| | 南京气象学院学报 | Vol 15 No 1 |
|------------|------------------------------|----------------|
| 第15卷 第1期 | Journal of Nanjing Institute | V01. 15 140. 1 |
| 1992 年 3 月 | of Meteorology | Mar. 1992 |

IAP GCM 模式大气波谱结构及其

在厄尔尼诺年的异常*

| 王盘兴 | 刘家铭 | 沈素红 |
|----------|--------|---------|
| (南京气象学院) | (NASA) | (马風兰大学) |

摘要 本文分析了中国科学院大气物理研究所大气环流模式(IAP GCM)模式 大气波谱结构(沿纬圈的谐波波谱和时域上的频率谱)及其在厄尔尼诺年的异 常。结果表明,超长波是低纬波动的主要空间形式,准40天振荡在一定地理区域 内显著存在,并与观测结果有一定联系,它们在厄尔尼诺年均发生明显异常。本 工作对鉴定 GCM 性能及开发 GCM 的研究领域可能是一种有益的尝试。

关键词 厄尔尼诺,大气环流模式,准40天振荡

季风试验(MONEX)以来的10年间,由于获得了系统的全球(特别是热带海洋区域) 的观测资料,准40天(30-50或30-60天)振荡现象的观测、模拟和理论研究取得显著进 展。今天,人们对准40天振荡的特征已有了一些基本认识⁽¹⁻⁴⁾。

在准40天振荡的特征中,我们注意到;(1)在热带区域,它与纬向波数1、2为主的超长 波相联系^(1,5);(2)在亚洲季风区及其毗邻的热带强对流区(太平洋西部和印度洋东部)表 现十分明显^(6,7);(3)它受到厄尔尼诺事件的明显影响^(6,6),并可能是 ENSO 事件的一种触 发因素⁽¹⁰⁾。为了探讨大气环流模式模拟准40天振荡上述特征的可能性,本文分析了袁重 光在中美季风协作研究中用大气物理研究所大气环流模式(IAP GCM)得到的一组模式 大气资料⁽¹¹⁾。

ŝ,

按文献[11],IAP GCM 是2层全球原始方程格点模式,试验提供了3个夏半年多种要 素逐候平均场资料序列,其中2个为控制性试验(采用气候的月平均 SST),1个为 SST 异 常试验(采用1983年 SST),为叙述方便,本文将2个控制性试验记为 C1、C2,1个 SST 异常 试验记为 S;环流异常是指 S 与 C1、C2间模式大气的明显差异。

 本工作局自然科学基金和国家气象局季风研究课题 收稿日期:1990-04-01

23

e 5

1

(1)

-1-

1 资料和方法

1.1 资料

1

1期

本文仅用了表1时段内 IAP GCM 的海平面气压(简记为 SLP)和850百帕风(简记为 v_{aso}或 u_{sso}、v_{aso})。这些资料分布在格距为Δλ×Δφ=5°×4°的网格点上。

表1 所用资料覆盖时段

| 代号 | 名称 长度(起、止候) | | |
|------------|----------------|------------------|--|
| <i>C</i> 1 | 控制性试验1 | 30候(5月第1候一9月第6候) | |
| C2 | 控制性试验2 | 36候(4月第1候一9月第6候) | |
| s | 1983年 SST 异常试验 | 36候(4月第1候—9月第6候) | |
| | | | |

1.2 方法

谐波分析、周期分析和功率谱分析方法被分别应用于沿纬圈要素场(一维)、单点要素 时间序列和季风区要素场特征向量时间系数序列功率谱的分析。季风区要素场特征向量、 时间系数采用 * 的 EOF 分析结果。度量参数的意义在相应部分给出。

2 超长波优势带季节变化及其异常

模式大气超长波(沿纬圈波数1-3)方差对总方差的贡献被选作超长波相对强度的 度量参数。

以 $F^{\bullet}(i, j, t)$ 记某要素 t 候、j 纬度、i 经度格点上的值与它沿该纬圈平均值的偏差。 计算仅对 C2、S 进行,故 t=1-36;分析区域为50°N-50°S,使用网格距 $\Delta\lambda \times \Delta q=10^{\circ} \times$ 4°,故 i=1-36, j=1-26。此时,t 候、j 纬 F^{\bullet} 的总方差为

$$S^*(j,t) = \sum_{i=1}^{36} F^{*2}(i,j,t)$$

以 S* (j,t)记 t 候、j 纬上波数 n 的波拟合的方差,则超长波方差为

$$S_{1-3}^{*}(j,t) = \sum_{n=1}^{3} S_{n}^{*}(j,t)$$

它对总方差 S*(j,t)的贡献被定义为

$$I^{*}(j,t) = S_{1-1}^{*}(j,t)/S^{*}(j,t)$$

• 王盘兴, IAP GCM 试验结果分析, 1988年11月

而它在S、C2间的差

$$\Delta I^{*}(j,t) = I_{s}^{*}(j,t) - I_{ct}^{*}(j,t)$$
(2)

是超长波相对强度异常的度量。

制作了 SLP、usso的 I²_c、△I[•] 纬度-季节剖面图(图略)。在 I_c• 图上,低纬度存在明显 的超长波优势带(I[•]≥0.8的纬度带),它的位置和宽度存在明显的季节变化;而△I[•] 图表 明,超长波优势带存在明显异常。由于 SLP 和 usso的 I²_c和△I[•] 特点相似,下面仅给出 SLP 的图(图1)。

2.1 季节变化

由图1a 可见,SLP 超长波 优势带季节变化的特点是:(1) 存在两支超长波优势带,北支 在赤道附近和北半球一侧,南 支在南半球副热带纬度,其间 界限清楚;(2)北支超长波优势 带明显地随夏季来临向北半球 一侧移动,春季一初夏阶段,北界迅 进缓慢,进入盛夏阶段,北界迅 速扩展至中纬度;(3)南支超长 波优势带始终维持在南半球副 热带纬度(位置无明显季节变 化),强度存在明显的准40天振 荡。

文献(12)分析北半球月平 均环流波谱结构时指出,低、高 纬度环流的波谱结构差异明 显,其间存在清楚界限(称为波



动分界),波动分界存在明显的季节性位移,它与这里的超长波优势带位置季节性北进类同,可能是环流季节变化在空间谐波结构方面的表现。

2.2 异常

图1b 给出了北支超长波优势带异常的两个明显阶段:(1)直至7月中旬(盛夏阶段初期),北支超长波优势带被明显地削弱,位置偏于低纬度:(2)7月下旬起(盛夏阶段后期), 异常不明显,它可能与此时厄尔尼诺现象明显减弱有关。 ć

25

2. .

因此,从空间谐波结构季节变化看,异常突出表现为北半球盛夏阶段的滞后,这与模式大气季风区环流季节变化在厄尔尼诺年异常的基本特点是一致的*,并且已经在观测 资料的分析中得到证明**。

3 准40天振荡显著区地理分布及其异常

模式大气单点要素时间序列中准40天振荡方差对序列总方差的贡献被选作准40天振 荡相对强度的度量参数。对于 C2、S,序列长度 T=36候,由波数 l 与周期 T_i 关系(T_i=T/ l)得表2,故波数 l=3-6的波构成准40天振荡。

| イ | ₹Z | 1- | 山州 | 以大东 | 及吸列 | が免け | =30) | |
|---|----|----|----|-----|-----|-----|------|--|
| | | | | | | | | |

| 波数 [| 12 | 3 4 5 6 | 78 |
|--------------------|-------|------------|---------|
| T _i (候) | 36 18 | 12 9 7.2 6 | 5.1 4.5 |
| 分类 | 慢变波 | 准40天振荡 | 快变波 |

以 F'(i, j, t) 记某要素在(i,j)点上、t 候的距平。计算对 C2、S 进行,区域为50°N -50°S,格距同前,故 t=1-36、i=1-36、j=1-26。此时,(i,j)点上距平序列总方差为

$$S'(i,j) = \sum_{i=1}^{36} F'^{2}(i,j,t)$$

以 Si(Gij)记(Gij)点上波数为1的波动分量的方差,则准40天振荡的方差为

$$S'_{3-6}(i,j) = \sum_{i=3}^{6} S'_{i}(i,j)$$

它对距平序列总方差的贡献被定义为

$$I'(i,j) = S'_{3-4}(i,j)/S'(i,j)$$
(3)

而它在S、C2间的差

2

$$\Delta I'(i,j) = I'_{s}(i,j) - I'_{c_{1}}(i,j)$$
(4)

是准40天振荡相对强度异常的度量。

制作了 SLP、4550的 I'ca、△I' 图(图略)。下面指出其地理分布特点及异常。

3.1 地理分布

由」「公的图表明,与实际大气类似,准40天振荡相对于慢变波(年、季变化)要弱得多。

[•] 王盘兴. IAP GCM 试验结果分析, 1988年11月

^{••} 王盘兴等、季风区环境季节变化及其在厄尔尼诺年异常的 EOF 分析,1990年7月

由此得到 SLP、usso 准40天振荡在 C2中的分布特点是:(1)最显著的区域(中心 I'≥0.60) 均出现在热带西太平洋,但 SLP、usso 最显著区位置并不一致;(2)热带中太平洋、热带南美 洲(包括与其毗邻的大西洋西南部)是次强显著区(中心 I'≥0.50);(3)热带东太平洋和印 度洋西北部准40天振荡不明显。

因此,模式大气准40天振荡显著区位置与热带强对流区配合较好;它因要素而异的特 点与观测结果类似^a"。

3.2 异常

由△1′的图表明,热带中、西太平洋和印度洋区域强准40天振荡区的准40天振荡在 S 中被削弱;热带东太平洋、非洲一印度洋西部则有准40天振荡的异常加强。此外,对 SLP 的北半球副热带西太平洋、热带印度洋东部和对 usso的热带中太平洋均有准40天振荡的 异常增强。这表明,准40天振荡相对显著区域在 S 中发生了很大变化,在赤道附近的热带 太平洋区域主要表现为范围缩小和位置东移。

文献〔13〕指出,实际大气中准40天振荡相对强度的地理分布即使对于不同的非厄尔 尼诺年也可以呈现出较明显的年际差异。本文得到的关于准40天振荡显著区异常的结果 是否稳定存在,有待于进一步试验证实。

4 季风区环流准40天振荡及其异常

文献〔*〕对选定季风区域(30°N-30°S,30-150°E)5-9月 C1、C2、S 中共90候 (C1、C2、S 各30候)的 SLP、V[™] sso</sub>距平场时间序列作了自然正交分解。因距平场是对90候平 均场求得的,故模式大气全部变化(年际、季节、季内变化)均包含于其中。分析结果表明, 前两个特征向量主要表示模式大气的季节变化及其年际差异,第三特征向量主要表示与 准40天振荡相联系的变化及其年际差异。

图2、3分别为 SLP、 ∇_{sso} 距平场第三特征向量(X_s)的时间系数(T_s)曲线及其功率谱。 为便于显示异常,图2中 T_s曲线的 C1、C2、S 部分量于同一时间坐标下;图3中功率谱是图 2中 C1、C2、S 的 T_s曲线的谐表示。它们表明,第三特征向量主要表示季内振荡(图2);准 40天振荡是其主要形式,异常表现为周期缩短,诸峰从 C1、C2的50天处移至 S 的30天处 (图3)。



 田2 季风区要素距平场时间序列 EOF 分析第三特征向量时间系数曲线(…为 C1,---为 C2,--为 S;纵坐标为标准化特征向量时间系数缩小4×10^a 倍)
 a. SLP b. ジ₅₅₀



ł

Ł

27

. ت 图4给出了季风区 SLP、 \vec{v}_{sso} 距平场序列 EOF 分析的第三特征向量。与 SLP、 \vec{v}_{sso} 的5 -9月90候平均图配合分析得到":在 SLP 中,准40天振荡主要与南半球印度洋副高的东 西摆动、北半球西太平洋副高的南北振荡和印度季风低压的东西摆动有关;而在 \vec{v}_{sso} 中, 它主要与南半球印度洋副高东西摆动有关,其次还与印度洋赤道西风、索马里急流强度及 北半球西太平洋副高的南北振荡有关。



a.SLP(等值线间隔为2) b. Viso(最大风速矢为17.6米/秒)

5 小 结

28

综上所述,我们从 IAP GCM 模式大气的空间谐波、时间诸和季风区环流季内 振荡三个方面分析了与准40天振荡关系密切的波谱时空结构特征。可以看出,模式 大气中准40天振荡的基本特征与观测分析结果有类似之处。模式大气波谱结构的 异常在三个方面都是清楚的。由于准40天振荡现象的复杂性,本文关于模式大气准 40天振荡异常的分析有待于进一步试验论证。尽管如此,本文工作对于开发 GCM

15卷

模拟大气现象的研究是一种有益的尝试。

参考文献

1 Lau K M, Peng L. J Atmos Sci, 1987; 44(6), 950-972

2 章綦嘉.气象科技,1988;5:30-35

1期

2

3 李操保.热带气象,1988;4(3):203-215

4 何金海,王盘兴.气象科学,1988;3;55-63

5 Murakami T et al. J Atmos Sci, 1985; 42(11), 1107-1122

6 Krishnamurti T, Subrahmanyam D. J Atmos Sci, 1982; 39(9); 2088-2095

7 Murakami T et al. J Met Sci Japan, 1984; 62(3); 440-468

8 Lau K M et al. Mon Wea Rev, 1985, 113(11), 1889-1909

9 Lau K M et al. Mon Wea Rev, 1986; 114(7); 1354-1367

10 Lau K M, Chan P H. Bulletin AMS, 1986; 67(5): 533-534

11 Yuan Chongguang. Annual Report. LASG, 1987, 232-265

12 Wang Panxing, Liu Dai, Pan Deyu. A A S, 1987;4(1):55-65

13 唐东升,王盘兴,王琴.热带气象,1991;7(3):282-288

THE SPECTRAL STRUCTURE OF THE IAP GCM MODEL ATMOSPHERIC WAVES AND THEIR ANOMALIES IN EL NIÑO YEARS

Wang Panxing

(Nanjing Institute of Meteorology)

Lau , K. M. (NASA/Goddard Space Flight Center , U. S. A)

Shen Suhong

(Department of Meteorology, University of Maryland, U.S.A)

Abstract Analysis is performed of the spectral structure of the atmospheric waves (i. e., harmonic spectrum along the latitudinal circle and frequency spectrum in the time domain)simulated by the general circulation model (GCM), proposed by the Institute of Atmospheric Physics (IAP), Academia Sinica, and their anomalies in an El Niño year. Results show that ultra- long waves represent the principal form of low - latitude waves, characterized remarkably by quasi - 40day oscillations in a given geographic locality and somewhat related to the observations and significant anomalies are experienced in an El Niño year. Perhaps the present study is a useful attempt at the assessment of the GCM'S performances and the expansion of its research domain.

Key words GCM, quasi - 40- day oscillation, El Niño event