

# 巢狀波譜模式應用在天氣預報上的研究(I)--寒潮個案

蔡晉東<sup>1</sup>、呂芳川<sup>2</sup>、莊漢明<sup>3</sup>

空軍氣象中心<sup>1</sup>、中正理工學院應物系<sup>2</sup>、美國國家環境預報中心<sup>3</sup>

## 摘要

以 Junag 和 Kanamitsu(1994)所發展三重靜力的波譜模式(Regional Spectral Model, RSM94)為主體，其下嵌入 Juang(2000)非靜力的中尺度波譜模式(Mesoscale Spectral Model, MSM)，構架一套完整的四重巢狀區域波譜模式，應用於東亞地區數值天氣預報，個案探討寒潮爆發期間，模式對綜觀天氣系統演進、鋒面位置、局部環流與台灣地區定量降水之預報能力。

四重巢狀波譜模式應用於寒潮天氣預報，對綜觀天氣與局部環流演變等均有相當不錯的準確性，說明模式可適當地應用大尺度訊息來預報區域天氣現象。預報策略實驗亦說明初始場選定的重要性，意謂著不同初始場的選定對預報結果有相當程度的影響，也說明模式的預轉時間(spin-up)與系統發展時間的重要性。個案中非靜力模組在氣象因子隨天氣系統演變及日夜變化預報上，均有不錯的表現，唯定量降水預報上有明顯高估的現象，相對地，靜力的 RSMC 模組預報卻較接近觀測分析結果，此亦顯示降水特性的差異對模組預報有顯著的影響。也顯示對冬季寒潮個案的預報上，在時效的前題下，靜力模組即有良好的表現。

關鍵詞：靜力區域波譜模式、非靜力中尺度波譜模式

(2001 年 7 月 20 日收稿；2001 年 8 月 10 日定稿)

## 一、前言

台灣地理位置特殊，位處副熱帶地區，獨特的海陸分佈與複雜陡峭的地形影響，配合冬、夏季風環流的演變，天氣轉變非常多樣化。隨季節更易，冬半年主要受北方西伯利亞大陸冷高壓週期性南下影響，其中以寒潮爆發天氣型態對台灣影響最劇烈，常造成農漁畜牧業等衝擊性的損害。運用客觀的數值天氣預報可提昇天氣預報準確度，有效掌握天氣變化，減低危害。

數值方法可概分為差分法與波譜法兩種，為了提高有限區域模式的預報精確度，波譜法並無有限差分法階次最高為六階的限制(Campana, 1979; Purser and Leslie, 1988)，對隨時間而變之側邊界條件的處理問題，Juang et al.(1997)進一步改進 Hoyer(1987)與 Junag、Kanamitsu(1994)所提的擾動法，即隨時間變化的大尺度運動訊息波可傳進有限區域模式全積分區域

內，擾動量則是有限區域模式所能解析的大氣變數值與基本場的差值。

Junag 和 Kanamitsu(1994) 建立美國國家環境預報中心的有限區域波譜模式，王等(1997)引進 RSM94 並建置成三重靜力巢狀波譜模式(簡稱 CCIT97)，應用於東亞地區數值天氣預報，模式對於冬季冷高壓南下特性(王等, 1988)、鋒面及東北季風之轉變(于等, 1988) 均能有效的掌握，然對於冬季寒潮爆發個案的了解，則有待進一步研究。

為提升預報的準確度及探討定量降水，縮小空間網格間距為必須的(Juang, 1998)，根據尺度分析的理論與水平特徵量分析，水平解析提昇至數公里時，須使用非靜力數值預報模式，所以我們在 CCIT97 下嵌入 Juang(2000)非靜力的中尺度波譜模式。建立一完整的四重巢狀波譜模式，應用於東亞地區的天氣預報。

本研究擬以冬季寒潮爆發個案，透過

本研究擬以冬季寒潮爆發個案，透過四重波譜預報模式的預報，探討靜力CCIT97對於綜觀天氣系統定性上的預報能力及非靜力MSM考慮微雲物理過程，模式對台灣地區定量降水的預報能力；另外，考量預報時效性問題，我們設計模式的預報策略，了解不同時間的初始場對預報品質的影響。

## 二、模式簡介與設計

模式為三度空間，水平坐標採麥卡托正交地圖投影，動力過程於譜係數空間運算，而物理過程則是於格點空間上計算，採用非交錯網格點(unstaggered grid)，即所有的變數均在相同的格點上。垂直方向上採隨地勢變化的18層19階 $\sigma$ 坐標，運算過程中使用定差法，且 $\sigma$ 為固定的。

探討模式對寒潮爆發個案的預報能力，本研究以中央氣象局全球波譜模式分析場與預報場作為模式的基本場與邊界值，模式積分區域如圖一所示。四重模組均執行120小時預報，模式空間解析度分別為120、60、30、5公里(以下稱RSMA、RSMB、RSMC及MSM)，而240、120、60、15秒為其個別所採之時間間距。

表一為四重巢狀波譜模式所使用的物理過程設定的差異，靜力RSMA、B模組除不使用三濕變數顯式預報雲物理模式(Hong at al., 1998; 3 cloud)外，其餘的物理過程均採用；RSMC模組納入3 cloud，即將單一溼變數 $q_v$ 轉換為三濕變數 $q_v$ 、 $q_{ci}$ 、 $q_{rs}$ (水汽，雲滴，雨滴及雪)，且不使用大尺度(格點)降水假設；另非靜力MSM模組大致與RSMC相同，唯不考慮積雲參數化，只考慮3 cloud微雲物理過程。

模式預報策略設計上，考量不同時間初始場的影響及預報時效性問題，我們設計三組實驗(如圖2)，實驗一、二、三分別為以寒潮爆發三天、二天與一天前時間為模式的初始場，並執行120小時預報。以了解模式預報能量等問題，並比較各組的預報成效。

## 三、模擬預報檢討與分析

2000年1月21日1200UTC綜觀地面天氣(如圖3)分析圖，也為模式的初始場，分裂高壓中心位於韓國地區，其勢力向南伸展至本省一帶。22日0600UTC鋒面於華中附近形成(如圖4a)，於24日0600UTC鋒面通過本省北部(如圖4b)，產生局部地區的降水，此後本省受此強烈大陸冷高壓影響溫度持續下降。

圖5為RSMC模式第18小時預報地面氣壓(hPa)、風場(m/s)與3小時累積雨量圖(mm/hr)，顯式模式可以有效地捕獲鋒面的形成，相較於圖4a分析場鋒面所在的位置為相近，且模式預報降水位置大致和紅外線雲圖分析結果一致。圖6為第66小時RSMC模組預報結果，顯示此時鋒面正通過台灣北部地區，由同時間的地面圖(如圖4b)分析與紅外線衛星雲圖(圖略)比對，模式亦可合理掌握此一現象，且模式對於降水形態亦可有效解析。以上說明靜力模組定性上對綜觀鋒面系統的演進均能有效的捕獲。

圖7a-d分別為RSMA、B、C、MSM各模組預報的板橋測站相當位溫擾動場隨時間序列剖面分析，圖中粗箭頭表觀測分析鋒面通過板橋測站時間，預報梯度最大區為鋒面所在之位置，各模組大致而言能有效地預報冷鋒的結構，並隨模組解析度的提高，模式對於鋒面通過板橋測站時間亦能更精細地預報，且對於上一波分裂高壓出海所引入之高壓迴流效應與冷鋒前南來氣流引入之暖濕氣流的垂直大氣增暖現象，及冷鋒後冷空氣的垂直結構，模式均能有效的解析，顯示模組對於局部地區的天氣變化，確實能合理掌握，且隨模組解析度之提升能更有效解析局部環流特性。

圖8a、b分別為MSM預報24日累積雨量與觀測雨量分析，模式對於東北部地區的降雨趨勢大致上能掌握，唯明顯高估，且預報全省均有降水發生，此與觀測分析發生於中部以北的降水略有差異，另RSMC模組對於降水的時空分佈與強度預報(圖略)，則較接近觀測分析的趨勢。

表二為三組實驗各模組(RSMA、B、

鋒面通過板橋測站的時間表，相較於觀測分析的結果，實驗三預報成果為最佳，實驗一、三對鋒面通過板橋測站的時間較接近觀測時間，實驗二則略有偏慢現象，就整體而言大致說明模式均能合理的預報鋒面系統通過板橋的時間，且預報效果隨模式解析度提高可更精確的掌握，另外，實驗二預報結果並未較實驗一理想。

## 四、結論

本研究以四重巢狀波譜模式，外三重為靜力的CCIT97，最內重為非靜力的MSM，建立一組完整的四重大氣波譜預報模式，寒潮個案預報分析顯示：

1. 整體而言，巢狀波譜模式對綜觀天氣系統與局部環流演變等，模式均有相當不錯的表現。
2. 四重巢狀模組因使用相同的動力、物理機制與數值方法，不致改變巢狀模組的一致性，產生不穩定性，應用於東亞及台灣地區的天氣預報，顯示模式可適當地應用大尺度訊息來預報區域天氣現象。
3. 預報策略實驗說明利用不同時間的初始場，預報誤差略有不同，在模式預報有效時間內，以愈接近之初始場預報，其預報準確度並一定會相對提高，意謂著不同初始場的選定對預報結果有相當程度的影響，也說明模式的預轉時間與系統發展時間的重要性。
4. 個案中非靜力模組在氣象因子預報上，均有不錯的表現，唯定量降水預報上有明顯高估的現象，靜力RSMC模組預報卻較接近觀測分析結果，此亦顯示降水特性的差異對模組預報有顯著的影響。也顯示對冬季寒潮個案靜力模組即有良好的表現。

## 參考文獻

1. 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，第677-683頁。

2. 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彙編，1，第231-263頁。
3. 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彙編，1，第237-242頁。
4. 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, p363-376.
5. Hoyer, J.M., 1987: The ECMWF spectral limited area model. Proceedings of 1987 ECMWF workshop on Techniques for horizontal discretization in numerical weather prediction models. p343-359.
6. Juang, H.-M.H., M. Kanamitsu, 1994: Nested Spectral Model. Mon. Wea. Rev., Vol. 122, p1-26.
7. ---, Hong, S. Y., Kanamitsu, M., 1997: The NMC regional spectral model: An Update. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 78, NO. 10, p2125-2143.
8. ---, 1998: Experimental Numerical Weather Forecasts over Taiwan by the NCEP Non-hydrostatic Meso-scale Spectral Model. 中央氣象局天氣分析與預報研討會論文彙編，1，p249-254.
9. Purser, R. J., Leslie, L. M., 1988: A semi-implicit, semi-Lagrangian finite-difference scheme using high-order spatial differencing on a non-staggered grid. Mon. Wea. Rev., Vol. 116, p2069-2080.

物理過程 模組	物理過程							
	輻射物理	淺雲參數化	水文過程	地表和邊界層物理	重力波平流與垂直擴散	郭氏積雲參數化	大尺度(格點)降水	顯式雲物理過程
RSMA、RSMB	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
RSMC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
MSM	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓

表1：各重模組物理過程設計及其差異。

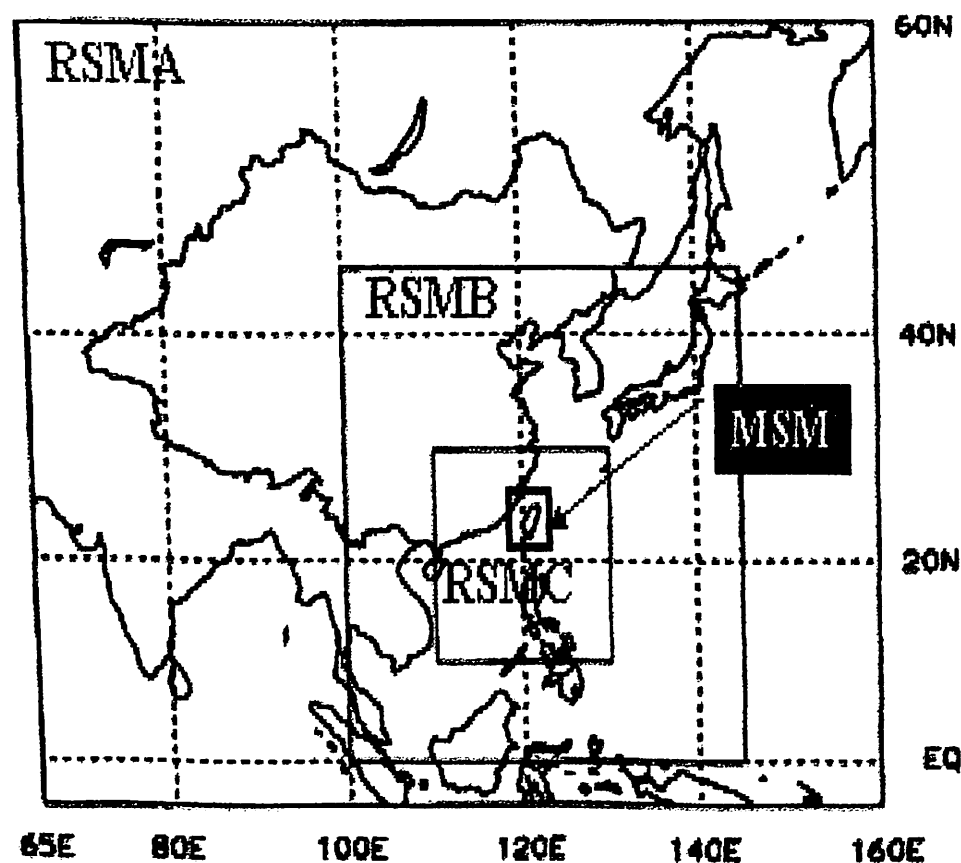


圖1：四重巢狀波譜模式預報區域示意圖。

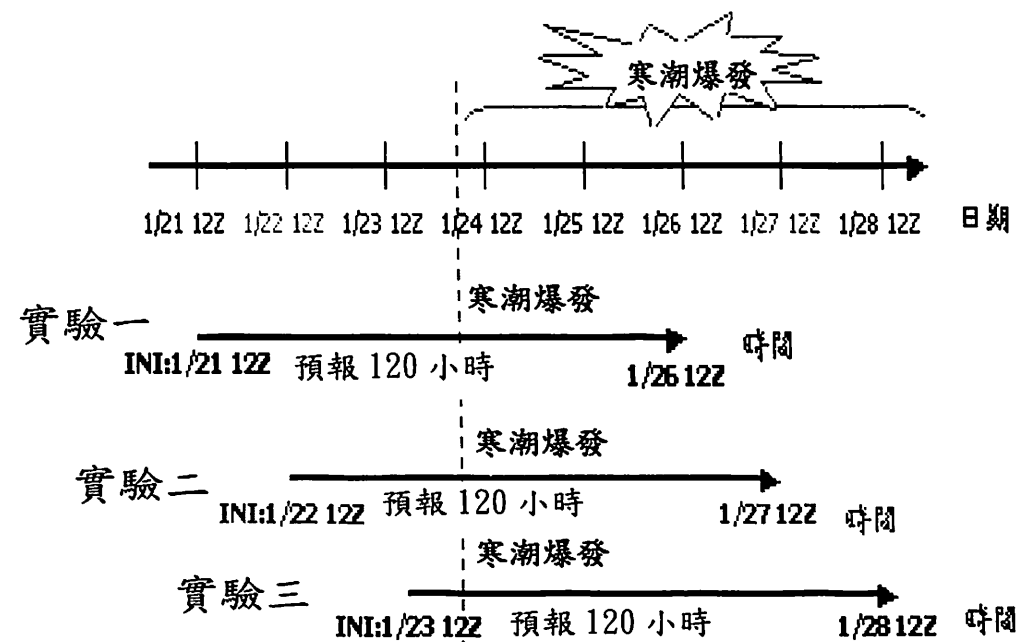


圖2：四重巢狀波譜模式預報策略示意圖。

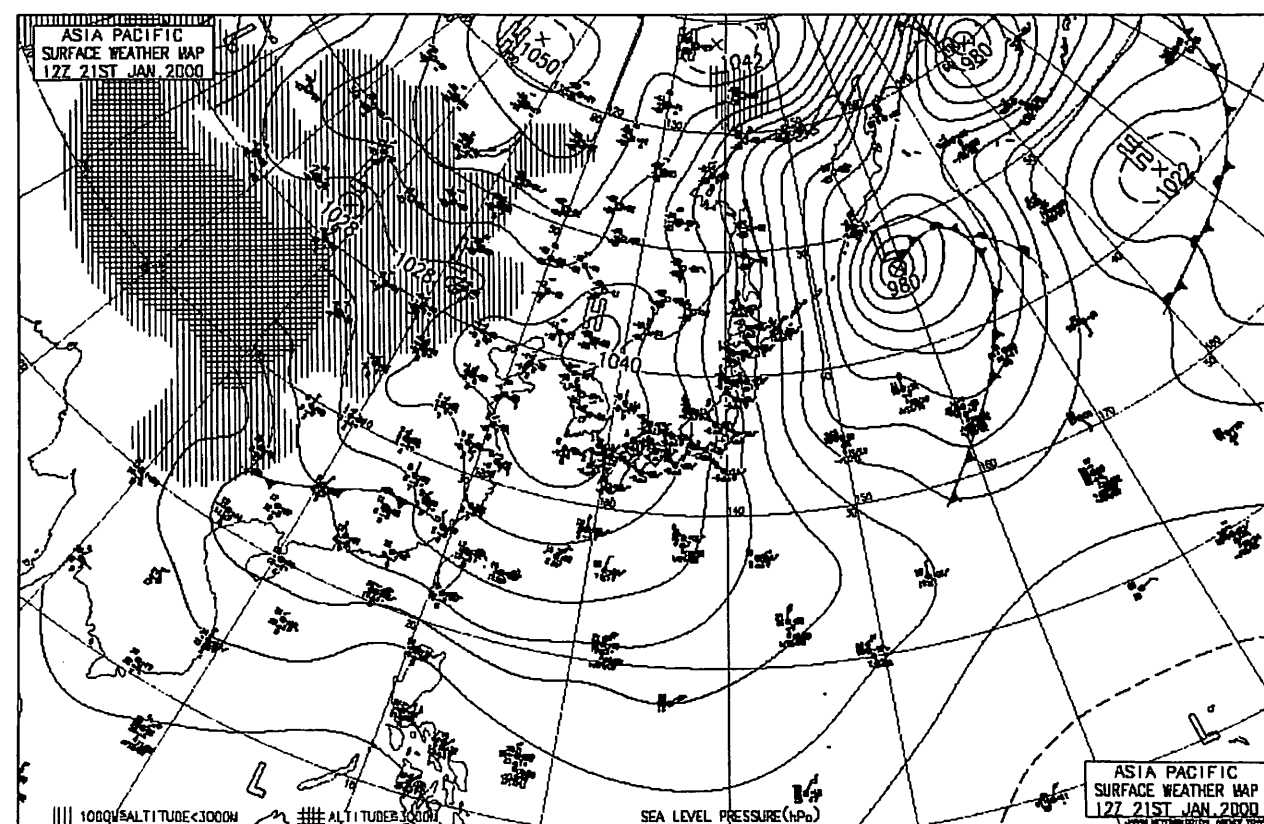
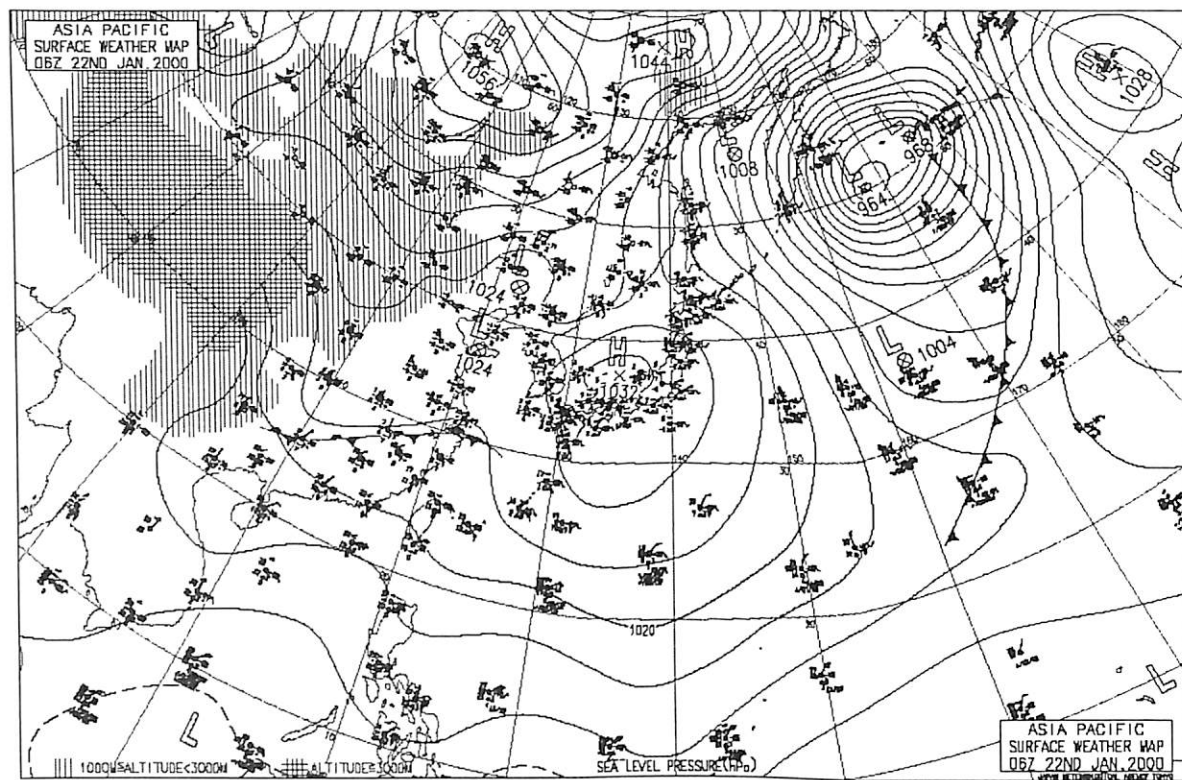


圖3：2000年1月21日1200UTC CWB地面圖。

a



b

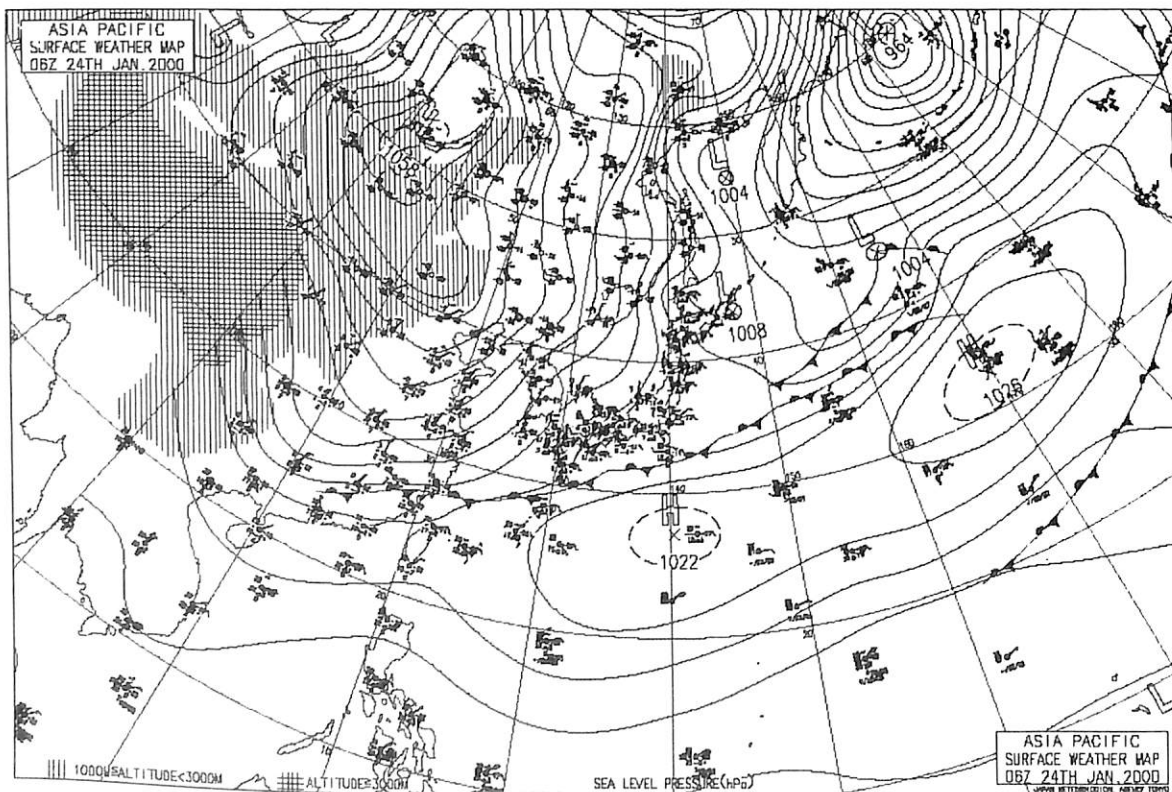
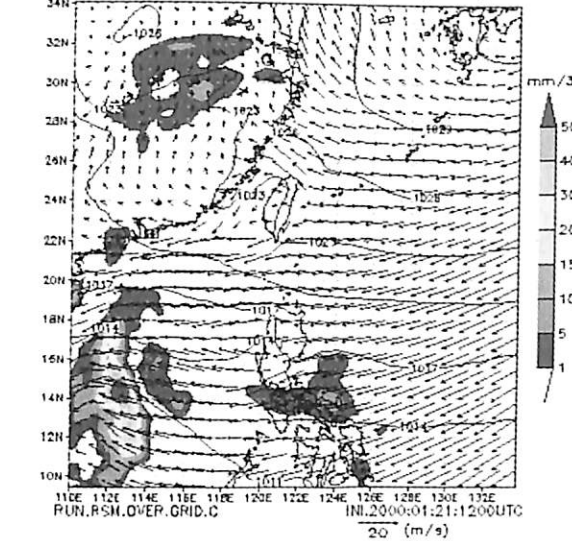


圖 4：a、b 分別為 2000 年 1 月 22 日 0600UTC、24 日 0600UTC 地面分析圖。

Pmsl(hPa);Wind(m/s);Preci(mm/3hr) F18hr



Pmsl(hPa);Wind(m/s);Preci(mm/3hr) F66hr

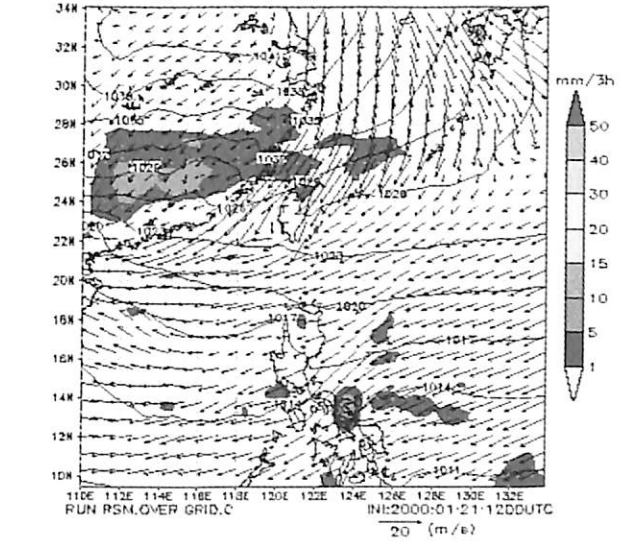


圖 5：RSMC 預報第 18 小時地面氣壓(hPa)、風場(m/s)與 3 小時累積雨量(mm/hr)圖。圖 6：同圖 5 說明，但為 66 小時預報結果。

a

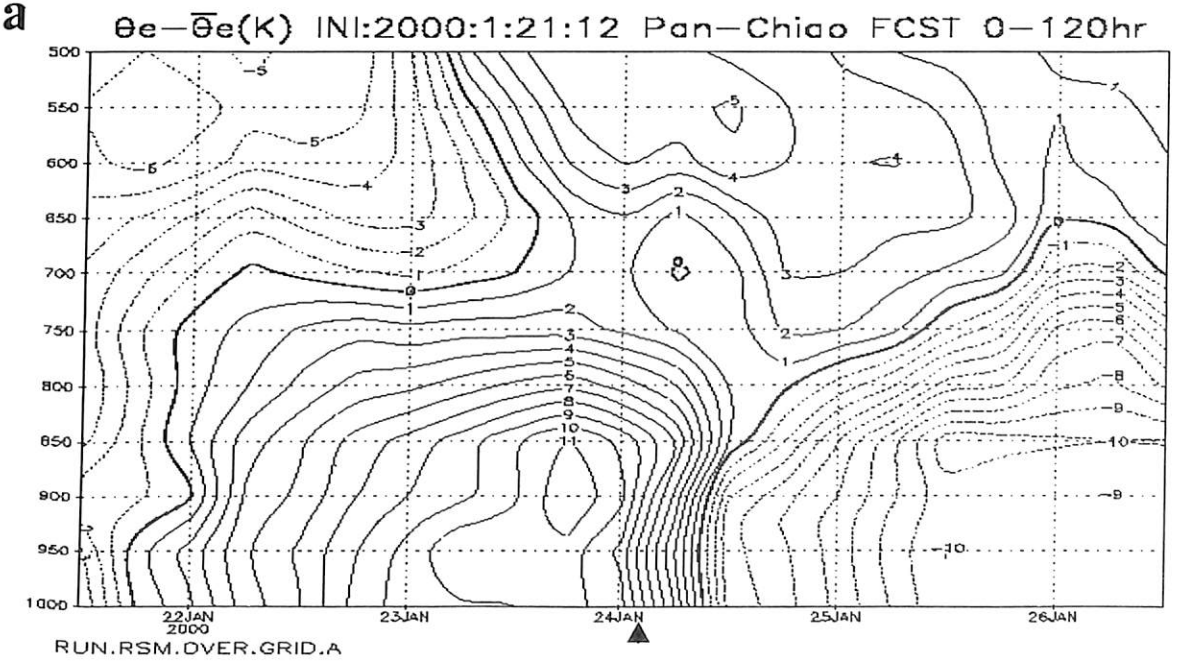


圖 7：a-d 分別為 RSMA、B、C 與 MSM 相當位溫擾動量時間序列剖面圖，橫座標為時間、縱座標為氣壓。

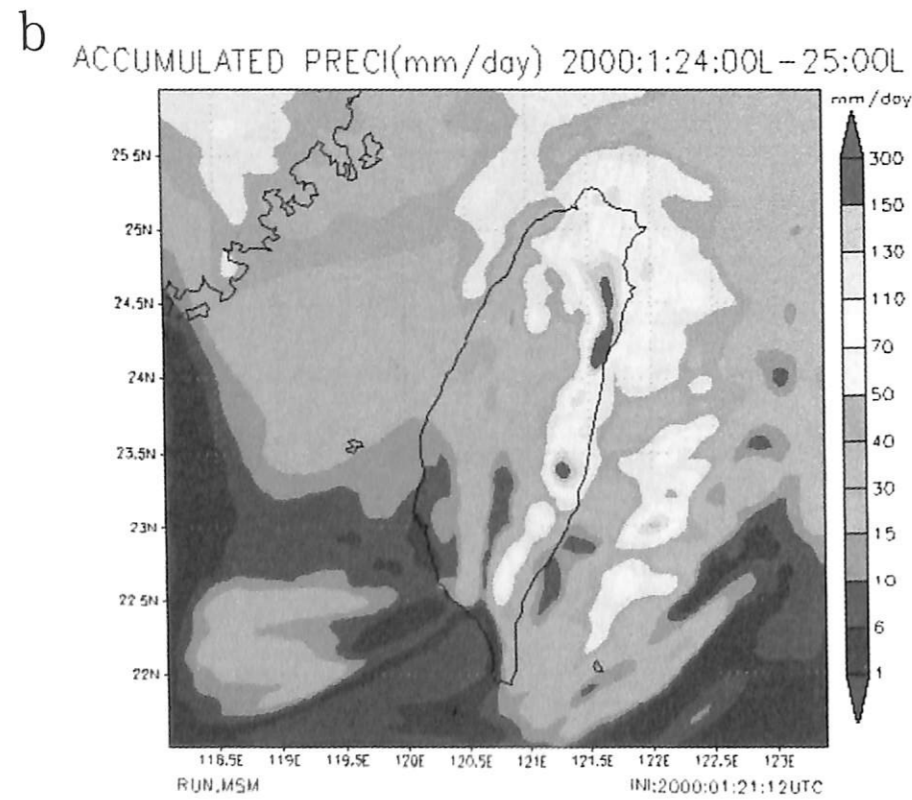
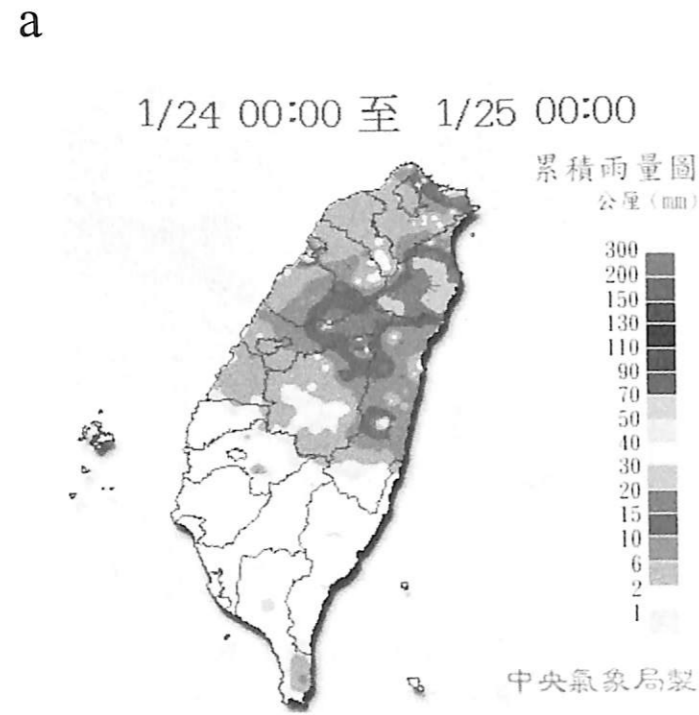
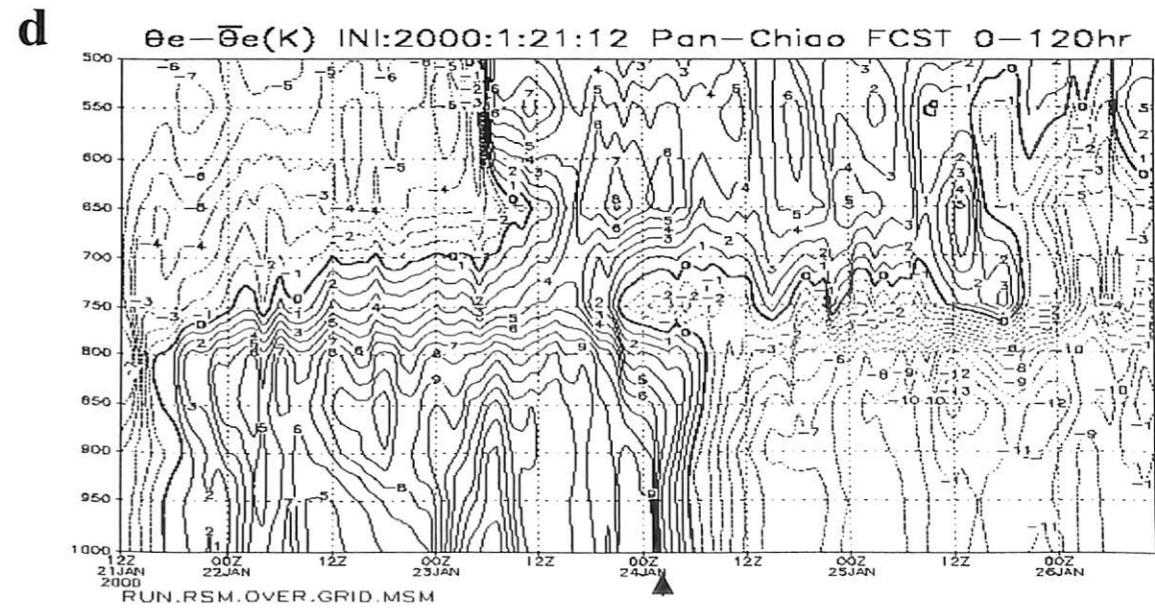
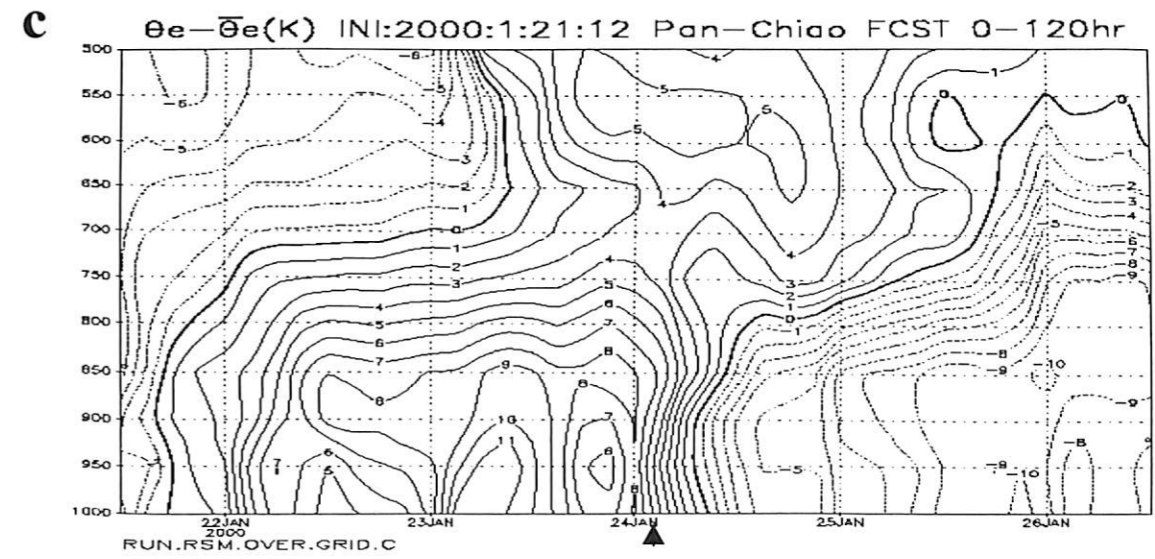
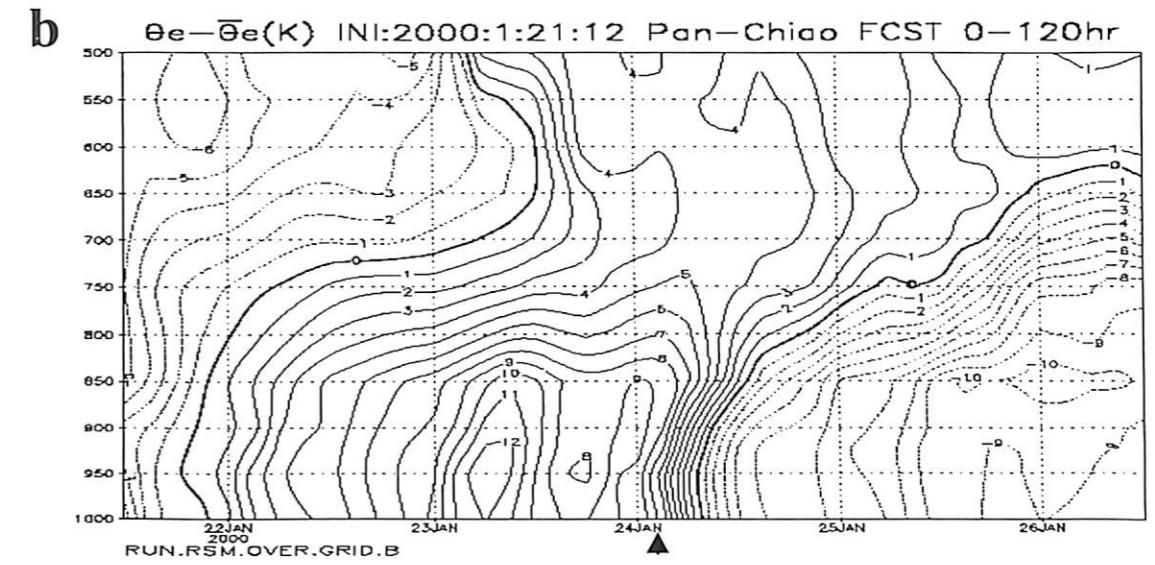


圖8：a、b分別為中央氣象局分析、MSM預報2000年1月24日日累積雨量(mm/day)。



(續圖7)

模組 預報 時間	1000hPa $\theta_e - \bar{\theta}_e$			1000hPa Wind			2m T			OBS
	實驗一	實驗二	實驗三	實驗一	實驗二	實驗三	實驗一	實驗二	實驗三	
RSMA	1/24 00-06Z	1/24 06-12Z	1/24 06-12Z	1/23 18-00Z	1/24 00-06Z	1/24 00-06Z	1/23 18-00Z	1/24 06-12Z	1/24 00-06Z	T OBS
RSMB	1/24 00-03Z	1/24 06-09Z	1/24 03-06Z	1/23 18-21Z	1/24 00-03Z	1/24 00-03Z	1/24 18-21Z	1/24 03-06Z	1/24 03-06Z	1/24 03-06Z
RSMC	1/24 00-03Z	1/24 06-09Z	1/24 03-06Z	1/23 21-00Z	1/24 03-06Z	1/24 00-03Z	1/24 21-00Z	1/24 06-09Z	1/24 03-06Z	Wind OBS
MSM	1/24 01-02Z	1/24 08-09Z	1/24 03-04Z	1/24 00-01Z	1/24 07-08Z	1/24 00-01Z	1/24 01-02Z	1/24 06-07Z	1/24 02-03Z	1/24 01-02Z

表 2：實驗一至三 RSMA、B、C 與 MSM 預報相當位溫擾動場風場、溫度場及觀測分析鋒面通過板橋測站時間。

## The application of nested regional Spectral Model in weather prediction( I )—cold surge case study

Jin-dong Tsay<sup>1</sup>, Fang -chuan Lu<sup>2</sup>, and Hann-ming Juang<sup>3</sup>

1. Weather Central, Weather Wing, CAF ROC
2. Dept. of Applied Physics, CCIT/NDU, Taiwan, ROC
3. Climate Prediction Center, NCEP/NOAA, USA

### Abstract

In this paper, we tried to use three-nested regional spectral model (RSM) developed by Juang and Ksnsmitsu(1994) embedded the nonhydrostatic mesoscale spectral model (MSM) to buildup the four-nested spectral model, then applying it to predict the Eastern Asia weather. In this cold surge outbreaking case, we examined its prediction capability. Also, we studied the evolution of the local circulation field and the prediction capability of quantitative precipitation forecast (QPF) in the nonhydrostatic model.

This four-nested spectral model, applied in the case of the cold surge outbreak in winter, revealed that it got pretty well forecasting accuracy at the synoptic weather system and suitable for applying large scale properties to predict the local weather system. The experiment of prediction strategy shows that it's an important factor to the model results owing to initial conditions. Meanwhile, it indicates clearly the reserves of the spin-up time and the weather system development time play an important role in this model. Qualitatively, the nonhydrostatic model can well predict the evolution of weather elements and diurnal effects, but it high estimates QPF. Third module of RSM (RSMC) can predict continuous precipitation efficiently and its QPF is more closer observation. As far as timesaving is concerned, the performances of hydrostatic modules are feasible.

Keyword: hydrostatic regional spectral model, nonhydrostatic mesoscale spectral model