

社会合作秩序的经济学理论（一）：演化规律

陈童[†]

School of Science, East China University of Technology, Nanchang 330013, China

[†] *tongchen@ecut.edu.cn*

Abstract

本文试图结合演化经济学和新制度经济学，进而为解释人类社会的合作秩序建立一个基本的经济学理论。在本文中，我们提出了社会依存成本这一核心概念，并提出社会合作秩序的演化规律就在于社会依存成本的不断降低。令人吃惊的是，我们发现新制度经济学的许多重要成果都可以以一种适当推广的形式自然地统一在这一理论框架中。最后，为了更清晰的阐明本文理论框架的力量，我们也建立并分析了若干具体的数学模型。

关键词：合作秩序, 社会依存成本, 演化经济学, 新制度经济学

Contents

1	前言	2
2	相互依存：竞争与合作	5
2.1	社会依存成本	6
2.2	竞争与合作	10
3	社会合作秩序的演化规律	13
3.1	社会依存成本作为社会协调有序度的度量	13
3.2	秩序演化规律	15
3.3	个体的适应定律	23
4	与新制度经济学的联系	26
4.1	科斯定理	26
4.2	产权的演化，企业理论	30

5 几个满足秩序演化规律的模型	34
5.1 谢林隔离模型及其变种	35
5.2 制度转变作为一种相变的简单演化模型	37
5.3 行业规模的演化模型	41
6 Acknowledgements	43

1 前言

人与人之间广泛的合作是一种重要的经济学现象，人类社会大规模的合作秩序何以可能是经济学和社会科学的一个核心谜题[Pennisi 2005, Kennedy and Norman 2005, Boyd and Richerson 2005]。这一谜题的本质在于，按照经济学的基本假定，任何人都是自利的，社会中的个体唯一在乎的就是自己的利益，而不会也无法顾及社会的存亡。因此，原则上来说，一群由自利人组成的社会当然更可能由于剧烈的利益冲突而走向灭亡，而不是走向共同的繁荣和社会的协调有序。如此一来，要解释我们今天这个协调而繁荣的人类社会何以可能就成了一个难题。要解决这一难题，关键就是要解释社会何以能免于在冲突中分崩离析，人们的行为之间何以能由相互冲突走向相互协调。博弈论和演化博弈论是当前研究这一谜题的主要方法之一[Axelrod 1984, Sigmund 2010]。博弈论和演化博弈论框架下对这一谜题的研究已经取得了许多重要的成果[Trivers 1971, Axelrod and Hamilton 1981, Nowak and May 1992, Nowak and Sigmund 2005, Ohtsuki et al. 2006, Nowak 2007, Allen et al. 2017, Perc et al. 2017]，比如说，人们发现，人与人之间的互惠，包括直接互惠、间接互惠和网络互惠等等，是达成广泛的社会合作的重要机制，再比如说人们发现了合作演化动力学与统计物理学的密切联系，见综述[Perc et al. 2017, Hauert and Szabo 2005]。但是，作为一种重要的经济演化现象，关于社会合作秩序如何形成如何演化，如何从冲突走向协调，当前的演化经济学分析框架却很少对这一问题展开研究。

另一方面，哈耶克的自发秩序和扩展秩序概念[Hayek 1945, Hayek 1948, Hayek 1988]可以看做是对人类社会的合作秩序如何产生的早期思考。在哈耶克看来，社会合作秩序非源于任何人有意图的设计，而是从许许多多个

体的个人生活之中，从许许多多个体时时刻刻分布式进行的自由选择之中自发涌现出来的[Lewis 2012]。哈耶克尤其对价格机制这种重要的自发合作秩序进行了深入的思考。然而，一个完整的关于社会合作秩序如何演化的经济学分析框架依然有待发展。本文的核心目的就是尝试建立一个分析这一问题的演化经济学理论框架。

对社会合作秩序的演化规律和演化动力学机制的分析在很多方面都超出了通常的演化经济学分析范围[Nelson and Winter 2002, Witt 2008, Hodgson and Lamberg 2018, Saviotti and Metcalfe 2018]，好在我们将要建立的理论有一个清晰的数学框架，并且在精神上我们的理论是和许多演化经济学理论相一致的。比如说，在我们的理论中演化和适应同样是两个最为核心的概念。作为社会合作秩序的例子，在本文中我们也将我们的理论应用于演化经济学的一些传统主题，包括社会制度的演化和产业的演化等等。

为了分析社会合作秩序，我们首先需要弄清楚什么是合作秩序。在我们看来，社会秩序的本质其实就是大量社会个体行为选择之间的相互协调，在本文中，我们一般性地将这种相互协调定义为社会合作秩序。当然，协调可以看成是一种广泛意义上的合作，但是在本文中，我们将仿照演化博弈论中对合作的定义[Nowak 2007]给合作下一个更精确的定义，而把更广义的协调概念专门留给社会合作秩序。根据我们的定义，每一种社会秩序都是一种合作秩序，比如说市场就是一种典型的社会合作秩序，各个局部市场就是各种局部合作秩序，而整个社会的大市场就是一种整体合作秩序。更一般地，一个社会的社会制度，社会规范等等都属于社会合作秩序，因为它们都源自于不同社会个体行为之间的协调。在演化博弈论中，常常将社会制度定义成一种博弈均衡[Schotter 2008, Young 2001]，根据这种观点，社会制度往往可以看成是一种自发的社会合作秩序[Sugden 2004]。由于在一个博弈均衡中，任何一方都没有激励单方面改变自己的行为选择，因此博弈均衡的实质就在于所有博弈参与者（player）行为选择的协调。从这个意义上来说，我们这里所给出的关于社会合作秩序的定义可以看成是演化博弈论中关于社会制度的定义的一种自然推广。通过这个推广，我们就可以将社会制度的形成和演化这一问题放在一个更宽泛的社会合作秩序的演化框架中来考察。而我

们要解决的核心问题之一，就是要找到社会合作秩序的演化所遵循的基本规律。

市场制度，尤其是市场的价格机制，就是一种大规模的合作秩序，通过价格机制，不同消费者的行为，不同生产者的行为，全都产生了一种协调。企业同样也是一种合作秩序，它同样是一种不同个体行为之间的协调，只不过，与价格机制的自发协调不同，企业之内的协调主要是通过企业家的有形之手来完成的。科斯的经典论文[Coase 1937]指出，企业家的有形之手取代价格机制的无形之手本质上是一种节约交易成本的机制。在我们看来，在一个人的世界中是不存在交易成本的，交易成本其实是一种因为社会个体之间的相互依存而产生的成本，对交易成本的节约实质上是一种对社会依存成本的节约。在我们看来，个体间的相互依存是人类社会的本质特性之一，冲突和协调都只是社会依存的不同反映，社会合作秩序的演化其实是社会个体间相互依存关系的演化。科斯认为企业这种社会合作秩序取代市场这种合作秩序是节约交易成本的结果，而交易成本其实是一种社会依存成本，因此我们就可以推广科斯的这一思想，我们提出，社会合作秩序演化的动力就在于节约社会依存成本。我们称这一规律为秩序演化规律，并给出了它的精确数学表达。

在本文中，我们从竞争与合作的基本经济学规律以及从合作的基本机制等多个角度给出了秩序演化规律成立的理由。不过，从根本上说，秩序演化规律应该看成是一个关于社会秩序的演化理性的假设，这就好比在新古典经济学中的个人利益最大化是一个关于个体理性的假设一样。令人吃惊的是，我们发现新制度经济学中著名的科斯定理[Coase 1960]是秩序演化规律的一个自然推论。不仅如此，我们还发现可以从秩序演化规律的角度来考察企业理论以及产权制度的演化等新制度经济学的传统课题[Furubotn and Richter 2010]。这部分地证实了我们关于社会合作秩序的理论框架是一个比新制度经济学更宽泛的框架（社会制度属于社会合作秩序的一种），它使得我们可以将从竞争与合作的基本经济学规律出发为社会合作秩序的演化建立起来的演化经济学理论与新制度经济学联系起来。实际上，演化经济学与新制度经济学的这种联系是制度与演化经济学家一直以来所期望的[Hodgson 2007]，此前人们也在这方面做过一些尝试[Vromen 1995, North 2005]，但在我们看来，一个像秩序演化规律这样

的可以用一定的数学形式精确表述出来的基本规律在此前的新制度经济学和演化经济学中都是缺乏的。

除了应用于新制度经济学之外，为了说明我们的秩序演化规律在演化经济学形式化模型上的应用，我们还研究了几个具体的演化模型。首先，我们论证了在著名的谢林隔离模型[Schelling 2006]以及它的一些新近提出的变种中，我们的秩序演化规律在统计上成立。进一步，我们也提出了一些新的满足秩序演化规律的解析模型。这些模型中的第一个是一个将社会制度的转变看成是一种相变的模型。我们提出这个演化模型除了因为它可以说明秩序演化规律的应用以外，更重要的是这个模型本身可能揭示了一种重要的关于社会制度如何转变的机制。我们的第二个形式化模型是在第一个演化模型的基础上加上一个随机噪声，从而使得我们的制度演化模型成为一个随机微分方程模型。进行这一推广的原因，是为了模拟真实的社会合作秩序的演化过程中的随机性。我们提出来的第三个满足秩序演化规律的模型是一个关于一个行业的规模如何发展的简单模型，通过对这个模型的研究我们得出了一个行业演化到稳态时的规模的公式。

本文的安排如下：在第二节中，通过对个体间的竞争与合作进行了一个基本的经济学刻画，我们给出了社会依存成本函数的精确定义和计算公式。第三节我们提出了社会合作秩序的基本演化规律，即秩序演化规律和个体适应定律，并且应用合作的基本机制给出了秩序演化规律成立的理由。第四节中我们利用秩序演化规律重新考察了新制度经济学的一些经典结论。第五节我们考察了几个满足秩序演化规律的形式化模型。

2 相互依存：竞争与合作

本节的核心在于一般性地考察人与人之间的社会依存，并由此定义社会依存成本的概念。简单来说，我们所谓的社会依存成本就是由于社会个体之间的相互依存而产生的社会成本。交易成本当然是社会依存成本，除了交易成本之外，还有一种成本也是因为个体间的相互依存而起，那就是广义上的外部成本，也就是一个人的行为施加给另一个人的成本(外部收益看成是负的外部成本)。将外部成本包括进来，我们就可以给出社会依存成本的计算公式了，它将等于所有社会个体所承担的外部成本和交易成本的总

和。从这个计算公式来看，我们的社会依存成本的概念可以看成是对公共选择理论中的相应概念[Buchanan Tullock 1964]的一个一般性推广¹。另一方面，社会个体间的相互依存是因为个体之间存在着竞争和合作这两种基本的相互作用而起，在本节中，通过对竞争行为和合作行为进行一般性的经济学考察，我们可以论证，外部成本和交易成本是仅有的两种因为个体间的社会依存而产生的成本，因此我们给出的社会依存成本的计算公式是成立的。

2.1 社会依存成本

社会的核心特征就在于不同个体行为选择之间的相互依存，个体行为间的冲突和协调都是这种相互依存的反映，因此为了考察社会合作秩序的演化规律，我们就需要对这种个体间的相互依存进行一个经济学考察。而由于个体间的相互依存是通过个体间的竞争与合作这两种基本相互作用而产生的，因此要想具体地考察个体间如何相互依存，我们又需要对竞争和合作进行一个经济学研究。这一小节我们先对社会依存成本进行一个初步的讨论，下一小节中我们再通过对竞争与合作的研究给出进一步的论证。

首先，让我们一般性地定义社会依存成本的概念，它就是一个社会由于社会个体之间的相互依存而导致的社会成本，或者说由于个体之间的相互依存而导致的社会福利损失。值得说明的是，在这里我们将采用一种经济学中习惯性的处理办法，比如说公共选择理论中对外部成本的处理办法[Buchanan Tullock 1964]，即我们将把收益看成是负的成本，有时候也把成本看成是负的收益。因此当我们说到社会依存成本的时候，我们就默认已经包含了负的社会依存收益。不仅如此，在后文中，除非特别说明，我们还将把类似这样的处理推广到所有出现成本和收益概念的地方，比方说，当我们谈到外部成本的时候，我们通常都默认已经包含了负的外部收益，而当我们谈到外部收益的时候，我们通常也默认已经包含了负的外部成本。

社会依存成本是因为个体之间的相互依存而导致的社会福利损失，传统经济学中在讨论外部性问题（或者说社会成本问题）的时候所谓的外部成本就是一种社会依存成本。这是因为传统的外部成本概念指的是在经济行

¹[Buchanan Tullock 1964]中给出的社会依存成本的定义是外部成本与决策成本的和。

为过程中社会成本与私人成本的分离，这当然是一种由于社会个体之间的相互依存而引起的社会福利损失，因此是一种社会依存成本。

不过，即使在传统上认为不存在外部性问题的地方，比方说买卖双方的市场交易中，也存在社会依存。在一场市场交易中，买卖双方的行为当然是相互依存的，交易所带来的社会福利增加量其实就是一种社会依存收益。在本文中，为了尽量减少新概念的使用数量，简化我们的理论结构，我们将会推广传统的外部成本和外部收益概念，使之也可以用来衡量市场交易所带来的社会依存收益。总的来说，我们将不把交易看成是一个整体，而是将之看成是买卖双方行为的协调，为了衡量这种协调中所包含的社会依存性，我们将把买方在交易中获得的消费者剩余看成是由卖方的协调性行为所带来的外部收益，类似的，我们也将把卖方在交易中获得的生产者剩余看成是由买方的协调性行为所带来的外部收益。我们的这种处理当然是对传统的外部成本和外部收益概念的一种推广，但这种推广同样符合传统外部成本和外部收益概念的核心精神，那就是强调一个人的行为对另一个人(而不是他自身)所产生的影响，只要我们不把这两者的行为看成是处于一个整体内部，那么这种推广就是合适的。更重要的是，在进行了这样的推广以后，我们就可以统一性地用外部成本的概念来衡量人与人之间的相互依存成本，而不管这种相互依存是市场化的还是如同通常的外部性问题讨论中那样的非市场化的，这将使得我们的理论框架一般性地适用于讨论市场秩序和非市场秩序。而无论是市场秩序还是各种非市场秩序，它们都属于社会合作秩序，因此都应该在我们的理论框架之内。²

实际上，任何个体只要离开他的一人世界而置身于社会之中，他就无时无刻不处在他人行为的影响之中，置身于社会的个体和他人的行为之间是相互依存的，他人的行为选择会给这个个体带来收益，也会使得这个个体承受成本，由于这种收益和成本源自于他人的行为选择，我们就可以一般

²值得说明的是，虽然对外部成本的概念作了这样的推广，使得我们可以在通常的市场交易的情形中使用外部成本概念，但这并不意味着市场交易本身存在着传统的外部性问题（或者说社会成本问题），这是因为本文中的外部成本是更一般的衡量社会依存情况，而不只是用来衡量私人成本与社会成本的分离。实际上外部性问题是指由于外部性的存在导致社会福利不能达到极大，但根据我们的秩序演化规律，市场交易的最终结果将会是使得社会依存成本达到极小，也就是使得社会福利损失达到极小，因此当然是没有传统的外部性问题的。

性地称之为外部收益和外部成本，显然，它们反映的是这个个体与他人行为之间的相互依存，是一种社会依存成本。

在一个社会中，每个人所承受的他人行为的外部成本都属于整个社会的社会依存成本的一部分。因此，我们可以把每一个人所承受的外部成本加起来得到社会总的个体外部成本，并把它加到社会依存成本中去。具体来说，假设我们记个体*i*所承受的他人行为的外部成本的总和为 EC_i ，则社会的个体外部成本 EC 就是， $EC = \sum_i EC_i$ 。

除了外部成本以外，交易成本也是一种社会依存成本，因为在任何交易中，各方的行为都是相互依存的。只不过本文总的来说不是以交易为分析单位的，而是以个体的行为选择为我们的分析单位。如此一来，一次交易就可能要看成相关各方的一系列行为状态的演变，包括搜寻相关信息状态，谈判签约状态，监督合约执行状态等等，因此一次交易的交易成本也应该看成这一系列行为状态的相应成本。由于这些成本中的每一个都是为交易而付出的，所以我们将称之为相应行为选择状态的交易成本，后文中我们会逐步把这个概念精确化。而我们所谓交易成本是一种相互依存成本，我们指的是任何一方的某一行为选择状态的交易成本都不仅依赖于他自己的行为选择，还同时依赖于交易他方的行为选择。其实，社会个体之间的交易就是一种相关各方行为选择之间的相互协调，交易成本在本质上就是为达成这一协调而额外付出的成本。

更一般地，任何社会个体都是身处于各种社会合作秩序之中(比如两个社会个体之间的市场交易就是一种最小的社会合作秩序)，他为了让自己的行为和一些合作秩序相协调所额外付出的成本总和和我们称之为这个个体为社会合作秩序(Social orders of cooperation)支付的制度成本。很显然，它是交易成本的一种推广，因此也是一种社会依存成本。我们记个体*i*为社会合作秩序所支付的制度成本为 IC_i ，因此整个社会的总制度成本 IC 就是所有个体所支付的制度成本的和， $IC = \sum_i IC_i$ 。和外部成本 EC 一样， IC 也是社会依存成本的一部分。

现在，我们可以试着给出社会依存成本 SC 的计算公式了，它是

$$SC = EC + IC. \quad (1)$$

也就是说，我们认为社会依存成本是社会的总个体外部成本和制度成本的总和。我们已经看到外部成本 EC 和制度成本 IC 是社会依存成本的一部

分，但 EC 和 IC 的和就是全部的社会依存成本吗？还有没有其它成本需要添加到社会依存成本的计算公式中去呢？在下一小节中，我们将通过对产生社会依存的竞争和合作进行一般的经济学刻画从而论证：再没有其它成本需要添加到社会依存成本的计算公式中去了， EC 和 IC 的和就是全部的社会依存成本。

另一方面，由于任何时刻任何社会个体的行为选择都是出于他当下的自由意志，因此任何时刻社会个体行为间的相互依存关系都是这些社会个体当下选择的结果。也就是说，任何给定时刻的社会依存成本 SC 应该都只依赖于所有个体当下的行为选择，而和他们过去的行为历史没有直接的关系，因此，当下的社会依存成本只是当下社会个体行为选择状态的函数，是一个状态量。尤其值得注意的是，我们这里将制度成本和交易成本定义成了行为选择状态的函数，而不是制度运行过程或者交易过程的总成本，这一点可能是与通常的交易成本和制度成本概念有所不同的。比如说，在本文中，一个社会在当下的制度成本就只是指人们为了当下的行为协调而额外付出的成本，而和他们在过去(比如说去年)的行为没有直接关系。当然，从根本上来说，社会依存成本 SC 是社会行为状态的一个状态函数这一点只是一个假设，我们作出这个假设也是为了使得我们的理论结构更为简洁。不过，我们相信本文的核心结论(比如秩序演化规律)应该可以推广到更一般的情形，我们将把具体的推广工作留给未来。

但是，值得注意的是，社会依存成本只是行为选择状态空间的函数，而不是资源配置状态空间的函数，因为同样一种资源配置状态可能可以由多种不同的行为选择产生，而不同的行为选择就有不同的社会依存成本，因此实际上并不存在一个资源配置状态空间的社会依存成本函数。当然，资源配置也可以看成是一种权利配置(产权配置)，那么我们关于资源配置的这个讨论同样也可以推广到更一般的权利配置的情形，也就是说，一般来说不存在一个定义在权利配置状态空间上的社会依存成本函数。

此外，作为行为选择状态空间上的函数，社会依存成本的定义往往可以相差一个整体的常数，因此在确定这个状态函数的时候，我们往往需要选择一个参考的行为选择状态，并规定这一参考状态的社会依存成本等于零。社会依存成本函数原则上与权利的清晰界定无关，只与行为选择状态有关，但是在具体计算这个函数的时候，我们往往只能算出那些权利有清

晰界定的行为选择状态的社会依存成本，因为只在这个时候行为选择的权利和责任才是清楚的，因此才能厘清相互依存着的某一行为所带来的社会依存成本。

2.2 竞争与合作

这一小节我们要论证外部成本 EC 和制度成本 IC 之和已经包含了所有的社会依存成本。为此我们需要研究社会依存是如何产生的。我们将看到社会依存是由广泛存在的竞争行为和合作行为而产生，这就将我们引导向对竞争与合作的研究。

作为一个例子，让我们设想一个广场，设想有许多人在广场上活动，这些人的行为之间往往就是相互依存的。比如，某人A随手在广场上扔了一个空矿泉水瓶子，表面上看这种行为似乎和别人没有多大关系，但空瓶子的存在影响了广场上其它人的感观，它也给人们的活动造成不便，甚至它还会促使某个人B去把瓶子捡起来丢进垃圾箱。这些影响都可以看成是A扔瓶子的行为给别人造成的影响，是A的行为给他人造成的外部成本。细想这影响的本质，你会发现是因为A的行为与他人之间构成了一种竞争关系，是一种竞争行为。A在竞争什么呢？竞争对广场的随意使用权。反过来，我们来看B的行为，即B将瓶子捡起来的行为，它也对其他产生了影响，它使得人们对广场的感观变得更舒服了，它也便利了人们对广场的使用。我们说B的行为是一种合作行为，它和广场上的其他人之间构成了合作关系。

从广泛的意义上来看，人与人之间的相互依存都是因为竞争与合作而产生的。上面的例子可以让我们看清楚竞争行为和合作行为的相互依存本质，那就是竞争行为总是试图通过让别人承担成本来使得自己得到额外的好处，而合作行为刚好相反，是通过自己付出额外的成本来让别人得到好处。实际上，关于合作行为的这一本质特性就构成了演化博弈论中对合作行为的定义[Nowak 2007]。当然，我们关于竞争行为的这一刻画和传统经济学中关于竞争的概念是有所不同的，这主要是因为我们借助于演化博弈论的相关研究将竞争行为和合作行为作了一个严格的区分，而传统经济学中的竞争概念实际上包含着有一部分我们这里的合作的含义。这也说明了，实际上社会个体的任何一个行为往往都不是单纯的竞争行为或者合作行

为，而通常都是两者的一个组合。

仿照[Nowak 2007]中关于合作行为的定义，我们可以从相互依存的角度给出合作行为和竞争行为的精确定义。如果个体 i 的某种行为 x_i 是通过自己支付额外的成本 $hc_i(x_i)$ 以使得他人获得收益 $hb_i(x_i)$ (当然这里的成本和收益都不包括负的部分)，我们就称 x_i 是一个合作行为。反过来，如何行为 x_i 是通过给别人施加成本 $jc_i(x_i)$ 以使得自己获得额外的收益 $jb_i(x_i)$ ，我们就称 x_i 为一个竞争行为。值得注意的是，我们这里只关注合作行为和竞争行为对社会依存成本的影响，这里的额外成本和额外收益也是指因为他人的存在而额外带来的成本和收益。至于合作行为和竞争行为给私人自己带来的单纯的私人成本和私人收益则不是我们关心的，因为这些单纯的私人成本和私人收益与社会依存没有直接的关系，因此对社会依存成本没有什么贡献。

另外，在我们使用记号 $hc_i(x_i), hb_i(x_i), jc_i(x_i), jb_i(x_i)$ 的时候我们是作了简化的，由于个体 i 与他人之间的相互依存，实际上这些成本和收益都不只是个体 i 自己的行为 x_i 的函数，而是也同时依赖于他人的行为选择，我们这里仅将行为 x_i 作为变量标示出来，是因为这些成本和收益归责于个体 i 的行为 x_i 。

从合作行为与竞争行为的这个定义我们可以看到，第一，合作行为会给他人带来收益 $hb(x)$ ，这是一种外部收益。同样，竞争行为带来的 $jc(x)$ 是一种外部成本。因此它们对社会依存成本的贡献是通过对社会的总个体外部成本 EC 的贡献而产生的。第二，合作需要支付额外的成本 $hc(x)$ ，这个成本是为了维持个体与他人之间相互依存的合作关系所必须支付的，它可以看成是我们在上一节中所定义过的制度成本。类似的，竞争所带来的额外收益 $jb(x)$ 是因为人与人之间的相互依存而额外给个体带来的收益(除了他人的合作行为给个体带来的收益之外)，它可以看成是一种制度收益，或者说负的制度成本。

一般地，正如我们提到过的，个体 i 的某个任意的社会行为 x_i 总是竞争行为和合作行为的某种组合，因此它对外部成本 EC 的贡献是 $jc_i(x_i) - hb_i(x_i)$ ，而它对制度成本 IC 的贡献是 $hc_i(x_i) - jb_i(x_i)$ 。在一个社会状态中，假设我们把每一个个体的行为 x_i 对社会依存成本的贡献都加起来，我们就得到了总的社会依存成本函数 SC 。显然，这样得到的 SC 可以分解成两部

分 EC 和 IC , 其中

$$EC = \sum_i [jc_i(x_i) - hb_i(x_i)], \quad (2)$$

$$IC = \sum_i [hc_i(x_i) - jb_i(x_i)]. \quad (3)$$

如此一来, 我们就证明了上一小节中的结论, 即 EC 和 IC 的和就是对社会依存成本的全部贡献。并且, 通过这个论证我们也给出了 EC 和 IC 的更为严格的定义, 尤其是给出了关于制度成本 IC 的严格定义。

在这两个小节中, 我们定义的制度成本是指每一个人为自己与社会合作秩序的协调所额外付出的成本, 或者负的额外收益。由于协调合作秩序的就是人与人之间的竞争与合作, 因此每一个人对制度成本的贡献也就是每一个人在社会合作秩序中为其合作行为而额外付出的成本, 和由其竞争行为而额外得到的收益。一般来说, 社会合作秩序的协调状态总要求更多的合作行为, 超过完全自利性的竞争行为, 因此制度成本 IC 通常都是大于零的。从前面对竞争行为和合作行为的一般性定义可以看出, 这些额外成本和额外收益都是因为人与人的相互依存而来, 因此制度成本的确是一种社会依存成本。

制度成本当然是新制度经济学中的核心概念, 它是交易成本概念的推广, 在新制度经济学中是指制度的运行成本[Arrow 1969]。由于制度本身是一种社会合作秩序, 所以新制度经济学中的制度成本概念可以看成是本文从上一小节就开始给出的制度成本概念的一个例子。当然在新制度经济学的定义中, 它有时候是指一个过程的总成本, 而我们这里的制度成本是指一种协调状态的成本, 是一个状态量而不是过程量, 这一点可能是两者的主要区别。而这一节中我们给出的制度成本的计算公式可以看成是在竞争和合作的一般性经济学框架下对新制度经济学中的制度成本和交易成本概念的一种精确化。

实际上, 制度成本和外部成本并不总是可以清楚区分的(这也是为什么我们需要把这两者加在一起的原因之一)。比如说, 个体排队等候的时间成本, 就既可以看成是一起排队的他人的行为给个体带来的外部成本, 也可以看成是个体为了排队这一社会合作秩序而额外付出的成本, 是制度成本。从前者的角度来看, 排队等候的时间成本是他人(比如说排在这个人前面的那些人)的竞争行为的结果, 而从后一角度来看则是这个个体为他自

己的合作行为(排队)所支付的额外成本。这也就是说，同一项社会依存成本，它可能既可以归咎于竞争，也可以归咎于合作，竞争与合作并不总是可以清楚区分的。

在上文中，我们是将竞争与合作定义成一种行为，但在经济学中，竞争与合作同时也是一个过程，在这里我们试着给出竞争过程和合作过程的定义。所谓的竞争过程，我们指的是一个向竞争状态转变的社会过程。考虑到外部成本 EC 和制度成本 IC 的计算公式(2)和(3)，假设我们记一个竞争过程持续的时间为 δt ，过程前后社会的总个体外部成本状态函数 EC 的改变量为 $\delta(EC)$ ，制度成本状态函数 IC 的改变量为 $\delta(IC)$ ，则由于竞争总是给别人带来外部成本，而给自己带来额外收益，我们可以精确地将竞争过程定义成一个 $\delta(EC) > 0, \delta(IC) < 0$ 的社会过程。类似的，所谓的合作过程，就是一个向合作状态转变的社会过程，由于合作总是带来外部收益，而自己额外付出成本，因此更精确地，我们可以将合作过程定义成一个 $\delta(EC) < 0, \delta(IC) > 0$ 的社会过程。也即是说，外部成本状态函数 EC 在合作过程中会降低，而在竞争过程中将会升高，反过来，制度成本状态函数 IC 在合作过程中将会升高，而在竞争过程中将会降低。

但是，任何人都是自利的，合作需要自己额外支付成本，而竞争总是能给自己带来额外的收益，因此如果没有一定的社会机制的话，人们也许就都会倾向于恶性竞争，从而使社会走向冲突而不是走向协调，这就是整个社会科学中的合作难题。下一节中，我们将看到通过一些合作的社会机制，社会的演化是如何克服这一难题的。

3 社会合作秩序的演化规律

3.1 社会依存成本作为社会协调有序度的度量

一个社会随着其合作秩序的演化从冲突状态走向协调状态，其协调有序度（degree of orderly coordination）是在增加的，但是如何度量社会状态的协调有序度呢？本小节中我们将试着提出以社会依存成本函数作为协调有序度的一种可能的度量。

我们已经多次谈到社会状态的概念了，下面我们首先来给出它的一般性定义。让我们考虑一个人口规模为 N 的社会模型，所谓的一个社会

状态，我们指的就是某个时刻 t ，这个社会所有社会个体的行为选择的总体。假设我们记个体 i 在时刻 t 的行为选择为状态变量 $x_i(t)$ ，那么我们所考察的这个社会 t 时刻的社会状态 $\mathbf{X}(t)$ 就是指行为组 $\mathbf{X}(t) = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ 。当然， $\mathbf{X}(t)$ 可能是一个随机变量，这时候所谓的社会状态就是指这个随机变量的一个取值。所有可能的社会状态所构成的空间，我们就称之为社会状态空间，或者社会行为空间，记为 \mathcal{S} 。我们总可以把一个社会状态想象成 \mathcal{S} 中的一个点，而随着社会的演化这个点就在 \mathcal{S} 中画出一条轨迹，这条轨迹就是社会的演化历史轨迹。

对于一个足够大的社会而言， \mathcal{S} 可能是一个巨大的空间，它的结构通常是非常复杂的，通常都不能想象成 N 个独立的连续变量所构成的笛卡尔空间。在有些社会演化模型中[Young 2015, Wheeler et al. 2006]，人们会把时间和社会状态都离散化，并把社会的演化过程看成是一个马尔可夫链，这时候 \mathcal{S} 的结构就需要用马尔可夫链的状态转移图来刻画。但是一般来说，要刻画社会状态空间 \mathcal{S} 的结构往往是很难的。

另一方面，现实生活的经验告诉我们，不同的社会状态其协调有序程度是不同的。因此，我们可以设想在 \mathcal{S} 上引入一种偏序结构：如果社会状态 \mathbf{X} 比社会状态 \mathbf{Y} 更协调，我们就记 $\mathbf{X} \succ \mathbf{Y}$ 。如果两个社会状态 \mathbf{X} 和 \mathbf{Y} 的协调有序程度一样，我们就记 $\mathbf{X} \sim \mathbf{Y}$ ，并说这两个社会状态在协调有序度上无差异。类似的，如果 \mathbf{X} 的协调有序程度至少和 \mathbf{Y} 一样，我们就记 $\mathbf{X} \succeq \mathbf{Y}$ 。当然，如果 $\mathbf{X} \succeq \mathbf{Y}$ ，同时 $\mathbf{Y} \succeq \mathbf{X}$ ，则有 $\mathbf{X} \sim \mathbf{Y}$ 。

和通常经济学中的消费者偏好理论一样[Varian 2014]，我们也假设社会秩序的这种有序性结构是一种全序结构，满足全序结构的三条公理，即：第一，完备性公理，也即是说任何两个社会状态都可以比较协调有序度。第二，反身性公理，即 $\mathbf{X} \sim \mathbf{X}$ 。第三，传递性公理，即如果 $\mathbf{X} \succeq \mathbf{Y}$ ，同时 $\mathbf{Y} \succeq \mathbf{Z}$ ，那么一定有 $\mathbf{X} \succeq \mathbf{Z}$ 。

问题是，有没有一个函数，能够直接度量出社会状态的协调有序度，从而直接刻画社会状态空间 \mathcal{S} 上的这种全序结构呢？我们认为这样的函数是可能存在的，实际上我们认为社会依存成本函数作为社会状态空间上的函数就可以看成是对社会状态的协调有序度的一个合适度量。我们将在下一小节中给出这么说的更详尽的理由，但实际上，当一个社会运行得更为协调有序时，人们为其社会生活所支付的代价当然就更少，因此由于相互

之间的社会依存而产生的社会成本也就更低，即 SC 更小，反过来也一样，人们由于相互依存而产生的社会成本越小，其社会生活的成本也就越低，那当然也就说明社会处于更为协调有序的状态。因此我们有： $\mathbf{X} \succeq \mathbf{Y}$ 当且仅当， $SC(\mathbf{X}) \leq SC(\mathbf{Y})$ ； $\mathbf{X} \succ \mathbf{Y}$ 当且仅当 $SC(\mathbf{X}) < SC(\mathbf{Y})$ ； $\mathbf{X} \sim \mathbf{Y}$ 当且仅当 $SC(\mathbf{X}) = SC(\mathbf{Y})$ 。

当然，如果 SC 是协调有序度的一个合理度量，那么 SC 的任何单调增函数也是社会状态协调有序度的合理度量。实际上，选用 SC 的任何单调增函数都不会影响我们下文将要提出的秩序演化规律的本质。

3.2 秩序演化规律

这一节我们将通过应用演化博弈论对于合作机制的相关研究结果[Nowak 2007]，进而论证社会合作秩序的演化总是朝着越来越协调有序，社会依存成本越来越低的方向进行的，通过这个论证我们也进一步阐明了社会依存成本函数可以作为社会状态协调有序度的合理度量的理由。

1. 零制度成本情形

为了看清楚为什么说 SC 函数定义了社会状态空间 S 内在的协调有序度结构，让我们先来考察一种简化的理想情形，让我们假设一切制度成本都等于零，我们来看一下这种理想情形的社会状态空间内在的协调有序度结构可以如何度量，以及在这种情形下社会合作秩序的演化方向是什么。

前面我们说过，所谓的一种社会合作秩序的存在，指的是不同社会个体的自主行为选择能够相互协调起来，形成一种协调的社会状态。所谓无序而混乱的冲突社会状态，即是不同个体的选择无法协调起来，每个人的选择都给他人造成成本的社会状态，在这种社会状态中，社会个体的行为选择之间只存在冲突而少有相互协调。因此在这种情况下一个任意的社会个体 i 所承担的外部成本 EC_i 一定会取一个很高的正值，从而整个社会总的外部成本 EC 也就是一个很高的正值。因此，混乱而冲突的社会状态就是所有个体的外部成本之和这个总外部成本 EC 很高的社会状态，而协调有序的社会状态则是人与人之间的行为可以相互协调起来降低外部成本的状态，即 EC 比较低的状态。因此，当制度成本 IC 等于零时，外部成本函

数 EC 是社会状态协调有序度的一个合理度量，而社会有序化就是 EC 的降低。

混乱的社会就是 EC 很高的社会，自由并不是混乱，经济学家的深刻洞察正在于，每个人的自由选择可以自发地协调起来，降低 EC ，形成协调有序的社会状态。根据我们关于社会合作秩序的定义，人与人之间的协调就意味着社会合作秩序的形成，因此 EC 的降低就意味着社会合作秩序的形成。

那么为什么随着社会的演化，各种社会合作秩序可以朝着越来越协调有序的方向发展呢？换言之，为什么社会合作秩序会自发向着降低 EC 的方向演化而不是向着 EC 增加的方向演化呢？这个自发过程具体是如何发生的呢？其具体的微观机制是什么呢？

为了看清楚这一点，现在，让我们假想有一个社会，最开始的时候处于一种毫无协调，人与人之间完全冲突的混乱状态。在这种状态中，每个社会个体几乎完全依照动物本能行事，每个人的行为都总是给别人带去外部成本，或者用我们的话来说，每个人都是天生的竞争行为的执行者，或者说竞争者。因此，在这种状态中，每个人都要承受他人行为的巨大的外部成本，整个社会的总 EC 非常高。然而，假设这个社会存在社会交换的话，情况就会自发变化：一方面，每个人会出自于自己的自由意志自愿放弃自己最能造成他人外部成本的那些竞争行为（虽然这些行为是他本人所欲的）以交换他人对给自己带来外部成本的那些竞争行为的放弃。另一方面，每个人会出于自己的自由意志自动作出一些能给他人带来外部收益的合作行为（虽然这些行为不是他本人所欲的）以交换别人同样作出能为自己带来外部收益的合作行为。两种情况都自动降低了每个人所承担的外部成本。由于每个人承担的他人行为选择的外部成本是社会总人数的增函数，在一个足够大的社会这个成本将大到超过私人利益。因此在一个足够大的社会，一个人自愿放弃自己最可欲的竞争行为而选择最能交换到他人的同等放弃的选择（也就是群体之所欲的选择），这就是最符合个人利益的。同样的，在一个足够大的社会，一个人自愿选择最能为他人带来外部收益的合作行为（也就是群体之所欲的选择）以交换到他人的同等选择，这也是最符合每个人的个人利益的。因此，通过这样的社会交换，所有个体的行为选择都会自发地朝着适应群体的选择的方向发展，每个人都会自

发地从一个竞争者转变成一个总是为别人带来外部收益的合作者，如此一来，社会的 EC 函数就自发降低了。由于所有人的合作行为总是协调在一起的，所有个体从竞争者向合作者的自发转变，就使得社会自发地变得协调有序了。

在这里我们想强调一下：由于我们考察的是一个足够大的社会，其中每个人的社会行为都会直接或间接影响到许多人，比方说，抢劫不光会对被抢劫的人造成伤害，还会同时使得许多人处于不安全之中，因此一个人的抢劫行为就同时给许多人造成了外部成本。因此，上一段所论述的这一机制中的社会交换通常是一种和许多交换对象一起发生的交换。这些交换可能通过明确的协议的形式进行，但也可能通过无声的默认的方式进行，比如大家都默认不在广场上随地丢垃圾，以降低大家都随地丢垃圾而最终给每一个人造成的巨大的外部成本。

很显然，我们的这个关于竞争者自发地转变成合作者的机制是一个互惠机制，我们不妨称之为**社会互惠**。与通常的演化博弈论中关于人类社会合作机制的各种互惠机制[Nowak 2007]（包括亲缘互惠，直接互惠，间接互惠，和网络互惠）不同的是，通常的互惠机制主要工作在小的社会规模上，而这里提出的社会互惠机制对于越大的社会规模越适用。也正因为如此，我们的互惠机制对于大规模的人类社会合作秩序的形成来说也许是至关重要的。当然，广义上的社会互惠其实是包含其它几种互惠机制的，并且这些互惠机制对于社会合作秩序的演化来说肯定都是重要的。不管是哪种互惠机制，它们的共同点都在于减少了社会的总个体外部成本，增加了社会的总个体外部收益，因此都会使得外部成本函数 EC 自发降低。

上文我们在论述社会互惠机制的时候忽略了一个问题，就是搭便车者的问题，即可能会有竞争者不参与转变为合作者的那种社会交换，而是仍然做一个竞争者，但与此同时却分享他人的合作行为带来的外部收益，这样的竞争者就是一个搭便车者。如果所有合作行为给别人带来的外部收益都具有排他性，那显然任何人都将无便车可搭。但是，当这些外部收益具有非排他性的时候，比方说是公共品，搭便车者往往就会有利可图，而且搭便车者的数目往往是社会规模的增函数，这就是公共品博弈的合作解为什么难以实现的基本原因[Hardin 1968, Kollock 1998]。

但是，在我们当前的情形中，搭便车者问题实际上是不重要的，因为我

们这里假设了一切制度成本都等于零，这意味着合作者为其合作行为而额外支付的成本等于零，也意味着竞争者的竞争行为无法给他带来额外的收益，因此可以设想任何竞争者都会倾向于参加那种转化为合作者的社会交换，而不是试图去成为一个搭便车者，因为成为合作者无需任何额外的成本，而搭便车的行为也不能给他带来额外的收益。

总之，当一切制度成本都等于零时， $IC = 0$ ，那么任何社会合作秩序的自发演化过程都会使得社会外部成本 EC 逐步降低，也就是满足定律，

$$\delta(EC) \leq 0, \quad (4)$$

因此会导致它自发地朝着更为协调有序的方向演进。在这里， $\delta(EC)$ 表示在一个演化过程中，外部成本函数 EC 的增量。

2.一般情形

现在让我们来考虑制度成本不等于零的一般情形。这时候前文的社会互惠机制同样起作用，需要注意的也许仅仅是，在现在的情形中，一个竞争者转变为一个合作者会带来制度成本 IC 函数的增加，因为从制度成本的计算公式(3)可以清楚地看到，竞争者的竞争行为总是贡献负的制度成本，而合作者的合作行为则总是贡献正的制度成本，因此在社会互惠机制发生以后，社会总制度成本函数就会有一个增量 $\delta(IC)$ ，当然它是正的，因此会使得社会依存成本 SC 升高。不光社会互惠机制会带来 IC 函数的增加，各种其它的互惠机制都会带来 IC 函数的增加。不过，互惠机制之所以能顺利进行的原因就在于，互惠带来的制度成本升高的量总低于互惠带来的总外部成本的降低量，因此在任何互惠机制的作用之下都依然有 $\delta(SC) = \delta(EC) + \delta(IC) \leq 0$ 。也即是说，即使制度成本不等于零，互惠机制依然会使得社会依存成本逐步降低，按照我们上一小节初步论证的结果，这就意味着社会合作秩序依然会朝着越来越协调有序的方向前进。当然，社会依存成本是对总外部成本的一个合理推广，因此实际上，这个结论可以看作是对制度成本等于零的情形所得到的结果(4)在一般情形中的合理推广。

但是现在的问题是，由于假定制度成本非零，也就是说，合作行为需要支付额外的成本，而竞争行为则会给竞争者带来额外的收益。因此在任何

社会互惠的过程中，成为一个搭便车者就是一件有利可图的事情。而搭便车者的存在将会使得社会依存成本函数大大升高，从而破坏互惠机制。因此，任何互惠机制真要能顺利运作，并成为一种推动社会合作秩序演化的机制，都需要首先克服搭便车问题。

正如上文提到过的，我们所谓的搭便车者，就是指那些分享他人带来的社会依存收益，而自己对整个社会的社会依存收益贡献为零或者为负的那些人。值得注意的是，我们这里的搭便车者概念实际上要比演化博弈论研究中的类似概念要更广泛一点，演化博弈论研究中的搭便车者通常指不付出任何成本，也不给别人提供任何收益的单纯的社会依存收益分享者，有时候也称之为背叛者。很显然，演化博弈论中的这个概念相当于我们这里的搭便车者概念的一种极限情况。

搭便车者往往都是恶性竞争者，也就是他的竞争行为带给别人的外部成本超过他自己从竞争行为中得到的额外收益的那些人。而良性竞争者则是指那些从竞争行为中得到的额外收益超过竞争行为带给别人的外部成本的人，也就是说，良性竞争者对社会依存收益的贡献是正的，而恶性竞争者的贡献则为负或者为零。由于单纯的合作行为对自利性的个体的激励不够(它要求个体额外支付成本)，而单纯的良性竞争行为往往也要受各种约束竞争的机制的制约，因此社会个体最终往往会将良性竞争行为和合作行为结合在一起，成为我们日常用语中所谓的良性竞争者或者合作者。

总之，恶性竞争者和搭便车者将会破坏互惠机制的运行，大大地提高社会依存成本。比如囚徒困境博弈的背叛解就可以看成是博弈双方恶性竞争的结果，是因为自私而相互给对方造成较大的外部成本，同时只给自己带来较小的额外收益，从而最终损坏社会依存收益的情形。正因为恶性竞争和搭便车行为的存在， $\delta(SC) \leq 0$ 就不再有保障了。所以，各种互惠机制真正需要解决的问题其实只有一个，即如何克服恶性竞争行为和搭便车行为。

不妨让我们先来看一下本文所提出的社会互惠机制可以如何帮助克服搭便车行为。举例来说，假设一群原始人一起合作去猎杀一头猛犸象，在这种情况下，大家所可欲者基本一致，即猎到这头猛犸象。但是因为人是自利的，因此只要有可能，每个人都会想要出工不出力，或稍有危险即跑，也即是成为整个团队的搭便车者。但现实的情况是，大家一碰到猛犸象就

一哄而散的情况其实并不常见，更多的情况下团队都能自动地摆脱这个社会困境。要分析清楚这里的原因，我们就要注意到不同人的这种让他人出力而自己成为搭便车者的个人所欲是相互冲突的，因此会在这个团队中产生一个大的总外部成本。为了降低这个外部成本，使团队走出社会困境，进而保证每个人得到食物的愿望得以实现，团队会自发形成另一种大的合作，即每个人会自愿放弃成为搭便车者以交换其他人的同等放弃。当然，这就是我们熟悉的社会互惠机制，我们这里所描述的就是社会互惠机制在克服搭便车行为方面的一个应用。

演化博弈论中的各种互惠机制对恶性竞争和搭便车行为的克服办法大体上可以分成两类：第一类办法是，直接激励合作行为或直接约束背叛行为[Fehr and Fischbacher 2003]，用合作者淘汰恶性竞争者和搭便车者。对合作者直接进行奖励[Rand et al. 2009]或对背叛者直接实行惩罚[Fehr and Gächter 2002]都属于这一类，直接互惠和间接互惠也都属于这一类。其中，直接互惠主要是通过重复博弈[Trivers 1971, Axelrod 1984]，用未来的收益来对合作者进行激励，而间接互惠主要通过声誉机制[Nowak and Sigmund 2005]来对合作者形成激励对背叛者实行约束。第二类办法是，以社会结构来约束恶性竞争和搭便车行为，或者激励合作行为。比方说网络互惠就是以局域的空间结构[Nowak and May 1992]或者局域的社会网络结构[Ohtsuki et al. 2006, Allen et al. 2017]来约束背叛行为³。再比如说[Santos et al. 2008]一文的基本机制就是通过社会网络的局域结构约束背叛者，同时用社会网络结构中的多样性激励合作者。其实，可以约束恶性竞争和搭便车行为的社会结构不只是有形的空间结构和社会网络结构，所有风俗、伦理、宗教、礼仪、法治等等以社会合作秩序形式存在的社会结构也都可以起到约束恶性竞争和搭便车行为的作用。因为正如我们说过的，如何约束竞争进而克服恶性竞争和搭便车行为本来就是社会合作秩序的演化所要解决的最核心的难题，因此任何现存的社会合作秩序中必然都包含有克服这一难题的机制。

除了这些基本机制以外，克服搭便车行为的另一个基本办法就是通过对良性竞争的激励来减少搭便车和偷懒行为，进而达成更高效的合作。最基

³这两者约束背叛者的基本机制都是使得合作者形成团块，并在团块的边界上抵抗背叛者的入侵。

本的例子比如说有各种绩效工资制度，绩效工资制度的流行当然不是谁设计的结果，而是大家自发地在以对良性竞争的激励来克服合作中的搭便车现象，进而降低社会依存成本，提高合作的质量。

其实，由于良性竞争行为常常和合作行为结合在一起，激励社会个体进行良性竞争除了本身可以带来制度成本的降低以外，它往往还可以促进更低制度成本的合作行为，从而进一步降低整个社会的制度成本。比如张五常先生在其《经济解释》[Cheung 2002]里讲过这样一个例子：在一九六八年的一件租务大案的审判中，香港置地的经理直言，他们的商业楼宇所订的租金大约比市场的低百分之十，因为他们要保持一队“健康”的候租者（maintain a healthy queue）。为什么可以多收而不多收呢？张五常先生的解释，是如果有租客排队等候，现存的租客会比较遵守置地公司定下来的规例，而交租也会比较准时。事实也证明，比起其它商业大厦，置地的租客以“循规蹈矩”知名。在这个例子中，置地公司把租金订在市租之下，实际上就是通过激励租客良性竞争来换得更低监督成本的合作行为，以此降低制度成本。

可见，任何社会合作秩序的成功演化都必然已经很好地克服了恶性竞争和搭便车行为，使得合作的各种互惠机制可以顺利地运行，也从而使得社会依存成本能够不断降低，从而让社会能够越来越协调有序。总之，我们有理由相信，给定一个社会所处的环境，那么在社会合作秩序的任何自发演化过程中，过程前后的社会依存成本状态函数的改变量 $\delta(SC)$ 必然满足 $\delta(SC) \leq 0$ ，因此社会合作秩序的自发演化一定是朝着越来越协调有序的方向进行的。社会依存成本状态函数 SC 在社会演化过程中的自发降低就是各种社会合作秩序会变得越来越协调有序的根本原因。正因为如此，本文中我们将把这个一般性的结论称为**秩序演化规律**，即

$$\delta(SC) \leq 0. \quad (5)$$

值得说明的是，秩序演化规律并不是一条自然定律，也许它只是人类社会走向繁荣的必要条件，我们可以用与阿尔钦论证利润最大化[Alchian 1950]的类似思路加强对秩序演化规律的论证。也即是说，任何不满足秩序演化规律的人类社会都会因为社会福利损失的不断加大而走向崩溃，从而在漫长的人类历史长河中，这样的社会必然都已经被淘汰掉

了。因此，在自发演化之下，任何一个现存社会都应该是满足秩序演化规律的。

而且，可以论证的是，对于任何给定的社会环境，社会依存成本函数 $SC(\mathbf{X})$ 都是社会状态空间 \mathcal{S} 上的一个有下界的函数。这是因为，首先， SC 代表的是所有个体因其社会依存而承担的社会成本的和，当然在计算时我们要将收益折算成负的成本。其次，常识告诉我们，每个个体从与其与他人相互依存的社会生活中得到的净益处不可能是无限的，它一定有其上限，这就说明 $-SC$ 一定有上限，因此 SC 有下限。

秩序演化规律(5)告诉我们，随着一个社会在其状态空间 \mathcal{S} 上的不断演化，其 SC 总是随着时间单调降低的。另一方面，正如我们刚刚论证的， SC 又有下限，这就说明在演化了足够长时间以后，社会合作秩序再往下演化就必然会满足 $d(SC)/dt = 0$ ，也就是说，任何一个社会在演化了足够长时间以后，其合作秩序总会达到在某种给定社会环境下的稳态(stationary state)，由于秩序演化规律对于任何可能的社会演化都成立，因此合作秩序的稳态必然满足

$$\delta(SC) = 0, \quad (6)$$

因此相应于社会依存成本函数的极小值。也即是说，社会合作秩序的自发演化总是朝着 SC 函数在社会状态空间的那些极小值位置去的。当然，社会依存成本函数可能有许多的极小，因此，从不同的社会初态出发，我们可能达到不同的最终稳态。

我们可以将新古典经济学中的边际增量的概念等同于本文中的演化增量概念，即我们取一个状态量 $F(\mathbf{X})$ 的边际增量 $\delta F(\mathbf{X})$ 为，

$$\delta F(\mathbf{X}) = F(\mathbf{X} + \delta\mathbf{X}) - F(\mathbf{X}), \quad (7)$$

式中 $\delta\mathbf{X}$ 表示行为状态 \mathbf{X} 在一个微小的时间演化 δt 中的改变量。如此一来，秩序演化规律的推论(6)就告诉我们社会合作秩序演化的稳态是边际社会依存成本等于零的态，因此是一种均衡态。不仅如此，由于我们的最终稳态同时对应于社会依存成本函数的极小，所以这种均衡态还必定是一个稳定均衡态(stable equilibrium state)。实际上，我们可以用新古典经济学中标准的边际成本递增定律来加强这一论断。假定在任何可能的最终稳态附近

我们的社会依存成本函数满足边际成本递增定律，即假定对于任何对这种稳态的微小偏离，都有 $\delta^2(SC) > 0$ ，则很显然，我们的最终稳态(stationary state)相应于社会依存成本函数的极小值，因此必定是一个稳定均衡态。不过，如果考虑到社会环境的变迁，那么在环境变迁之下，原来的极小值点可能会变成一个鞍点甚至变成一个极大值点，这时候原来的稳定均衡态就会变成一个不稳定均衡态，社会就会发生相变，对于这一点更多的讨论我们放到第(5.2)小节进行。

由于函数 $SC(\mathbf{X})$ 度量了状态空间 S 的协调有序度结构，而秩序演化规律又告诉我们随着社会合作秩序的自发演化， SC 会逐步降低，这也就是说，随着社会合作秩序的自发演化，社会的协调有序度会越来越高，直至达到某个协调有序度的极大状态。这样的协调有序度的极大状态就是我们的最终稳态，或者用新古典经济学的术语来说，稳定均衡态。因此任何社会合作秩序的任何一条演化历史路径都满足

$$\mathbf{X}(0) \preceq \dots \preceq \mathbf{X}(t) \preceq \mathbf{X}(t + \delta t) \preceq \dots \preceq \mathbf{X}(+\infty), \quad (8)$$

式中， δt 表示一个无穷小时间增量， $\mathbf{X}(0)$ 就是演化的初态，而 $\mathbf{X}(+\infty)$ 就是最终的稳态。

秩序演化规律告诉了我们社会合作秩序的演化必须遵循的基本规律，但是，对于一个宏观社会而言，其具体的演化机制是怎样的呢？换言之，演化定律告诉我们，社会合作秩序会朝着越来越有序越来越协调的方向演化，但这种协调具体是怎么发生的呢？我们将把这个问题留到本系列的下一篇文章中去解决。

3.3 个体的适应定律

这里我们想提供一个不同的从社会个体如何行为来看待秩序演化规律的角度。为此，不妨让我们先考察一下单个的社会个体在一个社会中的行为。这种行为在我们看来可以归纳为两点，变异和适应。所谓的变异，就是个体行为选择的自发改变。个体行为选择的所有变异中尤其值得强调的也许就是创新，从微观上看创新行为，无论是技术创新还是文化创新等等，它就是一种个体行为选择的自发改变。

除了创新以外，个体行为选择发生变异的一个更为根本的原因是，个体时时面对的根本的不确定性[Alchian 1950]，个体行为选择的变异其实是对这种不确定性情境的探索行为。比如，天使投资人常常会面对这样的情境，即要选择一种新技术进行风险投资。天使投资人可能完全不知道公众会不会接受这种技术，不知道政府会对它进行怎样的监管，也不知道市场上会不会出现同类产品。然而，天使投资人必须有所行动。由于天使投资人所面对的这种根本的不确定性，因此所谓“最优”选择根本就不存在，天使投资人只能采取试探性的行为，这就造成了天使投资人行为选择的变异。这种行为选择的变异一般来说有一定的随机性。因此，假如我们记某个个体的行为选择为状态变量 x ，那么在任何时刻 t ， $x(t)$ 可能都是一个随机变量，而 $x(t)$ 随 t 演化的过程就可能是一个随机过程。类似的，我们可以用 δx 来表示个体行为的改变，也就是个体行为选择的变异，一般来说，它也是一个随机变量。

除了变异以外，个体行为的第二条原则就是适应。在一定的意义上，个体正是通过不断变异其行为来适应其所面对的具有不确定性的周围社会环境。因此，这种适应的结果是产生了社会对个体行为的选择，个体会通过变异淘汰其不适应社会的行为，而个体的那些最能嵌入社会合作秩序的行为就会最终被选择出来。变异会产生社会在微观层次上的行为多样性，而适应则会导致这种微观层次上的多样性减少，但是与此同时，适应也是形成更高层次上的社会多样性的原因之一。因此，正是个体对社会的适应将个体行为选择的变异所产生的微观上的行为多样性传递向了宏观层次。当然，微观个体就是我们的行为主体，正是因为微观个体的行为总是在不断适应社会，因此我们说，我们的微观个体是适应性主体（adaptive agents）。微观个体不断适应社会的过程就是他逐步与社会相协调的过程，下面我们将进一步提出一条这一适应过程所可能满足的基本规律，并进而考察个体对社会合作秩序的适应对于秩序的演化有什么影响。

还是让我们来考察社会中的某个个体 i ，考察他的某一社会行为 x_i 对社会秩序的影响，让我们假定 i 的这一行为给整个社会秩序造成的社会依存成本为 $SC_i(x_i)$ 。当然，由于个体间的相互依存， $SC_i(x_i)$ 不光依赖于个体 i 的行为选择，实际上也依赖于其它个体的行为选择，我们这里仅仅只将 x_i 作为变量标示出来，是因为在下文的考察中，其它变量都假定为暂时固定了。

我们认为， $SC_i(x_i)$ 实际上决定了*i*的这一行为 x_i 对社会合作秩序的适应度，具体来说， $SC_i(x_i)$ 越高则 x_i 对社会合作秩序的适应度就越低，反之则越高。个体*i*通过行为变异协调自己的行为以提高它对社会合作秩序的适应度，也就是以适应他人的行为，这是分工社会中每个人对他人的责任。这种责任同时也是分工社会中每个自利人出于自利而采用的一种行为策略，因为总的说来他只有这样才能交换到他人同等的适应自己的行为，当然这里起作用的依然是某种互惠机制。所以无论是出于责任也好，还是出于自利也好，身处社会中的个体*i*都会自发地变异自己的行为，以使得 $SC_i(x_i)$ 不断减小，甚至最终达到其某个极小值。也即是说，在假定其它个体的行为都固定的情况下，刚才我们定义的函数 $SC_i(x_i)$ 是个体*i*行为空间的函数，身处社会中的个体*i*行为的规律就是朝着 $SC_i(x_i)$ 的某个极小位置不断前进。或者更精确地说，我们有，平均来说，个体*i*的行为变异 δx_i 总是使得下式成立

$$\delta[SC_i(x_i)] \leq 0. \quad (9)$$

我们不妨称这一规律为个体对社会的适应定律，很明显这种适应主要是通过互惠机制达成的。

在实际生活中，因为个体与个体之间的相互模仿，那些能够有效减少社会依存成本的行为变异总是能很快地在社会中传播，而一个擅长模仿他人的个体总是能很快地达到其 $SC(x)$ 的某个极小位置，也就是能很快地形成一套适应社会合作秩序的处事方式。不过， $SC(x)$ 的极小并不是唯一的，因此不同的人可以待在不同的极小上，也就是说，不同的人有不同的适应社会合作秩序的处事方式，这是造成社会在微观上的异质性（heterogeneity）的原因之一。

由于一个社会在某个社会状态 $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ 下的总社会依存成本 $SC(\mathbf{X})$ 等于每个人的行为造成的社会依存成本的总和，即，

$$SC(\mathbf{X}) = \sum_i SC_i(x_i). \quad (10)$$

因此根据个体对社会合作秩序的适应定律(9)，每个个体对社会的适应行为就造成了总的社会依存成本 $SC(\mathbf{X})$ 的不断降低，从而使得社会越来越协调有序，因此就有了我们的秩序演化规律。

另一方面，个体行为选择的变异或潜在的变异是大量存在的，在降低社会依存成本 $SC(x)$ 提高行为选择对社会合作秩序的适应度的压力之下，这大量的不同个体的行为变异之间就存在着竞争，只有那些最能够降低相应条件下的社会依存成本 $SC(x)$ 的个体选择 x 才能赢得这种竞争的胜利，这种社会对个体行为变异的选择就是社会选择。给定社会环境，社会选择能够使得社会状态自发地朝着社会依存成本更低更为有秩序的方向演进。

4 与新制度经济学的联系

我们是从对竞争与合作的基本经济学研究得到我们的秩序演化规律，但是，令人吃惊的是，我们发现秩序演化规律可以给新制度经济学的许多重要结论提供统一的理论解释。因此，在这一节中，我们将尝试建立秩序演化规律与新制度经济学的具体联系。

4.1 科斯定理

首先，让我们来看一下，著名的科斯定理如何可以作为秩序演化规律的一个推论而被导出来。科斯定理最广为人知的版本说的是：如果没有交易成本或者交易成本很低，那么只要产权界定是清楚的，不论最初产权如何配置，所有外部性问题都可以通过当事人在市场中的谈判来解决，谈判的结果一定是帕累托有效的。

我们以科斯原始论文[Coase 1960]中讨论的一个例子为例。假定农夫和养牛者在相邻的土地上经营，再假定在土地之间没有栅栏的情况下，牛群会跑到农夫的土地上吃谷物，造成谷物的损失。由于谷物的损失非农夫选择的结果，而是外部因素造成的，所以这就是一个典型的存外部性问题的例子。通常的看法是，谷物的损失属于养牛者行为带来的外部成本，它造成了养牛者私人成本与社会成本的分离。但正如科斯所指出的，外部性问题有相互性(reciprocal nature)，外部性问题中的双方实际上是相互影响相互依存的。假定谷物是农夫的私产，则牛群吃谷物所造成的谷物的损失的确是养牛者行为给农夫造成的外部成本，但问题的相互性也告诉我们，由于谷物是农夫的私产，则牛群吃谷物所带来的牛群的增值就不能看成是养牛者的个人收益，它更应该看成是农夫行为(比方说农夫没有在两块地之

间立栅栏)给养牛者带来的外部收益。这一看法当然与通常对外部收益的定义稍微有些不同,但只有将牛群吃谷物而带来的增值看成是农夫行为的外部收益,才算是抓住了外部性问题的相互性。当然,对外部收益的这一新看法正好是本文想要推广的,因为在本文中我们的外部成本和外部收益概念是用于衡量相互依存的成本,而牛群的增值当然依存于农夫的行为。

正如科斯所说的,只要谷物的产权界定给农夫,那么养牛者和农夫交易的最终结果一定是使得牛群的边际增值等于谷物的边际损失,外部性问题因此通过双方交易得以解决。用我们刚刚讨论的外部成本和外部收益的概念来说即是,交易的结果一定是使得边际外部成本等于边际外部收益,私人的成本和收益与社会的成本和收益在边际上不再有分离,外部性问题因此得以解决。由于在本文中我们将外部收益看作负的外部成本,因此,这一标准的分析告诉我们,谷物的权利界定给农夫,则外部性问题可以通过交易解决,结果一定是使得两人总的外部成本 EC 在边际上等于零,也就是

$$\delta(EC) = 0. \quad (11)$$

反过来,假定谷物的产权界定给养牛者。那么问题就变成了农夫侵占谷物的行为使得牛群少吃了谷物从而导致价值损失,同样是一个典型的外部性问题,不过这时候牛群价值的损失变成了农夫行为带来的外部成本。而问题的相互性也告诉我们,由于谷物是养牛者的私产,所以这时候农夫侵占谷物所得的价值增加就应该看成是养牛者行为所带给农夫的外部收益。这时候,同样的,双方交易也可以解决外部性问题,即使得牛群的边际损失等于谷物的边际价值。用我们的外部成本和外部收益的概念来说(并将外部收益看作负的外部成本)即是,外部性问题得以通过双方交易解决的最终结果同样是使得两人的总外部成本在边际上等于零,即,外部性问题得以解决的含义同样是(11)式成立。

以上的分析告诉我们,在外部性问题中,只要紧紧抓住问题的相互性,合适地定义外部成本和外部收益,那么外部性问题的解决与(11)式的成立就是同一个意思。而一般性的科斯定理所说的无非是:假定交易成本等于零,则只要产权有清晰的界定,无论初始产权界定给谁,交易的最终结果都能满足(11)式⁴。

⁴至于科斯原始论文中的关于谷物的最终权利配置的不变性则是一个依赖于农夫和养牛

但上一段这一重新表述的科斯定理实际上不过是我们的秩序演化规律的一个推论。为了看出这一点，只需要将外部性问题涉及到的各方看成是组成了一个小的社会，那么根据我们的秩序演化规律，只要权利有清晰的界定，无论具体界定如何，这个小社会的社会依存成本函数就都可以明确地计算，而社会合作秩序演化的最终结果都将是达到某个均衡态，这时候有(6)式成立。而当交易成本(制度成本)等于零时，(6)式就是(11)式，因此就导出了科斯定理。

但实际上，我们得出来的结论比科斯定理还要强一些，这体现在：第一，我们现在的结论无需假设市场交易，按照我们的秩序演化规律，只要制度成本等于零，即使是通过非市场性的互动，比如各方依照风俗习惯而行为，都能够使得(11)式最终成立，从而意味着外部性问题得以自发解决。第二，我们甚至可以取消权利清晰界定的假定，因为原则上来说社会依存成本的定义本身不需要权利有清晰的界定，假定权利的清晰界定只是使得社会依存成本的定义有可操作性。这就意味着，只要假定交易成本等于零，即使初始权利没有清晰的界定，社会合作秩序演化最终也能解决外部性问题。之所以有这个更强的结论，原因就在于，一方面，我们考虑的是更一般的社会合作秩序演化，而不只是市场交易，因此产权的界定就不是那么必需的，甚至产权的界定本身可以作为社会合作秩序演化的结果而出现。另一方面，产权的清楚界定本身主要就是为了节省交易成本，因此给定交易成本等于零，那么产权的预先界定就不是必需的了。相反，这时候我们可以将社会演化解决外部性问题的过程看成是社会合作秩序对产权的自发界定过程。

事实上，当交易成本等于零时，谈判等交易行为对于社会依存成本是无关的，所以这时候我们往往可以将行为状态空间投影到资源配置空间，进而定义一个资源配置空间上的社会依存成本函数(由于制度成本等于零，所以也就是外部成本函数)，秩序演化规律告诉我们，社会合作秩序演化的结果就是达到这个社会依存成本函数在资源配置空间上的某个极小位置，每一个这样的极小位置都相应于一种资源的最优配置。

者双方的偏好是一个拟线性偏好[Hurwicz 1995, Varian 2014]的不那么普遍成立的结论，就我们这里讨论的例子来说，这一结论当然也可以用本文的框架来论证，但是这样的论证并不具有普遍性。

不仅如此，秩序演化规律实际上还告诉了我们在交易成本不等于零的时候如何推广科斯定理。根据我们的秩序演化规律，在任何外部性问题中，社会合作秩序的演化最终都会达到一个均衡态，这时候有边际社会依存成本等于零，也就是(6)式。注意到 $SC = EC + IC$ ，因此(6)式可以重写为

$$\delta(IC) = -\delta(EC) = \delta(EB), \quad (12)$$

式中， EB 表示社会的总外部收益，其中当然包括负的外部成本。这个式子的含义是，在任何外部性问题中，社会合作秩序演化的最终结果是使得边际交易成本等于边际外部收益，或者说等于负的外部成本。在我们的农夫和养牛者的例子中，假设谷物的初始权利配置给农夫，那么根据科斯所强调的问题的相互性，牛群吃谷物而产生的增值是农夫行为的外部收益，而谷物的损失是养牛者行为的外部成本，因此，(12)式告诉我们：这种情况下的边际交易成本等于牛群的边际增值减去谷物的边际损失。而这一点实际上也可以看成是养牛者向农夫购买谷物时的交易成本的一种定义，因此当然是成立的。这就从一个侧面支持了我们的秩序演化规律。

但(12)式可以告诉我们更多的结论。比方说，它告诉我们，当边际交易成本大于零时，社会在达到均衡时一定会有正的边际外部收益，有时候我们也称这样的均衡为合作主导的均衡。反过来，在边际交易成本小于零时，均衡的社会状态一定意味着有正的边际外部成本，这种均衡我们也称之为竞争主导的均衡。后面这个结论解释了为什么对于厂家来说，市面上的广告总是偏多。因为广告总是能节省厂商的交易成本(主要是信息成本)，因此对于厂家来说，每增加一个广告所带来的边际交易成本总是负的，但这就意味着在均衡态，每一个广告增加所带来的边际外部成本是正的，这个正的边际外部成本就意味着广告的边际增加总是增加了不同厂家之间的竞争，因此每一个厂家都会觉得市场上的广告偏多了。

正如我们已经说过的，社会合作秩序演化的均衡态总是对应于社会依存成本函数在社会状态空间上的某个极小。但问题是在交易成本大于零时，社会依存成本函数的极小不仅只有一个，而且不同的极小常常有不同的社会依存成本，也就是有不同的因为社会依存而来的社会福利损失，这就意味着不同的极小往往有不同的资源配置效率。因为社会依存成本函数的极小不只一个，因此从不同的权利配置初态出发往往会到达不同的均衡态，而不同的均衡态往往有不同的资源配置效率。这也就意味着，当交易成本

大于零时，不同的初始权利配置是会影响资源配置效率的。人们有时候把这个结论称之为科斯第二定理。在另一方面，由于社会演化所能最终达致的每一个稳定均衡态都是社会依存成本函数的一个极值状态，所以在某种意义上它们都是有效率的，只不过这种效率可能不是帕累托效率。

4.2 产权的演化，企业理论

产权的演化

产权制度是一个社会最为重要的合作秩序之一，我们关于社会合作秩序的演化定律应该也能给产权制度的演化[North 1990, Libecap 1993]提供理论解释，我们将以德姆塞茨经典的产权理论[Demsetz 1974]来阐述这一点。德姆塞茨观察到决定产权制度演化的两种力量：其一是节省交易费用的力量。其二是外部性的内部化，用本文的语言来说即是外部成本 EC 降低的力量。德姆塞茨列举了与美国印第安人中土地产权发展有关的一些例子。他从历史和地理的角度指出，商业皮毛贸易增长这一环境变迁因素是如何影响蒙塔格人的土地产权发展的。

下面我们尝试用本文的理论框架重述德姆塞茨的理论，进而阐明这一理论如何可以被纳入秩序演化规律的框架之中。德姆塞茨的理论和实际观察的连接点在于注意到，对于蒙塔格人的狩猎活动而言，任何一次成功的捕猎都因为使得猎物减少了，从而给其他的捕猎者强加了外部成本。在皮毛贸易出现之前，捕猎是为了获得食物和少量皮毛，因此人们很少会过度狩猎，捕猎行为的外部成本当然是存在的，但是很微小。这时候不存在任何类似土地私有权的東西，因为维持这种私有权所需要的制度成本超过了它可以带来的外部成本的降低。用我们的理论来说即是，这时候的这种不存在私有土地产权的产权制度状态是处于外部成本和制度成本之和极小的一个状态，也就是处于使得社会依存成本取极小值的状态。这时候之所以没有私有土地产权是因为，任何这种土地私有的状态虽然有较低的外部成本，但却有高得多的制度成本，使得最后的社会依存成本较高。因此根据我们的秩序演化规律，这时候产权制度的稳态肯定不会是这种土地私有状态，这也正是蒙塔格人的历史事实。

但是随着皮毛贸易规模扩大这一社会环境的变迁，蒙塔格人开始尽可能多地捕猎，与自由狩猎有关的外部成本因此变得越来越大。原来的社会依存成本的极小状态开始变得不再处于新社会环境下的极小了。而在另一方面，当地的森林野生动物倾向于局限在一块范围相对较小，比较容易界定的领域之内，这使得界定私人狩猎土地的成本相对不高。因而，这时候产权制度就开始发生变化以适应这种新的环境，结果是，家庭之间的区域性狩猎这种土地私有产权制度开始逐步确立起来。狩猎土地私有产权的确立基本上消除了过度狩猎，大大减少了蒙塔格人社会的外部成本，同时相对于外部成本的减少来说，新制度的制度成本却并不高。这就使得新制度可以处于新环境下的社会依存成本函数较低甚至极低的状态。就这样，蒙塔格人的土地产权制度安排随着环境的变迁就发生了转变。(在下一节中，我们将给出一个类似于这种制度转变如何进行的更精确的数学模型。)

从德姆塞茨的这一理论可以看出，产权制度的演化是完全吻合秩序演化规律的。它充分说明了，在任何社会环境之下，一个社会的产权制度安排作为一种社会合作秩序其演化方向总是朝着减低社会依存成本的方向进行的。

不仅如此，德姆塞茨关于共有产权和私有产权的比较[Demsetz 1974]也可以纳入我们的理论框架之中。通过以共有土地产权为例，德姆塞茨论证了共有产权一般会有很高的外部成本，因为一方面，一个共有产权所有者的全部活动成本不是直接由他自己来承担，另一方面，共有产权又不能有效排除搭便车者分享他人努力的结果。另外，共有产权的制度成本通常也比较高，这是因为共有产权总是牵涉所有人，而让所有人共同以最佳行为行事的谈判成本太高。总而言之，用本文的概念来说即是，德姆塞茨发现共有产权的缺陷就在于，共有产权的社会依存成本过高。而私有产权的问题常常只需牵涉少数人，大大降低了谈判的交易成本，因此也就降低了制度成本，同时正如科斯定理告诉我们的，因为交易成本或者说制度成本的降低，使得人们往往可以通过私人谈判来解决外部性问题，这又可以大大降低外部成本。总之，用本文的概念来说即是，私有产权相比来说总是有较低的社会依存成本。

我们可以结合德姆塞茨的这些理论和我们的秩序演化规律，进而总结出一个关于排他性产权如何起源的一般性理论。首先在很多情况下，如果没

有排他性产权，社会个体将处于一种对稀缺资源的剧烈争夺状态，这将使得每一个人人都要承受一个很高的外部成本。排他性产权的界定是人们相互放弃对他人的争夺，以对他人的尊重换取他人对自己产权的尊重，从而大大降低社会总的外部成本的结果。只要排他性产权带来的外部成本降低大于维持这种产权所需要的制度成本，排他性产权的界定就能降低社会依存成本，因此就有可能通过社会的自发演化而形成。根据我们的秩序演化规律，在排他性产权制度演化的稳定均衡态，排他性增加带来的边际外部成本降低量刚好等于相应的边际制度成本增加量，即有

$$-\delta(EC) = \delta(IC). \quad (13)$$

上面这一理论也告诉我们，如果一项资源的非排他性使用能够给整个社会带来外部收益，而不是造成相互争夺的外部成本，那么这样的资源就无法有效地建立私有产权，这可能就是为什么科学发现没有排他性知识产权(即专利)的原因。

另外，在有些情况下，尽管排他性产权制度能有效地降低外部成本，但是它的制度成本却很高，这使得排他性产权制度安排的社会依存成本并不低，因此这时候这种产权安排实际上就无法演化出来，这时候集体行动就是必不可少的。奥斯特罗姆在对大量长期存在的、自我组织以及自我管理的公共池塘资源(common pool resource)进行制度分析之后发现[Ostrom 1990]，这时候演化出来的社会依存成本较低的制度安排往往是私有产权和公共产权共存的。

企业理论

除了产权制度的演化之外，新制度经济学的另一个核心课题是企业理论，下面我们将尝试从秩序演化规律的角度简要地重新解读现代企业理论的若干经典文献。当然，现代企业理论是一个又深又广的研究领域，我们不可能将本文的理论框架和这整个领域密切地联系起来。但正如我们将表明的，现代企业理论中的某些核心要素可以很自然地纳入本文的框架之中。对于本文没有涉及到的一些对现代企业理论的重要贡献和新近的研究进展，请参考文献[Aghion and Holden 2011]。关于现代企业理论的比较全面的早期综述可以参考[Holmstrom and Tirole 1989]。

现代企业理论开始于科斯的奠基性工作[Coase 1937]，科斯提出了一个根本性的问题，即：市场通过价格机制协调生产者的行为是一种社会合作秩序，企业通过企业家的有形之手协调生产者的行为则是另一种社会合作秩序，问题是，在社会的演化过程中为什么会出现企业家的有形之手取代价格机制的无形之手呢？科斯的经典回答是，因为价格机制的运行有成本，即交易成本，社会由市场这一合约安排状态演化到企业这一合约安排状态是对交易成本的一种节省，用本文的话来说即是，这一演化将导致社会总交易成本的减少，即 $\delta(IC) < 0$ 。科斯进一步论证，企业的规模由企业内的边际交易成本等于市场的边际交易成本确定，由于企业和市场都属于整个社会的一部分，因此用我们的概念来说即是，一个企业的规模由它的扩张带来的边际社会总交易成本(制度成本)等于零确定，即由 $\delta(IC) = 0$ 确定。

阿尔钦和德姆塞斯[Alchian and Demsetz 1972]从另一个角度提出他们的古典企业理论，他们认为企业的起源首先是因为在一些情况下团队生产可以带来效益的提高。但是在团队生产中衡量每个要素所有者的边际生产力，进而分配合适的报酬，是一件成本很高的事情。这就导致人们的搭便车行为，或者说卸责行为。卸责行为大大降低了团队合作的产出。为了降低合作中的卸责就需要专业的监督者。监督者通过有形之手协调团队生产的过程就是一个度量每个生产者的边际生产力的过程。同时，为了监督监督者的行为，最好的安排是让监督者获得剩余索取权，从而成为企业的所有者。

用本文的概念来看待阿尔钦和德姆塞斯的这一理论即是：首先，团队生产之所以能提高生产效益，是因为团队生产中每个人的合作行为都为团队中的其他人带来了外部收益，团队生产对效益的提高是因为这种团队生产状态是一种总外部收益比较高的状态。但是合作中的搭便车行为或者说卸责行为是把卸责的成本强加在其他人身上，给他人带去外部成本，因此卸责的存在会带来比较高的总外部成本，这会大大抵消合作带来的总外部收益。专业的监督者可以大大降低卸责行为降低外部成本，从而能扩大合作的利益。因此，总的来说市场状态向企业状态的演化会带来总外部成本 EC 的降低，即 $\delta(EC) < 0$ 。

当然，监督和有形之手的协调行为本身是需要成本的，这一成本就是企业的交易成本，但正如科斯所论证的，企业因为节省了直接定价的高成

本，使得企业内的交易成本相对市场的交易成本是低的，即 $\delta(IC) < 0$ 。

综合科斯的理论和阿尔钦与德姆塞斯的理论，我们可以看到，任何企业从市场中演化出来都是按秩序演化规律节省社会依存成本的结果，即都有 $\delta(SC) = \delta(EC) + \delta(IC) < 0$ 。与科斯对企业边界的看法有所不同，我们也可以从这一定律中得到如下推论，即企业的边界在于企业规模扩张带来的边际社会依存成本等于零的地方， $\delta(SC) = 0$ ，而不是边际交易成本等于零的地方，只有在这种情况下企业的规模才算达到一个均衡态。

正如奥斯特罗姆[Ostrom 1990]所简要概括的，“...一个企业家认识到，当人们存在一种潜在的相互依存关系时，就会有增加收益的机会。该企业家便试图与各种参与者就一系列规定如何以合作而非独立的方式行动的合约进行协商。每一个参与者自愿选择是否加入企业，但把一定范围的选择权交给企业家。参与者于是成为企业家的代理人。代理人获得酬金，企业家保留剩余的利润(或承担亏损)。”企业家与职员之间的关系是委托-代理关系，因此就有代理成本[Jensen and Meckling 1976]，它包括委托人对代理人的监督成本，还有因为委托人和代理人之间的利益冲突而产生的剩余损失。可见，代理成本是因为委托人与代理人之间的相互依存而产生的。如果我们将委托代理关系产生的收益看成负的代理成本的话，我们也许就可以将代理成本一般性地定义成委托人与代理人之间的社会依存成本。根据我们前面的分析，企业正是朝着这一代理成本的极小值演化的。

5 几个满足秩序演化规律的模型

社会制度无疑是最为重要的社会合作秩序，因此与新制度经济学的联系间接地支持了我们关于社会合作秩序的演化规律（即秩序演化规律），我们相信这一定律也许是社会合作秩序的演化所需要遵循的一般性原理之一。尽管如此，我们依然想用一些形式化的社会演化模型来测试我们的这条原理。当然，演化经济学文献中有大量的形式化模型([Safarzyńska and van den Bergh 2010]综述了其中的一些)，我们无法期望秩序演化规律在所有这些模型中都成立，但使得秩序演化规律成立的演化模型也并不是罕见。这一节我们首先简要地论证在一个著名的社会演化模型（包括它的一些变种）中我们的秩序演化规律是成立的，这个模型就

是谢林隔离模型。我们讨论谢林隔离模型的一个原因是，它也许是最简单的通过几条简单的微观规则就能清楚地演示社会宏观协调的自发达成如何可能的模型之一。

在讨论了谢林隔离模型之后，我们将以制度转变机制和行业规模的演化规律为例提出几个新的满足秩序演化规律的简单演化模型。通过这些模型，我们想表明即使加上秩序演化规律的约束，人们依然有可能构造出一些非平凡的模型，并且这些模型依然有可能揭示出一些有趣的社会机制。

值得说明的是，除了我们这里所讨论的这几个模型之外，可以证明，只要合适地计算社会依存成本函数，那么有一大类重要的关于社会合作如何演化的演化博弈论模型[Ohtsuki et al. 2006, Allen et al. 2017]也自然地满足秩序演化规律，具体的论证我们将在其它地方给出。

5.1 谢林隔离模型及其变种

谢林隔离模型[Schelling 2006]是一个用几条简单的微观演化规则就能展现出宏观的社会协调的模型，它是最早的基于主体的社会演化模型之一，并且依然是当前很活跃的一个研究主题，文献中有太多与之相关的研究，在这里我们仅仅引用其中相对比较新近的两篇[Zhang 2004, Grauwin et al. 2012]，因为它们和我们将要论述的事情有比较密切的关系。

谢林隔离模型的一个版本是这样的：有橙色和蓝色两种主体组成一个社会，这个社会的每一个主体都可以占据一个很大的棋盘的一个格子，并且一个格子只能被一个主体占据，而且当然，棋盘上有一些格子是空的。但是，每个主体都想要待在一个其周围8个格子中至少有一定比例的同类的地方，否则这个主体就会搬迁到附近的空格子中去，当然他对于其某些新邻居来说可能是一个异类，因此他的到来可能会使得这些新邻居不高兴从而搬走。谢林演示给我们，在一个对同类的合适的需求范围之内，这个社会会自发演化到一种两类主体相隔离的状态，即使主体们对异类比较宽容的时候也会这样。谢林隔离模型和我们的秩序演化规律的关系就在于，每一个个体和其邻居都是相互依存的，邻居状况会给个体强加一定的社会依存成本。在这个模型中，我们可以设想每一个对其邻居状况感到满意的主体所承担的社会依存成本都为零，而每一个对其邻居状况不满的个体都会因其邻居状况而承担了一个确定量的社会依存成本，因此不高兴的个体总数

就可以看成是对这个社会总的社会依存成本的一个合适衡量。因此根据我们的秩序演化规律，随着时间的演化，这个社会的不高兴个体总数总是减少的，至少是不增的。NetLogo 上提供的软件[Wilensky 1999]对谢林模型演化过程的演示表明，情况的确是这样的：在一个合适的对同类邻居的需求范围之内，社会总的不高兴个体数就是随时间递减的。即使是对一些极端参数范围，在将不高兴个体总数在一个适当的小时间段内作平均以后，也能保证不高兴个体总数的这个短时平均值在长期中不增加。总之，软件模拟显示，对于谢林模型，我们的秩序演化规律在统计上是成立的。

其实对谢林模型的模拟还说明了一件和本文相关的事情，即社会依存成本函数的极小值状态常常是很多的。在谢林模型中，在很大的参数范围之内，模型都会演化到不高兴个体总数为零的静止均衡状态，而且这样的静态均衡有很多，演化的具体结果对于初始条件甚至具体的演化过程都是敏感的。但是，正如谢林所表明的，演化终态所呈现出来的宏观模式是一般性的。谢林告诉我们，这些稳定终态中呈现出一定的两类主体相隔离的均衡态常常占了绝大部分，因此，在很大的参数范围之内，从一个随机生成的社会初态出发，总是会演化到某个隔离的终态。

[Zhang 2004, Grauwin et al. 2012]研究的是谢林模型的随机演化博弈论的变种。[Zhang 2004]证明在一个不同于谢林原始版本的对邻居状况的效用函数之下，谢林模型可以看成是一个势博弈 (potential game)，其中势函数是社会状态的一个实值函数，它正比于社会总福利。这一模型和我们的秩序演化规律的关系就在于，模型中的社会总福利除了一个无关的常数（总收入）以外完全取决于各主体与其邻居的相互依存，是一种因社会依存而产生的社会总福利。因此除了一个无关的常数之外，我们可以将其乘上一个负号得到社会依存成本函数（因社会依存而来的社会福利损失）。更精确的说，我们可以将[Zhang 2004]中的势函数看成是负的社会依存成本。因此根据我们的秩序演化规律，在模型的演化过程中，这个势函数应该是递增的，至少是不减的。[Zhang 2004]中提供的结果(论文中的FIGURE 4)显示，在统计的意义上，这一点的确是成立的。之所以要在统计的意义上，是因为这个模型中引入了随机性。

[Grauwin et al. 2012]中进一步证明，对于更一般性的谢林模型，类似的势函数同样存在，它同样衡量的是各主体与其邻居之间的相互依存，并

且容易论证，在论文给出的演化规则之下，这个势函数在统计意义上同样是递增的。原因其实很简单，因为按照势函数的定义，它在演化过程中的增量就等于个体效用的增量，而任何主体在统计意义上都是效用增加的寻求者，因此势函数如果存在的话，它在统计意义上必定是递增的。而且，这些模型中的个体效用正是因为主体与其邻居之间的相互依存而产生的，其改变量自然可以看成是负的主体行为所带来的社会依存成本的增量，因此这些模型中的势函数就可以自然地看成是负的社会依存成本函数。总之，只要我们自然地将[Zhang 2004, Grauwil et al. 2012]中给出的势函数看成是负的社会依存成本函数，那么我们的秩序演化规律在对谢林模型的这些变种中同样是成立的（在统计意义上）。

5.2 制度转变作为一种相变的简单演化模型

让我们用一个简单的模型来分析收入分配制度的演化和在环境变迁下的制度转变。为了简单起见，假设我们分析的是一个两人世界，当然我们将要得到的结论和我们建立的模型都可以很容易地推广到多人社会的一般情形。我们记这两个人的收入之差为 x ，它就是我们要考察的这个两人社会的社会状态变量。我们假定决定这个两人世界的收入分配制度的社会依存成本函数仅仅依赖于这个收入差 x ，因此可以记为 $SC_I(x)$ ，下标 I 表示我们考虑的不是整个社会依存成本函数，而仅仅是其中与收入分配制度相关的部分。我们的秩序演化规律告诉我们，在这样一个两人社会中，状态变量 x 的演化方向一定是朝着 $SC_I(x)$ 减少的方向进行的。不过，前文我们都没有涉及到具体的演化机制，这里为了使得我们的分析更具体起见，我们假设收入差 x 的增加率正比于单位收入差扩大所带来的社会利益，也就是正比于单位收入差扩大导致的由相互依存而来的社会福利损失的减少。换言之，我们假设 x 的演化满足下面的方程

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial}{\partial x} SC_I(x). \quad (14)$$

很显然，在这样的演化机制之下 $d(SC_I)/dt = -[\partial(SC_I)/\partial x]^2 \leq 0$ ，因此是满足我们的秩序演化规律的。演化机制(14)看起来是非常特殊的，不过正如后面我们将看到的，我们将要得到的结果并不依赖于这一特殊的演化机制，而是对于任何满足秩序演化规律的演化机制都一样成立。

下面我们要对社会依存成本函数 $SC_I(x)$ 作一些一般性的假定。首先，我们假定对于社会依存成本函数的决定而言，这两个人是平等的，因此， $SC_I(-x) = SC_I(x)$ ，或者我们简单的说， SC_I 是 x^2 的函数。其次，可以想见， x^2 很大时相应的收入分配就会非常不公平，因此这时候这个两人社会的矛盾冲突也就会很大，相应的社会依存成本 SC_I 就会很高。为了反映这一点，我们进一步假定，当 $x^2 \rightarrow \infty$ 时， $SC_I(x) \rightarrow \infty$ 。

很显然，最简单的满足上面这两条假定的函数是 x^2 的线性函数，对于这种最简单的情形，我们不妨取

$$SC_I(x) = \frac{1}{2}x^2 + a. \quad (15)$$

将这个函数代入我们的演化方程(14)，就有

$$\frac{dx}{dt} = -x. \quad (16)$$

这个方程的通解是 $x(t) = x_0 e^{-t}$ 。很显然，当 $t \rightarrow +\infty$ 时， $x(t) \rightarrow 0$ ，即社会演化的稳态是 $x = 0$ 的公平分配制度。这个结果是很容易理解的，因为在(15)的函数形式下，社会依存成本函数有唯一的极小值，即 $x = 0$ ，因此它必然是我们这个两人社会收入分配制度的稳定均衡态。

下面我们来考虑比上面的情况稍微复杂一点的满足我们的假设条件的社会依存成本函数 $SC_I(x)$ ，为了简单起见，不妨假定这种次简单的情形可以取如下形式

$$SC_I(x) = \frac{1}{4}(x^2 + a)^2. \quad (17)$$

将之代入我们的演化方程(14)，很容易得到

$$\frac{dx}{dt} = -x(x^2 + a), \quad (18)$$

人们很容易得到这个微分方程的通解，它可以由下面的表达式给出

$$\frac{x^2}{|x^2 + a|} = C e^{-2at}, \quad (19)$$

其中积分常数 $C > 0$ 。

下面我们对这个解(19)作一些讨论。首先我们注意到，当 $a > 0$ 时，在 $t \rightarrow +\infty$ 时，(19)式右边趋于零，这意味着，当 $a > 0$ 时， $\lim_{t \rightarrow +\infty} x(t) =$

0. 反过来, 当 $a < 0$ 时, (19)式右边在 $t \rightarrow +\infty$ 时趋于 $+\infty$, 这意味着, 当 $a < 0$ 时, $\lim_{t \rightarrow +\infty} x^2(t) = -a$, 或者说 $\lim_{t \rightarrow +\infty} x(t) = \pm\sqrt{|a|}$. 因此随着参数 a 取值的不同, 我们这个两人社会的分配制度的稳态表现出两个不同的相, 当 $a > 0$ 时是 $x = 0$ 的平等相, 而当 $a < 0$ 时则会演化到不平等相。由于社会依存成本函数依赖于特定的社会环境, 因此可以想见参数 a 将依赖于某个外生的环境变量 u , 即有函数 $a(u)$ 。因此这里的分析就告诉我们, 在不同的社会环境 u 下, 这个两人社会的收入分配制度可能表现出平等和不平等两个不同的相。而且, 从表达式(19)可以看出, 从初态出发演化到稳定相的典型时间尺度为 $\tau \sim \frac{1}{|a(u)|}$ 。

让我们假设 a 是 u 的单调函数。设想我们可以连续地调节环境参数 u , 初始时 $u = u_+$, 假定这时候 $a(u_+) > 0$, 因此这个两人社会会演化到 $x = 0$ 的平等相。设想我们连续地降低 u , 使得最终当 $u = u_-$ 时, $a(u_-) < 0$, 显然这时候, 社会演化的稳定均衡相是不平等相 $x = +\sqrt{|a|}$ 或者 $x = -\sqrt{|a|}$ 。因此在这个调节外生环境参数 u 的过程中, 这个两人社会的收入分配制度必然发生了转变, 这种制度转变是一种相变, 它发生在临界参数 $u = u_c$ 处, 这时候 $a(u_c) = 0$ 。

从社会依存成本函数(17)的图像来理解这一社会制度转变过程是很有帮助的, 当 $a > 0$ 时, (17)式的图像如图(1)左图所示, 这时候 $x = 0$ 是 $SC_I(x)$ 的唯一极小值, 因此它必然是这个两人社会的稳定均衡态。但是, 当 $a < 0$ 时, (17)式的图像如图(1)右图所示, 很显然, 这时候 $x = 0$ 成了 $SC_I(x)$ 的极大值态, 因此, 这一均衡态变成了不稳定均衡态, 在小的扰动下, 它会演化到现在的新的稳定均衡态, 也就是 $x = \pm\sqrt{|a|}$ 的态。这一分析也清楚地告诉我们, 我们关于社会制度转变作为一种相变的这一结论并不依赖于我们的特定演化方程(14), 而是对于任何满足秩序演化规律的演化方程都成立的。甚至我们的结论也不只对(17)式这一特定的社会依存成本函数才成立, 实际上, 只要环境变迁改变了社会依存成本函数的结构, 使得原来的极小变成了新环境下的极大, 那么社会制度的转变就会作为一种相变而自发发生。

制度演化的随机微分方程模型

我们还可以沿着另一个方向推广我们的收入制度演化模型。即在演化方

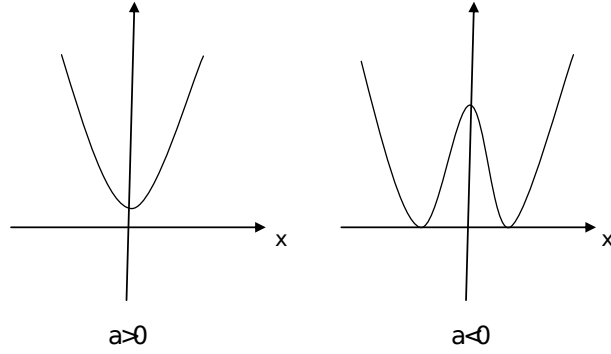


Figure 1: The figures for the function $SC_I(x) = \frac{1}{4}(x^2 + a)^2$.

程(14)的右边加上一个随机噪声。具体来说，就是将演化方程(14)推广成如下随机微分方程

$$dx = -\frac{\partial(SC_I)}{\partial x}dt + \sqrt{2T}dW, \quad (20)$$

式中 dW 是Wiener过程的无穷小增量，代表一个随机噪声，它满足Ito's 规则 $(dW)^2 = dt$ [Shreve 2004]，而参数 $T > 0$ 是一个常数，它反映的是随机性的强度。

由于引入了随机变量 $W(t)$ ， $x(t)$ 就成为了一个随机变量，因此对于任何 x 的状态函数 $F(x)$ ，我们应该讨论其期望值 $\langle F \rangle$ 随时间的演化。利用Ito's公式[Shreve 2004]，我们很容易做到这一点，其结果是

$$\frac{d\langle F \rangle}{dt} = -\langle \partial_x F \partial_x(SC_I) \rangle + T\langle \partial_x^2 F \rangle. \quad (21)$$

特别的，对于社会依存成本的期望值，有

$$\frac{d\langle SC_I \rangle}{dt} = -\langle (\partial_x(SC_I))^2 - T\partial_x^2(SC_I) \rangle, \quad (22)$$

很显然，只要随机性参数 T 足够小，等式右边依然小于等于零，我们可以将这个结果看成是秩序演化规律的一个反映。

现在让我们来讨论一下社会状态的概率分布随时间的演化。假设我们记从某个初始概率分布出发演化到 t 时刻，社会状态的概率分布为 $p(x, t)$ 。则期望值 $\langle F \rangle$ 又可以写成

$$\langle F \rangle = \int dx p(x, t) F(x). \quad (23)$$

进一步利用(21)式，则可以证明 $p(x, t)$ 将满足所谓的Fokker-Plank方程，

$$\partial_t p(x, t) = \partial_x [\partial_x (SC_I) p(x, t) + T \partial_x p(x, t)]. \quad (24)$$

考虑到随机性，社会状态应该由概率分布 $p(x, t)$ 来刻画，因此我们需要重新定义我们的社会依存成本函数，使得有效的社会依存成本函数 \widetilde{SC} 是 $p(x, t)$ 的函数，并且严格满足秩序演化规律。对 \widetilde{SC} 的一个可能定义由下式给出，

$$\widetilde{SC}(p) = \langle SC_I \rangle - TH(p), \quad (25)$$

式中 $H(p) = -\langle \log p \rangle = -\int dx p(x, t) \log p(x, t)$ 是社会状态 $p(x, t)$ 的熵。利用(24)式和(22)式，容易得到

$$\frac{d(\widetilde{SC})}{dt} = -\langle [\partial_x (SC_I) + T \partial_x (\log p)]^2 \rangle \leq 0. \quad (26)$$

显然，这个结果严格地满足秩序演化规律(只要我们将 \widetilde{SC} 看成是考虑到社会演化的随机性以后的社会依存成本)。

当社会演化到稳定时，概率分布 $p(x, t)$ 会演化到某个稳定分布 $p^e(x)$ ，由(24)可知

$$p^e(x) = \mathcal{N} \exp\left(-\frac{SC_I(x)}{T}\right), \quad (27)$$

式中 \mathcal{N} 为归一化常数。很显然，这个结果告诉我们，社会依存成本函数取最小值的社会状态有最大的出现概率，因此当某个环境参数的变迁改变了社会依存成本函数的结构，使原来的极小值状态变成极大值状态时，相变就会发生。

5.3 行业规模的演化模型

下面我们将提出一个简单的满足秩序演化规律的模型来研究行业规模是如何演化的。我们将一个行业看成是一种社会合作秩序，这种合作秩序所协调的微观个体就是组成一个行业的所有个性化的企业。一个行业的社会依存成本就是行业中所有微观个体企业为这个行业秩序所支付的社会依存成本的总和。由于不断有新的个体企业加入一个行业，也有老的个体企业被

淘汰，因此行业的规模总是在不断变化的，它的社会依存成本函数当然也会随着行业规模的演化而不断变化。不过，我们可以设想同样的秩序演化规律对于行业的演化也是成立的。

同一个行业的不同企业之间，既有竞争也有合作，因此这就产生了不同企业之间的相互依存。竞争会给别的企业带来外部成本，合作则会产生外部收益，这些都是行业层次上的经济外部性，Marshall 最早注意到了这种同一行业不同企业之间的经济外部性[Marshall 2009]。但是竞争和合作行为本身也会产生维持一个行业秩序的制度成本。总的外部成本加上行业的制度成本就是行业的社会依存成本。随着行业社会依存成本的降低，一个行业的规模会不断的演化，直至达到稳定。我们可以用一个简单的模型研究一个行业所包含的企业数目(行业的规模)的演化规律，并由此估算一个行业最终发展稳定时的规模 I_s 。为此，我们首先注意到，由于企业之间的竞争，行业水平上的外部成本(不包含负的外部收益)是企业数目 I 的增函数。同样，企业间的合作导致的制度成本也是企业规模的增函数，我们不妨假设这两者的和满足某种标度律，记为 pI^μ ，其中 $p > 0, \mu > 0$ 。类似的，我们假设企业之间的外部收益和制度收益的和也满足某种标度律，记为 qI^ν ，其中 $q > 0, \nu > 0$ 。则行业水平上总的社会依存成本 $SC(I)$ 就是行业规模的函数，其函数形式为

$$SC(I) = pI^\mu - qI^\nu. \quad (28)$$

行业层次上的秩序演化规律告诉我们，随着行业的发展， $SC(I)$ 将不断降低，直至最终达至稳定。为了让 $SC(I)$ 有下界，我们进一步要求 $\mu > \nu$ 。

另外，我们不妨假设 $I(t)$ 随时间的增加率正比于增加一个企业所导致的社会依存成本的降低，即我们假设 $I(t)$ 的演化过程可以由下面的方程给出

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{\partial}{\partial I}SC(I), \quad (29)$$

很显然，这一方程是满足秩序演化规律的。代入(28)就可以得到

$$\dot{I} = -p\mu I^{\mu-1} + q\nu I^{\nu-1}. \quad (30)$$

求解这个微分方程，在 $\nu \neq 2$ 时，可以得到

$$\frac{I^{2-\nu}}{(2-\nu)A_s} {}_2F_1\left(1, \frac{2-\nu}{\mu-\nu}; 1 + \frac{2-\nu}{\mu-\nu}; \frac{I^{\mu-\nu}}{A_s}\right) = p\mu t + C, \quad (31)$$

式中 ${}_2F_1(a, b; c; x)$ 为超几何函数, $A_s = (q\nu)/(p\mu)$, C 为积分常数。

为了计算整个行业达到稳态时的企业数目 I_s , 我们在(31)式中令 $t \rightarrow +\infty$, 则(31)式右边将趋于 $+\infty$, 在等式左边利用超几何函数的性质, 这就意味着 $I^{\mu-\nu}/A_s \rightarrow 1$ 。由此很容易得到 I_s 为

$$I_s = \left(\frac{q\nu}{p\mu} \right)^{\frac{1}{\mu-\nu}}, \quad (32)$$

很显然这个值为 $SC(I)$ 的极小值。

为了进一步看清楚我们的一般解(31), 不妨让我们来考虑一个特殊的例子。假设我们取 $\mu = 2, \nu = 1$, 则注意到 $-x {}_2F_1(1, 1; 2; x) = \log |1 - x|$, 我们有

$$\left| \frac{I(t)}{I_s} - 1 \right| = C e^{-2pt}, \quad (33)$$

式中 $C > 0$ 为积分常数。这个解告诉我们, 如果初始时行业里的企业数目过多 $I(0) > I_s$, 则随着时间的演化将会不断的有企业被淘汰, 企业数目会不断减少, 直至达到 I_s 的稳定值。反过来, 假设初始时行业里的企业偏少, $I(0) < I_s$, 那么随着时间的演化将会不断有新的企业加入这个行业, 行业所包含的企业数目会不断增加, 直至到达稳定值 I_s 。

另外, 之前我们求解的是 $\nu \neq 2$ 的情形, 如果 $\nu = 2$, 其它条件都不变, 则这时候演化方程(30)的解为

$$\left| 1 - \frac{A_s}{I^{\mu-\nu}} \right| = C \exp\{-A_s p \mu (\mu - \nu) t\}. \quad (34)$$

很显然, 由此导出的稳态所对应的企业数目依然是由(32)给出的, 只不过这时候式中的 $\nu = 2$ 。

6 Acknowledgements

这篇论文是长期思考的结果, 它最初的文字形式可以追溯到2014年5月, 最初的草稿和这个最终版本几乎是完全不同的东西, 也许只有对于社会秩序如何演化这一条线索可以将论文的不同版本串联起来。对于这些版本的演化, 我的朋友Downes有不可磨灭的贡献, 许多地方都离不开他的共同讨论, 比如说, 正是因为他的建议, 我才开始在外部成本之外又加上了交易成本, 并开始了我对社会依存这一概念的思考。

References

- [Pennisi 2005] Pennisi, E., 2005. How did cooperative behavior evolve, *Science* 309 (2005) 93 - 93.
- [Kennedy and Norman 2005] Kennedy, D., Norman, C., 2005. What don't we know?, *Science* 309 (2005) 75 - 75.
- [Boyd and Richerson 2005] Boyd, R., Richerson, P.J., 2005. Solving the puzzle of human cooperation. In: Levinson, S. (Ed.), *Evolution and Culture*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 105 - 132.
- [Axelrod 1984] Axelrod, R., 1984. *The Evolution of Cooperation* (Basic Books, New York, 1984)
- [Sigmund 2010] Sigmund, K., 2010. *The calculus of selfishness* (Vol. 6). Princeton University Press.
- [Trivers 1971] Trivers, R.L., 1971. The evolution of reciprocal altruism. *Q.Rev.Biol.* 46, 35 - 57.
- [Axelrod and Hamilton 1981] Axelrod, R., Hamilton, W.D., 1981. The evolution of cooperation. *Science* 211, 1390 - 1396.
- [Nowak and May 1992] Nowak, M. A., May, R. M., 1992. Evolutionary games and spatial chaos. *Nature* 359, 826 - 829.
- [Nowak and Sigmund 2005] Nowak, M.A., Sigmund, K., 2005. Evolution of indirect reciprocity. *Nature* 427, 1291 - 1298.
- [Ohtsuki et al. 2006] Ohtsuki, H., Hauert, C., Lieberman, E., Nowak, M. A., 2006. A simple rule for the evolution of cooperation on graphs and social networks. *Nature* 441, 502 - 505.
- [Nowak 2007] Nowak, Martin., 2007. Five Rules for the Evolution of Cooperation. *Science* (New York, N.Y.). 314. 1560-3. 10.1126

- [Allen et al. 2017] Allen, B., Lippner, G., Chen, Y. T., Fotouhi, B., Momeni, N., Yau, S. T., Nowak, M. A., 2017. Evolutionary dynamics on any population structure. *Nature*, 544(7649), 227.
- [Perc et al. 2017] Perc, M., Jordan, J. J., Rand, D. G., Wang, Z., Boccaletti, S., Szolnoki, A., 2017. Statistical physics of human cooperation. *Physics Reports*, 687, 1-51.
- [Hauert and Szabo 2005] Hauert, C., Szabo, G., 2005. Game theory and physics. *American Journal of Physics*, 73(5), 405.
- [Hayek 1945] Hayek, F.A., 1945. The use of knowledge in society. *The American Economic Review* 35, 519 - 530.
- [Hayek 1948] Hayek, F.A., 1948. *Individualism and Economic Order*. University of Chicago Press, Chicago and London.
- [Hayek 1988] Hayek, F.A., 1988. *The fatal conceit*. Routledge, London.
- [Lewis 2012] Lewis, P., 2012. Emergent properties in the work of Friedrich Hayek. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 82(2-3), 368-378.
- [Nelson and Winter 2002] Nelson, R. R., Winter, S. G., 2002. Evolutionary theorizing in economics. *Journal of Economic Perspectives*, 16(2), 23-46.
- [Witt 2008] Witt, U. (2008). What is specific about evolutionary economics?. *Journal of Evolutionary Economics*, 18(5), 547-575.
- [Hodgson and Lamberg 2018] Hodgson, G. M., Lamberg, J. A., 2018. The past and future of evolutionary economics: some reflections based on new bibliometric evidence. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 15(1), 167-187.
- [Saviotti and Metcalfe 2018] Saviotti, P. P., Metcalfe, J. S. 2018. Present development and trends in evolutionary economics. In *Evolutionary theories of economic and technological change* (pp. 1-30). Routledge.

- [Schotter 2008] Schotter, A., 2008. *The Economic Theory of Social Institutions*. Cambridge University Press.
- [Young 2001] Young, H. P., 2001. *Individual strategy and social structure: An evolutionary theory of institutions*. Princeton University Press.
- [Sugden 2004] Sugden, R., 2004. *The economics of rights, cooperation and welfare*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- [Coase 1937] Coase, R. H. 1937. The nature of the firm. *economica*, 4(16), 386-405.
- [Coase 1960] Coase, R. H. 1960. The problem of social cost. In *Classic papers in natural resource economics* (pp. 87-137). Palgrave Macmillan, London.
- [Furubotn and Richter 2010] Furubotn, E. G., Richter, R., 2010. *Institutions and economic theory: The contribution of the new institutional economics*. University of Michigan Press.
- [Hodgson 2007] Hodgson, G. M., 2007. Evolutionary and institutional economics as the new mainstream?. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 4(1), 7-25.
- [Vromen 1995] Vromen, J., 1995. *Economic evolution: an enquiry into the foundations of new institutional economics*. Routledge, London
- [North 2005] North, D. C., 2005. *Understanding the process of economic change*. Princeton Univ. Press, Princeton
- [Schelling 2006] Schelling, T. C., 2006. *Micromotives and macrobehavior*. WW Norton and Company.
- [Buchanan Tullock 1964] Buchanan, J. M., Tullock, G., 1964. The Calculus of Consent. *Journal of Political Economy* 72, no. 1 (Feb., 1964): 87-88.

- [Arrow 1969] Arrow, K. J., 1969. The organization of economic activity: issues pertinent to the choice of market versus nonmarket allocation. *The analysis and evaluation of public expenditure: the PPB system*, 1, 59-73.
- [Young 2015] Young, H. P., 2015. The evolution of social norms. *economics*, 7(1), 359-387.
- [Wheeler et al. 2006] Wheeler, S., Bean, N., Gaffney, J., Taylor, P., 2006. A Markov analysis of social learning and adaptation. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(3), 299-319.
- [Varian 2014] Varian, H. R., 2014. *Intermediate microeconomics with calculus: a modern approach*. WW Norton Company.
- [Hardin 1968] Hardin, G., 1968. The tragedy of the commons. *science*, 162(3859), 1243-1248.
- [Kollock 1998] Kollock, P., 1998. Social dilemmas: The anatomy of cooperation. *Annual review of sociology*, 24(1), 183-214.
- [Fehr and Fischbacher 2003] Fehr, E., Fischbacher, U., 2003. The nature of human altruism. *Nature*, 425(6960), 785.
- [Rand et al. 2009] Rand, D. G., Dreber, A., Ellingsen, T., Fudenberg, D., Nowak, M. A., 2009. Positive interactions promote public cooperation. *Science*, 325(5945), 1272-1275.
- [Fehr and Gächter 2002] Fehr, E., Gächter, S., 2002. Altruistic punishment in humans. *Nature*, 415(6868), 137.
- [Santos et al. 2008] Santos, F. C. , Santos, M. D. , Pacheco, J. M., 2008. Social diversity promotes the emergence of cooperation in public goods games. *NATURE*, 454(7201), 213-216.
- [Cheung 2002] Cheung, Steven N.S., 2002. *Economic Explanation*. Hong Kong: Arcadia Press.

- [Alchian 1950] Alchian, A., 1950. Uncertainty, evolution, and economic theory. *J Pol Econ* 58(2):211 - 222.
- [Hurwicz 1995] Hurwicz, L., 1995. What is the Coase theorem?. *Japan and the World Economy*, 7(1), 49-74.
- [North 1990] North DC., 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press:New York.
- [Libecap 1993] Libecap, G. D., 1993. *Contracting for property rights*. Cambridge university press.
- [Demsetz 1974] Demsetz, H., 1974. Toward a theory of property rights. In *Classic papers in natural resource economics* (pp. 163-177). Palgrave Macmillan, London.
- [Ostrom 1990] Ostrom, E., 1990. *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge university press.
- [Aghion and Holden 2011] Aghion, P., Holden, R., 2011. Incomplete contracts and the theory of the firm: What have we learned over the past 25 years?. *Journal of Economic Perspectives*, 25(2), 181-97.
- [Holmstrom and Tirole 1989] Holmstrom, B. R., Tirole, J., 1989. The theory of the firm. *Handbook of industrial organization*, 1, 61-133.
- [Alchian and Demsetz 1972] Alchian, A. A., Demsetz, H., 1972. Production, information costs, and economic organization. *The American economic review*, 62(5), 777-795.
- [Jensen and Meckling 1976] Jensen, M. C., Meckling, W. H., 1976. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of financial economics*, 3(4), 305-360.
- [Safarzynska and van den Bergh 2010] Safarzynska, K., van den Bergh, J. C., 2010. Evolutionary models in economics: a survey of methods and building blocks. *Journal of Evolutionary Economics*, 20(3), 329-373.

- [Zhang 2004] Zhang, J., 2004. A dynamic model of residential segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 28(3), 147-170.
- [Grauwin et al. 2012] Grauwin, S., Goffette-Nagot, F., and Jensen, P., 2012. Dynamic models of residential segregation: An analytical solution. *Journal of Public Economics*, 96(1-2), 124-141.
- [Wilensky 1999] Wilensky, U., 1999. NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- [Shreve 2004] Shreve, S. E., 2004. *Stochastic calculus for finance II: Continuous-time models* (Vol. 11). Springer Science and Business Media.
- [Marshall 2009] Marshall, A., 2009. *Principles of economics: unabridged eighth edition*. Cosimo, Inc..