

西太平洋副热带高压对热带 海温异常响应的研究^{*}

应 明^{**} 孙淑清

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘 要 利用多年的观测资料, 研究了西太平洋副热带高压对热带海温异常的响应及其相互作用过程。着重研究冬、夏季西太平洋副高对同期及前期不同海域(特别是赤道东、西太平洋以及印度洋海域)海温异常的响应; 用 SVD 方法分析了夏季副热带高压与前冬、前春及同期各月全球海温的最佳耦合模态。在对比研究西太平洋副热带高压异常时其垂直环流变化的基础上, 进而研究海气相互作用对副热带高压影响的物理过程。

关键词: 副热带高压; 海温异常; 垂直环流; 海气耦合

1 引言

副热带高压带是连接中、低纬度环流系统的纽带。它的活动和变异直接关系着全球环流系统及气候变化, 因此历来受到人们的重视。从 20 世纪 50 年代开始, 我国气象学先辈就对西太平洋副高和青藏高原高压的变化对我国天气气候的影响进行了一系列卓有成效的研究^[1,2]。近年来, 人们从大气环流持续异常的角度, 研究了副热带环流持续异常的特征^[3,4]。结果表明, 西太平洋副热带环流的持续异常联系着西风带特定区域如欧洲、北非和大西洋地区的环流异常, 它还与印度季风及其他热带系统也有很好的关系。这些研究表明, 副热带环流的变异是全球大气环流变异的一部分, 它们之间有着十分密切的关系。

海温与副热带高压的关系历来是人们关注的课题。近年来, 在研究 El Niño 现象与大气环流相互作用时也注意到它对西太平洋副热带高压的强度和位置有很大影响^[5]。但是不同的 El Niño 位相期它对副热带高压的影响也不同。不同海域的海温异常对副高的影响也有很大的差异。Nitta^[6]和黄荣辉等^[7]在研究西太平洋暖池区海温异常的作用时指出, 菲律宾周围对流活动强的夏季, 副热带高压位置偏北, 反之则偏南。他们认为是热带西太平洋暖池区的海温影响了该地区的对流活动, 进而影响西太平洋副高的变化。但是, Nitta^[8]指出这种影响也有不确定的方面。印度洋海温异常对副高的影响近年来也受到人们的重视, 如罗绍华、金祖辉等^[9]认为, 北印度洋和南海海温偏暖时, 有利于夏季西太平洋副热带高压脊的加强及西伸。陈烈庭^[10]和吴国雄等^[11]则研究了印度洋海温异常, 特别是印度洋-太平洋海温相互配置及它们的纬向梯度在大气环流乃至海气相

相互作用中的重要性。但是大多数上述的这类研究都尚未能很好地建立副高与海温两者之间较为确定的关系。

本文将着重考察西太平洋副高对同期及前期不同海域海温异常的响应, 分析它与不同时期全球海温的最佳耦合模态; 并在研究太平洋副热带高压异常时其结构变化的基础上, 进而研究海气相互作用对副热带高压影响的物理过程。

2 资料与分析方法

所用的基本资料为中国气象局提供的 1951~1995 年 45 年的北半球 500 hPa 位势高度场和相应的海温, 及 NCEP/NCAR 再分析的逐日资料等。

副热带高压强度和面积指数是用下述方法计算的: 500 hPa 北半球副热带高压带强度用 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 范围内 $H>5860$ 位势米的格点上之高度平均值 (当该区域内无大于 5860 位势米的格点时, 则取 5850 位势米), 格点数即为面积指数。对西太平洋副高取范围为 ($10^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$), 这比中国气象局定义的范围 ($110^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$) 大而偏东, 它大体上包容了西太平洋副高中心所在的位置。这是因为本文不仅要关心与我国气候有关的副高西脊点的变化, 更重要的是副高单体本身的活动, 需要描述它中心地区的异常情况。

在选择强、弱副高年时, 由于夏季各月副高脊线位置的差异, 对 6、7、8 (JJA) 三个月分别选强、弱个例进行合成。而冬季由于副高比较稳定, 因此用 12、1、2 (DJF) 三个月的平均值来代表。我们计算了上述指数的标准差, 选出西太平洋副高的强、弱个例。冬季个例以 ± 0.7 为标准, 夏季个例则以 ± 1.0 为标准。从冬季和夏季强、弱副高的 500 hPa 高度距平合成图 (图略) 看, 对强年和弱年, 不仅副热带地区的环流有很大的差别, 而且全球的高度距平场也有明显的不同。它们分布的符号几乎完全相反。这就说明, 西太平洋副高的异常紧密地联系着全球环流的变化, 不仅表现在中高纬度地区, 也表现在热带地区。这一点在文献[12]中已有讨论。

我们用相关及合成分析的方法普查副热带高压与热带内外系统以及对流活动和海表温度的关系。此外, 还用奇异值分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 方法^[13]研究副高与海温之间的耦合模态。它是 EOF 分析的扩展, 其矩阵运算的执行过程与 EOF 类似, 但矩阵是矩形和非对称的, 因此有更广泛的适用性。它擅长于识别和提取两个要素场之间的最佳耦合模态, 是一种研究不同要素之间耦合关系的有效方法。我们用它来考察强、弱副热带高压与海温变化的耦合关系。在进行 SVD 分析时, 考虑到位势高度在热带、副热带地区的变率远小于中、高纬度地区, 不利于提取副热带地区的异常信号, 因此用 500 hPa 的流函数场来代替位势高度场。

3 西太平洋副热带高压对海温异常的响应

3.1 海温异常与副热带高压的强度变化

先对冬季 (DJF) 及夏季各月副热带高压的强度与同期全球海温计算相关, 发现不论冬夏, 在热带地区都有几个相关值极高的关键区。图 1 给出冬季 (DJF) 及 7 月的相

关图, 图中阴影区的相关系数超过 0.05 信度的要求。在冬季(图 1a)赤道中、东太平洋和东印度洋均为正相关区, 尤以前者强度最强, 它表征强的副热带高压对应该海域为正海温距平。而值得注意的是, 自孟加拉湾、南海至东亚沿岸海域也为正相关区。这是由于当强的西太平洋副高控制时, 其西侧的偏南风削弱了冬季风的南侵, 冷涌活动减少, 因而使邻近海域的海温出现正距平。

夏季(JJA)的相关图(图 1b)上有三个正相关区。它们是赤道中、东太平洋, 西大西洋和印度洋直至南海海域。中、东太平洋的正相关区强度大, 面积也大。这说明赤道中、东太平洋海温的正距平将对应强的西太平洋副高, 不论它发生在冬季或夏季。另

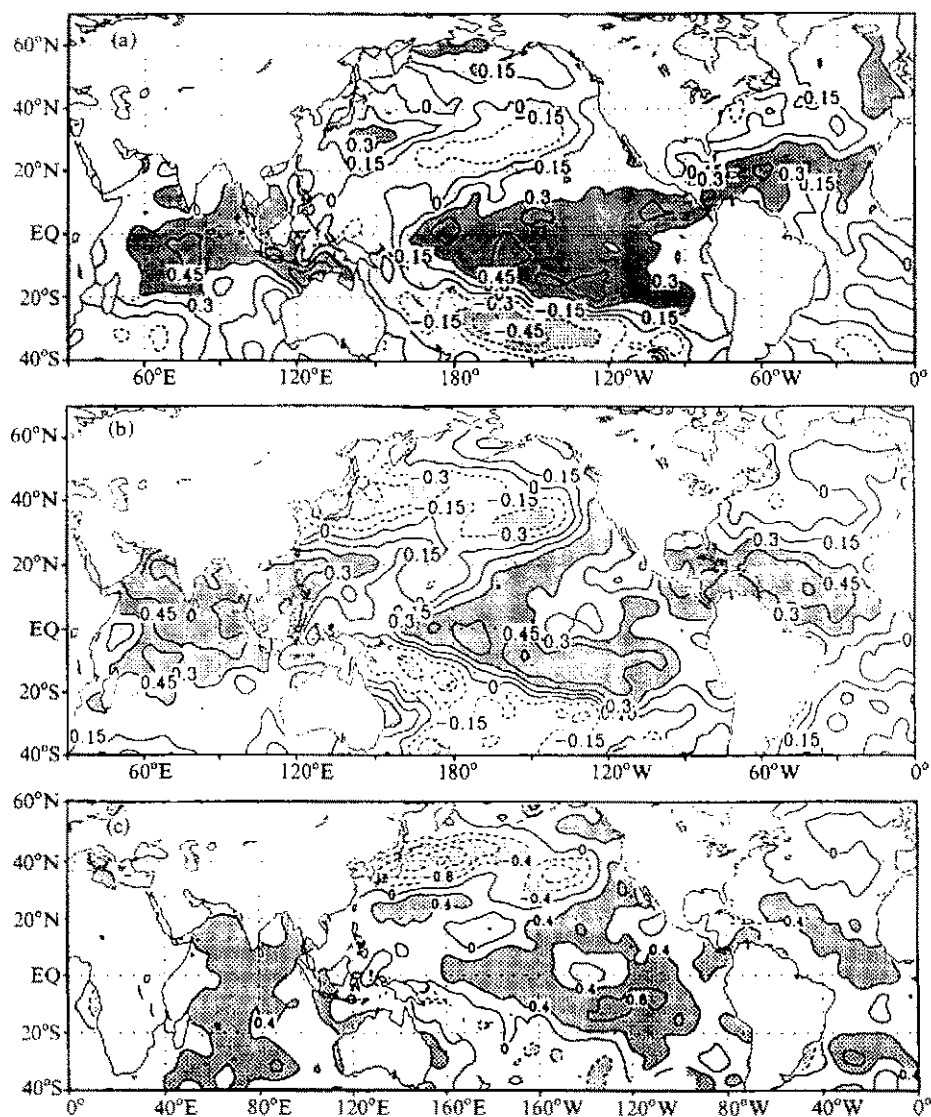


图 1 西太平洋副高强度与 SST 的相关图

(a) 冬季的同期相关; (b) 夏季的同期相关, 阴影区为超过信度 0.05;

(c) 强弱副高年 SST 距平合成的差值(7月)

一个正相关区为印度洋经孟加拉湾至南海并延伸至 20°N 以北的西太平洋, 它的强度仅次于前者。为了进一步说明这一点, 我们绘制了强、弱副高年的海温距平合成图 (对于 7 月而言, 分别有 7 个个例)。从两者的差值图 (图 1c) 也可以看出, 热带地区有三个正值区, 与相关图上的分布一致。强、弱副高年该地区的海温差值可达 0.4°C 以上, 而在赤道东太平洋则达到 0.8°C 。值得一提的是印度洋地区的海温正距平。它说明该地区的海温异常与西太平洋副高的强度有十分密切的遥相关。近年来, 人们也开始注意该海域海温异常对大气环流的影响。文献[10,11]讨论过印度洋与太平洋的海温纬向分布异常对亚洲季风乃至全球大气环流的影响。这里则进一步说明了它与副高活动的关系。

从图 1 看, 夏季副高强度与西太平洋海温的同期相关高值区主要表现在南海至菲律宾地区, 以东则较小, 没有达到信度。6、8 月的情况也大致相同。这说明对于同期相关而言, 该海域的海温异常与西太平洋副高强度的关系大体上为正相关。这一点与已有的工作结论是一致的。

3.2 西太平洋副高对海温的滞后响应

从以上分析可见, 海温与副高强度的变异有着密切的关系。为进一步研究夏季副高强度对前期海温异常的响应, 我们分析了 7 月副高强度和其前期海温的滞后相关。

图 2 是 7 月副高强度和前冬 2 月、前春 4 月和 6 月海温所作的相关分布。由图可见, 7 月副高与其前期 2 月海温的主要正相关分布在热带的中、东太平洋、印度洋和南海以及中纬的黑潮海区, 几个热带海区的相关中心普遍高于 0.45, 黑潮区为 0.3; 负相关位于北太平洋西风漂流区和西太平洋菲律宾以东, 中心值在 0.3 以上。随着时间变化, 热带的正相关区强度较为稳定, 南海和菲律宾海区的正相关明显扩大, 黑潮区则由正相关变成负相关。因此, 夏季副高偏强时, 前期的热带中、东太平洋和印度洋海区的海温持续偏高, 相关强度在海温超前副高 3 月左右时达到最强, 说明海气作用的强度具有季尺度的特征; 而西太平洋的南海及菲律宾附近相关符号的转变, 则说明西太平洋海温与副高强度的关系随季节而不同。

为了更直观地给出各关键区海温与副高强度相关随时间的变化, 我们作了沿 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 纬度带的经度-时间剖面, 如图 3 所示。可以看出, 对于印度洋至南海和东太平洋海域, 它们的正相关的最大值都出现在前期: 印度洋地区为 4~6 月, 东太平洋为 3~5 月。6 月和 8 月的情况也大致一样。这说明夏季副高的强度与该海域前冬和春季的海温异常关系最好, 该地区海温的持续异常将影响未来副热带高压的强度。龙振夏^[14]曾对夏季副高强度和位置与赤道东太平洋海温异常关系作过数值试验, 发现当东太平洋海温为正距平时, 副高强度强且偏北, 不管正海温距平发生在冬季或是由冬季一直持续至春季。这个结果与本文的分析是一致的。西大西洋的情况略有不同, 前冬海温与夏季副高的关系很不明显, 只到春季才出现正距平。

最值得注意的是西太平洋及所包含的暖池区。前面已经指出, 在同期相关图上该地区大体上为正相关区, 但位置较为偏西。滞后相关图上则可见在前冬, 120°E 以东为明显的负相关, 以西则为正相关区。但是由于剖面所选的纬度偏南, 不完全代表暖池区的位置。从图 2b 副高强度与前春 4 月海温的相关图看, 除了赤道东太平洋及印度洋为很强的正相关外, 南海至西太平洋也为正相关区。有一个小的负相关区位于 140°E 至日界线附近, 强度没有达到信度要求。可见暖池区的海温对副高的影响从冬至夏有一个变

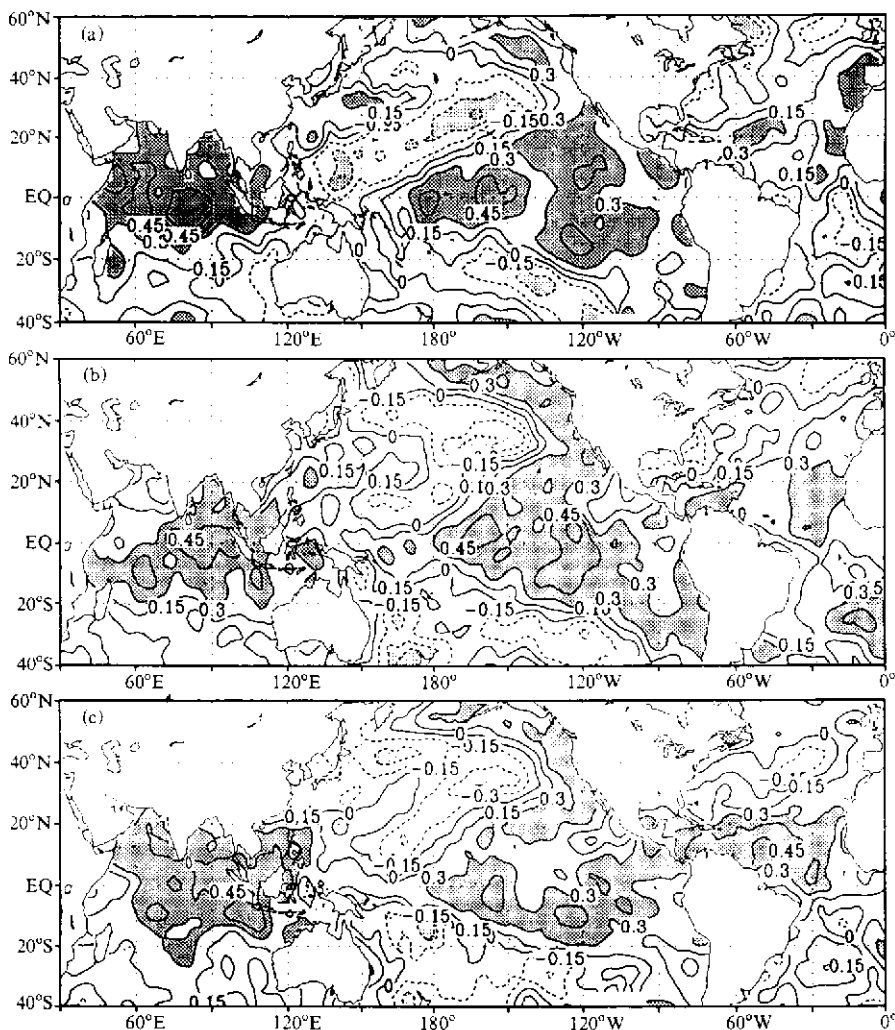


图2 7月西太平洋副高强度与前期海温的相关分布

(a) 2月海温; (b) 4月海温; (c) 6月海温。阴影区为达到0.05信度水平的区域

化, 前冬的海温与夏季副高的强度是负相关的, 而到了春季以后则变成了正相关, 一直持续至夏季。但总的来说, 相关系数皆较小, 不如赤道东太平洋和印度洋, 这一点与前人的工作是有差别的。

3.3 西太平洋副高与海温的耦合模态

通过相关分析, 可以看到太平洋和印度洋海区有几个关键区的海温与副高存在着良好的关系。尤其夏季, 前期海温对副高异常型的强迫具有很好的持续性, 显著的相关关系可以从同期一直追溯至前冬。

我们用 SVD 方法来寻找夏季西太平洋副高与海温的最佳耦合模态, 以进一步认识它们之间的关系。鉴于高度场所表现的高纬信号太强而低纬信号很弱, 不利于衡量热带、副热带的异常状况, 为此采用流函数(ψ)代替高度场与海温作 SVD 分解。由于

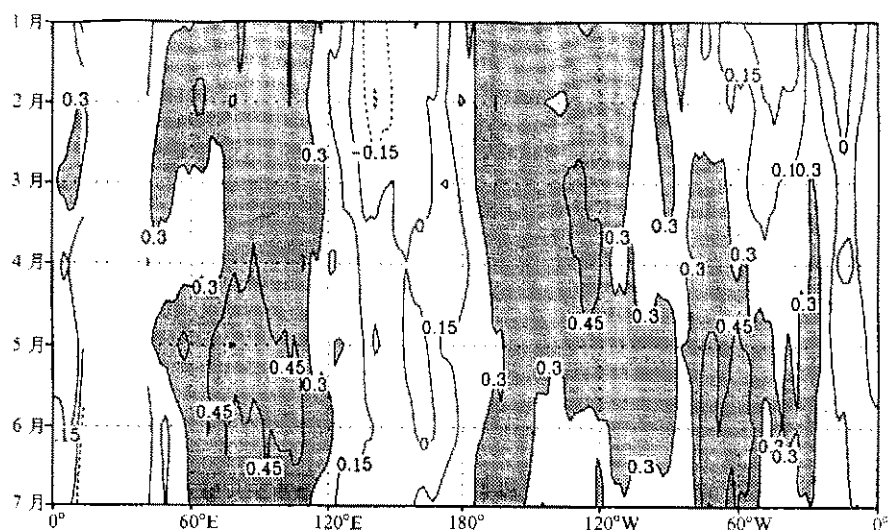


图3 7月副高强度与SST的滞后相关剖面图(沿10°S~15°N平均)
阴影区为达到0.05信度水平的区域

SVD 分析需要有足够的样本, 因此我们采用了候平均资料, 并对有关资料都扣除了气候趋势, 进行适当的处理, 使它们的样本长度相匹配。

初步的分析发现, 不同时间的海温与7月流函数SVD分解的结果, 流函数场的几个前导模态基本一致, 体现出耦合模态的稳定性。表1中给出各次SVD分析的三个前导显著耦合模的统计参量, 耦合模态左、右场展开系数变化的趋势相一致, 用模态序号前面的“+”号表示, 展开系数变化的趋势相反则用“-”号表示。可见, 各次SVD分析前两个模态的方差贡献(SCF)和左、右场的相关均很高, 说明其代表性较好。下面重点讨论这两个模态的耦合特征。

表1 7月 ψ 场和不同时期海温SVD分解的前三个耦合模的统计参量

SVD 模态		SST 自方差 (%)	SCF(%)	R	ψ 自方差 (%)
海温为前冬	+1	5.06	45.58	0.73	35.07
	+2	12.47	22.26	0.59	10.85
	+3	3.86	7.13	0.68	8.43
海温为前春	+1	7.70	53.95	0.76	33.08
	+2	11.88	22.01	0.61	13.63
	+3	4.53	5.81	0.67	7.78
海温为7月	+1	13.88	69.27	0.79	32.75
	+2	8.69	11.84	0.64	13.77
	+3	7.46	5.65	0.62	8.13

为了讨论方便, 我们先来考查第二模态的情况, 如图4所示。展开系数为正时, 流函数场的特征为副高整体偏弱, 此时东亚大槽强度偏弱(为正值区), 热带ITCZ则相对较强(负值区)。海温场的模态, DJF的主要相关区在东太平洋为负, 西太平洋为

正, 印度洋是弱的负相关; 到了前春 (图 4b), 太平洋上两个主要相关区位置仍旧维持, 但东印度洋地区的负相关则加强; 到了同期 (图 4c), 这时前两个相关区强度大为减弱, 而整个印度洋向东至南海都变成了强负相关区。可见, 第二模态的流函数场异常所对应的前期耦合海温是典型的 La Niña (展开系数为正) 或 El Niño (展开系数为负) 的特征, 东印度洋海温与东太平洋海温的变化是一致的。这种耦合型的海温分布同我们前面所作的相关分析较为一致; 对比前冬、前春和同期三张图可见, 对太平洋海区的两个关键区, 越接近同期, 其相关值越低, 这一点也与滞后相关分析是一致的。相应的流函数场特征也与前面的分析结果吻合。

现在再来比较第一模态 (图 5) 的情况: 第一模态的流函数场 (图 5d), 在展开系数为正时, 其分布以正相关区为主, 主要的正相关分布在副高的南、北两侧, 而 25°N 附近为低值带。从该模态的流型看, 在 7 月副高的平均位置上, 为一个气旋环流区, 而西南侧为反气旋环流异常。这标志在展开系数为正的情况下, 西太平洋副高偏弱, 而赤道辐合带也偏弱。这时对应的海温为赤道东太平洋是负距平区, 大体为一种 La Niña 型分布。

该模态与第二模态的主要差别为它所对应的赤道辐合带特别弱, 或者位置十分偏南。从第一模态所对应的前冬至同期的海温距平分布大体与第二模态的情况一致。但有两个主要的差别: 对太平洋地区而言, 这种类型的副高所对应的海温耦合型是在前期较弱, 同期则为最强。这是与第二模态相反的, 即同期太平洋海区的海温分布对它的影响最强。另一个差异是印度洋海域, 从前冬到同期, 东西印度洋呈现相反的符号, 零线几乎是南北走向, 也就是说, 与第二模态不同, 印度洋海温的东西向梯度的配置影响了这个模态副高的异常。陈烈庭^[10]曾经指出: 印度洋至太平洋赤道地区, 海温距平纬向分布的两种类型之一, 为西印度洋和东太平洋海温偏低, 而东印度洋和西太平洋海温偏高。我们也曾经提到, 1988 年夏季的海温就是类似于这样的一种分布形式。因此, 这种类型的耦合模态也是值得我们注意的。

模态三的流场特征是副高偏北, 在 140°E 以东强度偏强, 而在东亚大陆沿海则基本正常, 特别突出的是赤道辐合带明显偏强, 相应的前冬至同期的海温相关普遍较弱, 印度洋海温的影响尤其清楚。由于该模态所占的方差比重较小, 因此没有给出相应的图。但是这种模态反映了太平洋副高偏北的异常情况, 仍是值得我们十分关注的。

总之, SVD 分析所反映的耦合特征, 说明了热带太平洋及印度洋海域的海温对西太平洋副高异常具有重要的作用, 这种重要性不仅表现在其对副高强度的变异有影响, 也表现在其对副高形态乃至副高与其周边地区环流的配置有着重要的影响。此外, 从前两个耦合模态的对比, 我们也可以看到, 印度洋的海温与东太平洋海温的关系并不总是正的相关, 两大洋的海温的具体配置形式对东亚大气环流的异常也有着重要的意义。

西太平洋副热带高压与海温的上述相关表明了一种怎样的海气相互作用过程呢? 研究表明, 夏季强的西太平洋副热带高压对应着强的对流活动区, 包括赤道东太平洋、西印度洋地区和西太平洋暖池区。对照图 1 即可看出, 前两个强对流区正是海温的正距平区, 这是强副高年的特征。为此, 我们来进一步分析强、弱副高在环流结构上的差异, 以探讨它与海温相互作用的过程。

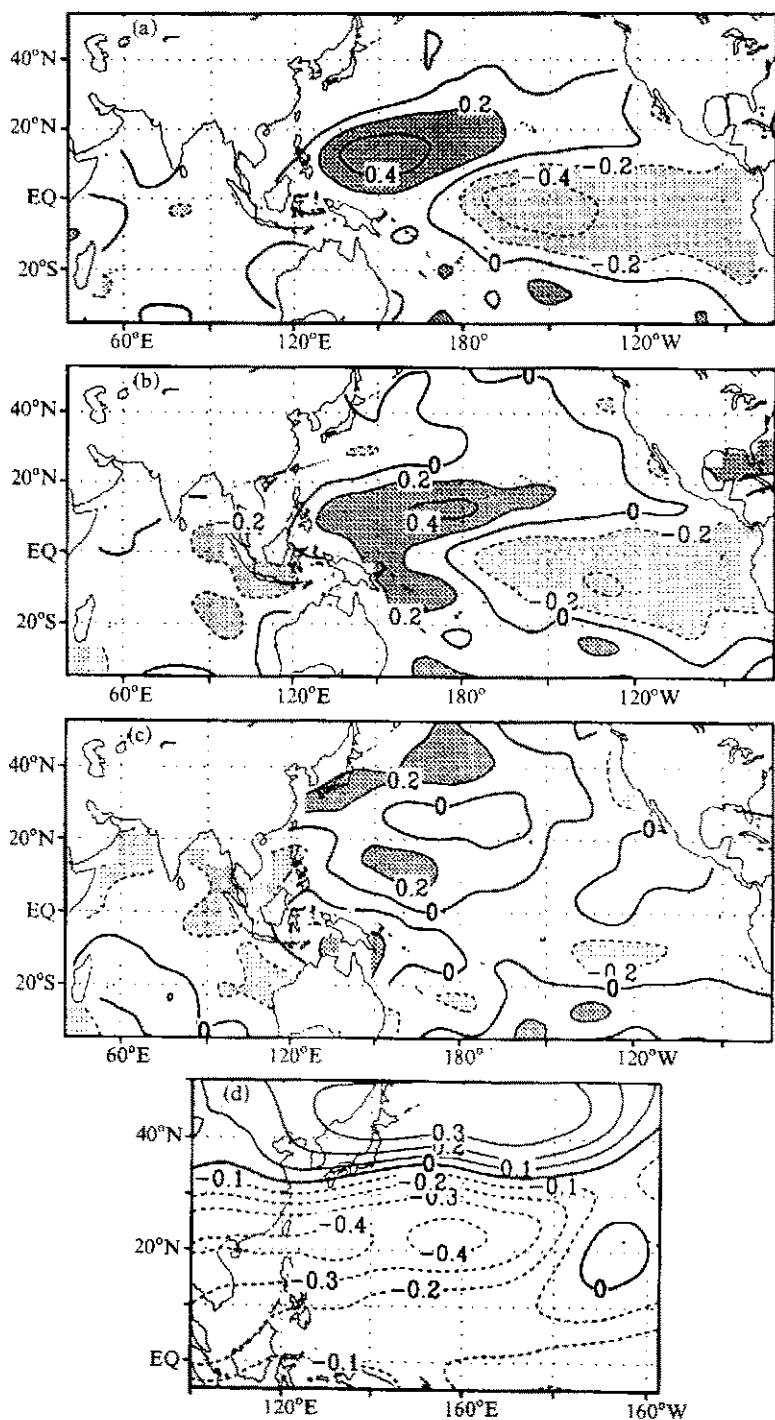


图4 SVD分析第二耦合模态的异性相关分布, 阴影区为达到0.05信度水平的区域

(a) DJF左场(SST)的分布; (b) MAM左场(SST)的分布;

(c) 7月的左场(SST)的分布; (d) 7月的右场(ψ)的分布

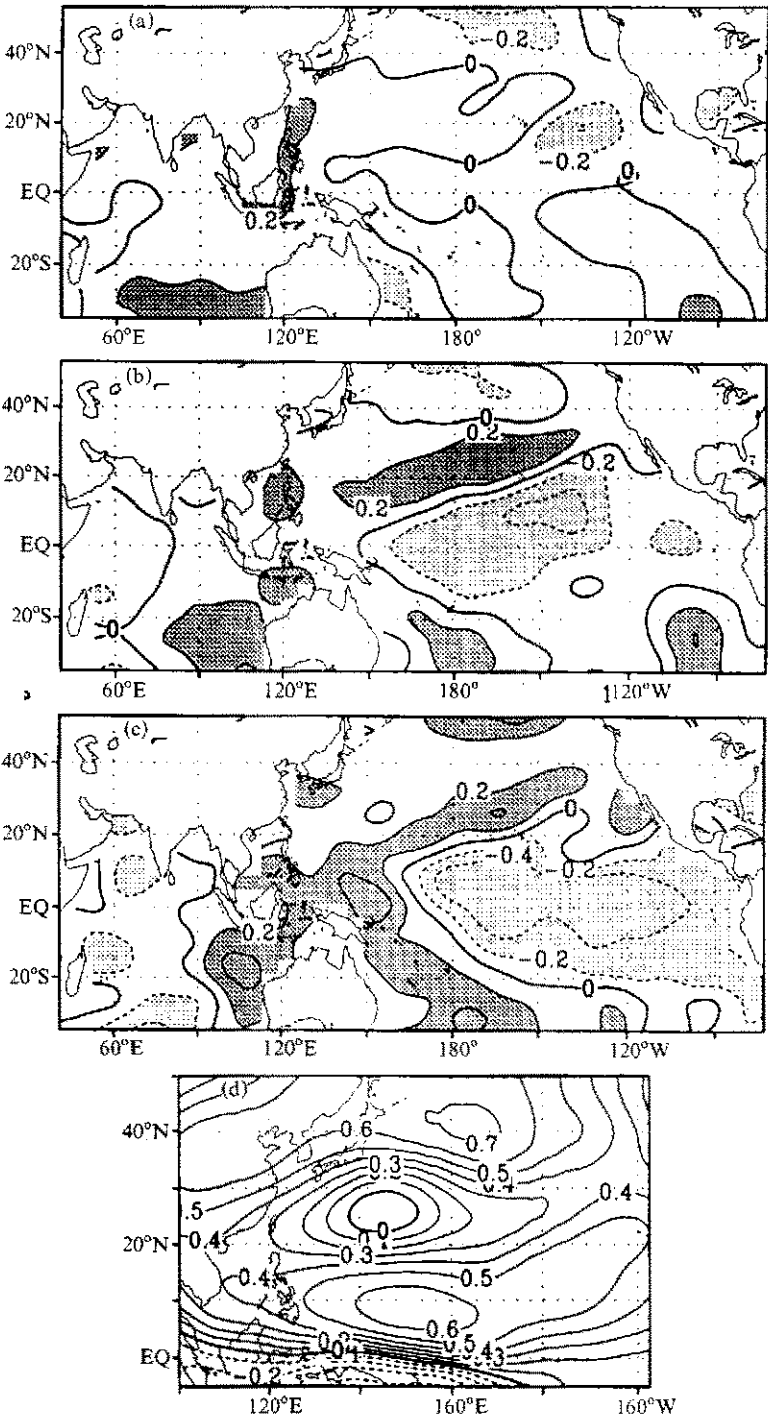


图5 同图4, 但为SVD分析的第一模态

4 强弱副热带高压的结构分析

4.1 大尺度速度势场分析

西太平洋副热带高压的强度与热带地区的海温变化密切相关。我们曾发现^[12]，副高异常的年份热带高低层纬向风有着完全不同的变化：高层是西风距平的区域在低层为东风距平；而高层是东风距平的区域低层则相反（图略）。这在一定程度上说明了副热带高压偏强或偏弱年，热带的垂直环流也发生了相应的变化。为了深入讨论这个问题，我们先计算了低层 850 hPa 和 200 hPa 的速度势 χ 。在这里， χ 的正值代表辐合，负值则代表辐散。由于大尺度散度场在高层与低层对应得较好，我们的讨论以低层的 χ 场为主。

多年平均的冬季大尺度辐散场表明热带太平洋地区是一个正 Walker 环流圈。在副高强年， χ 距平场的特征是东太平洋为正距平中心（5°S，120°W），西太平洋则为负距平中心（10°N，165°E）；此外，印度洋中部和北非大陆也分别有弱的正负距平中心。副高弱年，其分布则完全相反。图 6a 为强弱副高的 χ 场距平的差值图。从图中可以清晰地看到赤道东太平洋正差值区与西太平洋的负差值区。这也就是说，冬季副热带高压强时，热带地区的纬向垂直距平环流大致为东太平洋及中印度洋辐合上升，西太平洋和非洲大陆上空下沉辐散的环流，即 Walker 环流偏弱。200 hPa 的 χ 场分布与低层完全相反，它呈现出东太平洋及中印度洋为辐散，而西太平洋和非洲大陆为辐合。这种配置表明，强副高年，Walker 环流将偏弱，反之则加强。

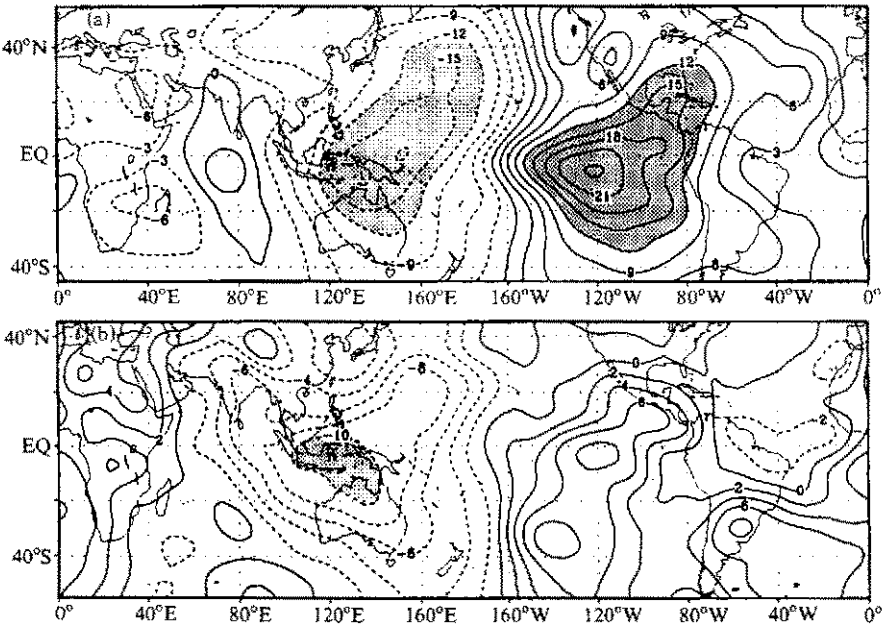


图 6 850 hPa 强弱副高年速度势 χ 差值的水平分布（单位： $10^5 \text{ m}^2/\text{s}$ ）
(a) 冬季；(b) 夏季 7 月

夏季速度势场的分布略有不同。以 7 月为例 (图 6b), 平均场上辐合中心位于 (15°N , 140°E) 附近, 西太平洋的上升支在北半球的暖池区上空。速度势的正、负距平呈纬向一波型分布, 副高强年负距平中心位于 (5°S , 120°E) 附近, 正中心在 (5°S , 120°W) 附近。弱年的主要距平位于北半球的副热带地区。可见, 7 月强副高年时在赤道地区, 大致为东太平洋低层辐合, 西太平洋至南海为辐散下沉区。这是一个反 Walker 差值环流的特征。弱副高年则相反。

4.2 纬圈环流的变化

为了给出围绕副高的环流结构, 我们作出纬圈方向的垂直剖面图。又因为我们更关心夏季副高的异常, 故作了 7 月份沿热带 ($0\sim 10^{\circ}\text{N}$) 纬向的垂直剖面图。

图 7 中, 强副高年的距平环流在中、东太平洋上空有明显的上升, 西太平洋暖池区附近也是弱上升, 印度洋则为广大的下沉区; 副高弱年中, 东太平洋和印度洋为与强年相反的气流, 西太平洋暖池附近则没有明显的垂直气流的变化。因此, 在这个纬带中 7 月副高强年 Walker 环流的下沉支减弱, 弱年下沉支增强; 而上升支的变化不明显, 这与上面对 χ 场的分析是完全一致的。我们所要关心的是: Walker 环流的变化与西太平洋副高异常是怎么联系的, 热带中东太平洋的距平上升与副高中心地区的距平下沉之间的关系怎样。

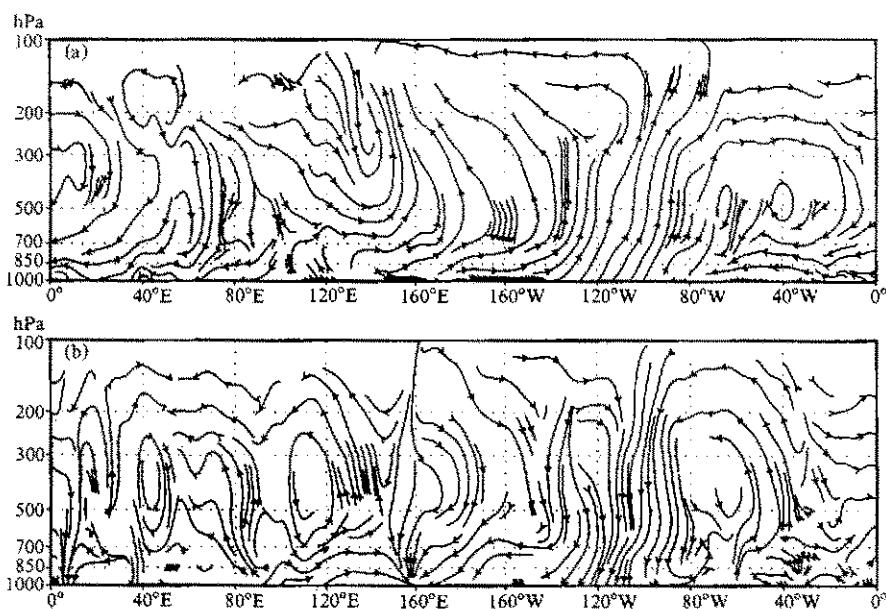


图 7 7 月沿 $0\sim 10^{\circ}\text{N}$ 纬度带平均的 Walker 环流分布

(a) 强年的距平; (b) 弱年的距平

4.3 垂直环流与海温异常

前一节已经指出, 在西太平洋副高强年, 赤道东太平洋海温为明显的正距平区, 该处也为极强的对流活动异常区。联系 Walker 环流的强弱对比, 该地区的垂直运动异常应与海温有关。为此我们制作了一个连接热带与副热带的垂直环流剖面图以考察热带地

区的海温变异如何影响副热带高压。参考夏季的平均速度势 χ 正、负中心的位置，以 $(50^{\circ}\text{E}, 20^{\circ}\text{S}) \sim (120^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N}) \sim (80^{\circ}\text{W}, 20^{\circ}\text{S})$ 为轴线，取其南北各5个纬度作平均，将风场的 u 、 v 、 ω 各分量投影到这个剖面上，得到一个从南半球的东太平洋和西印度洋到北半球西太平洋的副热带地区的垂直剖面（如图8a所示）。

这个剖面距平气流的分布为强副高年（图8b），热带中、东太平洋和东亚季风区为上升距平气流，而副热带的西太平洋和中印度洋则为下沉气流。风矢量在这个剖面上的投影显示出一个十分强烈的类似的反 Walker 环流：东太平洋的距平上升气流在西太平洋副热带地区下沉，很明显，这支距平上升气流与赤道东太平洋海温的正距平有关。而弱副高年（图8c）的距平环流正好相反：西太平洋副高中心位置为异常上升支，东太

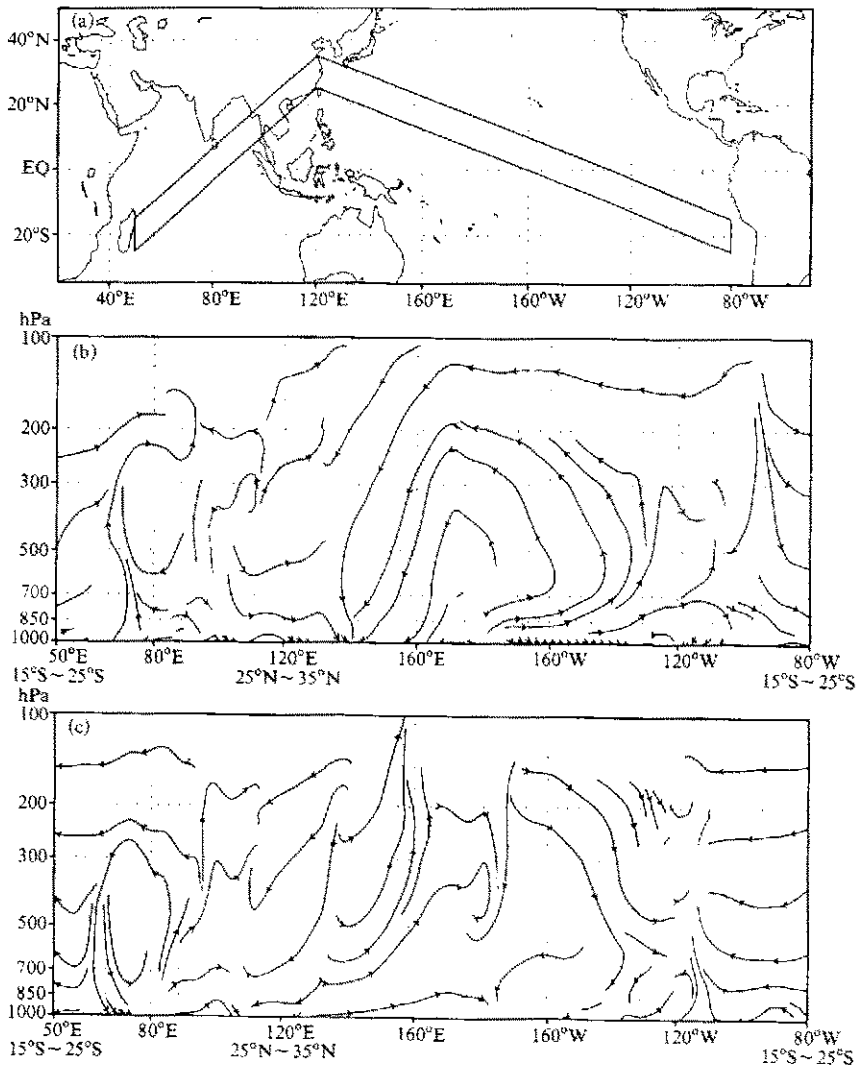


图8 7月，以 $(50^{\circ}\text{E}, 20^{\circ}\text{S}) \sim (120^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N}) \sim (80^{\circ}\text{W}, 20^{\circ}\text{S})$ 为轴，取其南、北各 5° 范围平均所得的垂直环流分布
(a) 垂直剖面示意图；(b) 强年的距平；(c) 弱年的距平

平洋下沉。这显然与该地区的海温负距平有关。

由此可见, 在强副高年, 不仅东亚季风区的上升气流向东流出并在副高区下沉, 与赤道东太平洋正距平海温相联系的上升气流也在其西侧的副热带地区下沉, 它们共同促进了副高的加强。在副高弱年所呈现的则是完全相反的环流特征。因此, 与太平洋副热带高压相联系的垂直环流密切联系着太平洋海温的异常。赤道地区的海温异常将持续地影响这种垂直环流。这种连接着热带与副热带的纬向环流我们不妨称之为 Walker 环流。它的异常极大地影响着太平洋副热带高压的强度。

5 结论

(1) 副热带高压的变异与海温的变化有十分密切的关系, 它的强度与全球海温之间有几个高相关区(赤道中、东太平洋、印度洋和西大西洋地区)。中、东太平洋的强度大, 面积也大, 冬、夏皆为正相关。而西太平洋地区冬季则为负相关, 与夏季情况相反。副高强年, 该海域的海温为负距平。滞后相关的研究表明, 海温与夏季副高的高相关区仍为上述三个地区, 它们在前冬就较明显, 大致在春季最强, 当月最小。一般情况下, 上述地区冬春季海温异常将持续影响夏季的副热带高压。

(2) SVD 分析的结果表明, 副高异常年最多出现的是 El Niño / La Niña 型的海温分布, 其中, 强副高年一般对应 El Niño 型海温; 而弱副高年则为 La Niña 型海温分布。热带太平洋及印度洋海域的海温, 特别是它在纬向的温度梯度及与太平洋海温的关系对西太平洋副高异常具有重要的作用, 这种重要性不仅表现在其对副高强度的变异有影响, 也表现在其对副高形态乃至副高南侧热带环流, ITCZ 的强度与配置都有着重要的影响。此外, 印度洋的海温与东太平洋海温的关系并不总是正的相关。两大洋的海温的具体配置形式对东亚大气环流的异常有着重要的意义。

(3) 与西太平洋副热带高压相联系的纬圈环流是一种连贯热带、副热带的环流圈。在强副高年, 异常环流圈呈现的是赤道东太平洋和印度洋为上升气流, 它们共同的下沉区即为西太平洋副热带高压所在的位置。而弱年的环流方向正好相反。经典的 Walker 环流这时并不典型。与强的西太平洋副热带高压相联系的垂直环流圈可以这样来描述: 在其东侧, 由赤道东太平洋海温异常造成的差值上升气流向西, 在副热带地区下沉; 而在副高的西侧, 印度洋的海温异常及东亚季风区的上升距平气流向其东侧的太平洋地区下沉; 弱年垂直环流圈的方向正好相反。这些, 构成了一个海气相互作用对西太平洋副高影响的图像。

参 考 文 献

- 1 黄仕松、余志豪, 副热带高压结构及其同大气环流有关若干问题的研究, 气象学报, 1961, 31, 339~359.
- 2 陶诗言, 中国夏季副热带天气系统若干问题的研究, 北京: 科学出版社, 1963.
- 3 庄世宇、纪立人, 夏季副热带西太平洋大气环流持续异常, 科学通报, 1997, 42, 2196~2199.
- 4 李金龙、纪立人, 夏季北半球500 hPa位势高度场持续性异常的地理分布及区域特征, 1994, 18, 163~172.
- 5 符淙斌、滕星林, 我国夏季的气候异常与埃尔尼诺/南方涛动现象的关系, 大气科学(特刊), 1988, 133~141.

- 6 Nitta, T., Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1987, **65**, 373~390.
- 7 黄荣辉, 孙凤英, 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响, *大气科学*, 1994, **18**, 456~464.
- 8 Nitta, T., Unusual summer weather over Japan in 1988 and its relationship to the tropics, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1990, **68**, 575~587.
- 9 罗绍华, 金祖辉, 北印度洋和南海海温异常对夏季环流及长江中下游梅雨期旱涝关系的探讨, *气象科学技术集刊 (季风论文专集)*, 北京: 气象出版社, 1987, **10**, 41~50.
- 10 陈烈庭, 热带印度洋-太平洋海温纬向异常及其对亚洲夏季风的影响, *大气科学 (特刊)*, 1988, 142~148.
- 11 吴国雄, 孟文, 赤道印度洋-太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件 I. 资料分析, *大气科学*, 1998, **22**(4), 470~480.
- 12 Sun Shuqing and Ying Ming, Subtropical high anomalies over the Western Pacific and the features of Asian monsoon and tropical air-sea interaction, *Recent Progress in Studies of Asian Monsoon Mechanism*, Edited by M. Murakami and Ding Yihui et al., Japan Meteorological Society, 1999.
- 13 Wallace, J. M. et al., Singular value decomposition of winter time sea surface temperature and 500 hPa height anomalies, *Journal of Climate*, 1992, **5**, 561~576.
- 14 龙振夏, 外源强迫对大气环流及气候变化影响的数值模拟研究, 中国科学院大气物理研究所博士学位论文, 1998.

A Study on the Response of Subtropical High over the Western Pacific on the SST Anomaly

Ying Ming and Sun Shuqing

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract Observational data are used to study the response of subtropical high over the western Pacific on the SST anomalies. The correlation of subtropical high strength and SST at various sea areas, lagged and simultaneous, has been calculated. Moreover, by using SVD method, the best coupling models between the subtropical high over the western Pacific in summer and the SST in the preceding seasons are studied. The longitudinal vertical cells associated with subtropical high are analyzed to investigate the air-sea interactions. A specifically vertical circulation related to the subtropical high anomalies is found, which closely links the vertical flow influenced by the SST anomaly in the tropical eastern Pacific.

Key words: subtropical high; SST anomaly; vertical circulations; air-sea coupling