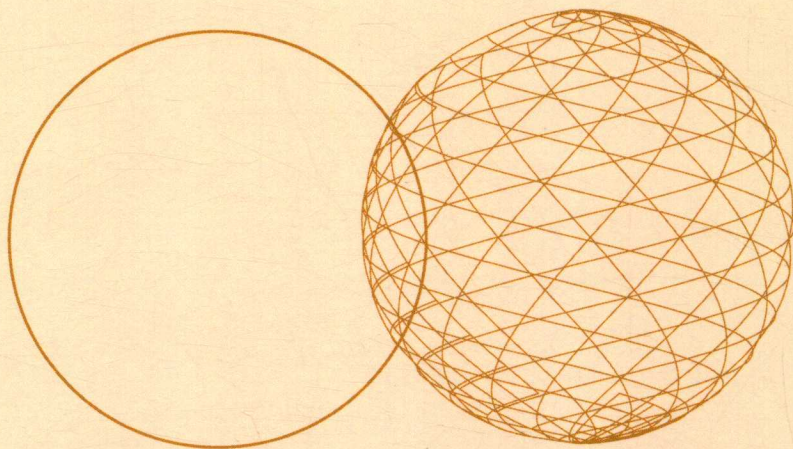


COOPERATION
EVOLUTION
COMPLEXITY



合作 · 演化 · 复杂性

(第一卷)

龚小庆 著

非·外·借

COOPERATION
EVOLUTION
COMPLEXITY



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

合作·演化·复杂性(第一卷)

龚小庆 著



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

合作·演化·复杂性. 第一卷 / 龚小庆著. —杭州:
浙江工商大学出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-5178-1953-0

I. ①合… II. ①龚… III. ①合作对策 IV.
①O225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 309663 号

合作·演化·复杂性(第一卷)

龚小庆 著

责任编辑 吴岳婷 刘 韵
封面设计 林蒙蒙
责任印制 包建辉
出版发行 浙江工商大学出版社
(杭州市教工路 198 号 邮政编码 310012)
(E-mail: zjgsupress@163.com)
(网址: <http://www.zjgsupress.com>)
电话: 0571-88904980, 88831806(传真)
排 版 杭州朝曦图文设计有限公司
印 刷 虎彩印艺股份有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 25
字 数 458 千
版 次 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5178-1953-0
定 价 78.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换
浙江工商大学出版社营销部邮购电话 0571-88904970

献给我的导师范文涛先生

本书的写作和出版得到了以下机构或项目的资助：

浙江省高校人文社科重点研究基地(浙江工商大学统计学)

国家社会科学基金重大招标项目(14ZDA062)

国家特色专业(浙江工商大学统计学)

浙江省重点学科和重点专业(浙江工商大学统计学)

前 言

2005年,导师范文涛先生在为我的第一本专著《复杂系统演化理论与方法研究》所写的序中指出:“自然物质在其演化全程的诸阶段所形成的诸理论,即无机物演化的阶段遵从的‘物理’、蛋白质有机物质与生命演化阶段遵从的‘生理’,直到人类及人类社会出现后演化阶段形成的‘事理(系统工程)’、‘管理’、制定人类行为规范的‘伦理’、自人类意识出现起由感性—悟性—理性不断反复循环领悟深化而成的‘哲理’,以及与测量、记事、计算过程逐渐积累、升华发展而来的‘数理’等七个‘理’是一个理。”后来,范老师又把这七个理进一步拓展到包括“人理”“情理”“地理”等十个理。

如果说所有的理都“通为一”,那么这里的“一”究竟是什么呢?

当年我与范老师在他的书房里激烈讨论的情形仿佛就在眼前。记得有一次,范老师很坚决地对我说:“今天我们可以大胆地给出这个结论,这个理就是‘演化是硬规律’,这可以作为我们系统科学的宣言。”

那么什么是演化呢?

演化的英文单词是 evolution,根据朗文《当代高级英语词典》的解释,其含义是“the scientific idea that plants and animals develop gradually from simpler to more complicated forms”,或者是“the gradual change and development of idea, situation, or object”。前者包含了两个层面的意思:(1)作为一种科学思想的进化论;(2)生物形式复杂性的增加。后者则意味着理念、情境和目标的渐变和逐步发展。综合两者的意思,演化可以理解为就是复杂性的增加。

那么,是什么导致了复杂性的增加呢?

十年前的一天,正在杭州做学术访问的范老师突然问我一个问题:“小庆啊,老子说的‘三生万物’的‘三’到底指的是什么?”记得我当时从“天下万物生于有,有生于无”开始,强调这里的“三”绝对不能用实体主义来解释,因为这里的“三”实际上是在“二”出现后而自然而然产生的相对相关性以及随之展开的相互作用,即“三”既意味着“关系”(阴)也意味着“作用”(阳),所以“三生万物”也可以说

成“相互作用生万物”，而这正是“一阴一阳之谓道”这七个字或者“有无相生”这四个字所想要告诉我们的。

我记得当时范老师很高兴地说：“你这是系统科学的解释。”

后来我又按照以上的想法对系统科学研究的基本对象给出了定义：“系统科学研究的基本对象是相互作用。”

相互作用，正是理解万事万物演化机制的关键所在。

当老子说“道，可道，非常道”的时候，用现代的语言来说，实际上是在告诉我们，不要把“道”当作宾语或者表语，也就是说不要为它寻找主语。如果一定要这样做的话，我们也只能说“道就是道”这样的套话。同样的，我们千万也不要为演化的机制去寻找主语，或者说演化机制根本就不是被设计的，万事万物演化的驱动力只可能来自于演化本身，即演化的驱动力只能是内生于相互作用的过程中的。

于是，我又开始思考相互作用的本质。带着这种思考的成果，我在2014年参加范老师学术思想研讨会时，做了《相互作用的真与伪》的报告。

我在报告之前对范老师说，虽然所有的理都是一个理，但是我今天却要做“一分为二”的工作，即要将这十个理分为两大类——物理与人理。当炒股巨亏的牛顿发出“虽然我能计算出天体的运行轨迹，但我却估计不出人们疯狂的程度”的感叹时，困惑的或许正是物理与人理之间的迥然相异。

物理与人理，用老子的话来说就是“天之道”和“人之道”：

“天之道，损有余而补不足”；

“人之道，奉有余而损不足”。

“天之道”（物理）描述的是负反馈机制，而人之道（人理）描述的则是正反馈机制。负反馈导致的是均衡，而正反馈导致的则是均衡的跃迁——演化。基于“天之道”的相互作用是伪相互作用，而基于“人之道”的相互作用才是真相互作用。

将相互作用分为真与伪的灵感来源于哈耶克关于个人主义真与伪的讨论。真个人主义强调的是作为社会性的动物，每个人都是在一个相互作用的社会过程中成为他自己的。伪个人主义强调的则是原子式的个人，即孤立化的个人。

随着经济学微观基础的博弈论转向，自利的经济人或理性人假设受到了挑战。在一些经典的社会困境博弈模型，如囚徒困境、公地的悲剧、信任博弈和公共品贡献博弈中，自利的决策并不能带来个人最优的结果，而且对于集体来说甚至会带来最劣的结果。在某种意义上来说，正是原子式的理性人之间的伪相互作用导致了帕累托劣的结果。然而另一方面，通过大量的有关社会困境博弈的行为实验，一些经济学家发现，决策者并不是只考虑结果是什么，而是会在决策

的时候关心他人、集体和社会利益,同时也会关注产生结果的过程,甚至会花费成本惩罚那些追求个人利益最大化的自利行为,即决策者会表现出所谓的“亲社会行为”的特点。也就是说,个人不仅仅具有自利的“个人偏好”,而且还有亲社会的“社会偏好”,这正是作为社会性动物的人类成员的基本特征。个人偏好和社会偏好何者占主导地位取决于决策者所处的情境,而情境是在社会交往的过程中开显的,它们只能被参与社会交往的行为人所感受。因此,人们的偏好是内生于真相互作用的过程的,并且会随着相互作用过程中不断开显的情境而演化。

因此,真个人主义信奉自生自发的秩序,而伪个人主义则坚信一切秩序都可以是被设计的。唯有真个人主义才有真相互作用,唯有真相互作用才有所谓的演化。

脑神经科学的研究成果表明,人们的社会偏好和亲社会行为并不是无源之水无根之木,而是有着演化生物学和演化心理学的基础的。例如,人类成员的社会认知可以视为是以下三个神经元区域的功能:杏仁体、内侧前额叶皮质和颞上沟。一些学者将这三个区域再加上脑回(gyrus)一并称之为社会脑(social brain),它构成了社会偏好的物质基础。

如果说经典物理学和《国富论》的结合成就了新古典经济学,那么现代生物学与《道德情操论》的融合则促进了行为经济学和演化经济学等新兴经济学的诞生和发展。前者属于“天之道”,它与控制论和计划经济属于同一思维范式——一切都是可以自上而下地加以控制的,其所涉及的相互作用是伪相互作用;后者属于“人之道”,它与演化论和市场经济属于同一范式——一切都是自下而上地涌现的,其所涉及的相互作用是真相互作用。

定量地研究相互作用的真与伪必然会涉及数学的一个重要分支——概率统计。这是因为,随着复杂性科学研究的不断深入,另一个相异于正态分布族的普适分布族——重尾分布族不断地出现人们的视野中。根据概率论的极限定理,稳定分布族只有两类,或正态分布族或重尾分布族(尾部具有幂律特征的分布族)。之前的理论,包括新古典经济学和有效市场理论涉及的统计规律性都是正态分布的范式,而实际上获得的数据却大多服从幂律分布。

更深入地思考发现,凡是完全理性的经济人以及零理性的分子质点的行为都会呈现出正态分布的统计规律性,而有限理性的适应性主体的行为则会呈现出幂律分布的统计规律性。这意味着,“物理”与“人理”将没有办法在统计学上被统一于同一个范式之下。具体的比较思路见下表。

“物理”与“人理”所代表的两种范式

正态范式(天之道)	重尾范式(人之道)
布朗运动:方差与时间成正比,均匀扩散。	列维飞行:无标度,长时间均匀扩散后会出现突然的长距离跳跃。
密度尾部快速趋于零:极端事件罕见,任意阶矩存在,原则。	重尾(heavy tail):极端事件虽不常见但不罕见,均值和方差都有可能不存在。
计数过程:泊松流,均匀性,相继发生事件的时间间隔服从指数分布。	计数过程:非泊松流,阵发性,相继发生事件的时间间隔服从幂律分布。
时间序列:独立同分布。	时间序列:长程相关性,条件异方差。
新古典经济学,有效市场理论,均衡范式,负反馈,向心力,制度化,热力学第二定律。	演化经济学,有限理性,相互作用范式,正反馈,离心力,演化,耗散结构。
同质性个体:个体的行为差异性消融在均衡中(给定一阶矩和二阶矩,正态分布的熵最大;若再给定有限区间,则均匀分布的熵最大)。	异质性个体:个体行为的异质性在相互作用的过程中不会趋同,甚至还会放大,如城市人口、网页链接数、论文的引用次数等均具有马太效应。
理论分析:很多情况下有解析解。	科学计算:经验数据,人类行为机制,计算机模拟验证。

对于这两种范式背后人类行为特征的探索无疑是对智力和视野的巨大的挑战,这是一个需要大的团队合作探索的工作。就我个人而言,只能凭着兴趣往前走。

浙江省高校人文社科重点研究基地(浙江工商大学统计学)、国家社会科学基金重大招标项目“全面深化改革视阈下社会治理体制与机制创新研究”(批准号:14ZDA062)、国家特色专业(浙江工商大学统计学)、浙江省重点学科和重点专业(浙江工商大学统计学)对本书的写作和出版提供了支持和资助,这使得我可以分两步走来完成力所能及的部分工作。第一部分就是刚刚完成的《合作·演化·复杂性》的第一卷,这一部分的工作主要是探讨人的亲社会行为是如何演化的,采用的是定性理论与定量方法相结合。而第二部分的工作将在第二卷中完成,重点探讨合作的复杂性,内容涉及统计学的两种范式、复杂网络理论以及网络上的合作演化、合作的演化与自组织临界性、人类行为动力学及其统计规律性等,将会更注重统计物理学的方法。

第一卷共分十部分。导言部分是对演化范式的详细讨论,这一部分凝聚了作者多年的思考;第一章主要介绍经典博弈论的内容,包括完全理性博弈论和

无限种群演化博弈论；第二章介绍若干与合作问题相关的典型社会困境博弈模型；第三章主要讨论 Hamilton 原则和多水平选择；第四章讨论合作的直接互惠机制；第五章则从多角度探讨社会结构和制度对于合作的影响并从外部性平衡的角度探讨了制度的演化路径；第六章重点介绍复杂适应系统理论以及基于适应性主体的合作演化机制；第七章介绍合作的间接互惠机制；第八章介绍社会偏好的行为实验，分析探讨社会偏好的影响因素；第九章介绍社会偏好的神经元基础。

目 录

导 言 理解合作、演化和复杂性	001
§ 0.1 合作的基本含义	002
§ 0.2 自由的含义	006
§ 0.3 创造性	008
§ 0.4 有限理性	011
§ 0.5 相互作用的真与伪:网络的视角	028
§ 0.6 演化的范式	036
第一章 博弈与演化	045
§ 1.1 纳什均衡	045
§ 1.2 混合策略	052
§ 1.3 动态博弈	057
§ 1.4 无限种群演化稳定均衡	063
§ 1.5 自然选择、理性和均衡	073
第二章 社会困境博弈	087
§ 2.1 囚徒困境	087
§ 2.2 猎鹿博弈	093
§ 2.3 协调博弈	098
§ 2.4 公共资源博弈	105
§ 2.5 检验社会偏好的博弈	109
§ 2.6 古诺双头垄断模型	112
本章结语	116

第三章 合作演化的社会生物学	119
§ 3.1 Hamilton 原则以及内含适应性	120
§ 3.2 多水平选择	123
§ 3.3 结构化与资源共享	132
§ 3.4 结构化组群的一种演化模型	136
本章结语	138
第四章 直接互惠	141
§ 4.1 无名氏定理	142
§ 4.2 一报还一报	145
§ 4.3 合作策略的演化稳定性	150
§ 4.4 基于反应策略的动态演化	156
§ 4.5 重复博弈的演化稳定性	159
§ 4.6 广义 Hamilton 法则	167
本章结语	168
第五章 社会结构、制度、合作及其演化	170
§ 5.1 合作的社会结构	170
§ 5.2 基于领地的古诺博弈合作解	175
§ 5.3 社会制度与合作	181
§ 5.4 结构化种群中的直接互惠	187
§ 5.5 制度的演化	205
本章结语	213
第六章 适应性与合作的复杂性	214
§ 6.1 复杂适应系统	214
§ 6.2 主体的适应性机制	225
§ 6.3 基于适应性算法的合作演化	241
§ 6.4 stigmergic 协调机制	251
§ 6.5 作为 stigmergic 系统的维基百科	253
§ 6.6 基于 stigmergic 机制的合作演化	256
本章结语	262

第七章 间接互惠	264
§ 7.1 基于形象分的间接互惠演化	265
§ 7.2 强互惠行为的演化	274
本章结语	284
第八章 社会偏好及其行为实验	285
§ 8.1 社会偏好	286
§ 8.2 亚当·斯密的两张面孔	291
§ 8.3 公共品博弈与社会偏好	297
§ 8.4 最后通牒博弈与独裁者博弈	306
§ 8.5 基于社会偏好的效用函数	320
本章结语	323
第九章 合作的神经元经济学	326
§ 9.1 神经元经济学方法	327
§ 9.2 外源性和内源性激励	330
§ 9.3 亲社会行为的神经元基础	334
§ 9.4 利他惩罚的神经元基础	343
§ 9.5 社会偏好的个体间差异	349
本章结语	357
参考文献	360
后 记	375

导 言 理解合作、演化和复杂性

人们在社会交往中所表现出来的合作行为是人类社会的一个显著特征。事实上,人类社会得以涌现的关键因素正是无所不在的团队合作和集体行动。然而,由于合作涉及不同个体之间利益的互惠交换,便不可避免地会遇到两种力量的“撕扯”:(1)贪婪——为了利益最大化而以机会主义的行为方式剥削对方的“善意”;(2)恐惧——担心自己的“善意”被对方的贪婪剥削。因贪婪而采取背叛的行为符合理性经济人(homo economicus)的假设,被认为是合“理”的行为,而因恐惧而采取背叛的行为则被认为是合“情”的行为——这是对可能的背叛行为的防范。因此,于情于理,在这两种力量的撕扯下,合作的基础都会受到蚕食,并最终使社会秩序瓦解。

因此,Bowles(2004)提出了如下问题:大量的陌生人,他们很少或根本不关心彼此的福祉,为何却能以共同受益的方式常规行事?

他认为,这是人类社会最大的谜团之一。

这一谜团可以更为直接地表述为:人类社会何以可能?

由于人类社会的本质在于社会成员和组织之间的合作,上述问题还可以更具体地表述为:合作何以可能?

这个问题被称为**社会科学的基本问题**,它吸引了无数学者进行跨学科研究。然而,作为研究的起点,他们首先需要面对的一个问题是:什么是合作?

很多时候大家都在谈论合作,但是很有可能大家并不是在相同的层面上讨论合作的问题。因此,要弄清合作的起源和演化的问题,首先必须对什么是“合作”有一个清晰的定义。

然而,在开始正式阐述之前,我们需要特别强调的一点是,基于不同的语境,合作往往具有不同的含义及表现形式,对于这些含义的完整揭示有待于本书的最终完成。这样我们便处于一个两难的境地:一方面我们必须在一开始就明确我们所采取的贯穿始终的主题,另一方面它又只能在本书的阐述过程中才能显现和最终明确。因此,在开始的时候,我们只能做些概略性的评论和介绍,然后

随着讨论的进程达成合目的性(主题的最终揭示或涌现)与合规律性(依据此主题所必然要表现出的进程)的最后统一。这意味着,整个讨论的展开过程将会呈现出本书所将要反复强调的“演化是事物存在的基本形式”或“演化是第一性的”这一基本观点。

§ 0.1 合作的基本含义

我们先给出一个被称为囚徒困境的博弈模型,该模型包含了我们所讨论的合作的一些最基本的含义,然后再做进一步的阐述和讨论。

0.1.1 囚徒困境

囚徒困境讲的是两个嫌疑犯作案后被警察捉拿归案,分别被关在不同的屋子里审讯。对于每一个囚徒而言,均有两个策略:坦白或抵赖。警察告诉他们中的每一个人:如果对方抵赖,而你选择坦白则立即释放,选择抵赖则判刑 1 年;如果对方坦白,而你选择抵赖则被判刑 8 年,选择坦白则判刑 5 年。表 0-1 描述了这个博弈,其中每一格的两个数字分别代表对应策略组合下两个囚徒各自的支付(payoff),其中第一个数字是囚徒甲的支付,第二个数字是囚徒乙的支付,数字的绝对值表示需要服刑的时间(单位:年)。

表 0-1 囚徒困境的原始形式

		囚徒乙	
		抵赖	坦白
囚徒甲	抵赖	-1,-1	-8,0
	坦白	0,-8	-5,-5

很显然,两个囚徒相互合作(均选择抵赖,各判刑 1 年)比起相互背叛(均选择坦白,各判刑 5 年)是帕累托占优的。然而,在这个博弈中,唯一的纳什均衡^①却是低效率的相互背叛,即均衡策略组合(坦白,坦白)。更进一步地,该策略组合还是一个占优均衡,即不管对方如何选择,背叛总是占优的策略:假设某一方

^① 所谓纳什均衡是指这样的策略组合:任何一位参与人,在其他参与人不改变策略的条件下,改变自己的策略将不会增加自己的支付。如在由表 0-1 给出的囚徒困境博弈中,策略组合(坦白,坦白)就是一个纳什均衡,因为在对方坦白的条件下自己坦白是最优的策略。关于纳什均衡更正式的讨论见第一章。

选择合作,那么另一方选择背叛的支付是 0 而选择合作的支付是-5;假设某一方选择背叛,那么另一方选择背叛的支付是-5 而选择合作的支付是-8。于是,博弈中每一方理性选择的结果导致了双方被锁定在(坦白,坦白)这样一个集体无效率的状态中。

更为可怕的是这个博弈所提供的激励制度,即使两个人都是清白的,也会让他们承认自己有罪。一个清白的甲可能因为乙的认罪而被判罪,因此,“恐惧”的甲便有可能会先下手为强而主动坦白,反之亦然。由于无论他们清白与否,表 0-1 的激励制度都是相同的,既然在对方认罪的条件 下坚持自己的清白只会招致更劣的后果,那么还不如主动承认自己有罪更好一些。此正所谓“两害相权取其轻”。如果警察想增加自己升职的机会,他完全可能会找两个清白的候选人来做如上的囚徒博弈而迫使他们认罪。

为了更好地研究合作问题,学者们根据实际问题的需要提出了各种不同形式的囚徒困境。表 0-2 给出了囚徒困境的一种较为直观的标准化形式:

表 0-2 囚徒困境的标准化形式之一

		参与人 2	
		合作	背叛
参与人 1	合作	3,3	0,5
	背叛	5,0	1,1

从表 0-2 中可以很清楚地看到,对每个参与人来说,不管对方如何选择,选择背叛总是最优的,也就是说,背叛是占优策略。虽然表 0-2 的支付矩阵与表 0-1 有所不同,但本质上是相同的,因为博弈的参与人都面临着同样的一个困境,即个人理性与集体效率的二律背反:虽然双方合作是双赢的帕累托占优的策略组合,但是低效率的相互背叛策略却构成了唯一的均衡。

在囚徒困境的语境中,合作问题大致包含以下几个方面:(1)相较于相互背叛,相互合作是帕累托占优的;(2)对每个参与人来说,背叛是占优策略;(3)低效率的相互背叛是唯一的均衡。

就眼前而言,背叛是有利可图的,而合作却需要付出成本。于是,合作的起源问题在囚徒困境的语境中便可以归结为:在单方面背叛更有利可图的情况下,合作行为是如何涌现的?

0.1.2 演化的视角

从进化论的角度来看,个体只有占有更多的资源才能繁殖更多的后代,因

此,“自私的基因”将会驱使每个个体追求自身利益的最大化,从而导致背叛行为的普遍化。然而,如果一个群体中的成员全都是背叛者,那么这个群体就陷入了“所有人对所有人的战争”的霍布斯丛林,从而任何有意义的社会结构都不能持存,社会生活的价值也不会存在。

因此,“社会何以可能”的问题也可以归结为在背叛更有利可图的情况下“我们为什么不全是背叛者?”,或者,我们还可以更直接地将这一问题归结为布坎南的问题:“我们为什么不都是小偷?”

对于诸如此类的“为什么”的问题,可以有很多种解答,关键在于从什么视角来思考这个问题。

设想有两个初始禀赋接近的组群(group),一个组群的成员大多为“君子”,他们遵守有利于合作的社会规范,并对背叛者实施惩罚;而另一个组群内的成员则大多是“小人”,他们互相背叛,常常干些偷鸡摸狗的勾当。众所周知,偷盗是不会增加社会财富的,因此可以想象,随着时间的推移,“君子”组群积累的财富会远远大于“小人”组群。当财富累积到了一定的阶段,“君子”组群便可以用部分财富武装一支足以征服“小人”组群的军队。

因为存在着“君子”组群相对于“小人”组群的比较优势,因此,一般而言,落后的“小人”组群便有可能会通过两种途径走向“君子”组群。一种是被“君子”组群征服并且被强行植入合作规范;另一种则是知耻而后勇,搞“改革开放”,主动向“君子”组群学习或模仿。

把自然选择理解为群体之间的竞争,所基于的是群体主义方法论的演化视角。依据这样的一个演化视角,由上面的讨论可知,个体之间相互背叛的“小人”组群不是演化稳定的。

然而,诸如部落、企业、家庭、政府等群体并不能被视为自然选择的基本单位,因为它们都是由策略互动的个体所组成的社会。由于任何一个个体所处的情境中往往存在着其他个体所无法观察到的获利机会,因此,正如囚徒困境博弈所昭示的,具有自利动机的个体便会在利益驱使下采取诸如“寻租”“搭便车”“卸责”等机会主义的背叛行为,从而“蚕食”组织的凝聚力并使其偏离既定目标。

因此,理解社会群体的合作行为,不仅仅要基于群体主义方法论的演化视角,更要基于个人主义方法论的演化视角。

根据以上对囚徒困境的讨论,如果我们基于个人主义方法论的演化视角,那么背叛就是组群内每个成员的占优策略。这就意味着,“小人”社会更有可能是社会成员互动演化的均衡结果。

如果结合个人主义方法论和群体主义方法论的演化视角,那么很自然地就会出现如下的问题:组群之间有利于合作的竞争与组群内部有利于背叛的竞争