

海軍區域數值天氣預報之研究

于宜強 鄭竹齋 陳曉華

海軍氣象中心

摘要

海軍在八十三年起致力於數值天氣預報的研發，由美國引進新一代的大氣波譜模式進行改良，此模式不同於一般時下的區域模式，即是使用波譜法進行區域天氣預報的解析。經過不斷的測試改良，現已經有相當好的成果，並於今年（86年）十月份起進行上線測試階段，希望能瞭解此模式在台灣地區使用的特性。在本研究中，即是針對模式上線測試的結果加以分析，將模式預報的氣象物理場（包括風場、溫度及氣壓）與實際觀測值進行校驗比對，其結果頗令人滿意。

一、前言

科技的進步使得人類在追求自身安全的前提下，製造出更為精密的武器系統，然而這些高科技的產物，對大氣變化的影響非常敏感。在這些武器的使用上，需要更快更準確的氣象情資，海軍的任務範圍又多在缺乏氣象觀測資料的海上，因此對海上的氣象需求更為迫切。故海軍自八十三年起致力發展數值天氣及海浪預報，希望提供國軍作戰更好更精準的氣象情資，數值預報的發展現已進入第五個年頭，業已完成大氣區域波譜模式（西北太平洋 A 網格、中國海域 B 網格及台灣海域 C 網格）、海浪預報模式（四種）及自行引進全球預報模式等，各模式均已進入線上測試作業階段。

在此我們僅針對大氣波譜模式的研發部份加以說明：大氣模式是由美國 NCEP 引進，由於在美國地區的使用，是屬於較高緯度，且美國東西兩面都是環海，因此在邊界上與地形處理上都與在台灣附近使用時處理方式不甚相同。我們在引進的同時必須針對邊界的處理、投影方式、地形資料的運用上做一些測試改進，使模式適合在台灣地區使用。以下針對模式介紹及模式執行的結果加以說明。

二、數值模式介紹

大氣區域波譜模式乃引進 NCEP 區域巢狀波譜模式(Juang and Kanamitsu 1994)研發改進，針對台灣地區地形起伏效應及海浪模式風場解析度的需要，將巢狀區域波譜模式由一次巢狀改進成三次巢狀，分別為 A、B、C 三個不同解析的網格其解析度分別為 120km、60km、30km，所涵蓋範圍分別為，太平洋西北海域 A 網格為 $65^{\circ} E \sim 160^{\circ} E$ ； $5^{\circ} S \sim 60^{\circ} N$ ，中國海域 B 網格為 $100^{\circ} E \sim 140^{\circ} E$ ； $0^{\circ} N \sim 45^{\circ} N$ ，台灣海域 C 網格為 $110^{\circ} E \sim 130^{\circ} E$ ； $10^{\circ} N \sim 30^{\circ} N$ 。模式以中央氣象局全球預報模式資料當作初始場資料及基本場資料，針對高解析的波譜進行預報（擾動場）。此三個網格的模式使用了相同的預報方程、物理過程、數值方法、運算步驟、模式結構和預報進行步驟，我們以下加以說明。

（一）模式預報方程式：

模式方程式是使用 σ 為垂直座標的靜力原始方程式， σ 的定義為

$$\sigma = P / P_s$$

模式的原始方程式包含動量方程式、熱力方程式、濕變數方程式與連續方程式等預報方程及診斷的靜力方程。模式的運算是在求擾動量，我們將變數定義為 A，可將 A 分為二部份

(Hoyer, 1987)，基本場 A_b 及擾動場 A_p ，

$$A = A_b + A_p$$

模式部份針對 A_p 進行預報，至於 A_b 則由全球

模式的預報場輸入。

二、物理過程

模式內所採用的物理過程，包括（一）隨日夜變化的短波與長波輻射，是使用 GFDL Stephen B. Fels and M. Daniel Schwarzkopf 等研發的輻射過程，在此過程中考慮大氣中水汽(H₂O)、二氧化碳(CO₂)、臭氧(O₃)及雲等分佈情形，並考慮日夜輻射變化。（二）地表層及行星邊界層(PBL)物理過程，主要目的是在預報地表溫度和濕度以及估計邊界層中之地表層內動量、熱量、濕通量(flux)，在此需考慮長短波輻射及地表粗糙度、覆雪及地熱量(soil thermal properties)等物理量。（三）重力波平滑參數是使用 Pierrehumbert(1986)和 Helfand et. al. (1987)等人構想進行。（四）垂直擴散，此乃考慮大氣中動量、熱量及濕度在轉換中所產生的垂直擾動，擴散係數的計算依賴穩定度（取決於 Richardson Number）及高度（取決於混合高度 mixing length）。（五）淺積雲參數，是使用 Tiedtke(1983)相同的方法計算淺且無降水的積雲物理參數過程。（六）深積雲參數，是使用 Kuo(1965,1974)及 Anthes(1977)深積雲參數物理過程。及（七）大尺度降雨，是在計算完淺及深積雲參數過程後將格點上過量水汽轉換成雨量。期中除了輻射過程是每一個預報小時(forecast 60 min)執行一次外，其他部份都是每一個時間間隔(time step)執行一次。

三、模式架構與數值方法

此模式為三度空間模式，水平空間使用非交錯網格，使用波譜法進行計算；在垂直空間部份，採用 σ 座標，垂直方向的計算則採用差分法，為減少資料垂直傳送與計算上有所損失，三個網格使用與中央氣象局相同的垂直座標格點。為了整個模式平滑運算，模式動力方程式中加了四階擴散的空間平滑項。時間積分上是採用半隱式(semi-implicit)的方法。邊界處理部份，採用隨時間變化的緩和法(relaxation method)的邊界條件。

三、模式結果說明

（一）預報能力

本模式為海軍現行作業用模式，此模式系統建構完成於今年九月份，完整作業乃於十月份起實施。是否有其預報能力，我們將利用台灣周邊海域測站資料進行各預報場的測試評估。

1. 風場

風場是此模式預報的重點，因為此模式的下游是配合本軍四種不同的海浪預報模式，都需要大氣模式提供風場進行海浪預報，因此，風場的預報精度是相當重要的。在此我們針對模式在十月及十一月份風場的表現加以說明，十及十一月此二個月在氣候上，是屬於冬天的天氣，台灣是屬於東北風盛行的季風型態，且風速相當的大，海峽常常會有 30 節以上風力。在此我們選取彭佳嶼、東吉嶼及東沙島實測風力與模式相同位置的預報場進行比較，十月份風場比較發現在東吉嶼的風力預報要比實際的風力偏小，其他彭佳嶼及東沙島部份預報風力則與實際風力較接近，東吉嶼風力偏小乃因十月份東北風方才盛行，風向一般偏東北風，本模式使用的解析度為 30 公里，在台灣南部正處於背風區，受地形遮蔽影響因此風力在台灣南部附近海域，明顯偏小。十一月份與此三個測站的比較（如圖一），則比十月份進步許多，除了東沙島的風力預報比實測偏大外，其他二站預報風力都與實際風力相當吻合。由以上二個月的比較，我們發現模式在東北季風增強時，掌握的效果蠻好的，表示模式對東北風的靈敏度已有相當理想的程度。

2. 溫度場

在此我們利用彭佳嶼、東吉嶼及東沙島測站資料與模式 12 月 15 日至 12 月 25 日輸出的預報場，進行溫度預報場之比對，同時我們也加入中央氣象局分析場進行比對。在海平面溫度方面，在此模式是使用 1000hpa 的溫度預報值，模式預報值均低於實際觀測值有 2~3°C，中央氣象局的 1000hpa 溫度分析場也低於實際觀測值有 1°C 左

右，但整個趨勢與實測值相同。在高空溫度方面（如圖二），我們使用了東沙探空站的探空資料進行比對，模式預報值比實際觀測低了 1~2°C，但模式與中央氣象局的分析場卻相當接近。此模式在溫度的預報方面，已達到相當的準確度。

3. 海平面氣壓

在海平面氣壓方面，我們亦是使用上述溫度場所使用的測站進行比對，模式所使用的時間為亦是 12 月 15 日至 12 月 25 日輸出的海平面氣壓預報場，相同的我們亦使用中央氣象局海平面氣壓分析場加入比對，實際觀測的海平面氣壓比中央氣象局分析場氣壓高了 1hpa 值，模式的海平面氣壓值則與中央氣象局的分析場相當接近，模式的氣壓趨勢與實際觀測值相同。模式在氣壓場方面得預報亦達到相當的預報準確度。

（二）個案模擬

1. 86 年 11 月 26 日雷雨個案

86 年 11 月 26 日清晨六時許，台北淡水地區出現雷聲，隨即出現較大雨勢，台北市區亦開始下雷雨。在 11 月底的冬天，台北地區要下雷雨實屬少見，我們使用 11 月 25 日 00Z 的資料當作初始值，針對此個案進行模擬預報。由綜觀天氣來看，在 26 日上午五時以後鋒面正逐漸通過台灣北部，由中央氣象局彭佳嶼及基隆兩觀測站發現，彭佳嶼測站上午五時溫度為 25.5°C 氣壓為 1013.5hpa，基隆測站則溫度為 21.7°C 氣壓為 1012.9hpa，到了八時彭佳嶼溫度下降至 19.9°C 氣壓上升至 1016.5hpa，而基隆溫度亦下降至 19.8°C 氣壓則上升至 1016.7hpa，瞭解鋒面通過時間在五點至八點之間，在八時至十一時的天氣觀測方面從彭佳嶼至台北均有雷雨發生。由模式 11 月 26 日 11 時過去三小時的累積雨量得知，模式預報 11 點以前過去三小時鋒面的位置在台灣北部，與實測資料相當吻合（如圖三）。我們將模式中彭佳嶼位置的風場模擬時間分佈圖進行分析，發現風場在 11 月 26 時 00Z 時風場仍吹西南風至 03Z 時風向轉成西北風，溫度則是在 03Z 時有明顯增溫，之後就開始下降。壓力方面則是隨

時間持續增加，降雨量在 26 日 00Z 時有明顯降雨，由以上各種資料的顯示，模式掌握鋒面到達台灣的時間大致在 26 日 08 時至 11 時之間，比實際鋒面到達的時間上約慢了三小時左右。這在中尺度模式中相當理想。

2. 86 年 12 月 3 日強烈東北季風減弱個案

12 月 1 日起東北季風開始增強，海峽平均風力增強至 40 節，直到 4 日風力開始減小溫度也開始回升，由實測資料分析發現，3 日海峽平均風力還有 30 節以上溫度東吉嶼為 19°C 左右，彭佳嶼平均風力在 20 節以上，溫度在 15°C 左右，到了 4 日東吉嶼的風力減小到 20 節，溫度回升至 21°C，彭佳嶼風力減少至 10 節以下溫度回升至 20°C。我們利用 12 月 2 日 12Z 的初始資料進行模擬（如圖四），在 12 小時預報（即是 3 日 00Z）海峽附近風力在 40 至 30 節之間溫度在 15°C 左右，在 48 小時預報中（即是 4 日 12Z）海峽風力則在 15 至 20 之間溫度則回升至 20°C。與實際天氣相當吻合。此模式不止能夠預報天氣轉壞，亦可以掌握天氣轉好的趨勢。

四、結論

由本研究中，初步瞭解海軍與美國莊漢明博士合作研發的區域波譜模式，將其模式由一層巢狀網格改為三層巢狀網格，已使模式對台灣地區天氣系統的掌握，具有相當的水準。

此模式可以有效提高天氣預報的解析度，在加入高解析地形之後，亦可以解析台灣地區因複雜且陡峭地形所造成的中小尺度現象。在本研究中瞭解此模針對冬天天氣系統，已可以有效的預報各種天氣因素包括風場、溫度及氣壓，使海軍對大氣環境的掌握有相當大的幫助。於模式個案的模擬中，模式已能夠掌握鋒面到達的速度，亦可以掌握東北季風減弱的時間，此模式在天氣系統轉變上均能有效的掌握。本中心未來將持續針對此模式進行改良及精進，並於近期將完成颱風軌跡及海霧預報模式。

五、參考文獻

Helfand, H.M., J.C. Jusem, J. Pfaendtner, J.

Tenenbaum and E. Kanlany, 1987: The effect of a gravity wave drag parameterization

scheme on GLA fourth order GCM forecasts.

Submitted to JAS

Juang, H.-M., and M. Kanamitsu, 1994: The NMC

nested regional spectral model. Mon. Wea.

Rev., 122,3-26.

Kuo, H. L., 1965: On formulation and intensification

of tropical cyclones through latent heat release

by cumulus convection. J. Atmos. Sci., 22, 40-

63.

-----, 1974: Further studies of the parameterization

of the influence of cumulus convection on

large-scale flow. J. Atmos. Sci., 31, 1232-

1240.

Pierrehumbert, R. T., 1987: An essay on the

parameterization of orographic gravity wave

drag. Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

? N.O.A.A., Princeton University, Princeton,

NJ 08542.

Anthes, R. A., 1977: A cumulus parameterization

scheme utilizing a one dimensional cloud

model. Mon. Wea. Rev., 105, 270-286.

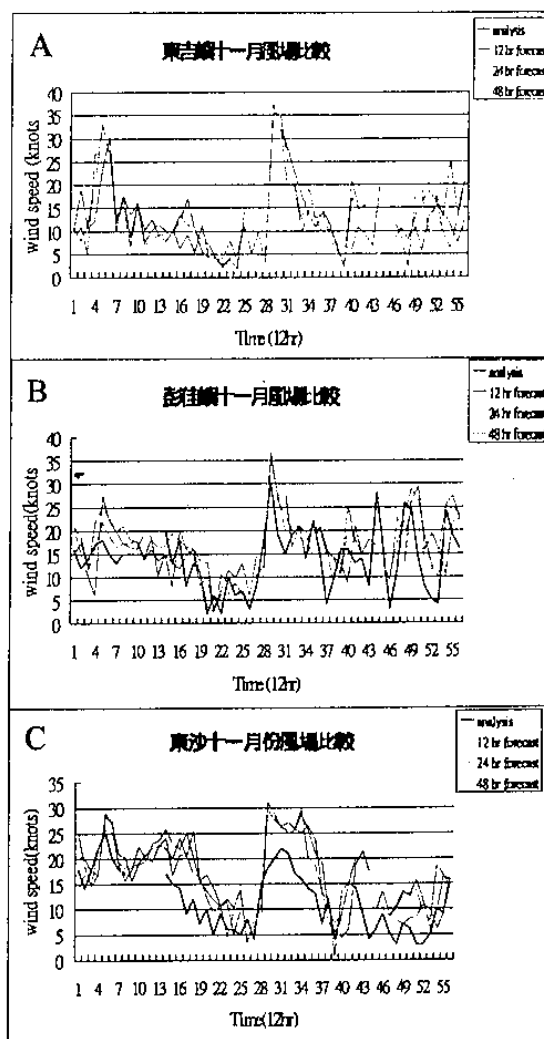
Tiedke, M., 1983: The sensitivity of the time-mean

large-scale flow to cumulus convection in the

ECMWF model. Workshop on Convection in

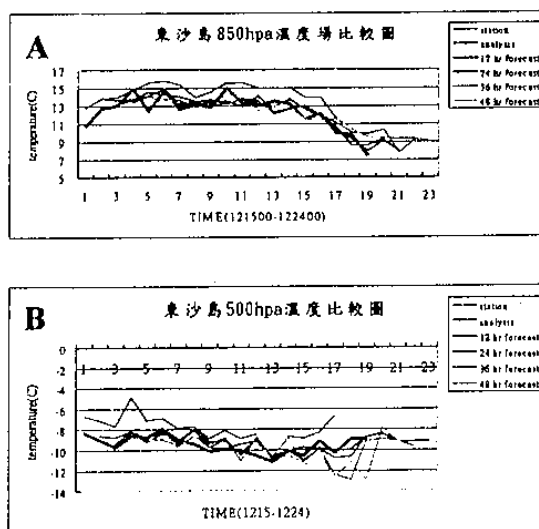
Large-Scale Numerical Models. ECMWF, 28

Nov-1 DEC 1983, pp 297-316.

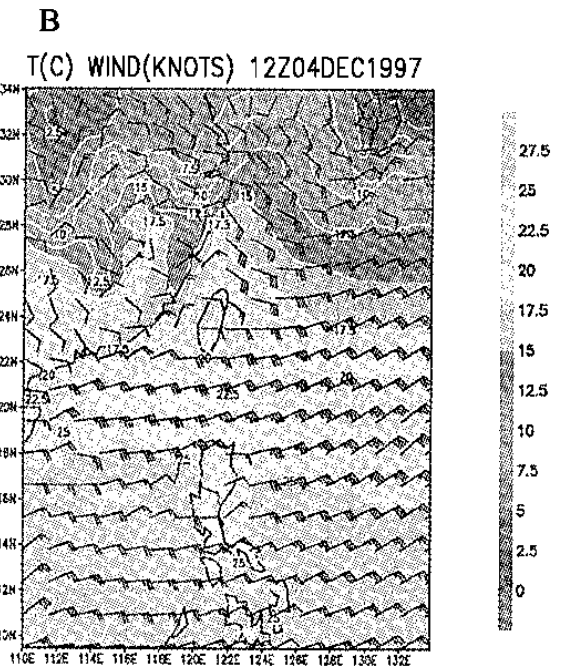
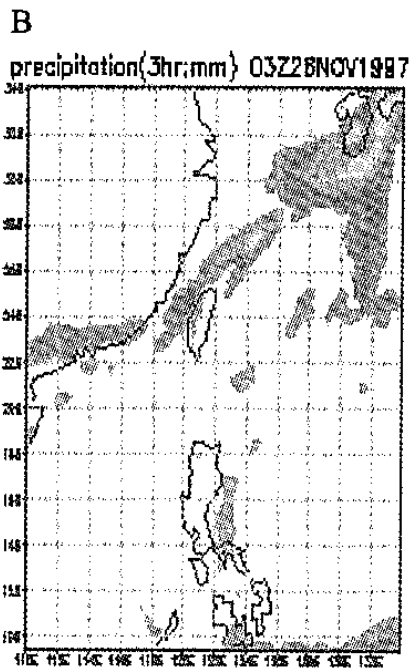
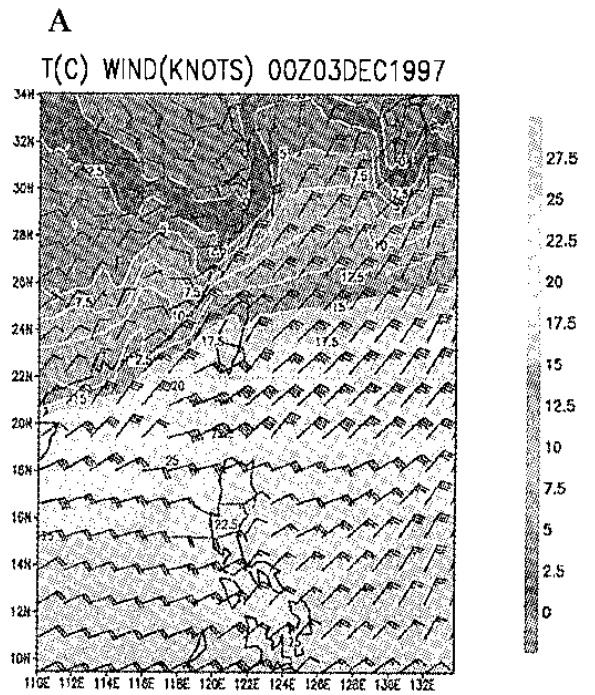
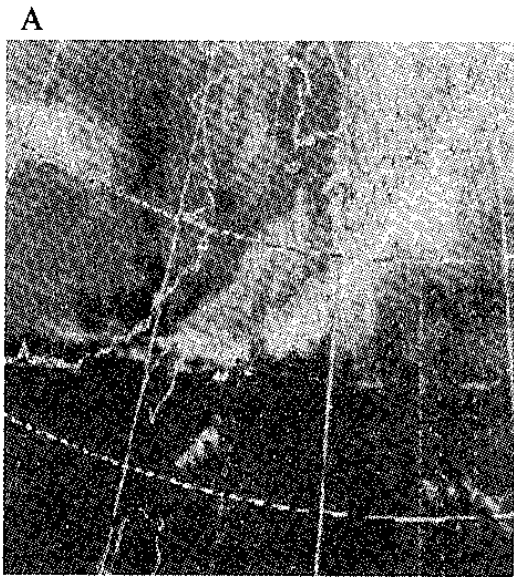


圖一 十一月模式預報風場與實測值比較圖

(A) 東吉嶼 (B) 彭佳嶼 (C) 東沙



圖二 東沙高空溫度比較圖 (A) 850hpa (B) 500hpa



圖三 個案一 11月26日鋒面雷雨個案模擬 (A) 122600Z 衛星雲圖 (B) 122603Z 過去三小時累積雨量

圖四 個案二 12月03日東北季風模擬之風場及溫度場 (A) 12小時預報 (12月03日00Z) (B) 48小時預報 (12月04日12Z)

The Study of NAVY Regional NWP

Y. C. Yu, C. C. Cheng, S. H. Chen

Navy Meteorological Center

ABSTRACT

Naval Meteorological Center started to develop numerical weather prediction model in 1994. We acquired and improved a new atmosphere spectral model from NCEP U.S.A. This model, using spectrum method, is different from the other regional models which using finite difference method in regional weather prediction. After conducting a long period of testing and improving, we find that the performance of this model is quite well now. We set up the model in operational test on October 1997, we wish to understand practical forecasting characteristic of this model surrounding the area of Taiwan. In this study, we analyze the result from model during operational test. We use the physical field (include wind, temperature and pressure) from the model to compare and check with the real observation data. The result so far is quite satisfactory during winter monsoon season.