

亚洲区域气候模式比较计划的进展*

符淙斌¹⁾ 王淑瑜¹⁾ 熊 喆¹⁾ 冯锦明^{1,2)}

1) (中国科学院大气物理研究所东亚区域气候-环境重点实验室, 全球变化东亚区域研究中心, 北京 100029)

2) (中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要 区域气候变化的信息是气候变化影响评估的基础。在发展全球气候模式的同时, 发展高分辨的区域气候模式是获取区域气候变化信息的重要途径之一。作者介绍了由中国科学院大气物理研究所 START 全球变化东亚区域研究中心发起和主持, 有中、美、韩、日和澳大利亚 10 个研究组参加的亚洲区域气候模式比较计划的目的、意义、工作任务和试验设计等主要内容, 给出了该国际比较计划第 1 阶段(连续 18 个月积分)和第 2 阶段(1988~1998 年连续 10 年积分)的初步结果, 讨论了区域气候模式在亚洲应用中的一些共性问题以及进一步研究的方向。

关键词: 区域气候; 模式比较; 地面气候

文章编号 1006-9585 (2004) 02-0225-15 **中图分类号** P461 **文献标识码** A

1 引言

正确地估计区域尺度气候变化的时间和量值, 分析气候变化对区域环境和社会经济发展的影响, 为社会提供区域气候变化影响的综合评估, 是科学界面临的新的挑战。这样的研究结果可以为社会的可持续发展提供科学基础。

虽然全球气候模式的发展研究已经取得了长足的进步, 它们对于几千公里尺度的大气环流和气候已有相当的模拟能力, 但是迄今为止, 它们在区域尺度上的模拟能力还比较低。为了研究气候变化对生态、经济和社会发展的影响, 一个应当优先考虑的课题就是改进对区域气候变化的情景预测, 从而使影响评估的工作建立在比较可靠的基础之上^[1]。改进全球模式和区域模式的集成体系, 使其集中于模拟气候变率, 区域气候变化和极端气候事件已经列为气候变化研究中优先发展的领域之一^[2]。

东亚地区为典型的季风区, 这里气候的主要特点是变率大, 包括季节、年际和年代际, 甚至世纪尺度的变化^[3]。因此, 季风气候的变化在上述尺度上都将影响亚洲地区的可持续发展。在季节尺度上, 夏季风降水是东亚地区年降水的主要部分, 而且主要是与天气尺度及中尺度天气系统相关联的暴雨有关, 而暴雨出现的位置和强度受到区域尺度的地形和下垫面状况的显著影响。另外, 季风雨带的季节性北进并不是连续的渐变过程, 而是表现出阶段性的突变性跳跃^[4]。东亚夏季降水明显地分成几个阶段, 雨带在某一地区停留时间的长短直接影响一个地区农业和生活用水的供给状况, 从而影响水资源的管理和调度。

2004-02-16 收到, 2004-04-15 收到修改稿

* Asia Pacific Network 和各个参加小组以及国家重点基础研究发展规划项目 G1999043403 共同资助

季风环流和相应季风降水的年际变化,可以直接导致干旱和洪涝等气候灾害的发生,并与发生的频率和强度有关,因此,对农业、水资源和自然生态系统产生重要的影响。ENSO—季风相互作用也是东亚季风年际变化最关键的因子之一^[5,6]。

在几十年到百年时间尺度上,除了自然变率之外,人类活动又将产生重要的影响。东亚地区是世界人口最密集的地区之一,加上快速的社会和经济发展,由此而产生的温室气体排放迅速增长以及大范围的土地利用和土地覆盖状况的变化,对区域气候和环境变化的影响是一个尚需深入研究的问题。

迄今为止,东亚地区区域气候变化的信息主要是通过分析全球气候模式的输出结果获得^[7,8]。由此得到的信息,存在不少问题,例如:大部分全球模式(General Climate Model 即 GCM)对东亚地区区域气候的模拟能力较差,其主要原因是它们的空间分辨率较低,没有很好地考虑中尺度地形和地表覆盖状况的不均匀性等区域尺度强迫,而且多数也没有包含植被—大气之间的相互作用过程等。

已有的一些研究表明,区域气候模式与 GCM 相比可以显著地改进对气候空间分布特征的模拟。由观测场作为边界条件的区域气候模拟显示,区域($10^5 \sim 10^6 \text{ km}^2$)平均温度的偏差小于 2°C ,降水的误差小于 50%^[2]。在东亚,不少研究机构使用不同的区域气候模式对亚洲地区进行了气候模拟,结果表明,大部分模式可以较好地模拟出亚洲季风雨带季节移动的主要特征。全球模式对这些特征的模拟往往都比较较差。

START (System for Analysis, Research, and Training) 全球变化东亚区域研究中心于 20 世纪 90 年代初开始区域气候模式的发展和应用工作,于 2000 年完成了区域环境系统集成模式(RIEMS)的第一版本,经过初步检验和应用,该模式能够较好地模拟东亚区域气候的主要特征^[9,10]。

为了进一步改进 RIEMS 的模拟能力,系统地评估其优缺点,从而提供更可靠的亚洲地区区域气候变化的信息,还需要对模式结果进行更系统的检验。途径之一就是同其他区域模式比较,系统地分析影响模拟结果的主要因素,如模式动力框架,主要物理过程参数化方案的合理性,侧边界处理方案以及用于检验模式模拟效果的观测资料代表性等。

为此,由 START 全球变化东亚区域研究中心向 START 和 APN (Asia Pacific Network) 提出了亚洲区域模式比较计划建议书(Regional Climate Model Intercomparison Project for Asia, 简称 RMIP for Asia),该计划联合了中国、日本、美国、韩国和澳大利亚从事区域气候模拟工作的 10 个研究组,始于 2000 年,计划用 4~5 年对亚洲地区区域气候进行模拟以及比较分析。

该计划已列入世界气候研究计划(WCRP, World Climate Research Program)中 WGCM 和 IGBP 的 GAIM 模式比较计划。

2 亚洲区域模式比较计划的目的、任务和试验设计

RMIP for Asia 的主要目的是:(1) 客观评估参加比较计划的所有模式对亚洲地区区域气候的模拟能力,包括它们的优缺点和误差范围等,并提出报告,为希望利用区域模式模拟结果进行气候变化影响评估的用户们提供可靠的科学依据;(2) 通过对参

加比较的各模式的系统分析，确定各模式的共性问题 and 个性问题，为进一步改进适用于亚洲的区域模式提供科学基础；(3) 在区域模式对现在气候模拟能力的评估基础上，采用一组区域模式与全球模式嵌套的模拟结果进行集成的方法 (ensemble)，给出 21 世纪亚洲区域气候变化的情景，以期得到较全球模式信度更高的预测结果。

为了达到上述目的，RMIP for Asia 计划分成 3 个阶段：

第 1 阶段是对参加比较的模式进行连续 18 个月的积分 (1997 年 3 月~1998 年 8 月)，其中包含一个完整的年变化，以及 1997 年东亚夏季的极端高温干旱和 1998 年长江、松花江及韩国、日本的洪涝两个极端气候事件，以考察模式在模拟亚洲季风气候的年变化及捕捉极端气候事件的能力。

第 2 阶段是对参比模式进行连续 10 年的积分 (1989 年 1 月~1998 年 12 月)。这一阶段模拟试验的目的是对模式模拟亚洲季风气候的能力，包括气候因素的平均值和变率等，进行更为系统的评估。

第 3 阶段主要是将区域模式与全球模式嵌套，模拟 21 世纪亚洲区域气候变化的情景，其中包括在温室气体以及大气气溶胶浓度和土地覆盖状况变化的影响下，亚洲区域的气候状况。本阶段计划用一个 GCM 驱动一组区域气候模式 (Regional Climate Model, 简称 RCM)，然后用集合方法将模拟结果综合起来，给出未来 50 年左右亚洲区域气候变化的情景。

模拟试验的区域包括了大部分亚洲大陆、西太平洋、孟加拉湾和南海等 (如图 1 所示)，区域中心位于 (35°N, 105°E)，水平分辨率为 60 km，经向网格点数为 151，纬向网格点数为 111。侧边界采用指数张弛或谱嵌套方案，缓冲区大小为 10 个格点。

所有参加比较的模式都由统一的大尺度场驱动，如 NCEP 再分析资料或 GCM 的输出资料；各模式均采用 NCAR 0.5°×0.5°分辨率的地形高度资料以及由美国国家航

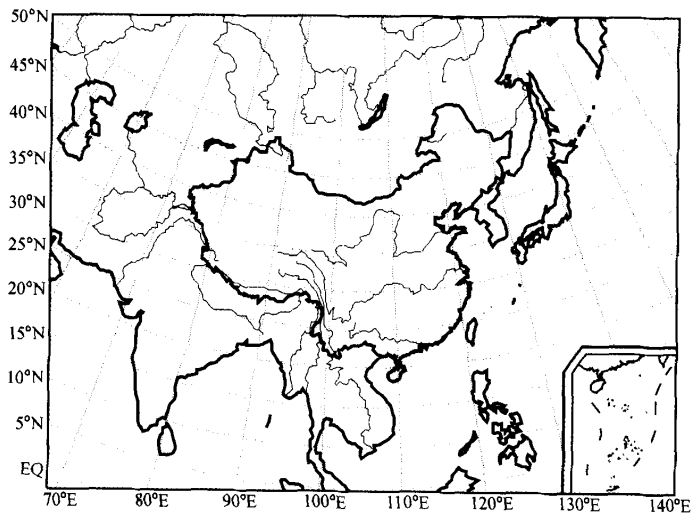


图 1 RMIP 模拟区域

空和宇宙航行局 (National Aeronautics and Space Administration, 简称 NASA) 提供的卫星陆面覆盖资料^[11] (ISLSCP, Initiative I-Global Data Sets for Land Atmosphere Models)。

相同的驱动场、地形分布、地表覆盖状况以及相同的模拟区域和水平分辨率的试验确保了模拟结果的可比性。进行模式比较的一个关键问题是要有一套能够反映实际气候状况的观测资料。再分析资料常常作为“观测值”用于模式检验, 实际上不少分析工作已经说明再分析资料在许多情况下并不能完全代表“观测值”。目前, 气象台站的观测记录可能是最接近实际气候的观测值。RMIP for Asia 尽可能采用了研究区域内的气象台站记录作为观测值, 同时, 在缺少台站观测资料的地区采用了其他的分析资料。下面对模式检验所利用的观测资料作简单介绍。

(1) 台站观测记录

共有 514 个台站有地面气候观测记录用于 RMIP 的第 1 阶段比较检验, 其中包括中国 193 个站, 日本 155 个站, 韩国 72 个站, 北朝鲜 6 个站, 蒙古国 73 个站, 印度 15 个站。第 2 阶段共有 456 个台站资料, 包括中国 193 个, 日本 155 个, 韩国 68 个, 印度 40 个。这些珍贵的地面气候观测资料都是由参加比较研究的科学家提供的, 还有一部分资料 (北朝鲜、蒙古国和印度) 是通过区域合作获得的。图 2 为用于检验的观测台站分布及区域划分。

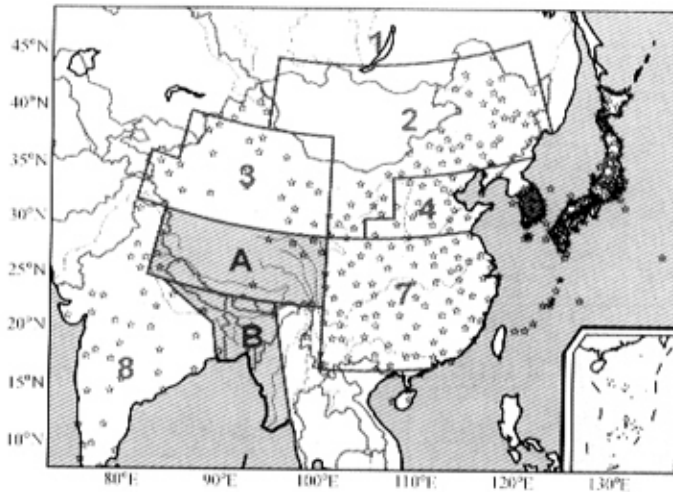


图 2 RMIP 观测台站分布及子区域划分

(2) 格点资料

由于某些地区台站资料比较稀疏, 不能满足模式检验的需要, RMIP for Asia 还采用了下列网格点资料, 包括全球格点降水资料 (Xie and Arkin, CRU 资料)^[12], 最高最低温度资料 (NCEP 再分析资料)^[13], 海平面气压资料和高空风资料 (日本气象厅) 等。

3 参加比较的研究组和模式概要说明

参加 RMIP for Asia 的共有 10 个研究组，其中包括：

- (1) 中国科学院大气物理研究所东亚中心；
- (2) 南京大学大气科学系全球变化研究中心；
- (3) 澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 简称 CSIRO) 大气研究所；
- (4) 日本环境厅国立环境研究所 (NIES)；
- (5) 日本电力工业研究所 (CRIEPI), 大气科学部；
- (6) 日本气象厅气象研究所 (MRI)；
- (7) 韩国国内汉城大学大气科学系；
- (8) 韩国延世大学大气科学系；
- (9) 美国艾奥瓦大学 (IOWA State University), 地质与大气科学系；
- (10) 美国科罗拉多大学环境科学研究所 (Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, 简称 CIRES)。

每个研究组采用各自不同的模式参与比较研究，表 1 列出了参加 RMIP for Asia 第一阶段的各模式的主要信息，其中包括模式名称、垂直分层、侧边界方案、动力框架、以及积云对流、陆面过程、边界层和长短波辐射等主要物理过程的参数化方案。

表 1 参加 RMIP I 模式简介

模式	垂直分层	动力过程	边界场	积云对流	陆面过程	行星边界层	长波辐射	短波辐射
RIEMS	σ -17 层	静力	线性松弛	Kuo-Anthes	BATs	Holtslag	CCM3	CCM3+aerosol
RegCM3	σ -14 层	静力	指数松弛	Kuo-Anthes	LSM	Holtslag	CCM3	CCM3
DARLAM	σ -18 层	静力	指数松弛	Arakawa ¹⁾	Kowalczyk	Louis	GFDL	GFDL
NIES/ CCSR RAMS	Z-21 层	非静力	指数松弛	Arakawa- Schubert	MATSIRO	Mellor- Yamada	Nakajima	Nakajima
ARCSyM	σ -17 层	静力	指数松弛	Kuo-Anthes	LSM	Holtslag	RRTM	CCM2
NJU RCM	σ -17 层	静力	指数松弛	Kuo-Anthes ²⁾	BATs ³⁾	Holtslag	RRTM	CCM3+aerosol
MRI/ JSM_BAIM	σ -23 层	静力	指数松弛	Moist coupling	BAIM adjustment	Yamada Level 2 Louis scheme	Sugi	Lacis&-Hansen
Alt. MM5/LSM	σ -23 层	非静力	线性松弛	Betts-Miller	LSM	MRF	CCM2	CCM2
SNU RCM	σ -23 层	非静力	指数松弛	Grell	LSM	MRF	CCM2	CCM2
RegCM	σ -15 层	静力	指数松弛	Grell	BATs	Holtslag	CCM3	CCM3+aerosol

注：1) 由 McGregor 等修改；2) 由赵鸣等修改；3) BATs 中考虑 scalar roughness 的影响

4 区域模式比较计划第 1 阶段的主要结果

区域气候模式的主要功能在于改善对地面气候区域分布特征的模拟能力。因此整个比较计划的重点是分析地面气候要素，即温度、降水、海平面气压等的模拟。为了

进一步了解相关控制地面气候模拟结果的因素,本阶段还针对特定问题对不同高度的大气环流、水汽和热量的水平和垂直输送以及地表面热量和水分平衡进行了分析研究。

这里简要介绍 1997 年 3 月~1998 年 8 月连续 18 个月积分结果中地面气温和降水量的模拟。

4.1 温度的模拟

所有参与比较的模式均能重现平均温度、最高温度和最低温度的空间分布以及年变化的主要特征;但是在大部分地区几乎所有模式模拟的温度均较观测值偏低,在低纬度地区各模式模拟误差要比高纬地区的小,以模拟区域北部的干旱和半干旱区的偏差最大。图 3a 给出了中国、日本和韩国 3 个观测台站分布密度较高的区域 1997 年冬季和 1998 年夏季季节平均地面气温的偏差。可以看到 1997 年冬季大多数模式模拟的温度偏低 4°C 左右,但 MRI (日本气象厅的模式) 模拟的韩国和日本的温度则偏高到 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$,澳大利亚的 DARLAM 模式模拟误差相对最小(不大于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$);大多数模式对中国的模拟要比对韩国和日本模拟的好,其中东亚中心区域气候模式 RIEMS 对中国地区气温的模拟偏低,但偏差小于 2°C ,模拟性能在各模式中处于中上等。1998 年夏季(图 3b),大部分模式模拟结果仍有偏冷的趋势,偏差大约为 $-4\sim -1^{\circ}\text{C}$,但是 RIEMS 对 3 个区的模拟均偏暖,DARLAM 和 MRI 则对日本和韩国的模拟偏暖;比较而言 RIEMS 对夏季中国温度的模拟是最好的,偏差小于 1°C 。对所有参比模式的模拟结果进行集合,可以看到 9 个参比模式的集合大大地优于个别模式的模拟,冬季中国、韩国和日本的模拟偏差分别为 -0.96 、 -2.99 和 2.81°C ,夏季则分别为 -2.05 、 -0.3 和 0.0061°C (见图 3a 和 3b 最后一列)。

4.2 降水的模拟

大约有一半以上模式能较好地模拟降水的空间分布特征,其中冬季模式模拟效果要好于夏季;几乎所有模式都能重现降水季节变化的主要特征,但大多数模式模拟高纬度的降水明显偏多,特别是中国北方和西北方干旱/半干旱区。

图 4 给出了 1997 年冬季和 1998 年夏季,韩国、日本、中国 3 个区域平均模式模拟的季节总降水量与观测的偏差。可以看到冬季降水平均偏差在 $\pm 30\%$ 左右,而夏季大多数模式在韩国地区模拟的降水偏少,日本降水偏多;在中国地区模式间差别较明显,模拟的降水有的偏少,有的偏多。与其他模式比较,RIEMS 对 1998 年夏季降水的模拟效果最好,偏差不超过 5% ,冬季 RIEMS 模拟的降水偏少 10% 左右,模拟效果较好。

4.3 极端温度的模拟

值得指出的是大多数模式对 1997 年夏季出现在东亚地区的极端高温事件有一定的模拟能力。图 5 给出了各模式模拟和观测的 1997 年 7 月日最高温度超过 35°C (35°N 以北地区)和超过 38°C (35°N 以南地区)的格点数。可以看出各模式都较好地模拟了出现在 35°N 以北的 3 次高温天气过程和 38°N 以南的 2 次高温过程,但模拟的强度较观测的偏弱,其中以 RIEMS 的模拟结果最接近观测,显示了其对极端气候事件的良好模拟能力。

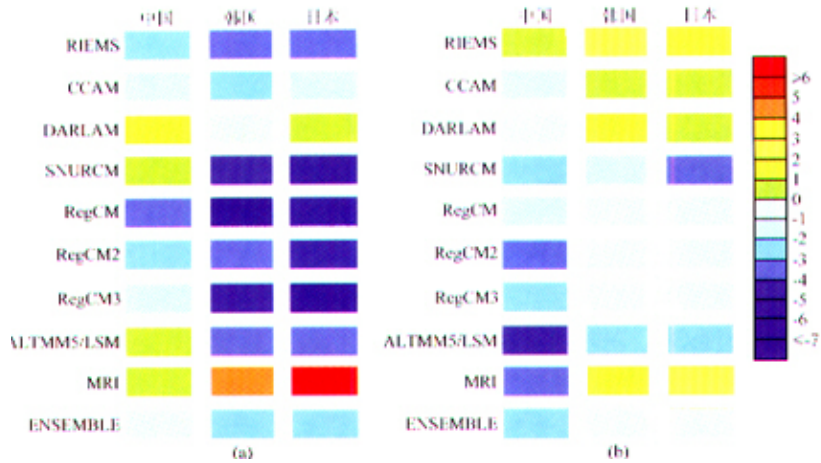


图3 中国、日本、韩国季节平均地面温度偏差(单位:°C)
(a) 1997年冬季; (b) 1998年夏季

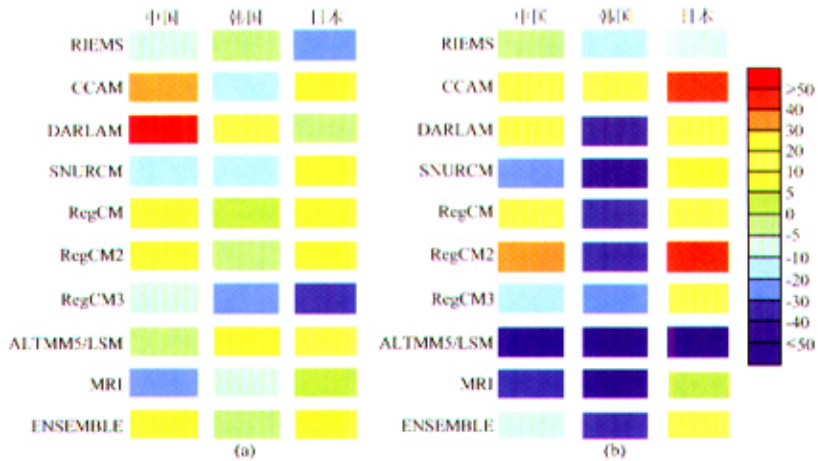


图4 中国、日本、韩国季节总降水偏差(单位:%)
(a) 1997年冬季; (b) 1998年夏季

5 第2阶段10年连续积分结果的比较

为了进一步对模式的模拟进行更为系统的评估,第2阶段的试验是对1988年12月~1998年11月进行连续10年的长期积分,积分区域和试验设计均同第1阶段的模拟完全一致。但是由于机器条件和人力资源方面的原因,只有6个研究组的模式参与了比较研究,其中包括5个区域气候模式和1个变网格全球模式(详见表2)。

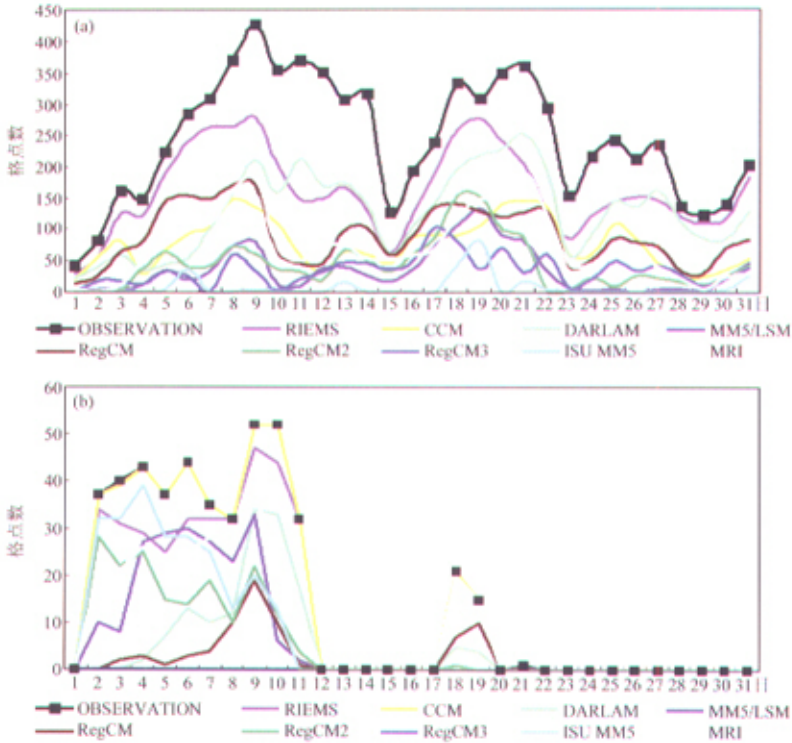


图5 各模式模拟和观测的1997年7月日最高温度超过35°C (35°N以北地区, a) 和超过38°C (35°N以南地区, b) 的格点数

表2 参加RMP II模式简介

模式	垂直分层	动力过程	边界场	积云对流	陆面过程	行星边界层	长波辐射	短波辐射
RIEMS	σ -17层	静力	线性松弛	Kuo-Anthes	BATs	Holtslag	CCM3	CCM3+aerosol
CCAM	σ -18层	静力	Far-field nudging	Arakawa-Gordon	Kowaleczyk	Louis-Holtslag	GFDL	GFDL
DARLAM	σ -18层	静力	指数松弛	Arakawa ¹⁾	Kowaleczyk	Louis	GFDL	GFDL
MRI	σ -23层	静力	指数松弛 + Spectral coupling	Moist convective adjustment	BAIM	Yamada Level 2 Louis scheme	Sugi	Lacis & Hansen
NJU RCM	σ -16层	非静力	线性松弛	Betts-Miller	LSM	MRF	CCM2	CCM2
SNU RCM	σ -23层	非静力	指数松弛	Grell	LSM	MRF	CCM2	CCM2
RegCM	σ -15层	静力	指数松弛	Grell	BATs	Holtslag	CCM3	CCM3+aerosol
RegCM2	σ -15层	静力	指数松弛	Grell	BATs	Holtslag	CCM3	CCM3+aerosol
RegCM3	σ -15层	静力	指数松弛	Grell	BATs	Holtslag	CCM3	CCM3+aerosol

注: 1) 由McGregor等修改

在第 2 阶段的比较中, 用于比较检验的地面台站数量有一些变化, 中国 193 个, 日本 155 个, 韩国 68 个和印度 40 个, 北朝鲜和蒙古国的台站资料未能取得。台站资料较少或没有的地区, 我们将全球格点观测资料内插至模式网格点上。用于检验模式的全球格点资料包括: 陆上降水和温度取自英国气候研究组 (CRU) 资料, 海洋上温度和降水取自文献 [12], 最高最低温度和海平面气压取自 NCEP 再分析资料^[13]。下面给出 5 个区域模式的集合以及变网格全球模式 (CCAM) 的模拟结果与观测值的主要比较分析。

5.1 多年平均场的模拟

模式可以重现季节平均温度场空间分布的主要特征 (如图 6、图 7 所示)。观测值和模拟值之间的相关程度相当高, 但是模拟的中国西北部的年平均温度比观测值低 $2\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。区域气候模式的温度集成结果与变网格全球模式结果没有明显的差异。

图 8、图 9 显示模式可以合理地模拟多年平均冬、夏季节总降水空间分布的基本特征, 相关分析表明降水场的观测值和模拟值之间也有较高的相关系数, 但大多数模式模拟的雨带位置偏北。

5.2 年际变率 (标准差) 的模拟

区域模式模拟的冬、夏温度标准差的空间分布和强度与观测结果相当一致, 但变网格全球模式的结果与观测相比差异较大; 比较而言各个模式对降水变率的模拟结果比对温度的差一些, 尤其是夏季。图 10 给出了对于各模式模拟温度和降水的综合分析结果。从观测值与模拟值之间的相关系数以及标准差, 可以看出各模式对温度的模拟都比较好, 模式间的差异不很显著, 相关系数均大于 0.90, 标准差小于 0.25。而各模式对降水的模拟差异比较大, 相关系数在 0.4~0.7 之间, 标准差在 0.7~1.4 之间。

就 RMIP 第 1、第 2 阶段的模拟结果进行分析, 我们得到了一些初步的结论并提出了一系列需要进一步分析的问题, 目前研究工作正在继续中。

6 问题和进一步研究的方向

RMIP for Asia 第 2 阶段的 10 年连续积分结果拥有大量的区域气候模拟信息, 上面的初步分析仅仅只使用了其中很小一部分, 参与 RMIP 计划的科学家正进一步合作以从大量的信息中研究区域模式在亚洲地区的模拟结果。通过上述初步分析, 已经发现一些模式所具有的共性, 同时也看到了不同模式之间的差异, 其中包括:

(1) 从区域气候模式与变网格全球模式模拟结果的比较来看, 总体上区域气候模式对东亚地区平均气候以及变率的模拟效果要比全球模式的好。由于参加本次比较计划的变网格全球模式在模拟区内的水平分辨率大约是 60 km, 与区域模式的分辨率相当, 说明仅仅提高全球模式的分辨率并不能显著提高它对区域气候的模拟能力。因此, 目前有些人提出只要发展全球模式, 提高其分辨率就能解决区域气候模拟的主张是不全面的。在发展全球模式的同时发展区域模式应当是今后相当长一段时期内的研究方向之一。

(2) 从多模式简单的集合 (代数平均) 结果优于单个区域模式模拟结果的结论中看, 应当在区域气候模拟中开展多种途径的集合研究, 包括多个区域模式和一个全球

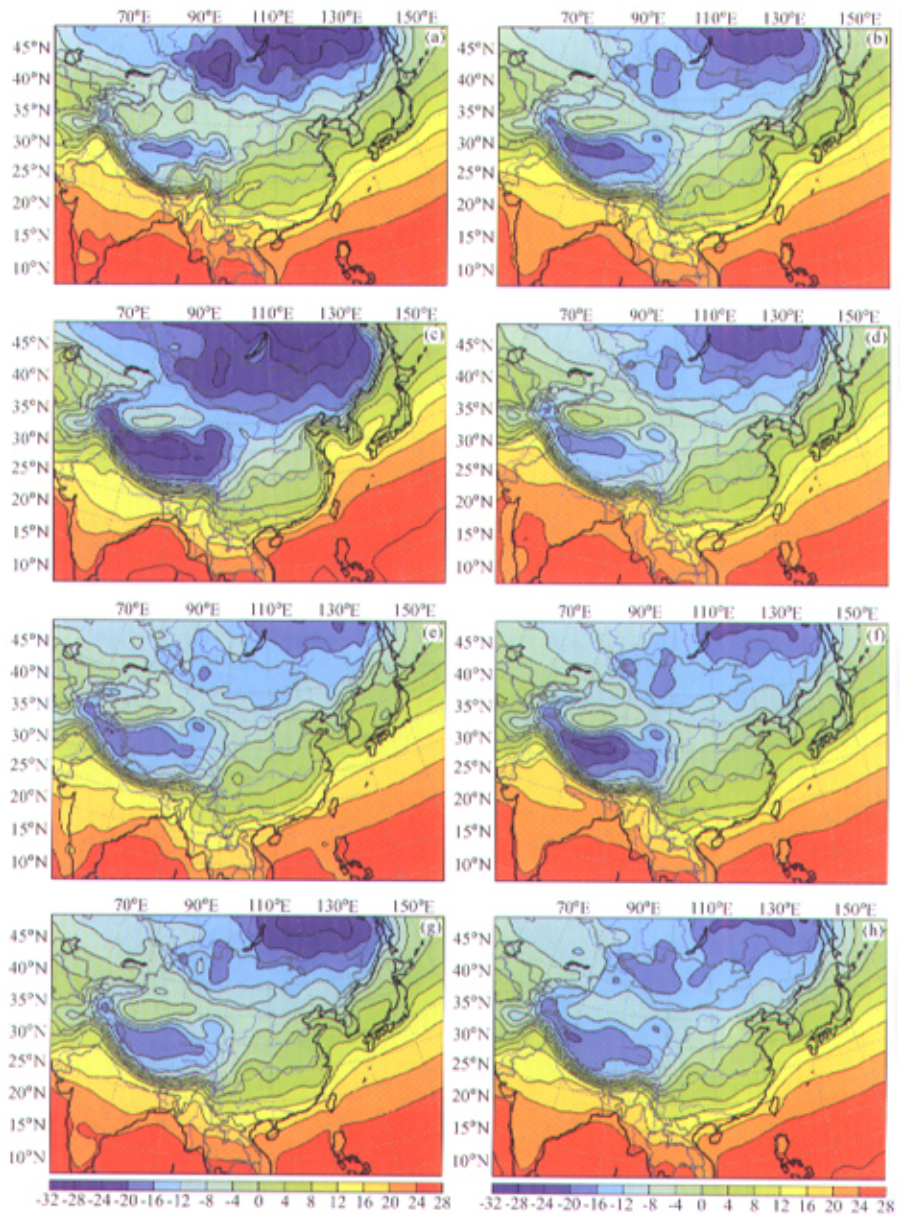


图6 10年平均(1989~1998年)冬季地面温度的空间分布(单位:℃)
(a) 观测; (b) 集成; (c) RIEMS; (d) NJU RCM; (e) MRI; (f) RegCM3;
(g) SNU RCM; (h) CSIRO CCAM

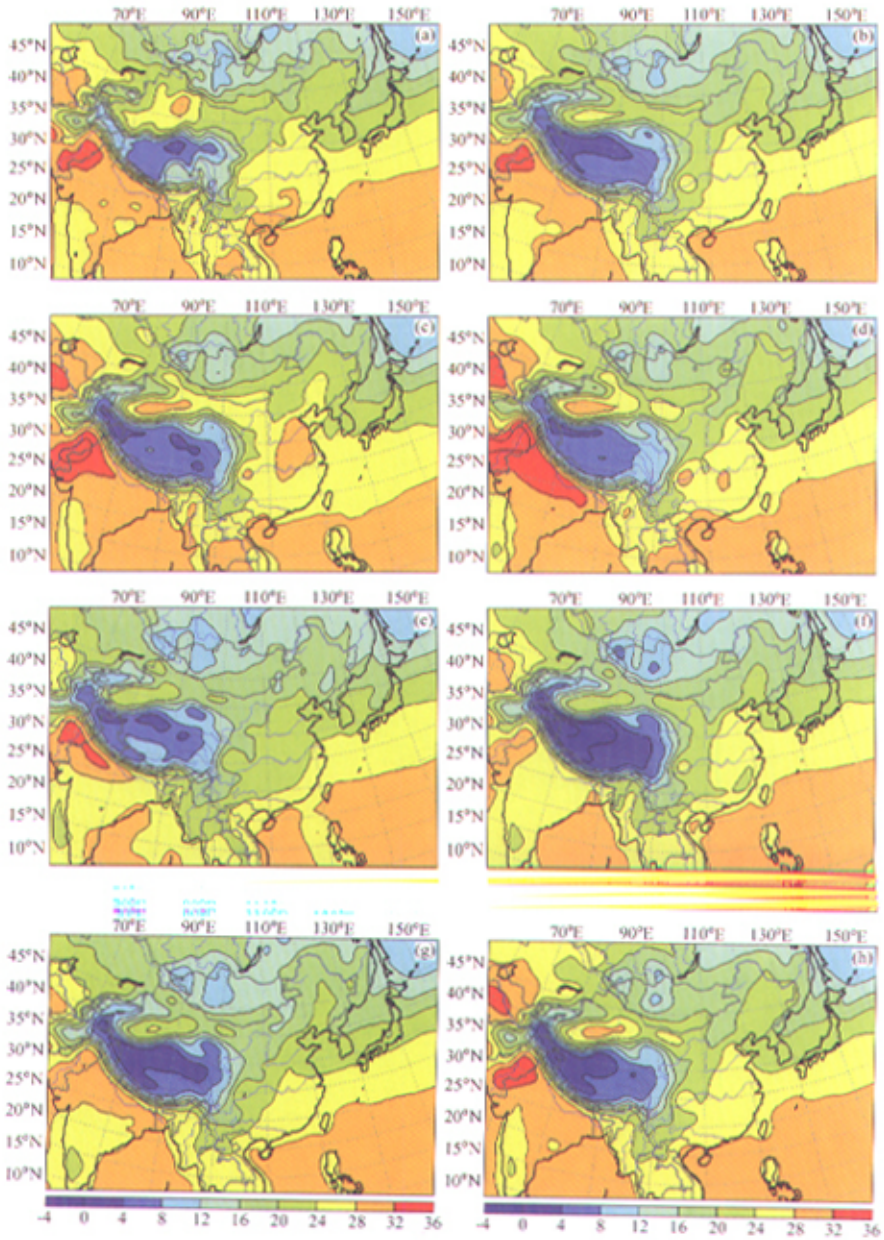


图 7 10 年平均 (1989~1998 年) 夏季地面温度的空间分布 (单位: $^{\circ}\text{C}$)
(a) 观测; (b) 集成; (c) RIEMS; (d) NJU RCM; (e) MRI; (f) RegCM3;
(g) SNU RCM; (h) CSIRO CCAM

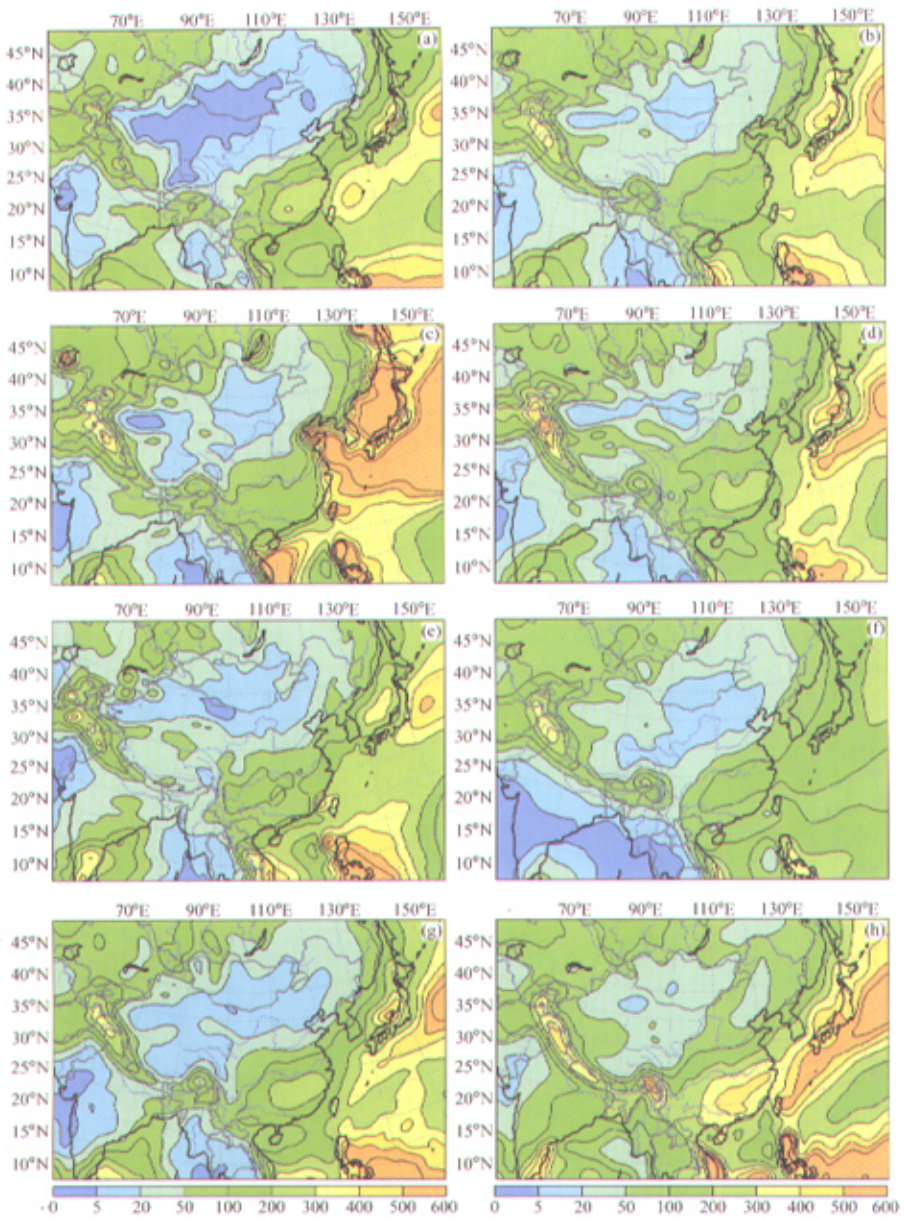


图8 10 平均 (1989~1998 年) 冬季总降水的空间分布 (单位: mm)
(a) 观测; (b) 集成; (c) RIEMS; (d) NJU RCM; (e) MRI; (f) RegCM3;
(g) SNU RCM; (h) CSIRO CCAM

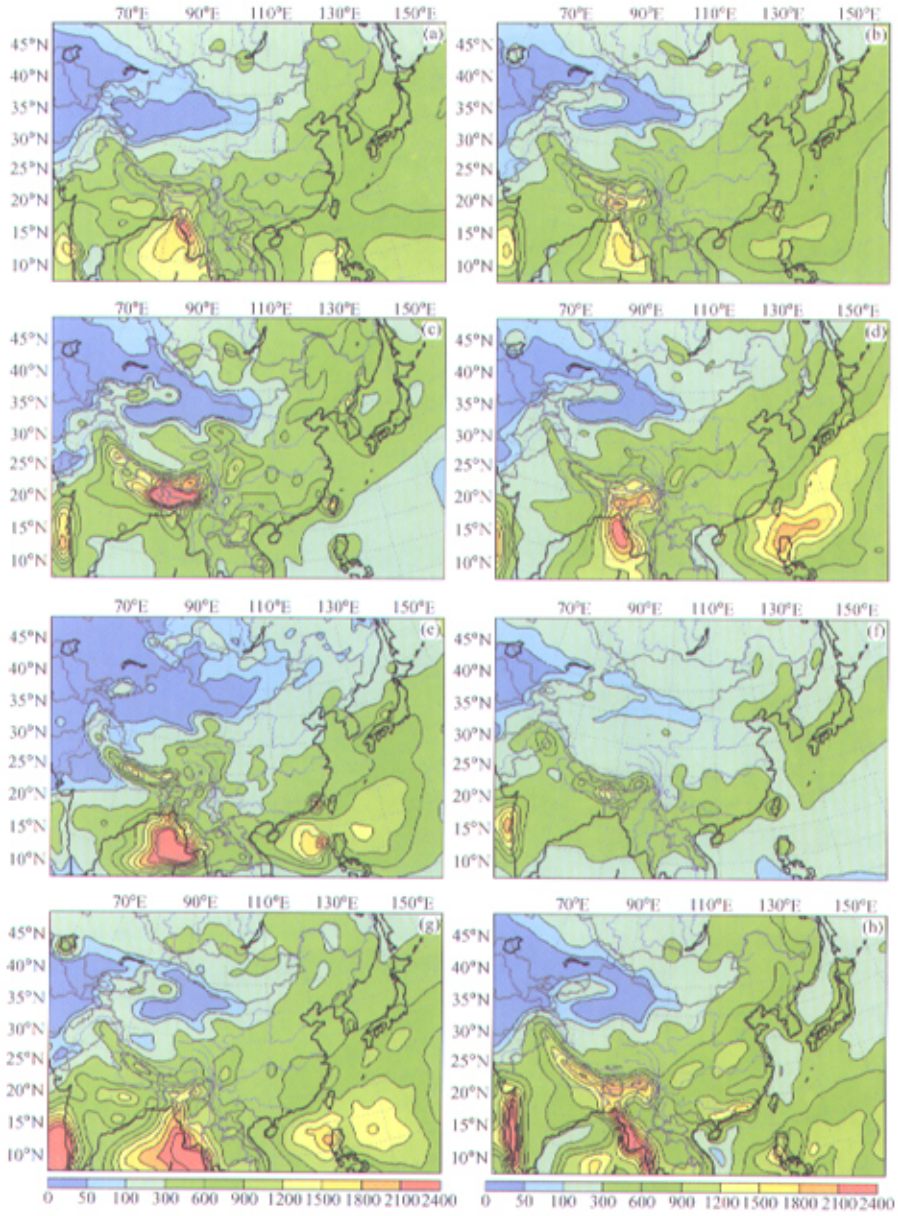


图9 10 平均(1989~1998年)夏季总降水的空间分布(单位: mm)
(a) 观测; (b) 集成; (c) RIEMS; (d) NJU RCM; (e) MRI; (f) RegCM3;
(g) SNU RCM; (h) CSIRO CCAM

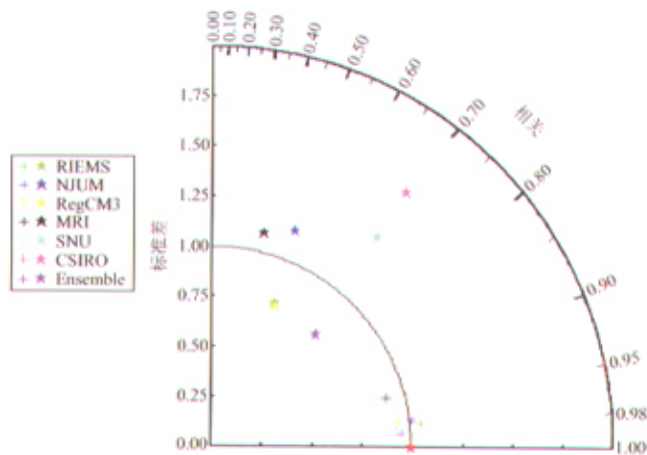


图 10 模式模拟区域平均温度和降水的空间相关系数与标准差
五角星符号为降水，十字符号为平均温度

模式（或再分析场）嵌套的集合，多个全球模式驱动一个区域模式的集合，区域模式中不同参数化方案的集合等。同时要进一步发展先进的集合方法，以提高集合的效果。

温度场的模拟显示，不同的区域气候模式和全球变网格模式在模拟东亚地区气候时存在一些共同的问题，例如：模式温度普遍低于实际观测值，特别是模拟区的北部，这是什么原因造成的？这种现象是否只是出现在亚洲地区，在欧洲、北美地区应用类似模式模拟区域气候是否也有同样的问题？这些问题的产生是与模式的动力框架有关，还是与主要物理过程的参数化方案，如辐射过程、陆面过程等的选择有关？这些问题的回答还需要作进一步的研究。同时，大部分模式对降水模拟都具有显著的雨带偏北的偏差，对半干旱-干旱地区模拟的降水明显偏多，其原因是什么？是由于同降水有关的物理过程参数化方案不适合于这些区域的研究，还是在这些地区用于检验模式的降水观测记录本身有问题？这些也是同样需要进一步研究的问题。

总之，区域气候模式作为一个新兴的研究领域和气候研究的工具，在近 10 多年来有了很大的发展，在亚洲地区的应用也有许多工作，现在需要对这些工作进一步进行深入系统的分析，以取得气候变化影响评估所需要的更加可靠的信息。

致谢 参与比较计划的还有：曾昭美、马柱国（中国科学院大气物理研究所）及其日本、美国、韩国、澳大利亚的科学家。

参 考 文 献

- 1 IPCC, *Climate Change 1995, The Science of Climate Change*. J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell, Eds., Cambridge University Press, 1995, 572 pp.
- 2 IPCC, *Climate Change 2001, The Scientific Basis*, J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C. A. Johnson, Eds., Cambridge University Press, 2001, 881 pp.

- 3 Fu Congbin, and Zheng Zaomei, Monsoon regions: The highest rate of precipitation changes observed from global data, *Chinese Science Bulletin*, 1998, **43**, 662~666.
- 4 叶笃正、朱抱真, 大气环流的若干基本问题, 北京: 科学出版社, 1958.
- 5 Fasullo, J., and P. J. Webster, Hydrological signatures relating the Asian summer monsoon and ENSO, *J. Climate*, 2002, **15**, 3082~3095.
- 6 Ju, J., and J. Slingo, The Asian summer monsoon and ENSO, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1995, **121**, 1133~1168.
- 7 Hume, M., T. Wigley, Zhao Zhongci, Wang Futang, Ding Yihui, R. Leomans, and A. Markham, Climate Change due to greenhouse effect and implication for China, 1992, 57 pp. (Available from Banson Production, 3 Turrille Street, London E, 7HR, UK.)
- 8 Zhao Zongci, and Wang Futang, Climate change and cropping systems in China, *Bulletin of CNC-IGB*, 1994, **3**, 52~62.
- 9 Fu Congbin, Wei Heilin, and Qian Yun, Documentation on a regional integrated environment model system (RIEMS version 1), TEACOM Science Report No. 1, START Regional Committee for Temperate East Asia, Beijing, China, 2000, 1~26.
- 10 Xiong Zhe, Wang Shuyu, Zeng Zhaomei, and Fu Congbin, Analysis of Simulated Heavy Rain over the Yangtze River Valley during 11-30 June 1998 using RIEMS, *Advances in Atmospheric Sciences*, 2003, **20**, 815~824.
- 11 Meeson, B. W., and Coauthors, ISLSCP Initiative I-Global Data Sets for Land Atmosphere Models, 1987-1988, Vol. 1-5, published on CD by the U. S. National Aeronautics and Space Administration (GDAAC, ISLSCP, 001-USA), 1995.
- 12 Xie Pingping, and P. A. Arkin, Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model output, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1997, **78**, 2539~2558.
- 13 Kalnay, E., and Coauthors, The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, **76**, 437~472.

Progress Report on Regional Climate Model Intercomparison Project for Asia

Fu Congbin¹⁾, Wang Shuyu¹⁾, Xiong Zhe¹⁾, and Feng Jingming^{1,2)}

- 1) (*Key Laboratory of Regional Climate-Environment for Temperate East Asia, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, START Regional Center for Temperate East Asia, Beijing 100029*)
- 2) (*Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039*)

Abstract To improve the simulation of regional climate change has been listed as one of the high priority areas in climatic change study, because it is the urgent requirement for usage in impact assessment. To server this purpose, a Regional Climate Model Intercomparison Project (RMIP) for Asia was designed by Key Laboratory of Regional Climate-Environment for East Asia and has achieved its 4-year research tasks (2000~2003). The project is a joint effort of 10 research groups in Phase I and 6 in Phase II from Australia, China, Japan, South. Korea, and the United States, and also involves scientists from India, Italy, Mongolia, North Korea, and Russia. This paper introduces the first two phases of RMIP that have been implemented: phase one, 18-month run from April 1997 to September 1998 which includes a full annual cycle and two extreme cases to assess the model performance in reproducing the annual cycle of monsoon climate and capturing the extreme climate events; phase two, 10-year run from January 1989 to December 1998 to assess the statistical behavior of the models.

Key words: regional climate, intercomparison, surface climate