

# 類型預報法之實作與探討

吳健銘

空軍氣象聯隊氣象中心

## 摘要

空軍氣象中心類型預報已實行很長的一段時間，現在重新以網格資料及統計方法來檢視，本文採用均方根差(root mean square difference)做為計算兩天氣個案差異之距離函數，它提供較簡易的介面及較快速的計算，並提供類型預報的可校驗性。本文以2001年1月尋找類型的個案來介紹新的作法以及探討類型預報的可行性。結果顯示類型預報的可預報度約為兩天，而若要尋找均方根差值很小(20公尺以下)的類型則必需要將尋找的空間尺度縮小至以台灣為中心半徑2000km的範圍。

關鍵詞：類型

(2001年4月20日收稿；2001年5月4日定稿)

## 一、前言

類型預報的基本概念：大氣是由控制方程之物理過程決定其發展，若任選兩個案其大氣基本狀態相近時(初始條件接近)，此時假設大氣以外的環境場(如海洋、太陽加熱等)亦相似，經過積分後大氣的發展亦會有一樣的趨勢。空軍氣象聯隊氣象中心類型預報法的作法是在這樣的概念下，應用往年類似之天氣圖，作為未來天氣趨勢研判之參考。其實施步驟如下：

1. 先選取前一天12Z之地面、850hPa、700hPa及500hPa之天氣分析圖，以人工方式確認各天氣系統之強度、影響範圍及未來變化。
2. 再由歷年該月份之天氣圖，檢視其中天氣系統之配置、強度、系統走向及其移動速度；找與該日類似之天氣圖，做為該日之類型，再依台灣各地天氣一覽表找出該日之天氣資料，並向後推演未來之天氣發展。

依此概念，類型預報所需要的是大量的歷史資料，以求能找到相近的類型，然而在有限的資料中能夠找到多接近的類型是值得探討的。Lorenz(1969)以5年的資料尋找的結果得到的結論為大氣中並無太多相似的類型，並且指出天氣個案及其類型間的差異會在2.5天

後就放大為原來的兩倍。Ruosteenoja(1987)在比較季節間尋找到相似類型的機率，結果夏季約為冬季的一半。因此本文以2001年冬季1月份的資料為基準，參考Toth(1991)比較9種尋找類型的方法中(相關、均方根差、梯度差、絕對距離等)，以較為直觀簡單的均方根差和NCEP(National center of environment prediction)1979至1998年重分析網格資料(reanalysis grid data)重新對空軍氣象中心類型預報法作進一步的改進及探討。

## 二、資料

本研究所採用的歷史資料為NCEP整合之重分析網格資料(Kelley et. al. 1996)，網格解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，資料時間為1979到1998年，以天為單位。所採用的變數以700hPa之高度場為主。因現行作業無法取得即時的重分析網格資料，因此採用中央氣象局(Central Weather Bureau)客觀分析初始場網格資料作為即時資料，其網格解析度同樣為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，時間為2001年一月，變數同樣以700hPa高度場為主。本文以中央氣象局2001年1月的網格資料為尋找類型的基準，以NCEP1979至1998年重分析資料為搜尋範

圖。由於兩種網格資料之空間解析度相同，在計算以及應用上並無太大的問題。

### 三、方法與實作

在尋找類型時，需要決定一距離函數(distance function)來度量歷史資料與現在資料的差異，在Toth(1991a)的研究中比較9種不同的距離函數之尋找類型的能力，經過各種分析後，其中均方根差的表現突出，考慮其概念上較為直觀且校驗類型之誤差成長時亦採用同樣的方法下，本研究採用均方根差(公式2)定義兩張天氣圖之相似度。而所使用的變數亦參考Toth(1991a)為700hPa之高度場，選取的比較範圍為 $0^{\circ}$  N- $70^{\circ}$  N,  $60^{\circ}$  E- $180^{\circ}$  E共1421點，比較的時間範圍為1979-1998年1月共620天。因考慮高度場的空間平均值(special mean)可能為大氣受其它環境場影響下的結果，故先前減去。公式(1)中以 $Z_{ij}$ 代表在 $i$ 網格點( $i=1, \dots, 1421$ )上及 $j(j=1, \dots, 620)$ 時間，用於計算之資料如下：

$$a_{ij} = z_{ij} - \sum_{i=1}^{1421} z_{ij} / 1421$$

------(1)

而距離函數均方根差為：

$$RMSD = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (a_{ij} - a_{il})^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}}$$

------(2)

其中 $l$ 代表2001年1月1日至31日。

以下由公式2舉例來說明現行尋找類型的方式，以2001年1月15日為基準，與20年620筆資料計算出均方根差後，所得之結果如圖一，而值最小的一筆定義為所尋找到之類型，為第615筆(即1998年1月26日)，比較1月15日及1998年1月26日之700hPa之高

度場(圖二)，在 $60^{\circ}$  N,  $110^{\circ}$  E的脊線位置及強度接近，而在日本東方主要槽線的位置亦相近，整體而言， $30^{\circ}$  N以北的系統大致相同，但以人為判斷來說，這兩張之差異之處仍多，例如1998年之類型在台灣南方有一較強的高壓，而1月15日之個案則無，但此類型已為過去20年中最為接近之一筆資料。

類型預報的目的，就是以所尋找到之類型為基礎，將之後續天氣做為預報參考，因此我們將2001年1月15日-22日之地面天氣圖，以及類型所得之1998年1月26日-2月2日之地面天氣圖(圖三、圖四)，比較兩者後序天氣發展的表現，由圖三可以看出在 $t=0, t=1$ 時其系統還大致接近，可是到了 $t=3$ 以後就完全不一樣了，後面即使有接近之天氣型態出現，但時間上已不連續，並不能當作預報的參考。如果比較兩者影響台灣地區的天氣系統(未列出)，會發現所受的系統會有一定程度的相近，主要的原因是冬季影響台灣地區的系統以東北季風為主，並不表示大氣的發展相同。

### 四、類型預報之討論

若將2001年1月每天所尋找到最接近的類型之均方根差計算出來(圖五)，整個月的平均值為36公尺，當我們將最接近之類型的日期列出時(圖五)，可以看出在尋找類型時很容易有連續幾天找到相同的一天，而我們預期“連續”的類型(即1月15日找到1998年1月26日為其最接近的類型時，1月16日可以找到1998年1月27日為其類型)並無出現，如果計算2001年1月初始資料與類型資料後續時間之誤差成長率(圖六)(以1月15日為例，即算出1月15, 16, 17...減去1998年1月26, 27, 28...日之均方根差，依此類推)，可以看出其誤差成長之速率非常快，由平均值可以看出在 $t=3$ 時其誤差便由36公尺變為58公尺，這結果顯示類型預報在2001年1月的可預報度並不高。

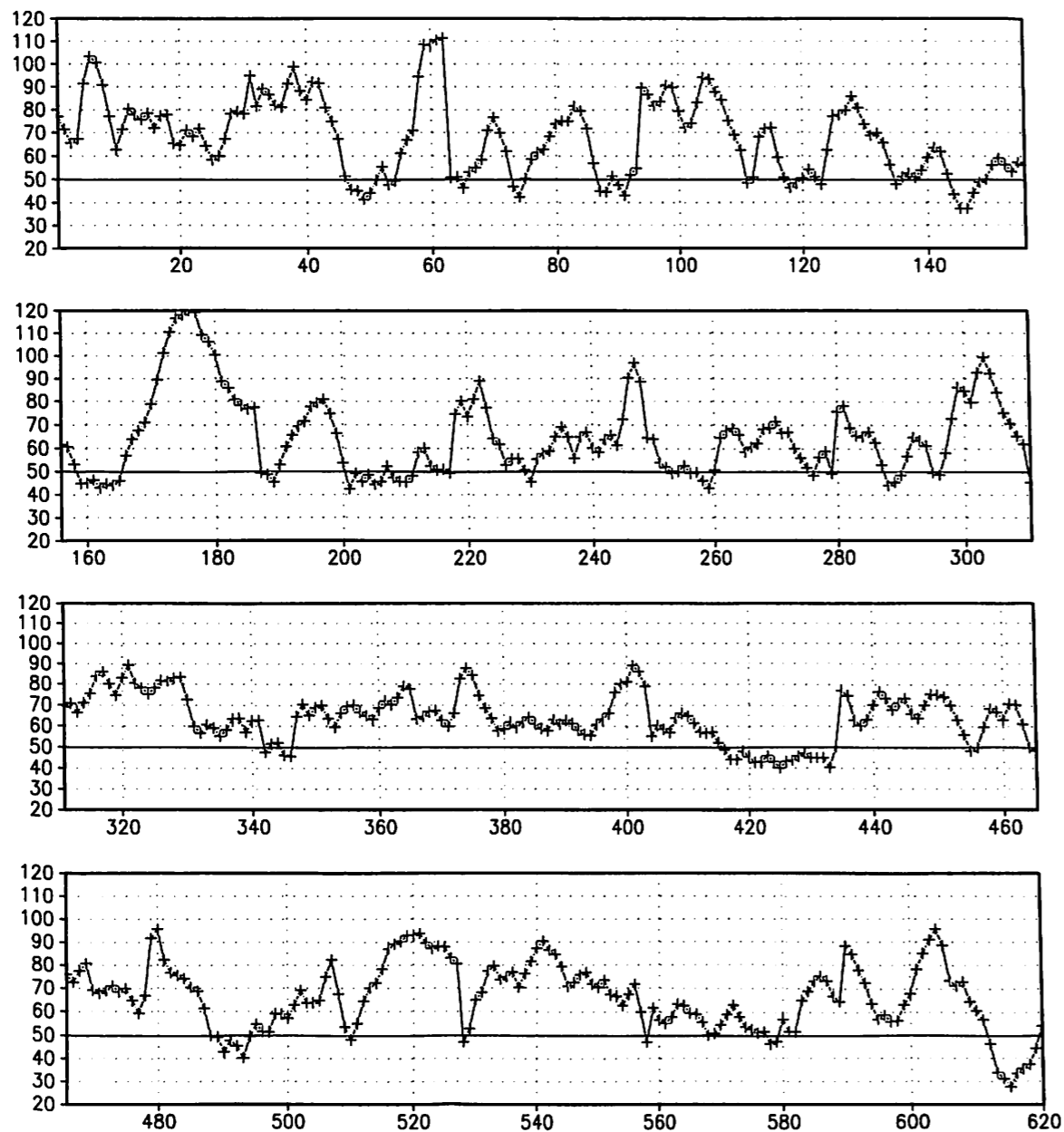
從toth(1991b)，dool(1989, 1993)研究中可知，要增加類型預報的可預報度，就是

要尋找到均方根差更小的類型，為了達到這個目的有兩種方法，第一種是將尋找的歷史資料時間加長，但由於人類開始觀測大氣的時間不夠長，至目前為止不到100年，Lorenz(1969)的研究中提出找到均方根差較小之類型的機率會隨著資料量的增加而趨於緩慢，dool(1989)更計算出如果要將尋找到之類型與初始資料之均方根差降至與一簡單正壓模式的預報誤差(同樣以均方根差計算)相同，所需之資料長度約為4000-5000年之久，由此可見類型預報並無太大的進步空間。第二種方法是降低尋找類型的空間自由度(dool, 1993)，即將尋找類型時所選取的區域範圍縮小，為了檢驗此種說法，我們計算出2001年1月份31天所找到類型之均方根差平均，檢視其在不同尋找範圍下的表現，圖七為將選取的區域從 $0^{\circ}$  N- $90^{\circ}$  N,  $0^{\circ}$  E- $240^{\circ}$  E每次縮小 $2.5^{\circ}$  緯度， $10^{\circ}$  經度之1月份均方根差平均，可以看出隨著尋找類型範圍的縮小，平均的均方根差亦隨之縮小，當範圍縮小至 $0^{\circ}$  N- $40^{\circ}$  N,  $100^{\circ}$  E- $140^{\circ}$  E時，其平均值已降至22公尺，而31天中有13天的類型均方根差在20公尺以下(未列出)，不過就如同dool(1989)的看法，此時已不能太期待可預報時間的長度，這樣的類型在短時間內系統無太大變化時的參考性較大，主要應用為短時(12小時以內)預報。其實若要增進類型預報的可預報度還可以將歷史資料加以權合成以增加歷史資料量(Toth, 1989)，此時用於長期預報時如月長期展望、季長期展望，在無其它競爭對手的情形下，還有其參考的價值。

### 參考文獻

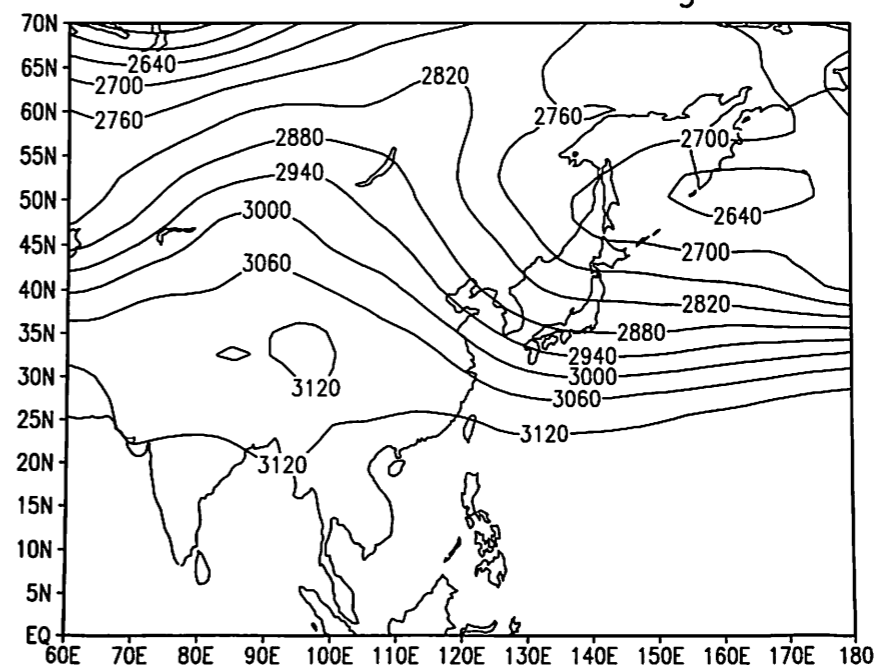
- Kalnay, E., and coauthors 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471.
- Lorenz, E. N., 1969: Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues. J. Atmos. Sci., 26, 636-646.
- Ruostenoja, K., 1988: Factors affecting the occurrence and lifetime of 500-mb height analogs: A study based on a large amount of data. Mon. Wea. Rev., 116, 368-376.
- Toth, Z., 1989: Long-range weather forecasting using an analog approach. J. Climate vol. 2, 594-607.
- Toth, Z., 1991a: Intercomparison of circulation similarity measures. Mon. Wea. Rev., 119, 55-64.
- Toth, Z., 1991b Estimation of Atmospheric Predictability by Circulation Analogs. Mon. Wea. Rev., 119, 65-72.
- Van den Dool, H. M., 1989: A new look at weather forecasting through analogs. Mon. Wea. Rev., 117, 2230-2247.
- Van den Dool, H. M., 1993: Searching for analogues, How long must we wait? Tellus, 46A, 314-324.

RMSD between 20010115 and 1979~1998 Jan.

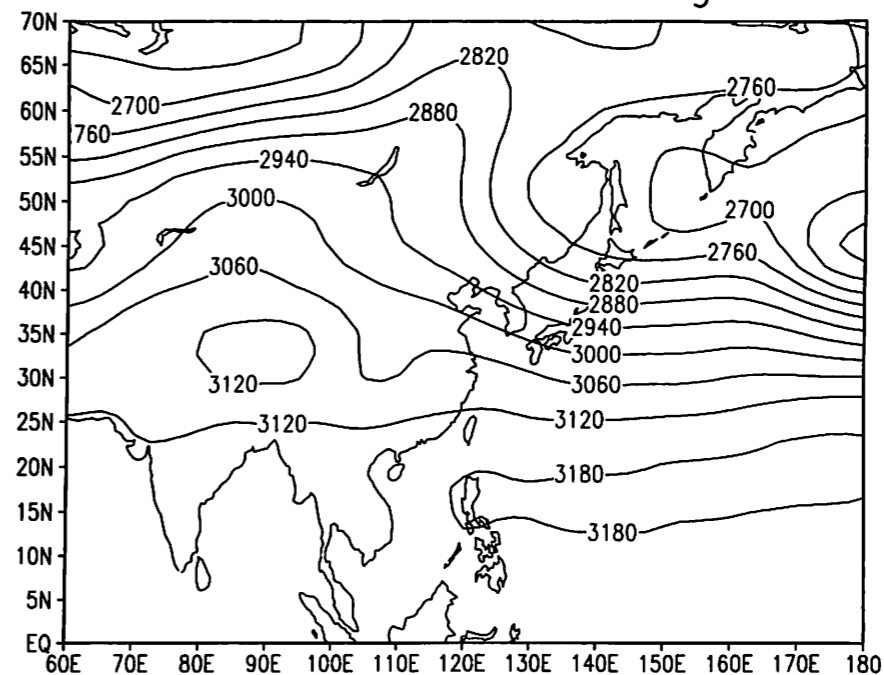


圖一 由2001年1月15日為基準，計算與1979-1998年1月份每日之均方根差，橫軸為時間，單位為天，1代表1979年1月1日，32代表1980年1月1日，依此類推，縱軸為均方根差值，單位為公尺。

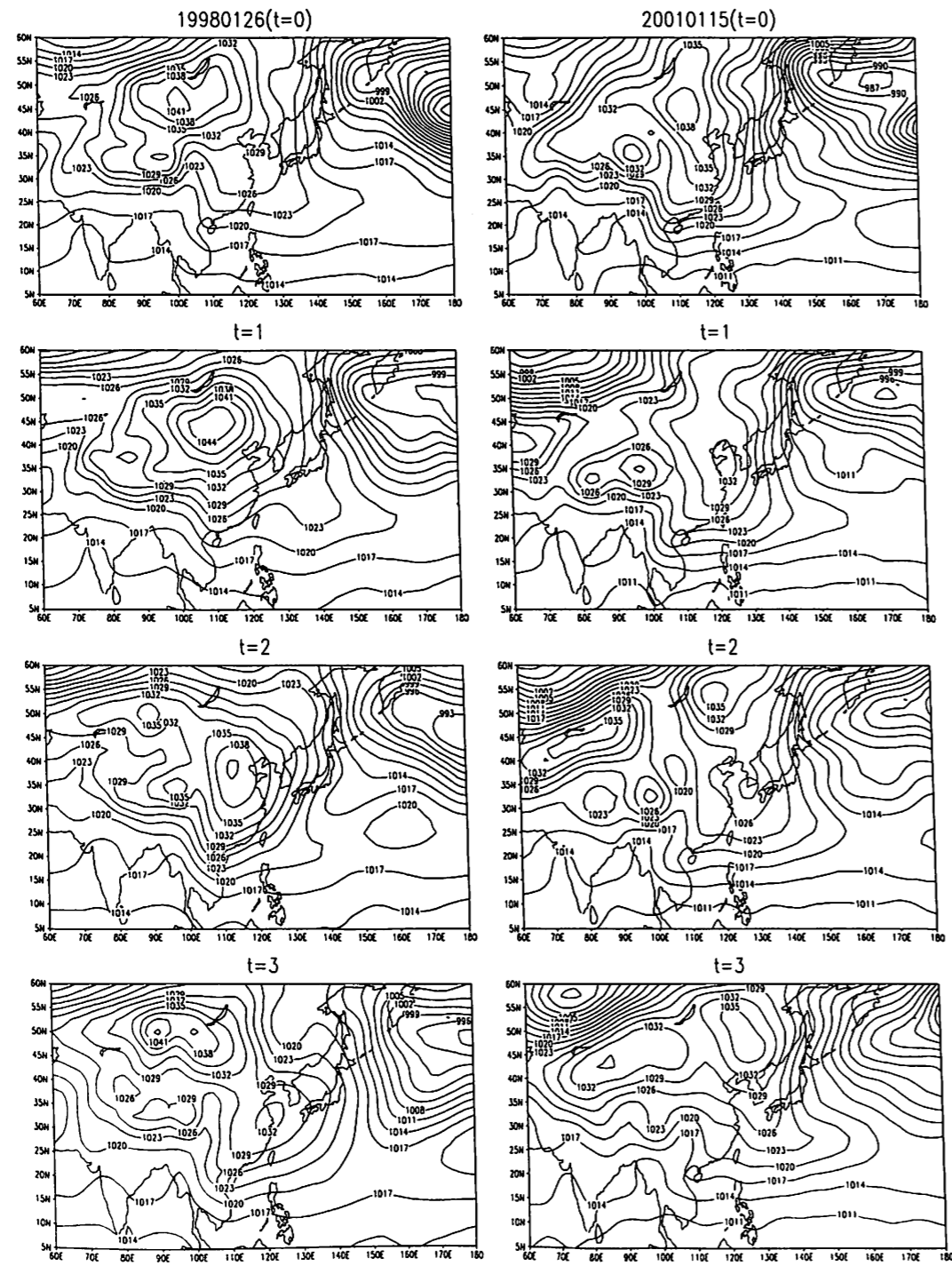
20010115 700hPa height



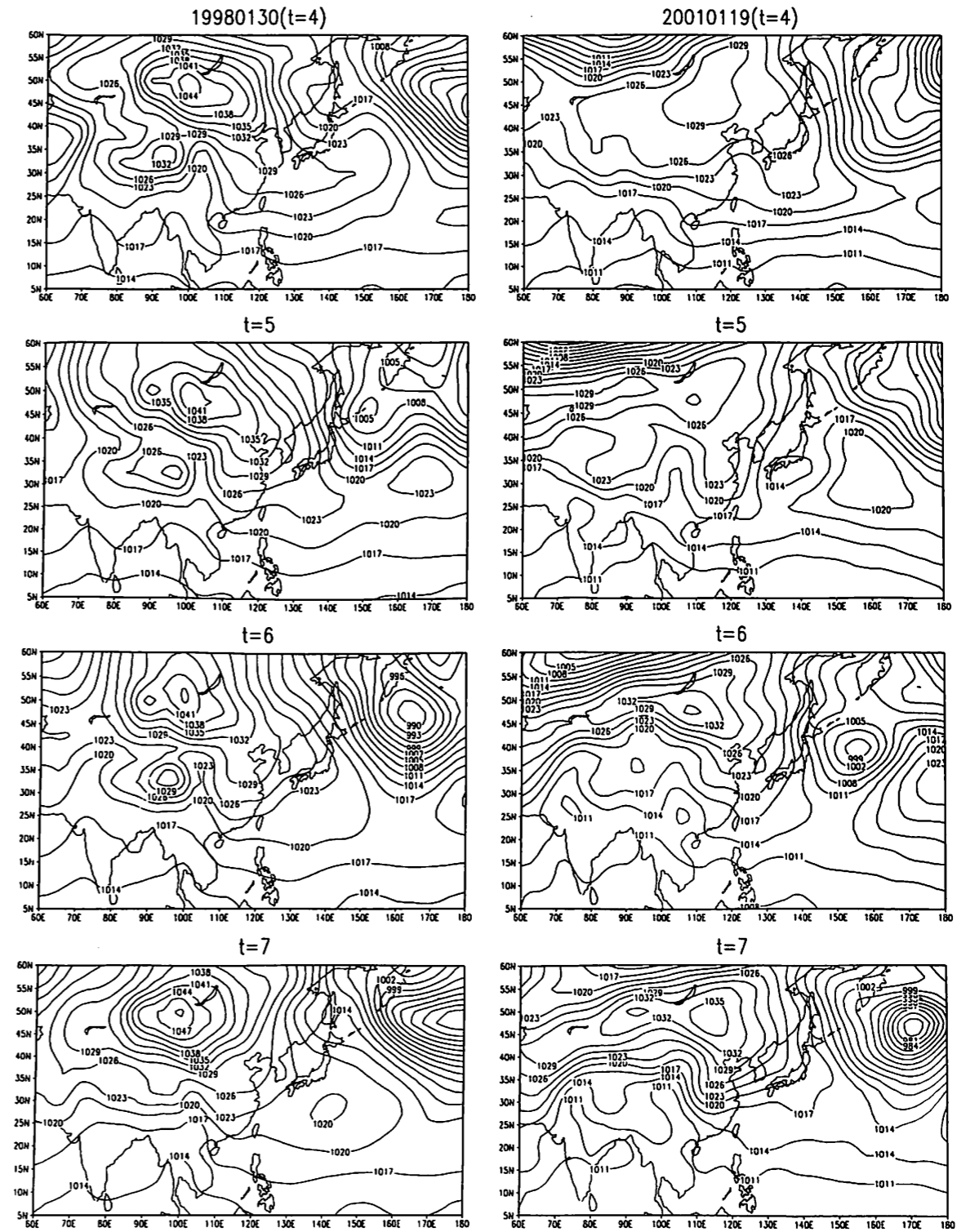
19980126 700hPa height



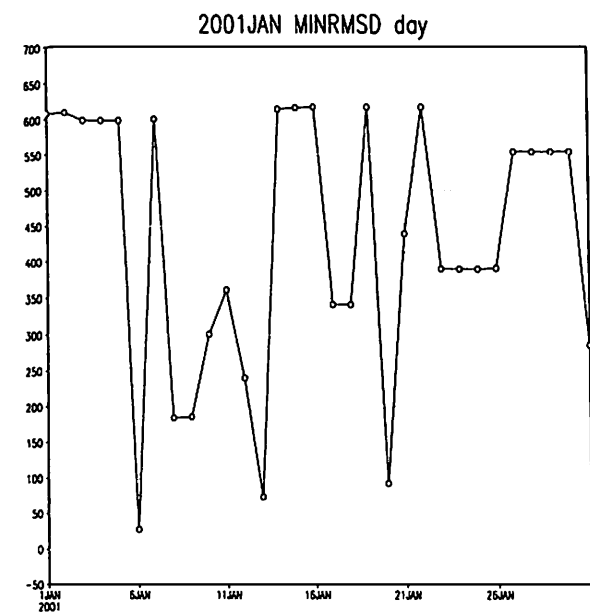
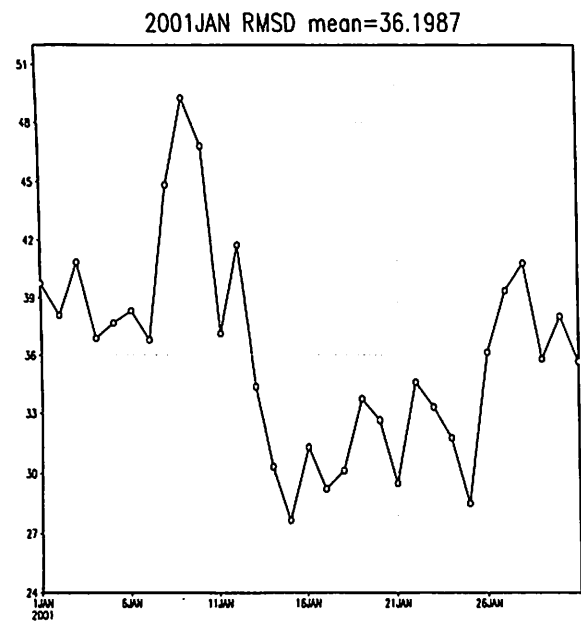
圖二 上圖為2001年1月15日700hPa高度場，下圖為所找到的類型，時間為1998年1月26日



圖三 以2001年1月15日，及其類型1998年1月26日(t=0)為基準往後之每日地面天氣圖(t=1, 2, 3)

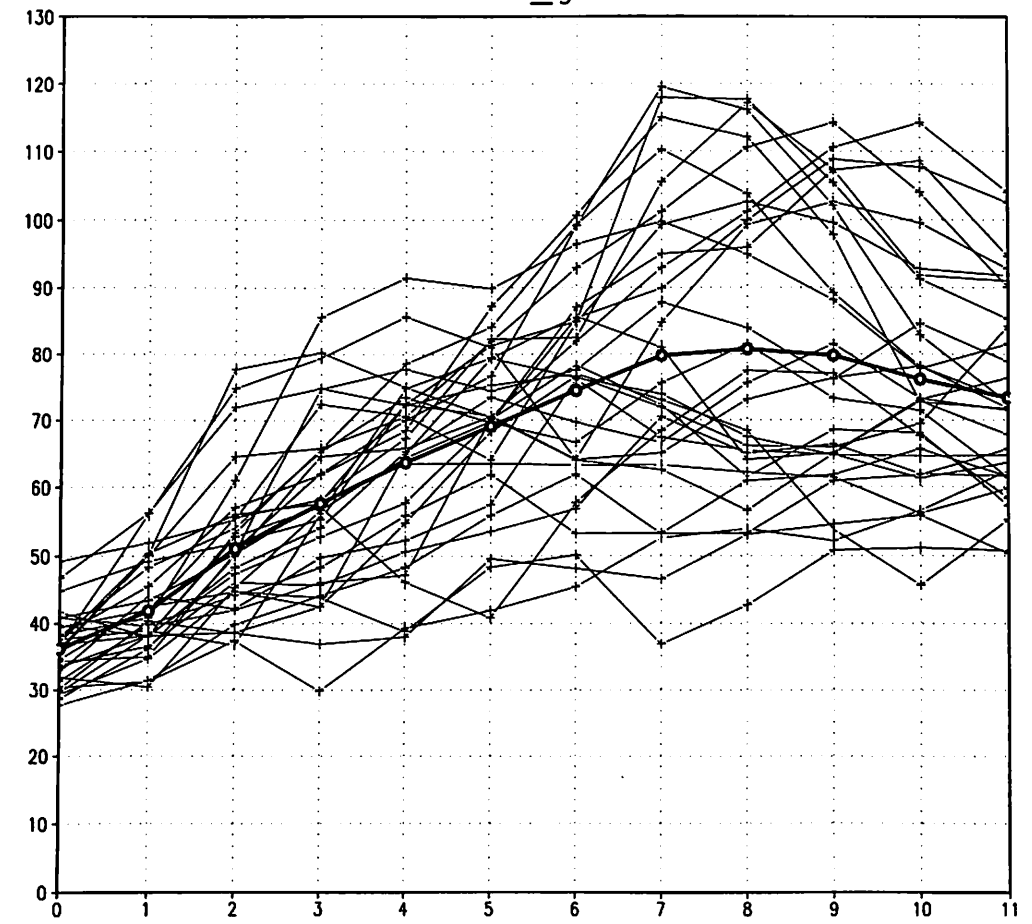


圖四 接續圖三t=4, 5, 6, 7



圖五 上圖為2001年1月每日所尋找到類型之均方根差，單位為公尺。下圖為該類型之日期。

2001JAN err\_growth rate



圖六 以2001年1月每日為基準與其所尋找到類型後續700hPa之均方根差，橫軸為時間(單位為天)，縱軸為均方根差(單位為公尺)。

### Analog forecasts-a review and discussion

Chien-Ming Wu

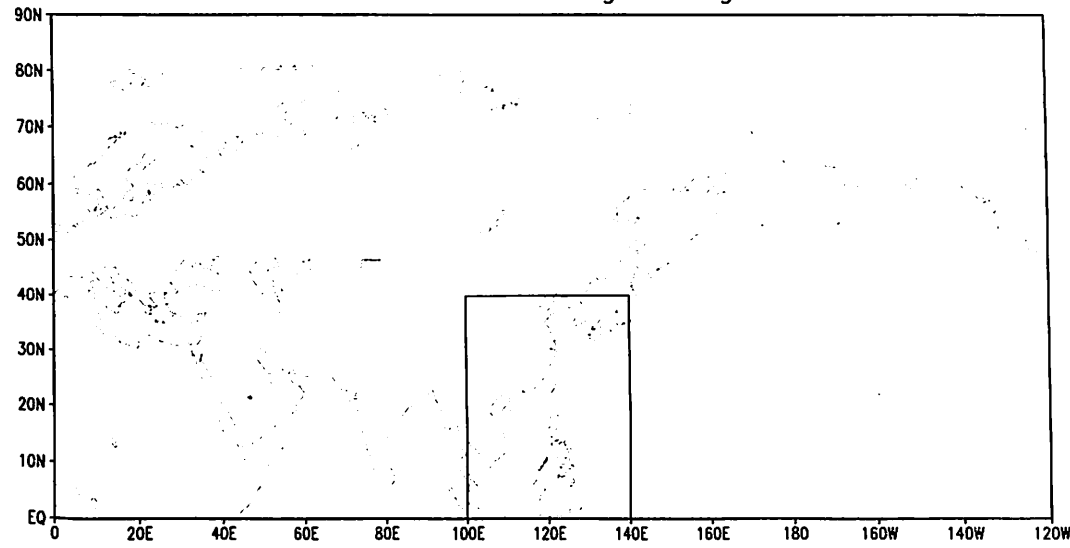
Weather Central, Weather Wing, CAF ROC

#### Abstract

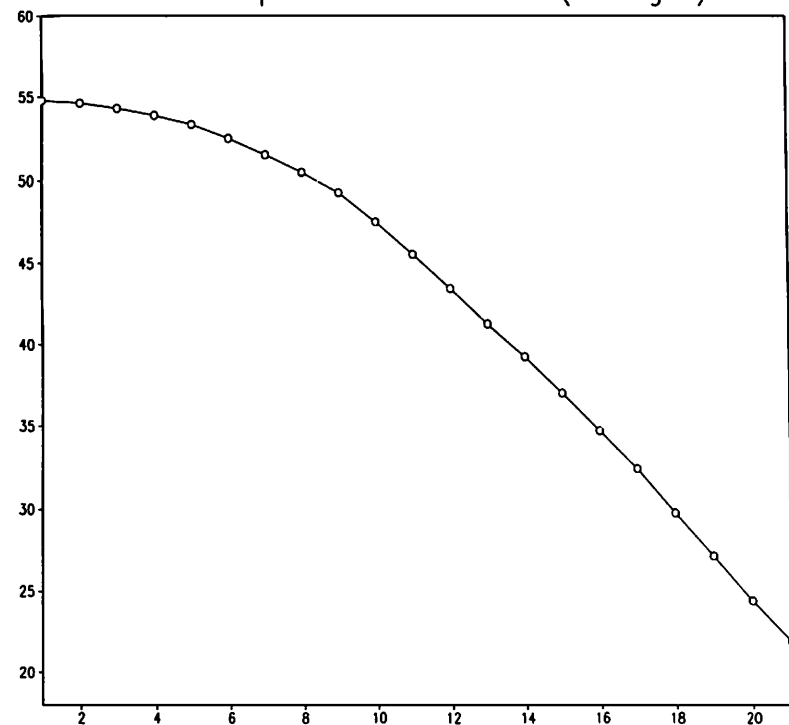
Analog forecasts in Air Force Weather Center have been processed for periods and now it is reexamined with grid data and statistical methods. A root mean square difference (RMSD) method is introduced in this study. It improves the interface and provides fast calculation for finding an analog. The review of the predictability of analog forecasts and how similar an analog could be found are made to reveal the practicability. The analog forecasts contain about two days predictability and require small area within 2000km around Taiwan that a 'similar' pattern can be found.

**Keywords:** analog forecast

domain of finding analogs



different space resolution RMSD(averaged)



圖七 上圖為尋找類型的範圍，從0N-90N，0E-120W，縮小至0N-40N，100E-140E，下圖為每種範圍下2001年1月份之均方根差平均，橫軸為不同的範圍，縱軸為均方根差，單位為公尺。