

巢狀波譜預報模式對冷高壓南下現象之探討

王金慶¹ 呂芳川¹ 陳曉華² 何台華¹ 郭淑玲¹
于宜強² 莊漢明³ 蘇良石¹

1. 中正理工學院應用物理系
2. 海軍氣象中心
3. 美國國家環境預報中心

摘要

本研究是以 Juang 和 Kanamitsu (1994) 所發展的區域波譜模式為基礎，進一步架構三重巢狀波譜模式 (NSM)，主要設計目的是對我們所在意的台灣海域內，能獲得較高時間與空間解析度之氣象場與低層風場的數值預報，進一步有助於海浪預報。

冬半年期間，台灣地區主要受北方大陸冷高壓週期性南下影響，本文即是配合1997年11月23日至28日期間，台灣地區的地面氣象觀測資料與探空觀測資料，探討NSM對北方冷高壓南下的綜觀天氣系統的預報能力，以及各層網格的預報特性，進一步研討以NSM預報冷高壓南下的天氣系統時之模式系統性誤差。

分析試驗結果顯示，NSM對北方冷高壓南下時的預報特性，可歸納如下：(1)巢狀波譜模式的預報結果與CWB提供的全球波譜模式的預報場有密切相關，兩者的相容性，應是可接受的。(2)巢狀波譜模式的三重網格預報場皆能有效的掌握冷高壓南下時的天氣現象演變，不僅綜觀尺度系統能有效預報，對較小尺度系統的掌握能力亦有不錯的表現。(3)巢狀波譜模式由於內層網格的時間與空間解析度較外層網格提高許多，對於因複雜的地形造成較小尺度的天氣系統，其強度變化與移行速度等，更能掌握，而能作更有效的預報。(4)NSM的模式預報結果與觀測場比較分析顯示，對冷高壓南下，其系統強度的演變，移行方向與速度等NSM皆有不錯的表現，但對系統強度的預報仍有待加強。

一、前言

台灣位處副熱帶，為中、低緯度冷熱氣團的交界處，其境內又有中央山脈，西臨歐亞大陸、東臨太平洋等特殊地理位置。冬半年期間，北方冷空氣週期性南下，與南邊較暖濕空氣交匯，形成鋒面系統，當此系統移近臺灣海域，臺灣地區的天氣即受到影響，諸如溫度、濕度、風等都因此而明顯的轉變，並常伴有降水現象，而臺灣特殊的地理位置，複雜的地形，使得南北各地的天氣變化亦常呈現明顯的差異。

由於時代的進步，人們對於天氣預報解析度的要求日益提高，為了因應此趨勢，中正理工學院與海軍共同研發了巢狀波譜模式。此模式是以 Juang & Kanamitsu 在1994年發展的區域波譜模式為主，進一步架構成巢狀波譜模式(NSM)。蘇等 (1995) 及王等 (1997) 分別以二重與三重巢狀波譜模式，數值實驗其在東亞地區的預報能力與預報特性，結果顯示巢狀模式的構想是可行的，除了可減少計算機的計算時間，另一方面，預報結果顯示，巢狀波譜模式不僅對綜觀天氣型態的演變能作有效的預報，對於因地形等所造成的較小尺度天氣系統也可以掌握。

本研究是進一步使用三重巢狀波譜模式，除了探討巢狀波譜模式對冷高壓南下天氣型態的預報能力外，亦將探討各層巢的預報特性。所採用的個案是86年11月26日的鋒面系統。模式的初始場為中央氣象局提供的11月23日12Z的客觀分析場，並以11月23日12Z至11月28日12Z的東亞地區觀測天氣分析圖，以及該時段的板橋探空測站資料，與五日預報結果作比較。

本文的第貳部份介紹由西北太平洋區域 (A)、中國海域 (B)、台灣海域 (C) 大氣波譜模式所組成的巢狀區域波譜模式，第參部份敘述並討論測試的結果，第肆部份則是結論。

二、巢狀區域波譜模式

西北太平洋區域大氣波譜模式即A網格，其範圍為 $65^{\circ} E - 160^{\circ} E$ ， $5^{\circ} S - 60^{\circ} N$ 。東西向的格點數為 82，南北向的格點數為 70，亦即水平網格間距最大約為 120公里，東西向取49個波，南北向取42個波，垂直網格為18層19階的 σ 坐標。數值方法所採用的時間間距為240秒，每 6小時輸出一

預報場。輸出的預報場計有海平面氣壓、離海平面10公尺的風場以及各定壓層（1000、925、850、700、500、300、200毫巴等）的重力位高度、溫度場、風場、輻散場、渦度場、溼度場、可降水量等。

中國海域大氣波譜模式(B網格),其範圍為 $100^{\circ}\text{E} - 145^{\circ}\text{E}$, $0^{\circ}\text{N} - 45^{\circ}\text{N}$,東西向的格點數為82,南北向的格點數為88,亦即水平網格間距最大為60公里,東西向取50個波,南北向取54個波,垂直網格為18層19階的 σ 坐標。數值方法所採用的時間間距為120秒,每3小時輸出一個預報場。輸出的預報場與A網格相同。

台灣海域大氣波譜模式(C網格),其範圍為 $110^{\circ}\text{E} - 130^{\circ}\text{E}$, $10^{\circ}\text{N} - 30^{\circ}\text{N}$,東西向的格點數為82,南北向的格點數為92,亦即水平網格間距最大為30公里,東西向取48個波,南北向取54個波。垂直網格為18層19階的 σ 坐標。數值方法所採用的時間間距為60秒,每3小時輸出一個預報場。輸出的預報場除了同A、B網格的預報輸出場外,並有海霧的預報場。

如前所述,模式是波譜模式,所以預報的變數是用波譜函數來表示,但有限區域模式有邊界的問題,因此將預報變數分成兩部份,亦即把預報變數分成基本場與擾動場兩部份,基本場代表整個區域的大尺度運動;擾動場部份是符合波譜函數的運動部份。基本場及其水平變化量是由外圍模式的預報場給予的,它是隨時間變化的,而擾動場是區域模式運算出來,在此擾動場是以正弦或餘弦級數組成的二維(水平)譜係數。

西北太平洋區域大氣波譜模式,是以中央氣象局全球波譜模式的預報場作為其基本場與邊界值,中國海域大氣波譜模式是以西北太平洋區域波譜模式的預報場作為其基本場與邊界值,而台灣海域大氣波譜模式所需之基本場與邊界值則是由中國海域波譜模式的預場所提供。

台灣海域、中國海域大氣波譜模式的基本動力部分與西北太平洋區域大氣波譜模式相類似,但空間與時間解析度已提升,因此所用地形的解析度也相對地提高,例如台灣地形的最大高度在中國海域模式中約為700公尺,在台灣海域模式則提升至1400公尺。

模式方程是一般通用的以 σ 坐標為垂直坐標的靜力原始方程式,包括動量方程、熱力方程的、溼變數方程與連續方程等預報方程以及診斷的靜力方程。模式所採用的物理過程,包括:隨日夜變化的短波及長波輻射,地表層和邊界層的物理過程,重力波平滑和垂直擴散,Kuo-氏積雲和淺雲參數化,大尺度(格點)降水等。

由於C網格的時間、空間解析度高,對C網格的預報產品要求亦相對提高,因此,在C網格的區域模式中引進由Hong & Pan (1997),及Hong et al (M.W.R. 已接受)為改進RSM所研發的方法,包括將預報的濕變數除了原來的水汽外,另增加雲滴/冰晶、雨/雪等預報變數,且分為網格可解析的部份與次網格參數化部份。雲物理過程則包括水汽的condensation / vaporization,雨/雪與雲滴/冰晶間的accretion、autoconversion過程。

三、結果與討論

驗證NSM對冷高壓南下天氣系統的個案資料,是採用86年11月26日的鋒面過境個案,鋒面過境前後東亞地區綜觀尺度天氣演變簡述如下:86年11月24日00Z的東亞地區綜觀地面觀測天氣分析(如圖1a)顯示,原來在江蘇省的冷高壓已自高緯度出海,即在日本海附近,中心氣壓1026mb,向東移動,臺灣位於高壓迴流區,氣溫逐漸上升,但貝加爾湖冷高壓建立,中心氣壓達1048mb。在華南地區的短波槽在11月25日00Z的地面天氣圖上已形成滯留鋒,位於大陸沿海、長江流域一帶,分裂冷高壓1038mb向東南東移動。11月26日00Z的地面綜觀天氣型態(如圖1b)顯示,湖北地區有微弱冷高,驅使鋒面南進,移入臺灣北部,臨近地區的低層風場受地形及天氣系統的影響,各區域亦有不同的轉變,臺灣北部,如板橋,由原來的偏東風轉為南南東風,再轉為西風,臺灣南部,如馬公,則維持南風或西南風。至11月27日00Z,冷鋒已隨低氣壓中心向東北東移入太平洋,臺灣東北部、北部、以至臺灣海峽的馬公,都在東北季風的影響下,而臺灣南部、巴士海峽則為東至東南風。整體而言,此次冷鋒並未造成溫度的大幅改變,但在臺灣北部,低層風場卻有明顯的變化,並引發區域性較大的雨勢。

探討巢狀波譜模式對此個案的預報能力,以中央氣象局87年11月23日12Z的全球客觀分析場為初始場,作五天期預報,顯示模式不僅對綜觀天氣系統的演變能有效預報,對較小尺度的降水系統也能有效掌握(未在此圖示)。為了解模式中相對板橋測站(北緯25度,東經121.4度)的格點上,鋒面通過時各氣象因子時間-垂直剖面的變化情形,圖2.是氣溫偏差量(即是溫度值減去該時段的平均溫度)的時間-垂直剖面,圖中顯示大約11月26日12Z時,溫度偏差有最大的時間變化率,這正對應鋒面通過的時刻,在其前的溫度偏高,其後則偏低。圖3.是重力位高度的偏差量的時間-垂直剖面,同樣的,在11月26日12Z左右有最大重力位高度偏差量的時間變化率,在其前的高度偏低,其後則偏高。圖2、圖3.皆顯示鋒面通過前後時,氣溫與高度場的典型變化,但與觀測比較,鋒後冷高壓強度的預報卻偏強。比較模式與板橋測站的實際探

空觀測場，我們以風場與濕度場作說明，圖4.是板橋探空測站所觀測的風場與比濕的時間序列。圖中顯示，低層風由偏東風轉為東南，再轉為西南風，11月26日12Z以後則轉為東北風；在11月25日12Z風隨高度順轉，即有暖平流，11月26日00Z的風隨高度逆轉，則顯示有冷平流。在比濕部份值得注意的是11月25日12Z時，水汽突然增加，配合風場，顯示該時段前後，西南氣流輸入潮濕的空氣。圖5.是模式的相當位溫場時間-垂直剖面分佈，可以看出11月26日有明顯的時間變化，顯示的是鋒面過境，11月27日以後則是處在鋒後較乾冷的氣團下。而自112500Z至12Z，相當位溫有極大值出現，正反映了圖4.的水氣實際觀測。圖6.是模式在相當於板橋的格點上風場時間-垂直剖面，其低層的變化與圖四的實際觀測相當配合，在112609Z至112612Z間低層風有明顯的不連續變化，即自西風突轉為北風，這正是模式預報鋒面到達該位置的時刻。

探討鋒面過境時，模式對臺灣南部由於地形所造成的差異之預報能力，圖7.是模式相對馬公測站(北緯23.55度，東經119.62度)的格點上風場時間-垂直剖面，圖中顯示低層風由東南轉南，再轉為西南風，至112700z則轉為東北風，轉變過程並沒有如板橋的瞬變現象，與實際天氣分析相當配合。

綜上所述，可歸納如下：板橋測站實際觀測資料顯示，鋒面約在112600Z左右到達板橋，在此之前，風向偏南，並帶來豐富的水氣，氣溫則偏暖，鋒面過後，轉為東北季風型態，空氣略乾冷；而模式的預報輸出可在時間、空間上更細緻地顯示鋒面過境前後的變化，包括較小尺度的降水現象，尤其是在此次個案中，因鋒前南來氣流輸入潮濕偏暖的空氣，在鋒面過境時造成區域性較大的降水現象，模式的表現算是可圈可點。

探討不同網格對此個案的預報特性，圖8.、9.、及圖10.分別為A、B與C網格在112700Z，925mb的溫度場與高度場在北緯25度，東經110至130度剖面的變化，比較顯示，A、B、與C網格東西向變化一致，都表現了鋒面與鋒面前後氣團的特性，但顯然地，網格愈緻密，愈能顯示較小尺度天氣系統的變化。

四、結論

由上述的分析與討論中，巢狀波譜模式對冷高壓南下現象的預報特性可歸納如下列幾點：

(一) 巢狀波譜模式的預報結果與CWB提供的全球波譜模式的預報場有密切相關，兩者的相容性，應是可接受的。

(二) 巢狀波譜模式的三重網格預報場皆能有效的掌握冷高壓南下時的天氣現象演

變，不僅綜觀尺度系統能有效預報，對較小尺度系統的掌握能力亦有不錯的表現。

(三) 巢狀波譜模式由於內層網格的時間與空間解析度較外層網格提高許多，對於因複雜的地形造成較小尺度的天氣系統，其強度變化與移行速度等，更能掌握，而能作更有效的預報。

(四) NSM的模式預報結果與觀測場比較分析顯示，對冷高壓南下，其系統強度的演變，移行方向與速度等NSM皆有不錯的表現，但對系統強度的預報仍有待加強。

對於(四)中提到的預報偏差情形，是由於模式初始資料中，熱帶觀測資料較粗略，無法有效的表示熱帶地區質量、動量與能量的對流輸送？是模式對某些機制的掌握不夠？抑或是巢狀架構會限制某些質量、動量與能量等在內外層巢間的傳輸？這是值得進一步探討的問題。

參考文獻：

蘇良石、王金慶、何台華、呂芳川、張石軍，1995：東亞地區巢狀波譜模式。第四屆國防科技研討會，5-92—5-98。

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，677-683。

Hong S.-Y. and H.-L. Pan,1997：Convective trigger function for a mass-flux cumulus parameterization scheme. *Mon. Wea. REV.*,.

Hong, S.-Y., H.-M. H. Juang and Q. Zhao,1997：Implementation of prognostic cloud scheme for a regional spectral model. *Mon. Wea. REV.*,.

Liou, C.-S., T. Terng, W.S. Kao, T. Rosmond, C. Chen, J.H. Chen and C.Y. Tsay, 1989：Global Forecast System at Central Weather Bureau. *Papers in Meteorology Research*, 12, No. 2, 205-228.

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*, 343-359.

Juang, H.-M. H., M.Kanamitsu,1994: Nested Spectral Model. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 1-26.

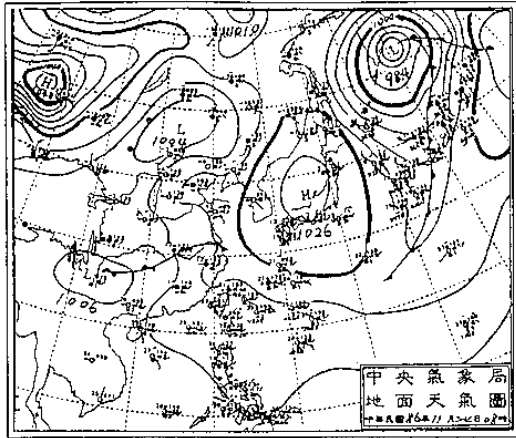


圖1a. 86年11月24日00 Z的東亞地區地面天氣圖。

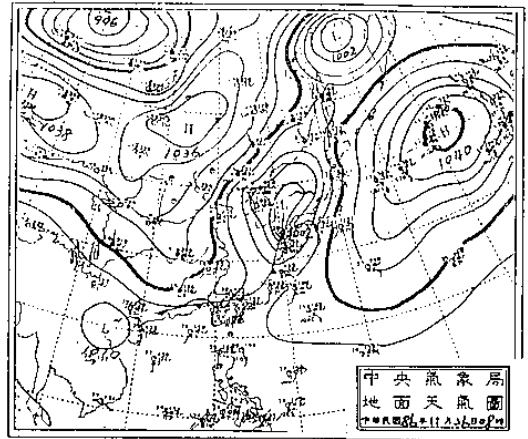


圖1b. 86年11月26日00Z的東亞地區地面天氣圖。

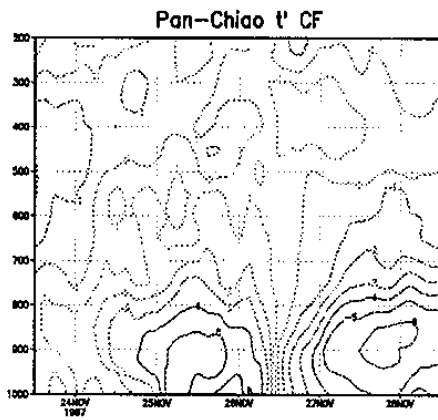


圖2. 模式中相對板橋測站的格點上，氣溫偏差量的時間-垂直剖面。

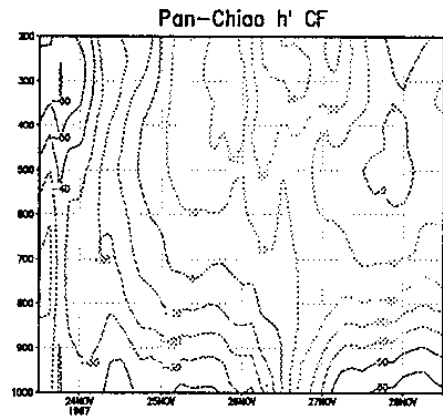


圖3. 模式中相對板橋測站的格點上，重力位高度的偏差量的時間-垂直剖面。

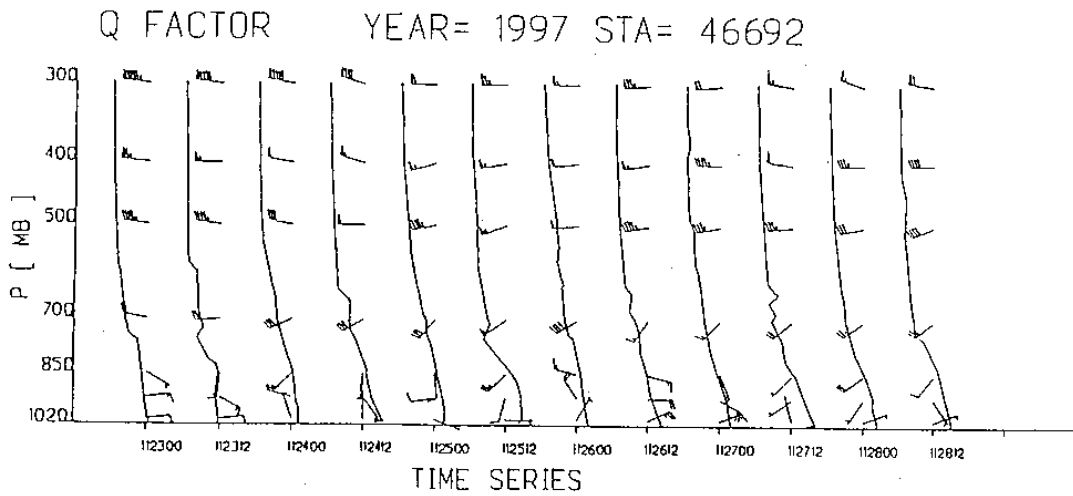
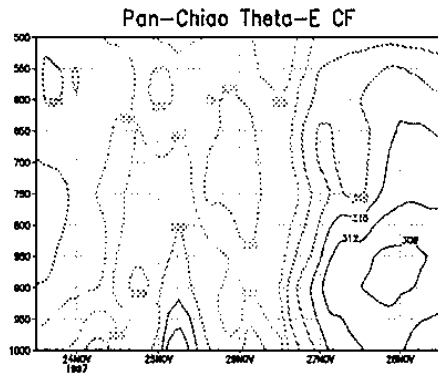
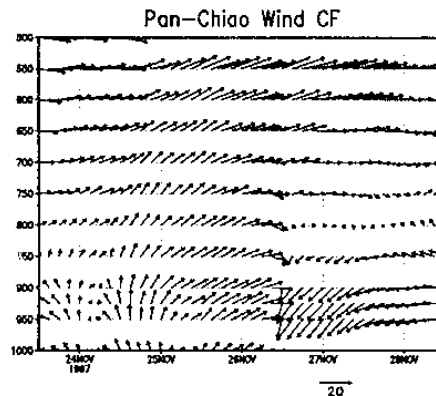


圖4. 板橋探空測站的風場與比濕的時間序列。



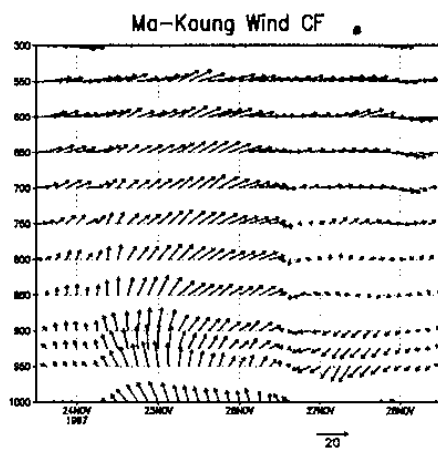
Q999: CCLA/NE3

圖5. 模式中相對板橋測站的格點上，相當位溫場時間-垂直剖面分佈。



Q999: CCLA/NE3

圖6. 模式中相對板橋測站的格點上，風場時間-垂直剖面。



Q999: CCLA/NE3

圖7. 模式相對馬公測站的格點上風場時間-垂直剖面。

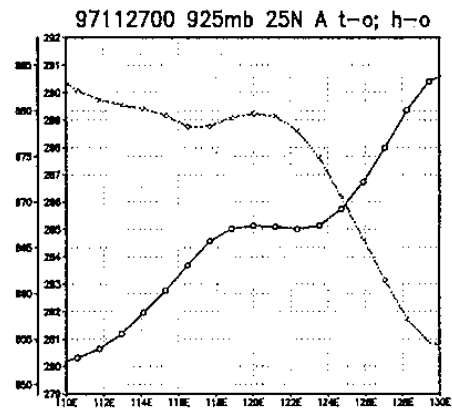


圖8. A網格在112700Z，925mb的溫度場與高度場在北緯25度，東經110至130度剖面的變化。

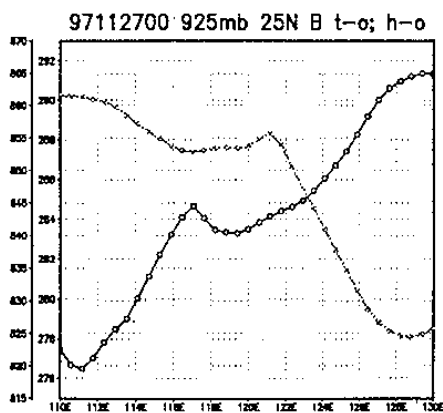
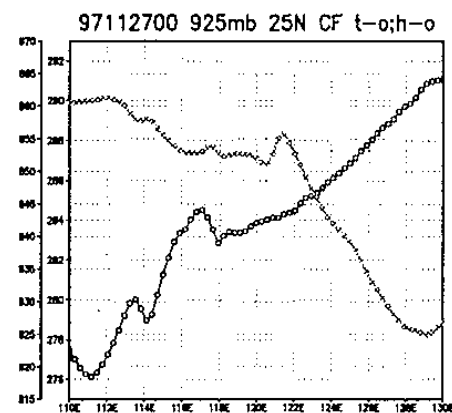


圖9. B網格在112700Z，925mb的溫度場與高度場在北緯25度，東經110至130度剖面的變化。



Q999: CCLA/NE3

圖10. C網格在112700Z，925mb的溫度場與高度場在北緯25度，東經110至130度剖面的變化。

Investigate the Cold High Invade Southward to Taiwan
With
the Nested Regional Spectral Model

J.C. Wang¹, F.C. Lu¹, S.H. Chen², T.H. Hor, S.L. Kuo¹
Y.C. YU², H. H.M. Juang³, L.S. Su¹,¹

1. Department of Applied Physics
Chung-Cheng Institute of Technology

2. Navy Meteorological Center

3. National Centers for Environmental Prediction
NOAA/National Weather Service

Abstract

In this study, we use a three-layer nested regional spectral model (NRSM) for East Asia area based on RSM which developed by Juang & Kanamitsu (1994). The purposed of this study are to find : (a) predictive ability of NRSM to the weather type which cold high invade to Taiwan ; (b) the predictive characters of every layer model of NRSM.

NRSM was tested on real data case and compared the forecast with observations. The case is a cold-front system passing the northern of Taiwan during November 24 to 27, 1997. The results indicate that: (a) the numerical forecast by NRSM is closely related to the initial data and the base fields which are products of the global spectral model (GSM) of CWB. In the study, NRSM is compatible with GSM of CWB. (b) The NRSM forecasts well for this case, especially the precipitation around northern Taiwan. (c) The inner model of NRSM can predict the existence of smaller scale weather system than outer model due to high resolution, (c) NRSM is capable of predicting the revolution for the cold high invading southward but the strength of the cold high is overestimate.