

研究简报

西太平洋西北海域海温与北半球大气 环流相互作用的统计分析

陈刚毅 王柏钧
(成都气象学院气象科学技术研究所)

谢莉辉
(成都民航西南管理局)

海洋与大气相互作用及其对天气气候影响的研究工作已取得了一些令人满意的结果¹⁾。研究表明,海洋异常信号,不仅存在于全球热带的温面温度、气压、风和云量以及洋流强度等气象要素场中^{5,6),2)},而且反映在世界许多地区的大气环流和气候年际变化中^{4-4),3)}。

本文通过西太平洋西北海域1954—1976年海温资料与北半球500hPa副高和极涡等大气环流资料,进行典型相关统计分析来研究该海域与大气的相互作用。

一、资料及其分析方法

1. 资料来源

大气环流资料取自1954年1月至1975年12月的逐月500hPa西副高月平均强度指数、脊线位置指数、西伸点位置指数(分别用 y_1, y_2, y_3 表示)和逐月500hPa极涡中心经度、纬度位置指数,强度指数(分别用 y_4, y_5, y_6 表示)。

西太平洋西北部的海表温度资料,根据文献²⁾对海温持续性和相关性分析,我们选择了三个区域作为分析因子代表值: I区是东海海域(30°N, 125°E),用 X_1 表示; II区是台湾外海域(15°N, 130°E),用 X_2 表示; III区是日本外海域(40°N, 165°E),用 X_3 表示。

2. 分析方法

我们假定 $X = [X_1, X_2, X_3]$ 和 $Y = [y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6]$ 为两组随机变量,构成了一个具有协方差矩阵为 $\sum_{9 \times 9}$ 的9维随机向量 Z ,即

$$Z = [X, Y]' \quad (1)$$

1) 陈刚毅、王柏钧,1989。海-气相互作用研究综述。海-气相互作用研究论文集。(印刷中)

2) Zeng, Z. M., 1984. Proceedings of Beijing International Climate Symposium。(复印件)

3) 孙照渤等(查自韦有邇等), 1988。我国近几年热带环流系统及其预报研究述评II。热带气象 4: 372—382。

收稿日期: 1988年12月1日。

Z 由具有 3 个和 6 个分量的子向量 X 和 Y 所构成。类似地, 我们可将 Z 的协方差矩阵 Σ 剖分为

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Σ_{11} 与 Σ_{22} 分别为第一、第二组变量的协方差矩阵, $\Sigma_{12} = \Sigma_{21}'$ 为第一、与第二组变量之间的协方差矩阵。

为了研究海温 $X = [X_1, X_2, X_3]$ 与大气环流 $Y = [y_1, \dots, y_6]$ 之间的相互关系, 我们考虑它们的线性组合之间是相关的, 假定

$$U = L_1 X_1 + L_2 X_2 + L_3 X_3 \quad (3)$$

$$V = m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + m_4 y_4 + m_5 y_5 + m_6 y_6 \quad (4)$$

分别为 X 的变量与 Y 的变量的任意一个线性组合, 其中 $L_i (i = 1, 2, 3)$, $m_i (i = 1, 2, \dots, 6)$ 为任意实数。

由于数据资料 X, Y 是已确定了的, 所以 U, V 取决于 L 与 M , 并根据 U, V 之间的相关数 ρ 达最大的原则来确定 L, M , 即

$$\rho = \frac{EU V}{\sqrt{EU^2 \cdot EV^2}} \quad (5)$$

达到最大。然后将我们选取一系列的向量 $L^{(1)}, M^{(1)}; L^{(2)}, M^{(2)}$; 和 $L^{(k)}, M^{(k)}$, 使得线性组合 $U_1 = L^{(1)'} X, V_1 = M^{(1)'} Y$ 之间的相关系数在所有线性组合 U, V 之间为最大, $U_2 = L^{(2)'} X, V_2 = M^{(2)'} Y$ 之间的相关系数在所有分别同 U_1, V_1 不相关的线性组合 U, V 当中为最大……, 继续进行这种程序, 并直到所有分别同 $U_1, V_1; U_2, V_2 \dots$ 都不相关的线性组合 U, V 中的具有最大相关系数的 U, V 为止。

由此求得的 L, M 与 X, Y 的线性组合

$$U_i = L^{(i)'} X \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (6)$$

$$V_i = M^{(i)'} Y \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (7)$$

就是我们所求的样品典型变量。而(5)式中的 ρ 就是所求的典型相关系数 $\lambda_i (i = 1, 2, 3)$ 。

3. 典型相关系数的显著性检验

为了检验典型相关系数显著性, 作统计量

$$Q_{r-1} = - \left[N - r - \frac{1}{2} (P_1 + P_2 + 1) \right] \ln \Lambda_{r-1} \quad (8)$$

它遵从 $P_{r-1} = (P_1 - r + 1)(P_2 - r + 1)$ 个自由度的 X^2 分布。其中, $\Lambda_{r-1} = (1 - \lambda_1^2)(1 - \lambda_2^2) \dots (1 - \lambda_{r-1}^2)$, r 表示典型相关系数个数, P_1 表示 X 变量个数, P_2 表示 Y 变量个数, N 表示样本数。

当 $Q_{r-1} > x_{\alpha}^2(P_{r-1})$ 时, 则所求第 r 对典型变量有意义。

二、计算结果及其物理意义

我们分别对海温区作环流(Y)的滞后与超前 n 个月的计算, 其中 $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6, \pm 9$ 个月, $n = 0$ 表示 X 与 Y 无时差; $n > 0$ 时表示环流滞后海温的情形; $n < 0$ 表示

表 1 海温与环流典型相关统计分析及计算结果
 Tab. 1 Results of typical correlation statistics of the sea-surface temperature and circulation indexes

时 差 n	第一对典型变量										第二对典型变量									
	U_1			V_1				λ_2	U_2			V_2								
	λ_1	I 区	II 区	III 区	副高 强度	副高 脊线	副高 西伸点	极涡 经度	极涡 纬度	极涡 强度	I 区	II 区	III 区	副高 强度	副高 脊线	副高 西伸点	极涡 经度	极涡 纬度	极涡 强度	
-9	0.88	0.97	0.08	-0.22	-0.43	-0.63	0.21	0.03	-0.23	-0.57	0.58	-0.15	0.78	-0.61	-0.45	0.34	0.37	-0.23	-0.10	-0.69
-2	0.86	0.81	0.59	-0.03	-0.42	-0.64	0.21	0.02	-0.27	-0.56	0.36	0.70	-0.06	-0.72	0.47	0.07	0.39	0.64	-0.19	-0.42
0	0.90	-0.85	-0.53	0.02	-0.21	-0.90	0.08	0	-0.28	-0.26	0.63	0.07	0.95	-0.31	-0.37	0.62	0.34	-0.01	0.02	-0.60
+1	0.95	0.88	0.11	0.46	-0.40	-0.58	0.20	0.02	-0.24	-0.64	0.56	0.35	0.51	-0.79	-0.11	0.66	0.69	-0.08	0.02	-0.27
+3	0.88	-0.86	-0.49	0.13	-0.43	-0.63	0.19	-0.01	-0.25	-0.57	0.31	0.05	0.64	-0.77	0.41	0.24	-0.68	-0.28	-0.17	-0.45
+6	0.89	1.00	0.07	-0.03	-0.43	-0.65	0.18	0.02	-0.23	-0.56	0.57	0.03	0.72	-0.70	-0.20	0.25	0.41	0	0	-0.85

环流超前海温情形。下面我们将计算通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验的结果列于表 1。

从表中可以看到,海温与北半球大气环流有较好的相关关系,下面我们分别对 X 与 Y 的计算结果进行讨论。

1. 同期($n = 0$)海与气相互作用

当 $n = 0$ 时,海温与环流无时差,从表 1 可以看出:

第一对典型变量 X_3, y_3, y_4 前的系数绝对值较小,略去不计,则有

$$U_1 = -0.8491X_1 - 0.5276X_2 \quad (9)$$

$$V_1 = -0.2056y_1 - 0.8973y_2 - 0.2800y_5 - 0.2598y_6 \quad (10)$$

第二对典型变量 X_1, y_4, y_5 前的系数绝对值较小,略去则有:

$$U_2 = 0.9501X_2 - 0.3096X_3 \quad (11)$$

$$V_2 = -0.3729y_1 + 0.6248y_2 + 0.3365y_3 - 0.5973y_6 \quad (12)$$

(10) — (13) 式表明, I, II 区的海温变化与 500hPa 西副高脊线位置、强度和极涡强度及纬度位置有关, II, III 区海温变化除受 500hPa 西副高脊线、强度和极涡强度相互影响外,还与西副高西伸点位置有联系,而西副高脊线位置对三个海区温度(主要是 I 和 II 区)影响最大,同时 III 区还与 500hPa 极涡强度存在正的遥相关作用。说明同期热带环流位置演变,直接影响 I 和 II 区海温变化。

2. 环流超前与海温的相互关系

当 $n = -1, -2, -3, -6, -9$ 时,即海温滞后 500hPa 西副高和极涡环流时,从表中的典型相关系数可以看到,在环流超前海温 2 个月($\lambda_1 = 0.86, \lambda_2 = 0.36$)和 9 个月($\lambda_1 = 0.88, \lambda_2 = 0.58$),海表温度与西副高和极涡相关最好,说明海温受到 2 个月前和 9 个月前中高纬环流变化的影响。从典型变量表达式中还可看到:

(1) 当海温滞后 9 个月时,西太平洋西北海域海温变化与西副高强度、脊线位置、西伸点和极涡强度有联系。

(2) 当海温滞后 3~6 个月时,东海和日本外海域海温变化与极涡强度存在遥相关作用,同时台湾和日本外海域海温还受到西副高强度、脊线位置和西伸点位置变化的影响。

(3) 当海温滞后约 2 个月时,反映出西太平洋西北海域的海温变化与超前 2 个月左右的西副高强度、脊线位置和极涡强度相关,而与西副高脊线位置相关最好。

通过海温滞后西副高和极涡指数典型变量表达式和系数分析,我们认为,大气环流对海洋的作用,可能是极涡强度及其它的位置变化,影响到中低纬度环流的变化,从而通过热带天气系统影响到海温变化。

3. 大气环流对海温的响应

从表中 $n = +1 \sim +9$ 的典型相关系数和典型变量表达式分析,还可以看出:

(1) 典型相关系数反映出,环流滞后 1 个月和 3~6 个月与海温相关最好。说明对西北太平洋海温响应存在 1 个月和 3~6 个月的滞后相关。

(2) 当环流滞后 1 个月时,主要反映出海温对西副高强度、脊线位置和西伸点位置的影响。

(3) 当环流滞后 3~6 个月时,主要是海表温度对西副高强度、脊线位置、西伸点和极涡强度的影响,而东海和日本外海域海温与西副高的相关最好,与葛孝贞^[4]分析的结论一

致。

(4) 当环流滞后 9 个月时,反映出是与极涡强度(y_6 前系数达 0.78)相关最密切。

上述分析表明,西太平洋的海温变化,不但能引起热带环流发生变化,而且对中高纬度环流也有影响。

四、结 论

通过西太平洋西北海域海温与北半球 500hPa 西副高和极涡的典型相关分析和讨论,可得如下几点结论。

1. 北半球大气环流是直接通过热带大气环流系统强度和位置的变化影响海温。
2. 西太平洋海表温度与 500hPa 西副高和极涡具有 2 个月和 9 个月的滞后相关,在滞后 2 个月时与西副高脊线位置相关最好,在滞后 9 个月时与极涡相关最好。
3. 环流对西北太平洋海表温度的响应存在 1 个和 3~6 个月的滞后相关,在滞后 3~6 个月响应期间,日本外海域与极涡强度相关密切,东海海域与副高脊线位置和强度相关密切。

参 考 文 献

- [1] 毛天松,1988. 北太平洋海温距平对 6 月长江中下游夏季风影响及其机制的分析. 热带气象 4: 327~334.
- [2] 赵汉光,1986. 副高与海温相互作用的时空特征分析及预报. 气象 7: 21~23.
- [3] 谢凤兰,1984. 大气影响海表温度变化的统计分析. 高原气象 2: 66~72.
- [4] 葛孝贞、余志豪,1986. 海温变化与副热带高压季节活动的数值模拟. 热带气象 2: 109~116.
- [5] Rasmusson, E., 1988. Trop. Ocean-Atmos. Newslett, Special II, 21: 2-3.
- [6] Wyrтки, K., 1982. Proceedings of the Seventh Annual Climate Diagnostic Workshop. pp. 357-358.

**THE STATISTICS ANALYSIS OF THE INTERACTION
BETWEEN SEA-SURFACE TEMPERATURE IN
NORTH-WEST PACIFIC AND 500hPa
SUBTROPICAL HIGH IN WEST
PACIFIC AND POLAR VOTEX**

Chen Gangyi, Wang Baijun

(Chengdu Institute of Meteorology)

Xie Lihui

(South-west Civil Aviation Departement, Chengdu)

ABSTRACT

In this paper, the relation of sea-surface temperature in north-west Pacific and 500 hPa subtropical high in west Pacific and polar votex is studied by using the typical correlation method. The principal results are obtained as follows:

(1) The lag correlation time of sea-surface temperature is 2 and 9 months. When the lag time is about 9 months, intensity and displacement of subtropical high in west Pacific and intensity of polar votex exert an influence on sea-surface temperature. The sea-surface temperature is in good correlation with subtropical high in west Pacific when lag time is about 2 months.

(2) At the same time, interaction exists between displacement of ridge line, intensity in subtropical high and intensity of polar votex and the sea-surface temperature. There is a maximum interaction between region I, region II and ridge line of subtropical high in west Pacific. Intensity of 500 hPa polar votex exhibits a far correlation with sea-surface temperature in the region III. It is clear that tropical atmospheric circulation exerts direct influence on sea-surface temperature in regions I and II.

(3) It is also found that the lag correlation time of atmospheric circulation is about 1 month and 3 to 6 months. Sea-surface temperature influences the subtropical high in west Pacific and intensity of polar votex when lag time is about 3 to 6 months. Close correlation of sea-surface temperature in the reigons I and III with subtropical high exists in west pacific.