性，但第12小時海平面氣壓預報場之RMS迅速增大4百帕，此後約呈1百帕振盪成長。相同的預報趨勢如a圖虛線G2RA120所示，平均而言，RMS之偏差G2RA120較全球模式約小1百帕；圖十二a為500百帕G2RA120及全球模式相較於分析場重力位高度RMS之偏差，a圖中顯示全球模式RMS偏差約在60個重力位公尺以下，而G2RA120模組大致上預報趨相近於全球模式，24至108小時間RMS平均偏差略高於全球模式10-20重力



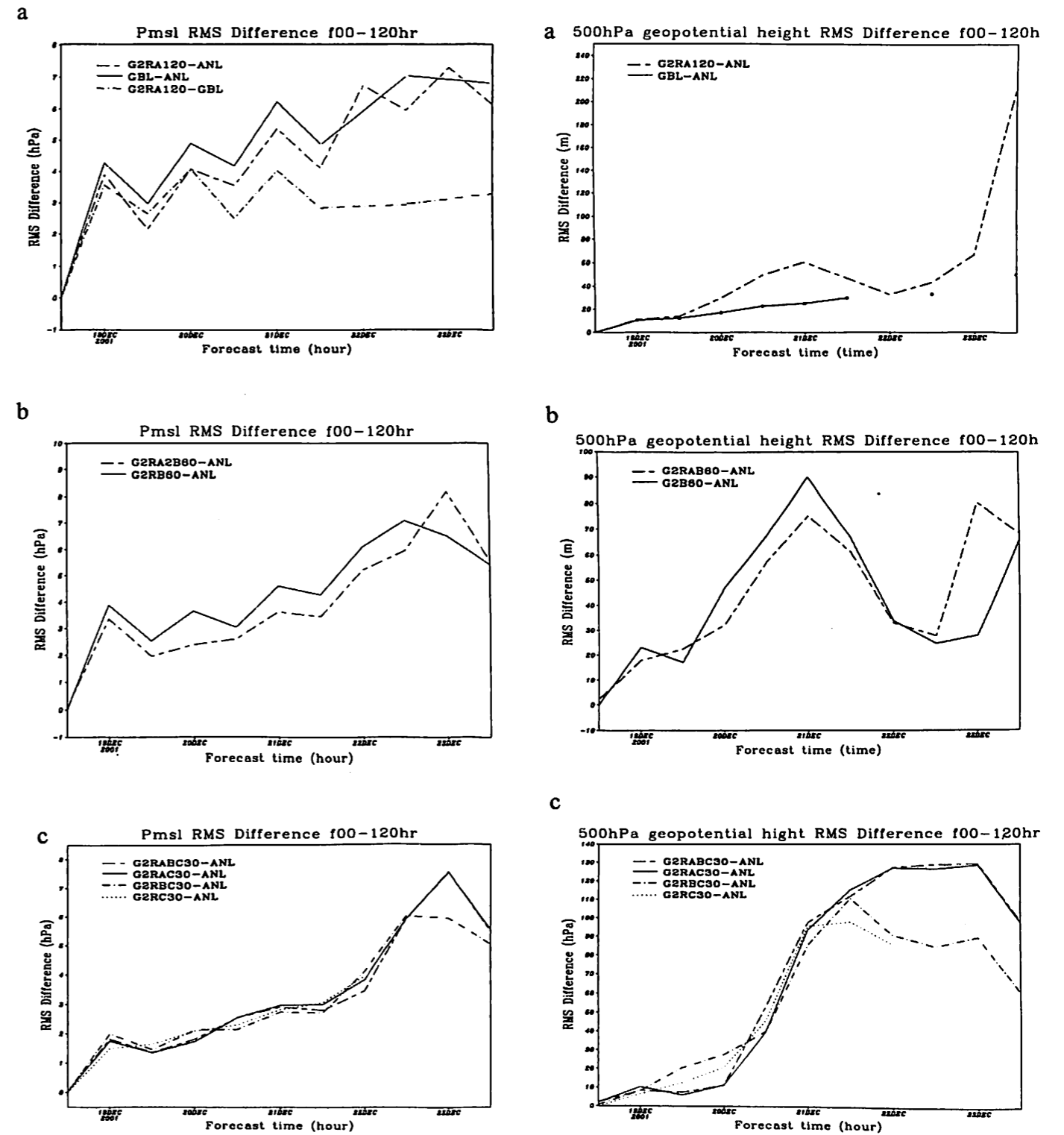
圖十 2001 年 12 月 18 日 1200UTC 至 23 日 1200UTC 板橋測站溫度(°C)時間序列剖面圖，橫座標為日期，縱座標為溫度，細實線表觀測值，粗虛線為全球模式 1000hPa 預報值，餘各線條參考圖左下角說明。

位公尺，唯 120 小時 RMS 偏差較大。以上說明雖於全球模式的動力與物理和區域波譜模式略為不同，經由區域模式調整後，質量場預報上大體與全球模式相近。

圖十一 b 實線與虛線分別表 B 網格中控制組 G2RAB60 與實驗二 G2RB60 之海平面氣壓場 RMS 之偏差，此二組實驗差異為使用不同的輸入場，控制組與實驗二各為 G2RA120 與全球模式 T80 資料，由於 B 網格之積分區域約為 A 網格四分之一，G2RAB60 相較於圖 a 中 G2RA120 海平面氣壓報場 RMS 之偏差為小，且經過 G2RA120 模組的動力及物理調整後之結果作為 G2RAB60 之基本場與邊界值，海平面氣場 RMS 變化趨勢較圖十一 a 中使用全球為輸入場的 G2RA120 與圖十一 b 中 G2RAB60 二組實驗更平滑，亦即 G2RAB60 模組有較佳的穩定性，同時亦

顯示 G2RAB60 海平面氣壓場的預報結果較 G2RB60 更接近分析場，平均值約 1 百帕；圖十二 b 分別為 G2RAB60 與 G2RB60 500 百帕重力位高度 RMS 偏差，G2RAB60 重力位高度 72 小時內較 G2RB60 偏差量小，約 5-10 重力位高度。此結果意謂全球模式的輸入場動力與物理與區域模式不盡相同時，使用相近於全球模式解析度的大範圍粗網格作為過渡的網格模組，來提供一致的物理及動力給下游巢狀網格，作為穩定巢狀區域模式的積分是需要的。

圖十一 c 分別為 G2RABC30、G2RAC30、G2RBC30 與 G2RC30 之海平面氣壓 RMS 偏差，四組實驗結果相近。由圖十二 c 四組實驗 500 百帕的重力位高度 RMS 偏差，G2RAC30 之 RMS 偏差仍為最接近控制組 G2RABC30，且較控制組表現理想，反觀



圖十一 a 為控制組 G2RA120(虛線)與全球模式(實線)相較於分析場預報 120 小時海平面氣壓均方根差、圖 b 與 c 同圖 a，但為 B、C 積分區域各組實驗海平面氣壓均方根差，線條說明參考圖左上角。

圖十二 同圖十一，但為 500hPa 重力位高度。實驗二 G2RBC30 與實驗三 G2RC30，重力位高度 RMS 偏差量 12 小時 RMS 偏差相近，48 小時前值則略偏高，48 至 72 小時間四組實驗

的結果相近，此後實驗二、三的 RMS 偏差趨勢相近，而控制組與實驗一預報相近。

由前一章節分析全球模式於 72 小時後在大陸冷高壓勢力移動逐漸偏離分析場，G2RA120 之預報結果大致上趨勢相近於全球模式，顯示全球模式提供較正確的大尺度的訊息，72 小時內使用 G2RA120 過渡模組穩定模式積分，控制組的三重巢狀模組及實驗一的二重巢狀模組對於高低層預報可得到一致性且較合理預報的結果，而未使用大範圍 A 網格作過渡模組，雖 C 網格海平面氣壓預報相近，但高層則產生較差的預報結果。此結果更明確指出 G2RA120 在穩定區域波譜模式積分的重要性，且實驗一的二重巢狀模組不僅可較控制組的三重巢狀模組節省模式的運算時間，且亦得到較理想的預報結果。

六、小結與展望

本研究運用架構於 Linux 作業平台上 JHK97 之 RSM 預報東亞地區天氣，個案研究顯示各組實驗對大陸冷高壓南下勢力及華南雲帶的演變，在綜觀天氣尺度上均可合理掌握。由於模式輸入場以中央氣象局全球模式初始場與預報場作為模式基本場與邊界值，運用相近於全球模式解析度的大範圍 G2RA120 模組的粗網格作為過渡模組來穩定模式積分，有助於提昇細網格的預報結果，亦即控制組與實驗一有較為理想表現，而二重巢狀模組的實驗一 G2RAC30 不僅於 72 小時內預報較控制組 G2RABC30 理想，且此預報策略亦可有效節省電腦運算資源，提昇預報的時效性。使用中央氣象局全球模式的輸出場作為模式的輸入場為不錯的選擇，唯區域波譜模式使用擾動法來計算細網格的氣象量場，當全球模式所提供的大尺度預報訊息偏差較大，將影響區域波譜模式對天氣系統解析的正確性，換言之若全球模式對行

星尺度的天氣系統掌握愈理想，理論上區域波譜模式對天氣演化的掌握則可愈精確。

就模式的測試環境而言，實驗一的二重巢狀模組於 120 小時預報於 12 小時內即執行完所有預報工作，且最高空間解析度達 30 公里，顯示運用個人電腦來執行數值天氣預報或研究均具有當相當之潛力與可行性。

數值天氣預報為一門相當複雜的科學的與技術，時效性的掌握是成功數值天氣預報關鍵之，未來區域波譜模式應用行化處理技術後，可大幅地提昇模式預報之時效性，並降低作業的成本。

參考文獻：

- 王金慶、呂芳川、陳曉華、何台華，郭漱冷、于宜強、莊漢明、蘇良石，1998：“區域波譜預報模式對冷高壓南下現象之探討”，中央氣象局天氣分析與預報研討會論文集，台北，第 1 冊氣象，第 231-263 頁。
- 王金慶、呂芳川、陳曉華、何台華，郭漱冷、于宜強、莊漢明，1998：“區域波譜預報模式在霧預報上的應用”，航空氣象分析與預研討會，台北，第 113-119 頁。
- 王金慶、陳曉華、呂芳川、郭漱冷、于宜強、莊漢明、蘇良石、何台華，1997：“巢狀區域波譜模式在東亞地區的應用”，第六屆國防科技研討會論文集，桃園，第 677-683 頁。
- 于宜強、鄭竹齊、陳曉華，1998：“海軍區域數值天氣預報之研究”，中央氣象局天氣分析與預報研討會論文集，台北，第 1 冊氣象，第 237-242 頁。
- 鄭明典 2000:數值天氣預報近期的發展趨勢，八十九年國軍氣象學術研討會暨短期講學論文集，22-27。
- 潘大綱 2000:數值天氣預報在軍事上的

應用，氣象預報與分析第 165 期，30-35。

陳正達、簡芳菁、黃國展 2001:個人電腦叢集平行運算系統在大氣科學數值計算運用的潛力初探，第七屆全國大氣科學學術研討會，第 321-324 頁。

蔡晉東、呂芳川、王金慶、莊漢明，“巢狀波譜模式在梅雨鋒面預報的個案研究，2000:”第一屆全國大氣科學研究生學術研討會，台北，第 18 頁。

Hor, T. W., Lu, F. C., Tsay, J. D., Junag, H. -H. M., 2001: “Application Strategy of NCEP/RSM and NCEP/MSM Models over the Southern China and Taiwan Areas,” 3rd International RSM Conference., Taipei, Taiwan.

Campana, K. A., 1979: “Higher Order Finite-Differencing Experiments with a Semi-Implicit Model at the National Meteorological Center.” Mon. Wea. Rev., Vol. 107, No. 4, pp. 363-376.

Juang, H. -M. H., Kanamitsu, M., 1994: “The NMC nested regional spectral model.” Mon. Wea. Rev., Vol.122., pp.3-26.

Juang, H. -M. H., Hong, S. Y., Kanamitsu, M., 1997: “The NMC regional spectral model: An Update.” Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 78, NO. 10, pp.2125-2143.

Juang, H. -M. H., Hong, S. Y., 2000: ” Sensitivity of the NCEP Regional Spectral Model to Domain Size and Nesting Strategy ”, Mon. Wea. Rev., Vol.129.,pp.2904-2922.

Jurraud M., Girard C., Cubaschet U., 1981: “Comparison of medium. range forecasts made with models using spectral and finite difference techniques in the horizontal.”, ECMRF Technical Report, No. 23, pp.96.

Pielke, R. A., Cotton, W. R., Walko,R. L.,Tremback,C. J.,Lyons,W. A.,Grasso, L. D., Nicholls, M. E.,Moran,M. D., Wesley,D. A., Lee,T. J.,Copeland,J. H., 1992 :“A comprehensive meteorological modeling system-RAMS.” Meteor. Atmos. Phys, Vol. 49, pp.61-91.

Purser, R. J., Leslie, L. M., 1988: “A semi-implicit, semi-Lagrangian finite-difference scheme using high-order spatial differencing on a nonstaggered grid.” Mon. Wea. Rev., Vol. 116, pp.2069-2080.

Orszag, S. A., 1970:”Transform Method for the Calculation of Vector-Coupled Sums: Application to the Spectral Form of the Vorticity Equation. Journal of the Atmospheric Sciences.” Vol. 27, No. 6, pp. 890-895.

Wilks, D ,1994:”Statistical Methods in the Atmospheric Sciences”. Academic Press, San Diego, CA.

On the performance and nesting strategy of RSM 1997version running on PC Linux platform

*Jin-Dong Tsay *Da-Gang Pan **Fang-Chuan Lu ***Hann-Ming Henry Juang

*Weather Central, Weather Wing, CAF ROC

**National Defense University, Chung Cheng Institute of Technology.

***Environmental Modeling Center, National Centers for Environmental Prediction, Washington, D.C., USA

Abstract

Using NCEP/Regional Spectral Model (RSM) '97 version operated on PC Linux platform, we examined the optimal nesting strategy and model performance in an East-Asian cold surge outbreak scenario. Data obtained from Central Weather Bureau (CWB) T80 output were ingested as RSM initial and boundary information. Three sets of nesting experiment were tested against control sets to comprehend the model performance. Root Mean Square of the forecast and observation fields throughout 120-hour was carefully assessed. Results in terms of model performance and efficiency were simultaneously evaluated to finalize the chose of an optimal nesting strategy.

Individual sets of RSM experiment successfully replicate the strength and evolution of selected cold surge case. However model performed better when the grid resolution of the outer domain is chose to be comparable to the CWB.T80. G2RAC30 surpass forecast in out experiment. It is believe that the coarse domain passed on the necessary information obtained from global model output to guide inner domain through consistent model physics in one way and stabilize the model integration in the other. Our results suggest, with an appropriate nesting strategy, the aim of operating numerical weather prediction using NCEP/RSM on PC Linux platform is feasible.

Keywords: Regional Spectral Model (RSM), Root Mean Square(RMS), nesting strategy