

新疆春季降水与北大西洋海温关系的事实分析*

杨 舵

(新疆环境气象研究所, 乌鲁木齐 830002)

史玉光

(新疆气象局, 乌鲁木齐 830002)

提 要

首先计算了新疆的北疆、南疆和天山山区的春季降水量与北大西洋海温场的滞后和同期相关系数,发现新疆春季降水距平总体上与前一年 7 月北大西洋海温距平(SSTA)场相关最好。然后又采用奇异值分解(SVD)法找到了两场之间较好的对应分布型,并由实测资料得到验证。

关键词: 北大西洋 海温距平 新疆 春季降水 奇异值分解法

引 言

愈来愈多的观测证据表明,北半球中高纬度地区的气候现象是与海洋及海洋上大气的年际变化相关联的^[1],海面温度的缓慢变化为季或年尺度的气候预测提供了有利的因素。那么,像新疆这样地处欧亚大陆腹地,南有青藏高原阻隔,远离海洋的中纬度典型的大陆性干旱、半干旱气候区,其气候的异常变化是否与海温的异常变化有关?这种关系的内在机制是什么?这些问题的研究不仅有利于提高新疆的短期气候预测水平,而且对于丰富短期气候变化成因及预测这一领域的研究内容也具有极为重要的意义。

新疆的气温、降水与 ENSO 有很好的准韵律关系^[2];新疆春季降水场与印度洋 1 月海温场有较好的滞后相关^[3]。考虑到新疆位于西风带,其大范围降水与西风带的超长波、长波、高空急流等密切相关,而大西洋位于西风带的上游区,如果能在新疆春季降水的异常变化中检测到大西洋海温的超前变化,则可由观测到的大西洋海温的异常变化对新疆春季降水变化作出预测。为此本文采用相关分析、奇异值分解(SVD)及实例普查相结合的方法,经对比、验证,分析了北大西洋海面温度的变化与新疆春季降水关系的事实,以期发现新疆春季降水的先兆因子和强信号。

1 资料与计算方法

考虑到新疆地形及气候的复杂性,首先在北疆、南疆及天山山区分别选取 8 站。北疆为阿勒泰、塔城、精河、乌苏、石河子、奇台、伊宁、乌鲁木齐;南疆为哈密、焉耆、吐鲁番、阿克苏、库车、喀什、和田、且末;天山山区为昭苏、新源、小渠子、大西沟、巴音布鲁克、巴轮台、天池、巴里坤。计算这 3 个区域平均春季降水量与前一年 3 月至当年 3 月的北大西洋

* 本研究得到新疆重点科研项目 980103002 和国家重点基础研究发展规划 G1999043507 的资助。
2000-11-27 收到,2001-06-17 收到修改稿。

($0 \sim 60^{\circ} \text{N}$, $100^{\circ} \text{W} \sim 20^{\circ} \text{E}$, 分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$, 共 939 个格点) 海温的滞后和同期相关系数, 目的是找到相关最好的月份。

再采用奇异值分解法(SVD)计算新疆 36 个站春季降水距平场(1971~1997 年)与相关最好月份的北大西洋海温距平场(1970~1996 年)的整体相关, 以进一步研究两场间的整体相关性和地区差异, 寻找新疆春季降水变化的先兆因子。36 个站为哈巴河、阿勒泰、富蕴、塔城、和布克赛尔、博乐、克拉玛依、北塔山、精河、乌苏、石河子、奇台、伊宁、昭苏、乌鲁木齐、七角井、巴音布鲁克、焉耆、吐鲁番、阿克苏、轮台、库车、库尔勒、喀什、阿合奇、若羌、莎车、和田、且末、巴里坤、哈密、新源、小渠子、大西沟、巴仑台、天池。

2 相关分析

分析北疆、南疆和天山山区平均春季降水量与前一年 3 月至当年 3 月的北大西洋海温的滞后和同期相关系数发现:

北大西洋海温与北疆春季降水相关较显著的月份在前一年的 7~10 月和当年的 1~3 月。从 7 月开始, 相关区以正、负、正方式分布在 $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 的大西洋略偏东区域, $30^{\circ} \sim 48^{\circ} \text{N}$ 的中、西部和 $15^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 的偏西部, 见图 1(a); 8 月上述中心略向西移, 负中心略有加强, 南边的正中心也略有加强, 但北边的正中心则相关不再显著; 9 月仅在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 的中略偏东的区域有一正相关区。10 月的显著相关区仅分布在 $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 的大西洋东端很小的区域内。

北大西洋海温与南疆春季降水显著相关的月份为前一年 7~10 月, 且以正相关为主。其中, 7 月相关最显著, 主要分布在 $0^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 和 $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 的东端: $0^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{N}$ 最大相关系数为 0.585, 38 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验; $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 的西部, 最大相关系数为 0.577, 23 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验; $20^{\circ} \sim 25^{\circ} \text{N}$ 的东部, 最大相关系数为 0.562, 11 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验; $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 的东端最大相关系数为 0.553, 有 15 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验, 见图 1(b)。8 月强度最大, 最大相关系数为 0.680, 相关区主要集中在 $0^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$, 约有 78 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验。9、10 月份的显著相关也主要集中在 $0^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$, 但相对而言, 范围较小, 强度较弱。

北大西洋海温与天山山区春季降水显著相关的月份为前一年的 7~10 月及当年的 2、3 月。7~10 月相关区分布与北疆的情况极为相似, 只是强度略有不同: 7 月仅在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 的正相关区有一个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验, 最大相关系数为 0.542, 见图 1(c)。9 月的相关系数最大, 分别为 -0.640 和 0.585, 位于 $30^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{N}$ 及 $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$, 共有 16 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验。2、3 月, 在 $20^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$ 有显著负相关区, 在 $0 \sim 20^{\circ} \text{N}$ 有显著正相关区。其中, 3 月最大负相关系数达 -0.653, 有 23 个点通过信度 $\alpha=0.01$ 的检验, 最大正相关系数为 0.538。

综上所述, 总体来说, 新疆春季降水场与前一年 7 月北大西洋海温场相关较为显著。

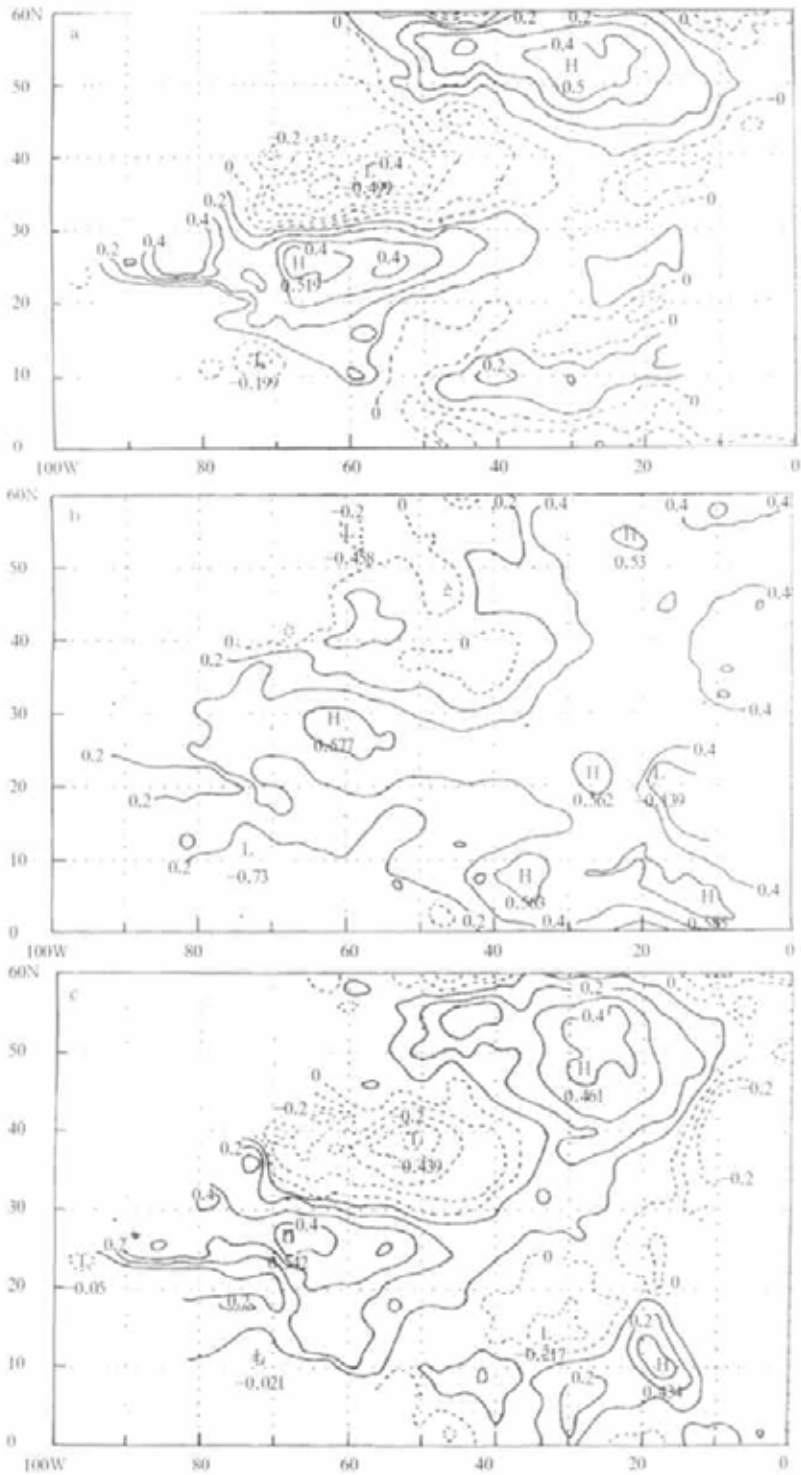


图1 新疆春季降水量与前一年7月北大西洋海温的相关系数分布图
(a) 北疆; (b) 南疆; (c) 天山山区

3 SVD 分析

采用 SVD 法分析新疆 36 个站春季降水距平场与前一年 7 月北大西洋海温距平场的整体相关性。左奇异向量场对应北大西洋海温距平场的空间分布型,右奇异向量场代表新疆春季降水距平场的空间分布型。表 1 给出了前 10 对典型因子的相关系数和典型场拟合原始场的拟合精度。由表 1 可以看到,两场相关较好,前 3 对奇异向量的累积协方差贡献已达 81%,下文着重分析前 3 对典型因子的空间分布特征。

表 1 前 10 对典型因子的相关系数和典型场拟合原始场的拟合精度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
相关系数	0.653	0.585	0.566	0.756	0.718	0.722	0.723	0.725	0.665	0.693
拟合精度(%)	46.29	24.26	9.97	4.42	3.44	2.56	2.07	1.58	1.37	1.13

图 2、图 3(略)分别给出前 3 对典型因子的左、右奇异向量场的空间分布型。

第 1 对典型向量场中,第 1 左奇异向量场 L1(图 2a)以负、正、负方式分别分布在 $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 的大西洋略偏东区域, $30^{\circ} \sim 48^{\circ} \text{N}$ 的中、西部及 $15^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$; 在 $48^{\circ} \text{N}, 26^{\circ} \text{W}$ 附近及 $40^{\circ} \text{N}, 50^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{W}$ 附近各有一较强的负、正中心。钱维宏^[4]指出,赤道以北大西洋存在明显的南北向海温振荡,北亚美利加海盆的海温异常与赤道大西洋的海温异常是反位相的,而 45°N 以北大西洋海温异常与赤道大西洋是同位相的。看来, L1 的确反映了赤道以北大西洋的一种最基本的分布型。相应的第 1 右奇异向量场 R1 在全疆以负距平为主。这与相关分析,特别是北疆和天山山区的结果一致。

第 2 左奇异向量场(图 2b)中, L1 的两个较强的中心仍然存在,只是北边的负中心略

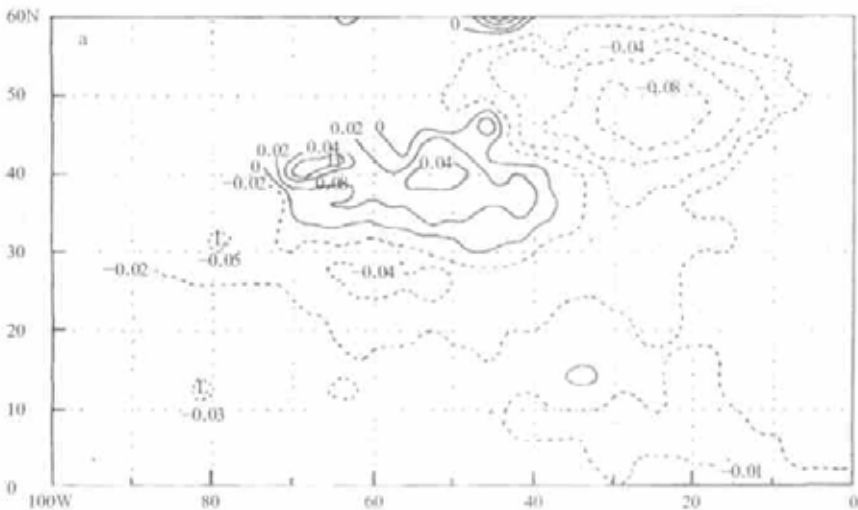
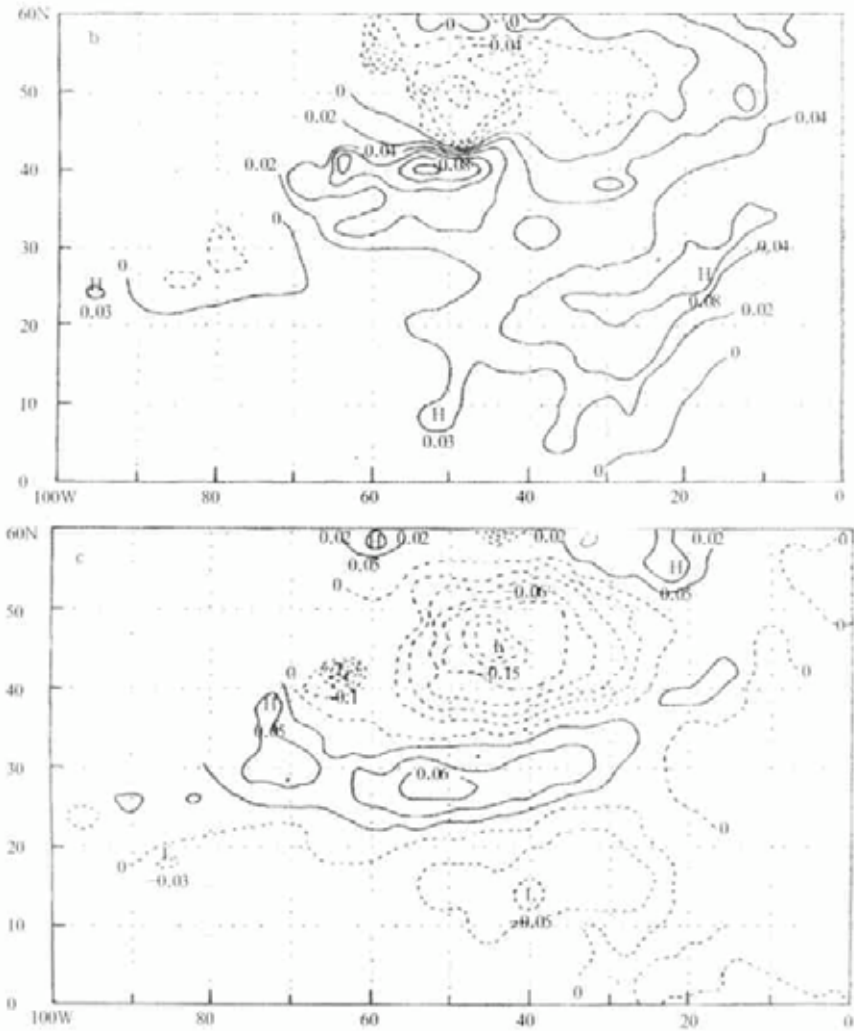


图 2 第 1 ~ 3(a、b、c)左奇异向量(L1 ~ L3)



续图 2

偏西,东端有一正值区。20°~30°N的西端有一个较小的负中心,而30°N以南的其它区域则为正值。相应地,第2右奇异向量场R2上,南北疆符号相反,北疆以负值为主,南疆以正值为主,天山山区除大西沟和巴仑台外,其余均为负值(包括南疆的巴音布鲁克)。这表明,北疆春季降水与正、负3个中心密切相关(这些区域应是影响北疆春季降水的关键区)。而南疆春季降水与30°N以南以及40°~60°N东端的大西洋海温呈正相关,这两个区域是影响南疆春季降水的关键区。这也与相关分析一致。影响天山山区春季降水变化的关键区与北疆相似。

第3左奇异向量场L3(图2c)中,北边的负相关区南界南压至35°N,中心位于45°N、45°W,正中心南压到30°N附近,其南界已达20°N,0°~20°N为负值。此时,第3右奇异向量场R3在天山西部附近的伊宁、昭苏、新源、巴音布鲁克、库车和库尔勒为负值,其它

基本为正值。

以上分析也表明北疆 8 站春季降水趋势的一致性较好;在南疆 8 站,特别是天山山区 8 站则存在着不同步性。

4 实例验证

下面将通过分析新疆春季降水偏少和偏多年所对应的前一年 7 月的北大西洋海温分布型来验证相关分析和 SVD 分析的结果。

春季降水偏少的年份在北疆为 1991、1989、1975、1977 年,在南疆为 1977、1975、1994、1976、1981、1982、1991 年,在天山山区为 1991、1977、1989、1975 年;降水偏多的年份在北疆为 1998、1971、1987 年,在南疆为 1988、1996、1990、1993 年,在天山山区为 1988 年。其中,1991、1975、1977 年在 3 个区域春季降水均偏少。

再分析上述各年份的前一年 7 月北大西洋 SSTa 的分布图(略)可发现:

北疆和天山山区春季降水偏少的年份,其前一年 7 月 SSTa 的分布类似于 L1,且其由北至南的 3 个中心的最大距平应达到某种强度,如至少有 1 个中心距平超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1974、1976、1988、1990 年),1980 年 7 月 SSTa 的分布在 20°N 以北区域虽与 L1 相似,但可能由于其强度不够,因此 1981 年北疆和天山山区春季降水未出现偏少的现象。

南疆春季降水偏少的年份,其前一年 7 月 SSTa 的分布有 4 种情形:第 1 种类似于 L1,如 1974、1976 和 1990 年;第 2 种仅在 30°N 以南类似于 L1,如 1975 年;第 3 种在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 的东端及 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 的中东部为负距平,如 1980 年;这 3 种情况可归结为 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 的东端, $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 或 30°N 以南为负距平中心,且达到一定强度。这与相关分析和 SVD 法的结论是一致的。第 4 种无对应,如 1981、1993 年,但颇为有趣的是,1982 和 1994 年恰为 El Nino 事件发生年,且均开始于第 2 季度^[5]。

北疆春季降水偏多的年份,其前一年 7 月 SSTa 的分布类似于 L3(1986 年)或与 L1 相反(1997 年),同时,由北至南的 3 个中心的最大距平也均达到了某种强度,如至少有 1 个中心距平超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。但 1970 年 7 月的 SSTa 的分布未找到对应的分布型,而 1971 年又恰巧出现了 La Nina 事件。

南疆春季降水偏多的年份,其前一年 7 月 SSTa 的分布有 3 种情形,即与 L1 相反(1987 年);与 L2 相似(1989 年); 30°N 以南及 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 东部为正中心(1992、1995 年)。

天山山区降水偏多的年份,其前一年 7 月 SSTa 的分布与 L1 相反(1987 年)。

综合上述分析,还可发现在新疆 3 个区域降水均偏少的 1991、1975、1977 年,其前一年 7 月 SSTa 的分布均类似于 L1。

5 结论与讨论

(1) 北疆和天山山区春季降水偏少时,前一年 7 月北大西洋 SSTa 的分布类似于 L1,且负正负 3 个中心需有一个中心的最大距平达到 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上;南疆春季降水偏少时,北大西洋 SSTa 在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 的东端, $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 或 30°N 以南为负距平中心,且达到一定强

度。

(2) 北疆春季降水偏多时,其前一年 7 月北大西洋 SSTA 的分布类似于 L3 或与 L1 相反,且由北至南的 3 个中心中,需有一个中心的最大距平达到 ± 2 °C 以上;天山山区春季降水偏多时,前一年 7 月北大西洋 SSTA 的分布与 L1 相反,同样 3 个中心中需有一个中心的最大距平达到 ± 2 °C 以上;在南疆春季降水偏多时,其前一年 7 月北大西洋 SSTA 的分布可与 L1 相反,与 L2 相似,或 30°N 以南及 40°~60°N 东部为正中心。

(3) 在 3 个区域春季降水同时偏少的年份,其前一年 7 月 SSTA 的分布均类似于 L1。

值得注意的是南疆春季降水偏少的 1982 和 1994 年,其前一年 7 月的 SSTA 的分布无明显的对应型,但 1982 和 1994 年恰为 El Niño 事件发生年,且均开始于第 2 季度。北疆春季降水偏多的 1971 年,其前一年 7 月的 SSTA 的分布也找不到明显的对应型,而 1971 年又恰为 La Niña 事件发生年。这其中的内在联系尚需深入研究。上述关系的机制也需进一步从环流角度加以分析。

参 考 文 献

- Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnection in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, **109**: 784~812.
- 任宜勇. ENSO 与新疆天气的关系. *新疆气象*, 1989, (12): 6~10.
- 杨舵. 新疆春季降水量与印度洋 1 月海温关系的初步研究. *新疆气象*, 1999, (3): 7~10.
- 钱维宏. 大气和海洋中的结构. *中国的气候变化与气候影响*, 北京:气象出版社, 1997. 256~263.
- 王绍武, 龚道溢. 近百年来的 ENSO 事件及其强度. *气象*, 1999, 25(1): 9~13.

A PRELIMINARY RESEARCH ON RELATIONSHIP BETWEEN PRECIPITATION IN SPRING IN XINJIANG AND SSTA IN NORTHERN ATLANTIC

Yang Duo Shi Yuguang

(Xinjiang Meteorological Bureau, Urumqi 830002)

Abstract

The lag and contemporary correlation coefficients are calculated between precipitation in spring in the northern Xinjiang, the southern Xinjiang and the Tianshan Mountain area and SSTA in the Northern Atlantic Ocean. It is found that the relationship between precipitation anomaly in spring in Xinjiang and SSTA in the preceding July in Northern Atlantic Ocean is the best, generally. The SVD method is used to identify corresponding distribution patterns between precipitation fields and SSTA fields, which are verified by real data, finally.

Key words: Northern Atlantic SSTA Xinjiang Precipitation in spring SVD