

经济与管理

基于 Agent 真实行为揭示社会 经济复杂之谜

——集成建模与计算实验的实现途径*

王国成

【提要】社会经济问题的复杂性源于人类行为及其结构的复杂性,通过社会科学理论与高性能计算结合的计算社会科学方法探索和认知人类社会特有的复杂性,是科学进步显著的时代特征和必然趋势,也是人文社会科学研究的必由之路。因此,有必要在简述计算社会科学的主要特性与核心问题的基础上,着重探讨真实世界中微观主体行为属性、行为分类器和一体化建模等关键性技术,并通过利用信息网络技术和计算实验方法解决复杂经济问题的实例,从主体行为视角回答社会科学研究中计算实验究竟能够做什么、应该如何计算等问题,由此探寻研究社会经济问题复杂性的可行途径与有效方法。

【关键词】社会经济计算 主体行为 分类器 一体化建模 复杂性

【中图分类号】F062.4 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-2952(2012)05-0035-07

引言

社会经济系统是生态系统而非纯物态的机械系统,人文社会科学不仅需要由抽象演绎搭建的逻辑架构,还禀赋和跳跃着鲜活的灵魂。作为社会科学本质属性的人本特征日益受到关注并逐步归位,是人类文明进步与科学发展的显著的时代标志。人类行为主导的经济,人文活动起核心作用的人因社会,由形形色色的主体、各种类型的行为“编织”的真实世界和社会经济体,以主体的行为及相互关系为基本对象和主线进行理论研究,计算社会科学中基于 Agent 建模等,在一定程度上都体现了这一核心

思想。^①然而,如何在可计算基础上让 Agent 活起来、返璞归真,尽可能反映真实主体的行为本质,进而逐步深入地揭示社会经济复杂问题的根本原因?本文首先简要分析社会科学研究与计算技术结合的基本特征,然后重点论述主体

* 基金项目:本文为国家重大科研计划 973 项目(编号:2012CB955802)和国家自然科学基金课题(批准号:70971138)的阶段性成果。

① Farmer J. D. & Foley D., The Economy Needs Agent-based Modeling, *Nature*, 2009, (6 August) 460: 685-686; Schweitzer F., et al., Economic Networks: The New Challenges, *Science*, 2009, 24 July, Vol. 325, No. 5939: 422-425.

行为属性分析—行为分类器—一体化建模等顺序关联的三个关键点，并结合实际应用从主体行为视角试图更明确地回答社会科学研究中计算实验究竟能够计算什么、社会经济计算^①应该如何计算等基本问题，由此探索分析社会经济复杂性的可行途径和有效方法。

一、社会科学的科学属性与计算实验

只有认识到社会经济理论的特有属性和科学本质，才能更好地对复杂的社会经济问题进行科学的计算研究。

（一）社会科学的科学属性

人文社会科学的研究对象是人、社会和人 与生存环境的相互作用关系，主要研究目的是揭示人类社会变化发展的特点和规律，具有研究人类与自然的双重职能属性，与研究物的自然科学等既有联系又有区别；遵循社会历史进程中个体与集体、行为与制度（环境）共生演化（co-evolution）规律，而不仅是自然变化的逻辑，所用研究方法体现与人因社会相应的人文性或以人为本的交叉性，而不是直接仿照套用自然科学的理念和范式；彰显社会科学理论体系的科学属性和相应的学科规范。

社会科学的本质特征和研究焦点应该体现在主体行为上，即使在涉及到人与自然的交互作用关系时，也要侧重考虑人的主动性。可计算是实现社会经济理论研究科学化的重要手段和途径，其根本点在于社会经济主体的计算，也就是主体行为（特征）的度量与计算。在社会环境等外部影响因素可转化为计算条件的情况下，最核心的任务是关于人的行为的计算。

经济研究尤其如此。经济现实决定和理论逻辑内在要求行为主体的自然属性与社会属性的统一，以实验（行为）经济学（包括人类主体实验与虚拟主体计算实验）、认知经济学以及大脑感知测定技术等为代表的新的理论分支和方法，正在主体行为交点上促成虚拟世界与真实世界的零距离对接且不断交互，是实现经济学科学化的正确而有效的途径。

（二）社会科学的可计算与可实验

科学实验是人们为实现预定目的，在人工控制条件下研究客体的一种认知方法和手段，是人类获取知识、检验知识的一种实践形式。科学实验是检验科学假说、推动理论发展的重要方式和环节，任一实验的结果都对与之相关的理论、假说提出某些肯定或否定的证据，而任一理论、假说都在与之相关的实验中经受过检验。计算实验就是用计算机等技术进行数值模拟，尽可能地逼近研究对象的真实场景，以对复杂现象的成因、机理和效应等方面进行更加便捷、更为深入的分析，并能对理论进行相对严谨的检验验证。而由于来自人类行为的多样性以及情境（局势）的生成变化、结构和过程的集聚演进等方面的复杂性，传统观念认为，社会科学研究是不可能、不需要进行实验的。可人类从来没有间断过社会实验，我国的改革就是在不断地探索和试错的一场伟大实验；尤其是实验经济学等新的理论分支的应运而生和蓬勃发展，对传统理论观念形成了强烈的冲击和挑战。随着现代科技和相关理论的发展，科学实验方法也日益为社会学所采用，为了揭示某些社会现象的规律，同样可以运用计算机模拟实验。近年来，基于高性能计算（HPC）的科学（数值）计算、数据处理（信息加工）、过程控制、计算机辅助系统和人工智能（AI）等，也在逐步地向经济社会领域渗透，经由生物（生命）工程、认知心理、神经网络等学科领域的尝试、积累和过渡，使得在真实、全面地考察人的行为的基础上进行的社会经济计算成为可能。一批以 ABS（基于主体的模拟）为核心技术的具有强劲发展势头的前沿分支，如计算（实验）经济学/金融学/社会学等，通过人机结合，模拟各种可能的情景生成和内在结构的形成演变，对渐变和突变的外生条件的适应与响应，都为用计算实验方法研究社会科学奠定了良好的基础并提供了可行条件。

面对当今日趋复杂的社会经济局势，越来

^① 本文是在广义社会计算的意义上展开论述，而且在术语表述上是社会计算与经济计算合并使用。

越迫切地需要对重大、突发、战略性的社会经济问题进行深入研究，要在限定时间内尽快地做出预案、实时控制、预后、后期重建一条龙的多套政策方案并进行模拟比较，提出更加科学可行的政策建议和实施方案。当今世界上许多国家对国内外政治经济事务、国防军事行动等的重大决策都需要借助 HPC 进行模拟研究。这就需要进行更广范围、更大规模、更深层次的以社会科学为主导的多学科综合集成研究，所需计算能力和数据处理能力比科学工程计算还要大。就经济与管理研究而言，理论展开路径是沿同质的理性主体—代表性主体—多主体—异质性主体—若干真实行为主体逐步延伸，突破和修正原有高度抽象的基本行为假定，根据研究复杂人际关系和人与自然的交互作用的需要，对微观个体细分的程度设定分析粒度，在借鉴和选用科学工程计算的基础上，需要成千上万倍地提高数据处理能力和计算性能的实质性提升。先进的千万亿次计算机的主要应用是人机交互与信息处理等，现已有相当数量、成效明显的相关实例。^① 基于微观主体建立的社会经济分析模拟对计算速度、数据处理等方面的要求最高，社会不仅可计算，^② 而且是计算技术最广阔的用武之地，也是推动 HPC 发展的一支强劲的力量。

（三）社会计算的特点与核心问题

社会计算和计算实验的内容极其丰富，具有鲜明的人文特征，因而突显人的行为及人与人、人与自然之间的交互，重点揭示个体与集体的行为关系、微观与宏观的内在联系，是经济社会研究中科学计算的首要任务、主要特征与核心问题。

当今社会经济日趋复杂，愈发使传统的抽象推演式理论方法力不从心，促使分布式仿真研究的应运而生，由方法导向（侧重计算技术在社会科学领域的合理有效应用）的社会计算，逐步丰满到问题导向（强调将社会复杂现象转化成可计算）的社会计算，日益展现人的行为的计算在其中的关键作用。瞄准问题，修正和建立相应的理论基础，一步步、一层层地研究非常态（但并非无规律）的复杂社会经济现象，

获得新的发现；既要遵循还原论的传统，主要运用演绎推理方法，自上而下由复杂到简单，也要有从简单到复杂、由复杂到复杂（一种形式转变为另一种形式）、自下而上由微观到宏观的整体论思维方式；发挥计算的优势，延长和增强人类探知自身和自然界的的能力，使得对人的行为、社会演变的特点和规律由难以认知到可认知，由认知很少到认知更多，由点滴认知到体系认知等。

人文、交互和综合等，是社会计算的显著特性，强调人机交互中的信息管理（HCI&IM），支持人类、社会和机构的复杂理念、分析、决策和及时行动的信息整合，对大量多源、多态和异质的原始信息以及海量的分布式异构信息进行必要的整合、管理和吸纳，方便用户存取，促进人类参与发现过程，从而在知识积累和挖掘过程中实现跨领域的信息使用、共享和目标再制定，形成社会科学与计算技术相互促进的良性互动。对人的行为分析与自然科学研究中对基元属性的分析有显著区别，社会可计算的基础前提、主要目的和难点是实现人类行为的可计算。通过人类真实主体（Subject）与计算机虚拟主体（Agent）的有机结合，用行为和实验经济学方法测取关键参数和心理阈值，采取将宏观模型的结果作为微观主体反应的条件和联结点等软、硬连接方法，运用综合集成方法构建一体化模型，实现微观与宏观的有机连接和动态仿真。社会计算注重社会科学研究中人文主导的特性，强调人的全程参与和交互。从行为可计算角度讲，将真实社会经济环境中的主体行为在可实验、可量化的基础上实施科学计算；从计算实验角度讲，让 Agent 活起来，尽可能接近真实行为，让基于 Agent 建立的模

① 案例详情可参见 <http://www.psc.edu/science/2009/privacy/images/privacy09.pdf>；中国科学院国家科学图书馆编《科学研究动态监测快报》第 6 期（总第 84 期），2010 年 3 月 16 日。

② David Lazer et al., Computational Social Science, Science, 2009, 6 February, 323 (5915): 721-723; 王飞跃、曾大军、毛文吉：《社会计算的意义、发展与研究现状》，《科研信息化技术与应用》2010 年第 1 期。

型尽可能反映原型的实际运行。既需要方法导向的定向推进,又需要问题导向的全面铺开,两种途径能否有机地交汇融合,是决定社会计算是否成功与健康发展的关键点。

二、基于主体行为建模与复杂问题微观成因分析

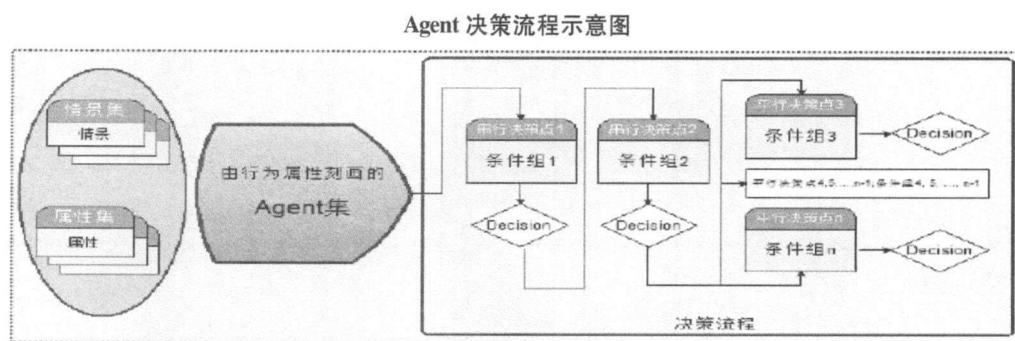
如何在源头和最基础层面上实现人类行为的计算,是将计算实验方法用于社会科学研究、分析解决复杂问题的切入点与关键环节。

(一) 主体行为属性分析与刻画

经济运行和社会活动是由众多个体行为构成的,虽然影响是多方面的,但因素的设定、变量的变化、程序的推进、结构的演化等,大都是在

主体行为的作用下实现或发生的,因而各种复杂的宏观经济形态,从根本上是由微观个体行为决定的。宏观的无序、不稳定和非常态等,往往是微观个体行为的不对称、不规则和不协调引致的。个体行为是状态依赖的,主体与环境的交互、个体与集体行为的内在联系等宏观复杂性是由具有主动反应功能的个体属性及其相互关系和群体结构决定的。社会经济活动的复杂性源于人类个体行为的复杂性,^①对真实主体的行为属性尽可能地进行深入、全面的分析,以微观数据为其主要表征,基于真实行为分层次、分类型建立个性化的行为方程,联结可能的决策点形成贯通行为过程的轴线(见图1),是通过计算探讨解决复杂社会经济问题的必要前提和重要基础。

图 1



传统的最优决策是在给定价值判断、目标函数和行为方程类型的基础上解算和求取数量上的最优;而行为优化需要以行为判断为前提,现实中需要判断选择什么样的目标(函数)和行为方式(维度和行为反应类型)。这是因为真实世界中主体的行为:

(1) 价值尺度(量化方式和标准)不统一,在各类属性上的权重分布不同,行为属性或职能的维数不等同、不固定,而且可能是异构的;

(2) 交互行为中往往会表现出新的行为属性,而且对各方的作用效果不对称;

(3) 主观性的差异,精神意识、心理因素和主观信念与判断的形成及演变对行为选择的影响显著不同;

(4) 个体的行为方式并非是一成不变的确定型或随机型的实变单值函数,现实中主体的行为常常是需要用状态对应法建立的离散状态

多值(非数值)函数;等等。

而用实验经济学等方法能测定获取、校准选择各类主体的行为特征参数,分析检验行为属性,实施精度控制等,实际观测数据与理论推演模拟互相印证支持、修正改善;然后,将行为的初始特征、反应模式、过程变化和结果表现等刻画记录,编制成表格或广义的行为属性矩阵(包含有弹性的可伸缩扩展的子矩阵),为更好地发挥计算技术的优势奠定基础。有了对主体真实行为全面关联性的分析,有了高性能计算的支持,使得真人走入计算虚拟世界、虚拟 Agent 活起来走进现实成为可能。

(二) 行为分类器

人的行为规律不同于物质运动规律,但也是

^① 王国成:《从微观行为视角科学地揭示复杂经济之谜》,《科学中国人》2010年第9期。

可认知、可计算的。由于存在每一个体是否愿意最优，是否具有价值观和行为属性的一致性，即使想最优也未必能实现，同质的理性假设显然过于苛刻等情况，所以如果没有现代计算技术等工具的支持，只能是对行为高度简化，建立解析模型求最优解。

人的行为不具备完全可分性，不一定就具有规模报酬不变的保序线性变换性和相似性，当将行为分解到次一级时，不可能保证任意分割的局部具有全局的属性（非蚯蚓生物特征）或还原到整体。个体理性与集体理性的关系是复杂的，或然存在的非一致性导致可能出现各式各样的社会悖论；由个体行为到社会运动的推动力量、作用方式和传导机理是复杂的，由个量到总量不仅是量的增减，还可能发生性质和方向完全相反的变化。

行为分类器（Behavioral Classifier）是实现人类行为可计算的关键技术。对表征真实主体行为属性的广义矩阵（或数据集）进行处理，研制多功能的行为分类器，包括行为发生（确定基本行

为类型和相应参数）、反应（行为模式识别与选定行为方程）和分类（按设定标准分类）等环节，并将计算的算法、流程等连接与混合；借鉴数据挖掘中的分类器又有实质性扩展，依据行为（多源异态异构数据）对主体进行分类，可选择地以所需关键或重点行为属性作为标准和依据建立核心的判别函数，从而有利于研究揭示微观行为是如何引起宏观复杂现象的。

行为分类器的工作原理是叠合连接情景因素表、行为属性可能的数据类型和可行变化范围，判定生成真实行为方式，不再局限于理性行为假设和随机分析方法，根据需要可用单属性或多属性（包括交互效应）设定检验标准、建立判别函数并进行直接分类，判明哪些问题适合对基本行为属性做出假定，以利于考察模拟主体与环境的关系、基本行为假设的由来、什么样的行为属性的微观主体、在什么样的结构下以什么样的方式涌现生成何种形态的宏观现象，从而有助于解释社会经济复杂问题的微观成因和传导机理。

表 1 主体行为属性表

情景集	行为属性可变范围					主体行为方式选定				
	类型	主体 1	主体 2	……	主体 n	接口	主体 i	主体 i	……	主体 i
因素 1	数值	多源	……	……	……	检验	参数	……	……	……
因素 2	区间	……	多态	……	……	校准	……	方式	……	……
……	规则	……	……	异质	……	估参	……	……	过程	……
因素 m	模型库	……	……	……	异构	设定	……	……	……	结构

利用现代计算技术，不仅能获取具有传统理性行为的同质主体的最优解析解，还可对多行为属性的异质性主体进行数值模拟求解。如此研制构造的行为分类器具有：异质（Heterogeneous）、心理（Psychological）、交互（Interacting）、变化（Dynamic or Variable）等特点，可简称为 HPIV 行为分类器，^① 见表 1。

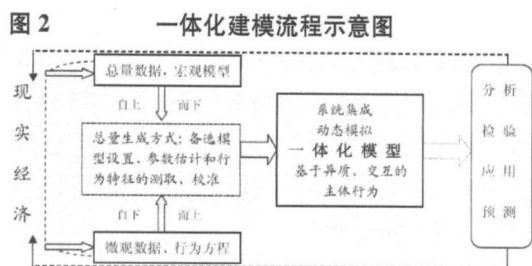
行为分类器是社会科学与自然科学（工程技术）计算的区分点，是为实现社会经济计算进行学科交叉、相关门类知识汇聚的枢纽点，能有效地通过计算实验方法展现和认知主体行为特征。主观信念和判断的生成与演变，能够反映真实主体行为的内生、异质和交互等特性，是让 Agent 活起来的可行方式。

（三）基于主体行为的一体化建模

一体化建模是实现社会经济可计算的载体。在尽可能客观全面地分析主体行为属性的基础上，以决策行为过程为主线，分别就各组成部分、各环节阶段、各因素之间的关系先用相适应的方法建立不同类型的模型，然后按现实问题的自然过程，通过软连接或桥接实现各部分和各种模型的整合或一体化。一体化模型方法具有很强的包容性和灵活性，根据问题需要和可行条件，既能够容纳和连接各种现行的模型方法，又能有选择性地聚焦讨论任何特定的局

^① 关于行为分类器的设计与实现等详细探讨另行成文，并给出算例；本文部分图形的执绘由常红旭硕士协助完成。

部性问题。具体的拓扑结构和逻辑关系见图2。



所谓软连接，就是设置数据类型和用途的变换，如直接将上一步的产出转化为下一步的投入，或改换变量名称，分形态建立类似工具变量、哑变量的分段函数等，或者作为主体行为的外部环境条件参数等，如此连接的模型在整体上与事物的发展变化过程保持一致。借助一体化模型，通过构造个量生成总量的社会函数，^①有助于揭示微观与宏观之间的内在联系。

三、初步应用——案例分析

在我们的应用过程中，主要是以真实主体的行为特征为主线，贯穿于分析、建模和计算的全过程，尝试性地解决一些“非常态”的社会经济复杂问题，取得了一定的成效，以求实证上支持本文所述观点和方法的合理性与可行性。

(一) 基于农户行为的一体化建模与惠农政策效应模拟

我国地域辽阔，农业生产条件和农村发展阶段不同，农户在生产、销售和消费等方面的决策行为有显著性差异，农情复杂。以农户行为模型为基础和主线，分析考察三个关键的决策点：农业劳动投入、储蓄比（自我储备与市场销售比）和农民收入水平（生活消费与再生产投资）提高的行为属性类型及演变、微观结构和动态变化，综合应用经济计量、投入产出、CGE、DSGE和SD等方法构建一体化模型，着重探讨当具有某种行为属性的一类农户所占比例达到什么样的数量界限时，宏观的农情处于亚稳态，涌现出复杂现象；进一步接近或超过某一阈值时，就会由一种形态完全转变为另一种形态。我们具体模拟了我国不同方式的粮食价格补贴和农业生产资料直补等惠农政策的微观效应，由此研究粮食价格内生机

制、市场稳定和国家粮食安全等宏观问题；也顺势地在数据可获得条件下考察在国际市场因素、环境条件等外部重大变化造成的突发冲击情况下，农民的行为反应和市场变化以及应对措施。更真实和详细的农户行为描述在进一步的深化和完善中。^②

(二) 其他应用

近年来，我们尝试从微观主体行为角度分析社会经济宏观复杂现象：运用实验经济学方法，研究了我国高校毕业生的个性化和多元化择业行为，对劳动力就业尤其是高端人才市场的影响；基于投资者真实行为，着重考察股民的冲动行为与股市波动之间的复杂关系；基于微观个体对收入分配的真实感受、满意度和公平感等行为属性，考察和模拟我国收入差距拉大的内在成因、动态轨迹和防控措施等等。类似的研究说明了：在一定程度上微观行为属性和宏观经济现象之间确实存在某些可认知的内在联系。微观个体行为的不均等和“无序”，是宏观形态复杂和波动的根源，行为均衡（包括过程中的渐进均衡）是引致结果均衡的重要基础。基于本文的观点和探讨的平台技术，遵循朴实相似性原则，沿着由微观到宏观的路径，有望全面展开对社会经济复杂问题的研究。

(三) 初步体会

我们的初步体会是：从表征社会经济活动主体真实行为的微观数据入手，深入挖掘关于人类行为的各种类型、动态演变过程、相互之间的关系结构调适等多方面的重要信息，可以弥补传统分析方法和工具的不足，能够更加客观、全面、深入地反映真实世界和研究对象。一条路径是通过把人Agent化，发展和利用相应的建模和计算技术，辅助认知社会，从社会局部事件的工程化、可设计、可计算和可演绎推理等，借鉴自然科学逻辑由点到面到体地认识人类社会自然变化的一面；而另一条或许更重要的路径是，强调以人为

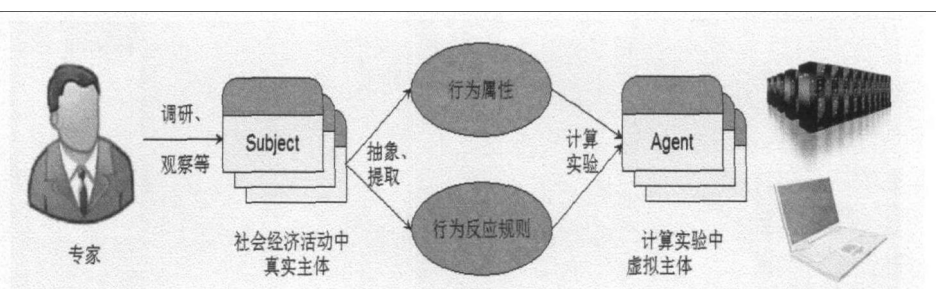
^① Castelfranchi C., The Theory of Social Functions: Challenges from Computational Social Sciences and Multi-Agent Learning, Journal of Cognitive System Research, 2001, 2: 5-38.

^② 限于篇幅，本文仅简要介绍应用案例和相关的研究工作，详细内容包括农户决策行为的拓扑结构图、模型和模拟结果等，感兴趣者可直接与作者联系。

本，遵循人文逻辑和社会逻辑，将人看到的、感受到的、认知到的、作用到的……连成一体，以主体行为特点为中心扩展蔓延至整个社会，如此更能体现社会经济理论研究的科学特点。这需要转变观念，形成新的理念，以高性能计算、实验

方法和模型拓展等先进技术作支持并且不断积累经验，在社会科学研究中通过人格化处理、尽可能真正地把人当成人，使 Agent 活起来，将 Agent 变成人（见图 3）。基于真实行为，放宽经典假设，深化传统理论，解决复杂问题。

图 3 真实主体与虚拟 Agent 的行为转换逻辑关系示意图



结语

本文试图在剖析、分解和刻画微观主体行为的基础上，通过一体化建模和计算实验方法进一步揭示社会经济复杂性的本质、成因和解决途径。在社会科学研究中将人类行为的主体（主导）性与科学工具的有效性相结合是多条途径、多种方式的，人类对自身社会认识的深化，

方法手段（工具）的提升和创新，以及对计算实验等先进科学技术的利用必定能更好地认知社会、建设社会、享用社会，也能有力地促进计算及其相关技术的蓬勃发展。

本文作者：中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员、博士生导师、室主任
责任编辑：王姣娜

On the Complexity in Society and Economy based on the Agent-Real-Behavior

——Realizing Path to Integrated Modeling and Computational Experiment

Wang Guocheng

Abstract: The complexity of society and economy is caused by the complexity of human behavior and its structure. It is not only the significant features and inevitable trend of scientific progress, but also the only way of Humanities and Social Sciences in the contemporary era to explore the complexity of economy and society through the scientific method combining social theory and powerful computing. In order to find effective way to understand well the real human society, this paper briefly introduced the basic attributes of computing social sciences, then focused on some key-point including behavioral analysis, behavioral classifier and integrated modeling, then provided some cases about solving complex economic issues by making use of information network technologies and computational experimental methods, and from the perspective of the agent-behavior, tried to answer the question about what the computational experiments in social science can do on earth, how to calculate, and so on, thus explored the feasible and effective way to study the complexity of the socio-economic problems.

Key words: social and economic computing; agent-behavior; classifier; integrated modeling; complexity