

# 空軍氣象中心應用預報模式輸出資料之初步介紹

陳盈擘

空軍氣象聯隊氣象中心

## 摘要

隨著計算機速度的大幅提升，以數學方程組為基礎的大氣科學有相當大的進步，由純粹利用觀測資料預報未來天氣演變，轉變為使用數值氣象預報模式來做更為客觀的未來天氣預報。空軍氣象中心基於時代的潮流與世界的趨勢，於民國 90 年 2 月份從中央氣象局接收多種氣象數值模式輸出資料，以增進本中心對未來天氣狀況掌握的準確度。但觀測資料和模式結果兩者在應用上有各自和相互矛盾之處，本文即針對觀測資料與模式結果兩者做一概括性的介紹與討論，此外，並將本中心從中央氣象局所接收的氣象數值模式做一簡單的介紹。

關鍵字：數值預報模式

(2001 年 7 月 20 日收稿；2001 年 8 月 9 日定稿)

## 一．前言

由於現代氣象型態的改變，原本以氣象觀測資料為主的天氣預報作業加入了氣象預報模式，利用即時收集到的氣象觀測資料對天氣系統的未來發展做客觀的預測，讓天氣預報人員能對未來的天氣變化有更具體的掌握。

空軍氣象中心使用日本氣象廳(JMA)與歐洲氣象中心(ECMWF)的模式輸出資料已有多年的時間，更於民國 90 年 2 月份又陸續從中央氣象局加收許多氣象預報模式輸出產品，如美國國家環境預報中心全球預報模式(NCEP)等，配合上即時氣象觀測資料，以期對未來天氣變化的預測上可以更準確。

近年來，由於計算機速度的大幅提升，氣象預報模式的發展在強而有利的工具輔助之下有了更多的嘗試，不再侷限於原始的解數學方程組技術上，而增加了許多模式與觀測資料之間的互動機會，如四維資料同化等技術。但不可否認的，氣象觀測資料與氣象預報模式輸出資料間有著十分詭異的關係，兩者的關係看似相輔相成，但又有許多相互矛盾之處。氣象預報模式可以藉由即時的觀測資料來做預報結果的修正，觀測資料亦可利用模式的模擬

結果來做檢測，但若果真如此，則氣象預報模式可能會失去其客觀性，而氣象觀測資料的正確性亦倍受質疑。

本文針對氣象觀測資料與氣象預報模式結果兩者做一概括性的介紹與討論，除此之外，並將本中心從中央氣象局所接收的氣象數值模式做一簡單的介紹。

## 二．模式演進歷史回顧

早在 20 世紀以前，對大氣已有初步的認知，基本的流體力學方程組已應用於大氣科學的研究上，並將大氣的運動視為流體的運動。由於流體的運動為非線性，其運動方程組含有許多的非線性項，不似線性運動方程組般可輕易得到解析解，而必須經過些許的假設，去除不重要的非線性項，方可得到近似解，故在 20 世紀前期僅能靠著一些經過假設得到的線性大氣方程組，及當時人們對大氣運動僅有的經驗做未來的天氣預報，而這些預報的結果相對於今日的天氣預報技術可說是幾乎沒有大氣科學根據的。

隨著通信技術的進步，氣象觀測所得到的結果漸漸可以由電報的傳遞來收集，此一技術的進步促成了氣象觀測資料可於同一時間收集完成，並繪製成天氣圖，對

天氣系統隨時間的移動和演變可做有效的追蹤與研究。這種氣象觀測技術的巨大演變使得現代氣象科學於挪威的“Bergen School”逐漸發展起來，而後來的人更是將“Bergen School”視為現代氣象科學的發源地。

同時期有許多的科學家對此一領域有或多或少的接觸與貢獻，Vilhelm Bjerknes 是其中最為直接與大氣科學有接觸的地球物理流體力學家。1904年，Vilhelm Bjerknes 將物理學上的力學定律應用到大氣科學上，試圖將其應用到解決氣象預報上的問題。接下來 Lewis Fry Richardson 發展出原始方程模式，用意在於解決許多氣象上數值預報的問題，雖然最後經由後人的研究證實由於 Lewis Fry Richardson 的原始方程模式因未能注意到方程式解的不穩定性而導致預報失敗，但其對於氣象預報技術上的貢獻仍是一個非常重要的分水嶺，使得氣象預報從純粹觀測資料預報開始走向氣象數值模式預報。

近期最大的突破應為計算機計算速度的突飛猛進，使得氣象預報有了更有力的工具可以使用，John von Neumann, Jule Charney, Ragnar Fjortoft, John Freeman 等人使用了較以前為複雜的簡化後方程組，並加入許多的數學方法，來得到較佳的方程組的近似解。此外，基於快速的計算機運算速度，可使用的數學方法和方程組的複雜程度可以做更進一步的嘗試，以期得到更好的氣象預報結果。

結合精密的觀測與進步的氣象預報模式，使得近年來的氣象預報技術有了長足的進步，但隨之而來的問題為氣象預報模式的結果是否該經過人為的修正，以更進一步改善模式的預報結果，因為此一動作會引發人為干涉模式運作的問題，使模式結果的客觀性令人存疑。換個角度更深一層思考，會發現這牽涉到了觀測資料的正確性與否，因為模式的初始場即為觀測所得到的結果經由客觀分析後得到。由以上兩種不同的觀點可知，到底是模式的結果較為客觀，亦或是觀測的資料較為正確，兩者之間所造成的矛盾是有待更進一步探

討的。

### 三、空軍氣象中心接收模式之簡介與應用

空軍氣象中心自民國90年2月起自中央氣象局接收多種氣象預報模式輸出資料，計有中央氣象局全球預報模式、中央氣象局新版有限區域預報模式、日本氣象廳全球預報模式、歐洲氣象中心預報模式、美國國家環境預報中心全球預報模式，詳細內容請參閱(表1)。在應用上依預報模式定義的模擬範圍及預報模式的解析度而有所不同，模擬範圍約略可分為全球和區域兩種，全球範圍如中央氣象局全球預報模式，由於其模擬範圍大，模式解析度較粗，故多應用於對大尺度天氣系統的移動與演變上的掌握。而中、小尺度天氣系統及天氣現象的變化則需模擬範圍為區域性，且模式解析度較細的氣象預報模式方可勝任，如中央氣象局新版有限區域預報模式，其模擬結果可以看到較小尺度的天氣系統，如對流系統的發展等。

### 四、模式在預報與研究上的盲點

一般而言，在國家氣象服務上(NWS: National Weather Service)，氣象預報模式或多或少都會影響到每個人對未來天氣演變的思考方向，而加入了人為思考模式的天氣預報技術即稱之為模式輸出統計(MOS: Model Output Statistics)，此一技術可以產生出除模式輸出之外的任何影響天氣變化的氣象因子。但換個角度來看，MOS對“氣象”而言似乎是不必要的動作，因為會造成到底是該相信客觀的模式輸出結果，或者是經由人為修正過後的結果。

由於新一代的氣象預報人員並不是非常熟悉如何利用觀測資料來作天氣預報，故在NWS中並未加入太多人為的修正動作，如MOS等，主要的理由如下：

#### 1. 缺乏教育訓練 -

要訓練出一位對模式可以有相當程度了解的預報人員約需4年的時間，且目前並無一套非常完整的訓練計劃是針對如何增進與改善現階段預報技術。

#### 2. 缺乏適時的激勵 -

同一種預報技術有時並不能適用在所有的情况之下，如同前面所述，現代氣象預報技術已是無法脫離氣象預報模式的結果，故以前純粹使用觀測資料來做天氣預報的技術已無法適用於當今的天氣預報作業上。

### 3. 缺乏有意義且實質的天氣預報改進計劃 -

NWS 本身並沒有義務與非常明確的計劃去改善天氣預報的技術與結果，除此之外，“改善”天氣預報亦暗指了“研究”天氣預報的技術，故需要許多的個案來做為改善天氣預報技術的研究方向，(表2.)為一簡易的個案研究統計表，其中明白表示了預報天氣狀況與實際天氣狀況的比較結果，由表中可以清楚知道預報技術的改善狀況和準確度，以作為日後校驗之用。

隨著科技的進步，日新月異的計算機與運算速度促成了大氣科學大幅度的躍進，但在這令人欣喜的同時亦暗藏了許多的冒險，不論是網格點模式或波譜模式都是在解數學方程組，故都會遇到一些不可避免的問題：

1. 有限數學方程組所計算出來的解只是近似解，而非真正的解析解，故會有一些無法解析的項被忽略掉，而這些被忽略掉的項有可能在模式中對未來天氣的演變上佔有非常重要的成分。

2. 有限數學方程組在計算時需要有邊界值的加入，這牽涉到了模式中數學方程組的上、下邊界與左、右邊界的設定，對模式最後的模擬結果會有相當程度的影響。

3. 模式初始場對氣象預報模式在模擬往後天氣系統的移動及演變上會造成一定程度的影響，如“蝴蝶效應”便是一個非常好的例子，故初始場品質的好壞對最後的模擬結果非常之重要。

4. 次網格為由較大的上一層網格內插而來，這種內插網格作法即為現今最流行的巢狀網格模式，其將較大網格模擬後的結果內插到較小的次網格中，以得到較為詳細的天氣系統演變過程。次網格在內插的過程中會有資訊漏損的狀況產生，亦

即在次網格邊界會有內插所造成的擾動問題，這種內插造成的擾動對次網格的預報結果有不小的影響，故如何將這種影響降到最小對目前的預報模擬作業是相當重要的課題之一。

5. 參數化為氣象預報模式最常遇到的問題之一，有許多小尺度的天氣系統是模式無法解析到的，而這類的天氣系統演變就必須依賴參數化來解決，如對流系統即是靠對流參數化來計算其發展過程，故參數化的好壞便直接影響到天氣系統的發展狀況。

6. 在研究許多天氣系統時，由於大氣的參數眾多，故在使用氣象數值模式模擬其演變時通常會將一些複雜的因子去除，而單純研究最直接的影響因素，這整個過程所衍生出來的數值模式稱之為“理想模式”，由於為非實際大氣狀況所模擬得到的結果，故在實際應用上將會與實際有相當大的差別。

7. 觀測資料與模擬結果之間的相關性是一直引發爭議的問題，如何去證明到底是觀測或是模擬結果正確是一個非常重要的課題，但可以明白知道的是，模式的結果可以利用來解釋觀測所表現出來的現象，但絕對無必要用來修正觀測所表現出來的結果。

### 五、結論

無庸置疑的，數值模式在現代氣象中已佔有不可或缺的地位，天氣系統的分布與演變情形可藉由數值模式明確的表現出來，現在所遭遇到最大的問題為理論、模式與觀測三者間的問題，孰是孰非並無一個非常明顯的界定，意即現階段並沒有一個完整的研究來探討三者之間的關係。文中陳述了在觀測資料的診斷分析與數值模式的模擬上所可能遭遇到的問題，許多都是非常值得後續研究大氣科學的人員深入探討的課題。

### 六、參考資料

中央氣象局全球資訊網，  
<http://www.cwb.gov.tw>

模式名稱	模式簡稱	模式網格點	模式解析度	模式預報範圍	模式預報時間
中央氣象局全球預報模式	GFS	144 x 73	T120	圖 1.	00,12
中央氣象局新版有限區域預報模式	NFS	191 x 127 145 x 139 61 x 91	45km 15km 5km	圖 2a 圖 2b 圖 2c	00,12 00,12 00,12
日本氣象廳全球預報模式	JMA (JG)	144 x 73	2.5 x 2.5	圖 1	00,24,48,72,96,120, 144,168
日本氣象廳全球預報模式 (東亞區域)	JMA (JE)	46 x 43	1.16 x 0.87	圖 3	00,24,48,72,96,120, 144,168,192
歐洲氣象中心預報模式 (北半球)	ECMWF (EN)	72 x 15	5 x 5	圖 4a	00,24,48,72,96,120, 144
歐洲氣象中心預報模式 (南半球)	ECMWF (ES)	72 x 15	5 x 5	圖 4b	00,24,48,72,96,120, 144
歐洲氣象中心預報模式 (全球帶狀)	ECMWF (EB)	72 x 15	5 x 5	圖 4c	00,24,48,72,96,120, 144
歐洲氣象中心預報模式 (東亞赤道)	ECMWF (EP)	37 x 37	2.5 x 2.5	圖 4d	00,24,48,72
美國國家環境預報中心全球預報模式	NCEP	288 x 145	1.25 x 1.25	圖 1	00,24,48,72

表 1. 空軍氣象中心接收中央氣象局模式資料一覽表

Chuck D, 2000: On the use of models in meteorology.

	Observed event	Observed noevent	Sum
Forecast event	$N_{11}$	$N_{12}$	$N_{1.}$
Forecast noevent	$N_{21}$	$N_{22}$	$N_{2.}$
Sum	$N_{.1}$	$N_{.2}$	$N_{..}$

表2. 氣象模式預報結果與實際天氣狀況比較表，其中N表示個案發生的次數。

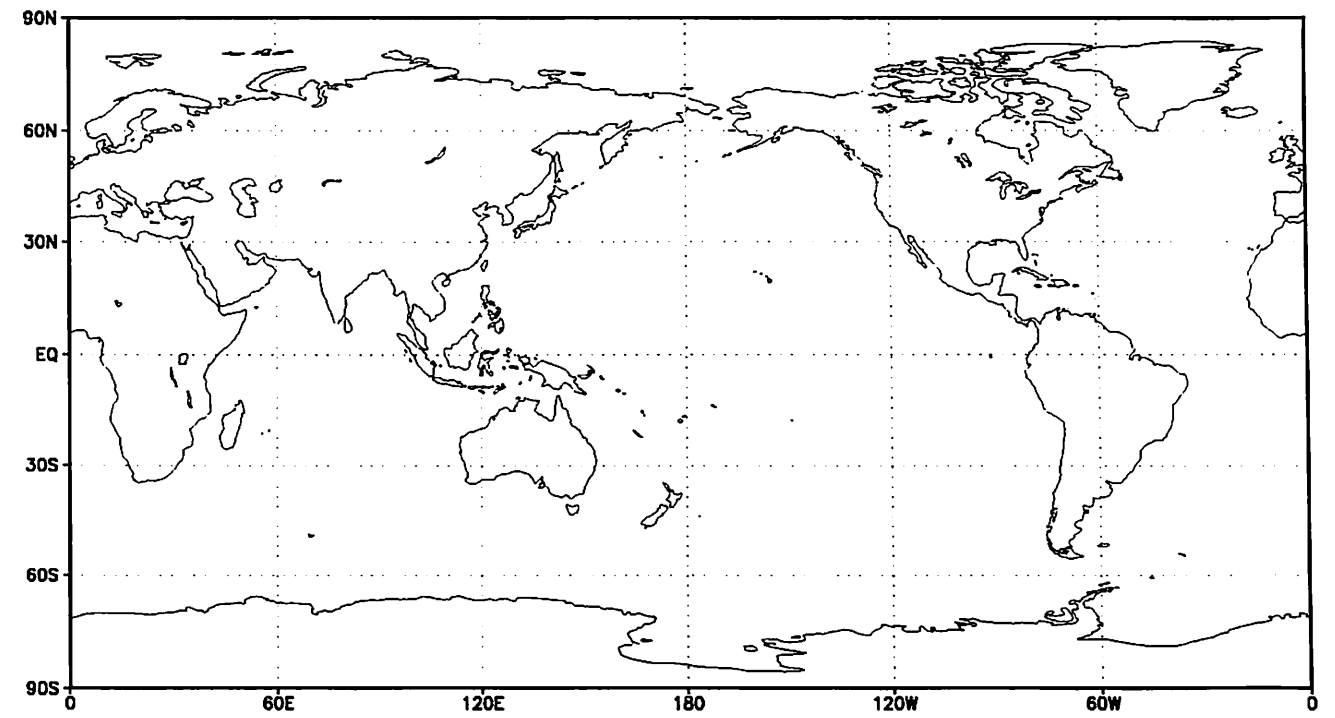


圖1. 中央氣象局全球預報模式、日本氣象廳全球預報模式及美國國家環境預報中心全球預報模式模擬範圍。

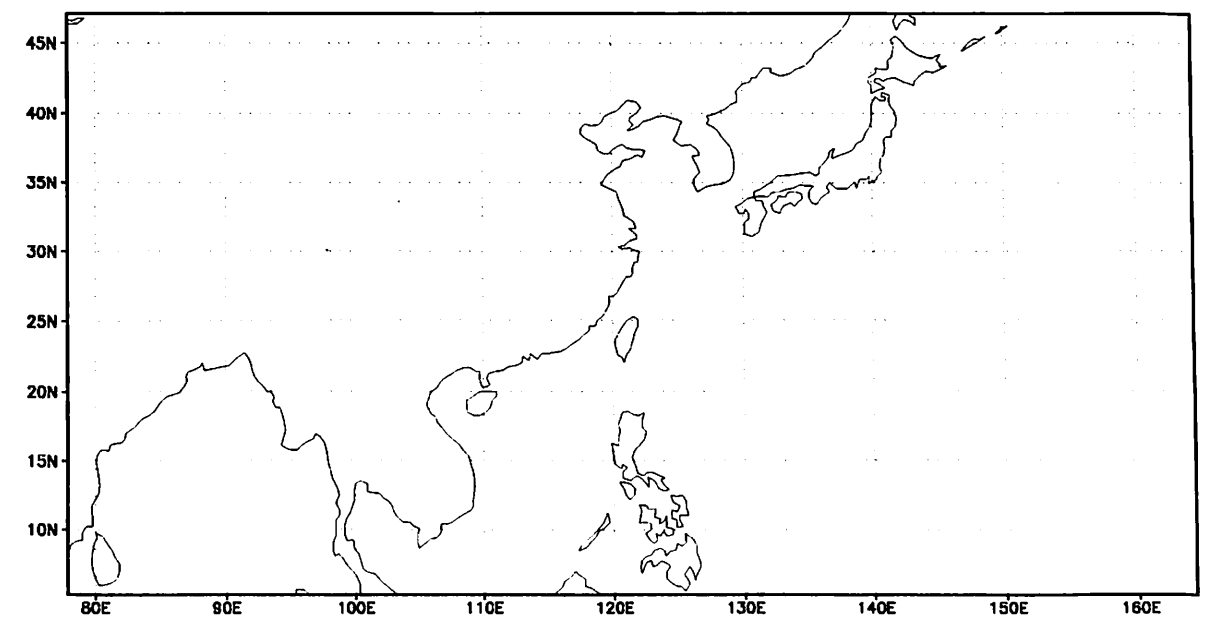


圖2a. 中央氣象局新版有限區域預報模式45km網格解析度模擬範圍。

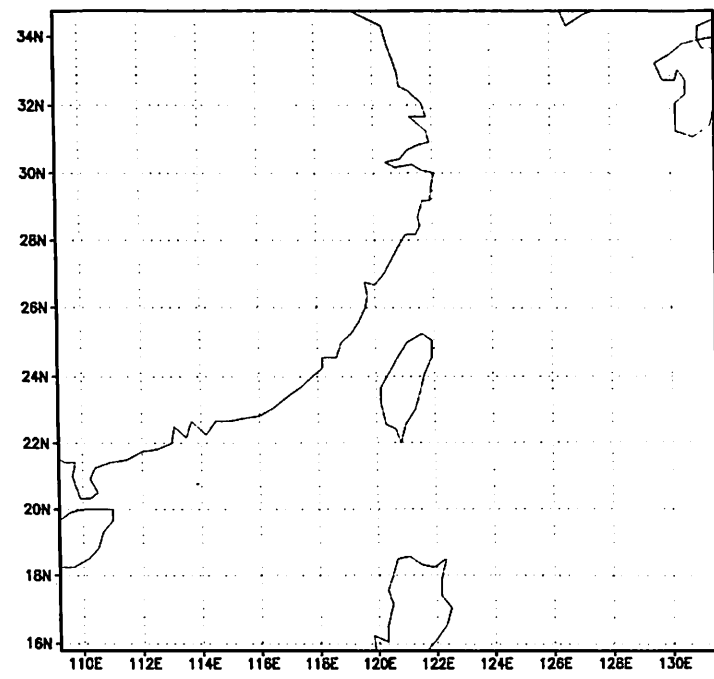


圖 2b. 中央氣象局新版有限區域預報模式 15km 網格解析度模擬範圍

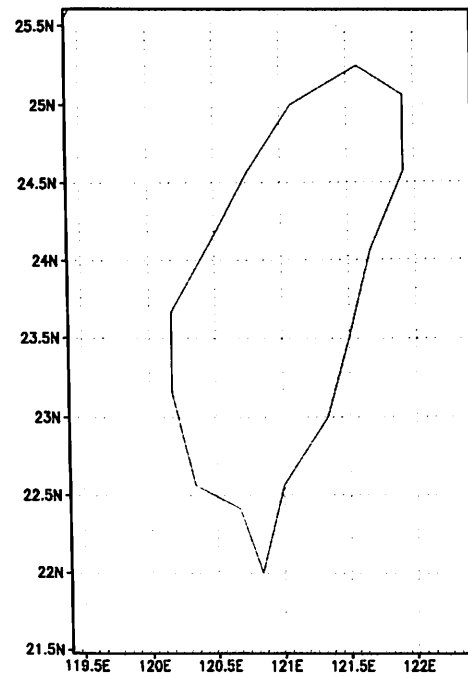


圖 2c. 中央氣象局新版有限區域預報模式 5km 網格解析度模擬範圍。

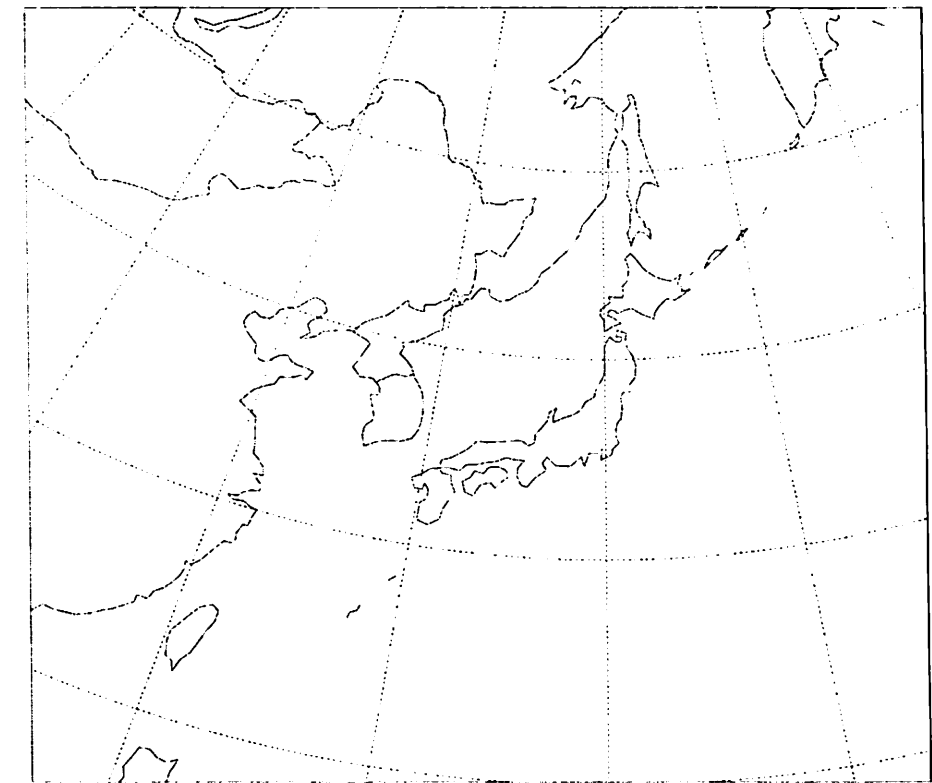


圖 3. 日本氣象廳全球預報模式 (東亞區域) 模擬範圍。

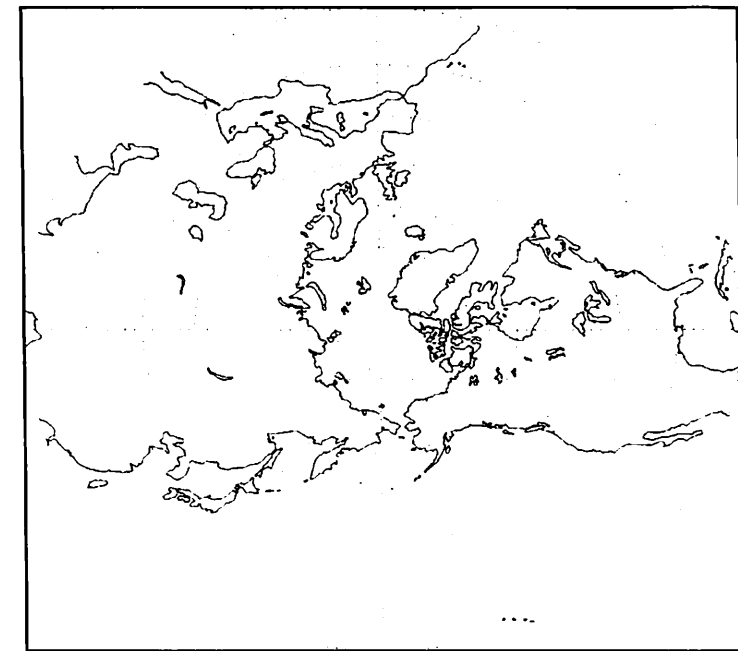


圖 4a. 歐洲氣象中心預報模式 (北半球) 模擬範圍。

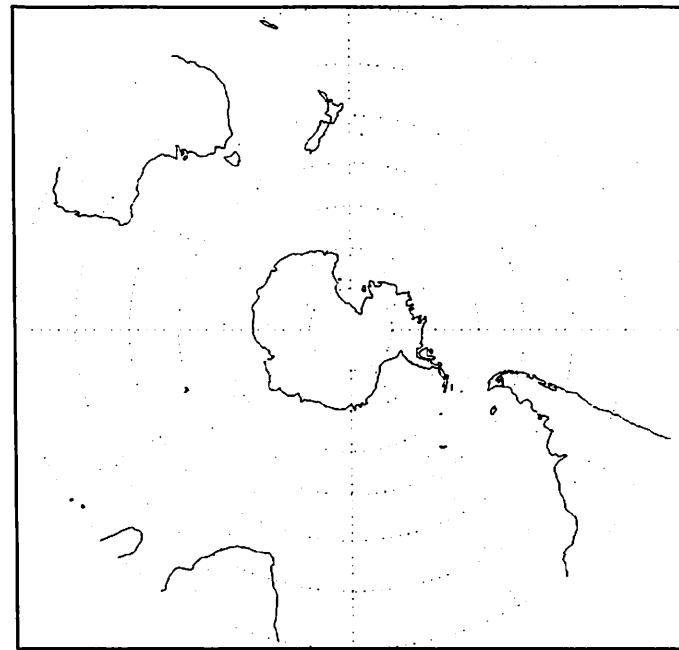


圖 4b.歐洲氣象中心預報模式(南半球)模擬範圍。

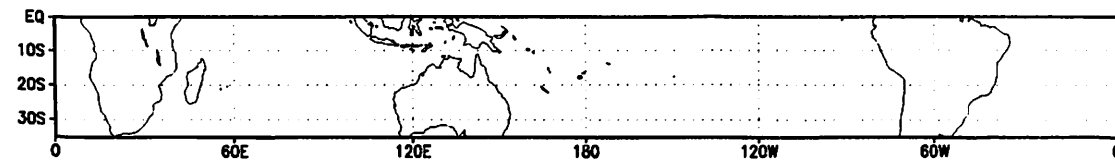


圖 4c.歐洲氣象中心預報模式(全球帶狀)模擬範圍。

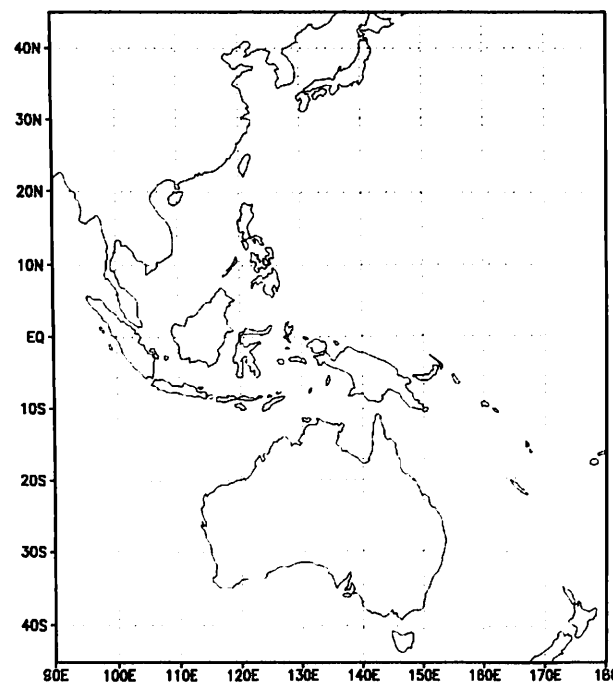


圖 4d.歐洲氣象中心預報模式(全球帶狀)模擬範圍。

# A Simple Introduction of application the output for Forecasting Model in Air

## Force Weather Central

Ying-Yeh Chen

Weather Central, Weather Wing, CAF ROC

### Abstract

It has very much improvement in atmospheric science which based on mathematic equations because of the high calculating speed of computers. The weather forecast techniques were transferred from using pure observation data to numerical weather prediction (NWP) models which in order to make more objective forecast. According to the trend of the world and the accuracy of weather forecast in the future, Air Force Weather Center had get several kind of NWP models' output data from Central Weather Bureau (CWB) on Feb. 2000. But it is confused to using ether observation data or model output data, because no one can say which one is really correct. This article's purpose is to have simple introduction to observation data and model output data. Beside, it will also has a simple introduction to the NWP models which were received from CWB.

Keyword: numerical prediction model