

“囚徒困境”的前世今生（中）

郝继仁 北京大学

一、引言

在《“囚徒困境”的前世今生》的上篇中，我们首先探讨了博弈论的起源、发展以及经典的囚徒困境模型。在囚徒困境模型中，相互合作能为博弈双方都带来更高的收益从而使整体收益更大，但是个体最大化自身收益的决策却是不合作。这形象地刻画了人类生活中个体利益与集体利益相互冲突的场景。因此，囚徒困境成为研究合作演化的典型博弈范式。

接着，我们讨论了两个参与者进行重复囚徒困境博弈时的策略。其中，我们发现重复囚徒困境博弈在特定的条件下可以产生与维持合作，其机制是直接互惠，即个体与相同的对手进行多次交互。直接互惠是Trivers于1971年首次提出的：如

果捐赠者A在单次交互过程中付出的代价比受赠者B可能从此次捐赠中获得的收益小，而且受赠者B很有可能在将来回报A，那么捐赠者A就会决定帮助受赠者。直接互惠可以直观地理解为：我愿意去帮助之前帮助过我的人，也就是我愿意和之前与我合作过的人进行合作，如图1所示。

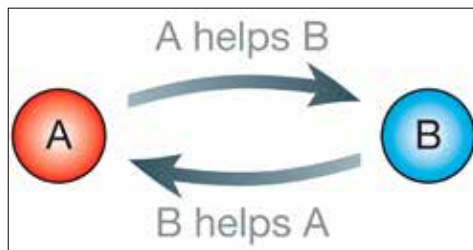


图1 直接互惠机制示意图

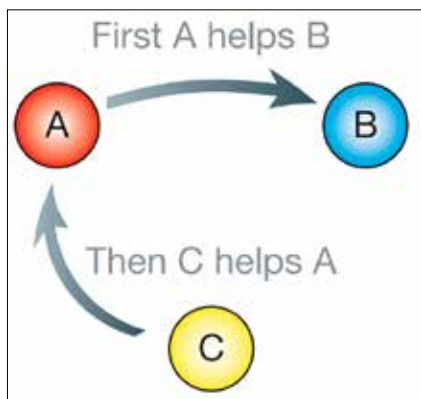
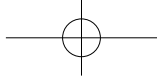


图2 间接互惠机制示意

但是，直接互惠机制并非总能有效地促进合作演化。例如，当群体规模比较大的时候，大部分个体之间重复交互的次数可能很少，甚至只有一次。在这种情况下，直接互惠对合作行为演化的促进作用不再明显。此时，我们需要进一步探索促进合作演化的机制。基于此，本文将在接下来的篇幅中介绍几种主要的合作演化机制。

二、基于声望的间接互惠

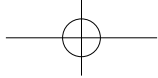
全球化和互联网的浪潮让世界各地的连接成为可能，应运而生的电子商务和在线社交网络等新兴科技极大地促进了陌生人之间的沟通。与传统的购物以及熟人社交不同的是，个体在电子商务与在线社交中遇到陌生商家或者个体的可能性大大增加。这种不同使得在传统的购物和熟人社交中起重要作用的直接互惠可能由于个体间的低频率交互、直接经验缺失而失效。此时，间接经验，即个体对将要交互的个体之前对其他个体的行为的了解，将会起到很重要的作用。这种基于间接经验的互惠行为我们称之为间接互惠（indirect reciprocity）。间接互惠最早是由学者 Alexander 于 1988 年在 Trivers 提出的直接互惠的基础上拓展而来的。通俗来讲，间接互惠指的是第三

方 C 会回报之前捐赠者 A 对受赠者 B 的帮助行为，因为 C 认为 A 是乐于助人的（见图 2）。

间接互惠和直接互惠不同的地方在于：间接互惠不再要求个体与其相遇的对手有交互历史，因而个体无法在当前回合回馈或者惩罚对手在上一回合的行为。在这种情况下，个体需要从其他途径了解对手之前的行为，从而采取相应的行动。在间接互惠中，声望系统就起到了这样的作用。正是由于声望的存在，间接互惠才得以在群体规模比较大的情况下也能促进合作的演化。例如，消费者更愿意在好评率高的淘宝店铺购买商品，以及更愿意相信社交网络上有信誉的大 V 们的发言。因此我们可以发现，无论是电子商务还是在线社交，其实都有基于声望的间接互惠的身影，也就是说个体对对手采取的行为很大程度上依赖于对手的声望。

基于声望的间接互惠涉及到声望的建立以及对群体内成员声望的不断评估，因此在此机制下的合作演化对个体的认知能力有着很高的要求，这就解释了为什么间接互惠在人类社会如此普遍。Alexander 甚至认为间接互惠机制是人类道德系统的基石。也正是因为人类社会中的普遍性，迄今基于声望的间接互惠吸引了大量学者对其进行研究。

在对基于声望的间接互惠的研究中，为了更方便地研究，学者们普遍使用简化版的囚徒困境模型。下面简单介绍一下该模型。假设现在有一个种群，这个种群可以无限大也可以有限。在每一时间步种群中的个体都会进行很多回合的博弈，每回合的博弈对象都是不同的。在每一回合，两个个体随机配对（随机选择其中一个个体作为捐赠者，另一方作为受赠者）进行囚徒困境博弈。捐赠者有两个选择：（1）付出代价 c 帮助受赠者，从而给受赠者提供好处 b ($b > c > 0$)；



(2) 不提供帮助, 双方都既没有损失也不会得到好处。在个体选择是否实施帮助的时候, 参考的是对方的声望。

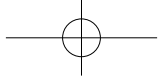
声望在间接互惠中是维持合作的核心, 个体声望的高低好坏直接影响到该个体在未来是否会被其他个体帮助, 因此声望的评估规则是研究中首要考虑的。关于声望的评估规则, 相关的学者提出了不同的方案。

Nowak和Sigmund于1998年在“Evolution of Indirect Reciprocity by Image Scoring”这篇论文中首次提出形象分 (image score) 的概念, 并基于形象评分 (image scoring) 建立了一个新的理论框架, 即间接互惠合作演化模型。他们利用计算机仿真实验揭示了间接互惠演化稳定所需的条件。在这个实验中, 他们用计算机模拟了一个由100个个体组成的群体, 并将群体中的个体分为三类: 无条件合作者 (ALLC), 无条件背叛者 (ALLD), 以及辨别者 (discriminator)。每个个体平均有2到3次与其他个体交互的机会。交互时, 个体被随机地选为捐赠者或者受赠者。每一时间步初始时, 所有个体的形象分都为0。当个体对其他个体实施帮助时, 该个体的形象分增加1, 而拒绝帮助时, 该个体的形象分减少1。捐赠者在决定是否帮助受赠者时只考虑受赠者的形象分, 并且捐赠者的策略由 k 表示, 其取值范围为 $[-5, 6]$ 。该策略表明当且仅当受赠者的形象分大于等于 k 时, 捐赠者才会给予帮助。因此, 一个 $k=-5$ 的个体会帮助任何形象分大于等于-5的个体, 即他会无条件地提供帮助, 所以被称为无条件合作者; $k=6$ 的个体会无条件地拒绝帮助, 所以被称为无条件背叛者; 其余 k 值在 $[-4, 5]$ 之间的个体, 都会对其他个体的形象分在每一时间步, 被称为辨别者。而 $k=0$ 的个体是最具区分性的, 他会帮助具有0分及以上形象分的个体。形象分为0分及以上的

个体总体来说实施帮助的次数大于等于不帮助的次数, 因此属于合作性的个体。每一时间步结束后, 各策略子代的数量与其获得的收益成正比。不断重复以上过程, 最终模拟结果显示: 在150代之后, 群体中所有个体采取的策略都是最具区分性的策略 ($k=0$)。因此, 形象评分这种声望评估规则在基于间接互惠的合作演化中起着重要作用。

随后, 为了进一步从理论上验证形象评分这种评估规则对合作演化的促进作用, Nowak和Sigmund在论文“*The Dynamics of Indirect Reciprocity*”中对形象分为二值 (即要么是好人, 要么是坏人) 的极端情况进行了研究。他们假定辨别者的记忆非常有限且只能记住对手上一回合的行为, 因此辨别者只能根据对手上一回合的表现对其进行形象评分: 若上一回合对手实施了帮助, 那么这一回合对手的形象分为好人 (Good, 表示为G), 否则为坏人 (Bad, 表示为B)。仿真实验结果如图3所示, 其中三角形的顶点 e_1, e_2, e_3 分别代表群体中所有个体都是无条件合作者, 无条件背叛者或者辨别者。由图3我们可以看出: 1) 在没有辨别者存在的条件下, 无条件背叛者会占优, 取代无条件合作者 (e_1-e_2 边, 箭头表示演化方向); 2) 在没有无条件背叛者的情况下, 辨别者和无条件合作者共存达到均衡 (e_1-e_3 边); 3) 在没有无条件合作者存在的条件下, 辨别者和无条件背叛者形成双稳态 (e_2-e_3 边)。

在上述Nowak和Sigmund的研究中, 他们所提出的形象分是基于对手上一回合的行为所得到的。虽然这种思路非常具有开拓性, 但是也存在一些弊端: (1) 在Nowak和Sigmund的研究中, 个体在实施行为的时候不会出错, 这是不符合实际的; (2) 使用形象评分的个体在考虑是否提供帮助时其实并没有激励去考虑别人的形象分,



因为他自身的形象分完全决定了自己未来是否会获得别人的帮助，而这个得分只取决于自己的行为，与对手的形象分无关；（3）对于一个形象分很低的个体，辨别者是不会实施帮助的（这里可以理解为对评分不好的个体的一种惩罚），但这却会降低辨别者自身的形象分，使得该个体将来的利益受损。基于（1）和（2），Leimar和Hammerstein进行了后续研究，并发现当存在行为实施错误（implementation error）的时候，基于形象分的策略 $k=0$ 就不再具有演化稳定性了，因为它可以被另外一种策略入侵和取代，该策略只在自身形象分低于1的时候提供帮助，否则不帮助任何人。

而对于（3）的思考则启发了Ohtsuki和Iwasa的研究，他们试图解答什么样的背叛（不提供帮助）是合理的，或者更一般地，什么样的行为才能被定义为好或者坏。2004年，Ohtsuki和Iwasa在论文“*How Should We Define Goodness? – Reputation Dynamics in Indirect Reciprocity*”详尽地研究了在间接互惠的基础上种群中个体维持合作行为的条件。在他们的模型中，个体的声望只有两种取值，好或者坏；声望的评估基于的是个体在上回合中的声望、对手的声望以及他们的交互行为；另外，个体还有行为策略，在知道自己和对手的声望时，该策略决定了个体会采取什么样的行为。基于此，Ohtsuki和Iwasa详尽地研究了4096种可能的声望评估规则-行为策略对演化稳定的条件。最终，Ohtsuki和Iwasa发现，有八种“声望动态-行为策略”对（pair of reputation dynamic and behavioral strategy）在间接互惠的演化中起着至关重要的作用，因而被称为“前八名”（the leading eight）。具体来说，声望动态指的是当一个个体在自己的声望是 i 以及对手的声望是 j 的情况下采取行动 X 时，此个体在下一回合的声望，表

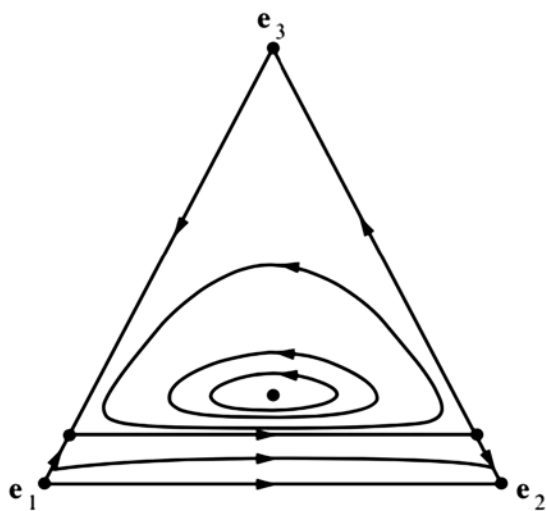
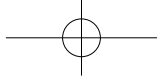


图3 形象分为二值（好人或坏人）情况下的仿真实验结果图（源自参考文献[1]）

示为 $d(i, j, X)$ 。行为策略指的是个体根据上一回合自己和对手的声望来决定这一回合的行为的规则，即选择帮助对手还是不帮助，表示为 $p(i, j)$ 。因此，“声望动态-行为策略”对其实指的是一种特定的社会规范，可以表示为 (d, p) 。“前八名”有这样一些共同的特征：（1）任何一个人无论好坏，只要他帮助好人，那么他就是好人；（2）任何一个人，只要不帮助好人，他就是坏人；（3）不帮助坏人的好人依然是好人。

接着，Ohtsuki和Iwasa在2006年的论文“*The leading eight: social norms that can maintain cooperation by indirect reciprocity*”中对这八种社会规范进行了更深入的研究，他们假设个体在每一时间步所经历的博弈回合数服从几何分布，并将博弈下一回合发生的概率记为 $w(0 < w < 1)$ 。当 w 接近1的时候，每个个体在每一时间步都会进行很多回合的博弈而且对手都是不同的个体；当 w 趋近0的时候，个体进行博弈的总回合数有很大概率只有一次，这样未来互动产生互惠的可能性就会大



大减少，声望好的个体从第三方得到的回报也会大大减少。此外，他们对这八种社会规范促进合作的原因进行了直观解释：（1）维持合作，在某种社会规范占优的种群中，大多数的个体应该都拥有好的声望、个体之间应该相互合作并且相互合作不会改变个体好的声望；（2）个体应能够通过声望识别无条件背叛者并对其进行惩罚，假设在某个社会规范占优的种群中出现了一个无条件背叛者（即在任何情况下都不会实施帮助的个体），由于该种群中绝大多数的个体都拥有好的声望，所以这个无条件背叛者会立即被贴上坏人的标签（即拥有坏的声望），在下一回合其他个体就会拒绝给这个背叛者提供帮助，与此同时也不会因此而失去自己好的声望；（3）能够给予偶尔背叛的个体道歉以及被原谅的机会，由于执行错误的存在，个体有可能本意是实施帮助但却无法达成；在这样的情况下，如果一个个体被贴上了坏人的标签，他应该能在下一回合通过实施帮助来进行道歉，并且这种帮助行为能使该个体的声望在下一回合恢复为好的声望。

综上，声望的评估规则经历了由浅入深、由简单到复杂的发展过程。最初由Nowak和Sigmund提出形象评分的方法，计算机仿真实验结果显示了形象评分在间接互惠合作演化中的重要作用。但是由于形象评分存在一些问题，后续学者对基于声望的间接互惠进行了更为深入的探索，特别是Ohtsuki和Iwasa对于好声望定义的研究导致了“前八名”策略的发现。这些研究成果为日后研究不同道德规范的演化奠定了基础。

三、网络互惠

前文中，我们讲到了学者们利用囚徒困境对直接互惠和间接互惠进行了研究。但是这些直接互惠和间接互惠的研究大部分都是在混合均匀种群中进行的，即假设个体与个体间的交互是随机

的，这忽略了现实社会中个体间的交互受限于个体的地理位置与社会关系的事实。在具有空间结构和社会网络的群体中，某些个体会比其他个体交互的次数更多。显然，这些结构化因素在合作演化的过程中也发挥着重要的作用。这种基于空间结构而导致的个体的互惠行为我们称之为网络互惠（network reciprocity）。同样地，网络互惠也吸引了相关学者们的极大兴趣。接下来，我们着重讨论囚徒困境在不同网络结构上的研究。

网络互惠这方面的研究最早开始于方格网上的囚徒困境演化博弈，以Nowak和May于1992年在Nature杂志上发表的开创性论文“Evolutionary Games and Spatial Chaos”为标志。在这篇论文中，Nowak和May用囚徒困境博弈描述个体之间的相互作用，并将参与博弈的个体置于一个 $n*n$ 方格网的节点上，每个个体与自己以及直接相邻的8个邻居进行博弈，收益矩阵如矩阵1所示，其中 $T>R>P>S$ 。个体所有博弈得到的累计收益为自身的收益。然后，个体通过模仿邻居（包括自己）中收益最大的个体的策略来调整自己的博弈策略。为了简化研究，令囚徒困境博弈中的参数为 $R=1, T=b(b>1), S=0, P=x$ （ x 是一个非常接近0的正实数）。这样的简化不会影响到博弈行为演化的动力学特征，参数 b 取值越大，背叛行为的收益越大，也就是采取背叛行为对个体的诱惑越大。

$$\begin{matrix} C & D \\ D & \end{matrix} \begin{pmatrix} C & D \\ R & S \\ T & P \end{pmatrix} = \begin{matrix} C & D \\ D & \end{matrix} \begin{pmatrix} C & D \\ 1 & 0 \\ b & x \end{pmatrix}$$

矩阵1 方格网上的囚徒困境博弈收益矩阵

他们进行仿真实验的方格网大小为200*200，以10%的背叛者和90%的合作者作为初始条件，随机分布在边界固定的方格网上。图4所示为200代以后，在不同的参数 b 下，方格网上的合作行为演

化均衡状态图。图中的颜色说明如下：1) 蓝紫色代表上一代为合作者，这一代依旧是合作者的个体；2) 红色代表上一代为背叛者，这一代依旧是背叛者的个体；3) 黄色代表上一代是合作者，这一代变为背叛者的个体；4) 绿色代表上一代是背叛者，这一代是合作者的个体。黄色和绿色格子的数量反映了从上一代到下一代行为发生转变的个体的数量。

这幅图片中展示了两个示例：示例A和示例B。其中，持续合作的个体能够通过形成团簇来抵御背叛行为带来的诱惑，在演化均衡状态得以存活。此外，随着背叛诱惑 b 的增大，动态均衡状态下的合作者比例减小，背叛者的比例增大。当背叛诱惑 b 在 $(1.75, 1.8)$ 范围内时，合作者的比例处于 $(0.75, 0.9)$ 之间；当背叛诱惑 b 在 $(1.8, 2)$ 时，合作者的比例大概处于 $(0, 0.318)$ 之间。

Nowak和May的研究发现，网络结构所导致的个体间的局部交互作用对合作行为有着积极的作用，这是因为合作者在演化过程中能与其他合作者在方格网上形成团簇，从而抵抗背叛者的入

侵，而且演化结果呈现了奇妙的“波斯毯”现象，如图5所示。他们的研究也极大地启发了领域内其他的学者，在他们研究的基础上，学者们进一步探讨了不同形式规则网络上的博弈行为，关注不同网络的细节对合作演化的影响。

尽管Nowak和May的研究非常有开创性，但是也有一定的局限性：二维方格网是一种简单的空间规则网络，而现实中的网络结构往往要更加复杂。虽然现实世界中的网络类型非常多样化，但是却存在着一些相似的网络结构特性。在绝大多数网络中，少数的个体拥有大量的社会连接，而绝大多数个体只有少量的社会连接。1999年Barabási和Albert在Science杂志上揭示了真实网络中的度分布和幂律特性，并提出了基于增长和偏好连接机制的无标度网络生成模型。

随着复杂网络的兴起，复杂网络上的演化博弈逐渐成为了研究热点，学者们在这个方向上开展了大量的工作。其中较为经典的是Santos和Pacheco于2005年在论文“Scale-Free Networks Provide a Unifying Framework for the Emergence of

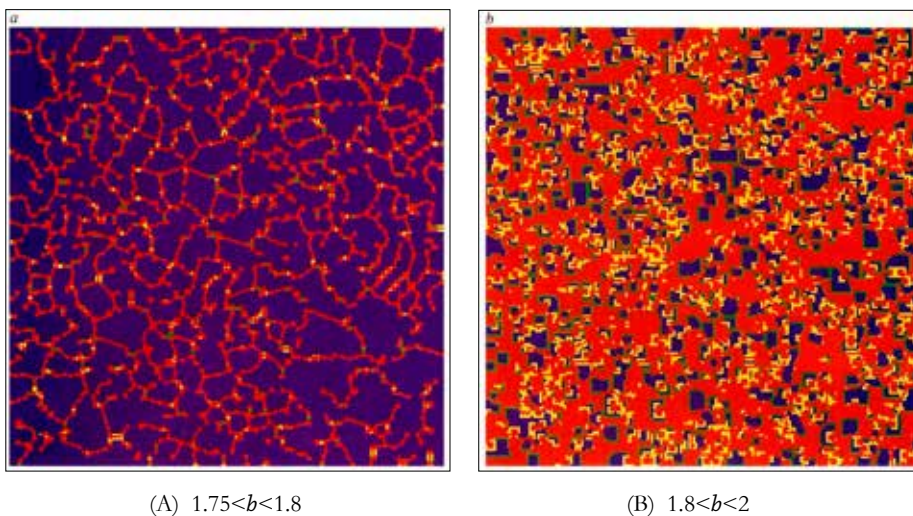


图4 空间(200*200的方格网)囚徒困境博弈动态均衡状态图(源自参考文献[7])

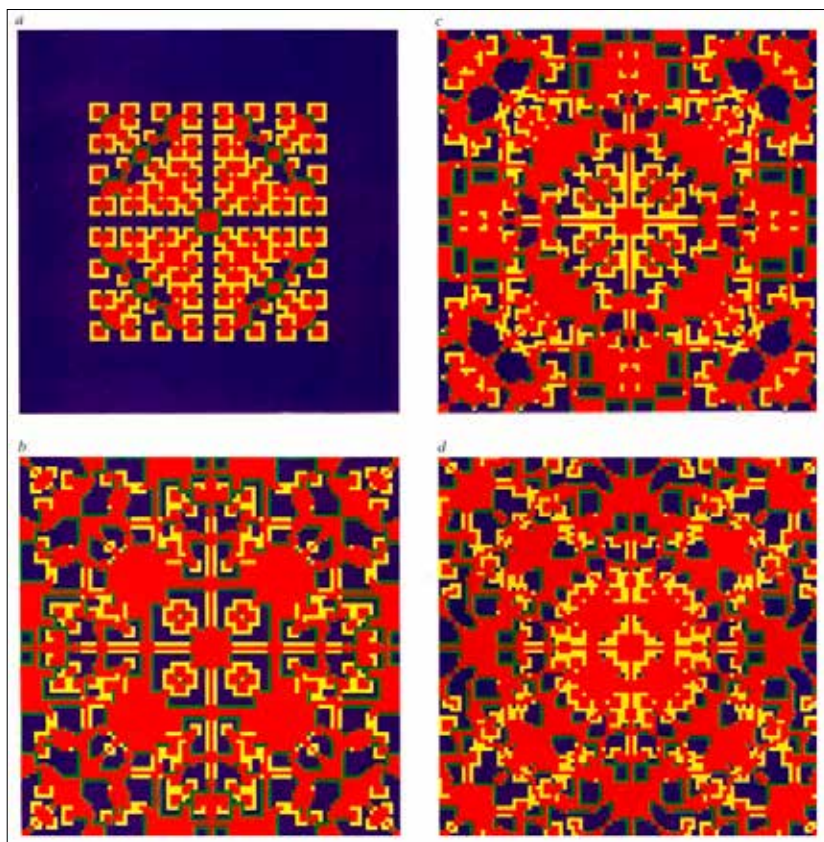
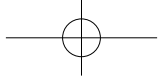


图5 空间(99*99的方格网)囚徒困境博弈合作行为的动态演化过程(源自参考文献[7])

Cooperation”中对无标度网络上演化博弈的系统研究。

Santos和Pacheco设计了两个网络(规则网络,以及基于增加和优先连接机制的无标度网络)的对比实验。两个网络的大小相同,初始种群都有10000个个体,分别占据了两个网络的顶点。合作者和背叛者的初始密度都是0.5,并随机分布在种群中。最终的合作者和背叛者的均衡密度是取10000代博弈之后的1000代博弈的平均值。在囚徒困境博弈中,合作者密度是关于参数 b 的一个函数。每次实验都重复进行了100次,最终的数据是这100次实验结果的平均值。即使通过增长和优先连接来生成网络,合作的演化也是在最终生成的静态网络上进行的,即在整个演化过程中顶

点和边的数量是不变的。

图6所示为囚徒困境博弈模型在两个网络上的合作行为演化均衡结果,横坐标是收益矩阵中的参数,纵坐标是合作者密度。图6中的 z 表示无标度网络的平均度。图6的上下两部分对应着不同的网络,分别为规则网络和无标度网络。对比观察可以发现在无标度网络上,囚徒困境博弈表现出比在规则网络上更高的合作者均衡密度,而且随着模型收益矩阵参数 b 的增大,合作者密度依旧维持着较高的水平,下降趋势也更加平缓,充分显示出无标度网络对合作行为的促进和维持作用。

此外,Santos还研究了在种群规模较小($N=512$ 以及 $N=128$)的条件下无标度网络对于合作行为的影响,结果发现无标度网络对于合作

行为的促进作用在个体数目较少的条件下依然成立。图7给出了小规模种群在无标度网络上的合作行为演化结果。从图上可以看出在种群内个体数量为 $N=512$ 和 $N=128$ 时，无标度网络上的合作者密度要远远高于规则网络上的合作者密度，说明无标度网络对合作行为有着非常强的促进作用。

Santos和 Pacheco的这项研究首次在无标度网络上探索了囚徒困境中合作行为的演化，他们发现与规则网络相比，网络的无标度特性使得合作水平极大提高。具体原因是在异质性高的无标度网络中，节点的邻居数目之间差异性大，从而

有利于合作者占据网络中的高连接度（邻居数目多）节点（hub节点），并影响周围的邻居也采用合作策略，进而促进合作行为的演化。而无标度网络中增长或偏好连接机制中的任何机制的缺失都会使得群体的合作水平有所减弱。

对于网络互惠的探索，除了上述的实验仿真研究之外，学者们也开展了大量的理论研究和人类行为学实验研究。其中比较有影响力的研究成果有Ohtsuki等人于2006年发表在Nature上的“A Simple Rule for the Evolution of Cooperation on Graphs and Social Networks”，以及Rand等

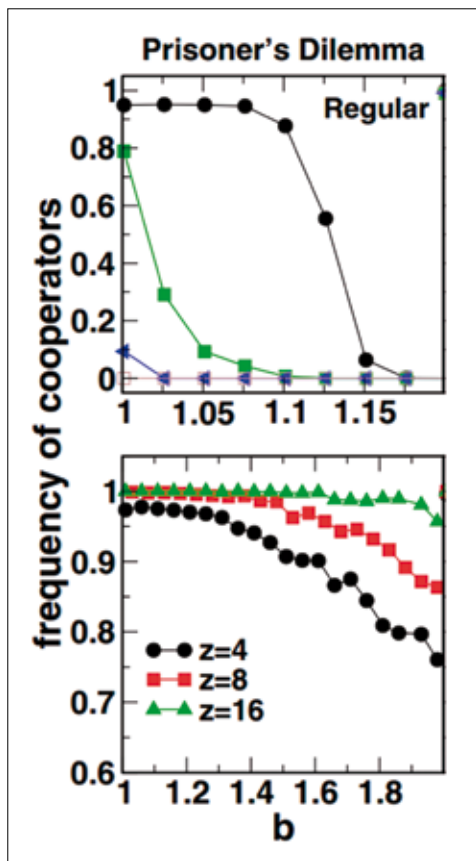


图6 囚徒困境博弈在规则网络和无标度网络上动态均衡状态下的合作者密度图
(源自参考文献[8])

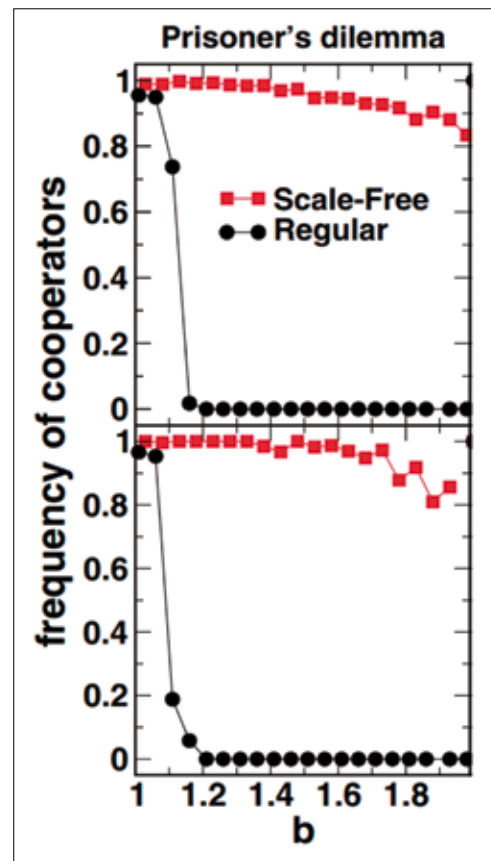


图7 小规模种群在无标度网络上的合作行为演化图（源自参考文献[8]）

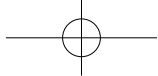
人于2014年在美国国家科学院院刊上发表的“Static Network Structure Can Stabilize Human Cooperation”。Ohtsuki等人从理论上揭示了只有当合作行为带来的收益 b 与合作行为的代价 c 的比值超过网络的平均度 k 时,合作行为才能够演化。该结论适用于各种复杂的网络,如规则网络、随机网络,以及无标度网络。进一步地,Rand等人通过行为学实验证实了该结论。

四、小结

囚徒困境博弈作为刻画现实世界中个体利益与集体利益冲突的经典模型,从20世纪50年代被提出到现在已经被广泛应用于经济学、社会学、政治学、演化生物学等诸多领域。其中一个比较重要的应用是作为典型的博弈范式来研究合作演化问题。达尔文的自然选择学说认为生物都是自利的,这与现实中广泛存在的合作现象产生了矛盾。研究合作演化问题的重要之处在于,它能够在这个矛盾提供合理的解释,并且该方面的研究结果能给现实生活带来新的见解,从而可以被用来促进个体间的合作。正是由于其重要的研究价值,探索合作行为的演化成为了当前最具挑战性的热点研究问题之一。值得一提的是,Nowak于2006年在Science杂志发文总结了促进合作演化的五种重要机制,分别是亲缘选择、直接互惠、间接互惠、网络互惠和群体选择。本文的上篇和中篇详细介绍了直接互惠、间接互惠和网络互惠。另外两种机制,亲缘选择和群体选择也在很大程度上促进了种群中合作行为的涌现。实际上,人类社会中的合作的演化并不是由单一机制造成的,而是多种机制相互耦合、相互作用的结果。因此,多种机制耦合作用下的合作演化动力学是当下亟待探索的重要课题之一。

参考文献

- [1] NOWAK M A, SIGMUND K. Tit for tat in heterogeneous populations [J]. *Nature*, 1992, 355(6357): 250–253.
- [2] NOWAK M A, SIGMUND K. Evolution of indirect reciprocity by image scoring [J]. *Nature*, 1998, 393(6685): 573–577.
- [3] NOWAK M A, SIGMUND K. The dynamics of indirect reciprocity [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1998, 194(4): 561–574.
- [4] NOWAK M A, SIGMUND K. Evolution of indirect reciprocity [J]. *Nature*, 2005, 437(7063): 1291–1298.
- [5] OHTSUKI H, IWASA Y. How should we define goodness? – reputation dynamics in indirect reciprocity [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 2004, 231(1): 107–120.
- [6] OHTSUKI H, IWASA Y. The leading eight: social norms that can maintain cooperation by indirect reciprocity [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 2006, 239(4): 435–444.
- [7] NOWAK M A, MAY R. Evolutionary games and spatial chaos [J]. *Nature*, 1992, 359(6398):826–829.
- [8] SANTOS F C, PACHECO J M. Scale-free networks provide a unifying framework for the emergence of cooperation [J]. *Physical Review Letter*, 2005, 95:098104.
- [9] OHTSUKI H, HAUERT C, LIEBERMAN E, et al. A simple rule for the evolution of cooperation on graphs and social networks [J]. *Nature*, 2006, 441(7092): 502–505.
- [10] RAND D G, NOWAK M A, FOWLER J H, et al. Static network structure can stabilize human cooperation [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, 111(48): 17093–17098.
- [11] NOWAK M A. Five rules for the evolution of cooperation [J]. *Science*, 2006, 314(5805): 1560–1563.



系统科学与数学

编委会 (按姓氏汉语拼音排序)

名誉主编: 吴文俊
 顾问: 陈翰馥 郭雷 黄琳 林群
 马志明 汪寿阳 王跃飞 万哲先
 袁亚湘 张恭庆 张景中
 主编: 张纪峰
 副主编: 房勇 李子明 孙振东 邹国华

编委:

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 艾明要 | 曹礼群 | 曹永林 | 柴树根 | 陈积明 | 陈旭瑾 |
| 程龙 | 邓建松 | 邓映蒲 | 董宏丽 | 董纪昌 | 方浩 |
| 方勇纯 | 高自友 | 郭田德 | 侯增广 | 侯忠生 | 黄海军 |
| 纪志坚 | 贾庆山 | 贾忠伟 | 康宇 | 寇纲 | 李建斌 |
| 李建平 | 李娟 | 李雷 | 李韬 | 梁樾 | 林华珍 |
| 刘妹琴 | 刘秀丽 | 刘志新 | 孟斌 | 彭怡 | 乔晗 |
| 沈晓静 | 孙书利 | 谭民 | 唐锡晋 | 汪小戎 | 王光臣 |
| 王建东 | 王金亭 | 王珏 | 文风华 | 吴立刚 | 席在蒙 |
| 夏元清 | 肖峰 | 谢颖超 | 熊熊 | 许跟起 | 杨新民 |
| 杨莹 | 游科友 | 余乐安 | 虞文武 | 袁春明 | 曾广兴 |
| 张波 | 张海涛 | 张利军 | 张颖伟 | 赵文城 | |
| 支丽红 | 周彬 | 朱利平 | 邹长亮 | | |

投稿

欢迎从事系统科学与数理科学研究的广大科研工作者向《系统科学与数学》投稿。

请通过本刊网站www.sysmath.com进行在线注册投稿。

订约

欢迎国内外大中专院校、科研院所图书馆和院系及热衷于了解系统科学与数理科学前沿研究和最新动态的科研和教学人员及各界人士订阅本刊。
 国内邮发代号: 2-563
 国外发行刊号: Q 611
 或直接通过编辑部订约

广告

本刊在国内外有良好的发行成绩并已开展彩色和黑白页面的广告业务。欢迎欲加强宣传扩大影响的国内外大学、科研院所等单位刊登广告信息, 会议信息, 产品或书刊介绍, 杂志征文等。有意者请与编辑部联系。



期刊简介 (ISSN 1000-0577 CN 11-2019/O1)

《系统科学与数学》是由中国科学院数学与系统科学研究院主办的国内外公开发行的学报类月刊, 是国内核心期刊之一, 主要刊登系统科学以及与系统科学有关的数学、交叉科学、工程应用等方面在理论和方法上具有创造性的学术论文, 创造性地解决实际问题的科学技术报告, 以及重要学术动态的报道。读者对象是国内系统科学及其交叉科学的科学技术与教学工作者。

本刊刊登内容包括: 系统理论与控制、系统工程与管理、统计方法及应用、信息处理和计算机数学等领域的学术论文及技术报告, 重要学术动态和学术活动信息等。

本刊为国内核心期刊, 中国期刊方阵期刊, 被国内外多个检索机构收录, 如美国数学评论, 德国数学评论, 中国科学引文数据库等。

编辑部联系方式

地址: 北京市中关村东路55号
 中国科学院数学与系统科学研究院
 邮编: 100190
 Email: jssms@iss.ac.cn
 xtkx@amss.ac.cn
 xtkx2@amss.ac.cn

www.sysmath.com