

文章编号:1007-6735(2011)01-0060-04

货币交易的演化模型

奚 宁¹, 王有贵²

(1. 上海理工大学 管理学院, 上海 200093; 2. 北京师范大学 管理学院, 北京 100875)

摘要: 提出了一个演化模型,用以研究经济是如何从物物交换转变为货币交易的.应用复制动态方程描述了有限理性的个体转变策略的过程.研究表明,当货币交易的概率大于物物交换的概率时,个体的策略将从拒绝货币转变为接受货币.从而解决了在货币搜寻模型中物物交换均衡无法转变为货币均衡的难题.

关键词: 法定货币; 演化博弈; 复制动态; 搜寻理论

中图分类号: F 82 **文献标志码:** A

Evolution model of monetary trades

Xi Ning¹, WANG You-gui²

(1. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. School of Management, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: An evolutionary model was proposed to investigate how the economy can evolve from a system of barter to monetary trade. The replicator equation was employed to describe the process how boundedly rational agents shift their strategies. In doing so, it is found that when the probability of monetary trade is larger than that of barter, the agents change their strategies from rejecting money to accepting money, and an alternative solution to the puzzle that the economy cannot shift from barter equilibrium to monetary one in monetary search model was presented.

Key words: fiat money; evolutionary games; replicator dynamics; search model

货币是人类社会中最重要交易媒介.为了获取所需的商品,人们并不是用手中的商品去直接交换,而是先将它们售出换取货币,然后再用货币购买所需的商品.在人类历史中,商品货币的表现形式可能多种多样,但最终都被法定货币取而代之.所谓法定货币,是指由中央银行发行的一种纸币.这种货币是不兑现的,也就是说发行者不会用实际商品赎回它们.因此,可以说法定货币在本质上是毫无价值

的.这就提出了一系列难解的谜题:自私的个体为什么愿意用实际商品去换取毫无价值的法定货币,人类经济又是如何从物物交换转变为货币交易的.为了解开这些谜题,经济学家提出了搜寻理论的方法^[1-4].在这类方法中,每个个体都有特殊的生产技能和独特的消费口味.自给自足的情况通过假设被排除了.个体之间按照随机匹配的方式进行相互作用.个体是完全理性的,并且拥有完全信息.在两个

收稿日期: 2010-11-20

作者简介: 奚 宁(1979-),男,讲师.研究方向:系统科学. E-mail: nxi@usst.edu.cn

个体相遇之后,他们会根据预期收益决定是否进行交易.结果发现,如果个体预期有足够多的其他个体接受货币,那么,他将接受货币;否则,他将拒绝接受货币.从而找到了两个纳什均衡:物物交换均衡和货币均衡.

货币搜寻理论成功地解释了第一个谜题,但是,它却没能解释另外一个,即人类经济是如何从物物交换转变为货币交易的.这主要有两个原因.第一个原因是货币搜寻理论中的完全理性假定.最初经济处于物物交换均衡,此时,完全理性的个体预期其他个体都不会接受货币,因此,他也不会接受货币.从而使经济不会向货币均衡转变.这就是 Dowd 提出的“开始问题”^[5].第二个原因是货币搜寻理论的均衡模型的本质.和大多数主流经济学模型一样,货币搜寻模型从本质上说也是一种均衡模型.这类模型只关注经济处于均衡状态时的性质,并不能给出经济从初始状态到均衡状态的动态过程,因而不可能描述出经济在物物交换和货币交易这两个均衡状态之间的转变过程.这意味着要想成功地解释第二个谜题,必须构造出一种基于有限理性假定的非均衡的动力学模型.

为了构造这样一个模型,首先应该了解货币交易的本质.在货币交易中,卖方向买方提供商品,买方向卖方支付货币.众所周知,商品本身是有价值的,但是货币却没有.因此,货币交易不是一种交换行为,而是一种利他行为,卖方是施惠者,买方是受惠者.在这种利他行为中,货币扮演了记录利他行为的角色.一个个体持有货币的数量准确地记录了他所做的利他行为的净值.而且,经济中每个个体都愿意“帮助利他者”,即为货币的持有者提供商品.这正是 Nowak 和 Sigmund 所描述的间接互惠^[6].

间接互惠是互惠利他中的一种,用它可以解释人类社会和生物系统中的很多合作现象,因而倍受经济学家、社会学家和演化生物学家的关注.至今为止,在理论和实验研究方面都已取得大量成果^[7-9].目前,一个被广泛接受的观点是间接互惠与名誉有关.这个观点由 Alexander 首先提出^[10].受他的思想启发,Nowak 和 Sigmund 构建了一个模型,为间接互惠的理论分析提供了一个框架^[11-12].在这个模型中,个体或者是施惠者,或者是受惠者.他们彼此之间随机相互作用.在相互作用中,个体采用固定的策略,或者总是合作,或者总是拒绝,或者根据受惠者的过去行为区别对待.个体的过去行为可以用一个分值来量化.它类似于现实生活中的名誉.在经历了

几轮相互作用后,每个个体都会繁殖子代.子代继承父代的策略,其数量与父代的总收益成正比.结果表明,在一定条件下,基于区别对待的合作将会出现.如果把货币交易和这个模型进行比较,就会发现货币和模型中的分值有着几乎相同的作用,那就是记录个体过去的行为.它们是间接互惠得以实现的重要媒介.

本文将使用这种合作演化分析方法来分析货币交易,理解人类经济从物物交换转变为货币交易的理论过程.个体的策略有两种:接受货币和拒绝货币.成功策略的传播方式与 Nowak 和 Sigmund 的模型略有不同,不是通过繁殖,而是通过学习.分析发现,当货币可以提供更多的交易机会时,接受货币的策略最终将战胜拒绝货币的策略,从而使人类经济从物物交换转变为货币交易.值得注意的是,模型中的个体不再是完全理性的,它们采取的策略不一定会带给它们最大化的收益.此外,模型应用了复制动态方程来描述采取不同策略的个体在总体中的比例的变化规律.因此,它也是一个非均衡的动态模型.

1 搜寻模型

经济由大量的理性个体组成^[13].这些个体可以用一个 $[0,1]$ 连续统来描述,其折现率为 r .经济是专业化的,即个体只能生产和消费特定的商品.商品易于腐烂、不能保存.生产一单位商品付出的成本为 c ,消费一单位消费品获得的效用为 b ,且 $b > c$.个体不能生产自己的消费品.设定能生产他的消费品的个体在总体中的比例为 α , $0 < \alpha < 1$.比例 α 表示经济的专业化程度.专业化程度越高,每个个体生产的商品种类越少,这个比例越小.货币供给是固定不变的.最初,随机挑选个体.被选中的个体占总体的比例为 M , $0 < M < 1$.赋予这些个体每人一单位货币,则经济中的货币总量为 M .为了便于分析,假设:第一,货币和商品都是不可分割的;第二,个体一次只能生产一单位商品;第三,持币者不能进行生产.在这3个假设下,交易只能是一对一的交换,或者是在商品与商品之间,或者是在商品与货币之间.并且,个体持有的货币量只能是0或1.这就自然而然地将个体分成两类:生产者和持币者,他们在总体中的比例分别为 $1-M$ 和 M .

时间是离散的.在每一轮中,个体都以随机匹配的方式进行相互作用.可以使用贝尔曼方程来描述个体的决策.设持币者和生产者的值函数分别为

V_m 和 V_p . 对于一个持币者而言, 他只愿意与能够为他生产消费品的生产者进行交易. 他遇见生产者的概率为 $1 - M$. 这个生产者能够为他生产消费品的概率为 α . 因此, 他愿意进行交易的概率是 $\alpha(1 - M)$. 然而, 交易是否进行还要看生产者对待货币的策略. 只有生产者愿意接受货币, 交易才能进行. 设生产者以概率 Π 接受货币. 因而, 发生交易的概率为 $\alpha(1 - M)\Pi$. 此时, 持币者的收益为 $b - c + V_p - V_m$. V_m 的贝尔曼方程为

$$rV_m = \alpha(1 - M)\Pi(b - c + V_p - V_m) \quad (1)$$

对于一个生产者而言, 有两种可能的交易. 一种是物物交换. 当他的交易伙伴同样也是生产者, 并且他们都能为对方生产消费品时, 发生物物交换, 概率为 $\alpha^2(1 - M)$. 通过物物交换, 他得到的收益是 $b - c$. 另一种是货币交易. 当他遇见一个持币者, 并且能够为这个持币者生产消费品时, 持币者愿意和他进行货币交易. 这种情况发生的概率为 αM . 由于他是理性的, 他会选择一个概率 π 来接受货币, 以最大化他的期望收益 $\pi(V_m - V_p)$. 因此, V_p 的贝尔曼方程为

$$rV_p = \alpha^2(1 - M)(b - c) + \alpha M \max_{\pi} [\pi(V_m - V_p)] \quad (2)$$

设 $D = V_m - V_p$. 生产者对 π 的最优选择为: 如果 $D > 0$, $\pi = 1$; 如果 $D < 0$, $\pi = 0$; 如果 $D = 0$, $\pi \in [0, 1]$. 只考虑对称均衡的情况. 在这种均衡中, 通过优化, 每个生产者选择的接受货币的概率 π 都是相同的, 即 $\pi = \Pi$. 此时, 生产者的决策可以表示为

$$\max_{\pi} \pi(V_m - V_p) = \Pi(V_m - V_p) \quad (3)$$

结合式(1)~(3), 可以得到 D 的表达式. 当且仅当 $\Pi > \alpha$ 时, $D > 0$. 因此, 一个生产者对其他生产者的决策的最优响应 $\pi(\Pi)$ 为: 如果 $\Pi > \alpha$, $\pi(\Pi) = 1$; 如果 $\Pi < \alpha$, $\pi(\Pi) = 0$; 如果 $\Pi = \alpha$, $\pi(\Pi) \in [0, 1]$. 相应地, 得到了两个稳定的均衡: 货币均衡和物物交换均衡. 在货币均衡中, 每个个体通过最大化自身收益做出的决策都是完全接受货币. 因此, 可以说, 搜寻模型为自利的个体为什么会接受本质上毫无价值的货币这一问题提供了一个合理的解释. 然而, 搜寻模型并没有给出从物物交换转变为货币交易的路径. 在物物交换均衡中, 所有生产者的选择都是拒绝接受货币, 即 $\Pi = 0$. 此时, 对于一个生产者而言, 他的最优策略也应该是拒绝接受货币, 即 $\pi = 0$. 如果他改变策略为 $\pi \neq 0$, 那么他的收益将会下降. 由于所有个体都是理性的, 因此, 不会有生产者愿意偏离原来的选择. 经济不会从物物交换向货币

交易转变.

2 演化模型

搜寻理论之所以未能给出从物物交换到货币交易的途径, 主要在于它的完全理性假定. 本文将抛弃完全理性假定, 基于 Nowak 和 Sigmund 提出的理论分析框架, 建立一个演化模型, 为物物交换与货币交易之间的转变提供一个可能的途径. 个体仍旧表示为一个 $[0, 1]$ 的连续统. 并且经济依然是专业化的, 其程度用系数 α 描述. 所不同的是, 个体不再通过最大化收益来选取策略. 现在, 他们采取的策略是事先给定的: 接受货币或者拒绝货币. 设接受货币者在总体中的比例为 x , 则拒绝货币者的比例为 $1 - x$. 初始时刻, 在接受货币者中随机选择, 并且, 赋予被选中的个体每人一单位货币. 他们的数量占总体的比例为 M , $0 < M < x$. 搜寻理论中的 3 个主要假定在这里依然适用: 货币和商品都是不可分割的; 个体一次只能生产一单位商品; 持币者不能进行生产. 在这些假设下, 可以根据接受货币者是否持有货币, 将其分为持币者和未持币者两类. 未持币者和拒绝货币者具有生产能力, 而持币者则没有. 时间是离散的. 在每一轮中, 个体两两之间随机匹配进行相互作用. 在相互作用之后, 每个个体都会得到他的收益. 个体虽然不再是完全理性的, 但是, 他们依然存在着一定的理性. 这主要表现在个体偏好平均收益高的策略. 并且, 他们具有一定的学习能力, 会根据上一轮的收益情况, 调整下一轮采取的策略. 这意味着平均收益高的策略在下一轮中会有更多的应用者. 可以用复制动态方程来描述这一动态过程^[14].

$$\dot{x} = (P_a - P)x \quad (4)$$

式中, x 为接受货币者所占的比例; P_a 为接受货币者的平均收益; P 为所有个体的平均收益.

这里应用了复制动态方程的连续形式, 它描述的是离散博弈动力学的极限情况, 不会对结论产生本质上的影响.

从式(4)中可以看出, 比例 x 的变化由接受货币者和拒绝货币者的平均收益的差值确定. 对于持币者而言, 只有当他遇见能为他生产消费品的非持币者时, 才能进行货币交易. 这种情况发生的概率为 $\alpha(x - M)$. 此时, 持币者得到价值为 b 的商品, 而他支出的货币价值为 0. 因而, 持币者的平均收益为 $\alpha(x - M)b$. 对于非持币者, 有物物交换和货币交易两种可能. 当他遇见一个非持币者或拒绝货币者, 并

且他们都能为对方生产消费品时,他们进行物物交换.这种情况发生的概率为 $\alpha^2(1-M)$,收益为 $b-c$.当他遇见一个需要他的商品的持币者时,他们进行货币交易.这种情况发生的概率为 αM ,收益为 $-c$;因而,非持币者的平均收益为 $\alpha^2(1-M)(b-c) - \alpha Mc$.由于在接受货币者中有 M/x 的持币者和 $(x-M)/x$ 的非持币者,所以,接受货币者的平均收益可以表示为

$$P_a = \frac{M}{x} \alpha(x-M)(b-c) + \frac{x-M}{x} \alpha^2(1-M)(b-c) \quad (5)$$

对于拒绝货币者,只有当他遇见一个非持币者或者拒绝货币者,并且他们都能为对方生产消费品时,才能进行物物交换,这种情况发生的概率为 $\alpha^2(1-M)$,收益为 $b-c$.因而,拒绝货币者的平均收益为

$$P_r = \alpha^2(1-M)(b-c) \quad (6)$$

结合式(5)和式(6),可得

$$P_a - P_r = \frac{M}{x} (b-c) [\alpha(x-M) - \alpha^2(1-M)] \quad (7)$$

可以看出 $\alpha(x-M)$ 与 $\alpha^2(1-M)$ 的差值决定了 x 的变化. $\alpha(x-M)$ 表示的是持币者进行货币交易的概率,而 $\alpha^2(1-M)$ 表示的是拒绝货币者进行物物交换的概率.当 $\alpha(x-M) > \alpha^2(1-M)$,即货币交易的概率大于物物交换的概率时,接受货币者的平均收益大于拒绝货币者的平均收益.此时,拒绝货币者将改变策略. x 将一直增大至 1. 接受货币的策略最终将战胜拒绝货币的策略.

现考虑一个处于物物交换均衡的经济.此时,所有个体都采取拒绝货币的策略.由于个体是有限理性的,他们中总是有一部分个体希望尝试新的策略,即接受货币.设这部分个体的比例为 x .当 x 大于临界值 $\alpha(1-M) + M$ 时,经济就会从物物交换转变为货币交易.这个临界值的大小主要取决于参数 α .随着经济的演化,社会分工逐步细化, α 也逐渐变小.当 α 变得足够小时, x 就会超过这个临界值,经济就会向货币交易转变.

3 结 论

在经济学中,搜寻理论在完全理性的假设下找到了物物交换和货币交易两个稳定的均衡,成功地解释了自私的个体为什么会接受本质上毫无价值的

法定货币这一谜题.但是,它却没有给出经济从物物交换到货币交易的转换途径.分析表明,这主要在于搜寻理论的完全理性假定和它的均衡模型的本质.本文应用 Nowak 和 Sigmund 提出的理论框架,建立了一个有限理性的、非均衡的法定货币的演化模型,描述了经济从物物交换到货币交易的转变过程,从而解决了困扰搜寻模型的“开始问题”.

参考文献:

- [1] KIYOTAKI N, WRIGHT R. A contribution to the pure theory of money[J]. Journal of Economic Theory, 1991, 53(2): 215-235.
- [2] KIYOTAKI N, WRIGHT R. A search-theoretic approach to monetary economics [J]. American Economic Review, 1993, 83(1): 63-77.
- [3] RITTER J A. The transition from barter to fiat money [J]. American Economic Review, 1995, 85(1): 134-149.
- [4] WILLIAMSON S D, WRIGHT R. Barter and monetary exchange under private information [J]. American Economic Review, 1994, 84(1): 104-123.
- [5] DOWD K. The emergence of fiat money: A reconsideration [J]. Cato Journal, 2001, 20(3): 467-476.
- [6] NOWAK M A, SIGMUND K. Evolution of indirect reciprocity [J]. Nature, 2005, 437(7063): 1 291-1 298.
- [7] TRIVERS R. The evolution of reciprocal altruism [J]. The Quarterly Review of Biology, 1971, 46(1): 35-57.
- [8] AXELROD R, HAMILTON W D. The evolution of cooperation [J]. Science, 1981, 211(4 489): 1 390.
- [9] AXELROD R. The Evolution of Cooperation [M]. New York: Basic Books, 1984.
- [10] ALEXANDER R D. The Biology of Moral Systems [M]. New York: Aldine de Gruyter, 1987.
- [11] NOWAK M A, SIGMUND K. Evolution of indirect reciprocity by image scoring [J]. Nature, 1998, 393(6685): 573-577.
- [12] NOWAK M A, SIGMUND K. The dynamics of indirect reciprocity [J]. Journal of Theoretical Biology, 1998, 194(4): 561-574.
- [13] SHI S. Viewpoint: A microfoundation of monetary economics [J]. Canadian Journal of Economics, 2006, 39(3): 643-688.
- [14] HOFBAUER J, SIGMUND K. Evolutionary Games and Population Dynamics [M]. Cambridge: Cambridge Univ Press, 1998.

(责任编辑:石 瑛)