

印度洋—太平洋海表温度异常的持续性特征^{*}

彭勇刚, 简茂球, 梁巧倩, 罗会邦

(中山大学季风与环境研究中心/大气科学系, 广东 广州 510275)

摘要: 用 Reynolds & Smith 重构的 1950—1998 年月平均 SST 资料分析了印度洋—太平洋海表温度距平 SSTA 的持续性特征。结果表明: SSTA 的持续性在空间上分布不均匀, 可将有明显差异的 SSTA 持续性特征的海区分 3 类: 全年各月持续性好的区域, 主要包括热带中东太平洋马蹄形海域、赤道中东印度洋、热带西太平洋, 持续时间一般在 10 个月以上; 全年各月持续性差的区域, 主要包括西北太平洋、东亚沿海和东南太平洋, 持续时间一般为 3 个月左右; 各月持续性有季节性变化的区域, 主要包括赤道东太平洋、南海。SSTA 持续性的整体空间分布存在冬夏两种主要分布型, 夏季型 SSTA 的持续性要比冬季好。冬夏间 SSTA 持续性最明显的差异出现在赤道东太平洋和东亚沿海、南海区域, 由冬季转入夏季时, 赤道东太平洋 SSTA 的持续性由差变好, 东亚沿海、南海地区的情况则与之相反。

关键词: 印度洋—太平洋; 海温异常; 持续性特征

中图分类号: P732 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 03-0090-05

海气间的热量、水汽交换与海表温度 (SST) 紧密相关, SST 的异常常会引起这些交换量的异常, 从而导致气候系统发生明显的变化。目前对印度—太平洋 SST 异常的研究主要集中以 ENSO 为背景的情形^[1-3], 而且主要是有关海表温度距平 SSTA 强度的分析。Bjerknes^[4] 在分析 El Niño 事件中 SSTA 对大气的指出, 与持续时间短的 SSTA 相比, 持续时间长的 SSTA 可以更大程度地引起赤道地区的 Walker 环流的异常, 由此给气候系统带来更大的变化。

已有的研究表明, 东亚冬季风异常与后期环流存在较好的相关^[5-7]。对于这种冬季风跨季影响夏季风的一种解释认为, 东亚冬季风的异常所造成的大气和海洋的环流场、温度场变化, 尤其海温异常有明显的持续性, 可以持续至第二年的春夏季, 从而影响夏季的大气环流。很明显, 在冬季风跨季影响后期环流的这种解释中, SSTA 持续性起到了重要中介作用。

因此, 对 SSTA 持续性的研究是非常重要的, 但目前对印度洋、太平洋海区整体的 SSTA 持续性作较全面分析的工作还较少见。本文的目的就是分析印度洋—太平洋的 SSTA 持续性特征。

1 资料及 SSTA 持续时间长度的计算

本文所用的资料为 Reynolds & Smith 重构的

1950—1998 年逐月平均海表温度资料, 分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。

对空间某一点设有 N 年逐月的月平均 SSTA 序列 $X(t)$, SSTA 为观测的月平均值与该月多年平均的平均值的差。从原序列中得到某月 M 多年的序列 $SSTA1(n) = X(12(n-1) + M)$, 其中 $n = 1, 2, 3, \dots, N$, 滞后此月 L 个月的时间序列从原时间序列中取为 $SSTA2(n) = X(12(n-1) + M + L)$, n 的范围与 SSTA1 的相同。计算序列 SSTA1 和 SSTA2 得相关, 得到的相关系数 $R(M, L)$ 定义为某月份 M 的 SSTA 与滞后 L 个月 SSTA 之间的滞后相关系数。我们可以将滞后相关系数 $R(M, L)$ 看作是以 M, L 为自变量的二元函数, 固定月份变量 M , 从 $L = 1$ 开始统计 $R(M, L)$ 持续地超过一定置信度值 R_{low} 的时间长度 Len , 即定义为 SSTA 持续的时间长度。

2 印度洋—太平洋 SSTA 持续时间的时空分布

运用上述计算持续时间长度 Len 的方法分别计算印度洋、太平洋的 SSTA 持续时间长度, 计算中取 95% 置信水平相关系数临界值 $R_{lw} = 0.285$ 作为判别标准。如果持续时间长度小于 4 个月, 表明 SSTA 难以跨季持续到下一个季节, 而当持续时间长度大于 9 个月, 表明 SSTA 的持续时间有较好的

* 收稿日期: 2003—07—10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40175018)

作者简介: 彭勇刚 (1978 年生), 男, 硕士, 现工作单位为深圳市气象局, 通讯联系人: 简茂球, E-mail: cesimj@zsu.edu.cn

跨季性。所以人为地用持续时间长度为 9、4 个月分别作为判断 SSTA 持续性好、差的临界长度。

为了解不同海区海温异常持续性在不同季节的共性特征，图 1 给出了印度洋—太平洋 12 个月平均的 SSTA 持续时间长度的空间分布。该图表明，SSTA 持续时间长度的空间分布并不均匀。在赤道东印度洋出现长持续时间达 18 个月的区域中心。马达加斯加东部海域同样是一持续性好的区域。印度洋其他区域的持续性较差，持续时间在 6 个月以下。日本东南海面有一呈带状的持续性差的区域向东延伸至日变更线附近。东亚沿海（以下均指南海以北日本以南大陆沿岸海域，不包括南海）和南海为持续性差的区域，持续时间在 4 个月以下。热带西太平洋有两个持续性好的中心。赤道东太平洋的持续性较差，为一个持续时间长度的低中心，围绕

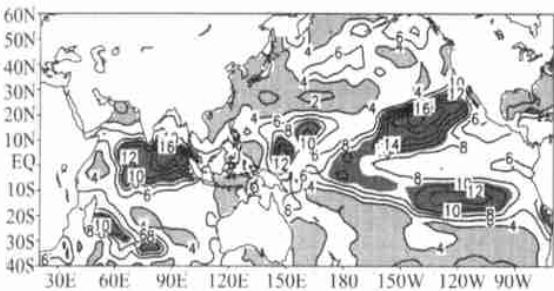


图 1 12 个月平均的持续时间长度的空间分布
Fig 1 Annual mean persistence of SSTA for 12 months

该中心的是一个马蹄形的持续性好的海域（以下简称热带中东太平洋马蹄形区域），该海域以赤道日变更线为原点，分别向东北、东南两个方向延伸。总体上看，热带、副热带海区的 SSTA 的持续时间较长，而中高纬的持续时间较短。

各个季节的 SSTA 持续时间长度（图 2）与上述平均态的分布存在明显差异，有显著的季节变化，因此有必要分析 SSTA 持续时间随季节变化的情况。

1 月份（图 2a），持续时间的长短中心位置与年平均的状态（图 1）基本相同，但大部分中心的持续时间比年平均态的要短，这表明总的来说该月 SSTA 持续时间偏短，SSTA 的持续性偏差。赤道东太平洋是持续性差的区域。日本东南海面虽然也是持续性差的区域，但是范围比平均态要小。值得注意的是 1 月份南海、东亚沿海的持续性是该区域全年中最好的，持续时间长度为 8~9 个月。平均态中持续性好的热带中东太平洋马蹄形区域分裂成 3 个中心：马蹄形北支区域、马蹄形南支区域、赤道日变更线的折点区域。

4 月份（图 2b），阿拉伯海 SSTA 持续性变得更差。北太平洋出现大范围的差持续性区域。东亚沿海的持续性也变差。热带西太平洋原有的两个持续性好的中心变为一个，持续时间变长。热带中东太

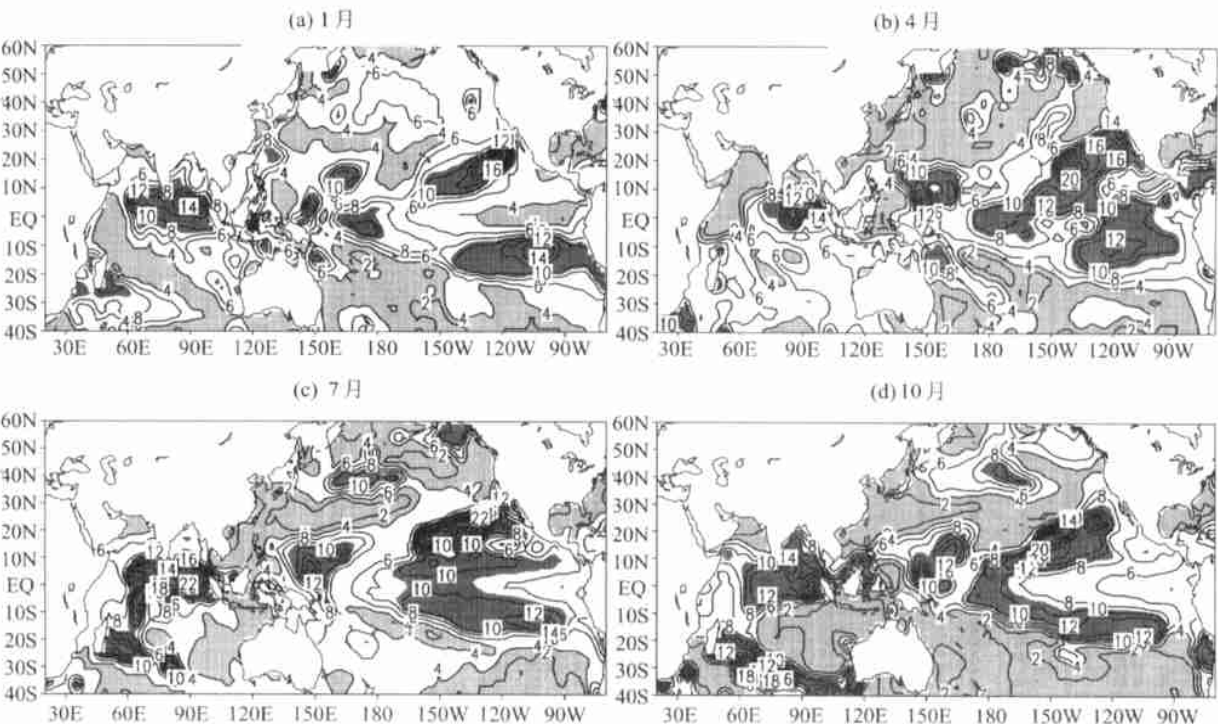


图 2 各个季节的 SSTA 持续时间长度（单位：月）
Fig 2 Seasonal variation of the persistence of SSTA in the Indian Pacific Ocean (Unit: month)

平洋马蹄形北支持续性好的区域沿西南—东北方向向两端伸展,与赤道日变更线附近持续性好的海域连成一体。热带中东太平洋马蹄形南支持续性好的区域向北扩张到赤道东太平洋。赤道东太平洋的持续性开始好转,持续时间(8个月左右)比前几个月的长得多。

7月份(图2c),印度洋北部持续性好的区域在空间范围、持续时间(达到20个月)上比冬春季要好,并且是该区域全年中最长的。马达加斯加东岸在春季有几个持续性好的零星区域,进入夏季后这些区域合并成一条西北—东南走向的持续性好的带状区域。东亚沿海和南海的持续时间都在4个月以下。热带西太平洋维持了4月份的形势。赤道东太平洋的持续性略微变差,但持续时间(7个月左右)仍比1月份的长。热带中东太平洋马蹄形北支区域持续性变好,中心的持续时间达到22个月,南支区域的持续性有所好转。与年平均态相比,除东亚沿海、南海外,其他区域的SSTA持续时间要比平均态长,因此就大范围来说,7月的SSTA持续时间变长。

10月份(图2d),印度洋北部持续时间长度由7月份的20个月左右降为14个月。南海南部的持续性好转。东亚沿海则依然全部为持续性差的海域。热带西太平洋仍然为持续性好的区域,但中心分裂为两个。赤道东太平洋的持续性变差。东太平洋持续性好的马蹄形区域形成。

以上分析表明,SSTA的持续性在空间分布上并不均匀,存在持续性好和差的区域。SSTA持续性的分布存在明显的季节性变化,可分为冬夏两种分布型,两种分布型间的转换与冬夏季节的转换同步。就大范围海域的情况来说夏季的SSTA持续性要比冬季的好。赤道东太平洋和南海区域SSTA持续性在冬夏季的差异非常明显,从冬季转入夏季时,赤道东太平洋的SSTA持续性由差变好,南海的SSTA持续性由好变差。

持续时间的经度(纬度)—时间剖面图(图3)更清晰地展示了上述SSTA持续性的时空变化的特征。沿130°W—120°W纬向平均持续时间的纬度—时间剖面图(图3a)表明,从南到北,依次排列着全年持续性差的25°S以南的东南太平洋、全年持续性好的热带中东太平洋马蹄形南支海域(20°—10°S)、存在季节性转换的赤道东太平洋区域、全年持续性好的热带中东太平洋马蹄形北支海域。东太平洋马蹄形南支海域(20°—10°S)的SSTA全年各月的持续时间随季节变化不大,约为12个月。赤道东太平洋SSTA持续时间最显著的季节性转换

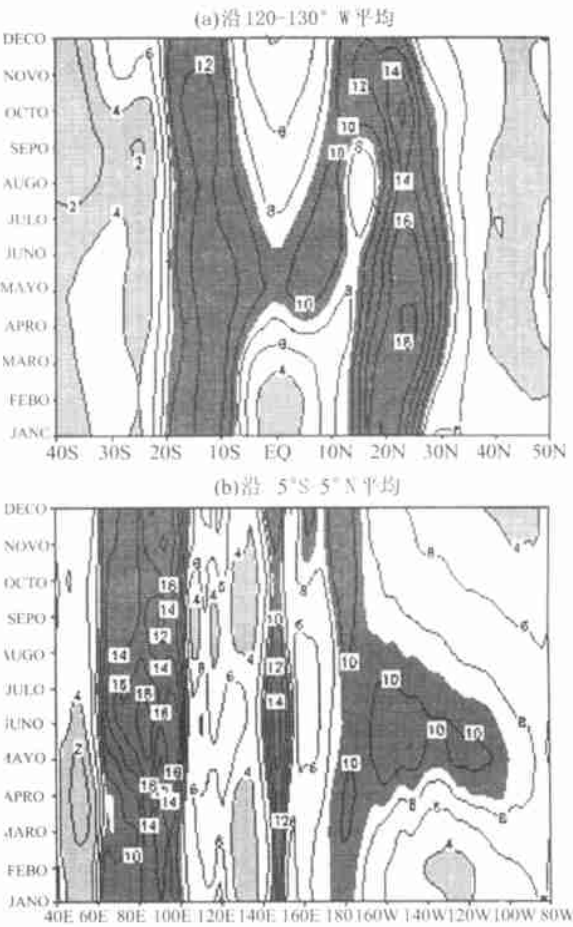


图 3 SSTA 持续时间的纬度—时间剖面图 (a) 和经度—时间剖面图 (b) (单位: 月)

Fig. 3 (a) Latitude-time section of the persistence of SSTA along 120°W—120°W and (b) longitude-time section of the persistence of SSTA along 5°S—5°N (unit: month)

发生在3、4月间,由差变好。热带中东太平洋马蹄形北支区域(15°—25°N)虽然全年各月的持续性都较好,但其持续时间仍然有季节变化,表现为有两个持续时间的峰值,一个在4月份,另一个在10月份。沿5°S—5°N经向平均持续时间的经度—时间剖面图(图3b)表明,赤道西印度洋SSTA的持续性差;而赤道中东印度洋全年各月SSTA的持续性较好,其中以初夏最好,达18个月;140°—150°E赤道西太平洋全年持续性都较好,其中也以初夏最好,达14个月;赤道东太平洋SSTA的持续性明显存在季节性转换,以晚春和夏季最好。

以上分析表明,印度洋—太平洋至少有3类SSTA持续性特征的区域:一类是全年持续性好的区域,主要包括热带中东太平洋马蹄形海域、热带中东印度洋、热带西太平洋,持续时间一般在10个月以上,其中又以热带中东太平洋马蹄形海域北支、赤道中东印度洋夏季海温异常的持续时间最

长, 可长 20 个月左右。另一类是全年持续性差的区域, 主要包括西北太平洋 (日本东南洋面)、东亚沿海, 持续时间一般为 3 个月左右。第三类是存在季节性转换的区域, 主要包括赤道东太平洋, 南海。下面将分析 3 类区域 SSTA 持续时间逐月的变化特征。

为此, 选取西北太平洋、热带中东太平洋马蹄形北支区域、赤道东太平洋分别代表上述 3 种类型海域, 计算出区域平均各月 SSTA 持续时间, 结果如图 4 所示。西北太平洋的 SSTA 持续时间全年在 5 个月以下, 持续性也存在季节变化, 12 月份持续性最好, 持续时间为 5 个月, 4—11 月份的持续时间仅为 1、2 个月。赤道东太平洋的持续时间长度在 1—4 月间大幅的上升展示了持续性的季节转变特征, 而 4 月份以后的各月持续时间呈规律地变短。热带中东太平洋马蹄形北支区域各月的持续时间长度都在 12 个月以上。该区域的持续时间长度的季节分布显现出多峰值的情形, 一个峰值位于 3 月份, 另一个位于 9 月份, 持续时间长度均为 16 个月。

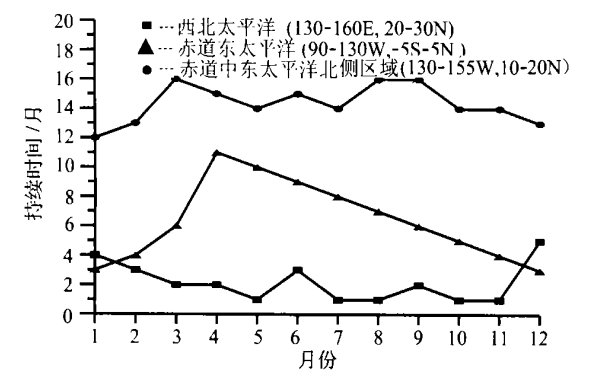


图 4 不同区域平均 SSTA 的持续时间的季节变化

Fig. 4 Seasonal variations of the persistence of regional mean SSTA for three areas

3 与东亚冬季风相联系的海域的 SSTA 持续特征

孙淑清等^[8] 分析东亚冬季风异常年的海温异常演变时指出, 南海、东亚沿海、热带西太平洋在冬季的海温异常可以持续到夏季。因此本节将对南海、东亚沿海、热带西太平洋暖池的东部区域等三个区域的区域平均 SSTA 各月的持续性特征进行分析。图 5 是上述三个海区区域平均 SSTA 的持续时间的季节变化曲线图。从图 5 可发现, 南海海温异常的持续性在 9 月份最差, 持续时间只有 1 个月, 12 月份持续性急剧好转, 可以持续到第二年的 8 月份。南海海温异常持续性的季节转换时间与赤道

东太平洋的不同, 前者出现在秋季, 而后者出现在春季。东亚沿海的持续性情况是三个海域中最糟糕的, 即使在持续性最好的 12 月份, 持续时间也只有 6 个月, 即 12 月份的 SSTA 可持续到下一年的 6 月份, 其它月份一般持续 1—3 个月。热带西太平洋东部暖池的持续性是这三个海域中最好的, 各月的持续时间都在 7 个月以上, 但也存在季节性变化, 由 4 月份 7 个月 SSTA 持续时间长度激增到 5 月份的 13 个月, 该区域的 SSTA 的持续时间的季节变化趋势与赤道东太平洋海域的情形较相似 (图 4)。

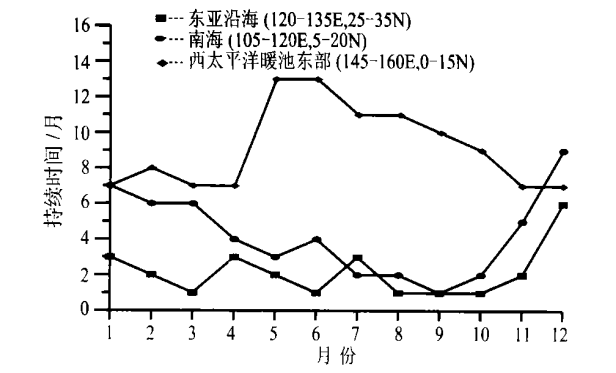


图 5 西北太平洋三个不同区域平均 SSTA 的持续时间长度

Fig. 5 Seasonal variations of the persistence of regional mean SSTA for three areas in northwestern Pacific

4 结 论

本文通过对印度洋、太平洋的海温异常持续性特征的分析, 得到如下初步结论:

根据 SSTA 的持续性特征, 印度洋—太平洋可分为 3 大类区域。一类是全年各月持续性好的区域, 主要包括热带中东太平洋马蹄形海域、赤道中东印度洋、热带西太平洋, 持续时间一般在 10 个月以上, 其中又以热带中东太平洋马蹄形海域北支、赤道中东印度洋夏季海温异常的持续时间最长, 可长 20 个月左右。另一类是全年各月持续性差的区域, 主要包括西北太平洋 (日本东南洋面)、东亚沿海和东南太平洋, 持续时间一般为 3 个月左右。第三类是海温异常持续性存在季节性变化的区域, 主要包括赤道东太平洋, 南海。SSTA 持续性分布存在明显的季节变化, 可分为冬夏两种分布型, 就大范围海域的情况来说是夏季持续性要比冬季好。两种分布型间的转换与冬夏季的转换同步。赤道东太平洋和南海区域的冬夏间 SSTA 持续性的差异最明显。当从冬季转入夏季时, 赤道东太平洋的持续性由差变好, 南海地区的情况与之相反。

受东亚冬季风直接影响的东亚沿海的海温异常持续性全年较差,但也有明显的季节变化,冬季的持续性(持续时间 5 个月左右)比其他季节的(持续时间 2 个月左右)要好。南海的 SSTA 持续性要比东亚沿海区域的好得多, SSTA 持续时间长度在 9 月份最差,持续时间只有 1 个月,冬季 12 月份持续性最好,持续时间长度为 8 个月。南海 SSTA 持续性的季节变化和东亚沿海区域类似,也是在冬季转好。热带西太平洋的持续性分布很不均匀,全年 SSTA 持续性好的区域只是其中的一部分区域。

参考文献:

[1] RASMUSSEN E N, CARPENTER T N. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind field associated with the Southern Oscillation/El Niño[J] . Mon Wea Rev, 1982, 110: 354—384.
[2] KLEIN S A, SODEN B J, LAU N C. Remote sea surface temperature variations during ENSO: Evidence for a tropical

atmospheric bridge[J] . J Climate, 1999, 12: 917—932.
[3] WEARE B C, SOONG A. Empirical orthogonal analysis of Pacific sea surface temperature[J] . J Phys Ocean, 1976, 6: 671—678.
[4] BJERKNES J. Atmospheric teleconnections from the Equatorial Pacific[J] . Mon Wea Rev, 1969, 97: 63—172.
[5] 陈隽, 孙淑清. 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 I . 强弱冬季风影响的对比研究[J] . 大气科学, 1999, 23(1): 101—111.
[6] 孙淑清, 陈隽. 异常东亚冬季风对夏季南海地区风场及热力场的影响[J] . 气候与环境研究, 2000, 5: 400—416.
[7] SUN B M, SUN S Q. The analysis on the features of the atmospheric circulation in preceding winter for the summer drought and flooding in the Yangtze and Huaihe river valley [J] . Adv Atmos Sci, 1994, 11: 79—90.
[8] 陈隽, 孙淑清. 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 II . 冬季风异常对全球热带海温变化的影响[J] . 大气科学, 1999, 23(3): 286—295.

On the Characteristics of Sea Surface Temperature Anomalies Persistence in the Indian Pacific Ocean

PENG Yong gang, JIAN Mao qiu, LIANG Qiao qian, LUO Hui bang
(Research Center for Monsoon and Environment /

Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Using Reynolds & Smith’s reconstructed monthly SST data (1950—1998) , the characteristics of the sea surface temperature anomalies persistence (SSTAP) over the Indian Pacific Ocean have been investigated. The results show that the lengths of SSTAP are various in the Indian Pacific Ocean. The sea areas can be sorted into three different types, one is with good SSTAP in all seasons, including the equatorial central to eastern Indian ocean, the tropical western Pacific and the U shape sea areas around the the equatorial central to eastern Pacific; the second with poor SSTAP in all seasons, including marine East Asian and the south estaem Pacific; and the third with remarkable seasonal variation, including the South China Sea and the the equatorial eastern Pacific. The lengths of SSTAP in all three types also vary with seasons. The SSTAP in summer is better than that in winter in the equatorial eastern Pacific, but the reverse is found in the the South China Sea and the marine East Asian.

Key words: East Asian Winter Monsoon (EAWM); SSTA; characteristics of SSTA persistence