

KEXUE ZHIXUE SHIYEZHONG DE FUZA XITONG YU MONI FANGFA

科学哲学视野中的 复杂系统与模拟方法

齐磊磊 著

中国社会科学出版社

KEXUE ZHIXUE SHIYEZHONG DE FUZA XITONG YU MONI FANGFA



科学哲学视野中的 复杂系统与模拟方法

齐磊磊 著

中国社会科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学哲学视野中的复杂系统与模拟方法 / 齐磊磊著. —北京: 中国社会科学出版社, 2017. 10

ISBN 978 - 7 - 5203 - 0867 - 0

I. ①科… II. ①齐… III. ①复杂性理论②计算机仿真—系统建模
IV. ①TP301.5②TP391.92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 210429 号

出版人 赵剑英
责任编辑 田文
特约编辑 钱法文
责任校对 张爱华
责任印制 王超

出版 中国社会科学出版社
社址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮编 100720
网址 <http://www.csspw.cn>
发行部 010-84083685
门市部 010-84029450
经销 新华书店及其他书店

印刷 北京君升印刷有限公司
装订 廊坊市广阳区广增装订厂
版次 2017 年 10 月第 1 版
印次 2017 年 10 月第 1 次印刷

开本 710 × 1000 1/16
印张 16.25
字数 242 千字
定价 69.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社营销中心联系调换
电话: 010-84083683

版权所有 侵权必究

序

齐磊磊博士首本学术专著《科学哲学视野中的复杂系统与模拟方法》，是在其博士论文基础上经过数年的沉淀与完善不断修改而成。齐磊磊在攻读科学技术哲学专业硕士、博士学位期间，借助自身计算机科学（本科所学专业是计算机信息管理）知识优势和比较扎实的哲学素养，进行复杂系统科学与哲学方向的学习与研究。其硕士学位论文“复杂系统探索与元胞自动机模拟方法”、博士学位论文“复杂系统研究与计算机模拟方法”均取得理想的研究成果，并获优秀等级。

在一定意义上可以说，研究范式和方法论代表着人们认识世界的基本方式，也是一门学科发展程度的标志。任何科学要想实现变革和发展，必须从研究范式和方法论入手进行根本性转换。复杂性科学的发展更是如此。齐磊磊正是从这一理念出发，很好地把握住了复杂系统与模拟方法的关系，并认为其中的重点是对“模拟方法”、特别是计算机模拟方法的研究。事实上，复杂系统研究近几十年来取得的成就，基本上来源于一种新的研究方法，即计算机模拟。没有这种方法，混沌与分形学科、人工生命与人工社会等理论均难以得到突破与发展。模拟是当代复杂性研究的核心，作者抓住这个核心问题，从哲学上进行分析，并形成了本书的中心观点和逻辑框架：从模拟的认识论基础和历史根源上论证模型在科学研究中的作用；从模拟的逻辑方法上讨论模拟推出突现的种种逻辑问题，并将这种新逻辑方法与传统的亨普尔的解释逻辑方法以及数学上的分析方法进行比较；从计算机模拟的各种表现（元胞自动机、遗传算法、布尔网络）上和各种应用（应用于自组织研究、应用于博弈论研究、应用于社会财富分配和社会新管

理体制)上说明模拟方法的生命力;最后,对基于计算机模拟的“计算主义”思潮进行分析。整个内容表述不但逻辑严谨,而且中心突出、论证翔实。尤其是对计算机模拟方法所作的重点讨论,为复杂系统科学哲学探索了一种新的研究进路,乃是本书的一大特点与优势。

齐磊磊在这本著作中,涉及当前科学哲学尤其是复杂系统科学哲学研究方面相当前沿而重要的论题,既论及突现、层级、复杂性、自组织、广义进化等复杂性科学的关键概念,又论及科学实验、科学解释、理论还原、模拟方法、计算思维、计算主义这些热点的科学哲学和认知科学的重大问题。她在本书中将二者结合起来进行思考与研究,颇有新意。由于这种“跨越层次”的交叉研究进路,使得作者并不拘泥于系统研究和科学哲学的传统观点,提出了系统突现的新定义和模拟推出突现的形式步骤;从模型与模拟的同构本质中提出了同态实在论和模型认识论的新观点;用跨学科的研究方式,重新论证了“复杂性产生于混沌边缘”;对模拟逻辑的研究以及对模拟的各种应用所做的综合研究等都体现出一种创新精神和创新结论,这些都是可以与同行专家进行深入对话的。

总之,齐磊磊博士的这本书稿,选题比较前沿,触及到了复杂系统科学哲学的新领域,有较高的哲学意义和实践价值;无论在研究进路,还是理论诠释,抑或研究方法上,都具有创新性;在计算机模拟方法和相关的系统科学哲学问题上有自己独立的和创新的见解。该书的出版,相信是一本颇有价值的学术著作。后学上进,作为昔日的老师,甚感欣慰。

当然,一切还都处于起步阶段,任重而道远。由于所属论题的前沿性,尚有许多科学(计算机科学)和哲学(复杂系统科学哲学)以及它们“相互纠缠”的诸多问题,需要锲而不舍、艰苦卓绝地深入探究。对于复杂性这一“科学殿堂里的精灵、哲学王国中的幽魂”,借助人类理性之光,必将逐步“解蔽”。

复杂性探索,永远在路上!

颜泽贤

2017年6月于濠江

目 录

绪 论	(1)
第1章 复杂系统的基本概念	(10)
一 复杂系统科学的兴起	(10)
二 复杂系统的相关概念	(13)
(一) 复杂性与复杂系统	(13)
(二) 复杂系统的概念内涵	(16)
三 复杂系统的突现概念	(24)
(一) 突现概念的起源及其重要性	(24)
(二) 突现概念的表达式	(27)
四 论突现的不可预测性和认知能力的界限	(37)
(一) 论信息的不确定性	(38)
(二) 论信息的不完备性	(40)
(三) 论计算的极限性	(44)
五 复杂系统的研究方法	(47)
(一) 常见的几种研究方法	(47)
(二) 我们的研究方法	(50)
第2章 模型及模型方法	(53)
一 从隐喻、类比到科学模型	(53)
二 科学中的模型	(55)
(一) 模型的基本概念	(55)

(二) 模型的基本类型	(57)
(三) 模型的评价与选择标准	(60)
三 模型的认识论本质	(64)
(一) 同态、同构与模型	(64)
(二) 关于建模的模型	(68)
(三) 模型的认识论状态(status)和本体论承诺: 实在论 还是工具主义	(71)
四 模型在科学研究中的作用	(74)
(一) 模型在科学解释中的作用	(74)
(二) 模型在科学研究中的其他作用	(78)
第3章 模拟方法及其基本原理	(80)
一 从模型到计算机模拟	(80)
二 计算机模拟方法	(81)
(一) 计算机模拟及其可行性	(82)
(二) 计算机模拟在科学研究中的作用	(83)
(三) 计算机模拟方法的局限性	(87)
(四) 一个可行性的建议	(88)
三 基于多主体的计算机模拟方法	(90)
(一) 主体、适应主体与多主体系统	(90)
(二) 基于多主体的系统模拟方法: 一种新的思维 方式	(96)
四 元胞自动机模拟方法	(98)
(一) 元胞自动机的历史与发展现状	(98)
(二) 作为离散动力学的元胞自动机模拟方法	(100)
(三) 几种典型的元胞自动机	(104)
第4章 元胞自动机模拟方法在复杂系统研究中的作用	(108)
一 从计算机模拟到元胞自动机模拟	(108)
二 基于元胞自动机模拟对突现的推理	(111)

(一)突现概念的动力学解释·····	(111)
(二)通过模拟推出突现的机理·····	(116)
(三)典型案例·····	(118)
(四)突现的模拟可推导性的性质与条件·····	(131)
三 基于元胞自动机模拟对混沌边缘的复杂性探析·····	(137)
(一)不同的研究领域内复杂性的产生条件·····	(137)
(二)元胞自动机对复杂性产生条件的模拟·····	(143)
(三)启示:复杂系统的同构性、可计算性和二重性·····	(149)
第5章 基于主体的计算机模拟方法在生态系统和人类社会	
系统中的应用 ·····	(155)
一 从对自然系统的模拟到对社会系统的模拟·····	(155)
二 同质主体的模拟·····	(156)
(一)同质主体的概念及特征·····	(156)
(二)Boids 的模拟·····	(157)
三 异质主体的模拟·····	(162)
(一)异质主体的概念及特征·····	(162)
(二)Tierra 的模拟·····	(163)
四 人类社会的模拟·····	(168)
(一)“囚徒困境”的模拟·····	(169)
(二)“糖域”的模拟·····	(174)
(三)计算机模拟与斯泰西的“复杂应答过程”(CRP)	
理论·····	(182)
第6章 反思当代计算主义思潮 ·····	(188)
一 从计算机模拟到计算主义·····	(188)
二 计算主义思潮·····	(189)
(一)计算主义思想的萌芽·····	(189)
(二)当代计算主义·····	(192)
三 扬弃计算主义·····	(199)

❖ 科学哲学视野中的复杂系统与模拟方法

(一) 计算的本质	(199)
(二) 认识世界的新方式	(201)
四 计算主义的新进展	(205)
(一) 人工社会哲学研究进展	(205)
(二) 结论：从强计算主义到弱计算主义	(207)
结束语	(221)
附录一	(224)
附录二 国内外研究现状综述	(228)
参考文献	(239)
后 记	(250)

绪 论

人工（虚拟）世界所映射的最为振奋人心的领域是“复杂自适应系统”的新疆域。这些系统（从环境生态系统到市场经济系统）涉及活的“主体”，它们以多种方式不断改变自身的行为，这些方式无法用科学的旧规则进行预测和测量。科学家们的探索代表了21世纪科学发现的新视野，而模拟世界正在绘制航向图。

——约翰·L·卡斯蒂^①

在自然界和人类社会中，普遍地存在着各种复杂系统。人的认识也从简单逐步进入到对复杂事物的认识，时间的年轮已走到需要我们足够重视复杂系统的阶段。然而传统的分析还原方法在解决主要的科学与社会问题时越来越显示出局限性。为了探求一种新的方法和新的进路，正如西蒙（Herbert A. Simon）^②所说的，“在20世纪中，人们对复杂性和复杂系统表现出一波又一波的强烈兴趣”^③。对于这种兴趣波，切克兰德（Peter Checkland）称为“系统运动”。颜泽贤教授将这种系统运动的阶段概括为四次浪潮，他说：

^① [美] 约翰·L·卡斯蒂：《虚实世界》，王千祥、权利宁译，上海科技教育出版社1998年版，第1页。

^② Herbert A. Simon，多数资料音译为“西蒙”，他还给自己起了个中文名字为“司马贺”。所以有的资料中也称他为司马贺。

^③ [美] 司马贺：《人工科学：复杂性面面观》，武夷山译，上海科技教育出版社2004年版，第157页。

在 20 世纪中系统运动经历了四次浪潮：系统运动的第一次浪潮，起源于活力论和机械论有关生命本质的争论。英国突现主义者既否认非物质的“生命力”这种东西，又反对机械论的主张，认为生命有机体是一种“组织层级的突现”，提出了“突现进化论”，形成了系统运动的第一次浪潮，成为系统运动的第一个独立的发展阶段。西蒙为这个阶段又补充了法国的“创造进化论”和心理学上的“格式塔”学派。

系统运动的第二次浪潮是以一般系统论、控制论为理论基础，在第二次世界大战前后发展起来的跨学科研究浪潮，并有信息论、运筹学、系统分析等理论和应用学科与之相辅相成地发展起来。

系统运动的第三次浪潮是 20 世纪七八十年代系统自组织理论的建立和发展。在这个问题上首先是由普利高津等人组成比利时布鲁塞尔学派，他们特别强调开放系统的远离平衡态对系统自组织演化的作用，提出了所谓的耗散结构理论。德国物理学家 H. 哈肯提出“协同学”，揭示了大量元素和子系统之间怎样通过协同作用和相干效应，形成具有特定功能的以宏观序参量来表征的自组织结构。德国生物物理化学家艾根（M. Eigen）的“超循环理论”对于系统自组织的进化形式的研究也起了重大作用。不过这些都是自然科学的具体领域中揭示的自组织现象。到了 80 年代，一个寻找科学新进路、新规范与社会新组织的热潮兴起，便开始将上面所说的不同学科领域的自组织理论整合成一个普遍的一般自组织理论。所以作为系统思想发展的独立运动的第三次浪潮也不能忽视。

系统运动的第四次研究浪潮就是复杂系统科学的兴起。主要是指 20 世纪 80 年代以来以混沌理论和复杂性科学为中心的系统研究运动。美国的圣菲（Santa Fe）研究所就是这次研究浪潮的积极倡导者之一。这时生命科学已逐渐成为自然科学中起主导地位的学科，在这一次浪潮中，超越上一波中出现的一些工具和概

念，出现了诸如“突现”“混沌”“遗传算法”和“元胞自动机”等新的概念和观念，同时还跟随有关的数学与计算算法。由于有了非线性动力学的数学物理理论，特别是多主体的计算机模拟方法，使得系统科学对复杂性、突现、控制和自组织问题的研究起着极大的推进作用，并在社会学和组织行为学研究方面有着方法论上的重要的应用。^①

那么，我们目前面临的复杂系统的研究运动的最基本特点是什么呢？就是运用计算机模拟方法，在复杂性、突现和自组织新的机制研究上取得新的突破。而对于我们来说特别值得注意的是，这种研究涉及许多重大的哲学问题，例如，重新提出整体论、突现和还原方法的问题。有些哲学家甚至称它为“突现哲学的研究”；又如，它提出了模型与模拟特别是计算机模拟的认识论本质以及它在科学研究和科学解释中的作用问题，有些哲学家称它为“基于模型的推理”或“科学解释中的模型（和模拟）进路问题”。再如计算机的广泛运用，特别是在复杂系统中的运用还提出了“信息哲学”“虚拟世界”以及“计算主义”的问题等等。所有这些问题都有待于科学工作者和哲学工作者进行解决，本书的目的就是选择其中一个问题，即对复杂系统研究中的计算机模拟方法进行哲学分析。

但是，当我选择这个问题进行研究的时候，我惊奇地发现，对于同一个问题的研究，复杂系统科学家的看法和哲学家的看法好像是两张皮，各有各的说法，并且你说你的我说我的，彼此很少关心对方的观点和看法，也不进行对话与交谈。例如对于“突现”的问题，心智哲学和科学哲学家如内格尔（Ernest Nagel）、戴维森（D. Davidson）、金在权（Jawon Kim）有自己一套看法而几乎没有接触到复杂系统科学家的有关突现的基本特征、研究方法和运行机制的整套观点；至于模型与模拟，权威的科学哲学家如亨普尔（Carl

^① Yan Zexian. A New Approach to Studying Complex Systems. *Systems Research and Behavioral Science*. Volume 24. Issue 4. July 2007: 409.

G. Hempel)、赫西 (Mary Hesse)、卡特赖特 (N. Cartwright)、哈瑞 (H. R. Harre)、范·弗拉森 (Van Fraassen) 发表了很多系统的哲学理论,但几乎都没有提到维纳 (Norbert Wiener)、艾什比 (W. Ross Ashby)、克勒 (G. J. Klir) 和图琴 (V. Turchin) 的关于模型的看法,更不用说圣菲研究所 (Santa Fe Institute, 简称 SFI) 关于复杂性的模拟观点了。又如复杂系统科学家们基本上是将模型的本质看作是同态映射,而上面所说的权威科学哲学家们根本没有表态。至于哲学家们有关模型的实在论和反实在论的热火朝天的争论,一点也没有反映到复杂系统科学家的著作里来。通过模拟是否可以推出有关复杂系统突现的性质,这是本书的一个重要问题。复杂系统科学家在他们的计算机模拟研究中实际上是这样主张的,但没有做出哲学上的和逻辑学上的论证。而在权威的哲学著作中,是没有模拟这个概念的。当然,这主要讲的是主流的哲学家和大多数的复杂系统科学家的观点。近年来哲学家已经逐渐开始有关复杂系统科学哲学的研究,但文章并不很多,论证也不系统。所以我意识到,有关计算机模拟方法以及它如何解决复杂系统突现及其机制的研究是一个跨学科领域的研究,必须在充分掌握有关如何运用计算机模拟方法来解决复杂性问题的科学原理的基础上进行哲学分析和研究,也只有在这基础上才能进行哲学分析和研究。这就是颜泽贤教授所说的,“要采取科学与哲学交叉的视野和概念缠结 (entanglement) 的进路来研究哲学问题”。^① 基于颜泽贤教授的“缠结的进路”,我原来的一个问题就变成了下列四个问题:

第一,什么是复杂系统及其突现?如何从科学与哲学相缠结的进路界定和说明复杂系统的概念和突现的概念,并尽可能给出一种既有数学形式又有具体分析。

第二,什么是计算机模拟?它是怎样从传统的科学模型中一步一步地发展起来的。模型与模拟的认识论本质是什么?怎样认识它在科学中特别在复杂系统的科学研究和科学解释中的作用与地位。

^① Yan Zexian. A New Approach to Studying Complex Systems. *Systems Research and Behavioral Science*. Volume 24. Issue 4. July 2007: 379.

第三，计算机模拟方法何以能探索出复杂系统及其突现的机制，它是怎样探索出这种机制从而能广泛运用于物理科学、生命科学和社会科学中的？

第四，何谓计算主义？宇宙真的是一台元胞自动机吗？

本书将分为六章来说明这四个问题。

在第1章中，从科学与哲学的相互关联的角度讨论了什么是复杂系统。对于复杂系统的概念，贝塔朗菲（L. Von Bertalanffy）等人最初将它定义为“相互联系元素的集”。这个概念太过一般，并且不能与日常生活用语区分开来，因此用它来定义复杂系统更是不恰当的。但是对于分析和定义系统，系统学家还有其他的研究进路，这就是包尔丁（K. E. Boulding）将它按普遍性的程度划分为不同层级的系统概念，他的这种划分已经向复杂系统概念前进了一步，现在我们可以将他的划分重新整理为：开放系统、控制系统、自组织系统、自创生系统和复杂适应系统。在概念的内涵上，这个序列中后面的概念包含前面的概念，例如自组织系统一定是个开放系统，有控制的过程；而复杂系统一定是个自组织系统等等。这样，物理学家盖尔曼（M. Gell-Mann）就具体定义了复杂系统的范围，认为严格说来只有与生命有关的（包括导致生命出现的生化系统）或有生命参与的系统才是复杂适应系统，并非一切系统都是复杂系统。至于复杂系统的概念本质特征，我们给出了下面四点：这就是系统元素的多样性，并且它们之间的相互关系是非线性的，因而具有自组织的能力；系统在混沌边缘的环境下生存和进化；系统具有多层级的突现结构；以及人们认识它的难度大大增加。其中，最后一个特征是主观特征，也是一个把握主要问题的复杂系统的概念。由于复杂系统的最根本的特征是它的层级突现出现在一个较高的和最高的阶段，所以我同意圣菲研究所的结论：复杂性和复杂系统科学是一门关于突现的科学。因此理清突现的概念、探讨突现形成机制便同时是复杂系统科学哲学的首要问题之一，因此接下来的工作就是分析和定义突现的概念。因为层级由突现形成而层级又是突现的集中表现，所以分析突现的概念不能离开层级的概念，反之亦然。同样，分析突现概念不能离开它的机制即自组

组织的概念，反之亦然。所以本书在阐明突现概念时，将自组织的思想和层级的理念纳入突现的概念分析中，于是本书给出突现概念一个有形式表达的新定义。我认为，这是研究突现概念的一个新进路。另外，在研究复杂系统突现时，要特别注意系统科学中两个互补的学派：一个是客观主义的学派，包括贝塔朗菲、邦格（Mario Bunge）以及大多数系统工程的创始人，认为系统与复杂系统完全是不依人的意识为转移的外界系统；另一个是建构主义学派，包括艾什比、克勒、贝斯（N. A. Bass）以及切克兰德等著名系统科学家，认为系统和复杂系统主要是由我们主观建构的。本书从亚里士多德等人对整体的描述开始，重点评价了这两个学派的观点，建立了我们兼容和综合两方面观点的突现概念。我认为这一章是有必要的。因为为了解决用计算机模拟为何能够和如何解决复杂系统和突现的机制问题，首先需要明确什么是复杂系统和突现这个前提。

第2章和第3章分别讨论一般科学模型问题和计算机模拟问题。模型是模拟的基础，传统上有关科学的确证、科学解释、理论选择和理论还原等问题是依据理论假说和理论规律来表达的，认为只有理论假说和规律才是科学知识的载体。现在当研究的重点从理论规律及其逻辑结构转移到模型时，上述这些问题的实质的讨论是否随之而改变便是一个值得研究的问题。本书将“通过模型对现象和经验定律进行解释推理”看作是科学解释中的基本解释模型，并称它为“模拟—演绎模型”（S-D模型），这就突破了逻辑经验主义的传统科学解释的局限。在科学哲学中通常对模型的研究，定性的分析居多，定量的分析较少，本书依据复杂性科学和离散数学的研究成果，对模型进行数学分析，指出模型以及模拟就是对原型的同态对应，并在这个基础上分析模型的特征及其评价和选择的标准，认为这个标准就是简单性、预言的精确性、解释的广泛性和易操作性。同时，本书还对模型的认识论状态进行分析，说明我的观点既不同于“符合”实在论也不同于作为“方便手段”的工具主义的反实在论，从而提出了我的同态实在论哲学观。

在第3章中，对从模型一步一步发展为各种形式的计算机模拟以

及计算机模拟怎样从基于方程的模拟方法发展到基于主体的模拟方法再发展到多主体的模拟方法和元胞自动机的过程做了一个方法论上的历史考察，并特别指出它在科学研究中的作用，认为它不是一种传统分析方法而是一种综合方法，它不但是一种确证理论的工具，而且是建构理论知识的方法，更是一种特殊的新型的科学实验。由于这些特点，它有自己的优势，但也有自己的局限性，这就引出了一个认识论和方法论问题：如何判定计算机模拟、计算机模拟实验的“真理性”或可信度（credibility）。对这个问题，本书提出了一个可行性的建议。

第4章和第5章是本书的主体部分。说明基于多主体的计算机模拟方法特别是元胞自动机的方法何以能表征突现形成的机制和条件，从而推出复杂系统突现的现象以及怎样推出复杂系统的突现，从而能广泛地应用于物理现象、生命现象和社会现象。第4章首先分析了在计算机模拟出现前对突现机制问题的困惑，即认为它是无法解释的或无法做出一般表述的。普利高津（I. Prigogine，又译“普里高津”或“普里戈金”）、哈肯（H. Haken）等人的物理化学研究给出这个自组织机制以归纳的论证，这虽然是认识突现机制的重大突破，但只有将它与计算机模拟结合起来的时候，才能概括出突现的普遍机制，并作为复杂系统的一般原理确立下来。对于这个关键问题，本书做了两个分析：第一，给出模拟概念的形式化论证，说明通过主体间局域相互作用的时间迭代和空间聚合而模拟推出突现的形式步骤。在这个形式推理步骤中，我赋予观察函数，层级概念和自组织运算符以特殊重要的地位，并将这种“模拟推出”与亨普尔和内格尔的还原理论进行比较，说明前者是对后者的超越。最后用两个典型的案例，即在人工生命中从模拟规则推出“生命有机体”的案例和虚拟蚂蚁群体行为被推出的案例，验证、确认通过模拟推出突现性质的合理性，并归纳出突现的模拟可推导性的性质与条件，说明这种推出不是假说—演绎推出而是第3章所说的模拟—演绎推出，不是解析地被推出而是综合地推出，不是可压缩的解释推出而是沿爬行因果网不可压缩地推出，不是还原论的推出而是部分还原地推出。这种推出的条件是可模拟性、可计算性和引进层级观察函数。能被模拟推出的突现叫做弱突现，不能

被模拟推出的突现叫做强突现。第二，以同构思想为出发点，讨论领域涉及科学史、非平衡热力学、数学混沌理论以及几种著名的对元胞自动机演化行为的不同分类等研究结果，并对这些成果作一个广泛的综合，从而论证复杂性和突现产生于混沌边缘是一个说明复杂性产生条件的普遍原理。我的第一个分析有时可以称为复杂系统突现的微观动力学或从微观到宏观的动力学，而第二个分析有时可以叫做复杂系统突现的宏观动力学或从宏观到微观的动力学。前者说明上向因果关系，后者说明下向因果关系。

第5章具体分析基于多主体的计算机模拟方法在人类社会系统和生态系统中的应用，从对自然的模拟过渡到对社会的模拟：先介绍同质主体和异质主体的概念特征以及与之相应的不同的模拟对象，然后分析了人工社会对社会行为的模拟。本书特别指出，在异质主体模拟与人工社会模拟中，不仅模拟了突现机制而且模拟了复杂系统的广义进化机制：学习、适应性、自然选择与进化，并运用 Tierra 模拟、进化博弈的模拟和“糖域”模拟的案例说明这个问题。本书还说明自然系统、生态系统与社会系统中相互作用主体的行为以及由此决定的研究方法上的差异性，最后结合斯泰西（Ralph Stacey）的“复杂应答过程”理论进一步讨论计算机模拟方法在分析人类社会等复杂适应系统时需注意的问题。

第6章对当代计算主义思潮进行反思。作为计算机模拟方法的一个后续讨论，当代计算主义思潮有其兴起背景以及不同的观点争辩。世界上的一切现象是否都具有可模拟性？进而，世界上的一切现象是否都具有可计算性？大脑是个计算机？整个宇宙是个计算机？对于这个问题，本书反对本体论上的计算主义，即反对这种认为“宇宙的本质是计算”的新毕达哥拉斯主义，但赞成认识论和方法论上的计算主义，认为计算是认识世界和理解世界的最重要的方式或最重要的方式之一，计算机模拟是认识世界的新途径，它大大扩展了人类自我。尽管自然界和社会生活中的各种复杂现象和复杂系统形成的具体条件千差万别，但它们都可以与某种数学结构，如混沌动力学的数学结构以及元胞自动机的计算结构具有实质上的同态关系或同构关系。一切物