

短论

北半球月平均环流异常演变的相似韵律现象^[1,2]

黄建平^{3*} 郜吉东 丑纪范

(兰州大学大气科学系)

提 要

本文用严格的统计方法和较长时间序列的观测资料对北半球月平均环流相似性的演变做了比较全面细致的分析。结果表明：两个不同年份的月平均距平场在某个起始月相似后相似性随之变差，但过了约半年左右变得又相似。这就是所谓的长期天气异常演变过程中半年左右的相似韵律现象。

关键词 环流异常 相似韵律

1、引 言

自20年代苏联穆氏学派提出大型天气过程的活动韵律这个概念以来，有关这方面的统计研究很多，在我国长期预报工作中，韵律目前是最主要工具之一。但是迄今为止，所有这些研究都还仅仅停留在统计事实分析，对这种现象形成机制的研究可以说几乎没有。这主要是由于研究韵律形成的过程、原因和机制是一个很困难的课题^[2]。因此对韵律现象的进一步深入研究不仅有助于加深对长期天气过程演变规律的了解，而且对长期数值预报理论和模式的建立也有着非常重要的意义。

早在本世纪30年代苏联学者就提出了时间间隔为3个月和5个月的韵律^[3]。最近王绍武等人^[1,2]又发现两个不同年份的月平均距平场在某个起始月相似后，相似性会随之变差，但过了几个月后变得又相似。这是一种环流演变自身的韵律活动。如果这种相似韵律现象是普遍存在的，我们就可以利用环流异常历史演变提供的可预报信息，采用统计—动力相结合的方法作出较为有效的季节长期预报。下面我们先从观测资料的分析入手，对这一类现象作进一步的诊断。

为了避免与其它韵律的概念相混淆，我们称这种月平均距平场相似性的重现现象为月平均环流异常演变的相似韵律现象。

* 1989年5月13日收到，7月19日收到修改稿。

2 本文属国家教委高等学校博士学科点专项科研基金32860410课题

3 现在地址：北京大学地球物理系。

2、资料及其分析方法

在文献[4]中我们已明确指出月平均环流异常具有相当正压的垂直结构, 因此, 这里我们以对 500 hPa 距平高度场的分析来代替对整个对流层的分析。所用资料是国家气象局整理的北半球 10~80° N 范围内 1951~1986 年共 36 年的 10° × 10° 网格点纬偏距平场资料。这种资料的优点在于突出了海陆热力差异的影响。

首先, 对 1951~1986 年北半球 500 hPa 纬偏距平场分月找相似, 相似指标取为

$$R_{ij} = -C \ln \frac{|\sigma_{ij}|}{|\bar{\sigma}|} \quad (1)$$

其中 $C=16/\ln 2$ 为放大因子, $\bar{\sigma}$ 为 σ_{ij} 的平均值, σ_{ij} 为不同时间(年)两个距平场 x_i 和 x_j 的相似指数

$$\sigma_{ij} = 1 - r_{ij} \left(1 - \frac{E_{ij}}{S_i \cdot S_j} \right) \quad (2)$$

其中 m 为网格点数

$$S = (S_i + S_j) / 2 = \left(\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_{ki} - \bar{x}_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_{kj} - \bar{x}_j)^2} \right) / 2$$

$$E_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ki} - x_{kj})^2} \text{ 为欧氏距离}$$

$$r_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j) / S_i \cdot S_j \text{ 为相似系数}$$

相似指数 σ_{ij} 的值域为 $0 \leq \sigma \leq 2$ 。 $\sigma_{ij} = 0$ 表示相似的最好水平。 $\sigma_{ij} = 2$ 表示最不相似的情况。这样定义的相似指数既反映了环流异常的形相似, 又反映了值相似, 是表示环流异常相似性的一个综合指数。

依上述定义的相似指标, 凡 $R_{ij} > 0$ (零被认为是判断是否相似的临界值), 则认为两个距平场具有某种形相似和值相似, R_{ij} 越大表示这种相似程度越高; $R_{ij} < 0$ 时, 则认为两个场不具备这种相似性。对(1)式取整, 则相似指标最终的表达式为

$$R_{ij} = \text{INT}[-C(\ln \sigma_{ij} - \ln \bar{\sigma})] \quad (3)$$

经过上述处理的相似指标相当于把通常意义上的相似系数进行了放大处理, 以便使我们能更为精细地分析环流异常相似性时间演变的统计规律。

3、相似韵律现象的一个具体例子

如果用上述方法计算得出的相似指标, 起始月相似性很好, 以后相似性迅速变差, 但过了一段时间又突然增加, 则认为这是一种环流异常演变的相似韵律现象。下面我们用一个具体例子来加以说明。

表 1 给出了 1976 年和 1983 年 1~12 月纬偏距平场的相似指数。由表 1 不难看出, 1976 年 1 月和 1983 年 1 月月平均纬偏距平场的相似性是很好的, 但到了 2 月两者已不再相似, 3 月则就更差, 到了 6 月相似指数开始回升, 7 月重又达到极值, 7 月后又开始下降。按照前面的定义可认为这是一个典型的相似韵律过程。

这样一个简单的例子不仅说明了环流异常具有季节尺度的可预报性，而且环流异常的历史演变可以提供很有价值的可预报信息。但是这样一种现象是否具有普遍性呢？下面我们利用上面提出的统计方法对北半球36年纬偏距平场资料逐月进行严格的检验。

表 1 1976 和 1983 年纬偏距平场相似指数的时间变化

Table 1 The temporal variations of analogous index for zonally anomalous fields of 500 hPa height between 1976 and 1983.

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相似指数 R	17	-1	-4	0	0	7	12	7	-1	-2	1	-2

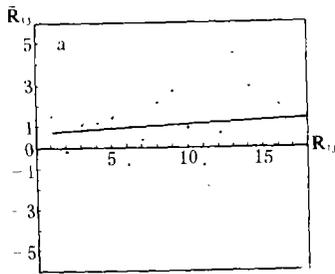


图 1a 以 1 月为起始月滞后 1 个月的回归直线

Fig. 1a The regression line with the lag of one month starting with Jan.

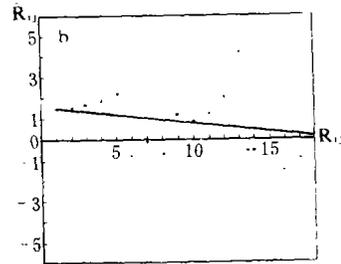


图 1b 以 1 月为起始月滞后 3 个月的回归直线

Fig. 1b As Fig. 1a but for with the lag of three months.

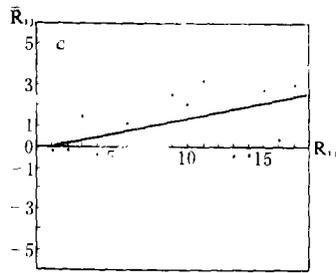


图 1c 以 1 月为起始月滞后 5 个月的回归直线

Fig. 1c As Fig. 1a but for with the lag of five months.

4. 环流异常演变过程中相似韵律现象的统计事实

为了对环流异常相似性的时间演变规律作出比较客观严格的统计分析，这里我们采用了类似于文献[5]中的统计方法。首先考虑以 1 月为起始月的情况。先计算不同年间(36 年中所有可能的两年组合)的各相似指数，并统计出相似指数数值相同的出现频数，然后计算与各级相似指数对应的下一个月即 2 月的平均相似指数 $\bar{R}_{i,t}$ ，对应的 2 月相似

指数的累加再除以相应的频数; 再计算 3 月的平均相似指数, 依此类推直算到滞后 11 个月的平均相似指数。然后以起始月出现的各级相似指数(R_{ij})为横坐标, 以滞后月的平

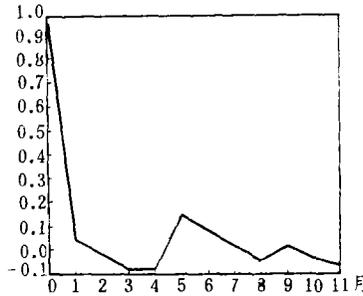


图 2 起始月为 1 月的回归直线的斜率变化

Fig. 2 The variation of the regression line tilted rate for 500 hPa height anomaly field starting with January.

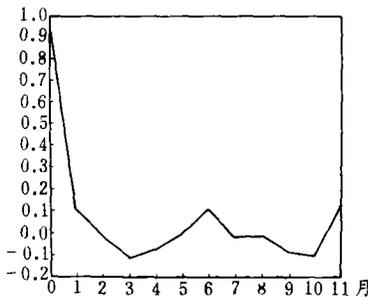


图 3 起始月为 7 月的回归直线的斜率变化

Fig. 3 As Fig. 2 but for starting with July.

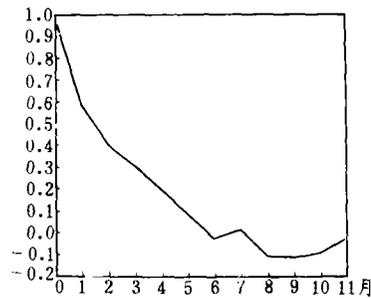


图 4 海温场起始月为 1 月的回归直线的斜率变化

Fig. 4 As Fig. 2 but for sea surface temperature anomaly field.

均相似指数(\bar{R}_{ij})为纵坐标分别作出滞后 1 个月、2 个月……直至滞后 11 个月的散布图。再用最小二乘法找到一条最能代表图中点散布情况的直线作为总体回归直线(这里已考虑了用起始月各级相似指数出现的频数为权重系数参加回归), 得出滞后 1 个月~11 个月共 11 条回归直线。以回归直线的斜率反映相似性的好坏。如果随着起始月相似指数数值的增加, 滞后月的相似指数也有明显的增加, 即回归直线的斜率较大, 则认为滞后月的相似性从统计上来说是比较好的。图 1 给出了滞后 1 个月, 3 个月, 5 个月的回归直线, 可以看出滞后 1 个月回归直线的斜率已变得很小, 3 个月甚至变为反位相, 但滞后 5 个月时回归直线的斜率又明显增加, 为了更清楚地表示环流异常相似性的演变, 图 2 和图 3 分别给出了以 1 月和 7 月为起始月的回归直线的斜率变化图。容易看出回归直线的斜率并非随着滞后月的增加而逐渐减小, 而是滞后 6 个月左右直线的斜率回升, 其

后斜率又变小。这说明对不同的起始月,月平均环流异常演变过程中6个月左右的相似韵律是比较普遍的,这进一步证实了文献[1, 2]中所提出来的事实。

利用同样方法,我们还分析了北太平洋海温场相似性的时间演变。结果表明月平均海温场的相似韵律活动也很明显,但大气和海洋韵律活动的位相并不十分一致,异常海温场相似性的重现一般比对应月大气的重现时间滞后一段时间。另外异常海温场相似性的持续性是比较好的。图4给出了以1月为起始月的异常海温场回归直线的斜率变化。

5、结束语

综上所述,月平均环流和海温异常的演变存在着半年左右的相似韵律现象,尽管这种现象十分复杂,有些情况还不十分清楚,但相似韵律活动确实是存在的。由于相似韵律表现为不连续的关系,所以不能从大气或海洋本身来认识其形成过程,而必须要研究天气系统中的相互作用,从中寻找相似韵律形成的原因。为此,我们利用一个相似离差形式的海气耦合模式,从理论和数值模拟两个方面进一步研究了相似韵律现象产生的动力学机制,有关结果将另文发表。

参 考 文 献

- (1) 王绍武、赵宗慈,长期天气预报基础,上海科学技术出版社,1986,3~71.
- (2) 赵宗慈、王绍武等,韵律与长期天气预报,气象学报,1982,Vol. 40, 464~473.
- (3) 杨鉴初译,苏联在天气过程韵律作用方面的新研究,北京:科学出版社,“苏联中长期天气预报”,1956.
- (4) 黄建平,月平均环流异常的观测、理论和数值模拟研究,兰州大学大气科学系博士论文,1988.
- (5) 邱宗践、卞纪范,依据月平均资料作月预报——利用自然相似的探讨,气象学报,1986,Vol. 44, 184~191.

THE ANALOGOUS RHYTHMS PHENOMENA OF MONTHLY MEAN CIRCULATION OVER THE NORTHERN HEMISPHERE

Huang Jianping Gao Jidong Chou Jifan

(Department of Atmospheric Sciences, Lanzhou University)

Abstract

The analogous evolution of monthly mean circulation over the Northern Hemisphere have been, overall and in detail, analysed by utilizing strict statistical method and observation data for long-time sequence. The results show that the analogue of the monthly mean anomalous fields between two different years gets gradually worse from a certain starting analogous month onwards, but about 6 months afterwards the analogue again occurs. This is the so-called analogous rhythms phenomenon for about six months in the evolution processes of long-term weather anomaly.

Key words: Circulation anomaly; Analogous rhythms