

## 从微观行为视角探索经济金融的复杂性

——数量经济学一个新的学科生长点\*

王国成

(中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京, 100732)

**摘要:** 现实经济金融活动的日益复杂性促使人们在微观层面纵深地剖析主体行为。本文概括复杂经济现象典型特征和实质, 借鉴博弈论和复杂性科学等从个量角度揭示总体复杂性的观点和方法, 着重研究个体行为的异质性与主体之间交互性等主要表现形式, 以及它们的互动关系, 并指出主体行为的非经典特性是根本上造就经济复杂性的微观成因, 需要超越经典计量模型方法, 内生生化地建立行为模型并进行动态模拟, 这是数量经济学学科发展一个新的着力点和生长点; 最后给出基于中国股市真实投资行为的模拟实例分析。

**关键词:** 异质性; 交互性; 经济复杂性; 微观分析模拟; 博弈论

中图分类号:F064

文献表示码: A

## Exploring complex economy to develop quantitative economics from Micro-behavior perspective

**Abstract:** Complex economy makes contemporary development of economic theory is extending to anomalies. This paper, from the perspective of game theory and complexity science to investigate overall complexity at micro-behavior level, in order to develop quantitative economics, focused on what and where is the complexity of economic systems, and pointed explicitly out concepts of individual heterogeneity and interaction among behavioral agents, described and posted their chief features and manifestation; and argued that incorporating heterogeneity with interaction is radically micro-origin of complexity for economic system, and at last given out a positive simulating application for China stock market behaviors.

**Key words:** Heterogeneity; Interaction; Complex economy; Micro-analysis simulation; Game theory

### 引言

经济是人类与自然界的交互, 资源配置(乃至一切经济活动)是受自身利益驱动的各类主体之间、主体与外部世界之间相互作用的复杂行为过程和结果。现有理论方法不足以揭示现实经济金融活动的复杂之谜, 而且仅靠局部的修补改进可能还会使理论与现实的差距更

---

\* [投稿日期]: 2011-01-15

[基金项目]: 国家自然科学基金课题(70971138)和中国社会科学院重大课题(YZDA2009)。

[作者简介]: 王国成, 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 通讯地址: 北京市建国门内大街5号数技经所; 电话: (010) 85195716; 传真: (010) 65125895; E-mail: [wanggc@yahoo.cn](mailto:wanggc@yahoo.cn)。

远。面对当今越来越复杂的社会经济活动，多样化的行为在其中的主导作用日益增强，尤其是接连不断发生并逐步加剧的市场动荡、金融海啸、能源短缺和生态恶化等全球性危机，<sup>1</sup>仅用类似于理性人的单一行为假设，远不能满足更好地解释现实和促进理论发展的需要。本文初步从主观复杂性视角考察人类行为属性，分析复杂经济典型现象的特征和实质，在微观层面展开分析个体行为异质性、主体之间交互性以及系统模拟计算的实现途径等，明确提出经济复杂性研究的核心问题；试图跳出原有经济计量等实证方法的分析框架和套路，推广基于个体理性的基本决策行为模型，着重探讨导致经济金融活动复杂性的微观成因、集成建模流程、动态模拟等，寻求分析解决非常态经济的理论基础和基本方法；并尝试性地建立内生化的行为模型，结合对中国股市的模拟实证，简要说明应用可行性。这就需要有全新的视角和观点，以及对原有理论方法的组合提升，如此有望为数量经济学的可持续发展开辟新的途径和培育新的学科生长点。

## 1 经济金融活动的非常态典型现象与复杂本质

理论既研究规律，也研究特征，尤其是逐步认知非“常态”的典型复杂特征以便从中发现某些规律性的内容，或许更符合人类的认知规律，是理论更加重要的任务。

### 1.1 非常态经济及其典型现象

自然界中有雪花与海滩、生物界的橘子皮与蜂巢和物理世界的湍流、亚稳态相变等典型的复杂现象和事例；而人类社会经济活动中有经济震荡（市场价格和供求关系的剧烈变化）和社会分化（突变与转型）等，人们在试图从个体行为的自适应性，群体行为和结构的自组织性，局部和整体的自相似性等角度，来探索和揭示这类复杂性的特有属性。当前金融危机等带给人类的教训和反思是沉重的和深刻的，小“概率”大影响、低频率高强度，现实经济中种种“非常态”现象不容回避和漠视；而且从表象上看“复杂”似乎无规律或很难认知，但从经济行为角度看，这正是社会经济复杂性研究的一个基本的核心问题：其根源是个体行为（理性）与集体行为（理性）的关系中蕴涵的微观主体行为的复杂性，即种种宏观形态和行为表现与各类微观主体行为特征、相互联系及比例结构之间的内在互动关系。毋庸置疑，聚焦复杂经济问题，剖析典型现象，从新的视角认识、理解和揭示经济复杂性的实质是极其困难的。我们有必要先借助形式化语言和概率方式对非常态经济给予大致的界定：

当一经济  $\mathcal{E}$  中的某一（类）事件、现象或经验数据  $y$  与“常态”或代表性事件  $x$  相比，具有  $p(y) \ll p(x)$  和  $|v(y)| \gg |v(x)|$  ( $\forall x \in \mathcal{E}, x \neq y$ ) 的特征，其中  $p(\cdot)$  表示概率， $v(\cdot)$  表示定义  $\mathcal{E}$  在上的价值或效用函数，则称  $y$  为复杂现象（事件）或非常态经济。在研究不确定性经济时，当预期效果  $p(y)v(y) \approx p(x)v(x)$ ，甚至  $p(y)v(y) > p(x)v(x)$  时，应对  $y$  给予足够的重视和专门研究，虽然在经典的经济计量分析建模和应用中，常常将  $y$  看成是异常数据或小概率事件而被剔除或忽略。博弈论的策略行为研究，行为（实验）经济学等揭示了现实中有许多偏离经典理性假设的行为特征，简化的自利理性假设不足以作为对个体基本行为的概括和抽象，经验数据也不可能满足正态分布、平稳序列以及独立同分布（i.i.d）的抽样假设，如此构成的挑战更加突显传统经典计量方法的局限，迫切呼唤理论和方法上的突破

---

<sup>1</sup> 这些是经典博弈案例“囚徒困境”和“公共地悲剧”的现实版本。

与超越。<sup>2</sup>

与物理系统或自然界的客观复杂性相应,我们称主要由于人类行为导致的复杂性为主观复杂性(当然也包括主客体之间的交互)。经济系统中的基本元素或行为主体,受经济和非经济多方面的因素共同影响,表现出主动性、异质性、交互性和多变性等人本行为特征,这与自然界物质系统中基本属性相对明晰稳定的构成元素和运动规律有明显不同,由此使经济系统(乃至所有的人类社会系统)要比自然或物理系统更加复杂。如:行为禀性的外生给定与稳定性,多重价值标准导致经济变量的不可公度性,多种因素和变量混合作用的共生性(不可分离性或共线性),角色转变和互为因果关系(循环链);由此引起经济系统各种形态的涌现(emergence):分岔、转折、突变、震荡、结构的不稳定性和均衡的多重性等频现;众多因素交织互动、各组成部分之间的联动和连锁反应,分布类型难以设定的非参数特征,不可重复检验等;社会经济网络的非对称与不规范性,应用环境差异造就理论平行移植时的障碍……。现实活动中这些复杂现象对经济的影响和改变更大,高度关注种种异常、反常和无常等“非常态”现象,有必要寻求更为合适的分析探讨方法(Krugman, 1996)。诸如此类的问题既不能以行为“非理性”为由排斥在理论研究视野之外,也不宜在传统的理性行为模式下仿照自然系统进行平行计算和模拟,而且仅仅靠特殊、个案式的研究也远远满足不了社会科学发展的需要。通常认为,以下几类典型的非常态或复杂现象,常常导致基于理性假设和因果关系分析的经典理论和常用计量方法的失灵:

- (1) 转折或拐点,在内生聚变或外生冲击下发生的突然转向,如牛熊市转换;
- (2) 突变(catastrophe),间断地跃升、骤降或相变,如价格崩盘、泡沫破灭;
- (3) 震荡,高频的、剧烈的变化或“无规律”波动,如价格的急剧动荡;
- (4) 混沌,用分形理论和非线性方法描述的分散、杂乱无章等不规则性状;等等。

虽然亦有趋势转折判别模型(PLFIM: piecewise linear fitting model),典型化事件(Stylized facts)的特征分析,多位置、多状态和多重均衡研究等,但仅仅是补充或特例,尚未形成公认的范式和分析框架。

## 1.2 分岔: 典型复杂现象剖析

自然科学及复杂科学中研究的分岔、临界、相变和涌现等复杂现象,它们共同的交汇点和实质可归结为分岔及不同的表现形式(见图 1)。尤其是在经济学意义上更宽泛地讲:当微观主体行为使经济的运行和发展突然、明显地偏离了预期的可控目标时,就可看成是发生了分岔等复杂现象,如各类金融经济危机和市场剧烈动荡。类似地有:马太效应;规模报酬递减与递增;名义与实际 GDP(通货膨胀)的偏离;房地产等市场价格的涨落波动,都可看作是某种形态的分岔。犹如在股市中,外部冲击(利好或利空消息)对不同的投资者产生不同的效应,股民们的判断、反应的速度和强度等行为特征不同,策略选择不同,具有不同行为类型的投资者所占的比例不同(结构效应),股票价格的波动类型不同。<sup>3</sup>虚拟经济的价值体系与实体经济的价值体系的分离;偏离预期目标、失控以及行为经济学中揭示的种种“异常”和非理性行为等,都可看成是理性行为轨迹上的分岔;因而,复杂经济现象可看成是对

<sup>2</sup> 损失规避(Loss Aversion)和 Kahneman and Tversky(1979)的前景理论(Prospect Theory)等,其实质就是基于这一思想;行为金融学等新的理论分支的兴起和发展,为此提供了有力的例证。

<sup>3</sup> 见本文第四部分的模拟实证。

某种理论预期的分岔，也就是一种涌现。若在接受和继承理性行为假设的前提下，仅仅沿用类似的单一行为假设，进行单值映射、确定型函数、随机关系和非线性处置时，势必会舍弃许多有重要影响的行为元素和鲜活特征。复杂性的根本原因在于主体行为的非单一性和多变性，行为分岔是引起复杂性的关键点和主要表现形式之一，探寻这方面的规律，是认识经济复杂性的重要突破口。

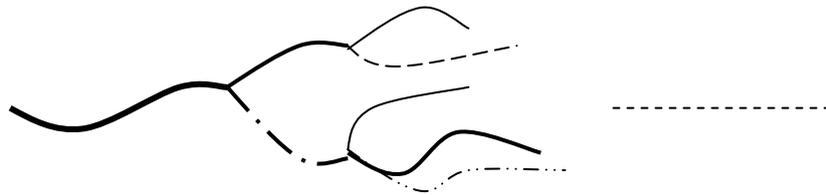


图 10 分岔示意图

从基础行为层面看，理性假设有这样的含义：每一主体都有实现（预期）效用最大化目标的行为能力，而行为结果的不确定性只是在预期目标中的随机变化。与一般商品市场相比，资本、劳动力市场上以及非物质生产性经济活动中，主体行为的作用更突出、更复杂，基本经济行为明显偏离同质的代表性个体决策模式等经典假设，由此导致复杂经济问题的时隐时现。基于理性的均衡分析、因果关系的演绎推理，经典的经济计量模型方法和实证分析等传统的观念，满足不了对复杂现象的解释和预测。若把对经典行为的偏离看成是一种行为分岔，由此可能会更深入地分析解释复杂经济现象：探讨经济整体复杂现象的微观成因和行为动力学机理，在经济学中的主要表现形式之一是个体行为和群体行为的关系。从资源禀赋、人均财富占有角度看贫富差别；从个体的认知学习和生产力整体水平上看能力差异；从供求关系角度看市场饱和与不饱和情况下偏好和选择权的充分实现与否；从偏好的基本特征涉及的方面来看商品集上的序关系，时间、风险和不确定性；从主体数量及与外界环境的关系上看行为的转变和分界；从基本制度、意识形态、价值取向、文化传统来看环境因素对行为目标选择的影响；行为（实验）经济学和演化经济学等前沿理论分支揭示的分水岭效应、羊群效应、破窗效应和学习效应……（Camerer, 2003），这些表明不同情境下个体行为选择存在着明显分界，可能孕育和导致宏观经济的转折与分岔等突变现象。从人类行为属性的角度对经济理论基本假设进行全面的剖析和实证、彻底的科学检验和行为学改造，是当代经济学发展的一个重要特征（王国成，2007a）。尤其是像中国这样处于改革期的发展中国家，由于生产力水平、经济结构、制度体制、传统文化、观念习俗等外界因素的变动对主体的行为方式和宏观特性的影响不容忽视，甚至盖过理性行为假设的作用，更值得去研究。因而，以个体行为差异和相互影响作为经济系统复杂性研究的基点，毫无疑问是一个富有新意的研究视角和必然的选择。

### 1.3 从微观主体行为角度认识非常态经济的复杂本质

经济系统本质上是复杂系统（Arthur, 1995），但真实的经济世界作为复杂开放的巨系统，也是有规律可循、是可认知的。近年来，复杂性科学、计算科学和社会科学以及心理、物理、生物等相关学科的共同关注，研究领域和兴趣点的交集逐步框定，形成了一个共同指

向：将经济均衡看成是复杂系统涌现的一种形式（Arthur, *et. al.*, 1997）。以此观点能更清楚地看到：自利理性的同质行为主体假设仅是在理想化市场背景下的抽象，经典理论和传统分析方法需要在实践的检验中大跨度地改进。为什么类似于股市崩盘、房价暴涨缓落的局部危机会对一体化进程中的全球经济产生重大影响和威胁，为什么社会科学不具有像自然科学那样的普适性，为什么历史不可能简单重复？微观层面大量的个体活动和相互作用，产生的摩擦、矛盾和冲突在一定条件下激化，积累集聚后超过整体结构所能承受的临界点时就会突然爆发，酿成社会突发事件，强烈地冲击和影响现存的运行方式和网络结构关系。在经济世界中，供求关系与价格形成及变动，市场运行与资源配置结果，经济震荡以及制度、文化和习俗等影响社会经济活动的软因素，都是由微观主体行为产生作用并受之推动的，同时外部环境条件的变化反过来又影响个体行为方式和相互关系。类似于自然界中的雪花、海滩和橘子皮等具有不规则、万维性和分数维形状的事物，人类社会中的异质性个体汇聚成各式各样的利益群体，再联结成不同的社会阶层，它们纵横交错、散乱杂陈，分层涌现，衍生演变成复杂的社会网络结构和经济现象，反过来再规约和影响微观个体（Rosser, 1999）。这些更多地是由于具有主观能动性的、差异性的微观个体与交互行为中不断演变的网络结构的相互作用（异质性与交互性的互动）造成的。

经济复杂性的根源是对经典基本行为假设的偏离，真实行为特征的数量化表现应该是构建数学中的多值函数（价值取向多元化、效用函数非单值化等），在物理意义上要考虑不同质（或量纲）的事物的加总与集聚，与社会学的行为主义交换理论密切相关；从复杂科学角度看，在个体与群体、局部与整体、前因与后果之间，既不是必然的确定关系，也不是或然的随机关系，而是复杂的涌现（Emergence）或积聚（Clustering）“关系”……。从个体行为与集体行为之间的数量关系来看：一般层次上是代数和方式的简单加总或随机函数等；从系统整体层次看，总量可能大于或小于性质相同的个量之和；再深入到复杂性层面，就要考虑不同质的事物在量上的聚变，还要注意到甚至可能会出现整体性质与个体性质截然相反的情况。经典计量方法研究具有随机或统计规律的经济现象和因素之间的关系，而研究复杂经济更多的是着眼于非常态和表面上不规律的经济现象，需要非经典的计量方法和建模分析，经济复杂性研究的主要目的就是试图揭示现象背后的复杂关系。而且就经济学本意来讲，更应该研究主观复杂性，当然要借鉴客观复杂性研究方法，但并不意味着就能将主观复杂性转变为客观复杂性，也不适合仅将客观复杂性研究方法直接用来处理主观复杂性问题。

## 2 异质与交互：微观主体行为的多元属性

人是多元行为属性的复合体，经济主体（自然人与法人等）能主动地作用于客观事物，经济金融系统复杂性的实质和演化动力根源于人类行为的复杂性。现实活动中的有限理性、非理性等所谓的异常行为，都可看成是主体行为对理性轨道的某种形式和某种程度的偏离、转折或分岔，也是可能造成经济“非常规”运行和混乱的主要原因。目前对经济复杂性的研究大体上是沿自适应性主体和复杂网络两个方向展开，而还应该通过从微观层面和主观复杂性角度内生地研究主体（系统的基本组分）行为的本质属性，着重探讨主体行为的异质性和交互性，以寻求认知经济系统结构和运行机理中特有复杂性更加有效的途径。可将行为动机与源头大致分成三类：本能直觉或后天习惯（无意识）的；直接的或物质的；社会声誉、

情感心理、政治及非经济的等都能对经济行为过程和活动结果产生影响精神或心理因素。正统经济学虽然只是从经济利益驱动的行为中抽象出同质的理性行为假设，侧重研究资源配置效果，但如今也在向“非理性”和非经济领域的行为延伸扩展（王国成，2007b）。经济行为贯穿于过程和结果之间，不仅有一般的、共性的规律可循，而特殊的、复杂的经济现象和运行机制也更适合从行为上找到根本性解释。

## 2.1 早餐效应

民以食为天。我们熟悉的日常简单生活中就蕴涵着经济行为的复杂性。一个馒头加一碗粥等于一顿早餐，等于 A 先生工作三小时，B 小姐工作四小时……，经济学的研究视野应拓展到建立和探讨如下的关系式：

$$1 \text{ (个馒头)} + 1 \text{ (碗粥)} = 1 \text{ (顿早餐)} = 3 \text{ (A 先生工作小时)} = 4 \text{ (B 小姐工作小时)} ;$$

$$2 \text{ (个馒头)} + 2 \text{ (碗粥)} = 4 \text{ (A 先生工作小时)} + 4 \text{ (B 小姐工作小时)}$$

$$\text{或者} = 3 \text{ (A 先生工作小时)} + 3 \text{ (B 小姐工作小时)}$$

类似问题中包含了交互的异质性个体行为与群体行为的复杂关系：相同事物对不同个体产生不同效应；总量与个量并非简单加总的代数和关系（由于交互行为的作用，结果既可能大于个体之和，也有可能小于个体之和），也不是未经假设检验就认定的总体与随机样本的关系；若动态地考虑不同年龄段的饭量和工作能力的变化，就能更好地勾画现实经济画面和深入分析经济复杂性的本质。人类的经济行为结果往往是不同质（量纲）的事物的聚合，由此导致了经济系统的复杂性；主体越多，活动内容越丰富，系统也就越复杂。

可从两个方向上解构经济系统的复杂性：一是量的变化方面，整体大于所有部分之和，即系统具有  $1+1>2$  的功能特征（产品组合效能大于单个产品效能的简单代数和）；二是还必须从质的方面考虑，由于人类系统中主体行为的作用，不仅能使相同条件下同样的投入产生不同的产出，也可以使不同质或不同量纲的东西转化为同一数量方向上的“加总”或聚合。经济学的发展必然要正视此类问题：要考虑不同人的不同行为所产生的影响，不同质的事物之间内在的数量联系和变化；不仅要研究事物之间的因果关系，还要注重由微观变异涌现和积聚形成的复杂总体现象。如在行为（实验）经济学和宏观经济的微观分析范式中，考察微观主体行为中显然不符合传统模式的系统偏差等，却能反映人类社会经济活动的某些特定规律。这些是典型的异质型行为，是研究认识社会经济系统复杂性的基本出发点。

## 2.2 异质行为的特质与刻画

经济行为多样化和目标函数价值取向多元化的趋势，使得深入细分个体行为的偏好形态、理性程度、与外界的交互适应性、个人策略行为与社会结构、规则和习俗的关系（Young, 1998），社会性偏好以及对他人的判断等方面的差异性……，可从中清楚地看出多重行为属性的不同表现形式和所能产生的影响。而用经济计量理论和方法进行实证分析时，主要是基于对微观主体的同质理性人假设和一定的理论结构，利用随机数学、统计方法和经验数据对系统整体和个量的平均特征进行实证分析（Heiner, 1983）。然而，这种做法无论是在初始禀赋、理性程度和分析计算与信息处理技能，还是在相互关系、行为规则、制度环境等各个方面，忽略了微观个体行为特征的差异性，并且仅靠改进模型和分布设定、参数估计和检验方法等技术性的局部修正是不足以解释微观主体差异对宏观经济现象产生的显著影响。当然，

行为特征的刻画与度量是极其困难的事情，但一般说来，只要属性、程度上存有差异，行为就可以测度和量化，由此可在一定程度上弥补传统定量实证方法在行为处理上的不足。因为行为过程和转化是程度的演变，如在学习中不断提高理性程度，偏好的逐渐改变等。

当理性行为假设不能满足人们对经济学所寄予的厚望时，考察异质化的经济行为就成为了一种必然的选择。真实的经济世界中大量存在着异常现象或非理性行为（包括有限理性），其本质就是异质行为，相当于来自不同总体中的样本特征。而且这些异常行为都难以用常规的抽象方法和同一总体中的统计平均特征来替代。从统计意义上讲，设 $\theta$ 为描述某类个体行为特征的参数， $\bar{\theta}$ 为该行为参数的均值， $\hat{\theta}$ 为基于真实行为的估计值， $E(\hat{\theta} - \bar{\theta}) \neq 0$ 为有偏估计，表明 $\theta$ 所代表的行为属于异质行为。这些异质行为，是导致非正态、非平稳、异方差和非参数分布等的个体行为因素，所得到的时间序列往往是有色噪声而非白噪声。 $\hat{\theta}$ 与 $\bar{\theta}$ 之差是源于个体行为异质性的系统偏差，而并非是用经典理论和统计方法就能处理和消除的随机误差。尤其在中国，大量、普遍存在着用现有理论难以解释的异常行为，而且正是这些异常行为，演变成为复杂突变宏观经济现象和问题的关键因素。

设 $S_b$ 为考虑微观主体因素或自适应性主体(Self-adaptive Agent)的行为特征集： $S_b = \{\text{自利理性, 利他动机, 合作愿望, 公平倾向, 互利意愿, 社会偏好, 反应模式和类型}\dots\}$ ，记经典的经济数学模型为： $Y = f(X)$ ；将考虑行为因素的模型表示为 $Y_b = f_b(X, \lambda)$ ，即在原有模型中引入行为参数 $\lambda (\in S_b)$ ；运用可控实验等方法能够观察和测取行为参数值并计算出 $Y_b$ 。提出基本假设 $H_0: Y - Y_b = 0$ ，给定显著性水平，如果未通过对行为的基本假设检验，则表明不同环境条件下的行为特征存在系统偏差，具有异质性，微观主体行为的变化对宏观整体结果影响的差异性就不可忽略。只有在通过基本行为假设检验后，才能将主体行为看成是同质的，以保证理论在一定置信水平上的科学可行性和所得结论的可信度。

与产品异质性相类似，经济行为异质性的表现也是多方面的：有行为目标、偏好、信念和期望、行为习惯和方式的异质性；有消费、生产、投资、交换和分配行为的异质性，还有组织行为、政府行为和社会行为的异质性以及市场行为的异质性等。如关于“冲动性(Impulsiveness)”实验的研究证实(Mischel, 1983; Rabin, 1998)，不同的行为主体对时间的偏好和自我控制行为能力具有显著性差异。由此联想到对个体行为禀性的认识，同一行为主体对财富禀赋、风险的偏好和得失权衡等方面都可能存在显著性差异。考察经济行为的异质性，必须面对来自微观主体行为测度理论标准和实际数据获取等方面的困难(王国成, 2008; 2010)；传统理论与方法侧重观测经济运行中作为行为结果的因素和变量及相互关系，试图避免行为分析带来的麻烦。然而，早期的Cournot(1838)的寡头产量竞争、Bertrand(1883)的价格决策、Edgeworth(1897)的契约曲线和Stackelberg(1934)动态决策等经典博弈模型，较好地用数理方法刻画不同类型的、更加复杂的策略行为，源于此发展起来的博弈论等，为进一步量化分析经济行为提供了良好的理论和方法基础。如：由于现实世界中信息分布的不完全、不对称，行为主体对外界所形成的判断是因人而异的，而信息类型及对每一主体的实际影响也是不同的，也不可能是一成不变的；每一主体不可能具有完全相同的信息处理能力，不是都服从(VNM)期望效用决策原理和贝叶斯决策准则，并且判断和处理信息的能力也是在不断修正和提高了；因而应该考虑行为主体在信息处理方面的异质性。

应将不同经济环境中行为主体的异质性看成是不同总体中样本的差异性给予足够的重

视，尤其是在中国的环境和经济活动中，诱发异质行为的因素很多，有内源性的，如：理论假设（基本行为特征）和认知的偏差，不同的结构类型和异化，虽然它们可能会有表面相同的数字特征；和外源性的，如：非经济因素（体制、行政干预和传统文化差异），代表性样本选择（行为、目标价值导向）的数据采集方面的，等等。然而，试图绕开迂回主体行为的异质性，把现实世界中多样化的经济行为封装在理性人“黑箱”中，不可能从根本上更有针对性地认识经济系统的复杂特征和运行规律。

### 2.3 交互行为与复杂网络

一切交易都是源发于差异性主体的交互行为，因而所有市场经济活动都可看成是异质主体的交互行为。主体之间交互行为构成的复杂人际关系，是社会经济网络和结构体系的基础，正是异质性主体的交互活动造就了社会经济复杂网络的类型特征，也使其明显有别于自然系统。与自然界实体系统的复杂网络特征不同的是，在社会经济活动中，主体之间的交互范围、方式和频度，以及受交互影响的程度是各不相同的，而且是自适应、自组织和自相似的。如竞争、雇佣、契约、委托代理，敌对与合作；上下级关系以及亲情、友情等，它们往往是不对称、不可逆、不规范的，是分层次、多重角色和多变的，很多情况下是隐性的和间接的。在某种意义和程度上，博弈论可以视为社会经济系统中 agent 之间互动的普遍模式；利他经济学，合作博弈，互利互惠实验等大量研究证明了交互活动改变个体行为属性和理性表现，是造成复杂性的微观成因。Jackson 和 Wolinsky（1996）运用博弈论方法，提出和研究了社会经济网络的策略行为模型，引起后人的极大关注和积极推动，发展出职业关系网、R&D 合作关系网、寡头合作网、买卖交易网、技术创新网、国际贸易网等（Boginski et. al., 2003; 周石鹏、许晓鸣，2006）。这些研究的共同点，是试图从异质性微观主体行为的策略分析或交互行为的角度，解释社会经济复杂网络的形成原因。

利益的个体化决定了行为的异质性，交互行为和利益关系决定了个体行为的社会性和经济网络的复杂性。在饱含异质性主体交互行为的经济社会中，主体的异质性在交互行为中表现得更加明显充分，个体行为的异质性使交互行为和网络结构更加复杂。考察不完全信息的分布和作用，异质主体只有在交互行动中才会产生私有信息等，具有私有信息的行为主体使交互行为的类型、程度和产出结果更具有不确定性。如：不同类型社会群体对外生谣言和冲击的反应和传播不同；贫穷和富有阶层对物价上涨和税收调节的反应大相径庭；提高劳动者素质的方式不同，对市场的影响、对生产力水平和经济绩效的贡献不同，对收入分配、财富积累和消费倾向明显变化改变；人生不同阶段下消费观念和行为方式的变化；禀赋在不同的动态过程中也是演化的、演化的差异性也不可忽略不计。

类似或借助回归方程中虚拟变量方法，不同的经济行为和目的是可以归类、量化并用数量关系来描述的。传统的理论、模型和方法是以因素变量的关系和经验数据来反映现实，而微观分析模拟模型是在行为初始属性、状态、规则、运行机制和环境条件等方面反映现实，以保证研究结论的科学可靠性和可移植推广的应用性。自然系统中个体行为和网络结构的属性相对清楚稳定，而由异质性和交互性的个体构成的社会经济系统，其复杂性有特殊的微观成因，复杂现象的形态、强度和变化都是由异质性和交互性及它们的关系决定的。大量的理论研究和实践证明，交互行为合作倾向能增加总体收益因而在一定程度上影响和改变个体选

择 (Camerer, 2003), 如委托代理关系中的努力激励, 谈判中的协商调解, 供应链的合作增值, 等等, 由此又能增强个体的合作倾向和效果, 规定网络结构的演化方向。异质性是多个主体相互比较中表现出来的行为属性, 交互性是多个异质性主体之间的交互, 由此看出异质性与交互性是密不可分的。微观活动是宏观结果 (产出) 的基础, 宏观经济制约和影响微观主体的动机和行为, 相互作用、有机联系形成微观宏观之间的循环传导机理。通过实验等方法获取关键的行为特征参数, 然后再建立行为模型进行仿真模拟, 并用嵌入式方法与传统的计量方法相互补充和验证, 必将有力地推动当代经济学的行为复归和科学发展。

### 3 微观行为分析建模原理、流程和方法

分析测取主体的真实行为特征, 探索微观分析的理论基础、模型特点、建模流程和基本方法等, 注意其与经济计量方法的密切联系和实质区别; 不宜将行为过度地简化抽象以免使经济学可能因此失去或舍弃了最鲜活、最应该研究的内容。然而, 要研究经济行为的多方面属性及其复杂的作用机理和结果, 理论上需要突破原有观念和框架, 扩大视野, 推广基本模型, 将行为属性内生化和详细描述刻画, 采用经济实验方法尽可能获得真实行为特征, 并将多种类型的模型综合集成或一体化, 采用系统 (动态) 仿真工具和方法, 推广实际应用并加以检验。本节以现实行为特征为基础, 区分和剖析不同行为类型, 概括异质主体相互联系和作用的基础关系结构, 推广基本决策行为模型, 由此逐步揭示经济复杂性的行为本源, 认清经济系统乃至人类社会系统与自然或物理系统复杂性的主要区别所在; 进一步给出基于主体行为进行微观分析建模的框架和流程, 揭示个体行为和集体行为的内在关系和传导变化机理, 以及适宜的应用领域和可逐步拓展的途径。

#### 3.1 微观主体行为分析基础

经济活动过程和结果是主体与外界环境 (包括主体之间) 的相互作用, 记为 {主体集}。{环境集} → {产出或结果集}, 以行为分析为起点, 由于人的主观意志的作用, 仅仅用确定型、随机型两个层面或类型来刻画经济主体行为是不够的, 还应该考虑可能存在的第三个层次或类型: 复杂型, 以便推广基本决策行为模型。三种类型分别对应对行为认识的三个层次, 不同社会发展时期和经济学的不同发展阶段, 主要选择其中一种为逻辑分析起点和行为基础。<sup>4</sup>将特定社会经济环境中的每一活动主体或 Agent 看成是一个行为发生器 (behavioral generator) 或转换器 (convertor/transformer), 大体上分成相应的三类 (见图 2):

- (1) 确定型, 投入与产出唯一确定的 1-1 对应关系, 如工业生产活动中的作业行为。

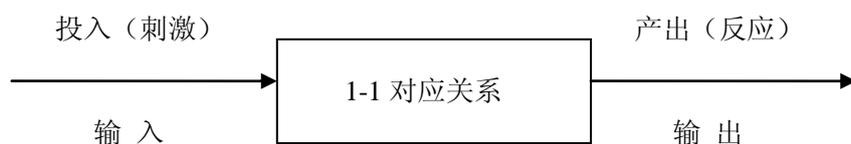


图 2(a) 确定型行为发生器

<sup>4</sup> 对经济行为加以简化抽象作为基本行为假设是理论发展之必需, 但应该注意到的是, 与此同时也相当于设置了行为“黑箱”。

(2) 随机型，一种投入对应的是可能的产出集，相互之间是概率意义上服从某种分布的随机关系，与完全竞争市场上的交易行为相应。

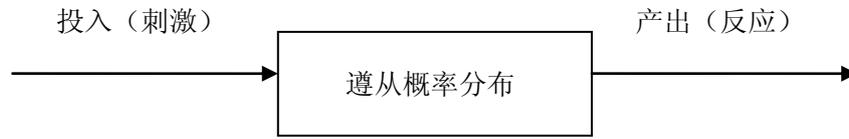


图 2(b) 随机型行为发生器

(3) (权且称为) 复杂型，或许更贴近现实，力图表现复杂环境中人的真实行为，同时考虑差异化(具有主观意识和能动性)的多主体的交互行为，与产出结果的关系既不是确定型也不宜划归为随机型。

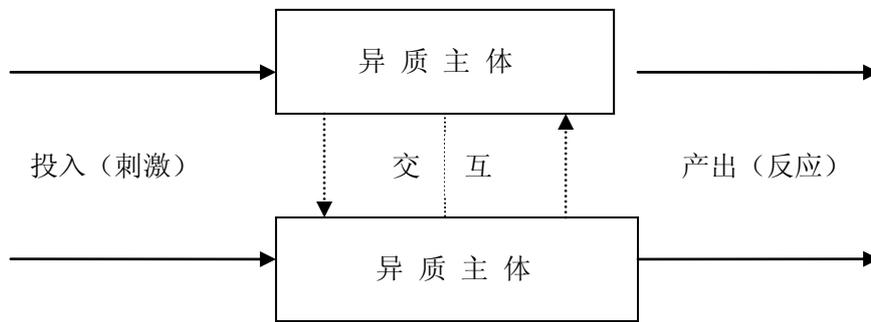


图 2(c) 复杂型行为发生器

粗略地说，确定型行为，适合研究特定的自然或物理对象和指令经济行为，大体上与古典经济学发展时期相应；随机型行为，是新古典经济学或现代经济学赖以建立的行为基础，给定产出或结果集上的概率分布，由此衍生出主体依据期望效用进行决策，主要研究(完全)竞争市场环境中的资源配置，显然(b)可看成是由(a)类行为推广而来；而由于现代经济的整体性、主体行为的异质性和交互性等，行为反应结果是不确定的但并非遵从某种概率分布或随机关系，同时还需要将若干不同主体的行为联系在一起描述，以这些(c)类行为作为理论基础和分析起点，催生新的超越新古典的经济学。这三种个体行为方式，与集体行为的对应关系分别为确定型、随机型和复杂型。

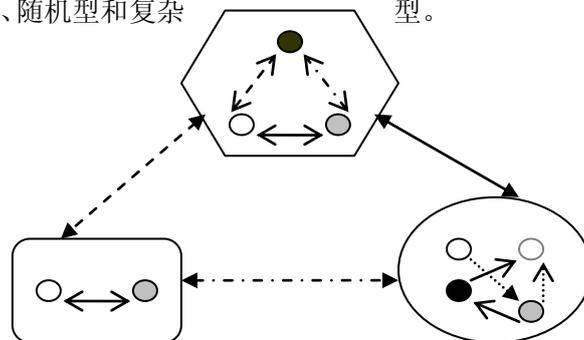


图 3 异质主体的基本网络关系

现实经济行为的复杂性，迫使人们寻求更加适用的方法工具来探讨，逐步推进地打开行

为黑箱，具体要研究问题中的行为究竟更符合哪一种假设，需要检验判断和选择。而对于复杂经济中异质性主体的交互关系和结构，可概括为如图 3 所示的基本网络形式，基于如此的网络结构（可扩展到多维多层次），有助于从基本的微观层面入手，通过逐层（群组）涌现 (Clower & Howitt, 2000)，直至对经济系统特有复杂现象的形成、形态及演变形成总体认识。

一个简化的包含两个差异性主体、由两个不同的利益群体（社会阶层）组成的基本网络关系见图 3’，可作为对主体相互关系进行理论分析的基准形态。

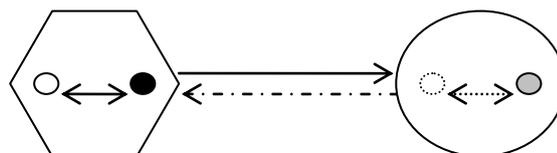


图 3’ 两主体两群组的网络关系

图例说明：实心或空心的圆点各代表具有不同行为特征的主体；包含若干主体的六边型、矩形和椭圆等图形表示不同的类群或子系统（同类行为、社会阶层或利益群体）；各类箭头表示主体之间和群体之间不同的联系方式、相互关系和结构类型。<sup>5</sup>

### 3.2 基本决策行为模型的推广

基于异质性和交互性，我们提出构建主体行为的自利性与社会性相结合、个量和总量双重约束条件下的一种新的基本行为模型。假设一经济系统  $\mathcal{E}$  具有  $n$  个行为主体（消费者、生产者、银行和政府等类别）和  $m$  种商品，可用实验方法测定行为特征参数以表现主体  $i$  的差异性，记为  $\lambda_i \in$  主体的行为特征集  $S_b = \{\text{自利理性, 利他动机, 合作愿望, 公平倾向, 互利意愿, 社会偏好, 反应模式和类型等多行为属性}\}$ ，记  $i$  的效用函数为  $u_i = U_i(x_1, x_2, \dots, x_n; \lambda_i)$ ， $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$  是一个  $m$  维商品组合向量；就消费行为而言，仍可沿用  $x_{ij}$  表示消费者  $i$  购买商品  $j$  的数量， $X_j$  和  $P_j$  分别表示市场上商品  $j$  的总量和价格， $I_i$  为消费者  $i$  的可支配收入，于是，可构建多主体联合决策的基本行为模型(MAJDBM: Multi-Agent Joint Decision Behavioral Model)如下<sup>6</sup>：

在这一模型中，行为目标是建立在策略行为基础上的，既包含自身的行为选择，也考虑他人行为的影响，而且是具有个体行为差异的多主体同时选择决策；(S-1)是总量或相互关系约束，(S-2)是个量约束， $n$  个行为主体都是在个人预算和外部环境的双重约束条件下进

$$(Max)u_i = U_i(x_1, x_2, \dots, x_n; \lambda_i)$$

<sup>5</sup> 现代经济学的“科学化”趋势试图使图中的圆点、图形和箭头联线同质化、稳定化和规范化。

<sup>6</sup> 在该模型中，有意对 Max 加括弧，表示最大化目标并非是一定能达到的，因为更一般情况下的主体可能有最大化目标的愿望，但未必有最优化的能力；而且还可用  $\lambda_i(t)$  来考察行为参数的动态性。

$$s.t. \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq X_j \quad (S-1)$$

$$\sum_{j=1}^m P_j x_{ij} \leq I_i \quad (S-2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m.$$

行效用最大化决策，既注重个体理性，也考虑到集体理性，有望使一般均衡与纳什均衡同时实现。在实际决策时，每一个主体面临两个约束条件中约束性较强的一个，或者同时满足(S-1)和(S-2)；而现代经济学中单一主体的效用最大化标准模型只是在上述模型中只注重个人选择行为的效用、也不考虑总量或交互性约束(S-1)时的特例，此时该模型简化或退化为经典的个体决策行为模型：

$$Max u_i = U_i(x)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^m P_j x_{ij} \leq I_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m.$$

其中  $x = (x^1, x^2, \dots, x^m)$  为  $m$  种商品的组合。

选择不同的微观基础和基本假设，就会得出不同的理论结论，对现实经济问题就会有不同的解释。相比而言，MAJDBM 有一些新特点：主体是异质的和交互的，行为特征是内生的和演变的，同时考虑个体理性和社会理性，是多主体联合决策等。面对此类模型，借助计算模拟手段，有望更合理、深入地解释和展现复杂经济的微观成因、内在联系和演变过程。

### 3.3 建模的流程方法与特征比较

复杂机理主要体现为：异质个体的交互作用，经过演化过程、积聚和分层涌现，形成和决定着整体复杂形态和运行规律；这些“宏观”特性又会影响到个体决策行为和规则发生变化，如此往复。复杂经济问题的非经典计量建模的关键点之一是在微观层面对主体行为特征进行非经典刻画和度量，以此为分析基础和起点，以真实行为过程和结果为依据，以高性能计算为实现手段。系统仿真是基于相似性原理的模型研究，是在原型系统与计算机实现之间的必然连接，毫无疑问也是一种计量分析。因为数学不仅研究数，也研究形（存在状态、结构联系和演变路径等）。考察主体的行为状态、规则和相互之间的关系，类似于从形的角度研究经济的复杂性，因而也是用数学和现代科技手段研究经济问题的另一重要方面。

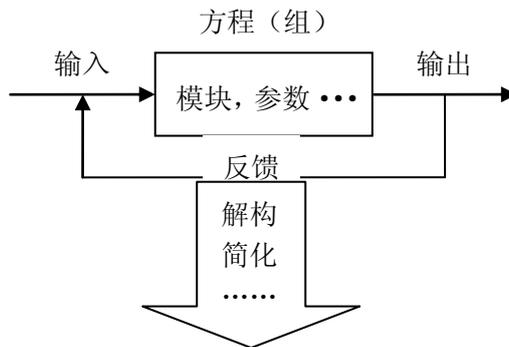


图 4-1 系统建模一般原理：因素关系

与真实的经济社会的构成和运作相应，不同的主体、外部环境、相互关系和运行机制等，表现出来各种各样的问题，需要用不同的理论、模型和方法对应地分析研究，而基于主体行为的微观分析建模是将各类模型综合集成研究整体复杂现象的基础和关键环节，既有别于一般系统建模分析，也不同于对自然的或物理的复杂系统的分析。基于还原论的解析思维方式方法，是从复杂到简单，将比较复杂的事物逐层、逐步分解成若干相对简单的事物之合；基于整体论的综合思维方式方法，是从简单到复杂，侧重研究若干简单事物如何生成相对复杂的总体，逐步逼近真实情况。探讨如何实现两者的结合，并考虑连接两个层面的表现过程和动态演变等中间状态（Meso：中观），本文从分析框架和流程角度给出不同类型系统建模的示意图，以便进行比较和区分。

图 4-1 是由复杂到简单，经过简化、抽象、假设，演绎推理，依据因果关系建模，进行定量分析和实证检验的方法，在社会化大生产的工业化时代得以极大地推动和发展；图 4-2 是由简单到复杂，是基于主体自下而上的建模的发展，与从上到下的宏观建模的结合，实现宏观-中观-微观一体化；图 4-2(a)和 (b)分别对应同质规范的自然系统与异质交变的人文系统；由此能从定性研究系统着眼，通过量的模拟，再反映出质的差异和变化，有望更好地解释经济系统整体复杂现象和微观成因。

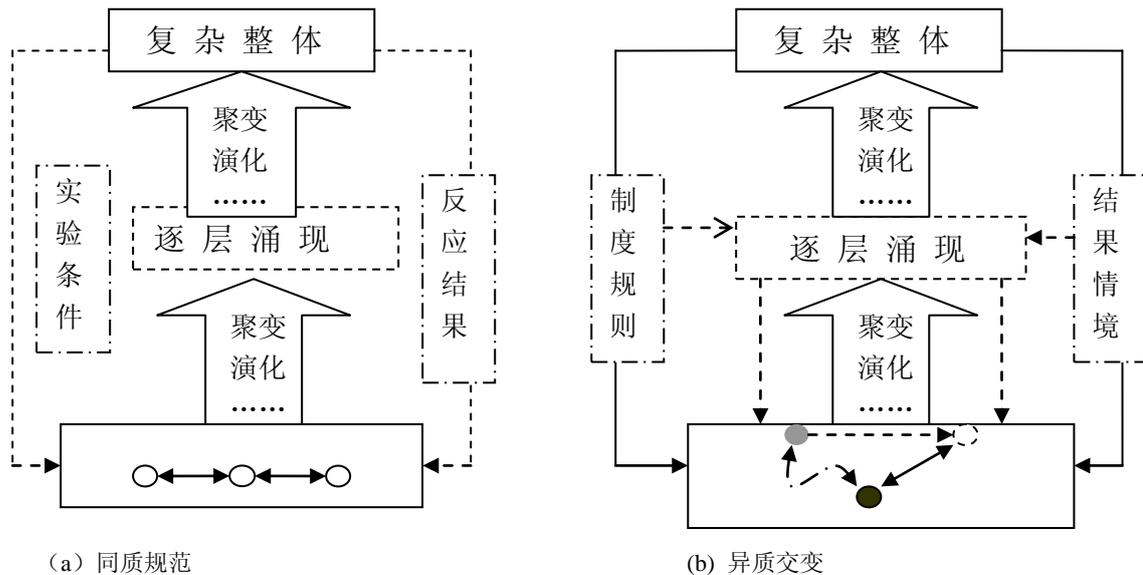


图 4-2 系统整体关联图（Macro-Meso-Micro）

而如今现实中的行为主体，往往是一开始从根源上就显著偏离个体独立的、具有相同的价值取向和行为模式等原有的理论假设与决策模型，博弈论和行为（实验）经济学研究等，以大量的理论分析和实例有力地论证和支持这一点。本文主要从主观复杂性、从异质性主体的交互作用及与整体形态的相互关系角度，针对社会经济系统特有的复杂性所做的模型推广，能在一定程度上体现基于微观主体行为的建模，异质性、交互性、内生化和一体化的融合兼顾，是自然地把个体行为与群体行为以及中间过程的表现和演变，微观、中观与宏观联系在一起的一体化模型，其中：对于每一个体所处环境和面临的约束条件不同，自身条件与行为方式等会有（显著）差异，因而需要异质化；考虑多主体的策略行为，就是交互性和社

会性；总量约束体现出对个体行为及规则的影响与改变，是内生化的，内生化的加剧了复杂性，也是解开复杂性的切入点和有效实现途径；总体目标函数是多主体联立的结构方程；以这类异质化模型为基础，再通过计算模拟将经济行为内生化的，并结合实证分析进行检验改进，如此勾勒出实现经济复杂性研究的步骤和线路图；既为应用动态系统模拟等先进的科技手段奠定了理论基础，也能充分体现计算模拟工具和方法的优越性。经典的个体决策基本行为模型与扩展模型的转换关系如图 5 所示。

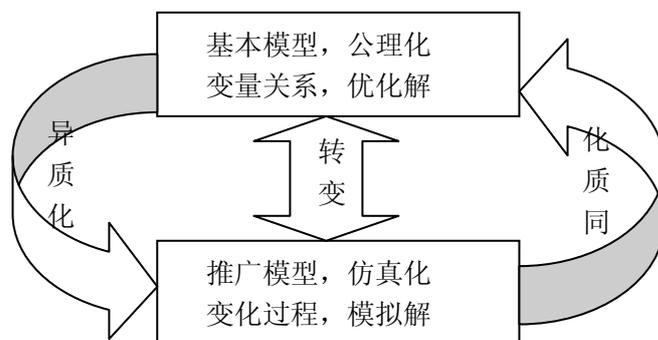


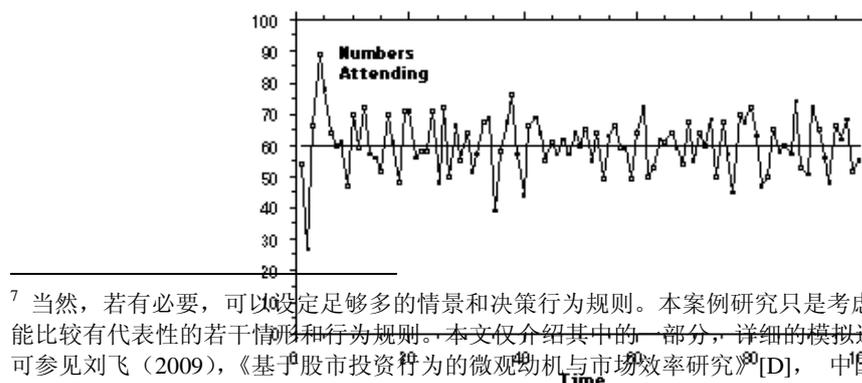
图 5 基本行为模型拓展关系图

#### 4 基于中国股市真实投资行为的模拟实证

基于上述理论观点和方法，经过多维度刻画和量化建立起内生化的行为模型，探讨我国股民行为选择与“变化无常”的股价波动之间可能存在的对应关系。我们的实证工作主要是，先选择一基础模型，变化主体行为特点和分布结构（具有不同行为特点的各类主体在总体中所占比例）进行模拟分析，试图发现宏观复杂现象与微观主体行为之间的某种内在联系；然后基于中国股市投资者的真实行为，对股票价格波动的某些典型现象进行模拟研究。<sup>7</sup>

##### 4.1 基础模型模拟分析

Arthur (1994; 1999) 给出的酒吧模型 (The El Farol Bar Model) 实例，可以看成是一个缩微经济或一项具体的经济金融指标的变化，在模拟分析复杂现象的微观成因具有较为广泛的代表性。Bar Model 例子中采集了最近 n 周末去酒吧人数的历史序列: 44, 78, 56, 15, 23, 67, 84, 34, 45, 76, 40, 56, 22, 35, 用这些原始数据作为初始值进行初步的模拟预测，得到未来一段时间内周末去酒吧的人数见图 6。



<sup>7</sup> 当然，若有必要，可以设定足够多的情景和决策行为规则。本案例研究只是考虑实际中相对常见的，可能比较有代表性的若干情形和行为规则。本文仅介绍其中的一部分，详细的模拟过程和程序及相关资料，可参见刘飞 (2009)，《基于中国股市投资行为的微观动机与市场效率研究》<sup>[D]</sup>，中国社科院研究生院学位论文。感兴趣者可与作者联系。

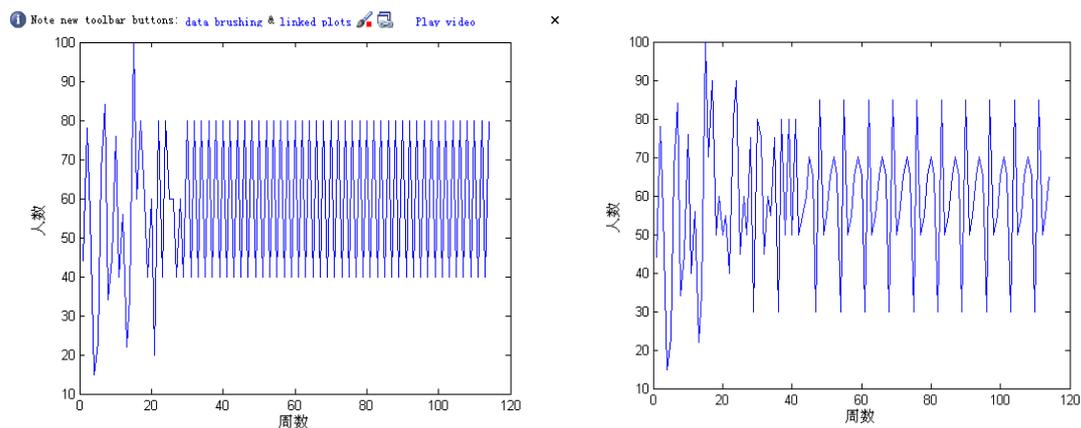
图 6 预计 100 周内去酒吧的人数

我们以此为基础模型，因为酒吧条件和外部环境等在一定时期内是不变的，因而主要考虑周末可能去酒吧的人的行为变化：或改变决策规则；或改变分布结构；或同时改变行为规则和分布结构。分别设置各种可能出现的不同情境，具体做法是：可将人群分为清静型（预计去酒吧的人少于 50% 时会去酒吧）、随缘型和热闹型（预计去酒吧的人大于 80% 时会去酒吧），分门别类地、逐步地改变各类人群的决策规则和分布结构，根据需要对酒吧模型作进一步的深度分析。

如设定行为目标相同（预计去酒吧的人少于 60% 时会去酒吧）、决策依据不同，假设人们对于下周末可能去酒吧的人数习惯采用的几种预计规则为：

- 1) 认为同上周一样；
- 2) 认为同两周前的人数一样；
- 3) 认为同五周前的人数一样；
- 4) 认为是上四周的平均数；
- 5) 认为是以前所有人数的平均数。

而且假设使用上述预计规则的人在总体人群中是均匀分布的，即各占 20%；然后设想各种可能出现的情况依序变动决策规则的分布状态。利用 Matlab 软件，经过广泛的、大量的模拟，几乎所有的模拟结果总体上均呈现一段时期后的类周期波动现象，只是在波形、波幅和频率上有所区别（见图 7）。由此可在一定程度上说明：微观行为特点与整体的复杂形态之间确实有某种对应关系；一段“无序”波动后出现周期现象可能与主体行为特点不变、



与暂且不考虑相互之间及外界之间的互动行为有关。

图 7 基于主体行为变化的酒吧模型模拟结果

## 4.2 中国股市模拟实证

以我国股市上股民真实的投资行为选择为基础，利用可获取的上证指数 2007 年 1 月 4 日至 2008 年 1 月 18 日的 254 个实际历史数据为例，作行为类型分析并以此作为初始值，应用 Matlab 软件编程实现模拟。以 1 个交易日（或时间单位）为步长，500 个交易日为模拟总长度。首先就股民基本的常态行为类型类比基础模型进行静态模拟研究，得到与上述基础模型分析相类似的结果（见图 8）；然后着重考虑各类人群所占比例的动态演变，相对集中地研究投资冲动行为。主要考虑股民投资决策中的学习适应性、异质性和交互性等行为特性，而暂对其他影响行为的因素作不变、简化或舍弃处理（可根据需要和可能逐步增加或变动其他行为特点及影响因素）。

具体做法是：选择个体投资决策中的反应速度（改变决策规则持续的时间）和反应强度（个人当日交易额占其帐户总资产的比例）这两个维度来描述刻画个人投资冲动行为；在外界消息或市场态势等条件发生明显变化时，当天改变决策规则出手交易的行为称为第一类冲动行为；持续两天或更长时间再改变决策规则的投资行为被看成是第二类冲动行为，两类行为相互影响、相互转化。以限制当日最大涨跌幅度的停版值 8% 为临界值，个体心理上能承受的涨跌幅度值（心理阈值：Threshold Value）记为  $w$ ，分别选定股民可承受的心理阈值  $w$  和不同类型的冲动行为，并选择 5% 为对比阈值；当第一（二）类行为占主导时，容易引起股市的暴涨（跌），两类行为引发股市突变前的持续时间有明显区别（见图 9）；又在阈值附近细分和缩小变动区间的长度，以观察分析股民行为的敏感性和临界效应。

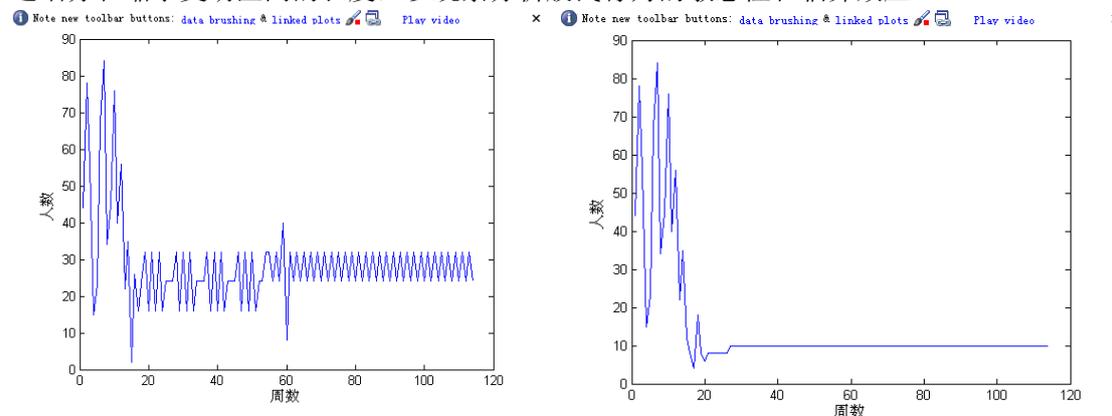
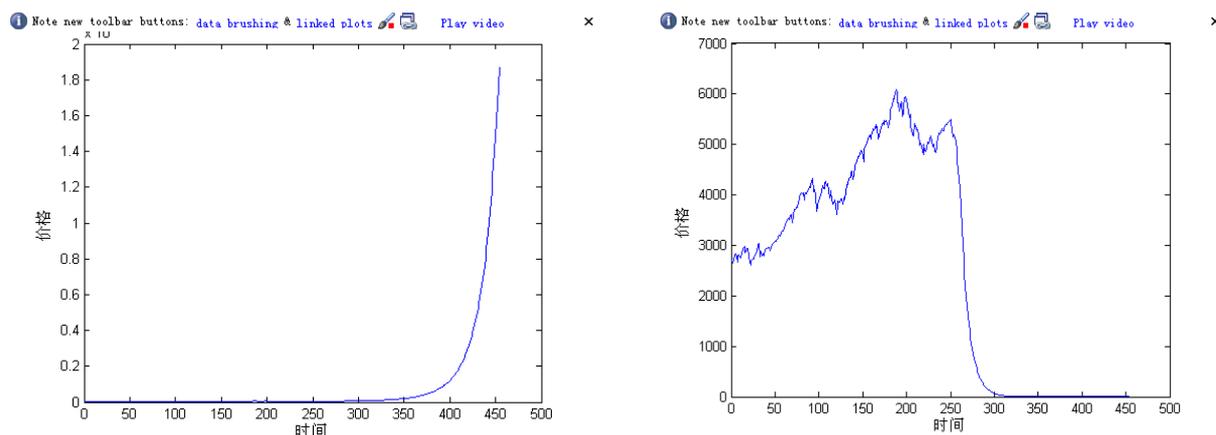


图 8 基于股民基本行为的模拟结果



$w > 8\%$  (第一类冲动行为)

$w < 5\%$  (第二类冲动行为)

图9 基于不同类型冲动行为的模拟结果

(1) 本实例研究比较有新意的内容表现为：①从微观视角分析投资行为特点与股市价格波动之间的影响和联系；②尝试性地给出微观动机和投资者真实行为的多维度刻画和分类量化方法，具体地研究了投资冲动行为；③用模拟方法探讨我国股票市场复杂现象的微观成因，试图揭示各种可能的个体行为模式造就复杂的整体现象的机理。

(2) 可能的发现：①个体（部分）投资者冲动行为与股市暴涨（跌）的内在对应关系；②相比较而言；第一类冲动行为容易引起暴涨，第二类冲动行为容易引起暴跌；③股民投资心理的脆弱性主要表现为在临界值附近的敏感性。

从方法（论）意义上看，原有理论和方法大都是在接受或修正均质的理性行为投资者假定的基础上，建立因果关系或理论逻辑模型利用经验数据展开分析研究，而微观分析模拟侧重不同类型主体的真实投资行为及群体结构的演变，模拟结果出现收敛、周期性等变化，正说明要进一步研究异质性主体交互行为特点的必要性，此举可能是发现和认知非常态经济复杂本质的有效途径之一。

(3) 可能的应用和发展方向。虽然微观计量和时间序列分析等数量金融研究方法与基于异质和交互行为的微观分析模拟方法各自的侧重点不同，但后者更擅长于区别分析各类投资主体的真实行为可能造就和涌现出的各种复杂的股市现象及传导机理；再结合人类主体参与的实验进行实时互动的对比分析，不仅研究趋势和规律，也探讨突变等特征；不仅重视事后的经验数据，也关注事前和事中的实时行为，有望打开行为黑箱，更深入地探讨经济运行特点和规律。

我们考虑下一步的研究工作主要是：在与作为参照系的同质化行为比较的基础上，可进一步丰富对主体行为的异质化、交互性，进行内生化和行为建模处理等项研究，分析典型复杂现象可能的微观成因；定量地调整行为目标、方式和各类人分布结构的动力学演变，再逐步考虑主观意志、交互作用等行为特性，探讨微观主体行为变化与宏观模拟结果内在的、更精确的对应关系。

## 5 结 语

简单与复杂、规律与混乱，不仅有其客观实在性，还有人类主体的主观能动性，是相对于人类的认知层次和行为能力而言的。在大量的、个体（或局部）的、可变的、异质和交互的行为反复作用下形成的各种异常现象，作为复杂经济系统某种形式的涌现，它们的发生表面看来是个案的、特

殊的和偶然的，但它们的共同点是：非常态经济主要是由于具有主观能动性的行为主体造成的，复杂性主要源于个体行为的异质性和交互性；异质性使交互作用的结果更加复杂多变，交互性使异质性的表现更加多样化，或许这正是非常态经济复杂本质的特色之所在。从主观复杂性角度和微观异质行为入手，构建宏观、中观和微观一体化的模型并进行动态模拟，与经典的经济计量等方法互补共进，无疑是更加全面、深刻地认识和分析复杂经济现象的新颖视角和可值得尝试的探索手段，如此有望更有力地推动数量经济学的发展和应用。

### 参考文献:

- [1] Arthur, B.W., 1995, "Complexity in Economic and Financial Markets", *Complexity*, Vol.1(1), pp. 20--25.
- [2] Arthur, B.W., Durlauf, S.N. & Lane, D., 1997, Introduction: The Economy as an evolving Complex System II, Ed. by Arthur, B. W., S.N. Durlauf & D. Lane. *SFI Studies in the Sciences of Complexity*, Vol. XXVII, Addison-Wesley.
- [3] Axtell, R., 2000, "Why Agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences," Center on Social and Economic Dynamics, The Brookings Institutions, Working paper no. 17.
- [4] Boginski V., S. Buutenko and P. M. Paralos, 2003, "On Structural Properties of the Market Graph," In *Innovations in Financial and Economic Networks* (Ed. by A. Nagurney), 29~45, Cornwall: MPG Books.
- [5] Epstein, J.M. & Axtell, R., 1996, *Growing Artificial Societies – Social Science from the Bottom Up*, MA: The MIT Press.
- [6] Camerer C., 2003, *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. Princeton, NJ: Princeton University Press. (有中译本: 凯莫勒, 《行为博弈——对策略互动的实验研究》, 贺京同等译, 中国人民大学出版社, 2006。)
- [7] Clower, R & Howitt P., 2000, "The Emergence of Economic Organization," *Journal of Economic Behavior and Organization*. 41, 55-84.
- [8] Heiner, R. A., 1983, "The Origin of Predictable Behavior," *American Economic Review*. 73, 560-595.
- [9] Holland, J.H., 1998, *Emergence - from Chaos to Order*, Oxford : Oxford University Press.
- [10] Irwin, J., Paul Slovic, Sarah Lichtenstein, and G. McClelland. 1993, "Preference Reversals and the Measurement of Environmental Values," *Journal of Risk and Uncertainty*, 6: 5-18.
- [11] Jackson M. and A. Wolinsky, 1996, "A Strategic Model of Social and Economic Networks," *Journal of Economic Theory*, 71(1): 44-74.
- [12] Kearns M., M. Littman, and S. Singh, 2001, "Graphical models for game theory," In *Proceedings of the Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp253-260.
- [13] Keynes, J.M., 1936, *The general theory of Employment, Interest and Money*. The collected writings of John Maynard Keynes Vol. VII. Macmillan, Cambridge University Press, 1973.
- [14] Kirman, A., 1992, "Whom or what does the representative agent represent?" *Journal of Economic Perspectives*. 6(2), 117-36.
- [15] Krugman, P.R., 1996, *The Self Organizing Economy*, Cambridge, MA. and Oxford: Blackwell Publishing.
- [16] Lane, D.A., 1993, "Artificial Worlds and Economics," Part I and II, *Journal of Evolutionary Economics*. 3, 89-107 & 177-197.

- [17] Mischel H., Mischel W. (1983), The development of children's knowledge of self-control strategies. *Child Dev* 54: 603—619.
- [18] Orcutt, G., 1957, "A New Type of Socio-Economic System," *Review of Economics and Statistics*, 39(2): 116—123.
- [19] Orcutt, G., 1960, "Simulation of Economic Systems," *American Economic Review*, December, 50: 893-907.
- [20] Rabin Matthew, 1998, "Psychology and Economics," *Journal of Economic Literature*, 36(1) March: 11-46.
- [21] Rosser, J.B.Jr., 1999, "On the Complexities of Complex Economic Dynamics," *Journal of Economic Perspectives*, 13(4), 169-192.
- [22] Rosser, J. B. Jr., 2001, Alternative Keynesian and Post Keynesian Perspectives on Uncertainty and Expectations," *Journal of Post Keynesian Economics*. 23(4), 545-566.
- [23] Young, H. P., 1998, *Individual Strategy and Social Structure: An Evolutionary Theory of Institutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- [24] 葛新权、王国成, 2006~2009, 《博弈论与实验经济学论丛·1-4》[M], 北京: 社会科学文献出版社。
- [25] 洪永淼, 2007: 计量经济学的地位、作用和局限[J], 《经济研究》第5期, pp139-153。
- [26] 田国强, 2005: 现代经济学的基本分析框架与研究方法[J], 《经济研究》第2期, pp113-125。
- [27] 王国成, 2007a: 基本行为假设检验与实证逻辑[J], 《数量经济技术经济研究》第10期, pp151-160。
- [28] 王国成, 2007b: 交互行为视野下博弈论与当代经济学的交汇及发展[J], 《经济研究》第12期, pp142-152。
- [29] 王国成, 2008: 经济分析模型微观基础的异质化[J], 《数量经济技术经济研究》第11期 pp149-161。
- [30] 王国成, 2010: 当代经济学的行为转向与中国契机[J], 《中国社会科学院研究生院学报》, 第4期: 49-56。
- [31] 周石鹏、许晓鸣, 2006: 经济网络[A], 载于《复杂网络: Complex Networks》[C] (郭雷、许晓鸣主编), pp235-246, 上海: 上海科学教育出版社。