

一个基于主体的宏观经济模型

张世伟, 赵东奎

(吉林大学数量经济研究中心, 长春 130012)

摘要: 提供了一个基于主体的宏观经济模型——ASMEC-C, 用于分析宏观经济政策的效应。经济模型由多个家庭、多个企业、一个银行和一个政府等微观个体组成; 微观个体的状态和行为具有重要差异; 微观个体在各种市场环境下相互作用; 微观个体能够根据环境的变化不断调整自己的行为; 宏观经济动态是微观个体相互作用自然累积的结果。用人工适应主体个别地模拟微观经济个体, ASMEC-C模型建立了一个人工经济社会。用该模型模拟分析了货币政策和财政政策的政策效应, 模拟实验结果与经济理论推断基本吻合。

关键词: 宏观经济模型; 人工适应主体; 微观模拟模型; 政策分析

中图分类号: F224.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2005)02-0007-06

0 引言

目前, 宏观经济分析最常用的工具是宏观经济计量模型和可计算一般均衡模型^[1,2]。这些宏观经济模型一般采用累积数据来描述特征量, 用与特征量有解析关系的方程组描述多个特征量之间的关系, 并通过求解方程组派生出经济分析的结果。由于现实经济的复杂性和计算能力的有限性, 经济学者在建立一个宏观经济模型时, 必须进行许多简化处理。传统方法是: 或者采用总量分析模式, 完全忽略微观个体的行为分析; 或者采用典型个体分析模式, 完全忽略个体间的差异性。无论哪种分析模式, 都导致宏观经济分析缺少坚实的微观基础。

为了实现微观-宏观的自然联接, 美国 Orcutt 1957年提出一种新的宏观经济模型——微观模拟模型^[3], 模型以经济系统中的微观个体作为描述和处理的对象, 用计算机程序模拟其状态和行为, 通过对微观个体的状态进行统计分析发现宏观经济的运行规律。1976年, Orcutt等率先研制了美国经济微观模拟模型, 用于对家庭部门进行微

观模拟分析^[4]。其后, Eliasson 研制了瑞典经济微观模拟模型, 用于对企业部门进行微观模拟分析^[5]。Tongeren 研制了荷兰经济微观模拟模型, 用于宏观层次对微观层次的影响分析, 以及微观层次对宏观层次的反馈分析^[6]。Bennett 和 Bergmann 研制了美国经济微观模拟交易模型, 用于分析工商企业的政策效应^[7]。40年来, 随着政府统计部门微观数据资源的日益丰富, 微观模拟模型得到日益广泛的应用, 目前已成为西方国家分析和制定经济政策的有效工具^[8]。然而, 由于经济是复杂适应系统^[9], 以上模型均采用“刺激-反应”模式而非“主动参与”模式, 无法体现经济系统的进化性, 模型的时效性令人质疑。

1993年, Sargent 系统地论述了从经济进化理论出发, 应用人工适应主体技术 (artificial adaptive Agent, 简称主体 (Agent)), 可以有效地分析宏观经济的运行动态^[10]。1996年, 美国 Sandia 实验室研制了一个基于主体的美国经济模拟模型——ASPEN^[11]。模型一经问世, 就受到经济学界的重视, 许多经济学者在美国《商业周刊》上对此模型进行了评价和展望^[12]。ASPEN 应用人工适应主体

收稿日期: 2002-12-28; 修订日期: 2004-06-21.

基金项目: 教育部人文社会科学基金规划项目 (02JA790026).

作者简介: 张世伟 (1964—), 男, 吉林长春人, 博士, 教授, 博士生导师.

技术模拟微观经济主体的决策行为,真实地再现了经济主体效用或利润最大化过程,宏观经济动态是微观个体相互作用的结果.从1997年至2001年,Sandia实验室又陆续研制成ASPEN经济轨模型、对外贸易模型和电力系统模型等,这些模型的模拟实验结果与经济理论推断基本吻合.在ASPEN之后,Bruun研制了基于主体的货币生产模型,用于验证凯恩斯经济周期理论^[13].Iba等研制了基于主体的“箱装”(Boxed)经济模型,用于宏观经济运行的分析^[14].

基于主体经济模拟模型的研究工作在我国尚处于起步阶段^[15-17].与源于先验论的传统宏观经济模型相比,源于进化论的基于主体经济模型能够提供更强的经济分析和预测能力.借鉴ASPEN模型有益思想,结合我国具体实际,我们研制了一个基于主体的宏观经济模型——ASMEC-C(agent-based simulation model of the economy in China—close economy).本文将介绍ASMEC-C的模型框架、主体描述、模拟实验与部分结果的理论分析.

1 模型框架

基于主体的经济模型是一种智能化微观模拟模型,它把经济看成是由自主相互作用的主体组成的进化系统^[18].在模型中,经济是由无数个微观个体组成;微观个体的状态和行为具有重要差异;微观个体之间存在广泛的相互作用;微观个体能够通过实践学习调整行为以适应环境;微观个体的行为导致其状态的改变;宏观经济总量通过对微观个体状态的累积自然得出.

在ASMEC-C模型中,经济由多个家庭、多个企业、一个银行和一个政府组成.家庭分为城市家庭和农村家庭两类.城市家庭主要通过工作来获得收入,农村家庭主要通过生产食品来获得收入.收入用于消费、储蓄和投资.企业分为非耐用品生产企业、耐用品生产企业、资本品企业和房地产企业4类.企业用资本和劳动力生产商品,根据利润情况完善定价策略.银行的职能是吸收家庭储蓄和向企业贷款,它的利润来自贷款利息和存款利

息之差.政府的收入来自家庭、企业和银行的税收,支出为社会保障和政府消费的支出.政府通过制定货币政策和财政政策来调控宏观经济的运行.我们用主体描述这些微观个体,他们与微观个体同样行动并被模拟模型追踪.在同类主体中,不同主体通过状态和行为体现差异性.

ASMEC-C模型是市场经济模型,主体之间的相互作用均通过市场完成.模型包括3类市场:产品市场,劳动力市场和金融市场.市场通过价格和数量调整商品的供给与需求,市场力迫使主体不断调整行为以适应环境.模型记录主体在市场中进行的每一笔交易,并通过对市场资料的统计处理得到一些重要的宏观经济总量,如GDP、失业率和通货膨胀率等.模型基于时间序列模拟,时间被分成离散的时期(d),每天包括固定数目的时段.主体的行动在每天(或月或年)的固定时段被处理一次.主体的行动基本上按照劳动力市场、产品市场、金融市场的顺序发生.模型重复运行,模拟经济的进化过程.

2 主体描述

主体描述包括主体的状态、主体的行为规则和主体之间相互作用的市场协议.一旦确定了模型中所有主体的这些内容,模型会自动重复向前演进.

2.1 家庭主体

在ASMEC-C模型中,家庭被分成城市家庭和农村家庭.家庭状态包括家庭成员数目、消费偏好、实物资产(主要是耐用品存量和房屋状况)和金融资产(主要是储蓄额和国债额).家庭行为主要是城市家庭就业行为(或农村家庭生产行为)、消费行为和储蓄行为.模型假设每个家庭仅有一个工人(户主),城市家庭主要通过户主就业(被企业、银行或政府雇佣)得到工资.如果工人失业,他们会从政府获得社会保障金.农村家庭收入主要来源于在产品市场上销售自己生产的食品.利用获得的收入,家庭在产品市场上消费4类商品:食品(农村家庭直接消费自己生产的食品)、其它非耐用品,耐用品和住房.家庭消费支出C决策采

ASPEN系列模型的介绍参见美国Sandia国家实验室工作报告.

用线性消费函数

$$C = a + bI \quad (1)$$

其中： I 为收入； a 为基本消费，与家庭人口数目有关； b 为边际消费倾向，与利率 R 有关

$$b = e/R \quad (2)$$

其中， e 为模型给定的常数。要强调的是：ASMEC - C 是一个模拟模型，而非优化模型，相对简单而有效的决策规则更符合微观经济主体的行为特性^[13]。

由于每个家庭对食品的需求是固定的，整个经济对食品的需求总量是不变的。食品需求总量等于食品供给总量。食品生产函数采用经验方法

$$Y = (1 + c)L \quad (3)$$

其中： L 为农村家庭劳动力数目； c 为均值为零的随机数（表示气候因素）。假设食品价格不变，则每个农村家庭收入由其产量决定。农村家庭把生产出来的食品保留一部分自己消费，其它部分送到产品市场，等待城市家庭购买。

家庭的其它消费要在非耐用品、耐用品和住房之间进行分配，分配比例按家庭消费偏好确定。所有家庭每天都要进行非耐用品消费。由于耐用品和房屋单位价格较高，平时要为消费进行专项储蓄。他们决定消费后，会到产品市场上检查产品价格表。假设经济中存在 n 个某类产品生产企业，不同企业产品价格 P 存在差异，则家庭购买第 i 个企业产品的概率 O 为

$$O(i) = \frac{P(i)^{-q}}{\sum_{j=1}^n P(j)^{-q}} \quad (4)$$

其中， q 为产品的需求指数。企业产品的价格越低，家庭在该企业购买的机会就越大。

家庭除了消费外，会把剩余收入转化为金融资产，要在现金、储蓄和国债之间进行分配。家庭储蓄实际分两部分：一部分是为将来进行耐用品、住房消费而进行的储蓄，它与利率没有关系；另一部分则是为获取利息而进行的储蓄。因此利率调整只会对后一部分的储蓄产生影响。就中国的情况来看，正是因为储蓄大多属于前一部分，才会导致利率调整产生不了太大的调控作用。

2.2 企业主体

在 ASMEC - C 模型中，存在 4 类企业：非耐用品生产企业，耐用品生产企业，房地产企业和资本

品生产企业。除资本品生产企业只有一个外，其它类企业都有 2 个以上个别企业。企业状态包括资本品（机器）数目、劳动力数目、产品价格、销售量、库存量、利润和现金。企业的状态可以通过生产行为和销售行为加以改变。非耐用品、耐用品、房地产企业进行生产，使用柯布 - 道格拉斯函数

$$Y = AKL^b \quad (5)$$

其中： Y 是企业产出； K 是资本品数目； L 是劳动力数目。 A 为常量，在行业内是相同的。资本品企业只使用劳动力进行生产。显然，企业可以通过改变资本品数目和劳动力数目调整产量。资本品数目可以每年调整一次，企业通过比较增加资本品所带来的收益与购买它们的成本来决定是否购买新的资本品。如果企业要增加资本投入，必须向银行申请贷款，然后在产品市场上选择资本品企业购买资本品。

短期内，企业的固定资本不变，企业的产出的改变依靠劳动力的数目来调整。企业根据库存量和近期销售量制定雇佣决策：与销售量相比，如果库存量达到上界水平，则企业要解雇少量工人；库存量达到下界水平，企业要增加少量工人。在 ASMEC - C 模型中，同类企业的工资是相同且固定的。

为了追求较高的利润，企业可以平均一个月左右（随机确定）改变一次产品价格（资本品企业除外，它的价格是固定的）。和 ASPEN 模型一样，ASMEC - C 模型采用分类器系统（classifier system）为产品制定价格以体现企业行为的进化性^[11]。在完成生产和定价行为后，企业将产品推向产品市场，等待消费者购买。在完成销售行为后，企业要向政府缴纳税收，并分期偿还银行贷款。

2.3 银行主体和政府主体

在 ASMEC - C 模型中，银行主体是指商业银行，中央银行被归入政府。由于我国的商业银行之间利率相同，竞争主要体现在信息和服务方面，因而银行部门被简化为一个银行。银行状态包括储蓄总额、存款利率、贷款总额、贷款利率、准备金总额和劳动力数目。由于存款利率、贷款利率和准备金率由政府确定，银行行为主要是管理家庭储蓄和企业贷款。储蓄只有活期储蓄一种，银行管理家庭存款和提款业务，计算并支付利息。银行的贷款期限固定，一个企业在此期限内仅可贷款一次，一类企业同时申请贷款，银行每年处理固定次数的

贷款业务.同时,银行规定企业一年分期偿还贷款本息.由于模型中的企业不允许倒闭,银行贷款一般无风险,企业的贷款要求一般能得到部分满足.银行要向政府缴纳一定数额的储备金,以保证其稳健经营.银行的利润来自贷款利息和储蓄利息之差.由于银行是完全所有的,它的利润全部上缴政府.

模型中存在一个政府.政府状态包括政府收入、政府支出和国债额.政府收入主要来自于家庭、企业和银行的税收(或利润).政府支出包括社会保障和政府消费支出(政府采购).财政赤字主要依靠发行国债来平衡.除此之外,政府的主要行为是制定宏观经济政策,通过制定宏观经济政策调控宏观经济健康稳定运行.

政府是财政政策的制定者,通过发行国债,调整税率、社会保障金规模和政府采购规模来制定相应的财政政策.假设在短时期内,税率和社会保障金规模是不变的.国债的发行对象是经济中的各个城市家庭,期限为一年,利率高于储蓄利率.政府每个月都要按年初的预算在产品市场上购买耐用消费品、产品(政府采购)的选择策略与家庭是完全相同的.从中国实际情况看,政府采购占社会总消费的比重相当大,只有把它包含在内才能更贴近中国的现实.

政府(中央银行)是货币政策制定者,通过改变利率和准备金率制定是扩张、紧缩还是常规的货币政策.在 ASPEN 模型中,联邦储备主要是通过公开市场业务调整其货币政策,即在债券市场上买卖政府债券.从中国情况来看,公开市场业务极小且不频繁,可以说其货币政策效果远没有美国那么明显和重要,而利率和货币发行量才是中国目前主要的货币政策工具.因此在模型中,主要通过调整利率来观察货币政策的效果.

3 模拟实验和结果分析

用 C++ Builder 语言在微机上编程实现了 ASMEC-C 模型,模型提供了一个良好的经济模拟实验环境:几乎所有主体的初始状态都可以由用户指定.主体的初始状态确定后,模型将按主体的行为规则和主体之间的市场协议自动向前运行.通过对市场数据的统计处理,用户可以观察到

宏观经济运行的轨迹.在此,用模型比较分析货币政策和财政政策的政策效应.假设经济模型中的主体包括:1) 500 个城市家庭和 500 个农村家庭; 2) 2 个非耐用品生产企业, 2 个耐用品生产企业, 2 个房地产企业和一个资本品生产企业; 3) 一个银行和一个政府.模型中主体通过劳动力市场、产品市场和金融市场相互作用.

为了模拟货币政策的政策效应,首先让模型在常规的货币政策下运行 1 000 期.然后,对利率进行调整,由模型默认的 4% 变为 3%,即采用相对扩张的货币政策让模型运行 1 000 期.最后,再把利率变为 5%,采用相对紧缩的货币政策让模型运行 1 000 期.图 1 显示了在 3 种货币政策情况下的 GDP 时间序列数据.

经济理论表明,利率的高低直接影响经济的运行状况.利率偏高时,则家庭主体会增加储蓄,减少消费,以获得较高的利息.而利率偏低时,家庭主体会减少储蓄,增加消费.消费的高低又会影响企业的产量,最终影响 GDP.从图 1 可以看出,在扩张型的货币政策下,模型运行所得的 GDP 序列的值高于常规货币政策下的 GDP 序列值;而在紧缩型的货币政策下,模型运行所得的 GDP 序列的值低于常规货币政策下的 GDP 序列值.模拟实验结果与经济理论推断基本吻合.

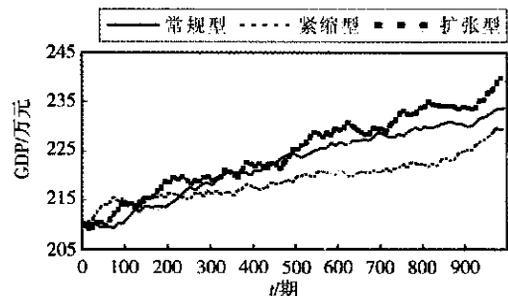


图 1 货币政策对 GDP 的影响情况

Fig. 1 Response of monetary policy to GDP

为了模拟财政政策的政策效应,让模型在不同的财政政策下运行 3 次.首先,让模型在常规的财政政策下运行 1 000 期.然后,让模型在扩张的财政政策下,即把政府发行的国债规模在原有的基础上增加 50%,运行 1 000 期.最后,让模型在紧缩的财政政策下,即把政府发行的国债规模在原有的基础上减少 50%,运行 1 000 期.图 2 显示了在 3 种财政政策情况下的 GDP 时间序列数据.

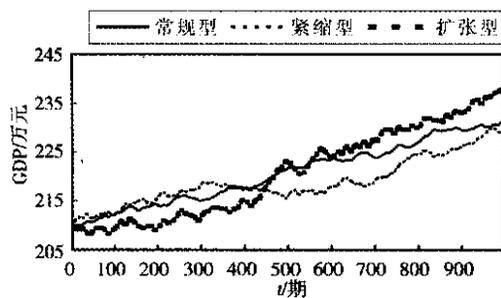


图 2 财政政策对 GDP 的影响情况

Fig. 2 Response of fiscal policy to GDP

根据经济理论, 国债发行规模的增加会使政府的财政收入增加, 而财政收入的增加又会导致财政支出的增加. 在本模型中, 政府的财政支出主要用于社会保障和政府采购, 如果社会保障规模保持不变, 则意味着政府采购的增加, 这样对商品需求的上升, 促使企业的供给增加, 最终影响到 GDP. 同理, 国债发行规模的减少会使企业缩减产量, 并最终影响 GDP. 从图 2 能够发现, 扩张型的财政政策使系统运行所得的 GDP 序列值高于常规财政政策下的 GDP

序列值, 而紧缩型的财政政策使系统运行所得的 GDP 序列的值低于常规财政政策下的 GDP 序列值. 模拟实验结果与经济理论推断基本吻合.

4 结 论

经济学者一直希望能够在实验室中研究现实经济^[19]. 但由于现实社会的复杂性, 经济学不易直接做可控实验. 现代计算技术的发展为经济学者提供了一个间接的实验途径——经济模拟实验. 基于主体的宏观经济模型是一种新颖的经济理论研究和政策分析的实验工具, 具有明显改善经济分析和预测的潜力, 被誉为经济研究的“显微镜”和“望远镜”^[20]. 美国 ASPEN 系列模型的成功研制, 标志着一种新的经济实验平台已经出现. 本文提供的 ASMEC - C 模型及其实验结果表明: 应用基于主体的宏观经济模型可以有效地分析我国宏观经济政策的效应.

参 考 文 献:

- [1] 李子奈. 计量经济学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
Li Znai. Econometrics[M]. Beijing: High Education Press, 2000. (in Chinese)
- [2] 郑玉歆, 樊明太. 中国 CGE 模型及政策分析[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 1999.
Zheng Yuxin, Fan Mingtai. CGE Models and Policy Analysis in China[M]. Beijing: Social Science Academic Press, 1999. (in Chinese)
- [3] Orcutt G. A new type of social-economic system[J]. Review of Economics and Statistics, 1957, 58 (3): 773—797.
- [4] Orcutt G, Caldwell S, Wertheimer R. Policy Exploration Through Microanalytic Simulation[M]. Washington DC: The Urban Institute, 1976.
- [5] Eliasson G. The Swedish micro-to-macro model: Idea, design and application[A]. In: Orcutt G. Microanalytic Simulation Models to Support Social and Financial Policy[C]. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1986.
- [6] Tongeren F. Microsimulation Modeling of the Corporate Firm[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1995.
- [7] Bennett R, Bergmann B. A Microsimulated Transactions Model of the United States Economy[M]. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1986.
- [8] 李善同, 高嘉陵. 微观分析模拟模型及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
Li Shantong, Gao Jialing. Microanalytic Simulation Models with Applications[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1999. (in Chinese)
- [9] Holland J, Miller J. Artificial adaptive agents in economic theory[A]. In: American Economic Review: Papers and Proceedings [C]. 103rd Annual Meeting of the American Economic Association, 1991. 365—370.
- [10] Sargent T. Bounded Rationality in Macroeconomics[M]. Oxford: Clarendon, 1993.
- [11] Basu N, Pryor P, Quint T. ASPEN: A microsimulation model of the economy[J]. Computational Economics, 1998, 12 (3): 223—241.
- [12] Port O. A new laboratory for economists[N]. Business Week, 1997 - 03 - 17.
- [13] Bruun C. Agent-based Keynesian economics[A]. In: Conte R. Simulating Social Phenomena[C]. Berlin: Springer-Verlag, 1997.

279—285.

- [14] Iba T, *et al.* Boxed economy model: Fundamental concepts and perspectives[A]. In: First International Workshop on Computational Intelligence in Economics and Finance[C]. 2000.
- [15] 乌家培. 从数学模型到计算机模拟——数量经济学应用研究的一大方向[J]. 数量经济技术经济研究, 1999, 16(3): 62.
Wu Jiawei. From mathematics models to computer simulation: An important approach of quantitative economics[J]. Quantitative and Technical Economics, 1999, 16(3): 62. (in Chinese)
- [16] 张守一. SWARM 及其在经济研究中的应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2001, 18(1): 94—97.
Zhang Shouyi. The application of Swarm in economic study[J]. Quantitative and Technical Economics, 2001, 18(1): 94—97. (in Chinese)
- [17] 成思危. 复杂科学与系统工程[J]. 管理科学学报, 1999, 2(2): 1—7.
Cheng Siwei. Complexity science and systems engineering[J]. Journal of Management Sciences in China, 1999, 2(2): 1—7. (in Chinese)
- [18] Tesfatsion L. Introduction to the special issue on agent-based computational economics[J]. Journal of Economic Dynamics & Control, 2001, 25(2): 281—293.
- [19] 盛昭瀚, 肖条军, 高 洁. 实验经济学与 2002 年诺贝尔经济学奖[J]. 管理科学学报, 2002, 5(6): 91—93.
Sheng Zhaohan, Xiao Tiaojun, Gao Jie. Experimental economics and 2002's Nobel economics prize[J]. Journal of Management Sciences in China, 2002, 5(6): 91—93. (in Chinese)
- [20] Leijonhufvud A. Towards a not-too-rational macroeconomics[J]. Southern Economic Journal, 1993, 60(1): 1—13.

Agent-based model of economy

ZHANG Shi-wei, ZHAO Dong-kui

Center for Quantitative Economics of Jilin University, Changchun 130012, China

Abstract: We present ASMEC-C, an agent-based model of economy, to analyze macroeconomic policies. The economy is simplified, which consists of many families, many firms, a bank and a government; the states and the behaviors among the individual agents are heterogeneous; the individual agents interact in the markets; the individual agents can always adjust their behaviors in order to adapt the environment; macroeconomic dynamics emerges from the interactions among the individual agents. ASMEC-C is a artificial world in which the individual agents are simulated by artificial adaptive agents. We have analyzed fiscal policy and monetary policy by using the model, and the results of the simulation experiments are identical with economic theory.

Key words: macroeconomic model; artificial adaptive agent; microsimulation model; policy analysis