

冬季太平洋海温的年代际变化 对亚洲地表气温异常的影响

琚建华¹ 任菊章²

(1 云南大学东南亚气候与环境研究中心, 昆明 650091)(2 云南省气象科学研究所, 昆明 650034)

摘 要 本文利用 1951 年~1999 年冬季海温场(SST)再分析资料, 分析得到 20 世纪 70 年代中期太平洋年代际振荡(PDO)由负(冷)位相转为正(暖)位相, 发生了显著的年代际变化。SVD 分析冬季北太平洋 SST 与亚洲地表温度(SAT)的结果表明, PDO 的年代际变化对亚洲 SAT 北部的增暖有显著的影响。这种影响主要是通过海气间的相互作用间接对亚洲 SAT 产生作用。当 PDO 模态进入暖位相的时候, 北半球 SLP 场主要表现出强阿留申低压, 弱西伯利亚高压和中低纬气压加强的特征, SLP 场的这种变化有利于中纬度西风带的加强, 使得亚洲北部大部分区域冬季增暖明显。

关键词 太平洋年代际振荡 亚洲北部 增暖 年代际变化

分类号 P461.2 **文献标识码** A

引 言

近百年来全球温度的增暖主要发生在两段时期: 一是 20 世纪 10 年代到 40 年代; 二是从 70 年代后期到现在。前一时期的增暖主要区域是北大西洋及附近地区, 而从 40 年代后到 70 年代中期, 北半球大部分地区的温度则有所下降。从 1976 年以来, 北半球中高纬度的大陆地区冬季和春季有强烈的增暖, 因此年平均温度也表现出显著的上升, 而北太平洋中部, 北美大陆东北部及格陵兰、南大西洋中纬地区等则略为变冷^[1]。在全球平均气温上升的情况下有些区域在降温, 各地的变化也不尽相同。从 1976 年以来, 北半球中高纬度的大陆地区冬季和春季有强烈的增暖趋势, 而北太平洋中部, 北美大陆东北部及格陵兰、南大西洋中纬度地区等则略微变冷^[2]。林学椿等人^[3]收集了 711 个站的温度资料, 建立了中国近一百多年的温度序列, 研究表明中国近百年温度变化与北半球的变化很类似, 都有两个增暖时段即 20 世纪 40 年代和 80 年代的增暖。

从全球和中国气温的变化来看, 气温的变化周期主要是 20 a, 1965~1970 年, 增暖的同

收稿日期: 2003-08-16; 修改稿日期: 2004-01-14

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: 40233033)资助

第一作者简介: 琚建华(1956-), 男(汉), 河南, 博士, 教授, 现在云南大学东南亚气候与环境研究中心工作, 主要从事全球气候变化与热带季风研究

时,也有一些区域在降温。Schlesinger 等^[4]指出形成 65—70 年周期的三种可能性:

- (1) 随机强迫,如 Hasselmann 的大气白噪声强迫海洋产生红噪声响应;
- (2) 外部振荡强迫,如太阳常数变化;
- (3) 海气系统内部振荡。

如果是第一类振荡,则应该在海洋上占优势。如果是第二类,则应该是全球性的,但是从分区研究来看至多在北大西洋、北美、欧亚大陆和非洲 65~70 a 周期较为明显。因此,这两位作者认为形成气温长周期变化的可能是第三类振荡,即海气相互作用而产生的振荡。近年来,有学者(Zhang 等,1997)^[5]提出太平洋年代际振荡(The Pacific Decadal Oscillation (PDO)),也称为太平洋准 EL Nino 气候变化,因为两种振荡的空间特征非常类似,只是振荡的时间尺度有所不同。自 20 世纪 70 年代中期之后,太平洋年代际振荡进入了暖位相时期,即北太平洋中部变冷,赤道太平洋东部及西部变暖,类似于厄尔尼诺事件的特征。我们知道厄尔尼诺事件的发生不仅引起热带大气环流的明显异常,而且通过大气的遥响应,中高纬度大气环流也将出现明显的异常。故本文重点研究太平洋海温的年际和年代际变化以及它是如何影响亚洲冬季地表气温的。

1 资料

我们使用了奇异值分解(SVD)分析了 SST 与 SAT 的相互关系。SVD 是一种分析两个要素场之间相关的方法,即得到两个要素场数对相关的空间分布,这种空间分布能最大解释要素场的方差。目前,该方法已广泛应用于两个要素场的气候诊断分析中^[6]。

本文所用的资料为 NCEP/NCAR 大气环流再分析资料^[7],包括地表气温资料(SAT)、海平面气压(SLP)资料,时间段取为 1948/1949~1998/1999 年。太平洋海温资料选自 Reynolds 1951 年~1999 年的全球海温场资料。1900 年 1 月~2000 年 12 月的 PDO 月平均指数资料来源于 ftp://ftp.atmos.washington.edu/mantua/pnw_impacta/INDICES/PDO.latest。

2 太平洋海温的年代际变化

大量的观测分析表明,北太平洋海洋大气组成的气候系统在 1976 年前后经历了一次明显的年代际调整。最早被注意到的大尺度变化是阿留申低压的加强和南移(大气部分)以及北太平洋中部海面温度(SST)的下降及东太平洋 SST 的升高(海洋部分)。为此我们先分析太平洋海温的年代际变化。利用 Reynolds 1951 年~1999 年冬季海温场(SST)再分析资料,对北太平洋冬季 SST 进行差值分析图 1,图中阴影区为超过 99%显著性检验的差值区域,主要区域为赤道太平洋中部 SST 和北太平洋东部 SST 为正值区,北太平洋中部 SST 为明显负值区。说明 1951 年~1999 年这段时间里冬季北太平洋海温在 1976 年前后发生了年代际变化,分布形式表现为北太平洋中部 SST 变冷,赤道北太平洋中部和北太平洋东部 SST 变暖。

近年来一些研究分析 20°N 以北太平洋海温的 EOF 第一模态时,提出太平洋年代际振荡(PDO)事件的持续时间为 20~30 a,而典型的 ENSO 事件是 6~18 个月。Minobe^[8]认为 20 世纪 PDO 扰动的两个主要周期是 15~25 a 和 50~70 a。许多研究发现上世纪有两个 PDO 循环:1890~1924 年和 1947~1976 年为 PDO 冷位相,1925~1946 和 1977(至今)为暖位相(Mantua, et al.; Minobe)^[9,10]。暖位相表现为赤道中、东太平洋地区的大面积增暖,而北太平洋中部变冷,相当于一种平抑的准永久性 El Nino 事件,与海温差值图的分布类似。可见冬季北太平洋海温在 20 世纪 70 年代中期之后进入 PDO 暖位相时期。

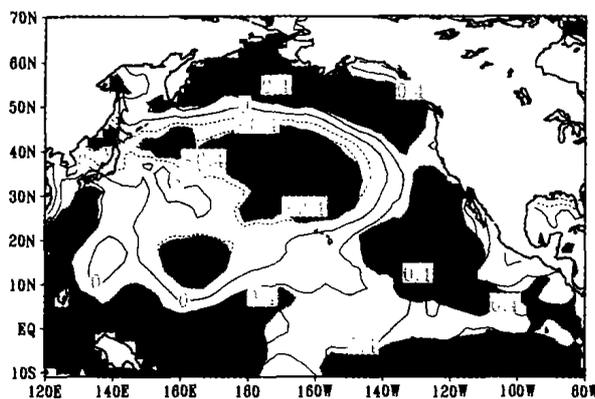


图 1 1977~1999 年与 1951~1976 年间冬季太平洋海温差值图(单位 $^{\circ}\text{C}$)
Fig. 1 Difference of Pacific SST between the 1951~1976 and 1977~1999 winter period (unit $^{\circ}\text{C}$)

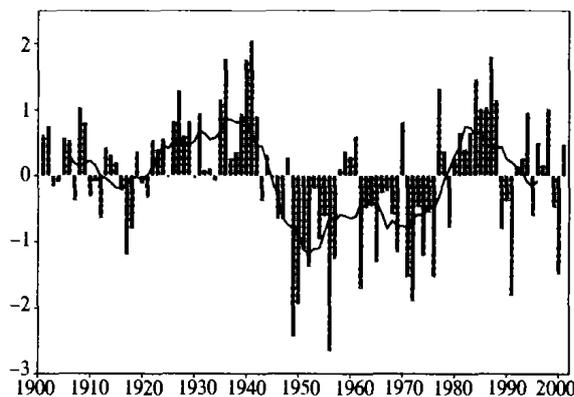


图 2 1901~2000 年冬季 PDO 指数的时间序列(实线为 11 年滑动曲线)
Fig. 2 Interannual variability of PDO index in winter

用 EOF 提取 20°N 以北太平洋海温第一特征向量场, 对应的时间序列定义为 PDO 指数, 分析 1901 年到 2000 年冬季(12、1、2 月的月平均)PDO 指数。

图 2 是冬季 PDO 指数的变化, 实线为 11a 滑动曲线。图中冷位相时期是 1944 年~1976 年, 暖位相时期是 1921 年~1943 年和 1977 年~2000 年。尽管在 20 世纪 80 年代末和 90 年代末有几次强的负值, 但整体基本仍为暖位相。

Bond 等人^[11]分析冬季北太平洋年代际振荡与北太平洋大气的相互作用时, 认为 PDO 暖位相有利于冬季北太平洋北部 500 hPa 槽的加深和发展, 而 500 hPa 高度场明显降低主要表现为冬季阿留申低压的加深并东移。一般阿留申低压秋季开始出现, 冬季最强(可达 996 hPa), 夏季消失。它的强弱变化与蒙古高压相反, 强盛时可吸引寒潮东去, 减弱时可使我国东部寒潮南下的频率增大。施能等人^[12]在分析了北半球冬季海平面气压场的气候基本态与气候变率特征后, 认为 20 世纪 70 年代以后的增暖与非常弱的西伯利亚高压和强的阿留申低压有关, 但没有解释成因。由于北太平洋海洋在长期气候变化中起着至关重要的作用, 因此, 我们需要分析北太平洋海温与亚洲冬季地表气温及北半球海平面气压的关系。

3 冬季北太平洋海温与亚洲地表气温的关系

由于我们仅有 1951 年 1 月~1998 年 12 月的 Reynolds 海温资料, 所以取时间段 1951 年冬季~1998 年冬季做 SVD 分析。对北太平洋(10°S ~ 70°N , 120°E ~ 80°W)海温场(SST)和

亚洲(0~60 °N, 60~150 °E)冬季地表气温场(SAT)进行 SVD 分解,结果见图 3。

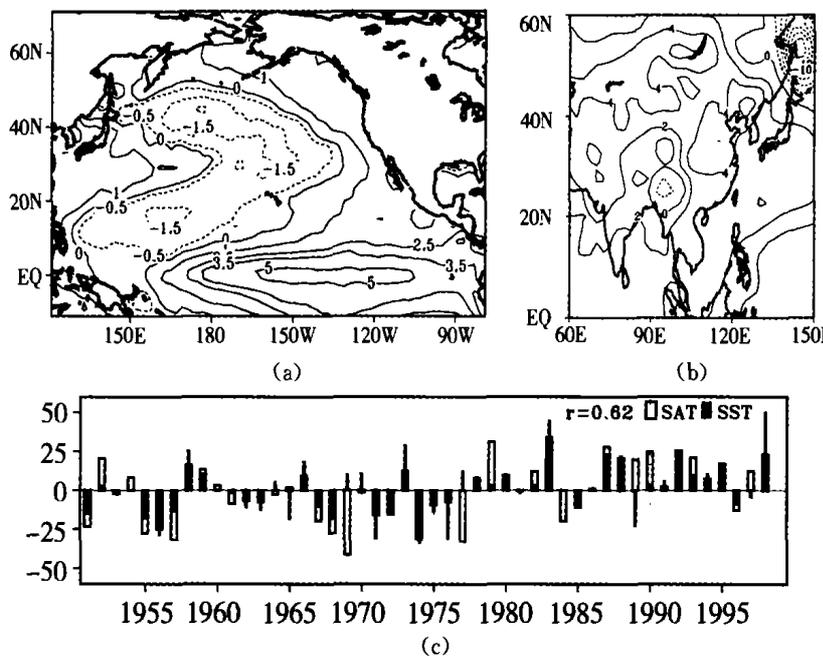


图 3 北太平洋 SST(a)与亚洲冬季 SAT(b)的 SVD 第一模态空间变量型及相对应的时间序列(c)PC1

Fig. 3 The first SVD modes for (a) SST spatial pattern, (b) SAT in Asia spatial pattern and (c) the corresponding PC1

太平洋海温场和亚洲气温场分解出的第一对空间分布模态 SVD1 的解释方差为 73%,基本可以描述实际 SST 场与亚洲冬季 SAT 场的变换分布。第二模态的解释方差为 9%,远小于第一模态的方差贡献,故我们在这里不做详细的讨论。

第一模态中北太平洋海温场空间分布(图 3a)的主要特征是北太平洋中部海温负值区与北美沿岸、赤道东太平洋海温正值区的反相分布形式。北太平洋上 SST 的这种空间分布类似于前面讨论的 PDO 暖位相的空间分布特征。此时与 SST 场相对应的亚洲冬季 SAT 场(图 3b)的空间分布特征主要表现为在青藏高原南部附近以及鄂霍次克海附近是气温低值区,其余大部分区域为正值区,位于贝加尔湖和我国东北地区的中心值超过 6 个单位。亚洲冬季地表气温的这种特征分布形式与实际观测气温的异常分布形式基本一致。

第一模态北太平洋 SST 和亚洲 SAT 的空间分布型时间系数(PC1s 和 PC1t)之间的相关系数为 0.62,超过了 95%的显著性检验,显见它们有着密切的正相关关系。图 3c 中 PC1s 和 PC1t 在 20 世纪 70 年代中期都发生了明显的年代际变化,两者均由负位相转为正位相。后一阶段北太平洋 SST 分布表现出 PDO 暖位相形式。相对与后一阶段北太平洋 SST 分布形式,亚洲冬季地表气温分布形式(图 3b)表现出亚洲北部大部分区域为正值区,正值中心位于贝加尔湖附近以及中国东北和华北北部,而负值区域位于青藏高原北部及鄂霍次克海附近地区,亚洲气温的年代际变化特征与郭燕娟等人^[14]的分析一致。两者之间的正相关关系以及时间变化反映出, PDO 的年代际变化可能会影响亚洲大陆冬季地表气温的年代际变化。

4 北太平洋海温与北半球海平面气压的关系

用 NCEP/NCAR 大气环流再分析资料和 Reynolds 海温资料,时间段为 1951 年冬季~

① 据建华等,北极涛动的年代际变化对亚洲冬季地表气温的影响研究. 高原气象,近期发表

1998 年冬季。对北半球(20~90 °N, 0~360 °E)冬季海平面气压场(SLP)和北太平洋(0 °N~70 °N, 120 °E~80 °W)海温场(SST)进行 SVD 分解, 结果见图 4。

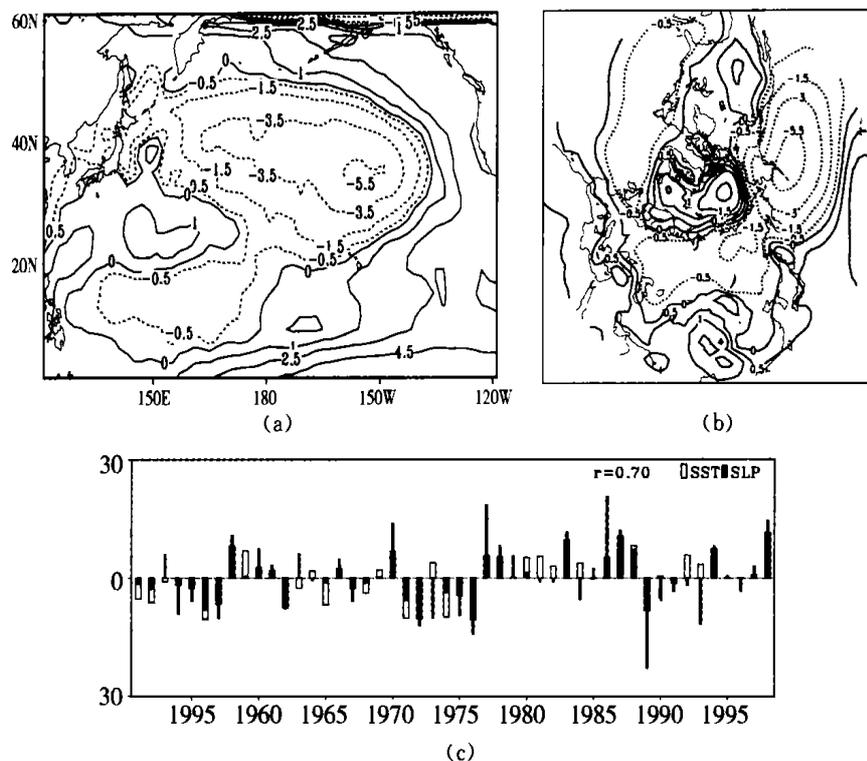


图 4 北太平洋 SST(a)与北半球冬季 SLP(b)的 SVD 第一模态空间变量型及相对应的时序图(c)PC1

Fig. 4 The SVD1 modes for (a) Pacific SST anomaly pattern in winter (b) North Hemisphere SLP anomaly pattern and (c) the corresponding PC1

从北太平洋海温场和北半球海平面气压场分解出的前两对空间分布模态 SVD1 和 SVD2 均具有统计意义。SVD1 的解释方差为 60%，冬季北太平洋海温场的主要空间分布(图 4a)特征是北太平洋中部海域为负值中心, 赤道北太平洋东部海域以及北美大陆沿岸地区为正值区。这种分布形式类似于前面讨论的太平洋年代际变化涛动(PDO)的暖位相形式。与冬季北太平洋海温场对应的北半球海平面气压场(图 4b)的主要分布特征是北太平洋 SST 冷中心附近为气压低值区, 副热带地区气压为高值区, 亚洲陆地上在极地和副热带地区气压为高值区。

Barnett 等人^[15]的研究认为中纬北太平洋的年代际变化是热带太平洋年代际变化的驱动力。通过海气相互作用, 海洋的年代际变化会影响大气的年代际变化。从图 4b 中可以看到, 当 PDO 为暖位相时期时, 太平洋海平面气压场表现出波动形式, 在北太平洋上为低压场, 北美西部和副热带太平洋为高压场。说明太平洋海温的年代际变化对北半球 SLP 场的年代际变化确实有一定的影响。

第一模态 SST 和 SLP 空间分布型时间系数(PC1s 和 PC1p)之间的相关为 0.70, 超过了 95% 的显著性检验, 说明这对空间分布型有着密切的正相关关系。从图 4c 中可以看到 PC1s 和 PC1p 的际年变化有一定的同一性, 并且都有明显的年代际变化特征。20 世纪 70 年代中期之前两者均主要为负位相, 70 年代中期之后两者均主要为正位相。这种空间分布的转化说明在 20 世纪 70 年代中期发生了年代际变化, 且 70 年代中期之后亚洲大陆西伯利亚高压和阿留申低压均开始减弱, 即西伯利亚高压开始进入弱位相时期, 阿留申低压开始进入强位相时期, 此时北太平洋 SST 的分布表现出 PDO 的暖位相形式。说明 PDO 对北半球 SLP 的影响最显

著的大气活动中心是西伯利亚高压和阿留申低压。

当太平洋 SST 在 1976 年前后进入 PDO 暖位相时(即北太平洋中部偏冷,太平洋沿岸偏暖),通过海气相互作用,北半球 SLP 的分布受到一定的影响,后一阶段亚洲大陆和太平洋上 SLP 表现出北低南高的分布形式。主要表现在北太平洋北部和亚洲大陆北部气压降低,即意味着强阿留申低压与弱西伯利亚高压的对应。这种气压的分布形式有利于中纬度西风带的加强,却不利于寒潮向南爆发,故亚洲北部冬季地表气温在 1976 年后表现出了增暖的趋势。施能等人^[12]分析得到西伯利亚高压减弱,同时阿留申低压加强是 20 世纪 100 a 里首次出现的情况,而且 20 世纪 70 年代以后亚洲北部冬季增暖,与我们分析的结果一致。

从太平洋 SST 和亚洲冬季 SAT 及北半球 SLP 的关系看,北太平洋 SST 的年代际变化作为大尺度变化的气候背景,对北半球 SLP 和亚洲冬季地表气温的年代际变化均有一定的影响。

5 结 论

冬季北太平洋 SST 在后一阶段的分布形式主要表现为:太平洋中部 SST 偏冷,北美沿岸以及低纬海域 SST 偏暖。这种分布形式与近来提出的太平洋年代际振荡(PDO)暖位相的形式类似。分析冬季 PDO 指数得知,在 20 世纪经历了两个暖位相时期和一个冷位相时期,1976 年以后是一个暖位相时期。作为海气相互作用的关键区域,太平洋 SST 的年代际变化对气候年代际变化有影响。

SVD 分析北太平洋 SST 与北半球 SLP 和亚洲冬季 SAT 的第一模态表明:在 20 世纪 70 年代中期北太平洋海温、北半球海平面气压场、亚洲冬季地表气温均发生了显著的年代际变化。后一阶段,北太平洋 SST 的空间分布形式为 PDO 暖位相形式,相应的北半球 SLP 表现出北太平洋中纬度 SST 冷中心附近气压为低值区,西伯利亚气压也为低值区;亚洲大部分区域冬季地面气温表现为高值区。这些结果说明,在 70 年代中期 PDO 发生年代际变化的气候背景下,通过海气相互作用的影响,北半球极涡附近区域气压显著下降,中纬地区气压明显升高,这种变化有利于中纬度西风带的加强,并进而使得亚洲北部大部分区域冬季增暖明显。

参 考 文 献

- 1 龚道溢,王邵武. 近百年来中国最暖的一年. 气象,1998,25(8):1~3
- 2 王绍武. 现代气候学研究进展. 气象出版社,2001. 82~83
- 3 林学椿,于淑秋,唐国利. 中国近百年温度序列. 大气科学,1995,19(5): 525~532
- 4 Schelsinger M E and Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65~70 years. Nature, 1994,367:723~726
- 5 Zhang Y, J M Wallace, D S Battisti. ENSO-like interdecadal variability; 1900~93. J Climate,1997,10:1004~1020
- 6 叶月珍,方之芳. 青藏高原热力状况与四川盆地汛期降水的联系. 高原气象,1999,18(2):162~170
- 7 Kalnay E, M Kanamitsu, et al. . The NCEP/NCAR reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc. , 1996,77:437~471
- 8 Minobe S. Resonance in bidecadal and pentadecadal climate oscillations over the North Pacific; Role in climatic regime shifts. Geophysical Research Letters,1999,26:855~858
- 9 Mantua N J, S R Hare, Y Zhang, J M Wallace, and R C Francis. A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997, 78:1069~1079
- 10 Minobe S. A 50~70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America. Geophysical Research Letters, 1997,24:683~686
- 11 Nicholas A Bond, D E Harrison. The Pacific Decadal Oscillation, air-sea interaction and central north Pacific winter atmospheric regimes, Geophy. Res. Lett. , 2000,27(5):731~733
- 12 施能,邓自旺,潘蔚娟,杨永胜. 北半球冬季海平面气压场的气候基本态与气候变率特征及其影响的初步研究. 大气科学,2000,24:795~803
- 13 琚建华,任菊章,吕俊梅. 北极涛动年代际变化对东亚北部冬季气温增暖的影响. 高原气象,2004,23(4):429~434
- 14 郭燕娟,杨修群. 全球海气系统年际和年代际变化的时空特征分析. 气象科学,2002,22(8):127~137
- 15 Tim P Barnett, David W Pierce, Mojib Latif, et al. . Interdecadal interactions between the tropics and mid-latitudes in the Pacific basin. Geophy. Res. Lett. ,1999,26(5):615~618

POSSIBLE IMPACTS OF WINTER NORTH PACIFIC SURFACE SEA TEMPERATURE FIELDS ON SURFACE AIR TEMPERATURE FIELDS IN ASIA

Ju Jianhua¹ Ren Juzhang²

(1 *Research center for South-East Asian Climate and Environment, Yunnan Univ, Kunming 650091*)

(2 *Meteorological Sciences Institute of Yunnan Province, Kunming 650034*)

Abstract Multi-scale winter (Dec-Feb) north Pacific surface sea temperature (SST) variability and the relation between Hemisphere sea level pressure (SLP) variability and surface air temperature in Asia are studied for the period of 1951—1999. To understand the long-term SST variability that is link to NH SLP variability and Asia SAT, the singular value decomposition (SVD) analysis for the two fields is carried out. SVD1 exhibits the so-called Pacific Decadal Oscillation (PDO) in winter. When PDO model changed from cool phase to warm phase in 1976, NH SLP was also changed by air-sea interaction. This change is propitious to build up Aleutian Low, and decrease Siberian High, so results in warming in north Asia.

Key words Pacific decadal oscillation Surface Air Temperature Interdecadal Variation Northern Asia