

国际大气环流模式比较计划 (AMIP) 进展*

王会军

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘要 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该研究计划。

关键词 大气环流模式 比较研究

1 AMIP 概况

国际大气环流模式比较计划 (AMIP) 是由美国能源部资助, 属世界气候研究计划 (WCRP) 数值试验工作组 (WGNE) 下的一个国际科学计划, 起始于 1991 年, 第 1 阶段 (AMIP-I) 于 1996 年基本结束, 并开始第 2 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为最多, 包括著名的 GFDL (地球流体动力学实验室)、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) 也参加了该计划。我国仅有中国科学院大气物理研究所参加了此计划, 并有垂直 2 层和 9 层的 2 个模式参加比较研究 (表 1)。

比较研究首先规定了模式的标准参数和标准输出, CO_2 含量、太阳常数取成了统一值, 输出结果也都要求标准化。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^[1]。

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 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, 因此, 检验模式并完善模式是一项极重要而艰巨的科学任务, 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的科学意义所在。

1995-06-08 收到, 1995-09-05 收到修改稿

* 本文的发表得到了国家攀登项目“气候动力学和气候预测理论”和国家自然科学基金委青年项目“1979-1988 年东亚夏季风年际变化的模拟研究”的资助。

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 Gemo	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研究所; 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尔巴尼分校; 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。

2 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、土壤水份、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)。其中, 中国科学院大气物理研究所参加了其中 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模式比较研究。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、水文循环、低频变化、云等等。

表 2 AMIP 各分析子计划

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

1995 年 5 月 15~19 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。中国科学院大气物理研究所报告了东亚季风的研究结果。

3 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。

3.1 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 / Dan

注: MSU—微波遥感资料

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 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。

3.2 热带变率

热带变率是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。

3.3 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尚不能很好地模拟出来。

3.4 水文过程

分析发现, 大部分模式模拟的水份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较之在海洋为更大。总的讲模式模拟的气温越低, 通常降水量也越大。模式大都低估了小降水率降水, 而高估了中降水率降水^[2]。

3.5 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, 模式大都过低估计了热带区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低估向极热量输送。

3.6 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更详尽和逼真的方向发展。这对于我国的模式发展工作提出了新的挑战。

3.7 其他

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 W/m^2 , 而另一个模式高达 8 W/m^2 , 并且这种净能量收入在所有纬度上都存在。

4 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, 目前已有 9 个耦合模式的结果已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更加细密, 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^[3]。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. Report on the First AMIP Scientific Conference, Monterey, USA, 1995.

The Advance of the Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP)

Wang Huijun

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract In this paper, the author introduced the advances of the Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP), including its sub-projects of analysis, progress, scientific results, relative programs and prospect.

Key words atmospheric model intercomparison study