2003年12月

文章编号: 1000-2022(2003) 06-0740-09

# 冬季黑潮区域 SSTA 的时空演变 及其与大气环流的联系

倪东鸿, 孙照渤, 陈海山, 朱伟军 (南京气象学院 气象灾害和环境变化重点开放实验室,江苏南京 210044)

摘 要:采用海温资料和NCEP/NCAR 40 a 再分析的海平面气压场(SLP)、高度场、 风场资料,利用 REOF、相关分析和合成分析方法,研究了冬季黑潮区域海温异常 (SSTA)的时空演变,结果显示:冬季黑潮SSTA 具有整体一致的空间变化特征,并 具有明显的年际、年代际变化趋势。划分了冬季黑潮海温的正、负异常年,分析了相应 年份若干气象要素场的分布特征,结果表明:负异常年时,黑潮海域 SLP 和 700 hPa 高度场为负距平,冬季风加强,正异常年则反之;冬季黑潮区域 SSTA 与 850 hPa 风 场距平的分布形态关系密切。

关键词: 黑潮区域; 海面温度异常; 大气环流异常; REOF; 相关分析 中图分类号: P461.2 文献标识码: A

黑潮是西北太平洋中的一股强大的暖性洋流,黑潮海域能够提供造成长期天气异常的热源。黑潮SSTA与大气的相互作用属于中纬度海洋与大气的相互作用问题。迄今为止,人们对中纬度海洋与大气的相互作用的认识还远远不如对热带海洋与大气相互作用的认识。近年来,中纬度海洋与大气的相互作用越来越受到重视<sup>[1-6]</sup>。

中高纬度太平洋的黑潮区域与我国和日本相邻,早在1972年,中国科学院大气物理研究 所的专家<sup>[7]</sup>曾经分析过黑潮 SSTA 与我国汛期降水的关系,并尝试用其来做预报。朱伟军 等<sup>[8-10]</sup>利用观测分析和数值模拟研究了黑潮 SSTA 对风暴轴和急流的影响。赵永平等<sup>[11-2]</sup>研 究了黑潮海域海洋异常加热对北半球大气环流的影响。翁学传等<sup>[13]</sup>,张启龙等<sup>[14]</sup>研究了黑潮 与黄淮平原区、华北地区汛期降水的关系。丁良模<sup>[15]</sup>研究了黑潮关键区的海面放热量对长江 地区梅雨降水的影响。李永康<sup>[16]</sup>研究了黑潮海温对我国汛期降水的影响。王黎娟等<sup>[17]</sup>研究了 黑潮地区海温与南海夏季风爆发日期的关系。方之芳等<sup>[18]</sup>研究了冬季大气环流对黑潮暖流海 温的强迫作用。以上研究说明黑潮海温与大气环流及东亚季风的进退有着密切的关系。

我国东部地区受东亚季风进退的影响很大,其天气、气候与黑潮有着密切的联系,进一步研究黑潮海温与大气环流的关系是非常必要的。目前,对于黑潮海面温度的自身演变规律还缺 乏系统的研究,所以本文将研究黑潮海面温度的时空演变,以探明黑潮自身的发展变化规律, 并进一步研究黑潮 SSTA与大气环流、东亚冬季风的关系。

收稿日期: 2003-02-13; 改回日期: 2003-04-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40175023)

作者简介: 倪东鸿(1970-), 男, 江苏南京人, 讲师, 博士生, 研究方向: 海气相互作用.

### 1 资料和方法

文中使用的资料包括: (1)英国气象局整编的1940 年 1 月—1994 年 12 月 1 % 1 经纬网格的月平均海面温度资料; (2) 美国 NCEP/NCAR 40 a(1958 年 1 月—1997 年 12 月)月平均再分析资料,经纬网格为2.5 % 2.5 °,共 17 层,本文采用了高度场、风场资料; (3)全球 2.5 % 2.5 经纬网格的逐月海平面气压场(SLP)资料(1958 年 1 月—1997 年 8 月)。

文中主要采用了合成分析、相关分析、t 检验和REOF 等方法。参照文献[10],选取黑潮区 域为(120.5~150.5 E, 15.5~32.5 N),并在此区域上研究海面温度异常的时空变化及其与 大气环流的联系。

### 2 冬季黑潮区域海面温度的时空演变

#### 2.1 冬季黑潮区域海面温度的 REOF 分析

图 1 为冬季(当年 12月—次年 2 月) 黑潮区域 SSTA 经 REOF 分析的第 1 特征向量及其 时间系数(前 4 个特征向量的方差贡献依次为 52.64 %, 17.29 %, 9.51 %, 6.48 %)。由图可 见:第1 特征向量表明冬季黑潮 SSTA 变化呈现与黑潮洋流流动方向一致的空间分布特征, 最 大值位于台湾以东洋面。由其时间系数可见:黑潮 SSTA 呈现明显的年际、年代际变化特征, 其中 1950—1970 年值较低, 20 世纪 70 年代以后为相对高值。由于第1 特征向量的方差贡献 占 52.64 %, 所以, 可以说第1 特征向量代表了冬季黑潮 SSTA 变化的主要特征。



图 1 冬季黑潮区域 SST A 经 REOF 分析的第1 特征向量(a) 及其时间系数(b)

Fig. 1 The first eigenvector (a) of SSTA in Kuroshio current region in winter and its time coefficient (b) by means of REOF analysis

2.2 冬季黑潮区域 SSTA 与同期及前期秋、夏、春季北太平洋海温场的相关

图 2 给出了冬季黑潮区域 SST A 与同期及前期秋季、夏季和春季北太平洋海温的相关分布。由图可见: 冬季黑潮 SST A 与同期黑潮区域海温场的相关显著, 沿黑潮洋流方向呈显著的正相关分布, 此外, 赤道东太平洋上有一片正相关区域; 冬季黑潮 SST A 与前期春季赤道东太平洋的 SST 有一定程度的正相关(图 2d),随着季节的推进,与夏季赤道东太平洋的 SST 在很大程度上呈现出正相关分布(图 2c),到了秋季,除了在赤道太平洋上呈现出大范围的显著正相关分布外,在台湾以东、以南洋面上相关程度较高(图 2b)。这说明:随着季节向后推移, 黑潮SST A 与其上游海域的海温变化关系越来越密切,并且始终与赤道东太平洋 SST A 有正相关关系。

741



图 2 冬季黑潮 SST A 与同期(a) 及前期秋季(b)、夏季(c) 和春季(d) 北太平洋海温的相关分布 (阴影区表示超过了 œ 0.05 的显著性水平检验)

Fig. 2 Correlation coefficients between winter SST A in Kuroshio current region and SST in the North Pacific during the corresponding winter (a), the previous autumn (b), summer (c) and spring (d) (The significance level in the shaded areas is more than 0.05)

## 3 冬季黑潮区域 SSTA 的年际、年代际变化

图 3 为冬季黑潮 SST 标准化距平值的逐年演变及其 6 次二项式平滑曲线。本文确定 SST 标准化距平值绝对值 0.5 的年份为正、负异常年。由图 3 可知,正异常年有:1943,1944, 1945,1949,1951,1952,1953,1972,1978,1982,1987,1988,1991,1993 年(共 14 a);负异常年 有:1955,1956,1961,1962,1964,1967,1970,1973,1975,1983 年(共 10 a)。另外,由其 6 次二 项式平滑曲线可以看出,在1955—1980年,SST 标准化距平值为负,1955年以前、1980年以 后基本为正,有较明显的年代际变化特征。

根据黑潮 SST 正、负异常年的划分, 合成分析了正、负异常年北太平洋 SSTA 的分布。由图 4 可见: 正异常年,黑潮区域 和赤道东太平洋均为正距平分布;负异常 年的分布与其相反;经 *t* 检验,发现差异显 著的区域有赤道东太平洋、西太平洋以及 黑潮区域。

由于受其他气象要素场资料(如: SLP,高度场,风场)长度所限,本文在合成 其他要素场时,选取正异常年为 1972, 1978, 1982, 1987, 1988, 1991, 1993 年(共 7 a); 负异常年为 1961, 1962, 1964, 1967,



图 3 冬季黑潮 SST 标准化距平值的逐年 演变及其 6次二项式平滑曲线

Fig. 3 Annual variation of winter normalized SSTA in Kuroshio current region and its smoothing curve



图 4 负异常年(a)和正异常年(b)北太平洋 SSTA 的合成分布及其 t 检验值(c) (图 4c 阴影区表示超过 c= 0.01 的显著性水平检验)

Fig. 4 Composite distributions of SST A in the North Pacific in negative(a) and positive(b) anomalous years and its *t*-t est (c) (The significance level in the shaded areas of fig. 4c is more than 0.01)

1970, 1973, 1975, 1983 年(共 8 a)。据此进一步研究冬季黑潮区域SSTA 与大气环流的联系。

## 4 冬季黑潮区域海温异常与大气环流异常的联系

#### 4.1 正、负异常年 SLP 距平场合成

由图 5 可见: 正异常年时, 东亚地区及西太平洋的海平面气压距平呈现南高北低分布, 黑 潮海域及其下游的广阔海域为正距平, 西伯利亚地区为负距平, 说明冬季阿留申低压得到减 弱, 西伯利亚高压也得到削弱, 东亚冬季风较弱; 负异常年时, 其分布形态相反, 东亚冬季风加 强。其差异较显著的区域为西北太平洋和西伯利亚地区, 出现这种现象的原因可能不仅与黑潮 区域上空的海气热交换异常有关, 而且可能与黑潮区域热量向中高纬的异常输送有关。



图 5 负异常年(a) 和正异常年(b) 北半球 SLP 距平场的合成分布(单位:hPa)及其 t 检验值(c) (阴影区表示超过 ∞= 0.01 的显著性水平检验)

Fig. 5 Composite distributions of SLPA in the Northern Hemisphere in the negative (a; units: hPa) and positive (b; units: hPa) anomalous years and their values of trest (c; The significance

level in the shaded areas is more than 0.01)

### 4.2 正、负异常年 700 hPa 高度距平场合成

由图 6 可见: 正异常年时,在东亚地区和西北太平洋,700 hPa 高度距平呈现南高北低的 分布,西伯利亚上空为负距平,黑潮及其以西洋面为正距平,说明东亚大槽槽后的脊得到削弱, 使得槽后冷平流较弱,地面上的冷高压相应减弱(图 5b),东亚冬季风较弱;负异常年时,其分 布形态相反,东亚冬季风较强。差异显著区域有西北太平洋、西伯利亚地区和北半球广阔的低 纬度地区。

综合图 5、图 6 可见: 负异常年时, 西伯利亚高压加强, 阿留申低压和东亚大槽加深、南移, 东亚冬季风加强; 正异常年时, 西伯利亚高压减弱, 阿留申低压和东亚大槽减弱、北退, 东亚冬 季风减弱。显著性检验结果可以清楚地显示:正、负异常年西伯利亚地区和西北太平洋地区的 环流配置显著不同,对东亚冬季风有较大影响。

745



#### 图 6 负异常年(a)和正异常年(b)北半球 700 hPa 高度距平场的合成分布及其 t 检验值(c) (图 6a-b 中等值线单位为 gpm; 图 6c 阴影区表示超过 α= 0.01 的显著性水平检验)

Fig. 6 Composite distributions of the height anomaly fields at 700 hPa in the Northern Hemisphere in the negative (a; uints: gpm) and positive (b; uints: gpm) anomalous years and their values of t-test

#### (c; T he significance level in the shaded areas of fig. 6c is more than 0.01)

#### 4.3 正、负异常年 850 hPa 距平风场合成

由图 7 可见: 正异常年时, 在中国东面的西太平洋上, 存在反气旋性的环流异常, 它的存在 为黑潮洋流提供了相同方向的异常风应力, 有利于黑潮区域海面温度的升高; 负异常年时, 在 相同区域存在气旋性的环流异常, 它的存在为洋流提供了相反方向的异常风应力, 不利于黑潮 区域海面温度的升高。同时, 还应看到正、负异常年赤道太平洋纬向风存在显著的差异。正异 常年时, 赤道 850 hPa 上空为西风距平, 有利于东太平洋 SST 增高; 负异常年时, 赤道 850 hPa 上空为东风距平, 有利于东太平洋 SST 降低。此外, 通过 t 检验(图 7c)发现, 赤道太平洋、西北 太平洋和东亚地区的风场异常对黑潮地区 SSTA 变化有着显著影响。

#### 4.4 冬季黑潮 SSTA 与 850 hPa 经向风距平场的相关

由图 8 可见:冬季黑潮 SSTA 与 850 hPa 经向风距平场的高正相关区主要位于中国东部 及其以东洋面,高负相关区位于赤道中西太平洋和中北太平洋。由这种相关分布形态可以看 出,当黑潮及其附近区域为反气旋性环流异常时(中国东部及其以东洋面为南风,中太平洋为 北风),将有利于黑潮增温;当黑潮及其附近区域为气旋性环流异常时(中国东部及其以东洋面 为北风,中太平洋为南风),将不利于黑潮增温。这说明黑潮及其附近区域上空的经向风场的异 常配置对黑潮区域 SSTA 有显著的影响。



图 7 负异常年(a)和正异常年(b) 850 hPa 距平风场的合成分布 及其纬向风(c)和经向风(d)的 t 检验值 (阴影区表示超过 ∞= 0.05 的显著性水平检验)

Fig. 7 Composite distributions of the wind anomaly fields at 850 hPa in the negative (a) and positive (b) anomalous years and their of t-test values for zonal (c) and meridional (d) wind(The significance level in the shaded areas is more than 0.05)

## 5 结论和讨论

(1)冬季黑潮区域 SSTA 具有整体一致的空间变化特征,并具有明显的年际、年代际变化 趋势。黑潮区域 SSTA 正异常年时,黑潮区域和赤道东太平洋均为正距平分布,负异常年则反 之。



图 8 冬季黑潮 SST A 与 850 hPa 经向风距平场的相关分布 (阴影区表示超过 ∝ 0.05 的显著性水平检验)

Fig. 8 Correlation coefficients between SSTA in Kuroshio current region and meridional wind anomaly fields at 850 hPa in winter (The significance level

in the shaded areas is more than 0.05)

(2)随着季节的推进,冬季黑潮 SSTA 与春季、夏季赤道东太平洋的 SST 呈现为正相关, 到了秋季,除了在赤道太平洋上呈现出大范围的显著正相关区域外,在台湾以东洋面及西太平 洋上的相关程度也较高;冬季沿黑潮洋流方向海域呈显著的正相关分布,赤道东太平洋也有一 片正相关区域。

(3) 冬季黑潮 SSTA 负异常年时, SLP 异常场和 700 hPa 高度异常场上黑潮海域为负距 平分布, 阿留申低压和东亚大槽加深、南移, 冬季风加强; 正异常年阿留申低压和东亚大槽减 弱、北退, 冬季风减弱。

(4) 正、负异常年,北太平洋、赤道太平洋区域风场异常存在显著的差异。正异常年时,赤道 为西风距平,有利于东太平洋 SST 增高;负异常年时,赤道为东风距平,有利于东太平洋 SST 降低。黑潮及其附近区域的反气旋性环流异常有利于黑潮增温,气旋性环流异常则不利于黑潮 增温。

本文通过对观测资料的分析,得到了一些初步结果。关于黑潮海温和大气环流相互作用的物理机制,还需要应用数值模式来加以深刻揭示。

### 参考文献:

- Namias J. Seasonal interactions between the North Pacific ocean and the atmosphere during the 1960's [J]. Mon Wea Rev, 1969, 97(3): 173-192.
- [2] Namias J. Multiple causes of the North American abnormal winter 1976-77[J]. Mon Wea Rev, 1978, 106(3): 279-295.
- [3] Namias J, Cayan D R. Large-scale air-sea interactions and short-period climatic fluctuations[J]. Science, 1981, 214(4 523): 869–876.
- [4] Ratcliffe R A S, M urray R. New lag associations between North Atlantic sea temperature and European pressure applied to long-range weather for ecasting [J]. Q J R M eteorol Soc, 1970, 96(408): 226-246.
- [5] Palmer T N, Sun Zhaobo. A modeling and observational study of the relationship between sea surface temperature in the north-west Atlantic and the atmospheric general circulation [J]. Q J R Meteorol Soc, 1985, 111(470): 947-975.
- [6] 吕 炯. 西北太平洋及其在气候上的问题[J]. 地理学报, 1951, 18(1-2): 69-86.
- [7] 大气物理研究所长期组 冬季太平洋海水温度异常对我国汛期降水的影响[C].中国科学院大气物理研究所集刊(第6号).北京:科学出版社,1978:40-70.

- [8] 朱伟军, 孙照渤. 冬季西北太平洋海表温度异常对太平洋风暴轴影响的数值试验[J]. 南京气象学院学报, 1995, 18(4): 478-485.
- [9] 朱伟军,孙照渤.冬季黑潮区域海温异常对北太平洋风暴轴的影响[J].应用气象学报,2000,11(2):145-153.
- [10] 朱伟军,孙照渤,彭加毅.冬季太平洋 SST 异常对风暴轴和急流的影响[J].南京气象学院学报,1999,22(4):575-581.
- [11] 赵永平, McBean GA. 黑潮海域海洋异常加热与北半球大气环流的相互作用[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(4): 383-388.
- [12] 赵永平, McBean G A. 黑潮海域海洋异常加热时后期北半球大气环流影响的分析[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(3): 246-250.
- [13] 翁学传, 张启龙, 杨玉玲, 等. 东海黑潮热输送及其与黄淮平原区汛期降水的关系[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(3): 237-245.
- [14] 张启龙, 翁学传, 程明华. 华北地区汛期降水与热带西太平洋暖池和黑潮的关系[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 575-583.
- [15] 丁良模. 黑潮关键区的海面放热量对长江地区梅雨降水的影响[J]. 海洋学报, 1992, 14(3): 47-54.
- [16] 李永康. 黑潮海温与我国汛期降水及东亚高空流场的统计分析[J]. 气象科学, 1989, 9(3): 263-275.
- [17] 王黎娟,何金海,徐海明.黑潮地区海温影响南海夏季风爆发日期的数值试验[J].南京气象学院学报,2000,23(2): 211-218.
- [18] 方之芳, Wallace J M. 冬季大气环流对北太平洋海冰和黑潮暖流海温的强迫作用[J]. 大气科学, 1996, 20(5): 541-546.

# Spatial/ Temporal Features of SSTA in Kuroshio Current Region and Its Relations to General Circulation

NI Dong-hong, SUN Zhao-bo, CHEN Hai-shan, ZHU Wei-jun (Key Laboratory of Meteorological Disaster and Environmental Variation, NIM, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Based on the SST and SLP data, the temporal and spatial variations of SSTA in Kuroshio current region have been analyzed in this paper by means of the method of REOF. The results show that there is a spatial change feature as a whole in addition to a remarkable interannual/interdecadal change of SSTA. After dividing the positive and negative SSTA years and analyzing a lot of meteorological elements in corresponding years, it is obtained that the SLP in Kuroshio current region and the height field at 700 hPa are negative anomaly with enhancement of winter monsoon in the negative year and vice versa, and that there is a close relation between SSTA of the region and distribution pattern of wind anomaly at 850 hPa.

Key words: Kuroshio current region; SSTA; abnormal general circulation; REOF; correlation analysis