

梅雨長期預報方法之評估與引進

吳明進、周仲島

台灣大學大氣科學系

高溫溫、呂文智

中央氣象局

曾振發、林民生

中央氣象局

摘 要

評述近年來長期天氣預報方法，檢討其可行性及引進英國氣象局長期預報方法應用於台灣梅雨季東亞平均環流型態的長期預報。應用經驗正交函數分析來分離北半球梅雨季節500毫巴主要的環流類型並討論其和台灣梅雨季降水量的關係。結果顯示，五、六月梅雨季節500毫巴環流受南北梯度影響最大，但這個向量並非梅雨乾或溼年之主要類型。應用英國氣象局統計長期預報模式之方法即分類和判別分析進行以前一個月之東亞500毫巴環流場為預報因子來預報次月東亞500毫巴環流類型之實驗。結果顯示預報五月的判定率較高而六月則不理想。這結果暗示，五月之環流類型可能較六月環流類型有較高之可預報度。

一、前言

梅雨之異常降水為台灣四大災變天氣之一。梅雨季之過度霪雨會造成經濟上之重大損失，而梅雨之遲來，乾梅或甚至於空梅，則造成區域性乾旱，也造成生活上之不便及經濟上之損失。所以對梅雨之長期預報，實為台灣在長期預報之重要課題及挑戰。研究長期預報可概分為兩大主流：一為探討其物理基礎，做一些理論和模式的工作，譬如可預測度的研究，地面距平偏差對大氣的效應，遙地相關的物理機制，ENSO的現象；另一主流更直接地針對長期預報方法的開發，已有很多技術

被應用，大致上可分為二大類；即統計法與動力模式等，統計法包括單變數時間序列模式和多變數分析的應用。雖然動力方法在有足夠的資料與電腦能力之下，可以繼續不斷的改進，但現今統計預報技術仍然為最普遍被使用的方法。尤其引用南方振盪指數為預報因子之下得到令人鼓舞的結果。

在引用多變數統計與物理基礎下，可以得到足夠描述大氣環流的預測因子，海洋狀況，甚至於積雪，覆冰等資料。過去近廿年來的統計研究下，已經獲得這些變

數和氣象因子與氣候的關係，特別是降水與溫度方面。英國在這方面已經建立一套利用類似與迴歸的長期預報模式做例行的月預報，獲得穩定的效果。本計劃即引用該技術於台灣地區，做月距平場方面的預報實驗。

二、近年來長期天氣預報方法之評述

Lorenz (1969)發表決定性的天氣可預報度極限在2 - 3週後，對於中、長期的預測對象，普遍專注於長波 - 超長波的動象，做氣象因素空間與時間平均狀態的預報可行性研究。因此近地面邊界層的大氣環流普受重視。

目前尚缺完整的長期預報理論，在預報作業方面仍然依賴經驗，統計的手法等。長期預報方法可概分為：

(1) 經驗預報法：

由於電子計算機能力的增大，可迅速處理大量的資訊，所以本方法的成效有顯著上升。同時擴大了預報對象之時間與空間兩方面的領域，較詳細內容請參考Namias (1968), Nicholls (1984)。一般可分為：

(a) 單一變數統計方法 (single variate statistics) - - - 只考慮單一氣象變數與預報對象之關係，有持續性法等，在長波 - 超長波被控制下的天氣，可以得到有效的持續法。當預測對象與預測因子間有高單相關時，也可獲得有效的單相關線性迴歸預報成果。如果自變數在時間系列上有穩定的週期性在重複時也可獲得優良的時間外插預報效果。

(b) 多變數統計方法 (multi-variate statistics) - - - 考慮多變數或同一變數在不同地點值的預報方式。如利用遙地相關 (Teleconnection) 之前兆現象做預報。或考慮影響未來天氣狀況之多因素的綜合效果等之複迴歸統計方式，因此較符合實際大氣環流結構。

(c) 類似法 (Analogues) - - - 類似法並不比持續法優良，但是最近英國以北半球地面氣壓或500mb高度場所分析出來之主成分，做類似比較，如果有高相似度，則可得到很好的類似預報成果；另一方面必須有足夠的歷史資料 (100年以上)，才能夠發現好的類似度。

(2) 動力預報法：

一般可分為簡單模式與大氣環流模式 (GCM) 兩類，依模式之簡化程度而分。主要是利用來模擬影響大氣環流的各種物理因子之作用過程和結果，並引入統計 - 動力預報模式中。

大氣環流模式之感度實驗 (Sensitivity Studies) 有 (a) 赤道海水溫 (SST) 之影響；(b) 中緯度海水溫之影響；(c) 阻塞現象；(d) 大範圍之山岳效應；(e) 土壤溼度效應等。

實際引用觀測資料來做大氣環流模式數值預報者有英國、ECMWF、美國、日本等國家，但仍然在嚐試階段，檢定結果，尚不能實際被應用到長期預報作業中。

綜合動力方法對月預報之各項實驗結果，顯示初期條件仍有影響，海水表面溫度 (SST) 的影響度尚不很清楚，模式的水平、垂直解析度的適切，可影響整個大氣物理過程。

至於季節預報方面，目前發現與初期條件無關。但SST的影響已顯示出其重要性。預報技術，仍以統計方法為之。

一個很有發展潛力的綜合海洋與大氣模式，可能是未來長期數值預報寄望所在，但在未來10年內可否實際應用，實值得存疑。

三、英國長期預報方法之概述

英國氣象局於1963年開始做月預報的服務。技術的改進，至今幾乎以迴歸方法及更依賴的多變量統計方法為主。在中期數值預報的致力改進下，已變為較可信賴及應用，所以也有一些人努力於綜合動力與統計技術的開發。

現今英國氣象局的綜觀氣候部例行作業的多變量統計模式 (Maryon and Storey, 1985; Gilchrist, 1986)，預測項目有涵蓋歐洲、大西洋北部洋面上之地面氣壓距平及國內之氣溫、降水的機率預報。預測時間由中期 (2 - 3週) 至長期 (2 - 3月) 預報。

該多變量模式的多變量資料包含邊界層作用力和大氣與海洋的交互作用的因素。主要的統計處理步驟有分

類 (Classification) 及判別 (Discrimination)。分類步驟是利用群集 (cluster) 分析方法, 把要預測目標的環流類型歸類, 環流類型首先依自然季節, 把全年分為 6 種, 即 1 - 2 月, 3 - 4 月等。為著有足夠的樣本數, 依半月平均值為一型。則在一年之任一自然季節中有 6 型, 取八十年的資料, 則有 480 個樣本數。再經 cluster 分析出 6 種比較適當的環流類型做預測目標類型。

為著一般的預測需要, 再經判別分析選出最適當, 足以表示所需要預測未來半個月的環流類型。本模式的判別分析主要依賴預測月份先前的大氣 / 海洋系統狀況來決定之。因此整個預測技術上的統計應用, 完全由類型本身及其先前大氣 / 海洋環流之相互關係而決定。同時本步驟之結果又可計算氣溫, 降水等級的或然率。整個過程如附圖 1 所示。

地面平均氣壓距平之預測
(FORECASTING ANOMALIES OF
MEAN SURFACE PRESSURE)

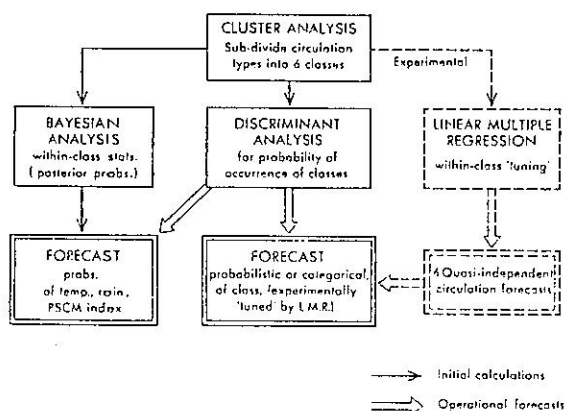


圖 1. 多變數分析與預測

(Figure 1. The multivariate analysis and forecasts)

四、梅雨期間之大氣環流現象

時間 - 空間序列的經驗正交函數 (Empirical orthogonal function, EOF) 展開, 具有濃縮資料訊息的效果 (Lorenz, 1956) 因而早被引進到天氣及氣候學之研究 (Kutzbach, 1967; Kidson, 1975)。台灣方面在這方面的

研究也很多 (馬, 1985; 吳與傅, 1987)。實際將這統計方法應用到天氣或氣候預報, 早已在進行 (Maryon and Storey, 1985)。英國氣象局使用一套的統計模式作長期預報 (Gilchrist, 1986)。在這些模式中對預報因子和預報元 (地面天氣圖) 皆經經驗正交函數分析來濃縮資料 (Maryon and Storey, 1985)。目前作者們正在進行英國氣象局之統計預報模式之引進。由於缺乏長期的地面資料, 故本研究中採用 500 毫巴高度場作為可能的預報因子和預報元。本研究即為對北半球五月及六月 500 毫巴高度場經驗正交函數分析之結果。本計劃所使用之高空資料為日本氣象廳 (Japan Meteorological Agency, J.M.A.) 所製作之北半球 500 毫巴等壓面高度逐月平均資料。資料從 1946 年 1 月至 1986 年 12 月, $10^{\circ} \text{N} - 80^{\circ} \text{N}$ 的北半球 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ 網格資料。對此五月和六月梅兩季節的高度資料進行以下的分析: (a) 分析整個北半球和 (b) 北東半球的資料, 作為選擇預報因子的參考。 (c) 分析東亞資料, 作為選擇預報元之參考。

(a) 北半球 500 毫巴環流之年際變化

對北半球 ($180^{\circ} \text{W} - 180^{\circ} \text{E}$) 五月和六月 500 毫巴高度場做經驗正交函數分析, 其前 20 個固有值 and 解釋變異的百分率如表一所示。五月的前 11 個固有向量解釋了 80.86% 之變異, 其前六個固有向量分量空間分佈如圖 2 所示。五月的平均環流 - 第零個固有向量 (吳, 1987 圖 9) 顯示北半球槽脊線已經不像冬季明顯, 東太平洋的脊線也已東移至美洲大陸中部。第一個固有向量解釋了 22.54% 之變異, 主要之特徵為北極與中亞地區和其他中緯度地區呈方向相反的變化, 即第一個固有向量可能和南北梯度有關。第二個固有向量解釋了 10.57% 之變異, 主要之特徵為除了西歐和北美洲西部和南部外, 從北極往南成正區, 負區, 正區的分佈。第三個固有向量解釋了 8.43% 之變異, 主要特徵為太平洋北部向西延伸到中國華北的正值區和美洲北部延伸到西伯利亞及西歐的負值區, 比較五月的乾溼年距平圖 (吳 1987 圖 9), 可見這個向量可能和梅雨季降水量多寡有關。第四個固有向量解釋 8.18% 之變異, 第五個固有向量解釋

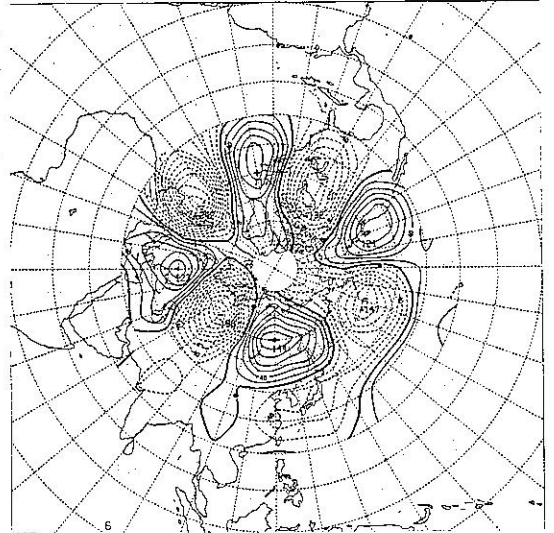
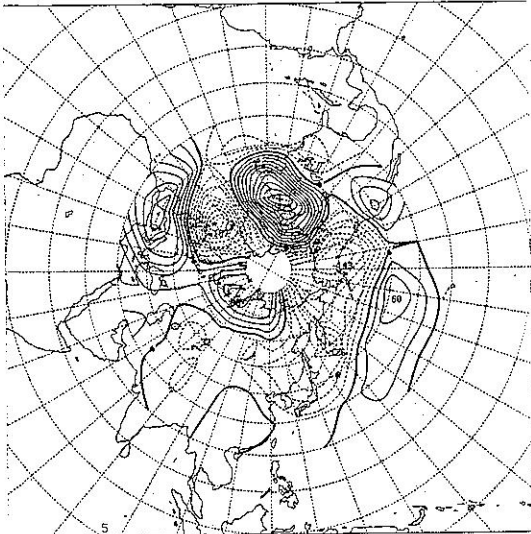
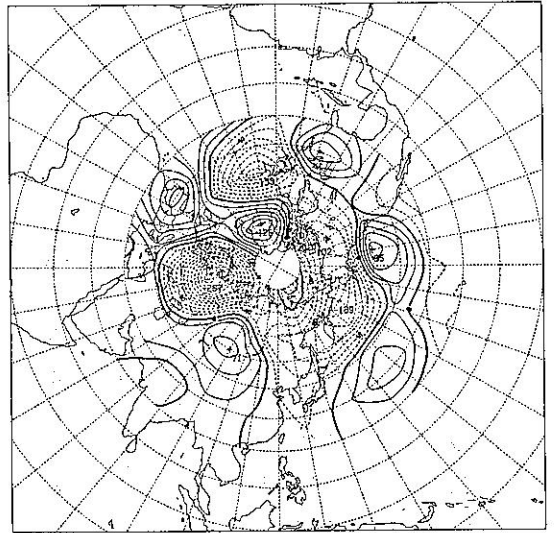
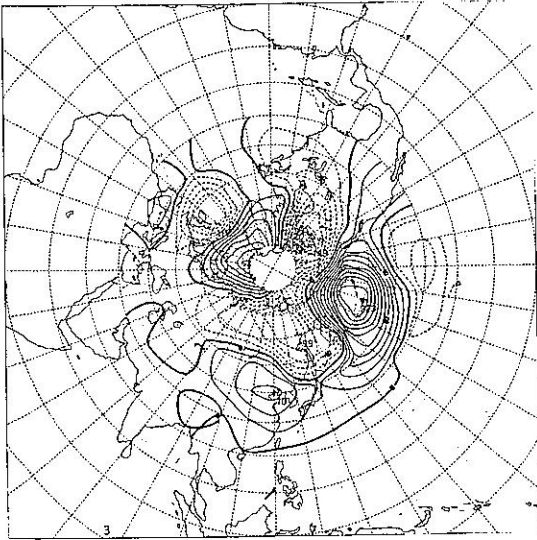
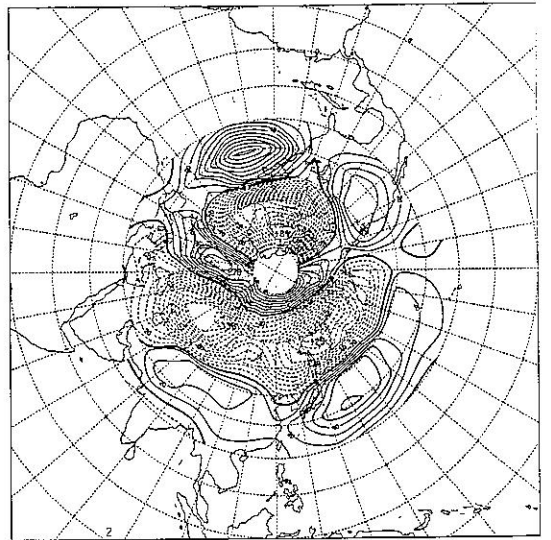
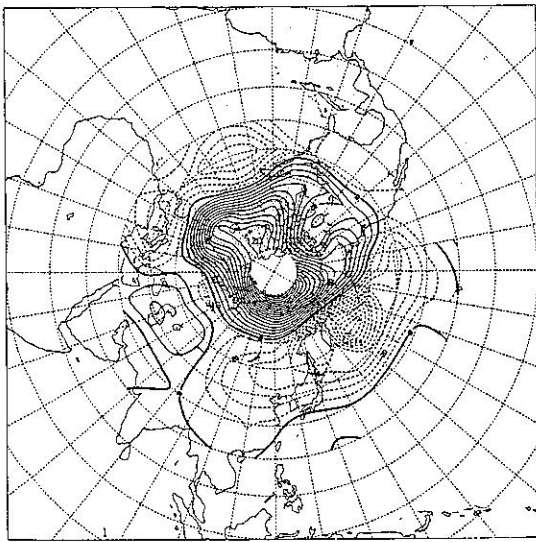


圖2. 北半球五月500毫巴高度之前六個固有向量之空間分佈

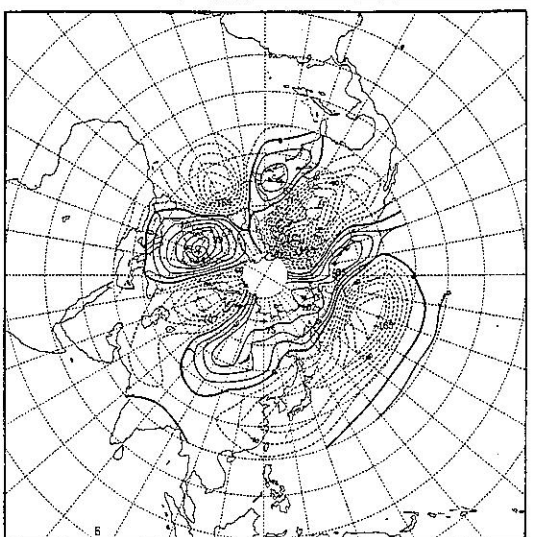
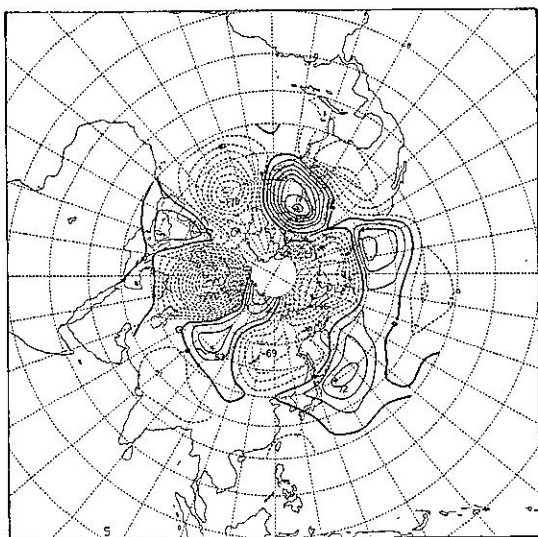
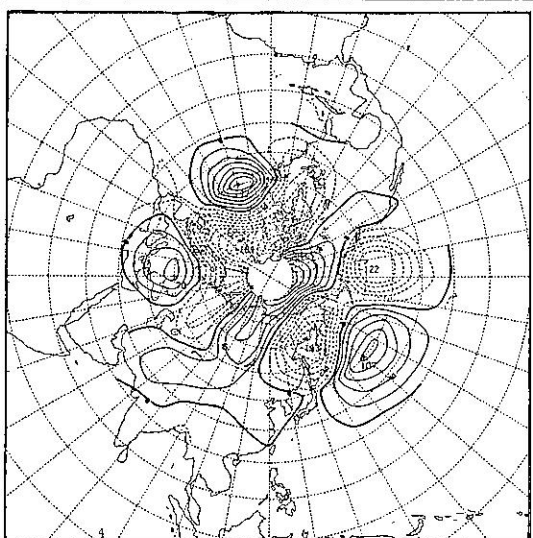
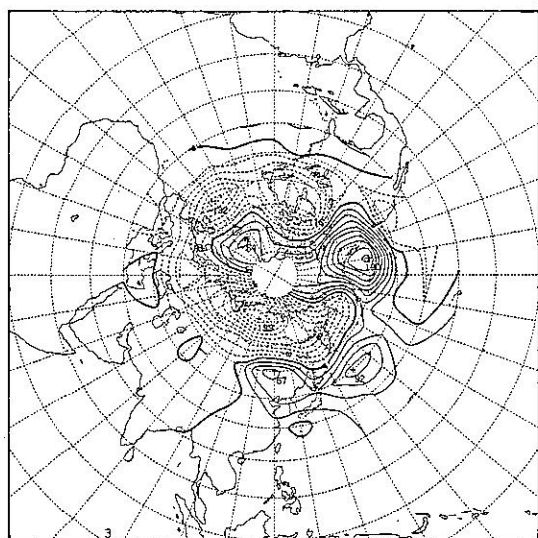
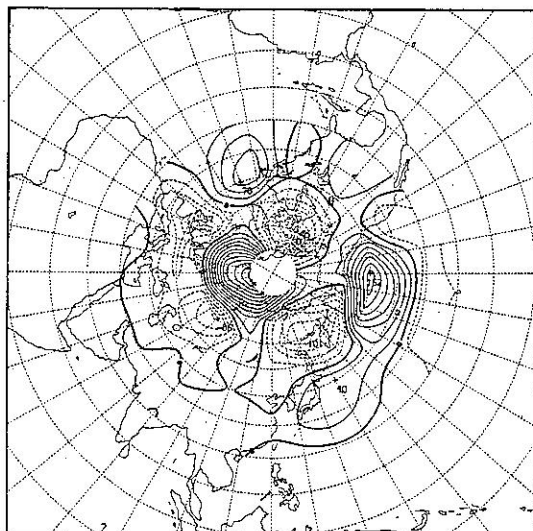
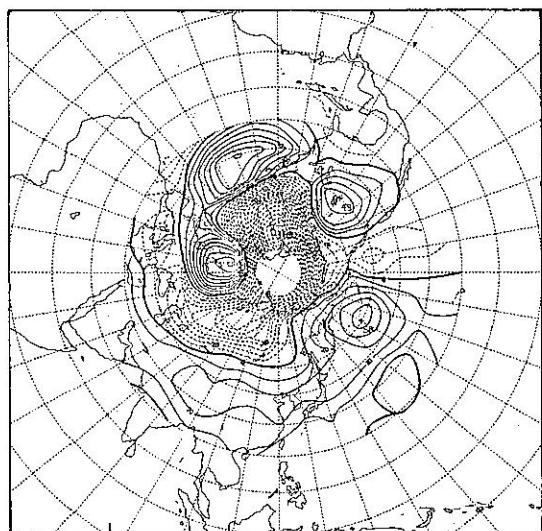


圖3. 同圖2, 但為北半球六月

6.91%之變異，第六個固有向量解釋 6.18%之變異，有很明顯的四波結構。六月的前 12 個固有向量解釋了 81.27%之變異，其前六個固有向量之空間分佈如圖 3 所示。六月的平均環流 - 第零個固有向量（吳，1987 圖 10）特徵為短槽出現於海洋及陸地交界處，而槽脊線皆不明顯。第一個固有向量（E O F 1）解釋了 19.32%之變異，主要特徵為除西歐及東太平洋外，高緯度和中低緯度反方向變化，顯示其可能和南北梯度有關。第二個固有向量解釋 11.41%之變異，主要特徵為北太平洋延伸至日本、北極及大西洋的正值區，亞洲大陸北部及北美東北部則為負值區。第三個固有向量解釋了 8.58%之變異，主要特徵為從北太平洋經日本延伸至中國東南的正值區，而亞洲北部延伸至北美洲則為負值區。比較梅雨的溼年減乾年的合成圖，顯示第二、三個固有向量和梅雨降水量多少有關。第四個到第六個固有向量分別解釋 9.63%，7.25%，5.55%之變異。

（b）北東半球環流之年際變化

對北東半球（0 - 180° E）五月和六月 500 毫巴高度場做經驗正交函數分析，希望可以找出高度場變化之主要成份，以製作合成距平圖，作為長期預報之預報元。經驗正交函數之前 20 個固有值和解釋變異之百分率如表二所示。而五月的前八個固有向量則解釋了 80.86%之變異，其前六個固有向量之空間分佈如圖 4 所示。第一個固有向量解釋了 31.91%之變異，主要的特徵和北半球第一個固有向量之特徵相同，即顯示明顯的南北梯度。可見行星尺度（緯度）之影響，東、西半球大致上相同，第二個固有向量解釋 11.85%之變異，主要特徵為北太平洋延伸至亞洲北部之正值區，北太平洋南部和中國大陸隔開之負值區。第三個固有向量解釋 9.96%之變異，主要特徵為從北太平洋經日本延伸至中國東南之正值區和堪察加半島為中心之負值區，和北半球之第三個固有向量相似，此固有向量可能與梅雨季的乾溼有關。第四、五個固有向量解釋 7.39%與 6.41%之變異，主要特徵和北半球之第四、五個特徵類似，第六個固有向量解釋 5.11%之變異。

六月的前九個固有向量解釋了 81.64%之變異，其中前六個固有向量之空間分佈如圖 5 所示。第一個固有向

量解釋了 21.76%之變異，主要特徵顯示南北梯度。第二個固有向量解釋 14.35%之變異，主要特徵為太平洋經日本延伸至中國大陸以及西北歐之正值區和亞洲大陸北方之負值區。第三個固有向量解釋了 11.92%之變異，主要特徵為從太平洋延伸至中國北方之負值區和亞洲大陸、北方之正值區。第二個和第三個固有向量顯示可能和台灣梅雨季的乾溼有關。第四、五、六個固有向量分別解釋了 9.63%、7.25%和 5.55%之變異。

利用經驗正交函數分析北半球和北東半球五、六月 500 毫巴高度場，顯示出五月的前 11 個和前 8 個固有向量分別解釋了 80.86% 和 80.86%之變異，而第一個主要向量可能與南北（緯度）的差異有關。第三個固有向量可能與台灣梅雨季降水之多寡有關。六月的前 12 個和前 9 個固有向量分別解釋了 81.27% 和 81.64%之差異。而第一個固有向量可能和北（緯度）的差異有關，第二和第三個固有向量可能和台灣梅雨季降水量多寡有關。

由此結果顯示不管五月或六月南北的梯度變化皆佔變異之主要成分，而這固有向量顯示並非台灣梅雨季乾年減溼年合成圖之主要類型。這結果暗示，台灣的梅雨季降水，並非是全球氣候變化的一個完美指標。和台灣梅雨季降水有關的變異類型，只佔變異之 10 - 20%，從此推論，要預測台灣梅雨季之降水量，除了要能預測高空環流類型外，尚須考慮其它地面或低層大氣的情況。

五、台灣梅雨長期預報技術引進之實驗

基於梅雨是每年亞洲冬夏季風交替過程中所造成的特殊天氣現象，同時亦是全球天氣系統的一部份。雖然台灣梅雨已經過區域及地形化的獨特現象，但在任何一種可預測的長期天氣預報中（月、季及年等之預測）都必須考慮與全球天氣系統的關係。因此本計劃選擇引進英國目前的長期天氣預報模式，全般考慮大範圍的大氣環流及可能的影響因子，以便探討台灣梅雨期間（五、六月份）之地面氣壓場距平，500 毫巴高度距平之月預測及月降水、月氣溫之機率預測。

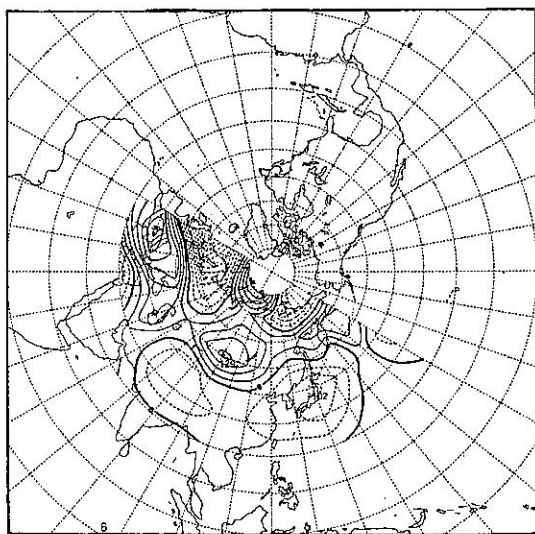
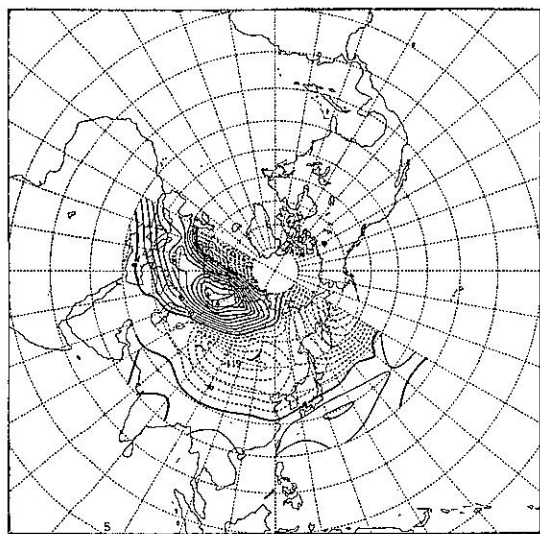
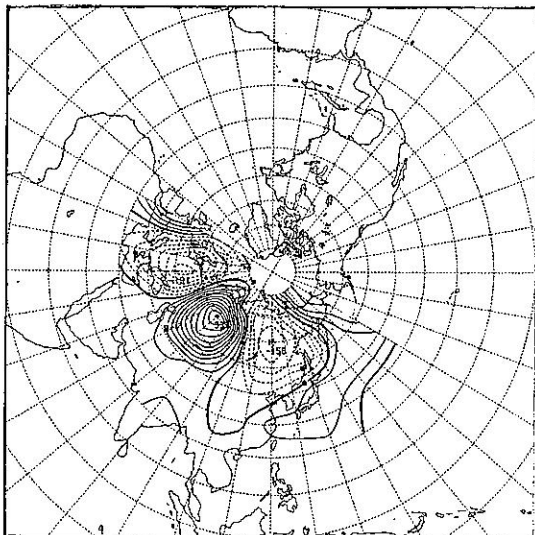
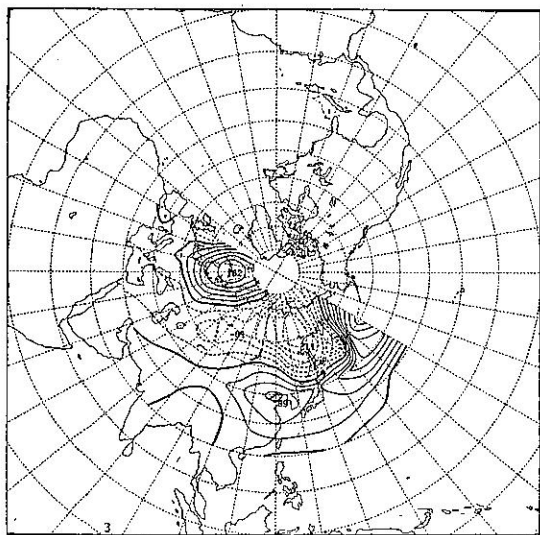
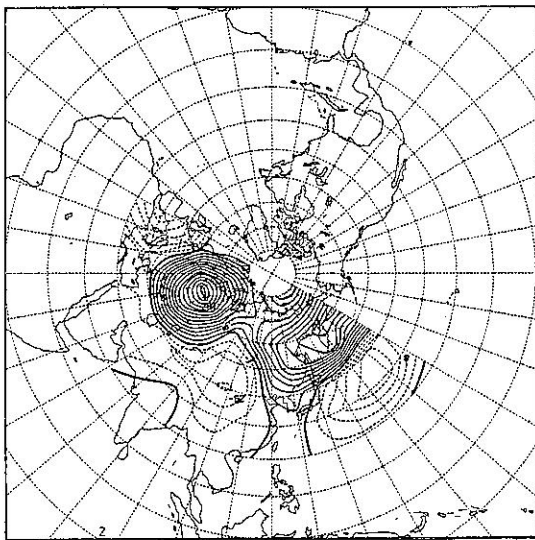
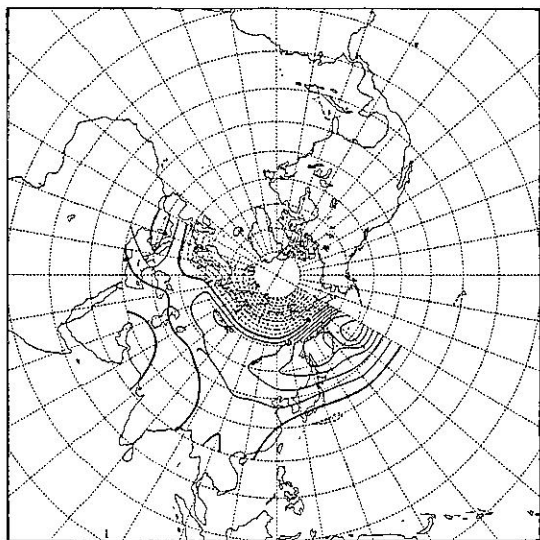


圖4．同圖2，但為北東半球五月

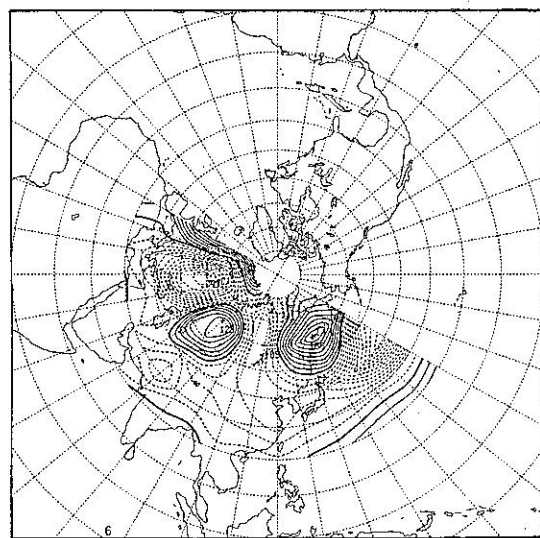
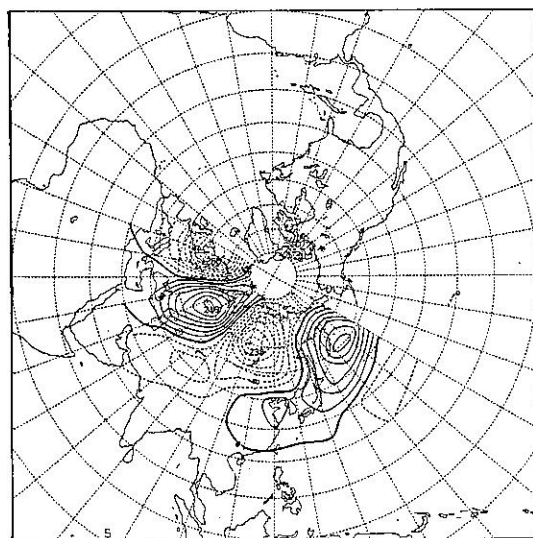
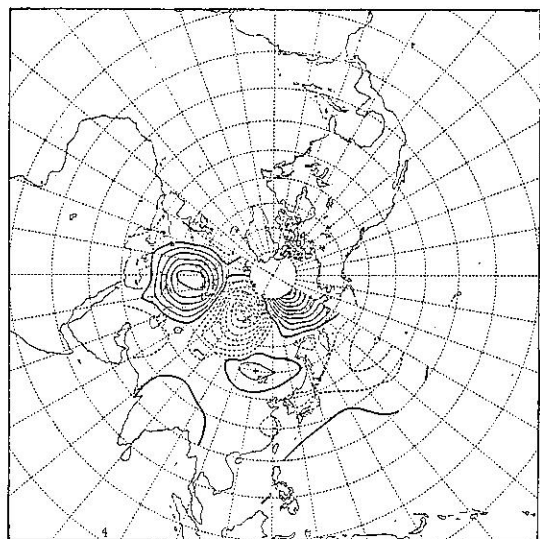
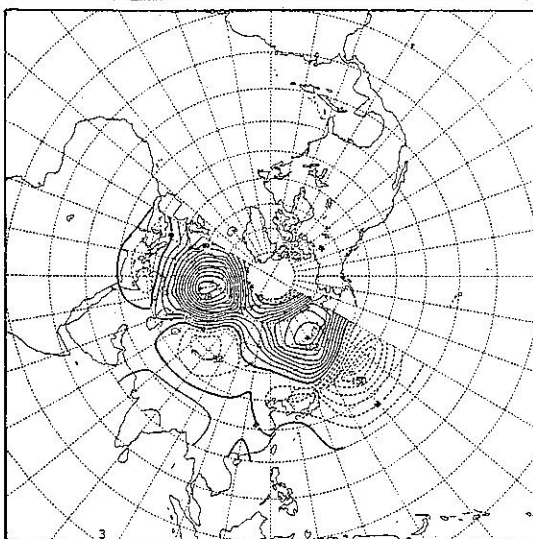
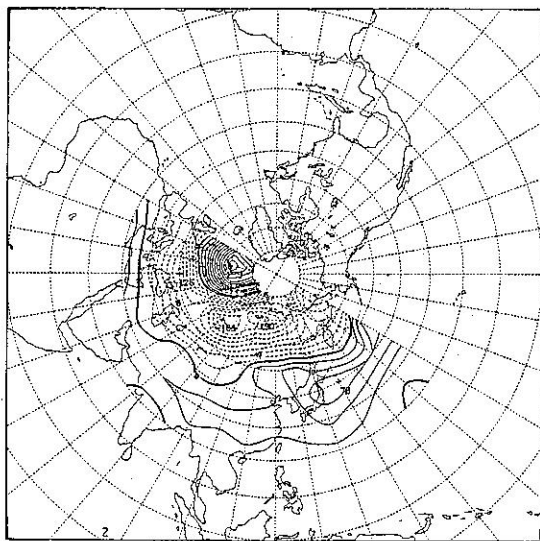
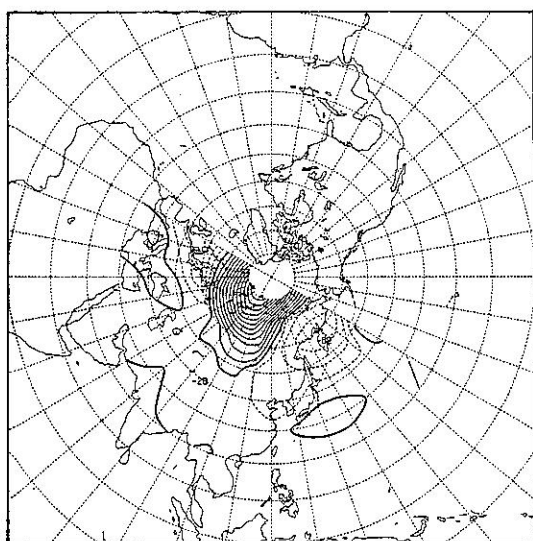


圖5. 同圖2, 但為北東半球六月

表一 五月及六月北半球 500毫巴高度距平經驗正交函數的前 20個固有值和百分率

	五 月		六 月	
	固有值	百分率	固有值	百分率
EOF1	3652791	22.54	2618802	19.32
EOF2	1713433	10.57	1546371	11.41
EOF3	1366058	8.43	1162875	8.58
EOF4	1325091	8.18	981193	7.24
EOF5	1119749	6.91	846993	6.25
EOF6	1002038	6.18	823954	6.08
EOF7	740919	4.57	697462	5.15
EOF8	689923	4.26	647995	4.78
EOF9	553837	3.42	531599	3.92
EOF10	498186	3.07	465066	3.43
EOF11	443374	2.74	382463	2.82
EOF12	404654	2.50	311524	2.30
EOF13	348408	2.15	290550	2.14
EOF14	270759	1.67	273983	2.02
EOF15	230595	1.42	237915	1.76
EOF16	209373	1.29	207508	1.53
EOF17	179535	1.11	178287	1.32
EOF18	162927	1.01	151373	1.12
EOF19	150086	0.93	145217	1.07
EOF20	128123	0.79	136167	1.01

表二 五月及六月北東半球 500毫巴高度距平經驗正交函數的前 20個固有值和百分率

	五 月		六 月	
	固有值	百分率	固有值	百分率
EOF1	2631608	31.91	1440385	21.76
EOF2	977084	11.85	949922	14.35
EOF3	821335	9.96	789068	11.92
EOF4	609616	7.39	637272	9.63
EOF5	528392	6.41	479775	7.25
EOF6	421405	5.11	367057	5.55
EOF7	342965	4.16	334237	5.05
EOF8	334985	4.06	229698	3.47
EOF9	257965	3.13	175721	2.66
EOF10	193649	2.35	166908	2.52
EOF11	153241	1.86	160995	2.43
EOF12	120180	1.46	131749	1.99
EOF13	102980	1.25	96962	1.47
EOF14	92230	1.12	80032	1.21
EOF15	87212	1.06	75636	1.14
EOF16	71586	0.87	65860	1.00
EOF17	59522	0.72	61581	0.93
EOF18	52489	0.64	50750	0.77
EOF19	42927	0.52	42297	0.64
EOF20	40588	0.49	35123	0.53

受限於國內氣候資料尚未建立齊備，本計劃第一年擬嚐試以 500 毫巴高度場為背景資料，引入模式中，做 500 毫巴距平預測。

實施步驟：

(一) 主成份分析 (Principal Analysis)

為若能夠表示東亞梅雨環流之型態，取東經 60 度至東經 180 度 (60° E - 180° E)，北緯 80 度至北緯 20 度 (80° N - 20° N)，範圍內經緯度格點上 (10° x 10°) 的實際平均高度距平，做 EOF 分析，並取前十二個主成份，當作下一步群落分析用之每個樣本特性質。

本主成份分析之空間分佈格點共 91 點，時間則由 1946 - 1986 共 41 年，即有 41 個同月份做分析樣本，在所取範圍內距平場之 EOF 分析，其前十二個固有向量累積百分率，五月份已佔 93.1%，六月份佔 91.6% (表三)，已足夠表示該月份距平場的特徵，即利用其前十二個固有向量，求得之每月主成份亦足夠表示該月份環流

之特性質。

(二) 群落分析 (Cluster Analysis)

由步驟 (一) 所得之主成份，經由群落分析方法之一的 Mahalanobis 距離，求得該月個體 (年) 間距離 (如圖 6、圖 7)。一般氣候環流類型之分類多寡，除了該氣候區之各種特性外，在實際作業中，並需考慮可用氣候資料之多少，即樣本數。因此在 41 年氣候資料之下，以取六類可能較妥當。依此原則，每類均可由 3 - 10 個樣本組成。當然在最小距離之組別上，環流最為相似，所以取樣可多些。本資料依主觀之認定分成 6 類，各別之年份如表五及表六所示。依各別之分類分別合成該類中樣本之距平 (圖 8 及圖 9)，做為模式將預測出之六種大氣環流型別。

(三) 判別式分析 (Discriminant Analysis)

一般而言，判別式分析係由兩個以上之群體 (如六類梅雨環流型) 中抽取多種變量之資料，以建立判別關係式用以判定未知新樣本的歸屬。

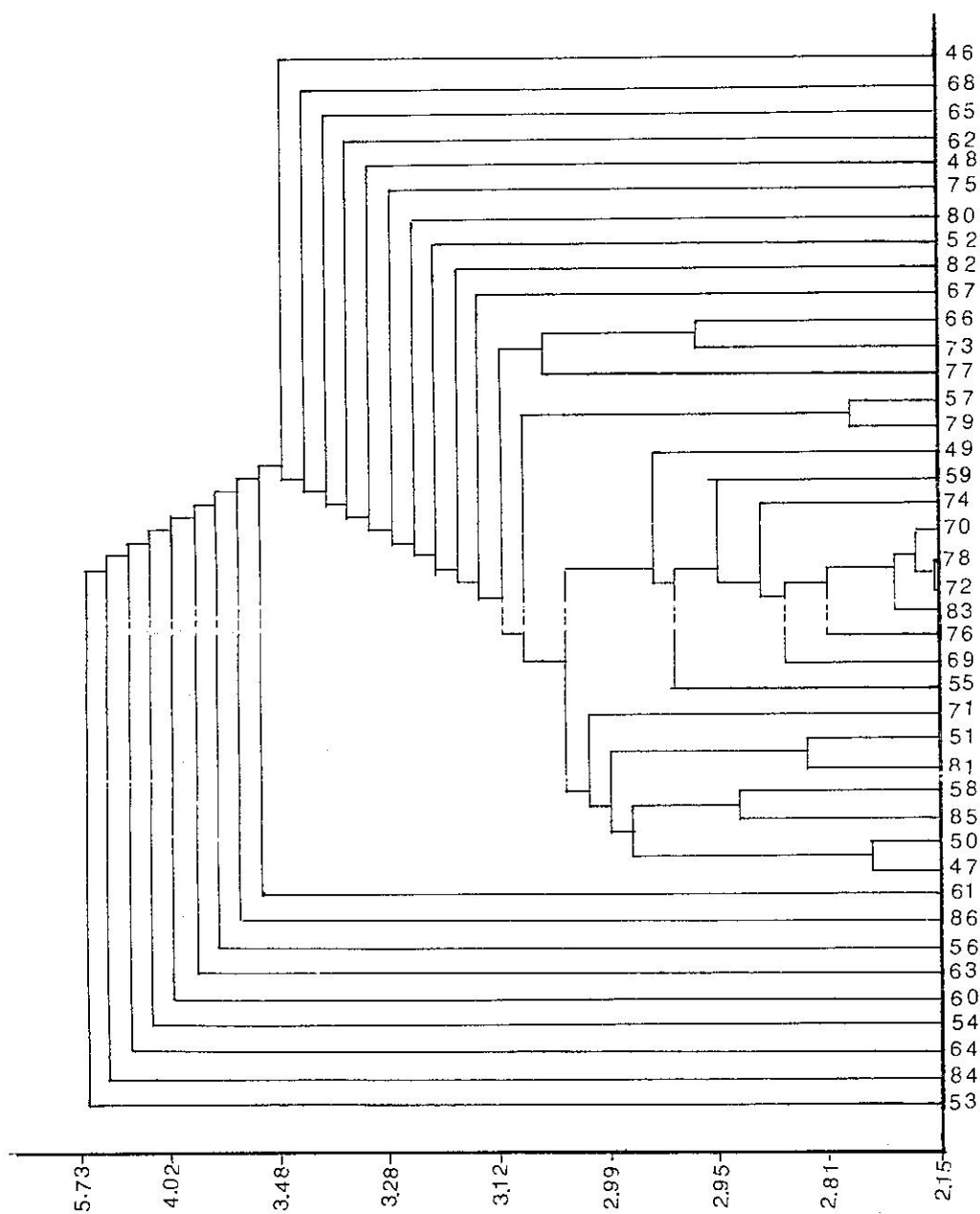


圖6.五月份500毫巴東亞環流之群落分析圖。

圖左側之整數表示年份(1900+)，

下側實數表示mahalanobis距離。

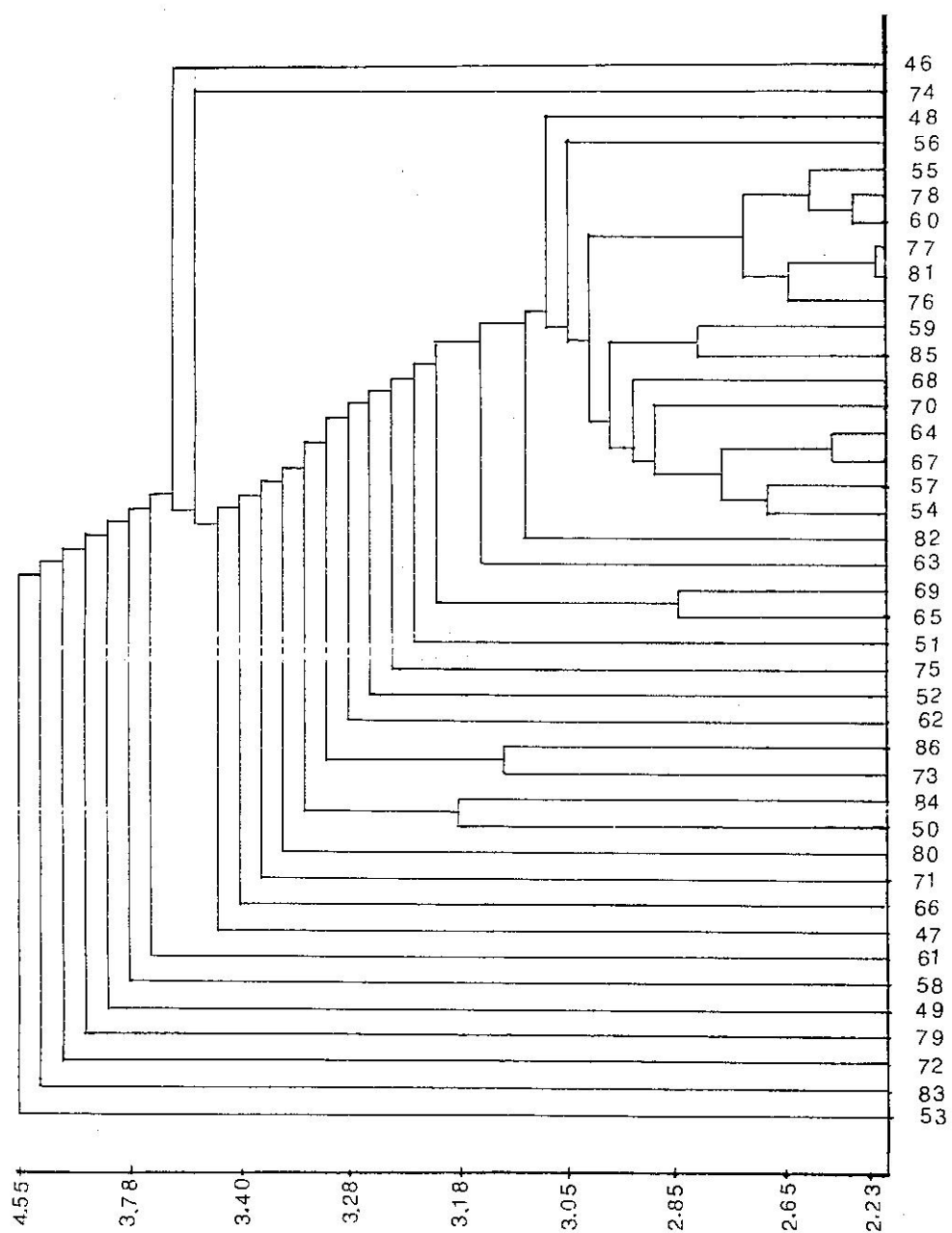


圖 7. 同圖 6, 但為六月

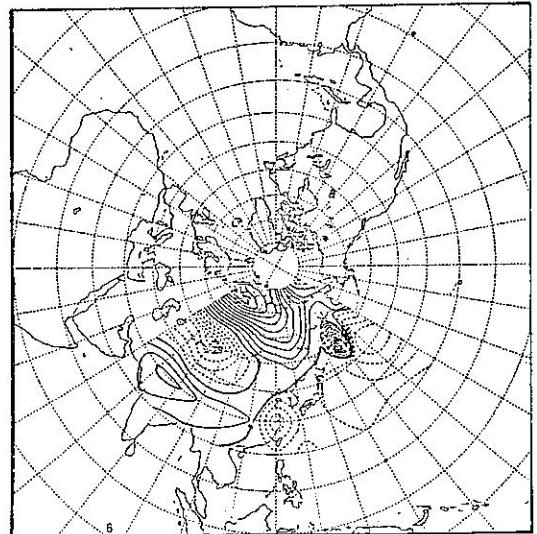
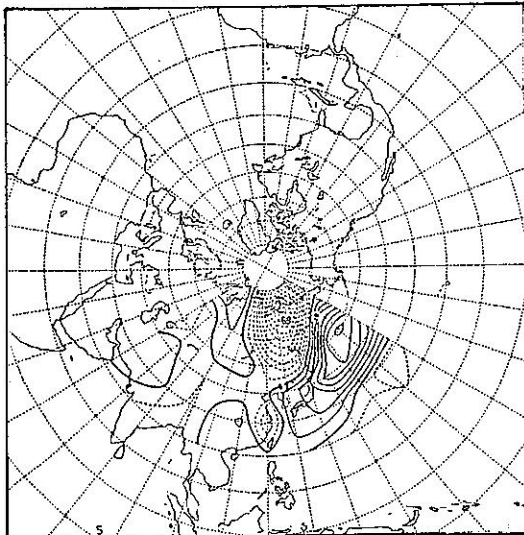
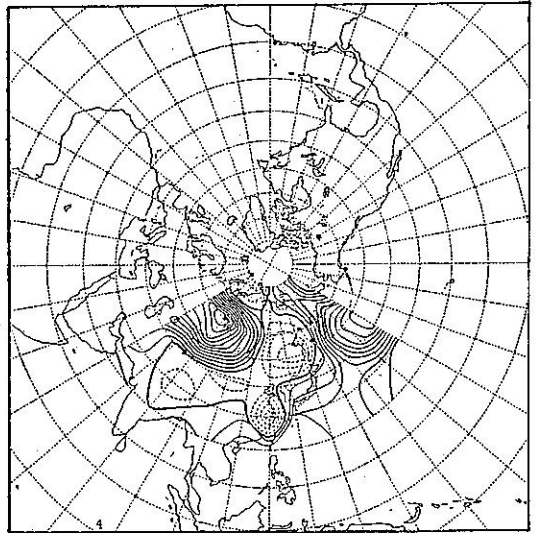
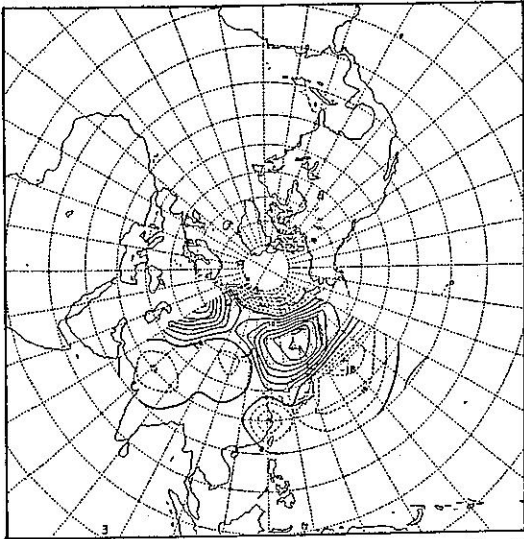
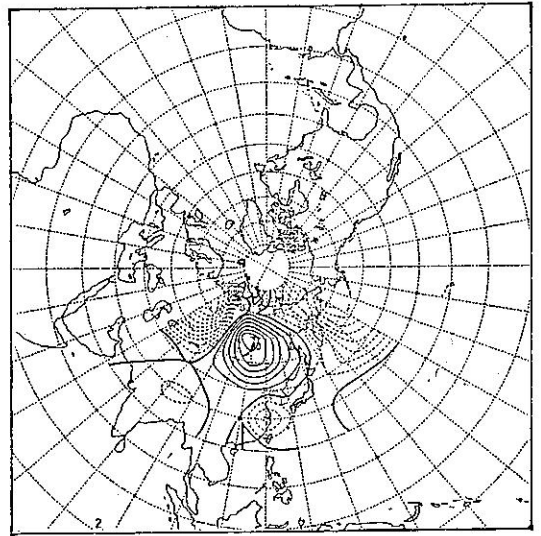
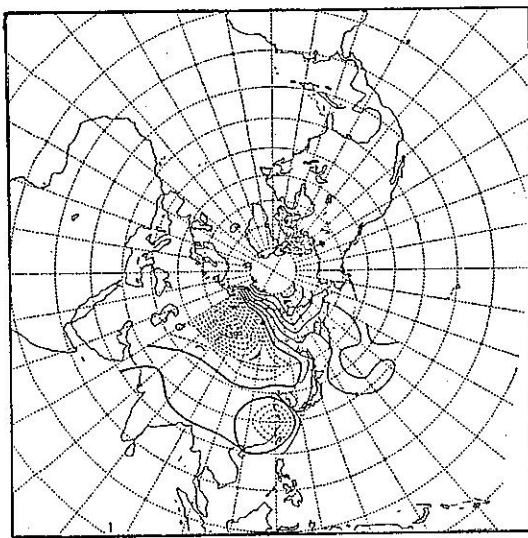


圖 8. 500 毫巴五月六種東亞主要環流型態的合成距平圖

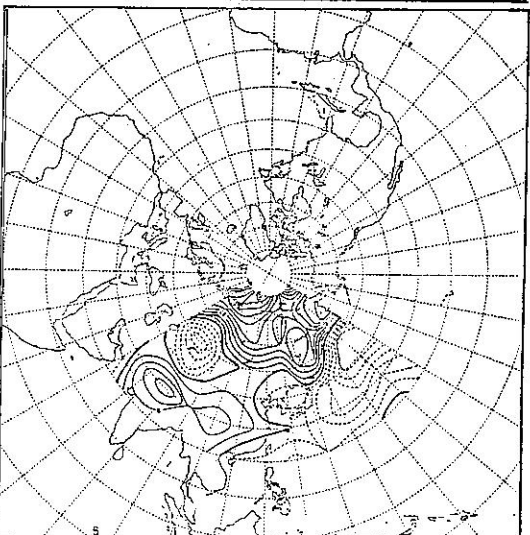
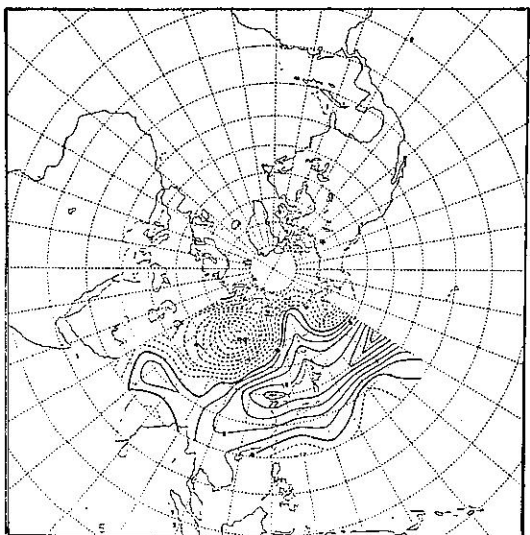
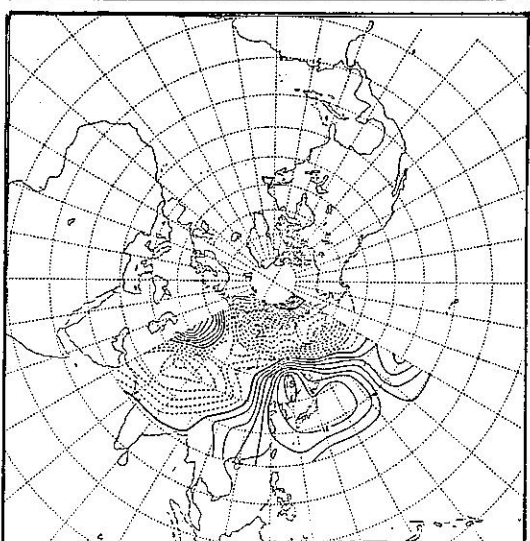
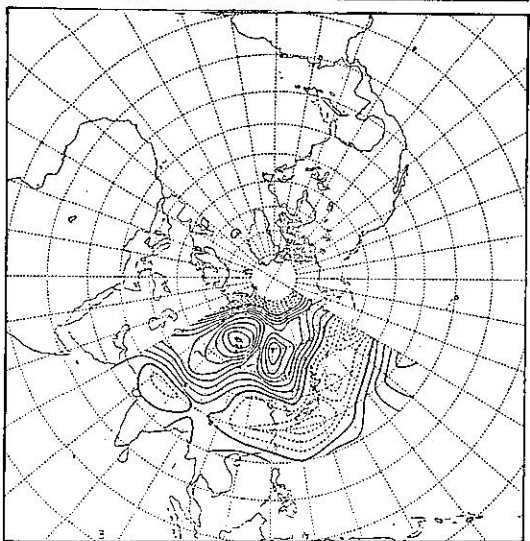
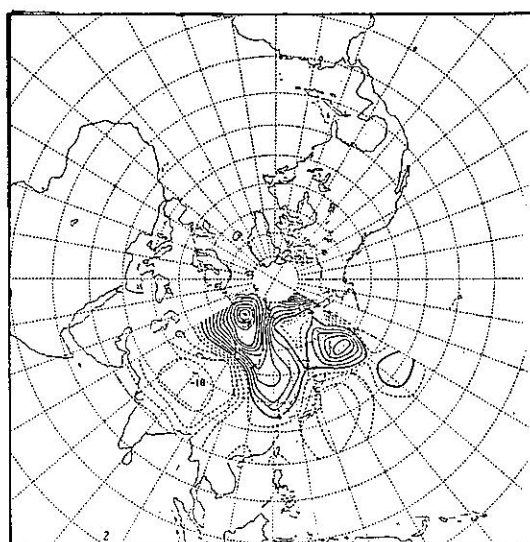
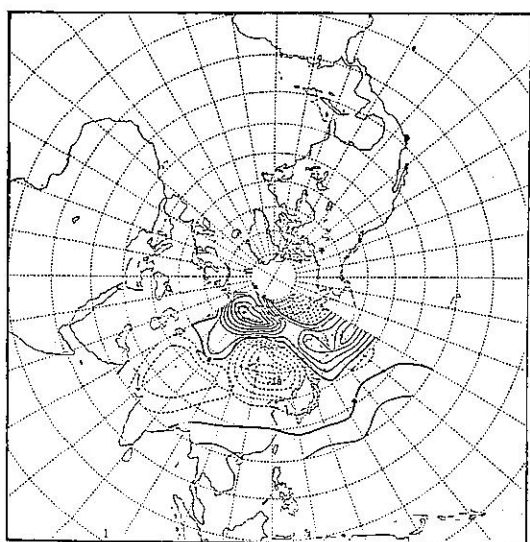


圖9。同圖8但為六月

表三、五月及六月東亞地區 500 毫巴高度距平
經驗正交函數的前 12 個固有值 and 百分率

	五 月		六 月	
	固有值	百分率	固有值	百分率
EOF1	2193671	38.99	1195725	27.54
EOF2	789433	14.03	674886	15.54
EOF3	548671	9.75	547020	12.59
EOF4	409205	7.27	381376	8.78
EOF5	378249	6.72	280070	6.45
EOF6	241656	4.29	229272	5.28
EOF7	193295	3.44	172816	3.98
EOF8	132115	2.35	143238	3.29
EOF9	121129	2.15	121866	2.81
EOF10	103595	1.84	95532	2.19
EOF11	70952	1.26	73815	1.70
EOF12	59497	1.06	62725	1.44

其出發點是根據觀測到的預報因子 $X_1, X_2, \dots$
 X_m 的數據進行線性組合成為一個判別函數

$$Z = \sum_{k=1}^m C_k X_k$$

其 $C_1, C_2, \dots, C_k$ 是判別係數，要使判別函數值
 Z 可反應預報量的類別，必須依據如下兩原則來確定這
 些判別係數的數值。（常稱為 Fisher 原則）。

(1) 要得預報量為 A 類的平均數 $\bar{Z}^A$ 與 B 類的平
 均數 $\bar{Z}^B$ 有較大的區別，即 $(\bar{Z}^A - \bar{Z}^B)^2$ 數值為最大。

(2) 同類的數值要相對集中，即所有 Z^A (或 Z^B)
) 的數據要比較接近，即

$$\frac{1}{N_A} \sum_{i=1}^{N_A} (Z_i^A - \bar{Z}^A)^2 + \frac{1}{N_B} \sum_{i=1}^{N_B} (Z_i^B - \bar{Z}^B)^2$$

為最小。

用判別函數來作預報，我們還必須求判別指標 Z_C ，

求 Z_C 一般可用如下兩種方法。

(1) 取 Z^A 與 Z^B 的加權平均值，其表達式如下

$$Z_c = \frac{N_A \bar{Z}^A + N_B \bar{Z}^B}{N_A + N_B}$$

Z_C 為一個分界線作用，即為一臨界值。

(2) 當兩類的個例數 (N 值) 過於懸殊時，用加
 權平均數求 Z_C 概括率。這時應依判別式把原樣本中的
 Z_i 值都求出來，然後進行單坐標點聚圖，以概括率最
 高的原則定 Z_C 。

求得判別函數，有了臨界值，只要把欲預報的新因
 子，代入判別函數式，求出 Z 值，與 Z_C 值比較便可進行
 預報，這時有以下兩種情況：

(1) 當 $\bar{Z}^A > \bar{Z}^B$ 時，若 $Z > Z_C$ ，則預報 Z 為 A 類
 ；若 $Z < Z_C$ ，則報 Z 為 B 類。

(2) 當 $\bar{Z}^A < \bar{Z}^B$ 時，若 $Z < Z_C$ ，則預報 Z 為 A 類
 ；若 $Z > Z_C$ ，則報 Z 為 B 類。

在實際應用上，兩類以上判別方法通常有兩種，其
 一為如同兩類之方式，也是對觀測到預報因子 $X_1, X_2,$
 $\dots, X_m$ 的數據進行線性組合函數。

$$Z = \sum_{k=1}^m C_k X_k$$

其中 $C_1, C_2, \dots, C_m$ 為判別係數，令

$$\bar{Z}^{(g)} = \frac{1}{N_g} \sum_{i=1}^{N_g} Z_i^{(g)}$$

此 $\bar{Z}^{(g)}$ 為第 g 類之平均數，再把各類之平均數綜合

$$Z = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^G N_g \bar{Z}^{(g)}$$

第二種分類判別為貝斯方法 (Baye's method)，本方法
 是根據一個判別原理 - 貝斯方法來作類別預報。

當預報量分為 G 類，則預報因子按預報量的類別也
 分為 G 類。由分類平均數公式，即

$$\bar{N}_k^{(g)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ki}^{(g)}$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; k = 1, 2, \dots, m)$$

求出第 g 類標本中預報因子 X_k 的平均值 $\bar{X}_k^{(g)}$ ，這些平均值組成 G 個 m 維向量。

$$\bar{X}^{(1)} = (\bar{X}_1^{(1)}, \bar{X}_2^{(1)}, \dots, \bar{X}_m^{(1)})$$

$$\bar{X}^{(2)} = (\bar{X}_1^{(2)}, \bar{X}_2^{(2)}, \dots, \bar{X}_m^{(2)})$$

.....

$$\bar{X}^{(G)} = (\bar{X}_1^{(G)}, \bar{X}_2^{(G)}, \dots, \bar{X}_m^{(G)})$$

它們的列向量為

$$\bar{X}^{(1)'} = \begin{bmatrix} \bar{X}_1^{(1)} \\ \bar{X}_2^{(1)} \\ \vdots \\ \bar{X}_m^{(1)} \end{bmatrix}, \quad \bar{X}^{(2)'} = \begin{bmatrix} \bar{X}_1^{(2)} \\ \bar{X}_2^{(2)} \\ \vdots \\ \bar{X}_m^{(2)} \end{bmatrix}, \dots, \quad \bar{X}^{(G)'} = \begin{bmatrix} \bar{X}_1^{(G)} \\ \bar{X}_2^{(G)} \\ \vdots \\ \bar{X}_m^{(G)} \end{bmatrix}$$

在作預報時，預報因子的數據可用向量

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$$

表示，對於上式的預報因子向量 X ，如何來判別它屬於何類？要判斷 X 預示區屬於何類，實質上就是對 m 值空間進行劃分，分為 G 個部分，待每一部分都與預報量某類相對應，在劃分中由於發生錯分而引起預報不準，在使平均錯分損失最小的原則下，尋找一種最佳的劃分，這就是貝斯準則。

具體而言，如果 P_g 表示 Z 為第 g 類的氣候概率， $f_g(x)$ 為對應於第 g 類 X 的概率密度，貝斯準則可表達為 $P_g \cdot f_g(x)$ 取最大值。

貝斯方法，它並不對預報量進行“綜合指標”，而是求出類似於各類出現概率的量，其判別率數形式為

$$f(g) = C_0(g) + C_1(g)X_1 + C_2(g)X_2 + \dots + C_m(g)X_m$$

$$(g = 1, 2, \dots, G)$$

待 $f(g)$ 的數值來反應出現在第 g 類的可能性的。值越大，表示取 g 類的可能性越大。

本計劃是採貝斯方法做判別分析，同時也採用逐次

判別。由於預報因子之間常常存在一定的相關關係，因此隨著某些預報因子的引入，判別函數的分辨率並不提高，有時反而會減少。為解決這個問題，我們採取逐步判別的方法。

(b) 預報方程良否的標準

判別函數式可以看為一個預報方程，其優劣可用擬合率表示，

$$T_A = \frac{N_A'}{N_A} = \frac{\text{A類報對數}}{\text{A類樣本總數}}$$

$$T_B = \frac{N_B'}{N_B} = \frac{\text{B類報對數}}{\text{B類樣本總數}}$$

其中 T_A 、 T_B 為 A、B 兩類的擬合率，其值愈大，則表示預報效果愈好。

實驗結果：

以步驟(二)一群落分析所得六大類，分別代表該月環流出現最多之形態。其組成年份如表四及表五所示。檢視各類組合樣本，即較類似年之環流頗有相同的環流特徵，則此六類環流也能代表常出現之環流形式。

將每類各別之距平圖綜合製成合成圖(圖8-五月，圖9-六月)用以代表該月之主要環流型態。

長期預報之極終目標為對民生有關的氣象因素做直接的預報。一般為預報平均氣溫，降水和極端氣溫等。梅雨季長期預報則著重在於降水量和入梅、出梅期等，特別是降水量更是核心問題。美國氣象局使用這長期預報模式在預報平均距平類型後更進一步使用迴歸模式做氣溫及降水之預報。由於資料之不足，我們以500毫巴環流為例做預報之實驗。

上述的五、六月各六種環流類型之組合樣本所對應之台灣西部地區降水量距平分類如表四及表五所示。顯示，只以500毫巴距平一種資料並無法預測降水量之分佈。什麼樣的資料可以預報降水則有待進一步之研究。

表四、根據圖五之類似距離做五月份東亞環流之主觀分類表。
年份下的 W 表示此一個標準差定義台灣西部的溼年，D 則為乾年。

群 1	1949, 1959, 1974, 1970, 1978, 1972, 1983, 1976, 1969, 1955 D W
群 2	1971, 1951, 1981, 1958, 1985, 1950, D W W 1947
群 3	1952, 1982, 1967, 1966, 1973, 1977, 1957, 1979 W
群 4	1946, 1968, 1965, 1962, 1948, 1975, 1980 D
群 5	1961, 1986, 1956, 1963, 1960 D
群 6	1954, 1964, 1984, 1953 D D W W

表五、根據圖六之類似距離做六月份東亞環流之主觀分類表。
年份下的 W 表示此一個標準差定義台灣西部的溼年，D 則為乾年。

群 1	1959, 1985, 1968, 1970, 1964, 1967, 1957, 1954
群 2	1948, 1956, 1955, 1978, 1960, 1977, 1981, 1964 D W
群 3	1982, 1963, 1969, 1965, 1951, 1975, 1952 W
群 4	1962, 1986, 1973, 1984, 1950, 1980 D
群 5	1971, 1966, 1947, 1961, 1946, 1974 D W D W
群 6	1949, 1979, 1972, 1983, 1953, 1958

基於預報之應用上，需利用領先之預報因子，所以本計劃引用前一月之東亞 500mb 高度距平之前 12 個主成份，作為預測下月東亞環流型式的判定要因，以達到預測之機能，例如以四月實際觀測資料，來預測下月（五月）之可能環流型，六月份同理。

以步驟（三）-主成份分析所得之五、六月判別函數表六及表七。五月份之判別函數分別由四月份環流主

成份 P2, P5, P8, P9, P10, P12 所組成。六月份之判別函數分別由五月份環流主成份 P2, P3, P5, P7 所組成。

檢定五月及六月判別函數之判定率如表八及表九，以五月份為例第一、五、六型環流之判定頗佳，得分率在 70-80% 之間，第二類，第三類則不理想，原因可能來自該類型環流較不易分辨，或預報因子之說明能力不強。六月份一般結果都不好，判定率最高的第一類只達 62.5%，顯見對六月份之環流型態而言，以類比法方式所作的預報，預報能力並不高。

變數	群 1	群 2	群 3	群 4	群 5	群 6
2 P2	.00205	-.00088	.00341	-.00088	.00400	-.00476
5 P5	.00490	.00111	-.00178	.00986	.00186	-.00409
8 P8	.00473	.00931	.00393	-.01050	.00174	-.00365
9 P9	-.00932	.00431	.00782	-.00702	-.0036	.02050
10 P10	-.01043	.00262	.00214	-.00716	.00322	.01765
12 P12	.02148	-.00101	.00077	-.00238	-.01222	-.01135
常數	-2.5242	-2.0444	-2.0905	-2.6545	-2.2312	-3.1335

表六、五月份之預測判別函數

變數	群 1	群 2	群 3	群 4	群 5	群 6
2 P2	.00319	.00262	-.00398	-.00050	-.00198	.00278
3 P3	.00710	-.00665	-.00138	-.00197	-.00892	-.00317
5 P5	-.00313	.00564	-.00134	.00742	.00470	-.00526
7 P7	.01065	-.01161	-.00647	-.01019	-.00865	-.00199
常數	-2.3413	-2.2902	-2.0430	-2.1921	-2.4268	-2.0835

表七、六月份之預測判別函數

群	判定為各群之個案數						
	準確率	群 1	群 2	群 3	群 4	群 5	群 6
群 1	70.0	7	1	0	1	1	0
群 2	28.6	2	2	1	0	1	1
群 3	14.3	1	2	1	1	1	1
群 4	66.7	0	0	2	4	0	0
群 5	83.3	0	1	0	0	5	0
群 6	80.0	1	0	0	0	0	4
合計	56.1	11	6	4	6	8	6

表八、檢驗五月份之應用判別函數分類結果

群	判定為各群之個案數						
	準確率	群1	群2	群3	群4	群5	群6
群1	62.5	5	0	1	0	1	1
群2	50.0	0	4	2	1	0	1
群3	42.9	1	0	3	1	0	2
群4	16.7	0	1	1	1	3	0
群5	50.0	1	1	1	0	3	0
群6	33.3	1	1	1	0	1	2
合計	43.9	8	7	9	3	8	6

表九、檢驗六月份之應用判別函數分類結果

六、總結

梅雨季的降水影響台灣地區的國計民生至鉅，所以對梅雨之長期預報，實為台灣在長期預報之重要課題及挑戰。本研究之主要目的在於引進英國氣象局之統計長期預報模式於台灣地區五、六月梅雨季節之長期預報，由於資料之不足，我們以500毫巴之流場做預報實驗。

第二章簡單的評述了近年來長期天氣預報方法，並檢討其可行性。第三章描述英國氣象局長期統計預報模式之架構，第四章討論梅雨期間之大氣環流。我們採取經驗正交函數分析來分離北半球梅雨季節500毫巴主要的環流類型。結果顯示第一個主要向量可能與南北（緯度）差異有關，第三個固有向量可能與台灣梅雨降水之多寡有關。而前8-12個固有向量就可解釋百分之八十以上之變異，尤其第一個固有向量佔優勢，即五、六月之梅雨季節500毫巴環流受南北梯度影響最大，但這個向量並非台灣梅雨乾澀年之主要類型。第五章敘述了英國氣象局所使用之長期統計預報模式，應用於梅雨季之長期預報模式，結果顯示五月份之模式判定率較高而六月份不理想。這結果一方面暗示五月之環流類型可能較六月之環流類型有較高之可預報度，一方面可能暗示，只以前一個月之500毫巴高度資料，並無法有效的進行下一個月環流類型預報。後續計劃，將利用較

完整的邊界層氣候資料（包括海面溫度，地面氣壓）及低對流層之溫度場及對流層頂（100mb）之氣候資料，繼續改進為一個更佳的長期預測模式。

誌謝：

作者感謝台大洪淑芬小姐與吳冠德先生在打字及編排上的協助。本研究計劃在氣象局研究計劃 C W B - 77-10支援下完成。

參考文獻：

- 馬汝安，1985：利用經驗正交函數分析亞洲區域冬季500mb高度場空間分佈之研究。台大大氣研究所碩士論文，199頁。
- 吳明進、傅達鵬，1987：台灣梅雨季降水之年際變化。大氣科學，第十五期，31-42頁。
- 吳明進，1987：台灣梅雨之年際變化(一)。國立台灣大學大氣科學系研究報告NTUATM-1987-03。
- Kidson, J.W., 1975: Tropical eigenvector analysis and Southern Oscillation, *Mov. Wea. Rev.*, 103, 181-196.
- Kurtzbach, J.E., 1967: Empirical eigenvectors of sea level pressure, surface temperature and precipitation complex over North America. *J. App. Meteor.* 6, 791-802.
- Lorentz, E.N., 1969: Three approaches to atmospheric predictability, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 50, 345-349.
- Lorentz, E.N., 1956: Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction, Rep.1, *Statist. Forecasting Project.*, MIT.
- Maryon, R.H. and Storey, A.M., 1985: A multivariate statistical model for forecasting anomalies of half-

monthly mean surface pressure. J. Climatol , 5 ,
561-578.

Namias, J., 1968: Long-range weather forecasting-history,
current status and outlook. Bull. Am. Meteor. Soc.

Vol 49. No.5, 438-470.

Nicholls, N., 1984: Long-range weather forecasting: recent
research. W.M.O. Long-Range Forecasting Research
Publications Series No.3, 58 pp.

The evaluation and adaption of long-range forecasting scheme on Mei-Yu

Ming-Chin Wu Jong-Dao Jou Cheng-Fa Tseng Ming-Sen Lin

Department of Atmospheric Science

Central Weather Bureau

National Taiwan University

Wen-Wen Kao Wen-Chih Lu

Central Weather Bureau

Abstract

Reviewing long-range forecasting methods used recently, examining their plausibility and adapting the statistical long-range forecasting model of the British Meteorological office to the long-range forecasting of the East Asia 500mb circulation patterns during the Taiwan Mei-Yu season. Applying the empirical orthogonal function analysis to identify the dominate patterns of the Northorn hemispheric 500mb circulation and study their connection with the rainfall amount during the mei-yu season. It is found that 500mb circulation is mainly liked to the North-South gradient. However this component is not directly connected to the wet or dry of the Taiwan Mei-Yu. Applying the statistical schemes of the long-range forecasting model of the British Meteorological office, i.e., the classification and discriminatory analysis to do the forecast experiment that use the previous month's East Asia 500mb height filed to forecast the East Asia 500mb circulation patterns of the succeeding month during the Mei-Yu season. The results indicate that the discriminatory rate is higher in May prediction but is quite low in June prediction. This result implies that the predictability of May circulation patterns is higher than those of June.