

第十二章 演化博弈与自发秩序



1

本章概览

- 12.1 演化博弈的基本要素；
- 12.2 演化博弈举例；
- 12.3 囚徒困境与合作文化的演进；
- 12.4 自发秩序与产权制度的演化。

2

12.1 演化博弈的基本要素

- 从生物进化到社会演进
- 演化稳定战略
- 生物进化与社会演化的不同
- 单元均衡与多元均衡

3

理性与经验

- 传统博弈理论:每个人都是理性的,并且理性和博弈结构是共同知识; 每个人都在选择战略最大化自己的利益; 只要知道博弈的结构,就可以预测均衡结果;
- 但其他社会科学家一直对理性人假设抱有怀疑;
- 人类制度的自发演化---非设计性 (休谟; 哈耶克)。

4

演化博弈

- 约翰·梅纳德·史密斯：“演化博弈论之父”



5

演化博弈

- 生物博弈是基因之间的博弈；
- 生物行为（战略）是由基因决定的；基因的生存和繁殖由自然选择决定；最适合生存的基因不断繁衍，而不适合生存的基因被淘汰；生物进化是一个自然选择的过程；最后可能导致一个稳定状态。

6

演化稳定战略

- 演化稳定博弈（ESS）：evolutionary stable strategies:
- 种群中可以持续存在的行为方式；
- 静态：一个特定的行为方式被称为是演化稳定的，如果它的种群不能为变异所成功侵入；或者说，任何偏离行为的个体具有更低的生存能力，种群将会恢复到原来的状态；
- 动态：假定初始状态存在多样的行为方式，随着时间的推移，如果某个特定的行为方式能逐步主导整个种群，这个特定的行为方式就是演化稳定博弈（ESS）。

7

ESS与纳什均衡

- ESS一定是纳什均衡，但并非所有的纳什均衡都是ESS；
- 演化过程可以帮助选择特定的纳什均衡。

8

生物进化与社会演化的不同

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 战略： <ul style="list-style-type: none"> - 生物行为是基因决定的，个体没有选择性； • 适应性(fitness): <ul style="list-style-type: none"> - 基因的繁殖能力； • 传递： <ul style="list-style-type: none"> - 基因遗传； | <ul style="list-style-type: none"> • 战略： <ul style="list-style-type: none"> - 人是理性的，人的社会行为并不完全取决于基因,而是与社会环境、文化、教育、以及个体的经验等因素等有关；个体有选择性。 • 适应性： <ul style="list-style-type: none"> - 总的或平均的报酬 (payoff)； • 传递： <ul style="list-style-type: none"> - 成功的人将信息传输给朋友、同事；好的行为方式会被学习、模仿；人们也会有意识地通过“试错”的办法寻找好的战略；所以社会和教育机制更为重要。 |
|---|---|

9

单元均衡与多元均衡

- 演化稳定状态可能只有一个演化稳定战略（行为方式），也可能包含多个具有同样适应性的行为方式；
- 前者称为单元均衡；
- 后者称为多元均衡。

10

12.2 演化博弈举例

- 协调博弈
- 婚姻博弈
- 鹰鸽博弈

11

协调博弈：左撇子与右撇子

- 设想总人口中有两类人：一类人是左撇子；另一类人是右撇子；
- 任意挑选其中的一对进行博弈；
- 支付矩阵如下图所示；
- 注意：战略是先天决定的，参与者并不在两种战略之间选择。

12

左撇子与右撇子

	左撇子	右撇子
左撇子	1, 1	0, 0
右撇子	0, 0	1, 1

13

谁最适合生存？

- 答案依赖与初始的人口分布。直观。
- 假定总人口中有 x 的比例是左撇子， $1-x$ 的比例是右撇子。那么，左撇子的预期支付为： $x1+(1-x)0=x$;
- 右撇子的预期支付： $x0+(1-x)1=1-x$;
- $x > (1-x) \longrightarrow x > 1/2$

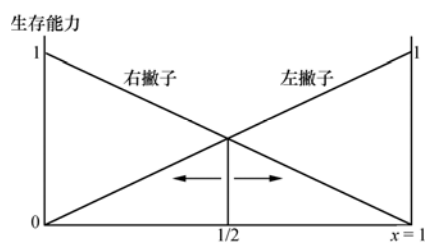
14

三个均衡

- 如果 $x > 1/2$ ，左撇子更具生存能力，他们的比例将增加，直到100%；单元均衡；
- 如果 $x < 1/2$ ，右撇子更具有生存能力，他们的比例将增加，直到100%；单元均衡；
- 如果 $x = 1/2$ ，两类人的生存能力相同；二元均衡。
- 但只有前两个均衡是ESS；单元均衡。

15

图示



16

与理性人博弈比较

- 如果战略是理性人选择的结果，这个博弈也有三个均衡：（左撇子，左撇子）；（右撇子，右撇子）；（1/2左，1/2右）（混合战略）；
- 所以，并非所有的纳什均衡都是演化稳定均衡；
- 但与“混合战略均衡”解释不同：每个人都是纯战略，只是一半人用左手，另一半人用右手；
- 演化稳定性为选择特定的纳什均衡提供了新的依据；
- 演化稳定单元均衡：战略是对自身的最优反应（reply）。

17

父母怎样教育孩子

- 一旦使用右手成为主导习惯，少数左撇子的存在并不能改变结果；
- 所以为了孩子的利益，父母会教育孩子用右手；
- 用手的习惯既有基因的遗传，也有后天的训练。
- 这可能是社会行为的典型特征。

18

example

交通博弈

	靠左行	靠右行
靠左行	1, 1	-1, -1
靠右行	-1, -1	1, 1

19

example

婚姻博弈

	物质型	感情型
物质型	1, 1	0, 0
感情型	0, 0	2, 2

20

谁将适合生存？

- 假定总人口中，物质型的比例为 x ，感情型的比例为 $(1-x)$ ；
- 那么，对任何一个个体而言，物质型的预期支付： $x \cdot 1 + (1-x) \cdot 0 = x$ ；
- 感情型的预期支付： $x \cdot 0 + (1-x) \cdot 2 = 2(1-x)$ ；
- $x = 2/3$

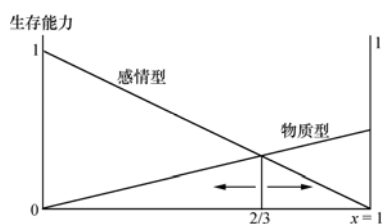
21

均衡

- 如果 $x > 2/3$ ，物质型更适合生存，将演化成稳定均衡；
- 如果 $x < 2/3$ ，感情型更适合生存，将演化成稳定均衡；
- 如果 $x = 2/3$ ，两类人有同样的适应性，但这一（二元）均衡是非稳定的；
- 演化均衡不一定是帕累托最优均衡。

22

图示



23

example

婚姻的习俗

- 找对象的主流模式影响个体的行为；物质主义盛行的社会，任何人都难以不随波逐流；
- 门当户对；
- 婚姻选择与多元均衡：即使物质型大于 $2/3$ ，感情型也可能生存下来。

24

锁定与路径依赖

- 演化均衡意味着技术、社会制度都可能长时间锁定在非帕累托状态；
- 但不同制度之间的竞争可能打破非帕累托均衡；
- 如全球化对公司治理结构以及其他制度的影响。

25

鹰鸽博弈

	HAWK	DOVE
HAWK	-1, -1	1, 0
DOVE	0, 1	0.5, 0.5

26

生存能力

- 假定鹰派的比例是 x ，鸽派的比例是 $1-x$ ；
- 鹰派的支付： $-x+(1-x)=1-2x$ ；
- 鸽派的支付： $0x+0.5(1-x)=0.5(1-x)$ ；
- $1-2x > 0.5(1-x)$ ；
- $x < 1/3$

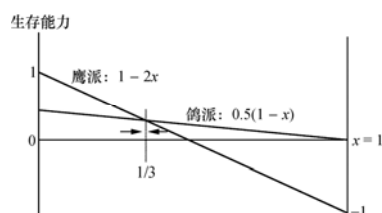
27

均衡

- 如果 $x < 1/3$ ，鹰派占优势；不稳定
- 如果 $x > 1/3$ ，鸽派占优势；不稳定
- 如果 $x = 1/3$ ，同样的适应性；稳定
- 稳定均衡是鹰鸽并存。

28

图示



29

二元均衡

- 鹰派和鸽派同时并存;
- 如果初始人口由单一类型构成, 另一类型可以成功入侵, 直到均衡;
- 少数派占优势。

30

12.3 囚徒困境与合作文化的演进

- 囚徒困境博弈
- 弱稳定与强稳定
- 合作文化的破坏

31

囚徒困境

	合作	不合作
合作	4, 4	-1, 6
不合作	6, -1	0, 0

32

一次性博弈

- “不合作” 演化稳定均衡；
- 一般地， 如果存在占优战略, 该占优战略是演化稳定战略（ESS）。

33

博弈重复两次

	ALL-C	TFT	ALL-D
ALL-C	8, 8	8, 8	-2, 12
TFT	8, 8	8, 8	-1, 6
ALL-D	12, -2	6, -1	0, 0

34

谁将生存？

- 首先注意到， 幼稚的合作型生存能力最差： 如果遇到ALL-C和TFT， 与TFT得到相同的支付， 但如果遇到ALL-D， 则比TFT更糟；
- 所以TFT比ALL-C更能生存；
- 如果初始人口由ALL-C和ALL-D组成， TFT将可以成功的侵入；
- 如果初始人口全是ALL-C或由ALL-C和TFT组成， ALL-D将可以成功入侵；
- 所以ALL-C不是ESS。

35

两类： ALL-D和TFT

	TFT	ALL-D
TFT	8, 8	-1, 6
ALL-D	6, -1	0, 0

36

谁将生存？

- 假定初始人口中TFT的比例为 x ，ALL-D的比例为 $(1-x)$ ；
- TFT的预期支付： $8x - (1-x) = 9x - 1$
- ALL-D的预期支付： $6x + 0(1-x) = 6x$
- $9x - 1 > 6x$
- $x > 1/3$

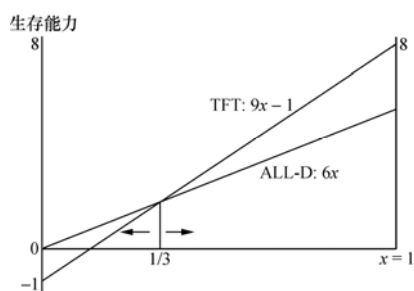
37

均衡

- 如果 $x > 1/3$, TFT生存；稳定均衡；
- 如果 $x < 1/3$, ALL-D生存；稳定均衡；
- 如果 $x = 1/3$ ，二者同样生存，但不是稳定均衡。

38

图示



39

N次博弈

	TFT	ALL-D
TFT	$4n, 4n$	$-1, 6$
ALL-D	$6, -1$	$0, 0$

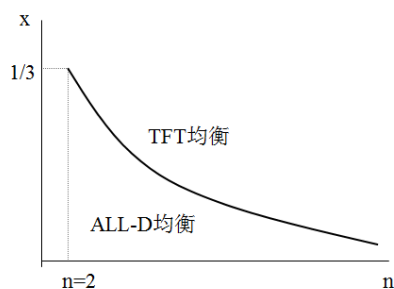
40

生存能力

- TFT: $4nx - (1-x)$;
- ALL-D: $6x + 0(1-x) = 6x$
- $4nx - (1-x) > 6x$
- $(4n-5)x > 1$
- $x > 1/(4n-5)$

41

X与N的关系



42

罗伯特·阿克赛尔罗德实验

- 阿克赛尔罗德(1981,1984)著名的实验证明, 在14种战略中, TFT是最成功的;
- 在第2个实验中, 在62个战略中, TFT是最成功的。



43

弱稳定与强稳定

- 稳定性依赖于变异战略的种类;
- 假定原来的人口全由TFT组成。如果变异是ALL-C, 合作继续维持, 但比例不会变化;
- 强稳定(strong stable): 变异入侵之后, 原战略比例会增加直到把变异者消灭为止;
- 弱稳定(weak stable): 变异入侵后, 比例不会变化。“中性变异”

44

TFT, TF2T, STFT

- ALL-C和TF2T是TFT的中性变异；
- 如果初始人口由TFT和TF2T组成，STFT入侵后，TFT将消失；
- 所以，TFT甚至不是弱稳定战略。人们将模仿成功者。

45

其他导致合作的战略

- 宽宏的以牙还牙：以牙还牙的变种。永远以合作的态度来回报对方的合作；当遇到背叛时，以某一概率与对方合作；
- **赢定输移**（傻瓜策略）：如果我们在上一轮中都采取合作行为，那么我会再次选择合作；如果我们在上一轮中都采取了背叛行为，那么我会以某一概率与对方合作；如果我们在上一轮中采取了不同的行为，那么我会选择背叛。

46

实验结果

- 诺瓦克等人的实验证明：“赢定输移”比“以牙还牙”和“宽宏以牙还牙”战略更好。
- “宽宏以牙还牙”具有仁慈的特点，容忍一定的错误；
- “赢定输移”需要更少的认知技能（只关注自身的得失），具有自我保护机制（免遭机会主义者的盘剥）。

47

合作社会会被破坏吗？

- 假定TFT长时间维持了社会的合作；人们可能变成ALL-C类型；此时，ALL-D入侵后，将可能蔓延很长时间，甚至导致整个社会进入非合作社会。

48

example

TFT: 动物界的合作

- Manfred Milinski (1987): among certain small fish that face an iterated PD;
- 当一条大鱼进入一群小鱼的池塘时，一条或更多的小鱼将接近它，侦察它是否有危险。这种抵近侦察活动对这些侦察者是有风险的，但对整个鱼群是有好处的：如果侵入者不是掠夺者或者不是特别饥饿，小鱼无须疏散。
- PD: 每个个体都有很强的动机背叛，让其他鱼完成侦察；但是如果所有的鱼都背叛，就不可能获得侵入者的信息。而完全的合作可以最小化总的风险，因为如果不能集中于单个目标，入侵者将被迷惑。

49

example

TFT: 动物界的合作（续）

- Milinski 和Dugatkin独立地发现，鱼类确实在使用 TFT: 当一对鱼接近入侵者时，如果一条想尾随在后，走在前面的鱼转身向后，等待另一条跟上，然后再并行前进。日复一日，Guppies甚至可以记住其他同伙过去的表现。如果一次试验中一方背叛，另一方在第二次的试验中也会背叛。
- Guppies倾向于与过去表现出更具合作精神的鱼结伴而行。

50

12.4 自发秩序与产权文化的演化

- 自发秩序
- 产权博弈
- 惯例的出现
- 从惯例到规范

51

自发秩序与产权制度

- 人类的行为并非完全有基因唯一决定；即使并非总是完全理性地计算，人们也必然要在不同的战略之间选择；
- 社会秩序是所有人行为选择的结果，但不是集中设计的，而是自发演化的结果；
- 产权制度：先占原则（possession rule）；
- 教室占座位：

52

example

鹰鸽博弈

		B	
		HAWK	DOVE
A	HAWK	-1, -1	1, 0
	DOVE	0, 1	0.5, 0.5

53

三个纳什均衡

- 两个纯战略均衡：
 - (A-鹰, B-鸽)；
 - (A-鸽, B-鹰)；
- 一个混合战略均衡：((1/3, 2/3), (1/3, 2/3))
- 仅仅“理性”不足以决定均衡。但是，有限理性但有一定经验和想象力的人们可以协调他们的行为。

54

信号与身份

- 如果两人完全一样，就没有办法选择特定的均衡；
- 假定存在某种显性的标记机制：在博弈开始之前，每个人收到一个信号：A或B；概率是1/2；信号完全负相关；标记是共同知识；
- 规则：如果A，选择“鹰”；如果B，选择“鸽”；
- 每个人都有积极性遵守这个习惯（规则）；
- 这个习惯就是事实上的产权规则。

55

ESS

- (1) 如果A，选择“鹰”；如果B，选择“鸽”；
- (2) 如果A，选择“鸽”；如果B，选择“鹰”；
- (3) 无论是A还是B，以1/3的概率选择“鹰”，2/3的概率选择“鸽”；
- 只有(1)和(2)是ESS。

56

惯例的出现 (convention)

- 演化过程将给出惯例。
- 惯例可以是演化稳定的，即使他们是非帕累托效率的。
- 如下图中：如果惯例（1）给每个人的预期收入是0.55；习惯（2）给每个人的预期收入是0.45；因此（2）帕累托劣于（1），但（2）一旦建立，就会持续存在。

57

example

鹰鸽博弈

		B	
		HAWK	DOVE
A	HAWK	-1, -1	1.1, 0
	DOVE	0, 0.9	0.55, 0.45

58

惯例如何开始演化

- 一旦大部分人开始遵守一个惯例，这个惯例就会自我加强：最容易在没有惯例的地方建立的行为规则最容易成为惯例；
- 最初的信念何来？一种可能是能使人们在一次博弈中无须交流就可以相互协调的力量；
- 先验的预期来自共同的经验；
- 惯例通过“类比”而扩散：如果共同的经验告诉我们一种特定惯例在一种情况下会被人们普遍遵守，这种惯例就成为类似情况下的模仿对象。

59

类比创造惯例

- 儒家的“家”与“国”：（亚里士多德：以国喻家，夫妇关系类似共和制，父子关系类似君臣关系）
- 产权规则：谁先占，谁所有；
- 领土的国际争端；
- 即使一开始不同的人有不同的惯例，随着时间的推移，人们趋向于最成功的规则。

60

从惯例（convention）到规范(norms)

- 惯例是已经建立起来的行为规则；
- 如果人们认为每个人都应该按照这样的规则行为，惯例就变成了规范(norms)；
- 转换机制：对别人认可的渴望。与对物质的渴望同样重要。

61

产权规则

- 产权规则一旦建立，每个人都会预期其他人会遵守这个规则；给定这样的预期，遵守它是每个人的利益所在。
- 给定自己遵守，每个人希望其他人也遵守；任何违反规则的行为都会被认为是一个威胁，引起愤怒和不满。
- 规则的其他受益者也会间接地感到威胁，因为他们也期待着靠这些规则保护自己的利益，所以会同情直接的受害者。
- 为什么？因为规则一旦建立，偶然的破坏并不会导致它的瓦解。
- 但系统地偏袒少数人的惯例可能不会得到普遍遵守，因为处于不利地位的群体并不会谴责违反行为。

62

规范倡导者（Norm entrepreneurs）

- 尽管习惯和规范是自然演化而来的，而非集体理性选择的结果，因而也不一定是帕累托有效的，但规范倡导者在规范的演化中具有重要的作用；规范倡导者的收益依赖于接受其推荐的规范的人数；遵守的人越多，说明越成功；
- 创造社会规范是一种风险活动，只有少数人愿意冒险行事。

63

example

语言的演化

- 在古英语中表达过去时的7种规则，只有一种得以生存，即加ed的后缀。1200年前，古英语中共有177个不规则动词，到中古英语时期（约1150年至1475年间的英语）还有145个，如今，仅剩下98个不规则动词。

64