

华东地区海平面气压、气温及降水 的统计气候学分析

卢文芳

(上海市气象局)

提 要

本文讨论了华东地区18个气象台站1954—1983年1月和7月份海平面气压、气温及降水场的综合经验正交函数(即特征向量)。分析结果表明:由3个气候变量场求得的特征向量能比较好地描述气候特征。

一、引言

众所周知,气候和气候变化与人类生产、生活有着密切的关系,气候要素的变化则是气候变化的重要标志之一。本文的主要目的是用多变量综合的经验正交函数展开方法,描述华东地区近30年来1月和7月月平均海平面气压、月平均气温、月降水量3要素相结合的时空分布,通过分析揭示出华东地区的一些统计气候特点。

二、资料和方法

本文选用华东地区及其邻近的18个台站1954—1983年1月和7月份月平均海平面气压、月平均气温及月降水量资料。其中各站的月平均海平面气压是根据国家气象局规定的公式订正后得到的。即

$$P_0 = P_H + C$$

式中 P_0 为历年月平均海平面气压, P_H 为历年月平均本站气压, C 为订正值, $C = 34.68 \cdot [H / (T + 273)]$, H 为气压表水银槽海拔高度, T 为与 P_H 对应的月平均气温。

多变量综合的二维场经验正交函数展开是单变量二维场经验正交函数展开原理的扩充。以本工作为例,设 N 表示台站数, M 表示年数 ($N = 18$, $M = 30$)。从 N 个台站, M 年的气压 (P)、温度 (T)、降水 (R) 资料中,对单个变量而言,可分别得到3个 (P 、 T 、 R) $N \times M$ 阶的资料矩阵,对综合多个变量而言,相应可以得到3个 (PT 、 PR 、 TR) $2N \times M$ 阶和一个 (PTR)

$3N \times M$ 阶的资料矩阵。进而,我们就可求得上述7个资料矩阵的乘积矩阵、协方差矩阵或相关系数矩阵的特征向量(空间型)和有关联的振幅系数(时间系数)。但是,我们现在感兴趣的不是单变量的经验正交函数展开,而是气压、温度、降水三变量综合的二维场经验正交函数展开。因为用后者描述气候要素的时空分布比用前者有两方面的优点。1.在3变量综合特征向量图上不仅可以反映单变量各自特点,而且还可以表示出变量之间的相互关系。2.多变量综合资料阵求得的正交函数比单变量资料阵求得的正交函数收敛快。如1月份,3要素综合的4个特征向量解释了80%的总方差,而分别考虑气压、温度、降水场时,要解释80%的总方差需要6个特征向量。

另外,我们选择的原始资料矩阵是标准化的距平场,这样可以保证场中每个台站的每个变量在确定表达式时同等重要。同时,标准化距平场与气候上的正常、偏多(高)、偏少(低)等分类相一致。这样,用前几个特征向量描绘原始距平场时,月平均海平面气压、月平均气温、月降水量距平型之间的关系与天气、气候实际有较好的一致性。

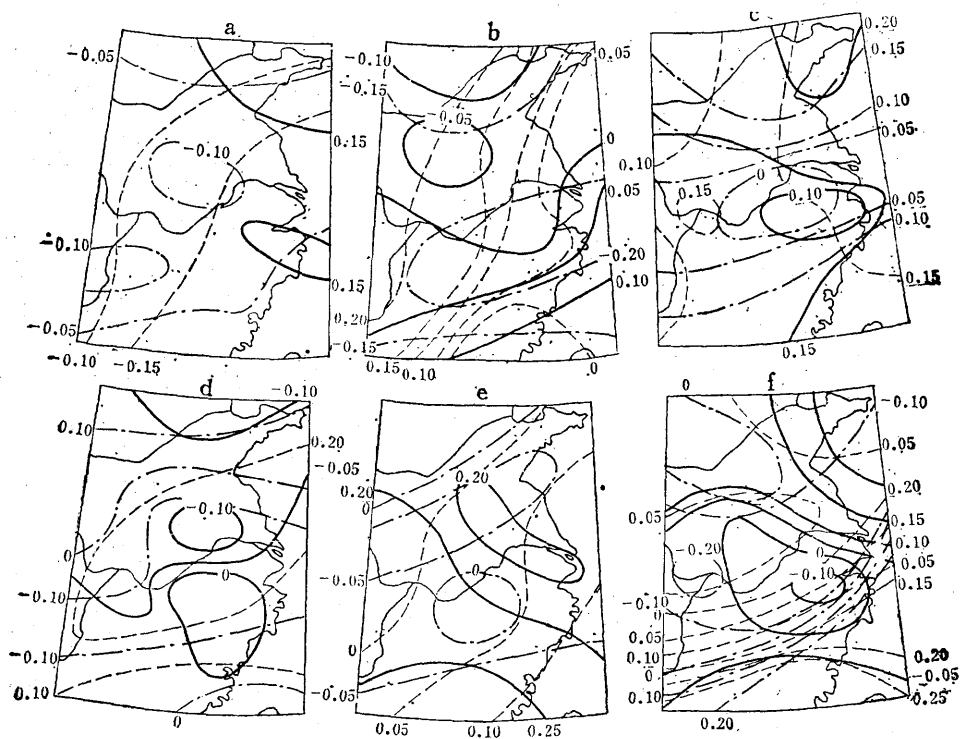
三、典型场特征

实际上,每个特征向量(又称典型场)规定了两个距平型,因为与特征向量有关的系数可以是正或负,为了简洁起见,对于负系数的情况略而不述。

1. 1 月份的特征向量

1 月份前 4 个特征值占总方差的 83.6%。前 4 个特征向量的特征分别是：第一特征向量中，在整个华东地区气压距平为正，降水距平为负，温度也为负距平，等值线走向为东北—西南向。这反映了 1 月冷高压控制华东地区的特点，称之为偏冷偏干型（附图 a）。第二特征向量，气压距平线在北部呈一槽型，距平由北向南增大；整个华东区温度距平为正，等值线走向为东北—西南向，由沿海向内陆增大；降水基本为负距平，但在气压距平槽区，降水负距平值也相应小些。此

型称为偏暖偏干型（见附图 b）。第三特征向量气压、气温距平皆为正，降水距平也为正，但在上海、杭州、南京、安庆一带，降水距平接近零。称此型为南、北偏暖、偏湿、中部偏暖降水正常型（见附图 c）。第四特征向量中气压距平值较小，除在西北部 and 杭州、衢州、南平一带为负值以外，其他地区为正值，温度距平等值线呈纬向分布，北方比南方值大，在杭州、安庆、长沙以北为正值，以南为负值。降水距平等值线也呈纬向分布，北方偏少、南方偏多。称此型为北部偏暖偏干、南部偏冷偏湿型（图略）。



附图 1、7 月份各特征向量

a、b、c 分别为 1 月份第一、二、三特征向量 d、e、f 分别为 7 月份第一、二、三特征向量
实线为海平面气压、虚线为气温、点划线为降水

2. 7 月份特征向量

7 月份前 5 个特征值占总方差的 71.3%。前 5 个特征向量的基本特征分别是，第一特征向量中的气压距平在大部分地区为负值，仅在安庆、杭州、温州、福州一带有一正距平区，所有的气压距平值都较小，接近零。温度

为正距平，中部比南、北部分明显偏高，降水在徐州以北为正距平，徐州以南大部分地区为负距平，此型称为偏热偏干型（见附图 d）。第二特征向量中气压皆为正距平，等值线呈西北—东南走向，由东北向西南为低、高、低、高分布。而降水距平符号由西北向东南

为正一负一正一负分布。温度距平值接近于零。此型为温度正常,降水南北相间分布型(见附图e)。第三特征向量中气压在上海、南京以南为负距平,在上海、南京以北为正距平,降水距平在上海、杭州、衢州、南昌以南为正值,温度距平在整个华东地区为负值,梯度较大。这一特征向量反映7月份华东地区南部受台风的影响,为中部偏热少雨、南部偏凉多雨型(见附图f)。第四特征向量气压距平在徐州、射阳以南为负值,其等值线呈经向分布;温度距平等值线呈东北—西南走向;降水距平值的分布呈马鞍形,即北部沿海少雨内陆多雨、南部沿海多雨内陆少雨型(图略)。第五特征向量中的气压距平分布形势与第四特征向量一样,但距平符号相反;温度距平分布为中间负值,南、北为正值;降水距平符号与温度距平符号相反。反映了热带系统对华东地区的影响。为南北高温少雨、中间低温多雨型(图略)。

四、实测场的逼近问题

一般而言,某年、某月的实测标准化距平场不能由某一个特征向量所确定,而近似地由几个特征向量的线性组合所确定。由于特征向量所对应的振幅系数给出了各特征向量在实际要素场中所占的权重,于是振幅系数大的特征向量在实际要素场中所占的权重就较大,也就比较相似于实测的标准化距平场。J. E. Kutzbach(1967年)曾提出一个逼近实测标准化距平场的大尺度特点所需特征向量数目的一个客观指标。他将与前几个特征向量相对应的振幅系数的平方(C_{in}^2)求和(SS),再求其中最大的振幅系数平方与SS的比值(R_1)及最大振幅系数平方与次大振幅系数平方之和与SS的比值(R_2)。当 R_1 或 R_2 达到某一数值时,就可判定实测标准化距平场需要哪几个特征向量逼近好。

表1和表2分别给出了1月份(取前4个特征向量所对应的振幅系数)和7月份(取前5个特征向量所对应的振幅系数)的计算结果。若取 $R_1 \geq 0.7$ 及 $R_2 \geq 0.7$ 为标准,则发现30年中,1月份 R_1 达到标准的有14年,其中11年与第一特征向量较相似(1954、

1955、1959、1960、1962、1967、1970、1973、1979、1980、1981年);有2年与第二特征向

表1 逼近1月份观测的标准化距平场所需特征向量数目的客观指标

年份	C_{1n}^2	C_{2n}^2	C_{3n}^2	C_{4n}^2	SS	R_1	R_2
1954	94.92	23.60	1.79	2.41	122.72	0.77	0.97
1955	187.42	4.05	1.09	0.13	192.69	0.97	0.99
1956	0.58	0.78	17.79	1.05	20.2	0.88	0.93
1957	6.97	30.94	2.43	31.28	71.62	0.44	0.87
1958	26.41	1.06	9.79	3.61	40.87	0.65	0.88
1959	14.32	0.72	0.02	0.03	15.09	0.95	0.99
1960	2.60	0.13	0.00	0.77	3.5	0.74	0.96
1961	4.73	3.36	2.09	1.60	11.78	0.40	0.69
1962	24.56	3.40	2.76	0.02	30.74	0.80	0.91
1963	12.55	14.69	38.56	3.33	69.13	0.56	0.77
1964	26.10	18.52	22.06	1.32	68.0	0.38	0.71
1965	20.79	32.70	0.13	1.96	55.58	0.59	0.96
1966	14.63	8.00	0.02	2.19	24.84	0.59	0.91
1967	41.30	0.43	4.01	2.22	47.96	0.86	0.94
1968	4.76	1.29	10.44	0.44	16.93	0.62	0.90
1969	26.57	69.11	5.86	0.08	101.62	0.68	0.94
1970	25.81	0.15	0.70	3.05	29.71	0.87	0.97
1971	0.54	2.68	0.04	1.80	5.06	0.53	0.88
1972	4.57	0.77	2.69	17.69	25.72	0.69	0.86
1973	10.33	0.01	2.25	0.59	13.18	0.78	0.95
1974	3.95	3.80	6.15	2.61	16.51	0.37	0.61
1975	9.51	17.41	4.93	5.10	36.95	0.47	0.73
1976	0.74	20.49	0.59	0.36	22.18	0.92	0.96
1977	67.11	36.09	8.05	8.12	119.37	0.56	0.86
1978	13.37	7.17	0.91	7.15	28.6	0.47	0.72
1979	45.02	1.34	3.24	2.34	51.94	0.87	0.93
1980	17.30	0.02	1.61	0.18	19.11	0.90	0.99
1981	19.24	4.65	0.68	0.64	25.21	0.76	0.95
1982	2.34	13.28	0.03	0.36	16.01	0.83	0.98
1983	9.58	0.001	30.80	10.32	50.7	0.61	0.81

表2 逼近7月份观测标准化距平场所需特征向量数目的客观指标

年份	C_{1n}^2	C_{2n}^2	C_{3n}^2	C_{4n}^2	C_{5n}^2	SS	R_1	R_2
1954	81.90	14.77	25.71	0.04	0.14	122.56	0.67	0.88
1955	0.81	8.40	3.31	3.04	0.46	16.02	0.52	0.73
1956	15.41	3.50	5.17	0.04	1.09	25.21	0.61	0.82
1957	1.93	0.05	21.71	1.52	15.09	40.3	0.54	0.91
1958	13.58	4.12	9.57	0.24	0.04	27.55	0.49	0.84

(续)

年份	C_{1n}^2	C_{2n}^2	C_{3n}^2	C_{4n}^2	C_{5n}^2	SS	R_1	R_2
1959	16.51	1.09	0.82	14.43	1.43	34.28	0.48	0.90
1960	0.98	49.47	0.14	0.01	2.84	53.44	0.93	0.98
1961	47.27	14.51	0.10	0.26	3.01	65.15	0.73	0.95
1962	12.77	26.85	6.27	0.04	0.01	45.94	0.58	0.86
1963	0.05	0.03	1.37	4.01	12.22	17.68	0.69	0.92
1964	26.69	20.50	2.03	0.02	3.34	52.58	0.51	0.90
1965	0.02	3.08	0.83	6.40	4.09	13.92	0.46	0.75
1966	0.00	9.17	0.20	9.00	0.01	18.38	0.50	0.99
1967	8.24	15.50	0.79	0.69	0.01	25.23	0.61	0.94
1968	9.76	6.19	0.30	2.11	4.26	22.62	0.43	0.70
1969	19.60	9.13	12.69	0.14	4.71	46.27	0.42	0.70
1970	4.49	7.85	1.47	2.35	0.88	17.04	0.46	0.72
1971	65.38	1.63	1.94	0.64	3.08	72.67	0.90	0.94
1972	6.38	66.78	13.53	9.88	1.39	97.96	0.68	0.82
1973	8.35	2.04	19.80	0.74	3.71	34.64	0.57	0.81
1974	15.94	1.97	0.13	0.22	4.43	22.69	0.70	0.90
1975	0.20	0.37	0.07	0.16	0.82	1.62	0.51	0.73
1976	33.86	17.21	20.08	0.02	0.36	71.53	0.47	0.75
1977	1.94	0.14	1.59	1.48	0.51	5.66	0.34	0.62
1978	23.78	6.13	0.15	16.42	0.45	46.97	0.51	0.86
1979	0.57	8.38	0.98	8.38	0.26	18.57	0.45	0.90
1980	13.65	18.22	0.75	5.17	3.61	41.40	0.44	0.77
1981	0.17	10.43	15.13	0.91	6.75	33.39	0.45	0.76
1982	15.56	7.92	4.18	1.91	0.68	30.25	0.51	0.78
1983	13.85	8.05	11.25	0.14	0.17	33.46	0.41	0.75

量较相似 (1976、1982); 有 1 年与第三特征向量较相似 (1956)。7 月份 R_1 达到标准的仅有 4 年, 其中 3 年与第一特征向量较相似 (1961、1971、1974); 1 年与第二特征向量

较相似 (1960)。我们进一步查阅了 1955 年 1 月和 1960 年 7 月份平均气压、平均气温、月降水量的标准化距平符号, 并分别与 1 月第一特征向量和 7 月第二特征向量进行比较, 发现 1 月份两者距平符号完全一致, 7 月份气压距平符号一致, 温度 18 个站错 3 个, 降水 18 个站中错 5 个。这显然是由于 1 月份的经验正交函数比 7 月份收敛得快。

从表 1 和表 2 中还可看出, 1 月份 $R_2 \geq 0.7$ 的年份有 28 年, 7 月份 $R_2 \geq 0.7$ 的有 29 年。这说明对绝大部分年份用两个特征向量即可近似描述其大尺度的气候特征。

五、小结

1. 用海平面气压、气温、降水三变量综合经验正交函数分析得出, 华东地区近 30 年主要气候特点是: 1 月份以偏干、偏冷为主; 其次是偏干、偏暖; 再次为南北偏暖、偏湿, 中部偏暖、雨量正常。7 月份以偏干、偏热为主; 其次为由北向南降水偏多与偏少相间、温度正常, 再次为南部雨量偏多、温度偏低, 中部雨量偏少、温度偏高。

2. 描述华东地区大尺度变化特征, 可以用海平面气压、气温、降水的两个综合特征向量的线性组合近似逼近。

参考文献

- [1] John. E. Kutzbach (1967), Empirical eigenvectors of sea-level pressure, surface temperature and precipitation complexes over North America, J. Appl. Meteor. 6, 791—802.

A statistical and climatological analysis of sea-level pressure, air temperature and precipitation in East China

Lu Wenfang

(Shanghai Meteorological Bureau)

Abstract

The data of sea-level pressure, air temperature and precipitation field in January and July from 1954 to 1983 over East China are analysed by empirical orthogonal expansion. It is shown that climate in a year can be approximately simulated by the complex engenvectors of these climatic variations.