

北太平洋表层水温模糊聚类分析及其与北太平洋副热带高压的关系*

于彦玲

(中国科学院海洋研究所)

对海表层水温的分类以往多采用直观方法。本文用模糊聚类法讨论了1949—1975年期间北太平洋冬季海表层水温的主要分布特征,发现它们与北太平洋副高有较好的对应关系。

一、计算原理及方法

模糊聚类分析是对具有模糊关系的事物进行直观分类的一种数学方法。它把普通等价关系运用到模糊等价关系上,并将普通集合的 $\{0, 1\}$ 隶属关系,开拓到一个值域为 $[0, 1]$ 的连续区间,当截取水平 λ 在这个区间上从 $1 \rightarrow 0$ 时,分类逐渐由细变粗,形成由一个个普通分类所构成的聚类动态图。这样,我们就可以通过选取适当的水平 λ ,获得较理想的分类结果。

具体做法是:首先对1949—1975年的北太平洋逐年冬季(当年12月、翌年1—2月)各月海温自然正交分解的前三个时间系数,逐个求平均:

$$T_{ij} = \frac{1}{3} \left(T_{ij}^{12} + T_{ij}^1 + T_{ij}^2 \right) \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, 26 \\ j=1, 2, 3 \end{matrix}$$

式中, T_{ij}^{12} 是第*i*年当年12月份的第*j*个时间系数; T_{ij}^1 、 T_{ij}^2 分别是*i*年翌年1、2月的第*j*个时间系数。这样得到一个新组合,具有三个因子、26年资料的逐年冬季平均时间系

数序列,然后用该序列进行聚类。

对新序列各因子做标准化处理后计算相关系数,以表征各特征量年与年之间的相似程度。计算相关系数是在 $[-1, 1]$ 区间,故又通过变换将其变化到 $[0, 1]$ 区间,以满足聚类要求。

要做模糊聚类,所得到的关系阵R还必须满足等价关系。即,

1. 对称性: $R(x, y) = R(y, x)$
2. 自反性: $R(x, x) = R(y, y)$
3. 传递性: $R \supseteq R \circ R$

模糊关系一般只满足前2条而不满足第3条,因此还要进行等价关系的改造。即,

$$R \circ R = R^2, R^2 \circ R^2 = R^4, \dots$$

其中 \circ 称为褶积运算:

$$R \circ R = V(r_{ik} \wedge r_{kj}) \quad (i, j, k = 1, 2, \dots, 26)$$

如果在某一步有:

$$R^p = R^{2^p}, \quad p = 1, 2, 4, 8, \dots$$

则模糊等价关系改造完毕,可以进行聚类。再将聚类结果用不同水平 λ 去截,即得到一个模糊聚类动态图(见图1)。

通过比较, $\lambda = 0.90311$, 将1949—1975年26个冬季北太平洋表层水温分三个类型为宜(表1)。

* 山东海洋学院许乃猷老师为本文提供了部分资料;管秉贤、赵永平和胡敦欣同志对本文提出宝贵意见;图件由杜涓山同志清绘;致谢。

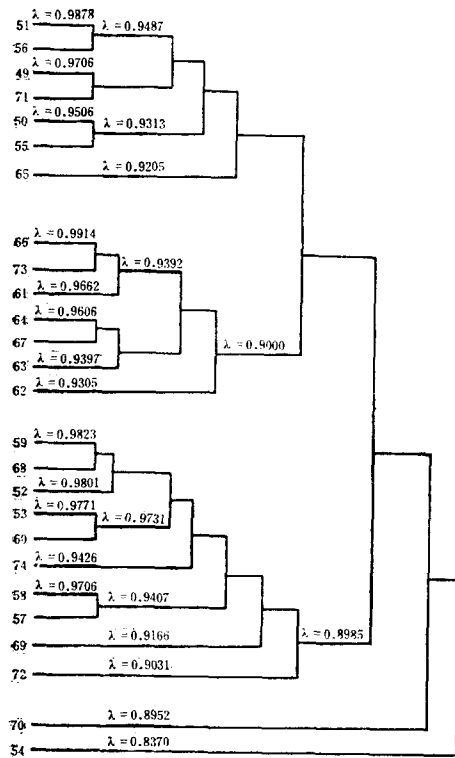


图1 聚类动态

二、讨 论

1. 分型结果

从表1各型符号可以看出，它们之间差异明显，在图2中也有反映。

由于各型前三个分量逼近的海温场正负中心分布很有规律，且与实际各型平均分布十分接近（占实际场80%左右），故这里给出的是利用正交分解前三个分量场逼近的各型平均分布图。图中“+”、“-”号分别表示正负变温中心。可见，冬季各型海表层水温异常冷暖中心多在北太平洋的主要洋流区。

2. 分型结果与太平洋副高的关系

我们用中央气象局发表的1954—1975年的500mb西太平洋副高面积指数表示副高的强度。为消除副高的短期变化和年变化，均以月平均距平值为指标，用 ΔM 表示。

表2中I型除1966年外，III型除1962年外，其余年份面积指数均为负距平；而II型除

表1 各类型水温分类结果

类型	时间系数	年 份							平均			
		1949	1950	1951	1955	1956	1965	1971				
I	T ₁	0.69	1.35	1.27	0.53	1.24	1.98	0.95	1.14			
	T ₂	-2.71	-4.79	0.04	-3.55	-0.52	3.16	-3.26	-1.66			
	T ₃	3.63	0.44	2.04	-1.04	3.33	3.58	2.15	2.02			
类型	时间系数	年 份										平均
		1952	1953	1957	1958	1959	1960	1968	1969	1972	1974	
II	T ₁	-4.41	-2.66	-3.60	-5.87	-2.52	-5.86	-1.27	-2.34	-1.10	-0.38	-3.00
	T ₂	0.95	-1.52	5.33	4.40	0.37	-0.74	0.17	1.99	3.90	-0.65	1.42
	T ₃	-0.92	-1.50	1.07	2.62	0.12	-3.77	-0.42	-2.84	3.48	-1.06	-0.32
类型	时间系数	年 份							平均			
		1961	1962	1963	1964	1966	1967	1973				
III	T ₁	1.88	5.69	0.47	2.70	0.67	6.39	1.91	2.82			
	T ₂	-0.52	13.22	0.12	0.16	-1.43	2.71	-3.16	1.59			
	T ₃	3.62	-7.44	-0.46	-0.53	-1.75	-3.37	-5.59	-3.25			

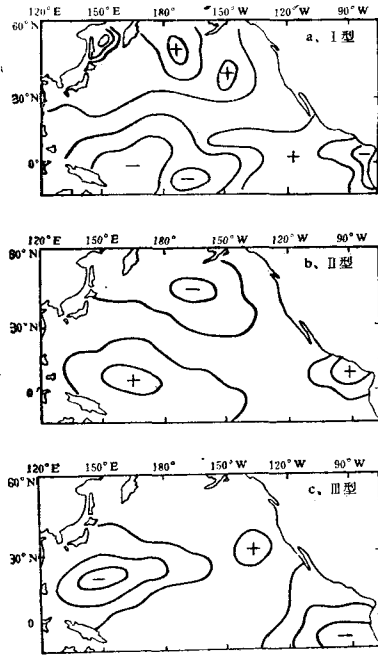


图2 各型表层水温距平平均分布

1975年外，其余年份均为正距平。这说明，当冬季平均海温场呈 I、III 型分布时，下一年 5 月西太平洋副高偏弱；当冬季平均海温呈 II 型分布时，下一年 5 月西太平洋副高偏强。

3. 初步分析

冬季北太平洋表层水温分布不同，翌年北太平洋副高变化趋势亦不同。据分析，I、III 型冬季海温自然正交分解的第一个时间系数全部为正值，而 II 型全部为负值。这些时间系数的大小及正负值，决定了各特征向量场随时间的振幅变化。因此，由某年的第一时间系数和

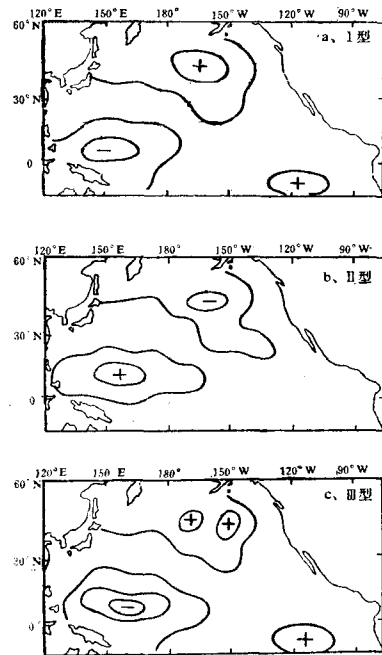


图3 各型海温距平第一分量场

特征向量的乘积所决定的第一分量场，实际反映的是该年海温场最基本的温度变化形式。

由图 3 可看出，I、III 型的分布为北部增暖、南部冷却，正负距平中心分别在北太平洋的中北部和西南部；II 型第一分量场的距平分布恰与上两型相反，即北部冷却、南部增暖，正负距平中心分别在北太平洋的西南部和中北部。

从表 1 还可看到，赤道东太平洋的几个主要升温期都在 II 型海温中，而典型的赤道东太平洋冷水年都在 I、III 型海温中。这说明赤道

表 2 分型结果所对应的副高值

I 型	年份	1956	1957	1966	1972					
	ΔM	-1.9	-9.9	2.1	-3.9					
II 型	年份	1954	1958	1959	1960	1961	1969	1970	1973	1975
	ΔM	2.1	9.1	4.1	9.1	5.1	14.1	7.1	7.1	-6.9
III 型	年份	1962	1963	1964	1965	1967	1968	1974		
	ΔM	9.1	-4.9	-6.9	-0.9	-8.9	-10.9	-9.9		

东太平洋水温的异常升温与冷却, 和整个北太平洋表层水温南北温度梯度的增大与减小是同步的; 而这种南北向和东西向几乎同时发生的大尺度温度变化, 势必会影响由南北温差所形成的经向哈德莱环流和由东西温差所形成的纬向沃克环流的强度。

I、III型海温之所以与副高的对应关系相同而与II型相反, 是由于I、III型第一主分量决定的冬季海温场主要形式都是北正南负, 而II型是南正北负所致。

图4中II型海温与I、III型海温交换出现的频率, 与副高面积指数正负距平出现的频率极为相似。如果将图4中II型海温场的出现表示北太平洋南北温度梯度增大, I、III型海温场的出现表示南北温度梯度减小, 那么, 冬季北太平洋海温场南北温度梯度变化的周期, 与翌年5月副高强弱变化周期约有3—5月的滞后。

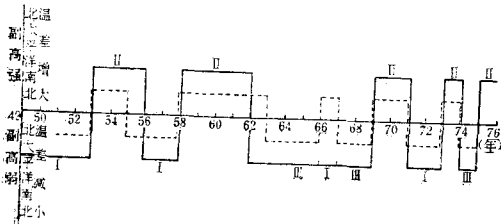


图4 各型海温与副高变化对应频率曲线

后。

北太平洋大部海区的上空, 盛行大型的副热带环流系统, 而这个环流系统的强弱变化, 必然会影响其下部的大洋表层流系, 进而改变海表面温度的大尺度分布。我们据此推断了一个北太平洋表层水温南北温度梯度变化与副高强弱变化相互联系的可能过程: 当冬季北太平洋海温南北温度梯度增大时, 副高随之增强, 其南北两侧的东西风也加大, 低纬东部向西的冷水运输、中纬西部向东部暖水运输都加剧了。这种过程少则2年, 多则7年; 南北冷暖水的交换结果, 逐渐形成了以北太平洋西部水温降低、中北部水温升高为特征的北正南负基本距平场的分布形式。这时整个北太平洋表层水温南北温度梯度减小, 副高随之减弱, 其两侧的东西风也逐渐减弱, 大洋西部的水温又逐渐下降, 北太平洋表层水温南北温度梯度又开始逐渐增大。如此循环往复, 使太平洋副高强弱变化与北太平洋南海温变化处于同一振荡系统。

综上所述, 将模糊聚类分析用于海洋表层水温分型是可行的, 特别是同自然正交分解方法结合使用, 结果较直接用海温值分类客观且物理意义明确。但分类结果也有与实际不符之处, 有待改进, 以提高分类精度。

FUZZY CLUSTER ANALYSIS OF THE NORTH PACIFIC SST AND ITS CONNECTIONS WITH THE SUBTROPICAL PACIFIC HIGH

Yu Yanling

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Using the time coefficients of the empirical orthogonal decomposition for the north Pacific sea surface temperature (SST) anomalies, we adopted the method of fuzzy cluster to study the winter SST anomalies in the north Pacific for the period of 1949—1975. The result of the present study shows that the north Pacific SST anomalies in 26 winters can be divided into three modes which are correlated to the subtropical Pacific High (SPH). The meridional temperature difference decreases for the first and the third modes, which corresponds to the SPH weakened next summer, and increases for the second, which does to the SPH strengthened. It indicates that the variation of meridional SST difference in the north Pacific in winter is a very important factor for the changing of the SPH intensity next year. Conversely, the SPH plays an important role in changing the distribution of the north Pacific SST anomalies.