

# 中央氣象局區域模式分析與預報之診斷

蕭志惠

吳石吉

中央氣象局科技中心

中央氣象局資訊中心

## 摘 要

本研究係收集 1996 年 3 月 1 日至 6 月 30 日期間，中央氣象局區域模式之分析與預報結果、相關之觀測資料等，分析在這段時間內模式之表現情形。為探討誤差之區域特性，將研究範圍(0N°至 40°N，80°E 至 140°E)細分為六個小區域，比較誤差之海陸差異、南北位置之差異及東西位置之差異等。分析的步驟有：模式分析場與觀測資料的校驗，分析區域模式之預報誤差等。分析之變數則包括海平面氣壓、溫度、比濕及東西風之定壓面及垂直分布。本研究之成果，將可提供模式發展者了解模式現況及規劃未來模式改進之參考。

## 一、前言

我國東部及台灣、日本一帶的梅雨季是東亞地區在春夏季節轉換時節最明顯的天氣現象，且與低緯度之西南季風的建立有著密切的關聯。從數值預報模式發展及使用者的角度，我們有興趣的是模式的預報度是否會隨著季節的轉變而改變？若是，是否意味著模式之預報誤差與天氣系統間有著密切的關係？甚者是否可由天氣系統歸納出特定之誤差形態，供使用者修正預報結果、模式發展者修改模式物理之用？

本局有限區域模式在建置之初均進行了一段相當長時間的作業測試(葉等，1994)。但由於模式仍在不斷改進中，許多先前存在的系統性誤差已被改善，但又引發新的誤差出現。故經常性的監視模式的誤差情形是非常必需的。數值預報小組的成員在模式的改進當中亦常有相關於模式系統性誤差的報告提出，但多為口頭報告而無文章，甚為可惜。

本文即針對 1996 年 3 月至 6 月春夏季節之轉換時節之模式分析及預報結果與觀測資

料等做誤差分析。目的在於想找出系統性誤差與環流間之關係、入梅前後誤差特性之差異、地域與誤差之關係等。在第二節中將介紹資料來源、種類與處理方式。第三節為模式之分析結果與觀測的比較。第四節介紹區域模式之預報誤差。第五節為討論及結論。

## 二、資料種類與處理方式

本研究係針對南海季風之肇始為分析方向，故選取的資料時間為 1996 年 3 月 1 日至 6 月 30 日。此時段涵蓋了整個東亞地區春夏季節轉換的過程。為免除快速移動系統之干擾，在時間上採五日平均即候平均。

研究範圍集中在南海及東亞之 0°N 至 40°N 及 80°E 至 140°E。為探討誤差之區域特性，將研究範圍再細分為六個小區域(圖 1)，比較誤差之海陸差異、南北位置之差異及東西位置之差異等。這六個小區域分別為位於北半球副熱帶之青康藏高原(Area2)、東亞大陸(Area3)、日本附近(Area4)，及位於北半球熱帶之孟加拉灣(Area5)、南海地區(Area1)、菲

律賓東方(Area6)。

在觀測資料方面，使用地面探空觀測資料分析大氣溫度、濕度及東西向風之垂直結構及水平結構等。垂直資料由 1000hPa 至 10hPa 共 16 層，資料層之定義見表 1。

圖 2 為探空測站在各區域內的分布情形。由測站之分布顯示出探空測站主要分布在陸地上，其中以東亞地區之測站數最多且分布均勻，因此區域內測站之平均應足以代表該區之大氣特徵。青康藏高原區、日本地區及南海地區測站數雖不少，但多位於高山或狹小的陸地上，對該區大氣特徵之代表性略差。其他區域則因測站數太少，無代表性可言。另外資料量最多的高度是 850hPa 至 250hPa 之間，最大值出現在 500hPa。

經過模式最佳客觀分析後之資料，在此簡稱為模式之分析場。區域模式解析度為 60 公里×60 公里，涵蓋以台灣為中心的廣大東亞與西太平洋地區。區域模式網格點為非等經緯度分布，故在南海地區及菲律賓東方海面點數最多，各有 1386 點；其次為孟加拉灣之 1361 點。東亞地區及日本地區均為 1138 點，青康藏高原區有 1124 點。

模式之預報場方面，包括 00 及 12Z 之 12、24、36、48 小時預報。在此預報場均以分析時間為準做過調整，而後才做各候之平均。模式之解析度與垂直層數與分析場相同。

### 三、模式分析場與觀測之比較

圖 3 為經過候平均及區域平均後之溫度( $T$ ， $^{\circ}\text{C}$ )，比濕( $q$ ， $\text{g/kg}$ )及東西風( $U$ ， $\text{m/s}$ )之分析誤差，即分析與觀測差值，垂直剖面及時間序列。

溫度場之主要季節變化發生於低對流層及對流層頂附近。青康藏高原、東亞地區及日本附近之低對流層季節性增溫的現象十分明顯。有趣的是 500hPa 以下之溫度增加在 4 月

份左右是以振盪的形式增加的，至 5、6 月以後才是穩定的增加。而孟加拉灣、南海和菲律賓東方三個區域，則是在低對流層看不出明顯的變化。至於位於 100hPa 與 70hPa 間之對流層頂等溫區，副熱帶三個區域隨季節之演變而緩慢的降溫(變冷)，而熱帶地區反而是變暖(等溫區西退)。

分析誤差最明顯的是對流層頂附近之正誤差及平流層之負誤差。其次為青康藏高原及孟加拉灣區 500hPa 處之負誤差區及其他地區之正誤差。

比濕的季節變化也是以副熱帶的三個區域(青康藏高原、東亞及日本地區)最為明顯，而且可看出水汽含量的增加次序是由西往東的。熱帶之水汽含量從 3 月起微量增加，而後之 4、5、6 月幾乎是含量不變的，可見並不受南海季風肇始之影響。

比濕之分析誤差明顯存在於 500hPa 之下。副熱帶地區之分布有明顯的季節變化，如在 4 月中旬以後之誤差以中低對流層之過乾為主，而後逐漸減弱。取而代之的是下層過濕的分析值，且分析過濕的情形隨季節演變而增加。熱帶地區在 700hPa 至 500hPa 間亦為過乾區，且隨季節而減弱，但不若副熱帶之明顯。在 700hPa 以下之過濕則是持續存在，且值遠大於副熱帶地區。

副熱帶 200hPa 高層西風噴流從 3 至 6 月間逐漸減弱，熱帶地區則是東風噴流由高層(10hPa)逐漸向下發展至對流層頂(100 至 200hPa)附近。

東西風之分析在副熱帶地區顯然優於熱帶地區，僅在西風噴流處有分析偏弱的情形。至於熱帶地區則是在對流層頂東風噴流處，有明顯的分析過強。

綜合以上之分析，可見分析與觀測之差異顯然是熱帶地區大於副熱帶地區。其中熱帶地區之觀測資料不足，是個相當重要的問題，至使分析場偏向於模式預報之初始猜測值(first-

guess)。

## 四、區域模式之預報誤差

### 1、1996年3至6月月平均48小時報誤差

由於篇幅限制，在此僅列出4個月平均之預報誤差圖(圖4)，文章內容則仍以各月誤差之敘述為主。模式的預報誤差在12小時預報即已存在，並隨著積分時間的增加而累積。在此均以48小時預報誤差為例。

#### 4-1-1、海平面氣壓

由分析場來看，3月及4月東亞地區主要受到西伯利亞高壓之影響。3月時西伯利亞高壓勢力仍相當強盛，但受到青康藏高原南部低壓及阿留申低壓之阻擋，高壓前緣由東亞大陸傾瀉而下；4月份高壓強度減弱，影響東亞地區的則是高壓前緣之分裂高壓，強度不如前者。

5、6月時北方之西伯利亞高壓已減弱，阿留申低壓亦減弱，於是青康藏高原南部低壓成為影響東亞地區之主要系統。由此低壓伸展出的二支低壓帶，一支由青藏高原北方指向山東半島，一支由中南半島向太平洋延伸。其中南支低壓帶在6月份時受到太平洋高壓脊向西發展之影響，西退至東亞大陸沿岸。

除去北方因移動性天氣系統造成之預報誤差不看外，48小時預報誤差常駐的區域有：華中華南一帶之負區、印度半島東側之負區及西側之正區、及蘇門答臘西方印度洋上之正區。

華中華南一帶之負區對3、4月來講，為對西伯利亞高壓脊南伸程度之低估，亦即可能低估寒潮之強度。對5、6月來講為對低壓槽強度之高估，亦即可能高估了華南一帶低壓擾動或鋒面的強度。

印度半島及蘇門答臘附近之預報誤差，個人懷疑是由模式邊界條件所產生的反射現

象。

#### 4-1-2、850hPa高度及溫度

850hPa之天氣系統演變，由3月至6月主要是北方的阿留申低壓東移及減弱、1500重力位米線之東退及溫度梯度明顯的由密而疏。溫度梯度最明顯的是在青康藏高原東側之溫度槽。此溫度槽是經常存在且梯度大，顯示高原對北方冷空氣存在著阻擋的作用。其次台灣附近之溫度梯度變化亦極明顯，由3月之12°C至15°C演變至18°C以上，溫度明顯回暖。概括而言，東亞大陸始終是位於北方系統低壓槽後及溫度槽前的位置。

常駐性預報誤差發生的位置與青康藏高原有密切的關係。就等高線來看，從西孟加拉灣及中南半島、青康藏高原東側一直到整個30°N以南之北太平洋均為負區，亦即模式對太平洋高壓之強度都低估了。其中青康藏高原南側及華南沿海一帶為負區之較大值，顯示出模式之預報值加強了對華南擾動系統的強度，亦即與海平面氣壓之預報一樣高估了華南之擾動。

溫度之預報誤差則主要發生在青康藏高原東側附近，且為正區。二個主要中心分別在高原之東北角及東南角。由此處之溫度偏高顯示出模式並無法確切掌握到北方冷空氣沿青康藏高原東側南下的現象，可能的原因是地形的處理減弱了此處之梯度或模式的解析度不夠所致。

#### 4-1-3、500hPa高度及溫度

500hPa之主要天氣系統演變為西伯利亞之主低壓槽向東移出且減弱，及西伯利亞上另一較弱低壓槽之生成。整體而言，東亞地區籠罩在槽後西北氣流之下，溫度線與等高線走向是近乎平行的。此外，副熱帶5880重力位米等高線逐漸向西發展，6月時最強可達華南沿海。

到預報誤差而言，華南、中南半島以東至太平洋均為負值區，亦即模式對副熱帶及熱帶高壓之勢力始終是低估的。除 4 月份最大負值區位置較北，位於日本到華中沿海外，其他月份之最大負值均發生在華南及其沿海，並隨著太平洋副高之發展最大負區向北及向西移動。

溫度之預報誤差位置除 4 月時在高度場北方外，其他月份之最大負溫度誤差中心與最大負高度誤差中心是一致的。可見預報誤差之形態在 500hPa 轉為冷低壓的形式。

#### 4-1-4、200hPa 高度及溫度

在 200hPa 之高度誤差在東亞大陸上雖為誤差較小區，但仍是正誤差值，相對應的是東亞地區微弱之正溫度偏差。因此整個東亞籠罩在暖高壓之誤差形態之下。

## 2、1996 年 3 至 6 月預報誤差之垂直分布時間序列

#### 4-2-1、溫度場

幾個具有季節變化特徵之現象，在此特別提出來。除東亞及日本地區外，各區高對流層之正誤差在 5 月以後有明顯增加的現象。東亞地區是間歇性地出現大值區。而日本附近則是在 5 月以前即已存在一波相當大的正誤差區，5 月初為短暫的暫停，5 月後再度增強。

中對流層之負值區有隨季節演變而減弱的情形，在日本、孟加拉灣、南海、菲律賓東方等區域都是如此。在青康藏高原與東亞地區減弱的情形也是存在，但並不明顯。

整體而言，海洋上預報誤差隨季節之變化是相當有規律的，大致春季(3 月)以中低對流層之負值區為主轉變為夏季(6 月)高對流層為主之正值誤差。

若比較海陸之差異，屬於陸地上的青康藏高原及東亞地區在中對流層的負值區位置較

高，約在 500hPa 至 400hPa 之間，其他海洋上的地區除日本附近擁有深厚的負區(925hPa 至 400hPa)外，大多在 500hPa 以下。

#### 4-2-2、比濕場

水汽場的預報誤差有很明顯的海陸差異。在以陸地為主的二個區域(青康藏高原及東亞)幾乎整層均為正誤差，亦即模式高估了陸地上水汽之含量，尤其是在地面與 850hPa 之間。海洋為主的區域則是在近地面 1000hPa 至 925hPa 之間為正誤差，而在 925hPa 以上至 500hPa 附近為一深厚的負誤差區。這種下層過濕上層偏乾的誤差形態，可能代表著模式在海洋上缺乏足夠的上升運動，以致於水汽無法被帶往上層。

#### 4-2-3、東西向風

預報誤差在副熱帶地區以 150hPa 為界，上層為正誤差、下層為負誤差，亦即模式對西風噴流之位置預報得偏高。且在 3 月間對西風噴流強度預報過強、4 月以後則預報過弱。

熱帶地區之誤差則較零亂。模式對孟加拉灣地區上層東風噴流之強度是明顯的預報過強，尤其是積分時間越長越嚴重。誤差情形至 6 月底後才減少，此時東風噴流已下降到 200 至 300hPa 附近。南海地區在 3、4 月同樣對東風噴流有預報過強的情形，但到 4 月底後誤差轉為正值，亦即減弱了東風之強度。菲律賓東方地區普遍來講以高估東風噴流的時間較多。

對於熱帶地區下層西風之發展情形，模式之誤差為微弱正值。在南海地區正值出現得較分析之西風發生得早，且厚度深，可見對西風開始之時間及強度有提早及高估的情形。

## 五、結論及討論

本研究針對南海季風肇始之現象為主要的分析方向。收集 1996 年 3 月 1 日至 6 月 30

日期間，中央氣象局區域模式之分析與預報結果、相關之觀測資料等，分析在這段時間內模式之表現情形，並企圖找出天氣系統與誤差大小間之關連。

為探討誤差之區域特性，在此將研究範圍細分為六個小區域，比較誤差之海陸差異、南北位置之差異及東西位置之差異等。這六個小區域分別為位於北半球副熱帶之青康藏高原、東亞大陸、日本附近，位於北半球熱帶之孟加拉灣、南海地區、菲律賓東方。

基本上，模式分析場之校驗有其困難處，尤其是在探空資料缺乏的海洋面上。因此非傳統性的觀測資料，如衛星資料等，在此就顯得特別重要。此外，海洋地區之密集觀測也是必要的。如南海季風實驗計劃即是以了解南海、台灣及中國大陸等地區季風的肇始、維持和變化的物理過程，進而改進對季風或東亞短期氣候的預報為目標而提出的。

總結本局區域模式分析場之校驗可得：

1、區域模式之分析結果與觀測非常相近，差異較大的是在熱帶地區。

2、溫度之分析與觀測差距最大者發生在 850hPa 之下及對流層頂 100 至 50hPa 附近。

3、比濕之分析與觀測相比，在 700hPa 以下明顯過濕，700 至 200hPa 間偏乾。其中熱帶地區與觀測之差距又大於副熱帶地區。

4、東亞地區分析之高層北半球副熱帶西風噴流與觀測最吻合，青康藏高原及日本地區則偏弱。熱帶地區之分析則較差。

整體而言，由分析與觀測之資料來看，東亞地區具有明顯的季節變化特徵，如氣溫逐漸增暖、濕度增加、高層西風噴流減弱等。而熱帶地區則除低層索馬利噴流發展、高層東風加強外，無其他明顯的季節變化。因此單純就本分析來看，似乎無法找出南海地區與東亞地區季風肇始之關連性。

在以本局模式之分析為參考場之情況下，分別校驗區域模式之 48 小時以內短期預

報之預報誤差。結果指出：

1、海平面氣壓及各定壓面之高度場在大部分的亞洲地區都持續存在著廣大的負誤差區，尤其是東亞大陸之華南一帶。

2、溫度之誤差均與青康藏高原有密切的關係。高原東側為低層溫度誤差之主要發生處，通常存在著溫度預報過暖之正誤差。在 500hPa 以上溫度之誤差主要為預報過冷之負誤差，發生於華中地區。

3、從長期平均之垂直分布來看，溫度及比濕之預報誤差有明顯的海陸差異。區域模式之溫度預報誤差在陸地地區 500hPa 以下均為正，而海洋上則在 925 至 500hPa 間轉為負。比濕場在 700hPa 以下陸地之誤差明顯偏濕，海洋上偏濕較少，且在 925 至 500hPa 間有一過乾區。

4、在高層西風噴流的預報方面，除孟加拉灣外，均為正誤差，尤其是對北半球副熱帶之西風噴流明顯預報過強。至於中低對流層，則存在著副熱帶之負誤差與熱帶之正誤差。

希望藉由本研究長期資料之收集及比較，能尋找出造成模式預報誤差的可能原因，進而修改之。

未完成的工作仍有很多，如模式分析場之校驗方面，本研究所做的仍非常粗糙，有再加強的必要，尤其是觀測資料與分析之比對方面等。

模式之預報誤差是否會隨特定天氣系統而改變，這是個很令人感興趣的問題。本研究中已可初步看出一些預報誤差在南海季風肇始前後之差異性，但由於個人之時間及能力有限，在本年度中未能有突破的進展，未來將由此繼續探討模式預報誤差之季節變化特性。

## 致謝

本文在國科會專題研究計劃 NSC85-2111-M-052-003AP4 經費支援下完成。

## 參考文獻

葉天降、林淑卿、李尚武、陳雯美、張偉正、  
彭順台，1994：中央氣象局第二代有

限區域預報系統之建置與現況。天氣分  
析與預報研討會論文集編，11-20。

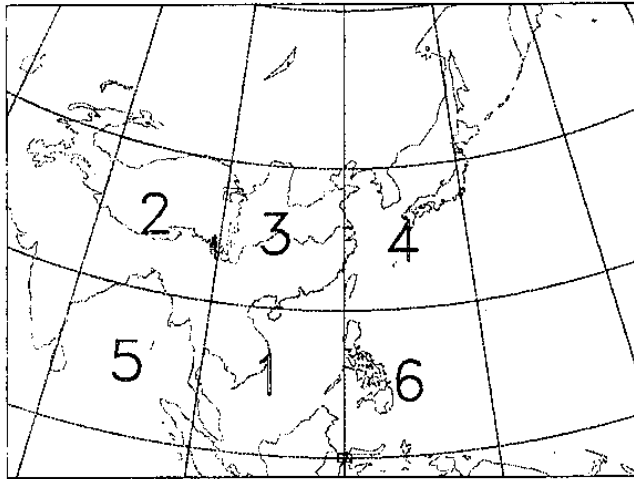


圖1、區域模式之範圍及研究範圍之分區。

垂直層	探空資料	區域模式
1	1000	1000
2	925	925
3	850	850
4	700	700
5	500	500
6	400	400
7	300	300
8	250	250
9	200	200
10	150	150
11	100	100
12	70	70
13	50	50
14	30	30
15	20	20
16	10	10

表1、觀測及模式層之定義。

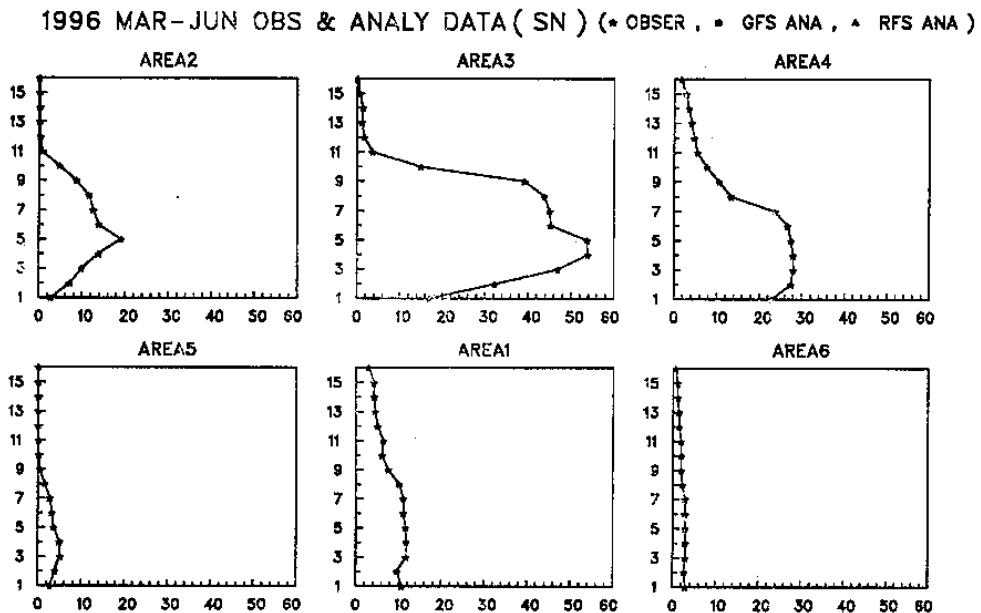
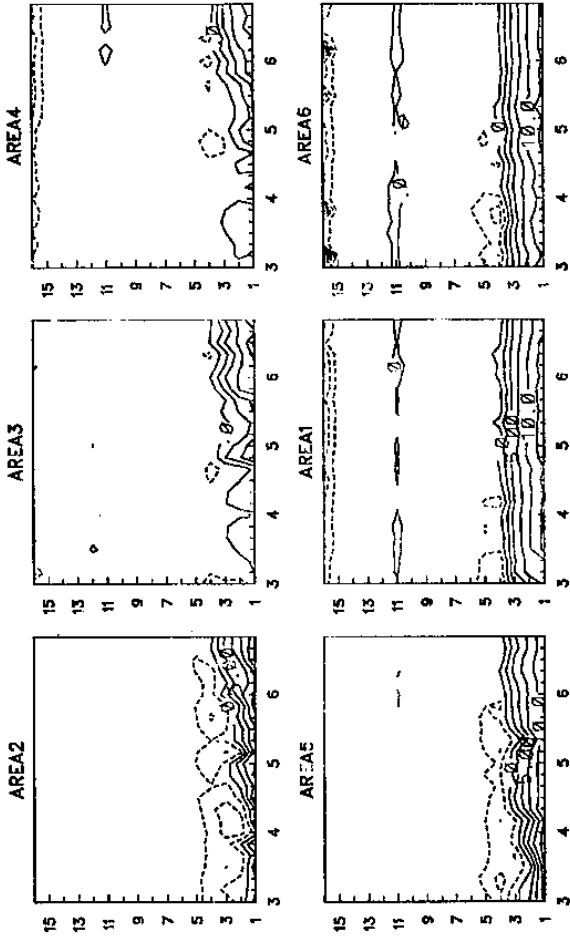
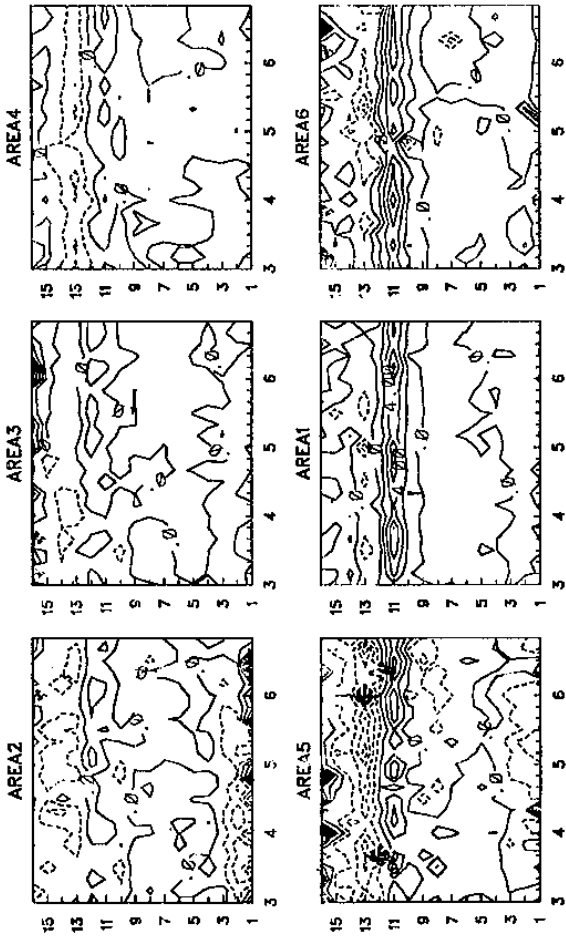


圖2、1996年3至6月平均探空測站數在各分區之垂直分布。

1996 MAR-JUN ANALYSIS ERROR ( QQ FINC = 2.5 )



1996 MAR-JUN ANALYSIS ERROR ( TT FINC = 2.0 )



1996 MAR-JUN ANALYSIS ERROR ( UU FINC = 5.0 )

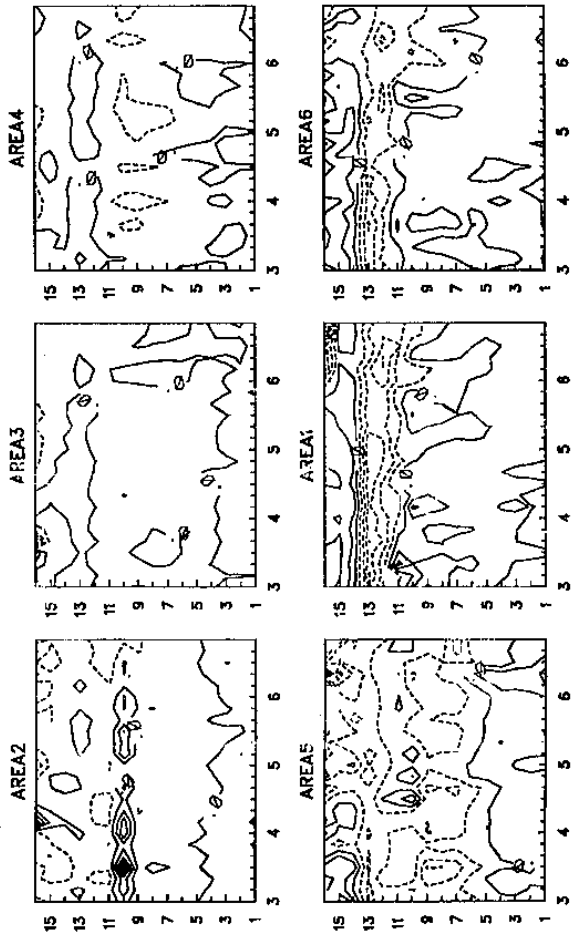
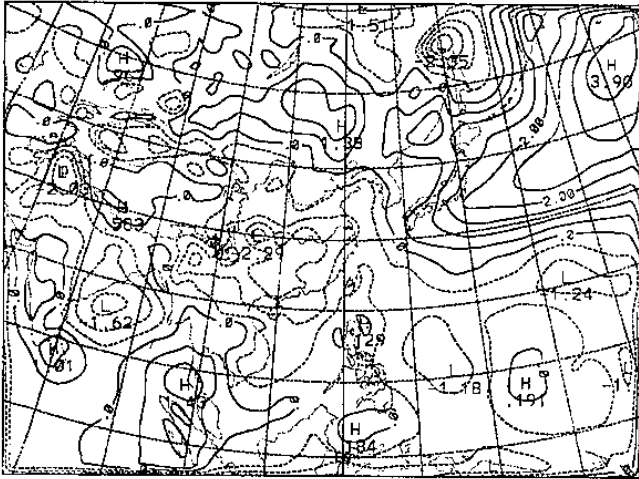


圖3、1996年3至6月區域模式之分析誤差時間序列。

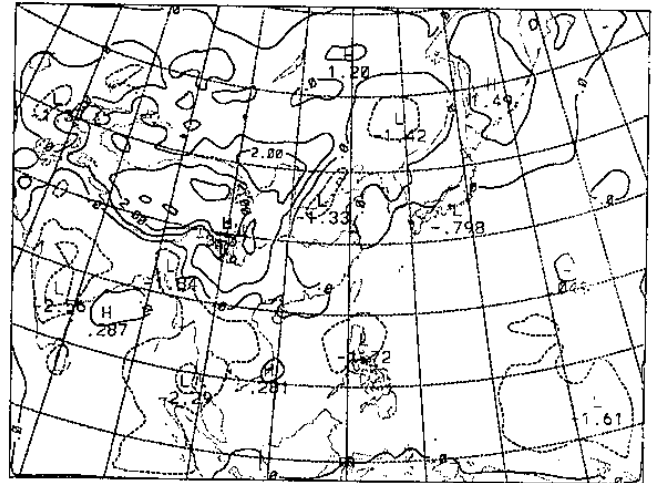
(a) 溫度( $^{\circ}C$ ), (b) 比濕( $g/kg$ ),

(c) 東西風( $m/s$ )。

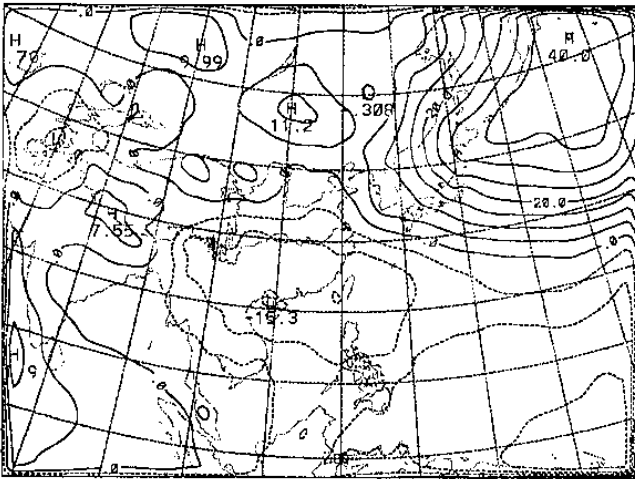
1996 3M1-6M6 48H FCST ERROR FOR A01



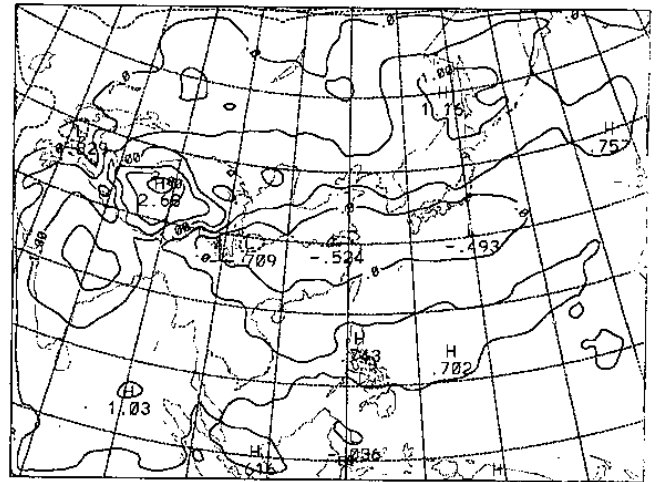
1996 3M1-6M6 48H FCST ERROR FOR D10



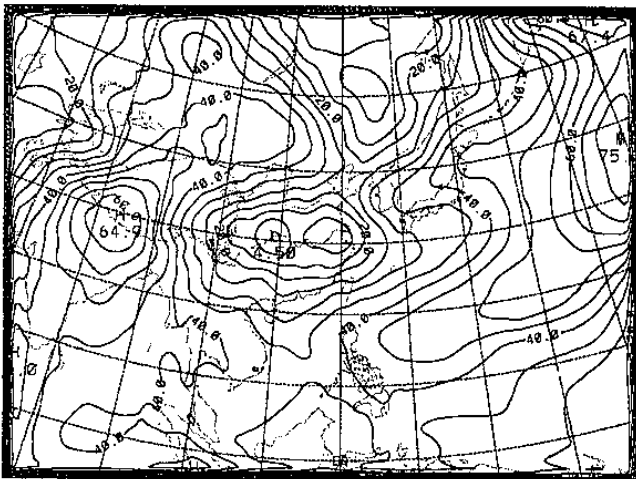
1996 3M1-6M6 48H FCST ERROR FOR F00



1996 3M1-6M6 48H FCST ERROR FOR F10



1996 3M1-6M6 48H FCST ERROR FOR I00



1996 3M1-6M6 48H FCST ERROR FOR I10

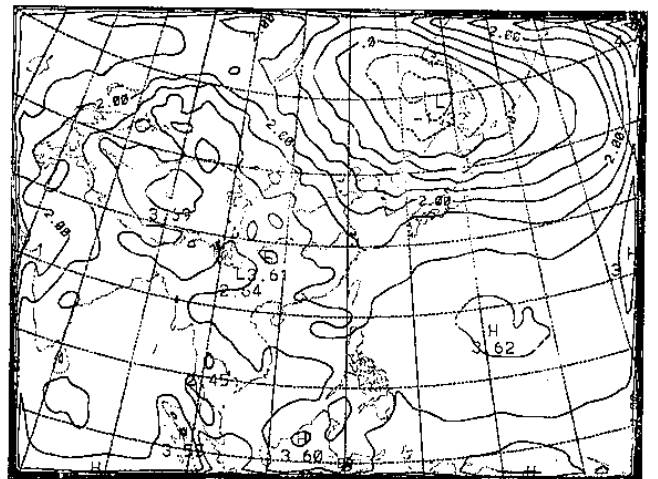


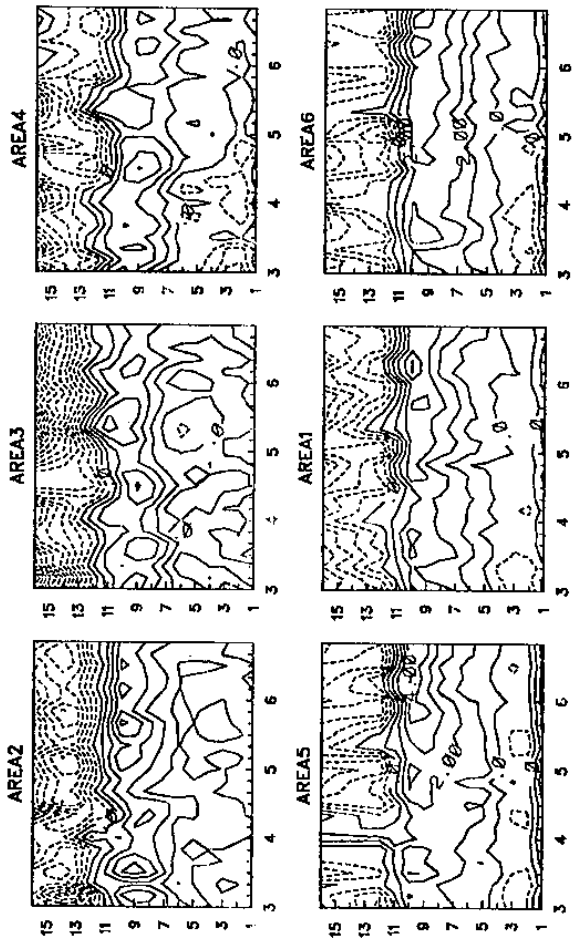
圖4、1996年3至6月平均之區域模式48小時預報誤差。

- (a) 海平面氣壓，(b) 850 hPa 溫度，
- (c) 500 hPa 高度，(d) 500 hPa 溫度，
- (e) 200 hPa 高度，(f) 200 hPa 溫度。



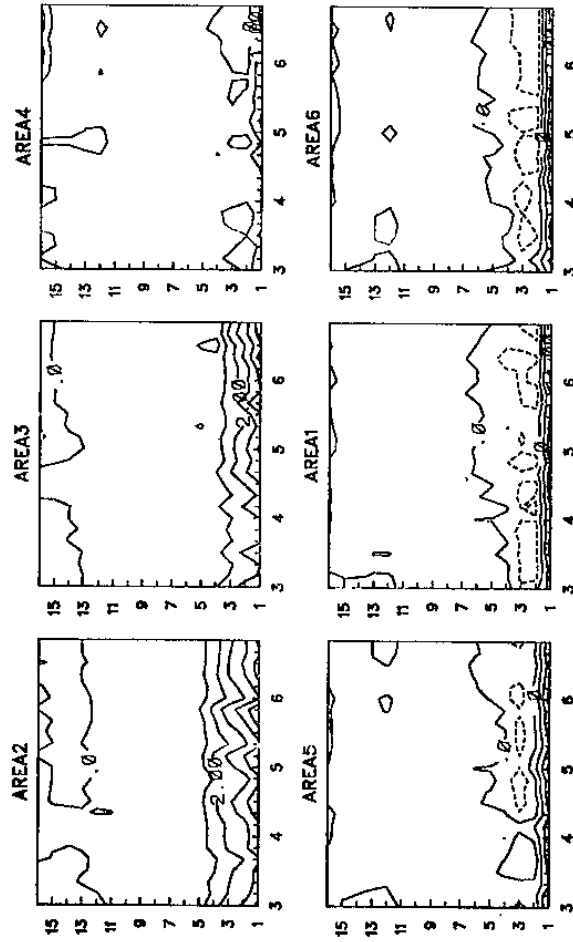
( TT FINC = 1.0 )

1996 RFS 48HR FORECAST - ANALYSIS



1996 RFS 48HR FORECAST - ANALYSIS

( QQ FINC = 1.0 )



( UU FINC = 2.0 )

1996 RFS 48HR FORECAST - ANALYSIS

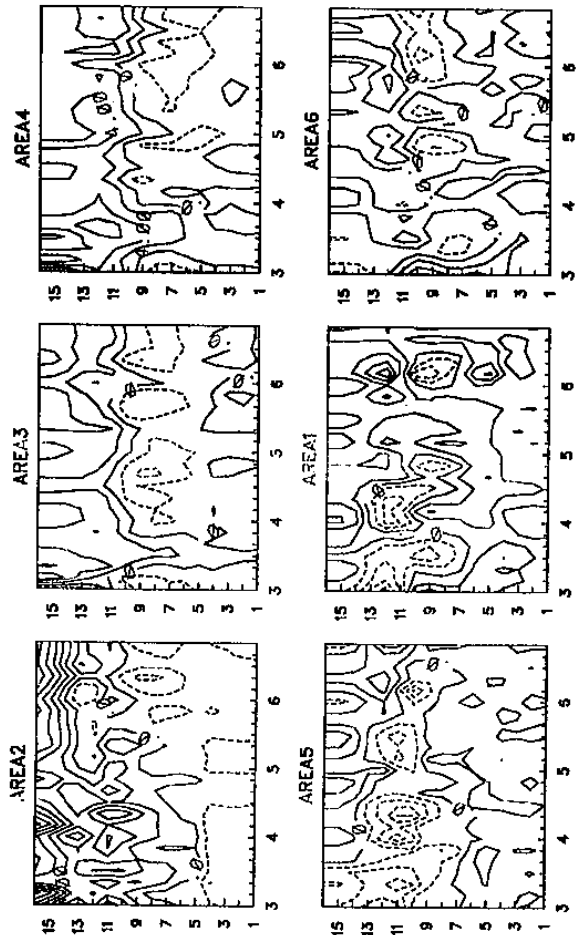


圖5、1996年3至6月區域模式之48小時預報誤差時間序列。

(a) 溫度( $^{\circ}C$ )，(b) 比濕( $g/kg$ )，

(c) 東西風( $m/s$ )。