

“ 十 三 五 ” 国 家 重 点 图 书



转型时代的中国财经战略论丛

证券市场短期动力机制

——基于计算实验金融学的研究

刘兴华 著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

“ 十 三 五 ” 国 家 重 点 图 书

★ 转型时代的中国财经战略论丛 ▲

证券市场短期动力机制

——基于计算实验金融学的研究

刘兴华 著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

证券市场短期动力机制：基于计算实验金融学的研究/
刘兴华著. —北京：经济科学出版社，2016. 6
(转型时代的中国财经战略论丛)
ISBN 978 - 7 - 5141 - 6974 - 4

I. ①证… II. ①刘… III. ①证券市场 - 研究 -
中国 IV. ①F832. 51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 122298 号

责任编辑：柳 敏 李晓杰
责任校对：王苗苗
责任印制：李 鹏

证券市场短期动力机制

——基于计算实验金融学的研究

刘兴华 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100142

总编部电话：010 - 88191217 发行部电话：010 - 88191522

网址：www. esp. com. cn

电子邮件：esp@ esp. com. cn

天猫网店：经济科学出版社旗舰店

网址：http: //jjkxcbs. tmall. com

北京季蜂印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 13 印张 220000 字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6974 - 4 定价：39. 00 元

(图书出现印装问题，本社负责调换。电话：010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话：010 - 88191586)

电子邮箱：dbts@ esp. com. cn)

总 序

转型时代的中国财经战略论丛

《转型时代的中国财经战略论丛》(以下简称《论丛》)是山东财经大学“特色名校工程”建设的特色项目和重要成果,也是经济科学出版社与山东财经大学合作推出的系列学术专著出版计划的一部分,更是山东财经大学近年来致力于学术兴校战略一批青年学者在经济和管理研究方面的部分成果汇报。

山东财经大学是一所办学历史悠久、财经特色鲜明、综合实力突出,在国内外有一定影响的普通高等财经院校。学校于2011年由原山东经济学院和原山东财政学院合并组建而成。2012年成功实现财政部、教育部、山东省人民政府三方共建。2013年获得博士学位授予权,并入选山东省“省部共建人才培养特色名校立项建设单位”。山东财经大学还是中俄经济类大学联盟创始高校之一、中国财政发展2011协同创新中心和会计改革与发展2011协同创新理事单位。学校的发展为教师从事科学研究创造了良好环境和宽广平台。近年来,学校以建设全国一流财经特色名校为目标,深入实施“特色名校工程”,大力推进改革创新,学校发展平台拓宽,办学层次提高,综合实力增强,社会声誉提升,学校进入了内涵发展的新阶段。为推进“特色名校工程”建设,学校修订了科研成果认定和奖励制度,完善了科研评价与激励机制,同时实行“优秀青年人才特殊支持计划”和“青年教师境外研修计划”等,为青年教师脱颖而出和学术成长提供了政策保障。

随着经济全球化、区域一体化、文化多样化深入发展,新一轮科技革命和产业变革蓄势待发,我国经济发展进入新常态,但发展方式粗放、创新能力不强、资源环境约束加大等不平衡、不协调、不可持续问题依然突出,迫切需要更多依靠创新驱动谋求转型发展的出路。为了应

对当今世界的深刻变革，我国启动了“双一流”建设，对财经学科发展提出了严峻挑战，同时又面临难得的机遇。作为以经管学科为主的财经类大学，如何坚持科研服务社会、服务人才培养的方向，主动适应实施创新驱动战略的要求，自觉对接国家和区域重大战略需求，充分发挥在经济和管理研究领域的优势，为国家和区域经济社会发展提供更大智力支持、培养更多高质量人才，一直是财经类大学更好履行使命的重要职责。《论丛》的出版，从某种程度上应和了这种趋势和需求，同时，展现了山东财经大学“特色名校工程”的建设成效和进展，对激励学者潜心研究、促进学术繁荣发展、加强对外学术交流和扩大学校社会影响具有重要推动作用。

作为山东财经大学从事财经教育和人文社科研究的青年学者，都要积极应对和研究时代赋予的重大命题，以求是创新的精神风貌，遵循科研规律，坚持教研相长，长于独立思考，善于团结协作，耐得住寂寞，放得下功利，才能不断推进学术创新，勇攀科学高峰，孕育无愧于时代的精品力作，努力成为社会科学创新的新生力量。

《论丛》的出版凝结了山东财经大学青年学者的心血和汗水，尽管可能存在一些不足，但是正如哲人所言“良好的开端就成功了一半”。相信只要青年学者们持之以恒，不辍耕耘，必能结出更加丰硕的成果。伴随着中国经济发展、改革和转型步伐的加快，我们期待着有更多更好的学术成果问世！真诚欢迎专家、同行和广大读者批评指正。

山东财经大学校长



2016年5月17日

序 言

转型时代的中国财经战略论丛

这是一本典型的跨学科研究的专著，用复杂系统的视角、思维和方法研究证券市场的微观动力学机制，更确切地说是研究证券市场短期动力机制。

跨学科的研究向来被寄予厚望而被鼓励，但是现实往往是骨感的，跨学科的研究成果经常得不到主流学科的认可。不被认可的原因总起来讲是复杂的，但是研究者的思维方式、关注的问题以及术语让主流学者太过陌生是主要原因之一。解决的方式就是所谓的“学科深度融合”，用研究领域的思维和术语讲述主流学者认可的话题。有位朋友曾经对我的研究进行评价说：读跨学科的研究成果，我向来能够看得出他原来的教育背景，比如这个作者原来是学金融的、学数学的、学物理的，或者是学计算机的，现在做跨学科的研究了，但是你这个我看不出来。我笑了，这算是本书的第一个特色吧，也是我追求的目标，至少证明了我们的研究不是牵强附会的。

“计算实验金融学”是张维教授提出的，英文是 Agent-based Computational Finance (ACF)，这个翻译很贴切，我们现在采用这个名词，但是在正文中也会采用“基于智能体的计算金融学”，虽然拗口，但是算直译。ACF 对证券市场的研究一般是建立多智能体模型（人工证券市场模型），利用计算机进行仿真或者数值分析（numerical analysis）来研究，体现了复杂适应系统的思维。本专著的研究方法就是计算实验金融学的研究方法。

所谓的“证券市场短期动力机制”的研究是区别于现代金融学基于理性预期均衡框架建模的一种新的研究思路，简单的说起来，是屏蔽外生因素，研究市场内部演化机理的思路。约翰逊（John-

son, 2001) 认为：市场波动的频率远高于基本面消息产生的频率，大量的波动与外生因素无关。“与外生因素无关”的波动由于建模范式的限制，现代金融学和行为金融学是无法研究的，而计算实验金融学却是特别适合研究这类问题。因此我们提出了这种新的研究视角，并探讨了建模的原则。不过这里需要说明的是，证券市场短期动力机制的思路不是否定或替代现代金融学，而是补充；而且也不是说计算实验金融学只适合研究证券市场短期动力机制，而是说它很适合研究这类问题。

前面说了，这是一个跨学科的研究，作者对物理学研究复杂系统的思维方式很赞赏，比如关于理想模型（idea model）对复杂系统的研究。理想模型对复杂系统建模可以忽略大量的无关因素只探讨所关注的关键问题，这样的模型简洁，但却不是对现实的高度模拟，更不是虚拟现实。对理想模型的理解需要加入逻辑分析，比如在模型中固定其他变量，数值分析某一变量的影响等。其实经济学中不乏理想模型，如囚徒困境、公共地的悲剧、柠檬市场等。本专著的建模思维属于理想模型的建模思维，建模面向具体问题，而不是追求全功能模型，对问题的探讨涉及逻辑分析。这种建模思维能否得到大多数主流金融学家的理解有待观察。我相信读者仔细阅读本书后，对这些模型的价值会形成自己的观点。

本专著属于基础研究，研究的问题涉及证券市场底层的微观动力学机制，如智能体预期多样性和归纳推理的影响、市场微观结构对尖峰肥尾影响的机理、价格和交易量联动的微观机理等等，都属于基础研究。但是本专著的某些研究和实践的联系还是很密切的，比如对泡沫的研究，提出了信念分歧的假设，一致性地解释了泡沫缓慢生成和快速破灭的内生因素；本专著对短期预测的逻辑也提出了明确的观点，这也能启发投资者自发地应用到投资分析中。

关于多智能体模型的实现，书中有比较详细的描述。读者可以发现，这些模型都是非常简洁的，也可以说是非常简单的，实现起来不需要高深的编程技巧。所有的模型都是作者自己编程序实现的，没有采用 Swarm 等软件平台，一方面是因为作者喜欢自由的建模方式，另一方面也说明模型实现不困难，这对有志于 ACF 研究的读者算是提供一个借鉴。

本专著观点新颖，这就不可避免具有不完善的或错误的观点，学术有争论就会有进步，希望读者提出不同的观点或意见，促进 ACF 研究的发展。能够起到抛砖引玉的效果是作者最大的期望。

感谢国家社科基金（批准号：08BJL020）的资助。

作者

2015 年 7 月 3 日

目 录

第1章 绪论	1
1.1 主流金融学理论研究对短期分析的局限	2
1.2 复杂适应系统对证券市场短期动力机制的启发	3
1.3 跨学科的实证研究越来越关注短期价格和交易量的行为	3
1.4 目前基于智能体的计算金融学对证券市场建模的局限	4
1.5 少数派博弈模型的重要启示	4
1.6 价格和交易量联动的微观机理	5
1.7 总结	7
第2章 证券市场动力机制分析	9
2.1 现代金融学的动力学机制	9
2.2 行为金融学的动力机制及局限	22
2.3 分形市场假说的动力机制及局限	25
2.4 复杂适应系统下的资本市场动力学机制	28
2.5 总结	35
第3章 短期动力机制的建模原则	36
3.1 基于智能体的底层建模	36
3.2 短期动力机制的建模思想	37
3.3 基于短期内部动力机制的建模原则	41
3.4 计算金融学模型中行为假设和结构假设	44
3.5 总结	48

第4章 经典智能体模型介绍	49
4.1 基于智能体的人工市场模型概要	49
4.2 圣塔菲人工市场模型	53
4.3 少数派博弈模型	57
4.4 总结	74
第5章 快速适应的少数派博弈模型	76
5.1 引言	76
5.2 标准少数派博弈模型的价格波动特征	76
5.3 快速适应的少数派博弈	79
5.4 快速适应的少数派博弈模型下的市场收益率分布	83
5.5 加速进化的数值解释	84
5.6 总结	85
第6章 条件可预测性的实证研究	87
6.1 引言	87
6.2 传统检验范式的困境及其出路	88
6.3 数位序列的条件可预测性	90
6.4 重新标度的数位序列的条件可预测性	93
6.5 条件可预测性的度量	94
6.6 中国股市有效性的变迁趋势	96
6.7 总结	97
第7章 趋势交易的影响	99
7.1 引言	99
7.2 少数派博弈中趋势交易策略	100
7.3 趋势交易者的形成——强适应博弈模型	101
7.4 趋势交易者的影响	106
7.5 实证检验	110
7.6 总结	111

第8章 行为和微结构的影响	112
8.1 引言	112
8.2 微结构对波动的影响	113
8.3 行为对波动的影响	121
8.4 总结	128
第9章 双相行为的研究	130
9.1 引言	130
9.2 仿真分析	132
9.3 总结	136
第10章 证券价格和交易量联动的微观机理研究	137
10.1 引言	137
10.2 交易量产生的机理分析及假设	140
10.3 模型	142
10.4 仿真实验及描述性统计特征	144
10.5 量价联动微观机理的检验和分析	146
10.6 总结	151
第11章 泡沫产生和破灭的内生机理研究	153
11.1 引言	153
11.2 信念分歧与泡沫破灭	155
11.3 基于分歧信念的泡沫模型	159
11.4 仿真实验参数及仿真结果	161
11.5 总结	169
第12章 预测及信念序变量研究	170
12.1 引言	170
12.2 序变量及预测的逻辑	172
12.3 基于信念序变量的神经元网络预测分析	175
12.4 总结	181
参考文献	183

第1章 绪 论

计算实验金融学又称作基于智能体的计算金融学（Agent-based Computational Finance, ACF），利用数学、统计学，结合计算机科学对相关的金融理论和应用问题进行研究。ACF 对证券市场的研究一般是建立多智能体（multi-agent）模型（人工证券市场模型），利用计算机进行模拟仿真来研究证券市场动力学，体现了系统思想。计算实验金融学被学者们寄予厚望，希望新的手段可以解决一些长期困扰的理论问题。

但是近 20 年的研究，ACF 并没有取得真正有金融意义的研究发现，也没有形成像主流金融学那样的具有严谨理论支撑的建模体系。有些学者（LeBaron, 2005）比较早就注意到这个问题，认为研究者应该探讨 ACF 的建模原则，但是至今这个议题还是没有引起重视，因此 ACF 的研究能力受到了限制和质疑。

其实建模原则和另外一个议题是相关的，这个议题就是 ACF 适合研究什么样的金融问题。笔者认为，ACF 没有可能替代主流金融学，因为它适合研究的问题是有限，但是在它适合研究的问题领域又是极具优势的，因此 ACF 的潜力很大，条件是必须知道它适合研究什么样的金融问题，同时探讨相应的建模原则。如果仅仅是为建模而建模，盲目建模，往往解决不了任何实质金融问题，这也是目前这个领域研究的普遍现象。如果这种现象继续下去，研究者难免会对 ACF 失望。

本书完全摆脱了为建模而建模的思路，不仅探讨了 ACF 适合研究的问题领域，提出了建模原则，建立的每一个模型都以金融问题为导向，模型简单清晰，研究结论明确、有意义。

那么，ACF 到底适合研究什么样的金融问题呢？我们认为适合研究证券市场短期动力学机理。什么是短期动力机制，为什么 ACF 适合研究这类问题，对于这两个问题，本书没有急于简单回答，而是从系统的

视角详细阐述了金融的动力机制，这是一个新颖的视角，一旦读者理解了金融系统的动力机制，我们的问题也就迎刃而解了。

本书显著的特点是系统的思维、系统的词汇，又深入到证券市场微观的本质问题。这种新颖性值得读者关注、讨论或争论。

下面是对本书主要工作和观点的简单导引，大部分观点和论断在本书正文部分都有更详细的论述。

1.1 主流金融学理论研究对短期分析的局限

长期以来，现代金融学的传统研究范式是经济学中著名的理性预期均衡（Rational Expectation Equilibrium, REE）理论，以此为基础的有效市场假说（EMH）、资本资产定价理论（CAPM）、套利定价理论（APT）等实际上刻画了一个稳定的负反馈系统，投资者同质的理性预期聚合起来形成资产价格，如果偶尔产生了错误的定价，理性套利会很快纠正这个错误，保证市场有效；行为金融学打破了这种完美机制，把研究范式扩展到非理性或有限理性，并提出异质的心理效用模式，试图解释一些所谓的“异常（anomalies）”，如过度的市场易变性、规模效应、反应不足（underreaction）和反应过度（overreaction）等（Barberis et al., 1998; Daniel et al., 1998; Hong and Stein, 1999），但仍然没有摆脱预期均衡的研究框架。

预期均衡的研究范式实质是把价格行为看成一系列的均衡点的轨迹，忽略了价格形成的动态过程。事实上，爱泼斯坦和阿克斯特尔（Epstein and Axtell, 1996）已经注意到这个问题，认为“博弈论和一般均衡理论一直专注静态平衡，这自然忽略了时间的动态性”。以这种静态均衡框架研究证券市场问题有两个重要局限：一是模型中无法涉及交易量；二是无法研究动态过程。由于这个原因，现代金融学和行为金融学的市场模型只能研究大时间尺度的价格行为问题。而在小时间尺度内，价格和交易量的波动更多的是受内部的动力学机理影响，而非遵循静态均衡的轨迹。因此，研究证券市场短期动力机制具有重要的金融学意义。

1.2 复杂适应系统对证券市场短期动力机制的启发

经济和金融系统是典型的复杂适应系统。亚瑟 (Arthur, 1999) 在《科学》杂志的文章指出“复杂性描绘的经济……是一个过程依赖 (process dependent)、组织 (organic) 和一直进化 (evolving) 的”。亚瑟的文章认为“结构和归纳推理”问题决定了静态均衡是不可能产生的。如果把这种思想放在证券市场短期动力机制上, 投资者归纳推理和多样化的预期等内生因素将会是产生价格和交易量各种涌现现象的重要因素。证券价格从长期看, 必然受到许多外生因素影响, 如经济周期、利率和汇率、资产基本面的商务和财务消息、资金流动, 甚至包括投资者复杂的心理因素, 但这些因素都是通过投资者的信念间接对市场产生影响的。一旦投资者信念进入市场, 在短期内, 会因为归纳推理而内生地产生多样化及演化效应, 从而产生市场波动。因此, 屏蔽外生因素, 研究市场内部演化机理是本书的基本研究思想。笔者这种观点印证了约翰逊 (Johnson, 2001) 的疑虑: 市场波动的频率远高于基本面消息产生的频率, 大量的波动与外生因素无关。

1.3 跨学科的实证研究越来越关注短期价格和交易量的行为

金融物理学 (Econophysics) 的领军人物 (Stanley), 还有其他一些学者以高频数据 (数分钟采样的日内数据) 为研究对象, 发现了大量的新格式化特征 (stylized facts)。如蒙塔娜和斯坦利 (Manategna and Stanley, 1995) 在《自然》杂志的文章发现 $\Delta t = 1$ 分钟的价格增量分布函数的中心区域可以非常好地由 lévy 分布所拟合, 并遵循幂法则 (power-law); 普莱罗等 (Plerou et al., 2003) 在《自然》杂志的文章发现证券需求不平衡量 Ω 在噪音强度 $\sum$ 之下的条件概率 $P(\Omega | \sum)$ 的分布存在两相行为: 在临界噪音强度 $\sum_c$ 以上出现了双波头; 国内

一些研究者也对高频数据和交易量进行研究（宋战宇等，2004；肖辉，吴冲峰，2004；陶利斌等，2004）。新格式化特征的发现需要理论解释，本书对证券市场短期机理建模，将提供最具有针对性的理论和方法分析高频数据格式化特征。

1.4 目前基于智能体的计算金融学对 证券市场建模的局限

本书在理论研究的基础上，将建立多智能体短期市场模型并进行金融问题分析。以多智能体建立经济市场模型，在国内外形成了前沿热点。在证券市场领域，最著名的就是圣塔菲研究所（Santa Fe Institute, SFI）的人工市场模型，这是一个多智能体模型，智能体利用了神经网络和遗传算法进行适应和学习。SFI 模型最大的局限是仍然采用了预期均衡的模型内核，其仿真数据是周数据，分析的依然是长期价格如何对资产价值的偏离。勒巴伦（LeBaron，2003）承认最初的建模目的是想了解智能体的互相作用及群体学习是如何形成所谓的均衡。

目前基于智能体的计算金融学最主要的局限有两点：一是受传统经济学均衡范式的束缚，没有充分利用智能体模型的潜在优势；二是没有针对金融问题，提出具有金融新思想的研究模型，存在为建模而建模的现象。前面提到，从长期角度来讲，证券价格受大量外生因素影响，由于因素太多，因素变化太过复杂，要想建立比较完美的长期模型几乎不可能，笔者认为针对短期机制进行建模，研究更加微观的价格行为的机理问题才是基于智能体的计算金融学更适合的研究方向。

1.5 少数派博弈模型的重要启示

少数派博弈（minority game, MG）模型具有证券市场背景，是沙莱和张（Chalet and Zhang）于1997年提出的，目前该模型被许多统计物理学家作为假想系统分析复杂适应系统的涌现及相变问题（Hart et al., 2001a; Lee et al., 2003; Hart et al., 2001b; Caridi and Ceva,

2004), 并从大量经纪人相互博弈的动力学角度对证券市场产生新的理解。国内, 物理学家汪秉宏 (Yang et al., 2004; 谢彦波等, 2004; 全宏俊等, 2003) 主持的研究小组的研究成果迅速达到了该领域的国际前沿。MG 是多智能体模型, 是一个封闭内部模型, 其结构及智能体的学习演化模式, 体现了证券市场短期动力机制的本质特征, 本书对 MG 进行了重要的改进, 提出“快速适应的少数派博弈模型”, 使智能体具有了更强的适应和学习能力, 使其更加适合对短期价格和交易量行为进行建模。

利用 MG 模型对真实证券市场问题研究的文献不多 (Challet, 2000, 2001; Jefferies et al., 2001)。杰弗里 (Jefferies et al., 2001) 提出用 MG 模拟真实证券市场的思路, 并把趋势交易者引入 MG 模型, 为本书的研究提供了有价值的参考。杰弗里 (2001) 依然没有提出短期模型的思想, 而且模型中强制让一定比例的智能体采取趋势交易, 使模型的解释力降低。勒巴伦 (2005) 的综述认为, 目前利用 MG 对证券市场研究的主要问题在于建立的模型和真实市场差距较大, 具有较少的金融思想。本书将改变这种状况, 利用本书改进了的 MG 模型, 建立短期动力机制模型, 研究趋势交易、归纳推理及预期多样性等的动力学问题, 研究结果非常有新颖性, 其中“双相行为”的研究解释了《自然》杂志上提出的新问题。

1.6 价格和交易量联动的微观机理

经过大量的理论和技术方面的准备, 特别是基于多智能体的人工证券市场模型的计算机编程实现方面的经验积累, 再加上对证券市场内部动力学机制的全面认识的提高, 本书做了以下更有价值的研究。

1.6.1 尖峰肥尾现象的内部机理研究

最近的一些文献猜想: 证券市场价格时间序列的重要统计特征如收益率的肥尾现象可能仅仅和市场微观结构有关。这个猜想启发本书研究微观结构和智能体行为在日间数据和高频数据中到底起到什么作用。我

们开发了三个模型研究这个问题，第一个模型是一个随机模型，具有集合竞价的出清机制，不过智能体是所谓“零智能智能体”；第二个模型具有更多的行为假设，主要以少数派博弈模型为基础，同时也有集合竞价的出清机制；第三个模型是简单的负反馈模型。第一个模型发现集合竞价的出清频率可以用于解释高频数据的几个统计特征，如尖峰肥尾现象、过渡波动及自相关性，但是出清频率却不能解释日间数据的特征，所以，日间数据的格式化特征主要源于智能体行为；第二个模型研究了几个行为假设对日间收益率的影响；第三个模型证明了只要智能体是根据反馈进行归纳推理决策就可以产生尖峰肥尾现象，而具体的反馈的形式并不是关键因素。

1.6.2 信息交易和量价关系的机理研究

6 证券价格波动和交易量之间的关系长期受到学术界和投资界的广泛关注，但是多年来的实证研究对各种理论假设的检验结果却大多都是模棱两可的，这主要是因为研究者不能从实际数据中提取有用的分量。鉴于这个原因，本书建立了一个简单的基于智能体的人工证券市场模型，解决了变量提取问题，检验证明了和价格波动绝对值正相关的是交易量中信息驱动的部分，在此基础上分析了价格和交易量联动的微观机理，并提出了智能体行为产生量价关系的两个必要条件。本书的检验结果和文献相比更加清晰明确，提出的量价关系产生的条件和对微观机理的分析是文献中所没有的，也是能够进一步检验的。

1.6.3 信念分歧效应及泡沫产生、发展和破灭的内生机理研究

虽然泡沫的研究具有很长的历史，但是由于各种原因，很多关键的机理问题至今没有研究清晰。泡沫以较长时间逐渐地发展和后期忽然急剧的破灭为基本特征，目前为止没有任何理论可以统一简约的同时解释这个特征的前后两部分，目前已经有文献发现并关注这个问题（Hong and Stein, 2003; Richardson and Ofek, 2003; Broekstra et al., 2005; Huang et al., 2013），也想试图进行解释，但是其解释都存在缺陷。本