

利用經驗正交函數分析台灣地區 梅雨異常型式之個案研究

梁瑞禎

馬汝安

摘 要

本文係針對台灣地區梅雨個案系統，進行經驗正交函數分析。

若對形成梅雨之大氣環流及天氣系統能夠確實把握，則將有助於預報工作。在此目的下，利用台灣地區降雨量選取乾、濕梅及正常梅雨個案，並利用經驗正交函數分析來探討異常梅雨大氣環流與主要綜觀天氣型態的相關性，並以百分比方式及天氣圖型式表示之。

在北緯 20 ~ 50 度、東經 80 ~ 130 度範圍內選取 75 個測站，時間自民國六十四年到七十三年，五~六月梅雨期每天 1200Z 850MB 及 500MB 高度場（資料矩陣）的資料，進行經驗正交函數分析。

分析結果顯示：(1)經驗正交函數分析可達到有效濃縮資料的目的。(2)梅雨期 850MB 及 500MB 高度場之空間分布能由有關的主要分量來表示。(3)經驗正交函數能夠表示台灣地區梅雨異常型式（濕梅、乾梅、正常梅雨）主要綜觀系統。

一、前言

每年五月中旬至六月中旬，台灣地區適值冬季風轉弱，漸為夏季風取代的季節。東北季風與西南季風相會於梅雨鋒面，約由日本南方海面經台灣至華南。鋒面附近因輻合產生上升運動及西南氣流豐沛水汽，遂凝結成雲，形成一條幾乎連續不斷的雲雨帶，導致連續性降水。南半部的雲帶因西南氣流空氣不穩定，易生積雲對流，導致局部地區豪雨現象。然而亦有所謂乾而不雨的乾梅（空梅）。也就是說台灣梅雨直接形成台灣地區五、六月份之旱澇，而且間接影響七、八月份水庫調節水量之功能。故梅雨為台灣地區嚴重災變天氣之一。

又氣候資料顯示台灣地區於五月中旬至六月中旬存在有一相當明顯之降水量最大值，此最大值由北部地區之次高峯往南轉變為中南部地區之主高峯，此期降水現象是為台灣之梅雨。此期間之降水性質一般皆屬連續性，間或夾帶雷陣雨或豪雨，導致暴洪（陳，1986）。過去國內有關梅雨之研究者甚多，早期多以氣候研究為主，如王（1970）、徐與紀（1974），近期則從事梅雨動力過程（陳

，1977）、平均環流（紀，1978）、降水（陳、蔡，1979；劉，1980），中尺度特徵（陳與紀，1980；陳、蔡，1980），水汽收支（廖與賴，1984）及綜觀尺度系統及梅雨槽之綜觀（天氣）與動力結構增加許多了解，亦對梅雨期中尺度系統導致豪雨之重要性增加很多認識（陳，1986）。1986年陳泰然亦對梅雨期不同尺度環流系統作了診斷分析研究，增加了許多了解及認識。

利用經驗正交函數來表示氣象場變數的空間分布，這是近十多年來發展出來的數學方法之一，現已廣泛地應用在氣象學及地球物理科學中。如 Grimen（1963）、Kutzbach（1967）、Stidd（1967）、Sellers（1968）、Walsh（1980）、Diaz（1981）、Lyons（1982）等均利用地面溫度、降水量、海平面氣壓及 500MB 高度場分析氣象異常型式之空間分布。Paegle and Haslam（1982）研究結果顯示經驗正交函數可作綜觀氣候和長時間的天氣預報，且前面幾個經驗正交函數可解釋綜觀氣象型態。邱（1981）利用經驗正交函數分析台灣地區氣象異常型式，結果顯示各氣象變

數異常型式之空間分布情形；能由最主要的各有關經驗正交函數來表示，以及有效濃縮資料的目的。王與曾、劉（1985）研究經驗正交函數結果得到固有向量空間分布與綜觀氣候有一致性。馬與曾（1985，1986）研究經驗正交函數分析東亞地區 500MB 高度場空間結構，結果得到東亞地區冬季主要及次要的綜觀天氣系統。

經驗正交函數分析有顯示氣象要素空間分布特徵之能力，除了平均情形外，還能夠了解更細微的氣象要素空間分布結構。是研究大氣環流與氣候型態之關係最有用的一種正交空間函數，亦為求大區域氣候變動指數的理想方式，故在氣候研究上甚具價值。

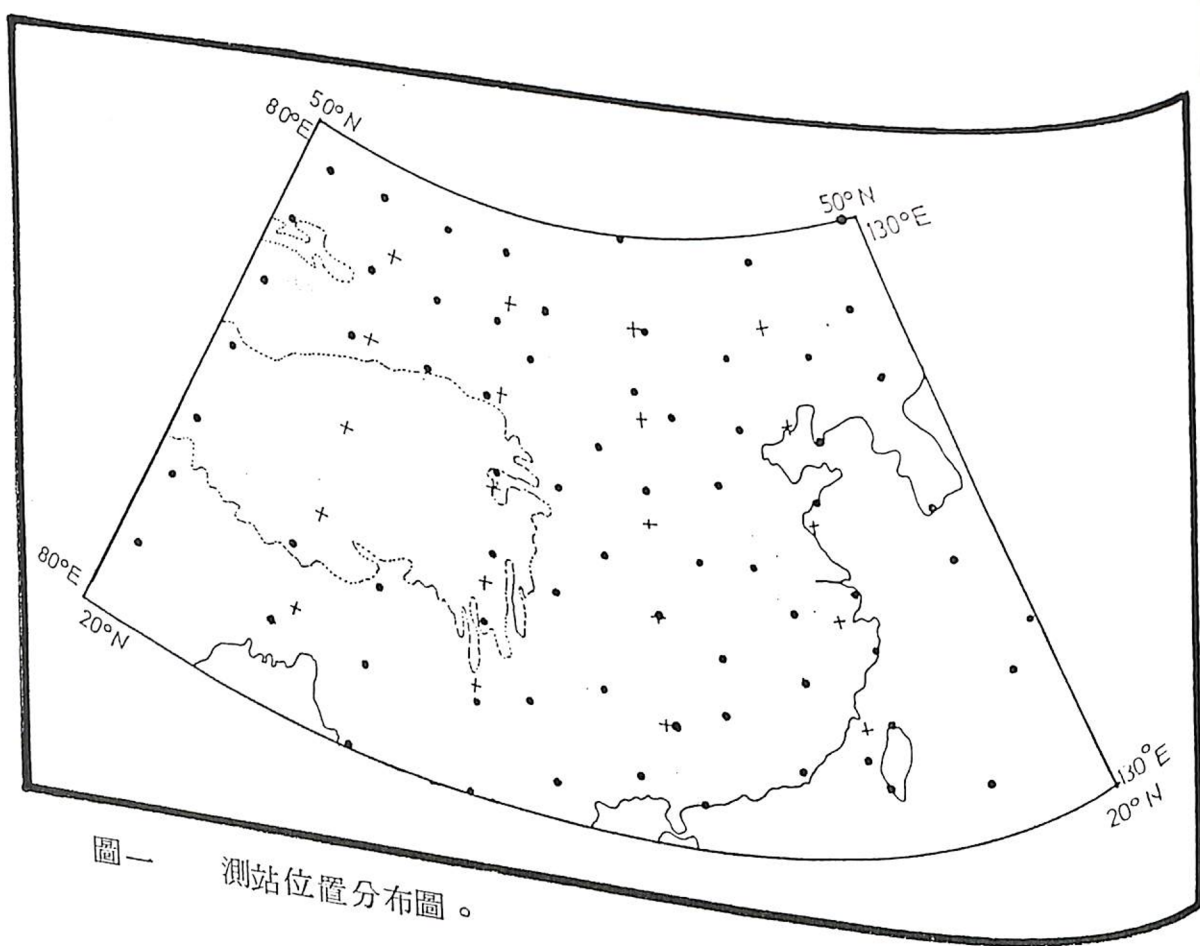
若對形成梅雨之大氣環流及天氣系統能夠確實把握，則將有助於梅雨預報準確率的提高。在此目的下，本文擬選用經驗正交函數分析來探討梅雨個案濕梅、正常梅雨、乾梅及異常梅雨型式之大氣環

流與主要綜觀氣候型態的相關性，並以百分比及天氣圖型式表示梅雨期（濕梅、正常梅雨、乾梅）850MB 及 500MB 高度場氣象異常型態（Pattern）之空間分布情形。

二、資料來源、處理與研究方法

（一）資料來源及處理

本文研究資料係使用日本氣象廳印刷歷史圖，選取個案 1975 年（濕梅）、1976 年（正常梅雨）、1980 年（乾梅）三個梅雨個案來加以分析探討。在北緯 20 度至 50 度、東經 80 度至 130 度範圍內選取 75 個測站（其中包括台灣地區基隆、馬公、東港三個探空站資料），測站位置分布圖一所示，讀取 1975 年、1976 年、1980 年 1200Z 850MB 及 500MB 天氣圖之高度場資料做為經驗正交函數分析初始資料之用（稱其為梅雨期高度場資料矩陣）。



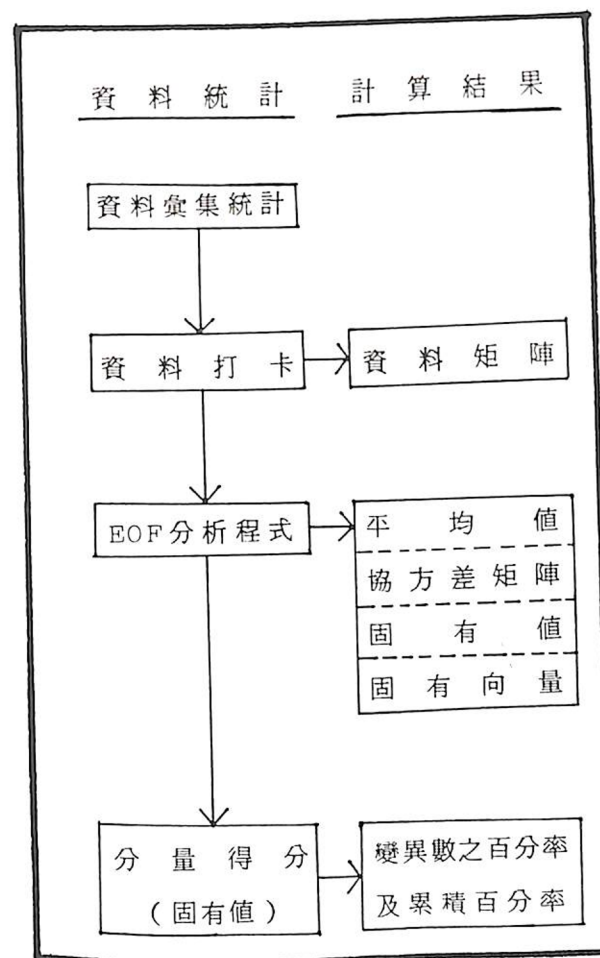
圖一 測站位置分布圖。

（二）研究方法

經驗正交函數分析：

本文在 20°~50°N，80°~130°E 範圍內選取 75 個測站點上的 850MB 及 500MB 高度場當做變數，而要以較少變量的主要分量來說明這些變數。因此我們利用多變量統計原理及分析方法中的一種經驗正交函數分析方法（Johnson and Wichern 1982，Muirhead 1982）來加以分析探討。

以上所述為了簡便起見，我們稱其為梅雨期高度場 EOF 分析。其分析步驟及研究方法如下：（見圖二）



圖二 經驗正交函數分析計算過程的流程圖。

(1) 首先須將 75 個測站上的 850MB 及 500MB 高度場初始資料彙集統計。

(2) 資料打卡，建立原始資料檔。做成 75 × 36 階的梅雨期高度場資料矩陣。

(3) 由資料矩陣求出 850MB 及 500MB 高度場平均值。

(4) 原始資料矩陣減去平均值得到 $\tilde{f}$ 矩陣，由 $\tilde{f}$ 矩陣算出 75 × 75 階之協方差矩陣 $C_f = \tilde{f} \tilde{f}^*$ 。

(5) 利用賈可比法（Jacobi's method）求 850MB 及 500MB 協方差矩陣的固有值（Eigenvalue） λ_n ，並求出所對應的固有向量（Eigenvector） $\underline{u}_n$ ， $n = 1, 2, \dots, 75$ 。

(6) 由(5)所求得之固有值，可由第 n 個主要分量 C_n 能解釋的變異數佔總變異數之比率（分量得分）來求得分量之百分率。

三、分析結果與討論

使用經驗正交展開的好處有二：一個就是能夠看出高度場的季節性變化。另外一個是當對前面數個固有向量作型態解釋時，第一個固有向量能夠代表出最重要的季節變化（Brinkmann, 1981）。

第一個經驗正交向量就是使它所解釋的觀測場變異數為極大。而第二個經驗正交函數是使解釋的剩餘的觀測場變異數為極大，但此向量與第一個經驗正交向量必須是正交的，也就是說第二個經驗正交向量與第一個經驗正交向量彼此之間是無關的且獨立的。而第三個經驗正交向量是第一個及第二個經驗正交向量所解釋的剩餘的觀測場變異數為極大，但此向量與第一個及第二個經驗正交向量必須均是正交的，也就是說第三個經驗正交向量與第一個及第二個經驗正交向量彼此之間均是無關的且獨立的。根據這個原理，只要利用前面幾個固有向量就足夠解釋了觀測場長時間的季節變化。

圖三～圖五為濕梅（1975 年）、正常梅雨（1976 年）、乾梅（1980 年）個案作經驗正交展開所得到的第一個固有向量型態（Pattern）分布圖（850MB 及 500MB 兩類），並以百分比表示之。其代表了梅雨期個案（濕梅、正常梅雨、乾梅）主要高度場空間分布結構。圖中固有向量的正區代表高度正距平（Height positive Departure），負區代表高度負距平（Height Negative Departure）。

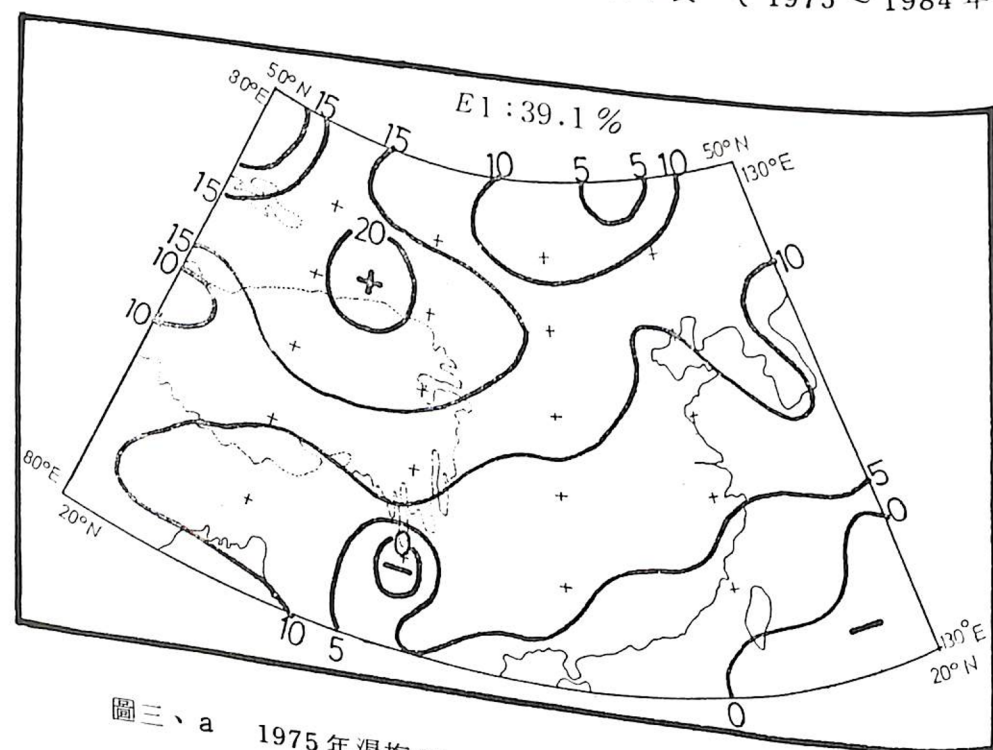
以下僅按濕梅（1975 年）、正常梅雨（1976 年）、乾梅（1980 年）等三類之個案分析結果加以說明討論之。

(一) 濕梅之經驗正交函數特徵 (1975 年)

第一個到第三個固有向量累積百分率佔總變動的 57.3% (850MB)、63.9% (500MB)；其中 EOF1: 39.1%、EOF2: 9.1%、EOF3: 8.3% (850MB)，EOF1: 36.1%、EOF2: 17.5%、EOF3: 9.9% (500MB) (表一)

梅雨分類	年	濕						正常梅		乾	
		1975	1977	1979	1982	1983	1984	1976	1981	1978	1980
850 mb	E1	39.1	31.7	25.8	40.1	34.3	43.9	27.4	35.6	25.8	37.9
	E2	9.9	15.6	23.5	12.8	17.6	13.3	15.4	12.9	16.4	15.3
	E3	8.3	8.9	8.9	8.8	13.2	9.8	10.5	9.6	13.1	11.5
累積率		57.3	56.2	58.2	61.7	65.1	67.0	53.3	58.1	55.3	64.7
500 mb	E1	36.1	30.3	40.1	31.8	30.1	30.2	26.1	37.4	26.1	41.3
	E2	17.9	10.8	24.5	18.4	21.8	15.7	15.5	18.4	21.5	15.2
	E3	9.9	9.3	11.4	8.3	10.6	10.6	10.9	7.7	13.5	10.3
累積率		63.9	50.4	76.0	58.5	62.5	56.5	52.5	63.5	61.1	66.8

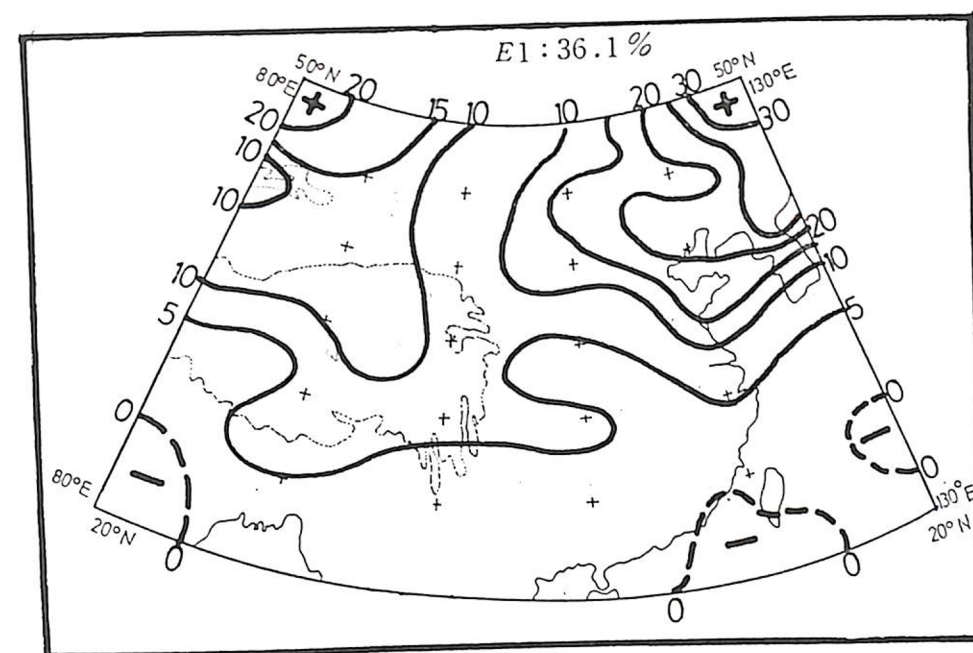
表一、梅雨 (濕梅、正常梅雨、乾梅) 與經驗正交函數百分率表。(1975 ~ 1984 年)



圖三、a 1975 年濕梅 850MB 之第一個 EOF 分布圖。

500MB 高度正距平相對最大值區出現在大小興安嶺一帶，次大值區出現在巴爾喀什湖以東

地區；琉球群島及台灣地區為高度負距平 (圖三、b)。



圖三、b 1975 年濕梅 500MB 之第一個 EOF 分布圖。

綜合 1975 年 5 月中旬至 6 月中旬台灣地區濕梅之經驗正交函數特徵可以得到下面數點：

- (1) 第一個 EOF 較有代表性，百分比在 36.1% 以上。
- (2) 太平洋高壓強盛，蒙古東北部及大小興安嶺一帶均為低壓區。
- (3) 850MB 台灣地區之西南風較平均為強 (陳，1986)。
- (4) 500MB 高度距平分布呈南低北高型，西風帶南移。

(二) 正常梅雨之經驗正交函數特徵 (1976 年)

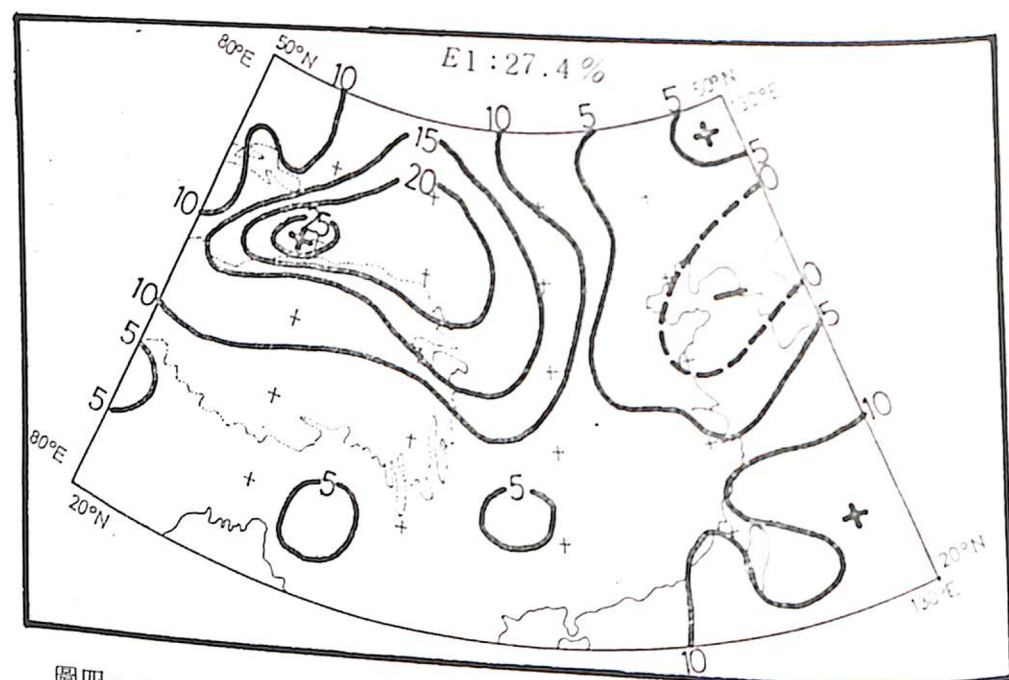
第一個到第三個固有向量累積百分率佔總變動的 53.3% (850MB)、52.5% (500MB)；其中 E1: 27.4%、E2: 15.4%、E3: 10.5% (850MB)，E1: 26.1%、E2: 15.5%、E3: 10.9% (500MB) (表一)。

第一個固有向量 (EOF1) 解釋了梅雨期 850MB 及 500MB 高度場總變異數的 27.4% 及 21.6%。其中 850MB 高度正距平相對最大值區出現在新疆省東部，次大值區出現在台灣海峽、東海、琉球群島一帶；負距平出現在韓國、黃海一帶地區 (圖四、a)。

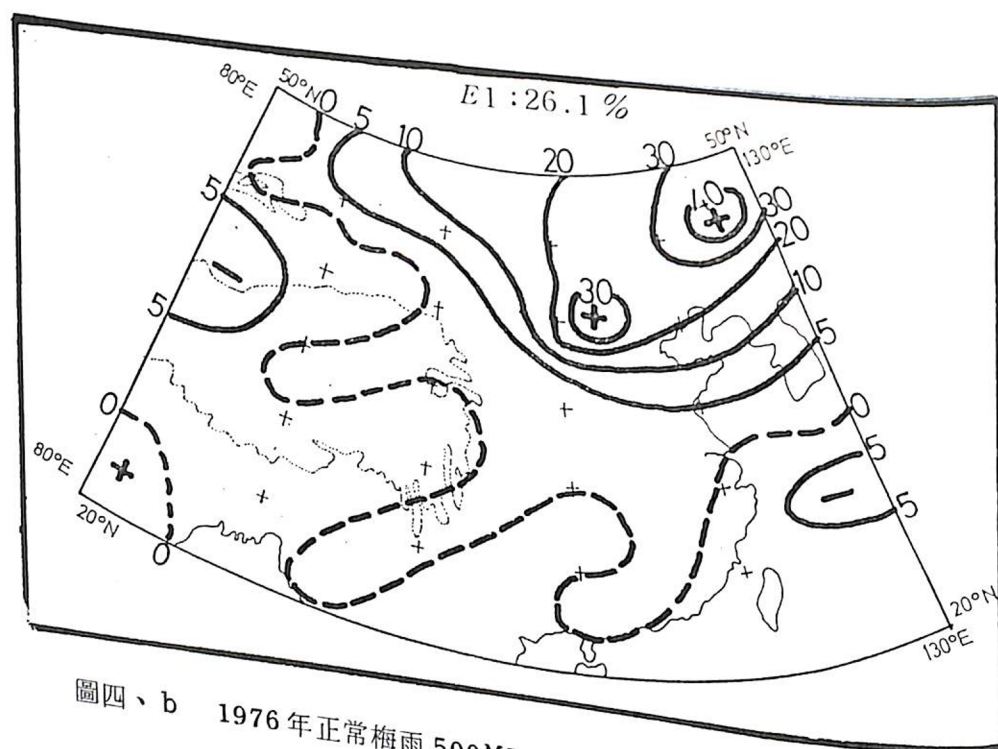
500MB 高度正距平相對最大值區出現在嫩江、黑龍江省一帶，次大值在綏遠省；高度負距平出現在青康藏高原西南部及新疆省一帶，另一在東海東部區域 (圖四、b)。

綜合 1976 年 5 月中旬至 6 月中旬台灣地區正常梅雨之經驗正交函數特徵可以得到下面數點：

- (1) 太平洋高壓強盛，新疆北部有一分裂高壓，大小興安嶺一帶有低壓存在。
- (2) 850MB 平均圖上，在新疆省北部有一分裂高壓、勢力與太平洋高壓相當，使得其間之區域均為低壓帶 (同濕梅之特徵)。若太平洋高壓過於強盛 (勢力伸展到華北)，則蒙古北部將有一個小分裂高壓與新疆之高壓兩者勢力與其 (太平洋高壓) 相衡。
- (3) 850MB 台灣地區為較強之高度正距平，西南風較弱。
- (4) 500MB 高度距平分布呈南微低北特高型，西風帶約在 30°N 以北，因此與濕梅 (其西風帶南移) 相比之下雨量略少許多。



圖四、a 1976 年正常梅雨 850MB 之第一個 EOF 分布圖。



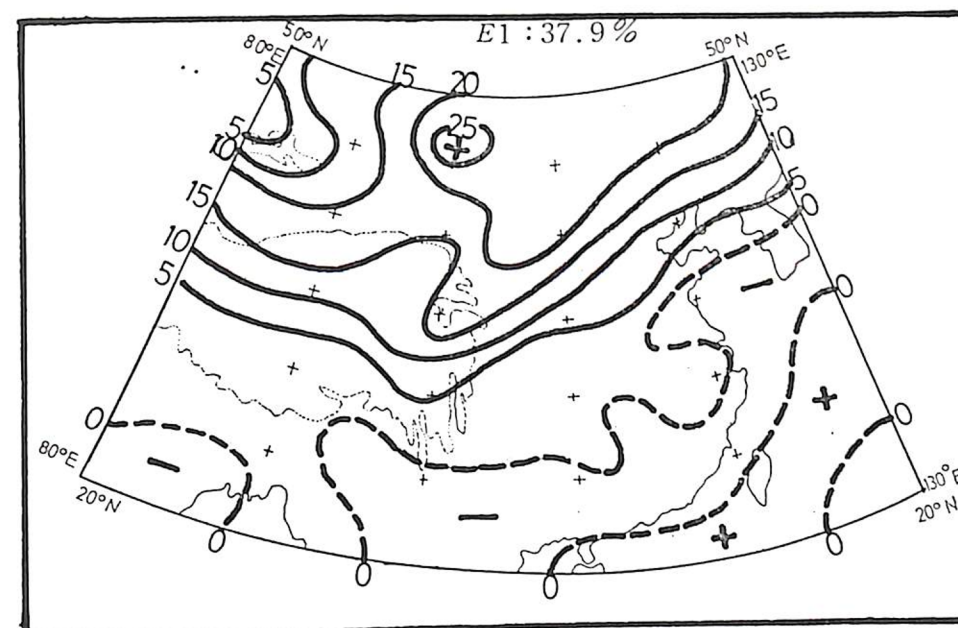
圖四、b 1976 年正常梅雨 500MB 之第一個 EOF 分布圖。

（三）乾梅之經驗正交函數特徵（1980 年）

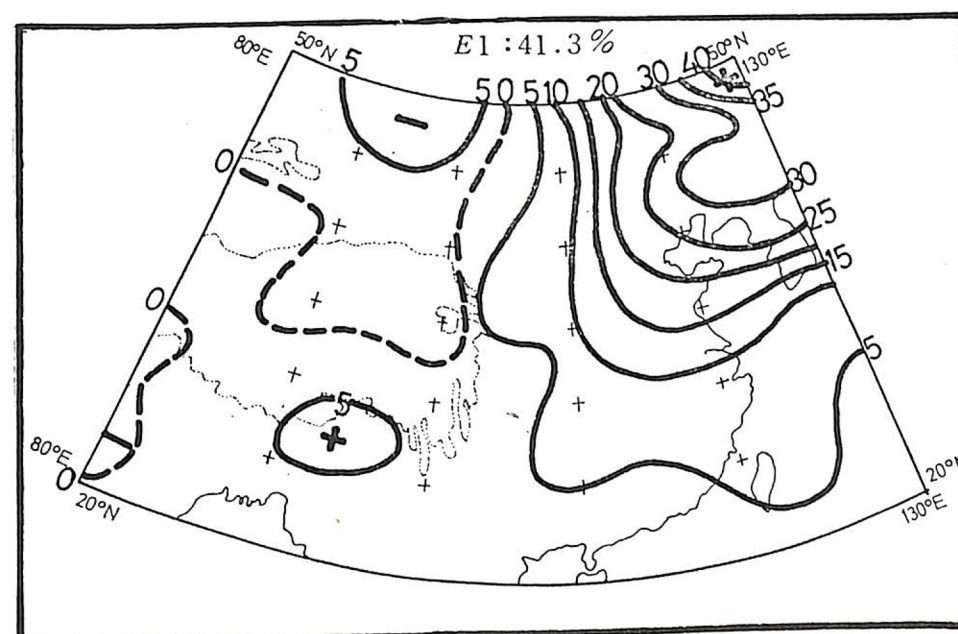
第一個到第三個固有向量累積百分率佔總變動的 64.7%（850MB）、66.8%（500MB）；其中 E1: 37.9%、E2: 15.3%、E3: 11.5%（850MB），E1: 41.3%、E2: 15.2%、E3: 10.3%（500MB）（表一）。

第一個固有向量（EOF1）解釋了乾梅期 850

MB 及 500MB 高度場總變異數的 37.9% 及 41.3%。其中 850MB 高度正距平相對最大值區在蒙古地方，台灣區為微弱正距平區；韓國、東海、華南、兩廣、越南一帶均為微弱負距平區（圖五、a）。500MB 高度正距平相對最大值區位於黑龍江省，次大值位於不丹；負距平位於蒙古西北部（圖五、b）。



圖五、a 1980 年乾梅 850MB 之第一個 EOF 分布圖。



圖五、b 1980 年乾梅 500MB 之第一個 EOF 分布圖。

綜合 1980 年 5 月中旬至 6 月中旬台灣地區乾梅之經驗正交函數特徵可以得到下面數點：

- (1) 850MB 及 500MB 平均圖中，台灣地區為強盛太平洋高壓所控制，等高線均達 3150gpm (850MB) 及 5880gpm (500MB) 以上，故乾而少雨，謂之乾梅。
- (2) 850MB 平均圖上，新疆北部之分裂高壓其勢力較太平洋高壓弱的很多。正常梅雨期則兩者勢力相衡。
- (3) 台灣地區為較強之高度正距平，由平均西南風轉為西北風 (850MB)，故乾而少雨。
- (4) 500MB 高度距平分布呈東西向正負對稱，西風帶北移至 35°N 以北，台灣地區吹東南風，故乾而少雨。

四、結論

本文利用經驗正交函數分析台灣地區梅雨異常型式之個案，係針對台灣梅雨期 (濕梅、正常梅雨、乾梅) 個案 850MB 及 500MB 高度場空間分布結構進行經驗正交函數分析。

在高度場方面，使用日本氣象廳歷史印刷天氣圖資料。在雨量方面使用中央氣象局北、中、南區六個代表性測站 (台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄) 之雨量及空軍各測站之雨量資料，分析台灣地區梅雨季雨量之年際變化 (陳，1986)，以選擇濕梅、正常梅雨及乾梅 (吉野正敏，1980) 之個案。利用經驗正交函數分析十個梅雨期個案 (表一) 的高度場之空間結構，結果可歸納為以下數點：

(一) 濕梅主要綜觀型態：在 850MB 山東、黃海、韓國、江蘇、河北、山西、遼寧、安東一帶 (我國東北地方) 有正距平存在；負距平分布在蒙古東北部及興安省一帶。500MB 韓國、渤海、熱河、河北、山東一帶有正距平存在，高度負距平不明顯。

(二) 正常梅雨主要綜觀型態：在 850MB 台灣區及蒙古東北、綏遠省境內，青海省西部及雲南省北部均為正距平。在 500MB 韓國、黃海、山

東省一帶為正距平；負距平分布在蒙古、西藏西部地方、北邊等處。

(三) 乾梅主要綜觀型態：在 850MB 蒙古地方有正距平，台灣地區為負距平；韓國、東海、華南、南廣、越南一帶均為負距平。在 500MB 中龍江省為強正距平區，不丹區、半區；蒙古西北部為負距平區。

四、顯示氣象要素空間分布特徵之能力。
(五) 經驗正交函數分析是研究大氣環流與氣候之關係最有用的一種正交空間函數，亦為區域氣候變動指數的理想方式。
(六) 經驗正交函數分析可將多變量的資料濃縮為分之一左右，有精簡彙總之能力。
(七) 經驗正交展開的固有向量分析的確能夠解釋原來觀測場之變異情形。

本研究僅針對梅雨期 850MB 及 500MB 高度場綜觀系統之個案 (濕梅、正常梅雨、乾梅) 加以分析研判，在決定台灣梅雨期降雨量之多寡 (濕梅、正常梅雨、乾梅) 扮演的綜觀氣候型態的角色提供了一些結論及了解。

致 謝

在本研究進行期間，承蒙台大曾忠一教授寶貴的意見，及羅欣成、吳柏州、李仲君、王觀智同志細心繪製各類圖表工作極為辛勞，謹致衷心的感謝。本文為在國科會專題計畫 NSC 75-0202-M072-02 支持下完成之部份成果。

參考文獻

1. 王時鼎，1970：論台灣之梅雨。氣象預報與分析第 44 期，P 12 ~ 20。
2. 徐明同、紀水上，1974：台灣梅雨之分析。氣象學報 20 4，P 25 ~ 44。
3. 陳泰然，1977：台灣梅雨平均結構之個案研究。大氣科學，第 4 期，38 ~ 47。
4. 紀水上，1978：台灣梅雨平均環流初步研究。大氣科學，5 卷 2 期，17 ~ 3。

5. 陳正改、蔡清彥，1979：台灣地區梅雨系統之降水特性及降水型式。台大大氣科學系研究報告 Mei-Yu003。
6. 陳泰然、紀水上，1980：台灣梅雨季中中幅度降水與中幅度低壓研究。大氣科學，第 7 期，39 ~ 48。
7. 蔡清彥、陳正改，1980：影響台灣北部地區之梅雨系統。大氣科學，第 7 期，49 ~ 58。
8. 劉廣英，1980：梅雨季中極端天氣預報之研究。研究報告 019 號，空軍氣象中心。
9. 廖學鎰、賴敏鳳，1984：中國地區異常梅雨之水汽收支分析。天氣分析與預報研討論文彙編，279 ~ 288。
10. 馬汝安，1985：利用經驗正交函數分析亞洲區域冬季 500MB 高度場空間分布之研究。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，99 頁。
11. 吉野正敏，1980：最近の中國における氣候變化の研究。天氣，Vol 27 No 8，523 ~ 543。

12. 梁瑞禎、馬汝安，1986：經驗正交函數分析台灣地區梅雨異常型之個案與合成研究 (一)。空軍氣象中心，研究報告 036 號。
13. 陳泰然，1986：台灣梅雨期不同尺度系統之診斷分析。台大大氣科學研究所研究報告 NTUATM-1986-01，187 頁。
14. Chiou, Er Woon, 1981: Eigenvector analysis of meteorological anomaly patterns in Taiwan. Bulletin of Geophysics, 22, 55 ~ 67.
15. Lyons, S.W., 1982: Empirical orthogonal function analysis of Hawaiian rainfall. J. Appl Meteor., 21, 1713 ~ 1729.
16. Paegle, J.N., and R.B. Haslam, 1982: Statistical prediction of 500mb height field using eigenvectors. J. Appl. Meteor., 21, 127 ~ 138.

Case Study of Mei-Yu Abnormal Patterns in Taiwan

by using Empirical Orthogonal Function Analysis

Jui-Cheng Liang

Ruu-Ann Ma

ABSTRACT

A case study of Mei-Yu abnormal patterns in Taiwan area by using Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis was carried out.

In order to improve the Mei-Yu forecasting and correctly understand the atmospheric circulation and weather system is important. Rainfall data in Taiwan area were used to define and to choose the dry-Mei, wet-Mei and normal-Mei-Yu months.

We used the EOF analysis to find the relation between the circulation of abnormal Mei-Yu and synoptic weather patterns, then, present it in the form of percentage and weather charts.

The data were chosen from the 1200Z 850MB and 500MB height fields in the region of $20 \sim 50^{\circ}\text{N}$, $80 \sim 130^{\circ}\text{E}$ during Mei-Yu period (May-June) from 1975 to 1984.

The result shows that:

- (1) use the EOF analysis could condense the data effectively.
- (2) the 850MB and 500MB spatial distribution of synoptic climate patterns during Mei-Yu period could be described by the corresponding dominant principal components.
- (3) Mei-Yu abnormal patterns (Wet-Mei, dry-Mei and normal-Mei-Yu synoptic Weather Patterns) in Taiwan area could be described by the EOF.