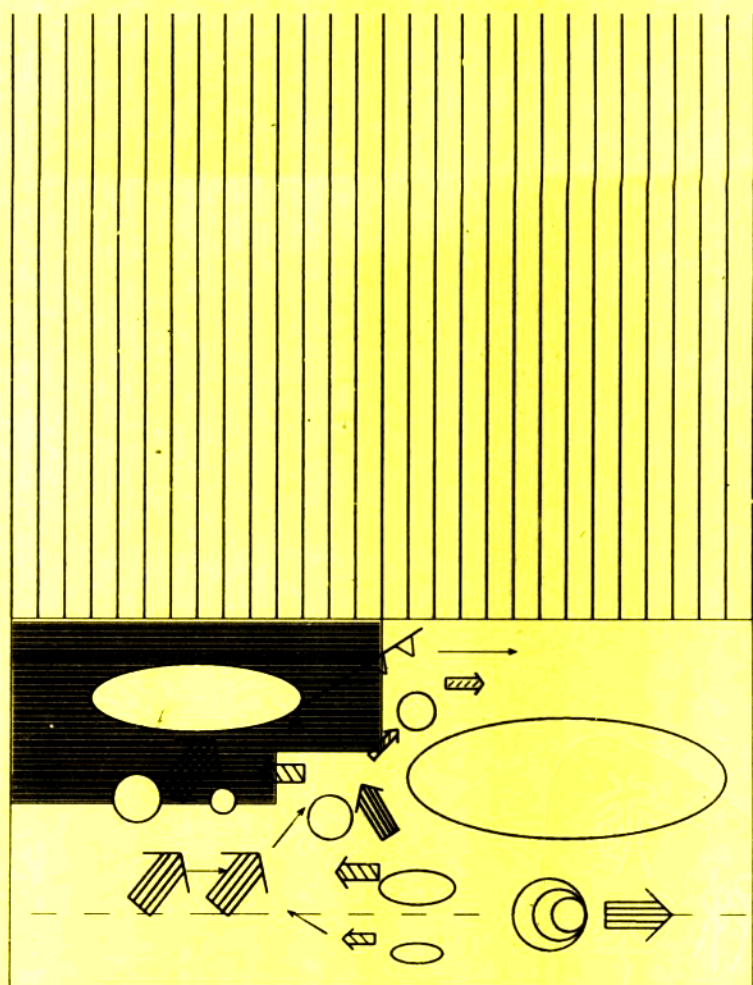


中国科学院大气物理所青年学术论坛

大气科学研究专集

(一)

王会军 编



气象出版社

序 言

这本专集部分地反映了中国科学院大气物理所一批优秀青年学者的最新成就,具有相当高的学术水平。事实上,这批青年学者已经在国内外大气科学研究领域崭露头角,多次参加国内外高水平学术会议,并有部分学者受到了基金委的青年基金的支持,甚至有些青年以其成果之丰硕而受到相当多赞誉了,对此我感到非常欣慰。

气候学研究是当今国际学术界最热门的研究领域之一,可喜的是,这本专集中多数论文是反映在这个领域里所取得的优异成果,包括气候分析和诊断、气候基础理论、气候数值模拟以及气候预测的研究。对于气候领域的学术交流,本专集可能会起到一定的作用,对于科研人员和高校师生均有一定的参考价值。

另外,我仍要劝慰青年学者,要戒骄戒躁,扎扎实实地继续努力,朝着国际科学前沿问题进行攻关,并做出世界一流水平的成果来,以报效祖国和人民。

恳切希望青年学者多交流、多研讨、多思考,为我国大气科学的发展作出更大的贡献。

黄荣辉

1995. 6 北京

前 言

今年三月二十三日“世界气象日”，中国科学院大气物理研究所的青年学者济济一堂，召开了“青年治学与研究所发展座谈报告会”。作为会议的一个主要内容，青年学者报告了他们在各自研究领域的最新研究成果，内容丰富，尤其是在气候及气候变化研究上，当时便确定要出版一本集子，来反映这部分内容。在气象出版社帮助下，这本集子就要面世了。

这本集子以气候研究为核心内容，包括：气候诊断、气候数值方法、气候模拟以及气候预测。专集中还有两篇关于中小尺度数值模拟研究的文章。此外，一篇是关于大气中臭氧的输送研究的，另一篇则是关于气溶胶及其对气候的作用研究的。热情欢迎各界青年以及其他学者批评、指正。

加强学术交流与合作是科学研究发展的一个必要条件，我们衷心希望本系列专集将能够对大气科学学术交流起到一点点积极作用。

编者

1995.6 北京

目 录

序言

前言

国际大气环流模式比较计划(AMIP)进展	王会军(1)
东亚地区降水量变化的比较研究	陆日宇 黄荣辉 殷宝玉(6)
用 IAP 九层大气环流模式对 9000 年前 1 月和 7 月气候的模拟研究	 王会军(14)
气候变化中的东亚季风降水变化研究	王会军(21)
太平洋上层海洋年际变率的初步研究	李 旭(27)
二维不可压缩地球流体运动多物理守恒律保真计算设计及其初步数值检验	 钟 青(35)
Doppler 雷达风场用于模式风暴初值化的初步试验	王东海(42)
IAP REM 的特点和应用	宇如聪(50)
利用相关辐射计反演对流层一氧化碳的数值实验	吴北婴 John Gille(54)
平流层臭氧的准两年振荡(QBO)的动力机制研究	陈 文 黄荣辉(60)

国际大气环流模式比较计划 (AMIP)进展^①

王会军

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

提 要

本文介绍了国际大气环流模式比较计划(AMIP)的概况,它的分析子计划及执行情况、科学进展、相关计划及未来发展等情况,以便国内学者了解并积极参与有关研究计划。

一、AMIP 概况

AMIP,即国际大气环流模式比较计划,是由美国能源部资助,立于世界气候研究计划(WCRP)的数值试验工作组(WGNE)下的一个国际科学计划,起始于1991年,其第一阶段(AMIP-I)将于1996年基本结束,并开始其第二阶段的工作(AMIP-II)。

到目前为止,共有来自美国、英国、德国、法国、加拿大、澳大利亚、俄罗斯、中国、韩国、日本等10个国家的30家研究组织和单位的模式参加了该项计划,其中,以美国的研究单位和模式最多,包括著名的GFDL(地球物理流体动力学实验室)、NCAR(美国国家大气研究中心)、NMC(国家气象中心)、GISS(戈达德空间科学研究院)以及一些著名的大学。欧洲中期数值预报中心(ECMWF)也参加了该项计划。我国仅有中科院大气物理研究所参加了此计划,并有垂直两层和九层的两个模式参加比较研究(详见表1)。

比较研究首先规定了模式的标准参数和标准输出,CO₂含量、太阳常数取成了统一值,输出结果也要求标准化。模式积分时间是1979~1988年,下边界条件(SST、海冰)均采用统一的观测月平均资料。所有模式积分结果都要统一交到AMIP计划的执行总部(PCMDI,即美国劳伦斯国家实验室气候模式诊断和比较研究组),并可向任何参加该计划的单位提供,还提供给专门设立的分析子计划供分析之用。

此外,为了能有效地检验模式结果,AMIP计划还发展了一套气候观测分析资料集,并可提供给AMIP成员使用。

到目前为止,全部模式积分均已结束,各种分析比较都在进行中,并取得了一些重要科学进展。

AMIP的科学意义是巨大的。因为气候变化的模拟和预测的唯一定量工具就是气候模式,而就目前的水平,模式尚有不不确定性,模拟误差较大,模式间差异也很大。所以,检验模式并完善模式是一项极为重要而又艰巨的科学任务,而模式比较是最好的也可能是唯一的科学途径。通过将模式结果与观测结果及模式结果之间的比较,发现模拟误差并改进模式正是本项计划

^① 本研究得到了基金委青年项目“1979~1988年东亚夏季风年际变化的模拟研究”的经费支持。

的科学意义所在。

表 1 参加 AMIP 计划的模式简介

单 位	联系人	模式版本	模式分辨率
BMRC	McAvaney	BMRC2.3	R31 L9
CCC	Boer	GCM11	T32 L10
CNRM	Deque	EMERAUDE	T42 L30
COLA	Straus	COLA1.1	R40 L18
CSIRO	Hunt	CSIRO 9 Mark1	R21 L9
CSU	Randall	CSU 91	4×5 L17
DERF	Miyakoda	GFDL SM392.2	T42 L18
DNM	Galin	A5407. VI	4×5 L7
ECMWF	Ferranti	ECMWF Cy36	T42 L19
GFDL	Wetherald	CDG 1	R30 L14
GISS	Lo/Del Genio	MODEL 11 Prime	4×5 L9
GLA	Lau	GCM-01.0 AMIP-01	4×5 L17
GSFC	Park	GEOS-1	4×5 L20
IAP	Wang/Zeng	IAP-2L	4×5 L2
JMA	Sato	GSM 8911	T42 L21
LMD	Le Treut	LMD 5	3.6×5.6 L11
MGO	Meleshko	AMIP 92	T30 L14
MPI	Dumenil/Schlese	ECHAM 3	T42 L19
MRI	Kitoh	GCM-II	4×5 L15
NCAR	Williamson	CCM2	T42 L18
NMC	van den Dool	MRF	T40 L18
NRL	Rosmond	NOGAPS 3.2	T47 L18
RPN	Ritchie	NWP-D40P29	T63 L23
SUNYA	Wang	CCM1-TG	R15 L12
SUNYA/NCAR	Wang/Thompson	GENESIS 1.5	T31 L18
UCLA	Mechoso	AGCM 6.4	4×5 L15
UGAMP	Blackburn/Slingo	UGCM 1.3	T42 L19
UIUC	Schlesinger	MLAM-AMIP	4×5 L7
UKMO	Hall	UM-CLIMATE1	2.5×3.75 L19
YONU	Oh	Tr 5.1	4×5 L5

注: BMRC——澳大利亚气象局气象研究中心; CCC——加拿大气候模拟和分析中心; CNRM——法国国家气象研究中心; COLA——美国海洋-陆地-大气研究中心; CSIRO——澳大利亚公共健康、科学和工业研究部; CSU——美国科罗拉多州立大学; DERF——GFDL 动力延伸预报组; DNM——俄罗斯科学院计算数学部; ECMWF——欧洲中期数值预报中心; GFDL——美国地球物理流体动力学实验室; GISS——美国戈达德空间科学研究院; GLA——美国戈达德空间飞行中心大气实验室; GSFC——美国戈达德空间飞行中心; IAP——中国科学院大气物理所; JMA——日本气象厅; LMD——法国气象动力学实验室; MGO——俄罗斯 Voeikov 地球物理观测台; MPI——德国马普气象研究所; MRI——日本气象研究所; NCAR——美国国家大气研究中心; NMC——美国国家气象中心; NRL——美国海军海洋大气研究实验室; RPN——加拿大数值研究所; SUNYA——美国纽约州立大学奥本尼分校; UCLA——美国加州大学洛杉矶分校; UGAMP——英国里丁大学全球大气模拟中心; UIUC——美国伊利诺伊大学; UKMO——英国气象局; YONU——韩国 Yonsei 大学。

二、AMIP 的分析计划

为了对模式进行系统分析, AMIP 已批准了 26 个分析子计划(sub-project), 包括天气尺度变率、低频变化、季风、海表通量、水文过程、极地过程、南半球环流、阻塞、土壤水分、陆表过

程、角动量、能量、平流层环流、水及能量循环、极端事件、云、云辐射强迫、能量、活动中心、东亚气候、季风降水等等。这些分析计划几乎覆盖了大气环流和气候研究的各个方面,非常全面而精细。可以说,AMIP 是在空前的规模和空前的细节上对几乎所有模式进行最为系统的检验(详见表 2)。

表 2 AMIP 各分析子计划

序号	负责人	计划名简称
1	J. Slingo(UGAMP)	天气变率
2	Zwiers(CCC)	低频变率
3	Lambert(CCC)	气旋频率
4	Duvel(LMD)/Cheruy(LMD)	温室气体敏感性
5	Randall(CSU)	海表通量
6	Palmer(ECMWF)	季风
7	Lau(GLA)	水文过程
8	Walsh(UIUC)	极地过程
9	McAvaney(BMRC)	南半球环流
10	Tibaldi(ADGB)	阻塞
11	Robock(UMD)	土壤水分
12	Henderson—Sellers(MACU)	陆表过程
13	Weare(UCD)/Mokhov(RAS)	云
14	Potter(PCMDI)	云辐射强迫
15	Hide(UKMO/JPL)	角动量
16	Mechoso(UCLA)	平流层环流
17	Robertson(MSFC)	水分、能量平衡
18	Meleshko(MGO)	极端事件
19	Christy(UAL)	MSU 检验
20	Hewitson(UCT)	南半球/南部右洲环流
21	Jones(CRU)	表面气候
22	Tanaka(UTSU)	能量学
23	Hameed(SUNYSB)	活动中心
24	Golitsyn(RAS)	里海
25	Wang(SUNYA)	东亚气候
26	Gadgil(IIS)	季风降水

其中,我国中科院大气所积极参加了其中 9 个分析子计划,并提供模式结果给所有子计划以参与一系列的 mode 比较研究。最为我国学者关注的科学问题主要是东亚季风与全球环流异常的关系、亚洲季风的模拟以及一些相关的科学问题,如:陆表过程、水分循环、低频变化、云等等。

1995 年 5 月 15 日~19 日在美国 Monterey 召开了有 150 余人参加的 AMIP 第一次科学大会,会上有 79 篇大会报告,20 篇张贴报告,全面报告了迄今为止取得的各方面研究成果。中科院大气所报告了东亚季风的研究结果。

三、科学进展

在这次科学大会上分以下 7 个方面报告了科学进展,即:观测数据分析整编;通量、云及辐射;水文及陆表过程;热带变率;热带外变率;模式系统误差的消减;模式敏感性。以下简要介绍部分重要进展。

1. 数据整编

迄今为止, AMIP 整编的观测数据已相当丰富, 列于表 3。

表 3 AMIP 整编的观测数据

数 据 名 称	时 段	来 源
上层大气分析资料	1979~1989	GFDL/Oort
诊断分析资料	1979~至今	NOAA/CPC
ECMWF TOGA 分析资料	1985~1991	NASA/DAO
水文资料	1978~1992	NASA/DAO
MSU 降水资料	1979~现在	NASA/MSFC
COADS 海洋通量资料	气候平均	NASA/DAO
SSM 水文资料	1987~现在	NOAA/NESDIS
NMC/NCAR 分析资料	1985~1991	NOAA/NMC
NRL 分析资料	1985~1989	NRL/Monterey
NASA 分析资料	1985~1992	NASA/DAO

以上所列数据均有月平均资料, GFDL、NOAA 和 NASA 分析数据还包括变率资料, MSU^① 数据还包括每天平均的降水资料, 三个再分析资料甚至还包括每天和 6 小时一次的资料。可见, 资料不仅相当丰富, 而且非常精细。以上资料均可提供给 AMIP 成员使用。

2. 热带变率

热带变率是一个较为受到关注的方面, 现已发现模式对季节内振荡的模拟能力相差很大, 大部分模式模拟出了速度势场中的东传的异常波列, 模式大都模拟出了低于实测值的低频振荡周期, 一般小于 30 天, 而 ECMWF 分析资料为近 50 天; 而且, 大部分模式模拟的变率幅度小于实测值。分析还表明, 季节内变率小的模式, 其季节变率亦小。

3. 季风

到目前为止, 研究最多的是印度季风, 而用来指示印度季风强度的是印度降水, 基本上可以认为现今的模式对印度季风之年际变化模拟能力不够。对于南美洲的东北部 Nordeste 春季降水之年际变化模拟得相当不错。而且, ECMWF 模式的结果表明, 多个初始场积分的组合结果较单个初始场结果好些, 但改进不大。

关于东亚季风也有一些研究, AMIP 下设了一个“东亚气候”子计划, 但没有印度季风研究得那么多。通过对强弱季风年的组合分析, 发现强弱季风年全球大气环流有显著差异, 强季风年, 热带中西太平洋上信风减弱, 赤道东太平洋海水偏暖; 反之亦然。另外, 模式对东亚季风各组成部分的年际变化模拟水平不够, 东亚区域降水之年际变化亦尚不能很好地模拟出来。

4. 水文过程

分析发现, 大部分模式模拟的水分季节差仅为观测值的 20%~30% 左右, 在海洋上模式间估计的降水季节差与观测值可比。季节差不一致的地方在陆地上比在海洋更大。总的讲, 模式模拟的气温越低, 通常降水量也大。大部分模式都低估了小降水率降水, 而高估了中降水率降水。

5. 云的辐射强迫

研究了净辐射强迫, 发现模式高估了冬季和夏季 30°N~30°S 之间的云的负辐射强迫, 即模式云对于冷却地球过于强烈, 在夏半球高纬区模式高估了云的正辐射强迫。另外, 模式大部分都过低估计了热带区域大气对短波辐射的吸收, 这意味着, 如果与海洋模式耦合, 将由此而

^① MSU—微波遥感资料。

低估向极地热量输送。

6. 系统误差消减

为了消减模式系统性模拟误差,国际上一些知名研究组织已进行了若干模式上的改进,这些机构包括 CSU、GISS、NMC、MPI、NCAR、UKMO 等,改进的方面主要是模式物理过程,包括陆表过程参数化、对流参数化、云的微物理、重力波拖曳作用、地形粗糙度、辐射通量等。另外,模式开始向高分辨率及物理化学过程详尽、逼真方向发展。这向我国的模式发展工作提出了新的挑战。

7. 其它

关于降水模拟,分析发现,对于大范围降水模拟效果同模式水平分辨率无明显相关,而对于小范围降水则水平分辨率高的模式具有显著的优越性。

关于地表能量收支,分析发现,在分析的 7 个模式中,有 3 个模式能量收支不平衡,两个模式有净收入达 $6\text{W}/\text{m}^2$,而另一个模式高达 $8\text{W}/\text{m}^2$ 。而且这种净能量收入在所有纬度上都存在。

四、相关计划及未来发展

主要的两个相关计划是陆表参数化方案比较计划(PILPS)和古气候模拟比较计划(PMIP)。PILPS 计划始于 1992 年,打算执行至 1999 年,共有 4 个阶段的内容。目前,在 AMIP 的分析子计划中制定了陆表过程的内容,所以 PILPS 与 AMIP 的关系更加密切。PMIP 是 IGBP/PAGES 和 WCRP/WGNE 支持的研究计划,主要是比较模式模拟最近冰极盛期(约 21000 年前)和气候暖期(约 6000 年前)的气候结果,来检验不同模式对地球轨道参数、陆地冰原、 CO_2 含量等变化的响应。

另外,比较耦合模式模拟结果的计划(CMIP)也正在酝酿之中,目前已将 9 个耦合模式的结果集中在一起进行分析。

大气环流模式比较计划(AMIP)是国际上关于模式研究最重要的计划。目前在执行其第一阶段计划(AMIP-I),第二阶段计划将于 1996 年启动执行,积分时间范围是 1979~1994 年,海温及海冰资料更加精细,要求的模式标准输出在空间和时间上愈加细密,比较模式更加细微的过程和特性。

因此,我国气候工作者的任务是跟上国际发展步伐,参与国际计划,并发展和改进有我国特色的气候模式,以参与高水平国际合作,提高我国的研究水平。目前应在提高分辨率和完善模式物理、化学过程上做最大的努力。

参 考 文 献

- [1] AMIP NEWSLETTER NO. 6, 1995, Edited by W. L. Gates, 23 pp.
- [2] W. K.-M. Lau, Y. C. Sud, and J.-H. Kim, 1995: Intercomparison of hydrologic processes in global climate models, NASA Technical Memorandum. 104617, NASA, USA.
- [3] Wang Huijun and Bi Xunqiang, 1995: Some results of East Asian monsoon simulation with IAP GCMs, to be published.

东亚地区降水量变化的比较研究

陆日宇 黄荣辉 殷宝玉

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要

本文利用中国、日本和韩国的月降水资料,考察了东亚地区夏季风降水的区域特征,分别分析了韩国和日本南部地区夏季降水的年际变化与中国各站点的相关关系,而且还比较分析了中国东部的华南地区($23^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$, 110°E)、江淮地区($30^{\circ}\text{N}\sim 34^{\circ}\text{N}$, 115°E)、华北地区($36^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$, 110°E)、东北地区($41^{\circ}\text{N}\sim 50^{\circ}\text{N}$, 120°E)和韩国降水的年代际变化特征。

关键词: 降水 年际 年代际 三国比较

一、引 言

中国、日本和韩国是位于东亚地区的三个国家,其降水均受季风的巨大影响。这些地区降水的主要特征为:降水集中于夏季的6~8月份,同时降水的年际变化比较大。因此,这些国家易于发生洪涝和干旱现象。夏季季风降水作为一个亚洲季风的重要指数,对工业、农业和人民生活均有重大的影响。

由于降水的巨大作用,东亚各国的气象学家们对各自国家的降水特性和机理做了大量研究。但在这里,将只提及那些把东亚地区作为一个整体进行分析的研究。朱乾根、何金海指出东亚季风区可分为南海-西太平洋热带季风区和大陆-日本副热带季风区^[1]。他们指出长江流域的梅雨是由锋面降水造成的,属于副热带季风降水。陶诗言和陈隆勋指出东亚夏季季风区有两个辐合带,即热带辐合带和梅雨锋带^[2]。殷宝玉等通过EOF分析,发现中国东部地区和日本处于同一气候体系,这两个地区的降水有着较强的相关性^[3]。

近来,研究表明热带西太平洋暖池区的温度状况及暖池区上空的对流活动对北半球夏季环流,特别是对东亚地区有着重要作用。暖池区是全球海洋中海表温度最高的区域。在此区域,海气相互作用十分活跃。Nitta利用高云量的观测资料分析了热带西太平洋上空的对流活动对北半球环流的作用,提出“太平洋-日本振荡型”^[4]。通过诊断分析观测资料、理论分析及数值模拟,黄荣辉等^[5~6]讨论了暖池上空的对流活动引起的热源效应对北半球环流异常和夏季降水异常的影响,指出存在从菲律宾附近经东亚地区至北美的遥相关型——东亚太平洋型。他们指出这种遥相关型是由暖池的热力强迫造成的准定常行星波的传播所致。

综上所述,东亚地区作为同一季风区,加之存在东亚太平洋型等遥相关型,使得在东亚地区的中国、韩国和日本这三个国家的降水特征可能会有某种较好的关系。但是,目前尚无对这三个国家的降水进行比较的研究。无疑这种研究将有助于进一步了解东亚季风和降水异常的物理机制。因而,在本文中,将对东亚地区三个国家的降水特征进行比较。

二、资料

降水资料包括了中国、日本和韩国的月降水资料。中国降水资料为 336 个测站资料,时间为从 1951 年起至 1990 年。日本降水资料为 156 个测站资料,时间为 1961 年至 1988 年。缺测资料用多年平均的月降水量资料代替,但事实上,缺测资料不多,而且,在进行 EOF 分析时(见三),我们从上述测站中筛选出具有较连续观测资料的 275 个中国测站和 139 个日本测站。

韩国的降水资料采用了 14 个测站上从 1960 年至 1993 年的观测资料,其中 1960 年至 1985 年的资料来自韩国气象厅出版的《韩国降水资料》,1986 年至 1993 年的资料来自韩国气象厅每年出版的《气候年报》。韩国 Taegu 站的降水资料为自 1951 年至 1993 年的资料。

图 1 给出了本文所选用的 14 个韩国测站位置。韩国大致可分为 8 个具有不同降水特征的区域^[7-8],而本文所选用的这 14 个测站覆盖了这 8 个特征区域,即每个降水特征区域内至少有一个测站被选用。因此,这 14 个测站可以代表韩国的降水特征。

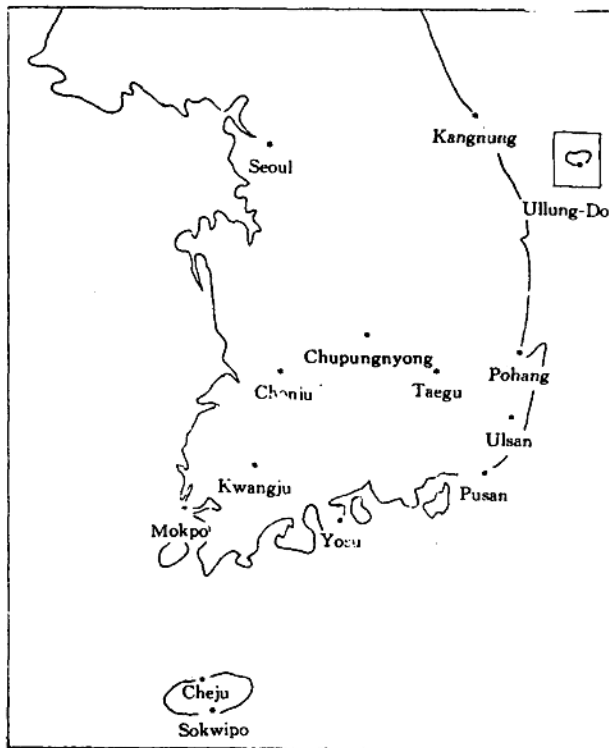


图 1 本文所选用的 14 个韩国观测站的分布

三、东亚地区降水的区域特征

在东亚地区,夏季降水因其数量比较大,在年降水量中占有重要的位置。我国的旱涝基本上发生于夏季,韩国的情形亦类似,其夏季降水量占年降水量的一半,甚至更多^[9]。事实上,这一点正是东亚季风区降水的特征之一。

下面,我们进一步探讨一下韩国降水的季节特征。表1为韩国14个站点上各季节降水量与年降水量之间的相关系数。从中可看到除了Ullung-do和Kangnung两个测站外,在其它的测站上,夏季降水量与年降水量之间的相关系数最大。这说明夏季降水量的变化最能说明年降水量的变化。在Ullung-do和Kangnung两处,秋季和冬季降水量与年降水量之间的相关系数大于夏季降水量与年降水量之间的相关系数,夏季降水量不但在年降水量的年际变化中,而且还在年降水量的年代际变化中起着决定性作用。陆日宇等^[9]利用可代表韩国降水变化的Taegu站年降水量的9年滑动平均,指出自1915年起至1990年韩国有两个少雨期(1915年至1928年、1938年至1955年)及三个多雨期(1929年至1937年、1950年至1963年、1981年至1990年)。表2给出了这五个期间Taegu站各季节内的降水情况。从中可以看出夏季降水量在多雨期明显多于少雨期,春季降水量在多雨期也多于少雨期,但不明显。秋季和冬季降水量没有什么变化。

表1 韩国14个站点上春季降水量与年降水量之间的相关系数

站 名	春季与年	夏季与年	秋季与年	冬季与年
Seoul	0.34	0.83	0.64	0.40
Ullung-do	0.48	0.46	0.70	0.62
Taegu	0.34	0.77	0.54	0.37
Pusan	0.35	0.81	0.52	0.23
Kwangju	0.29	0.86	0.42	0.53
Mokpo	0.27	0.85	0.48	0.50
Sokwipo	0.44	0.86	0.38	0.36
Kangnung	0.24	0.40	0.45	0.60
Chupungnyong	0.51	0.67	0.58	0.35
Pohang	0.52	0.66	0.26	0.55
Chonju	0.42	0.78	0.52	0.41
Ulsan	0.43	0.74	0.50	0.43
Yosu	0.35	0.78	0.60	0.24
Cheju	0.31	0.85	0.35	0.34

表2 韩国Taegu站自1915年至1990年间的两个少雨期与三个多雨期平均的各季节降水量(单位:mm)

时 期 \ 季 节	春	夏	秋	冬
1915~1928(干)	168.2	482.1	228.5	68.6
1938~1955(干)	158.7	442.1	236.6	60.2
1929~1937(湿)	201.7	609.9	198.6	83.9
1956~1963(湿)	209.2	603.5	238.8	61.4
1981~1990(湿)	181.4	584.9	226.0	68.7

总之,韩国年降水量的变化亦同其它东亚地区一样,其主要分量来自于夏季降水量的变化。因此,我们将在下面的讨论中主要分析夏季降水量的变化。

通常,东亚地区的三个国家在夏季均有一个明显的雨季,在我国就是梅雨期间,而在日本和韩国则分别称为“Baiu”和“Changma”期间。这三个期间虽然略有些不同,但在大体上是一致的。这说明我国的江淮地区、韩国和日本南部地区的夏季降水主要受梅雨锋带的控制,共同受东亚夏季风的巨大影响。为考察梅雨、Changma和Baiu的共同特征,我们将对东亚地区降水

的区域特征进行 EOF 分析。

利用中国、韩国和日本三国自 1961 年至 1988 年间的夏季降水资料,我们给出 EOF 的前三个分量的空间分布(图 2)。前三个分量所占的方差百分率分别为 16.8%、11.1%和 7.9%,这说明东亚地区降水具有较复杂的特征,不像印度季风那样方差集中体现在第一分量中。这一点与朱乾根等的结果符合^[11]。

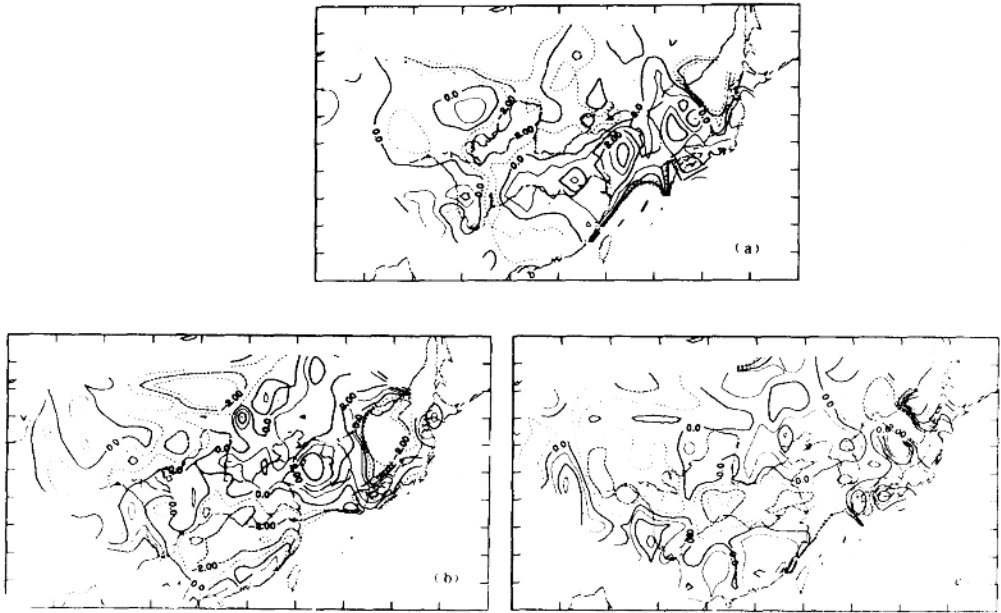


图 2 东亚地区降水量 EOF 的空间分布

第一分量表明江淮地区、韩国和日本南部为正值区(图 2a),这些区域为具有明显的夏季风降水特征(梅雨、Changma 和 Baiu)的地区,也正是夏季梅雨锋带维持的地区。从图中可以看到这是东亚夏季降水的最明显的特征。另外,从图中还可看到华南地区和华北地区为负值区,东北地区为较弱的正值区。华南、江淮、华北和东北为我国东部地区(即受东亚季风显著影响的地区)四个具有不同降水特征的区域。

第二分量的分布与第一分量明显不同,中国整个东部地区(105°E 以东)为北正南负的分布,大致是以淮河为分界线。中国东部地区夏季降水的这种南北分布亦有可能出现,如 1986 年夏季。此时,韩国和日本南部为正值区。这表明韩国和日本南部的降水量与我国南方(淮河以南)的降水量之间有反相关的趋势。这种反相关趋势的物理机理可能为:如果我国淮河以南地区降水多时,空气中的水汽含量有减少的趋势,致使输送到韩国和日本南部地区上空的水汽含量减少,最后使得韩国和日本南部地区的降水少。我国淮河以南地区可能是韩国和日本南部地区的一个重要的水汽源地。

在我国的华南、江淮、华北地区,以及韩国和日本南部地区,第三分量的分布与第一分量相似,只是正负值区正好相反而已。这说明虽然第一分量所占的方差百分率不算高(16.8%),但对我国华南、江淮、华北地区,以及韩国和日本南部地区来说,第一分量所对应的分布所占的方差百分率应比 16.8%高出不少。这也正是我国旱涝区域经常分为华南、江淮和华北地区的原

因。

最后,图 2 中在海洋上以及一些边界附近出现了异常大的数值。这是因为绘图时外插引起的误差,因为对陆地上的数值没有影响,可以不考虑。

四、中国、韩国和日本降水量变化的比较

在上节中我们看到我国的东部地区、韩国和日本南部地区的降水量变化之间存在着密切的关系。下面我们将进一步考察它们之间的关系。

图 3 为 Taegu 站夏季降水量(用以代表韩国夏季降水量)与中国各站点夏季降水量之间的相关关系。中国的 336 个站点中自 1961 年起有降水资料的有 326 个站点。从图中可以看出韩国的降水量与华南地区的降水量呈反相关,与江淮地区的降水量呈正相关,与华北地区的降水量呈反相关,与东北地区的降水量呈正相关。这种分布同 EOF 分析时第一分量的分布相似。

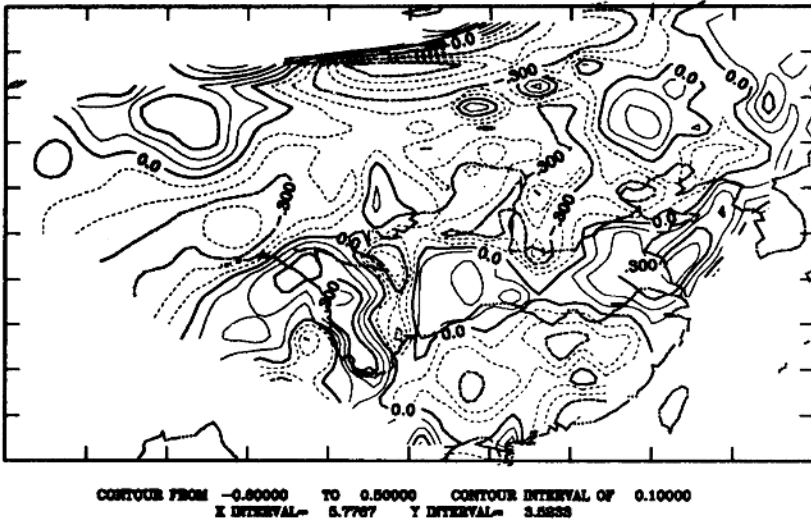


图 3 韩国降水量与中国各站点降水量之间的相关系数

同样地,我们给出日本南部地区夏季降水量与中国各站点夏季降水量之间的相关关系(图 4)。日本南部地区降水量用 40°N 以南地区各站点降水量之和来表示,这是因为在日本, 40°N 以北地区的降水较少受到东亚季风的影响。此时的相关系数分布同 EOF 分析时的分布以及韩国与中国的相关系数分布相似,只是在东北地区有较明显的差异。东北地区与日本南部地区在降水量变化上没有明显的相关性。

因绘图时插值误差之故,在图 3 和图 4 中,在边界地区出现了一些异常值,另外,西部地区(特别是西藏高原及其附近地区)因站点比较稀少,亦存在明显的误差。在本文中不对这些地区进行分析讨论。

以上分析表明在降水量的年际变化上,日本南部和韩国分别同我国东部地区有较好的相关性。东亚地区的降水变化受东亚季风的影响,不仅有年际的变化,而且有年代际变化^[12]。下面将继续讨论东亚地区夏季降水量的年代际变化。图 5 和图 6 分别为中国东部四个地区和代表韩国的 Taegu 站降水量的 9 年滑动平均。中国东部四个地区分别为:华南地区($23^{\circ}\text{N} \sim$

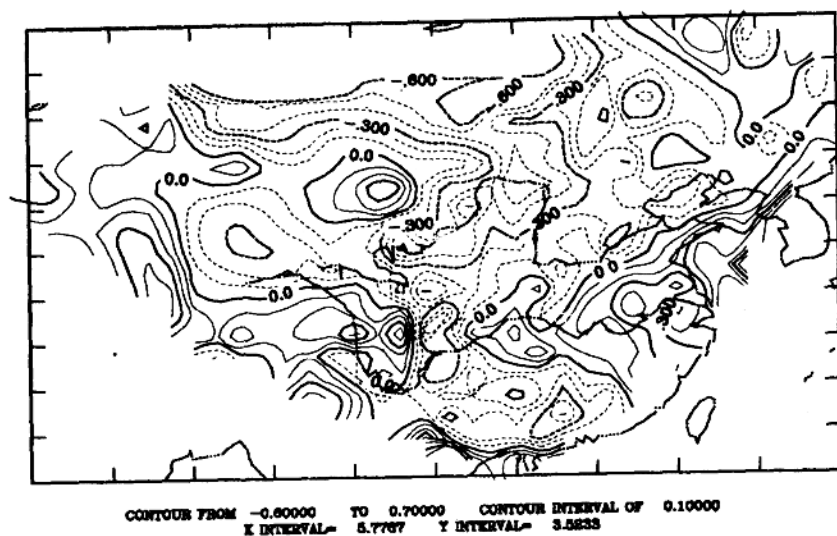


图4 日本南部地区降水量与中国各站点降水量之间的相关系数

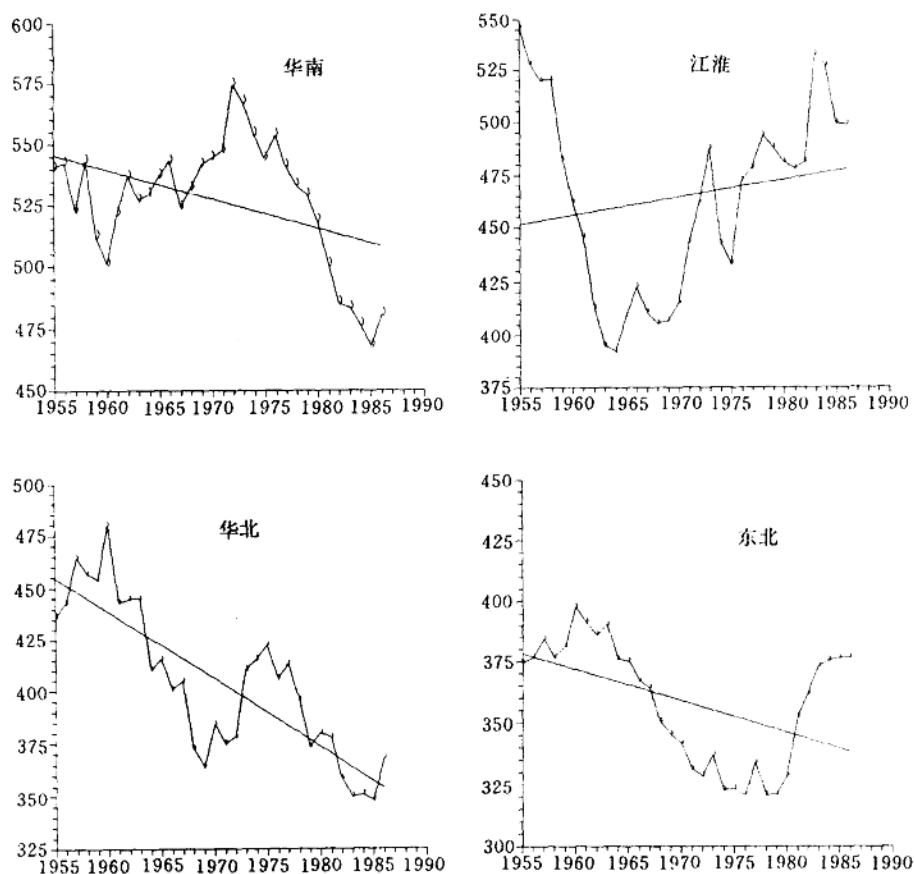


图5 中国东部四个地区夏季降水量变化的9年滑动平均

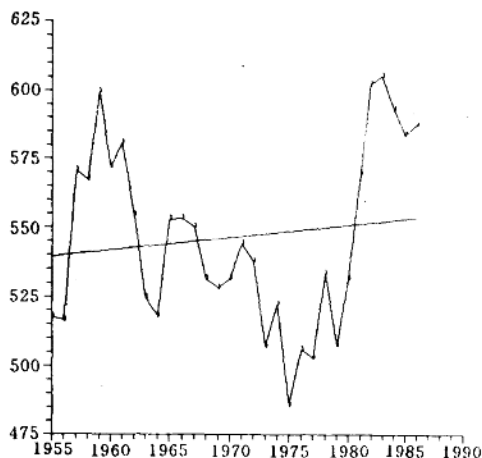


图6 韩国 Taegu 站夏季降水量变化的 9 年滑动平均

30°N, 110°E)、江淮地区(30°N~34°N, 115°E)、华北地区(36°N~40°N, 110°E)和东北地区(41°N~50°N, 120°E)。这种划分方法的主要依据为 EOF 分析结果(图 2), 以及韩国和日本南部地区与中国东部地区的降水量相关关系(图 3 和图 4)。

图 5 表明华南地区一直到 70 年代末降水处于正常偏多的状态, 但进入 80 年代后降水明显减少, 这种降水量的减少是从 70 年代初开始的。江淮地区在 50 年代为降水明显偏多期, 60 年代则为明显偏少期, 70 年代降水恢复正常状态, 并在 80 年代降水量进一步上升, 与 50 年代相近。华北地区也是在 50 年代为显著多雨期, 之后降水量的下降趋势明显, 特别是在 1965 年前后。70 年代初华北地区的降水略有回升, 但在 1979 年前后降水量再次减少, 80 年代处于最低值。东北地区 50 年代降水较多, 60 年代降水逐渐减少, 直到 80 年代恢复到接近 50 年代的降水量。

华南地区、华北地区和东北地区的降水量均呈下降的趋势, 这种下降的趋势在华北地区表现得最为明显, 造成了近来华北地区严重的干旱趋势。只有江淮地区的降水量呈略为上升的趋势。尽管本文所选取的四个地区与文献^[12]略有不同, 但两者的结果相当一致, 说明东亚地区降水存在着明显的年代际变化, 同时东亚地区内各不同地区具有不同的年代际变化特征。

图 6 表明韩国降水在 50 年代末和 60 年代初明显偏多。60 年代中后期, 特别是 70 年代为少雨期, 进入 80 年代后为明显的多雨期, 40 年总的变化趋势是略有上升。我们已经从图 3 中看到韩国夏季降水的年际变化与江淮地区和东北地区呈正相关, 而当我们对图 6 与图 5 进行比较时, 可以发现韩国降水的年代际变化也与江淮地区和东北地区相似, 在 40 年间降水量呈上升趋势这一点上与江淮地区更为相似, 而在变化位相上则与东北地区更为相似。

五、结 论

通过对位于东亚地区的我国东部地区、韩国和日本南部地区夏季降水量变化的分析, 我们发现这些地区的降水变化具有密切的联系, 得到了如下的主要结论:

(1) 夏季降水的 EOF 分析结果表明, 在东亚地区, 第一分量和第三分量的分布相似, 说明

在东亚地区因降水主要受东亚季风的影响,故降水的变化特征较为集中。

(2)江淮地区($30^{\circ}\text{N}\sim 34^{\circ}\text{N}$, 115°E)、韩国和日本南部地区在夏季降水的年际变化方面具有相似的变化特征。

(3)关于降水的年代际变化方面,江淮地区、东北地区和韩国具有相似的变化特征;在总体变化趋势方面,韩国与江淮地区更为相似;而在变化位相方面,韩国与东北地区更为相似。华北地区($36^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$, 110°E)和华南地区($23^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$, 110°E)降水呈下降趋势,特别是华北地区在1965年左右和1979年左右分别有一次降水量的急剧减少。

从EOF的第一分量和第三分量的分布(图2),以及韩国、日本南部地区与我国各站点的降水相关关系(图3和图4)中,我们可以发现在我国东部地区均呈正负相间的分布。这种分布使人联想起东亚-太平洋(EAP型)^[6]。韩国、日本南部地区和江淮地区夏季降水的正相关关系可能就是EAP型所造成的。

另外,关于EOF的第二分量的可能物理解释(即淮河以南地区降水偏多将导致输送到韩国和日本南部地区的水汽含量减少,并造成韩国和日本南部地区降水偏少)亦需要并值得做进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 朱乾根、何金海(1985),亚洲季风建立及中期振荡的高空环流特征,热带气象,1,9-18。
- [2] Tao Shiyan and Chen Longxun(1988), A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, pp. 60-92.
- [3] 殷宝玉、王连英、黄荣辉(1994),东亚夏季风的空间特性及年际变化,“灾害性气候预测及其对农业年景和水资源调配的影响”课题讨论会论文集。
- [4] Nitta, Ts. (1987), Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **64**, 373-390.
- [5] Huang Ronghui and Li Weijing (1987), Influence of the heat source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia. Proc. International Conference on the General Circulation of East Asia, April 10-15, 1987, Chengdu, 40-51.
- [6] Huang Ronghui and Sun Fengying (1992), Impacts of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 243-256.
- [7] Moon Yungsoo (1990), Division of precipitation regions in Korea with the cluster analysis. *J. Korean Meteor. Soc.*, **26**, 203-215 (in Korean).
- [8] Park JeongGyoo and Lee Seung~Man(1993), A regionalization of annual precipitation over south Korea. *J. Korean Meteor. Soc.*, **29**, 117-126 (in Korean).
- [9] Meteorological Research Institute, Korean Meteorological Service (1990), Studies on the monitoring of the climatic change and abnormal weather over the Korean peninsula (1), 97-129 (in Korean).
- [10] Lu Riyu, Chung Yongseung and Huang Ronghui, Interannual variations of the precipitation in Korean and the comparison with those in China and Japan. *J. Korean Meteor. Soc.* (in press).
- [11] Zhu Qiangen, He Jinhai and Wang Panxing (1986), A study of circulation differences between East~Asian and Indian summer monsoon with their interaction. *A. A. S.*, **3**, 446-477.
- [12] 黄荣辉、梁幼林、宋连春(1992),近40年我国夏季旱涝变化及其成因初探,气候变化若干问题研究,科学出版社, pp. 14-29。