

“公地悲剧”及其治理的博弈分析

湛志伟

摘要: 传统经济学通过对符合个体最优的 n 个家庭羊的总饲养量与符合社会帕累托最优的总饲养量, 进行简单的静态比较, 得出了公地被过度放牧的结论。这一分析忽视了农户在决定羊的饲养量时, 彼此之间存在的相互约束和牵制机制, 因而“公地悲剧”的结论是片面的。构建一个由 A、B 两个代表性家庭组成的博弈模型, 从博弈论的角度, 充分考虑农户间行为的相互约束和牵制, 引进关联博弈的思想和可信的以牙还牙的策略, 从而可得出与“公地悲剧”截然不同的结论: 在一定的条件下, 农户们自觉限制羊的饲养量, 是一个内生的博弈规则, 它能够自实施, 成为人们的共同信念, “公地悲剧”不再必然产生。

关键词: “公地悲剧” 内生博弈规则 自实施 制度

“公地悲剧”是经济学在阐述外部不经济时, 常用的一个经典案例。它讲述的是, 一个村庄有 n 户农民和一块草地, 农民可以在草地上通过养羊谋取收益。如果草地归某户所有, 那么只有他才可以自由地在草地上放羊, 这时他会依据利润最大化的原理, 选择一个合适的饲养数量, 记为 q_1 。如果草地为公地, n 户农民都可以在草地上自由地放牧, 那么他们会从个人收益最大的原则出发, 选择自己最优的饲养数, 这时草地上羊的总数等于 n 户农民饲养数目之和, 记为 q_2 。 q_1 基于草地的私有性质, 它既是符合个人最优, 又是符合社会最优的羊的数量。 q_2 基于草地的共有性质, 经济学中已经证明不等式成立 $q_1 < q_2$, 从不等式可以看出尽管 q_2 也符合 n 户农民的个人最优, 但它并不符合社会最优, 而且它还导致了放牧的外部不经济问题。经济学家以此认为, 如果草地的产权公有, 那么 n 户农民只要有利可图, 他们就会不断地增加羊的饲养量, 最终导致公用草地的过度放牧。这就是“公地悲剧”的由来和核心结论。“公地悲剧”是一个极具代表性的经济现象, 类似的还有公海的过度捕捞、动物的过度捕猎等等。经济学家对这类悲剧的解决往往诉诸于将公有产权私有化, 使个人最优和社会最优统一起来, 或者借助当地管理机构的权威对各家各户的养羊数量进行限制, 使羊的总数符合社会最优。第二种方案是以牺牲个人最优为代价, 换取社会最优。而且, 它实际上是想借助外界的力量来治理“公地悲剧”。本文试图提出解决“公地悲剧”的第三种方案。本文将 n 户农民养羊数目的确定过程, 看做是他们之间博弈的过程, 这时符合社会最优的总饲养量将是他们博弈的均衡结果, n 户农民会自觉地将饲养量维持在符合社会最优的平均饲养水平。而且本文认为, 这一均衡结果会长时期地自觉维持下去, 成为 n 户农民的共同意识, 日积月累这种意识就上升为一种无形的制度, 这种制度不需要借助外界的力量, 它是内生的博弈规则, 因而能够自实施。

一、“公地悲剧”产生的博弈解释

1. 博弈模型的设定

假定这个由 n 户农民组成的村庄, 有一个牧羊的传统, 依据经验他们知道一块草地上羊的最优饲养量, 它就是前面所述的 q_1 。相应地, 平均每户农民的最优饲养量为 $\frac{q_1}{n}$ 。由于草地共有, 如果有利可图的话, 那么 n 户农民会认为饲养量多多益善。假定每户有利可图的饲养量至少不低于 $\frac{q_1}{n}$, 这时我们认为每户农民就羊的饲养量而言, 存在两种选择, 要么是超额饲养, 要么是服从统一分配的指标, 即限额。

为了分析的方便, 我们将 n 个家庭简化为两个代表性的家庭, 即 A 和 B。他们共同享有这片草地。将他们分别确定羊的饲养量过程, 看做是相互之间的一场博弈。A 和 B 都有两个策略, 超额或限额。假定如果 A 超额, B 限额, A 的收益为 a , B 的收益为 b , 且 $a > b$ 。因为公平竞争时, A 的饲养量相对较多, 所以他的收益也相对较多, 前面的不等式合乎逻辑。相反, 如果 B 超额, A 限额, A 的收益为 b , 而 B 的收益为 a 。如果 A、B 都限额, 这时饲养的总收益为 T , 符合社会最优, 每人各得 $\frac{T}{2}$, 且 $T > a + b$, 该不等式与公地过度放养会导致非帕累托最优这一结论相一致。如果 A 和 B 都超额, 则两者都得 $\frac{C}{2}$, 且 $C < T$, 该不等式同样与公地过度放养会导致非帕累托最优这一结论相一致。除了以上假定外, 我们还假定 $a > \frac{T}{2}$, 这一假定向 A 和 B 提供了超额饲养羊的激励。尽管 A 和 B 中无论谁超额饲养都会导致总收益偏离符合帕累托的最大收益值, 但如果存在一方限额, 另一方超额, 那么超额方会以限额方的利益损失为代价, 而获得比双方都限额时更高的收益。由此, 前一个不等式的假定也是符合逻辑的。

以上论述可以用下列支付矩阵来表示(图 1):

		B	
		限额	超额
A	限额	T/2	a
	超额	b	c/2

图 1

2. 博弈的分析

假定博弈是完全信息的, A 和 B 都知道对方面临两种选择, 并且知道相应的各种支付。A 和 B 的博弈存在两种情况, 一是同时博弈, 二是连续博弈。以下分别叙述。

首先, 分析同时博弈。就 A 而言, 当 B 限额时, 他的最好选择是超额, 因为 $a > T/2$ 。当 B 超额时, 他的最好选择是限额, 因为 $b > c/2$ 。所以 A 没有占优策略, 他的最优策略依 B 的策略而定。

就 B 而言, 当 A 限额时, 他的最好选择是超额, 因为 $a > T/2$ 。当 A 超额时, 他的最好选择是限额, 因为 $b > c/2$ 。所以 B 没有占优策略, 他的最优策略依 A 的策略而定。

由此可见, 当 A 和 B 同时博弈时, 存在两个纳什均衡, 即(超额; 限额)与(限额; 超额)。由于阶段性同时博弈, 不存在唯一的纳什均衡解, 这就意味着现实中 A 和 B 都会面临选择的困惑。这时 A 和 B 都有可能以一定的概率选择超额, 或者限额, 以实现利益的最大。这一唯一最优的概率组合, 就是他们混合博弈的唯一最优解。假定 B 选择限额的概率是 r_2 , 选择超额的概率是 $1 - r_2$ 。A 选择限额的概率是 r_1 , 选择超额的概率是 $1 - r_1$ 。此时, A 的最优化模型是:

$$V_A = r_1 \left[\frac{T}{2} r_2 + (1 - r_2) b \right] + (1 - r_1) \left[ar_2 + (1 - r_2) \frac{c}{2} \right]$$

$$\text{Max}_{r_1} V_A, \text{ 则得: } \frac{T}{2} r_2 + b(1 - r_2) - ar_2 - \frac{c}{2} (1 - r_2) = 0. \text{ 则,}$$

$$r_2 = \frac{b - \frac{c}{2}}{(a + b) - \left(\frac{T}{2} + \frac{c}{2}\right)} > 0.$$

由于支付矩阵的对称性, 可推之:

$$r_1 = r_2 = \frac{b - \frac{c}{2}}{(a + b) - \left(\frac{T}{2} + \frac{c}{2}\right)}.$$

综合可知: $r_1^* = r_2^* = \frac{b - \frac{c}{2}}{(a + b) - \left(\frac{T}{2} + \frac{c}{2}\right)}$ 为混合策略的

纳什均衡。这意味着如果 A 以 r_1^* 的概率选择限额, 则他的策略不再受 B 的策略的影响。同理, 如果 B 以 r_2^* 的概率选择限额, 则他的策略不再受 A 的策略的影响。在混合博弈时, 支付矩阵增加了概率分布(如图 2)。

从以上支付矩阵可以看出, A 和 B 都选限额的联合概率分布: $P(A = \text{不超额}; B = \text{不超额}) = r_1^* \times r_2^* =$

$$\frac{(b - \frac{c}{2})^2}{\left[(a + b) - \left(\frac{T}{2} + \frac{c}{2}\right)\right]^2}; \text{ A 和 B 都选超额的联合概率分布:}$$

$$P(A = \text{超额}; B = \text{超额}) = (1 - r_1^*) (1 - r_2^*). \text{ A 和 B 两人选择}$$

相异的总概率为: $r_1^* (1 - r_2^*) + r_2^* (1 - r_1^*) = 2r_1^* (1 - r_2^*) = 2r_2^* (1 - r_1^*)$ 。当 A 和 B 中至少有一方选择超额饲养时, 则会导致公地饲养量超出符合社会帕累托最优的水平, 出现所谓的“公地悲剧”。而从前面的概率计算可以看出, “公地悲剧”出现的概率 = $P(A = \text{超额}; B = \text{超额}) + P(A = \text{超额}; B = \text{不超额}) + P(A = \text{不超额}; B = \text{超额}) = (1 - r_1^*) (1 - r_2^*) + 2r_1^* (1 - r_2^*)$ 。因为 $0 < r_1^* < 1, 0 < r_2^* < 1$, 且 A 和 B 博弈可能出现的四种策略组合的总概率等于 1, 所以我们可以判断出公地悲剧出现的概率还可以表示为: $1 - P(A = \text{不超额}; B = \text{不超额}) = 1 - r_1^* \times r_2^* [0, 1]$ 。至此我们可以看出, 如果 A 和 B 农户羊的饲养量的确定过程被看做是他们之间同时进行的博弈过程, 那么公地悲剧可能会以一定的概率成为博弈的结果, 这样就从博弈分析的角度对公地悲剧的出现提供了一种解释。不过与传统经济学分析不同的是, 本文前面的分析结论表明, 尽管公地悲剧可能出现, 但它出现的概率小于 1, 而传统经济学认为公地悲剧似乎是一个必然的结果。为何会出现这个结论的差异? 笔者认为, 传统经济学只是从私人成本和收益、社会成本和收益两方面进行了一个静态的最优化分析, 忽视了农户之间行为的互动作用, 因而出现了与博弈分析不同的结论。

		B	
		r_2 限额	$1 - r_2$ 超额
A	r_1 限额	$\frac{T}{2}$	a
	$\frac{T}{2}$	b	c/2
	$1 - r_1$ 超额	a	$\frac{c}{2}$

图 2

其次, 分析连续博弈。虽然在同时博弈的分析中存在一个唯一的混合博弈的纳什均衡, 但现实中 A 和 B 都有可能观望或者充分利用先行者优势, 这时他们之间的博弈就是连续博弈。假定在本文中, A 先行动, B 后行动, 信息完全, 支付矩阵与同时博弈中数值一样。连续对策的扩展形式如下:

A	超额 B	超额 ($\frac{c}{2}; \frac{c}{2}$)
		限额 (a; b)
	限额 B	超额 (b; a)
		限额 ($\frac{T}{2}; \frac{T}{2}$)

从上面博弈的扩展形式可以看出:

就 A 而言, 他知道如果自己选择超额, 那么 B 的最好选择是限额, 因为 $b > \frac{c}{2}$ 。这时 A 得 a, B 得 b。

如果自己选择限额, 那么 B 的最好选择是超额, 这时 A 得 b, 而 B 能得 a。

因为 A 能够先行动且 $a > b$, 所以他自然会选择超额, 这时阶段性博弈的均衡结果是(超额; 限额)。这一结果意味着在连续一次性博弈中, A 和 B 农户羊的饲养量的总和会超出

帕累托最优数量,公地出现了过度放牧。这就为传统经济学中“公地悲剧”的产生提供了一次性连续博弈条件下的逻辑解释。(超额;限额)在长期中是否是一个稳定的均衡,本文在第二部分“公地悲剧”的治理中会继续进行分析。

二、“公地悲剧”治理的博弈分析

从前面的分析可以看出,只要是一次性博弈,无论是同时进行,还是连续进行,“公地悲剧”都有可能发生。本文认为,这只是理论上的结论,在现实中由于牧羊是不断连续进行的事情,所以农户之间就羊的饲养量展开的博弈应该是重复博弈。只要是重复博弈,势均力敌的农户之间肯定会相互牵制,努力使羊的饲养总量限定在符合共同利益最大的帕累托最优解。下面依然承袭前面同时博弈和连续博弈两条线索,继续深入分析,试图挖掘“公地悲剧”治理的内生博弈规则。

1. 重复同时博弈时“公地悲剧”的治理

同时一次性博弈时,A和B之间存在唯一混合策略均衡。从第二个支付矩阵可以看出,A、B会以 $r_1^* r_2^*$ 的概率选择策略组合(限额;限额);以 $r_1^* (1 - r_2^*)$ 的概率选择策略组合(限额;超额);以 $(1 - r_1^*) r_2^*$ 的概率选择策略组合(超额;限额);以 $(1 - r_1^*) (1 - r_2^*)$ 的概率选择策略组合(超额;超额)。后面三种策略组合都会导致公地的悲剧,第二、三种组合还会导致A、B收益的差别。在第二种组合中,B比A多得 $a - b$ 。在第三种组合中,A比B多得 $a - b$ 。第四种组合只会导致A、B均只能得到最小的收益 $\frac{c}{2}$,且这是他们无论个人收益还是总收益均最低的组合。

A、B之所以存在选择超额饲养羊的动机,主要是想得到 $a - \frac{T}{2}$ 的额外收益。换言之,正是可能获得的额外收益向他们提供了违规的刺激。因为他们之间都有投机的心理,如果自己选择超额而对方限额,那么可比双方均限额情况下多得 $a - \frac{T}{2}$ 。阶段性博弈中,诚实守信的道德观可能在A、B中的某一身上起作用,这时违规者真有可能获得额外的收益。当然,A、B都不愿意在博弈中成为牺牲品,自己受损而对方受益。而且,他们还不愿意看到都违规所带来的共同损失。因此,他们双方在博弈之前,就彼此向对方透露出一个相同的信息:如果自己在同时进行的阶段性博弈中受损,那么受损的人就在接下来的社会交换博弈中采取不合作的态度。之所以要引出社会交换博弈,是因为受损方知道,尽管在经济交易域同时进行的放牧博弈中,没有一个机制来克服对方的投机心理,但在社会交换域拒绝跟违规者合作却能成为一种可信的威胁。例如,拒绝违规者在要紧时(例如盖房子、秋收、救火)希望有人帮忙的请求。在没有其他实施机制干预的情况下,这种威胁对于迫使对方限额饲养羊是非常有效的。

假设在村庄的社会交换博弈中,A、B合作的成本是 Q ,合作的收益是 R ,而且A、B都认为社会交换活动中合作是极

为重要的,他们均对 $R - Q$ 赋值较大。这时只要 $R - Q > a - \frac{T}{2}$,则牧羊博弈中限额是值得的。由此通过关联博弈的方法,使A、B在同时进行的阶段性牧羊博弈中,自觉限额饲养,限额成为村庄牧羊博弈一个内生的规则。既然关联博弈使阶段性同时博弈合理地解决了公地悲剧问题,那么在重复进行的同时博弈中,人们依然会遵守规则。此时,A从 t_0 到 t_n 时刻的策略是: $A_{t_0} = A_{t_1} = \dots = A_{t_n} = \text{不超额}$;B从 t_0 到 t_n 时刻的策略是: $B_{t_0} = B_{t_1} = \dots = B_{t_n} = \text{不超额}$ 。(限额;限额)成为博弈关联后,牧羊博弈中的一个子博弈精炼纳什均衡解。限额会成为A、B共同遵守的一个观念,这种观念延伸下去,就成为一种制度,因为它是内生的,因而能够自实施,公地悲剧就不再产生。

2. 重复连续博弈时“公地悲剧”的治理

在连续进行的重复博弈中,同样存在一种内生的机制使“公地悲剧”不再产生。承上分析,A先行动,B再行动,(超额;限额)成为A、B阶段性连续博弈的纳什均衡。这一结果对B来说,是一种不幸的事情。他只能得到 b ,而不是 a 或 $\frac{T}{2}$,对此他又能做些什么呢?他可以向A表示威胁:如果A选择超额,那么B也选择超额。如果A认为B真的会实施这种威胁,那么他就可能明智地选择限额的策略。因为选择限额时,A能得到 b 或 $\frac{T}{2}$,而选择超额时,如果B实施他的威胁,则A就只得得到 $\frac{c}{2}$ 。这种威胁可信吗?如果一旦A做出超额的选择,那么B能得到 b 或 $\frac{c}{2}$ 。因为 $b > \frac{c}{2}$,所以B当然会选择以支付 b 为好,可见威胁是不可信的。除非B能在某种程度上使A相信他将真的实施威胁——尽管这样做他自己也会受到损害——不然他就只能接受较低支付了。如果B能通过一种机制,例如他在博弈开始前,就盖起大量的羊棚使A相信如果他选择超额饲养,则B也会超额饲养,因此A相信B的威胁是真实的。A所作的明智之举就是选择限额饲养,在这种情况下,B由于限制A的选择而使自己的境况变好。

因此,在A和B展开的连续博弈中,如果B采取令人信服的以牙还牙的策略,那么限额将成为一种共同的信念。在重复进行的连续博弈中,这种信念会长期存在下去,限额饲养羊成为一个传统。换言之,它逐渐演变成一种制度,并且是自实施的。

三、结论

通过前面的分析,本文认为如果考虑农户在确定羊的饲养量时,相互之间存在一种约束、牵制机制,而且牧羊博弈重复进行,那么各家各户限额饲养羊将成为一个内生的博弈规则,它无需借助外界或第三方的力量来保证实施,它是自实施的,因而“公地悲剧”将不再是一个必然的结论。传统经济学之所以会得出“公地悲剧”的必然结论,是因为传统经济学只对符合个体最优的 n 个家庭羊的总饲养量与符合社会帕

累托最优的总饲养量进行了简单的静态比较,就得出公地被过度放牧的结论。虽然这一分析方法考虑了单个农户的个体最优量以及社会最优量,但它恰恰忽视了农户行为的相互约束和牵制,本文由此认为这种分析方法是不完全的,由此“公地悲剧”的结论也是片面的。

结束本文论述之前,笔者似乎意犹未尽,还想回答读者可能提出的一个问题。即:本文将 n 个家庭简化为两个代表性的家庭是否合理?笔者从近20年的农村生活中切身感受到,大多数乡村都有1~2个德高望重的人物,他们在协调乡村各种事物时极具权威。他们或许是因为见多识广,或许是因为辈份较高、年龄较大,或许是地方干部,总之他们是乡村的领头羊。他们的行为极具示范作用。基于此,笔者认为,将 n 个家庭简化为两个家庭,不仅可以大大简化分析,而且不失草地公有的性质,因而是合理的。

另外,笔者还想补充说明:如果本文分析言之成理,那么它的结论是极具启发性的。众所周知,“公地牧羊”是极具代表性的经济现象,“公地悲剧”似乎也是人们的一种共识。通过本文的分析,人们如果能接受“公地非悲剧”的结论,那么这不仅能开阔我们的视野,澄清我们的认识,更重要的是它可以为我们当前经济改革提供借鉴。例如就国有企业改革而言,国有企业也可以看成是一块公地,许多人认为只有私有化产权,才能真正搞好它。笔者认为,如果接受本文的结论的话,那么有关国有企业改革的前述观点未免太绝对。因为对于一个国有企业,如果有1~2个极具社会责任感或德高望重或经营有方的好领导,那么企业内生出一个向良好方向发展的机制不是没有可能的。就国有企业改革,结合本文的思路,进行具体分析,可以是一个良好的后续研究。

注释:

案例详情请参见张维迎:《博弈论与信息经济学》,82~85页,上海,上海人民出版社,1996。

H. 范里安:《微观经济学:现代观点》,中文版,718页,上海,上海人民出版社,1998。

参见张维迎:《博弈论与信息经济学》,85页,上海,上海人民出版社,1996。

所谓受损,本文是指当A、B中一人超额,而另一人限额时,限额方所遭受的利益损失。

所谓社会交换博弈,本文是指把村庄中存在的一些社会活动,例如农忙、婚嫁、葬礼等,看做是农户间进行的博弈活动,农户就可以合作,也可以拒绝参与这些重要的社会活动。

国有企业改革中,其实也不乏这样的好领导。例如,现任北京市副市长陆昊就曾领导一个濒临破产的国有企业扭亏为盈。再说,2001年诺贝尔经济学奖获得者心理学家坎内曼教授,通过大量的心理实验发现,人并不是只有利己心,人的动机也有慈善、富有同情心、富有正义感、富有社会热情的一面。经济学中利己心的假定是极为严格的。关于坎内曼教授的相关文献,可参见湛志伟:《坎内曼和塞勒对行为经济学的贡献》,载《经济学动态》,2002(9)。

这一机制类似于本文牧羊博弈中内生的限额规则。

参考文献:

1. 青木昌彦:《比较制度分析》,中文版,上海,上海远东出版社,2001。
2. 哈尔·瓦里安:《微观经济学》,中文版,北京,经济科学出版社,1997。
3. H. 范里安:《微观经济学:现代观点》,中文版,上海,上海人民出版社,1998。
4. 张维迎:《博弈论与信息经济学》,上海,上海人民出版社,1996。

(作者单位:北京大学经济学院 北京 100871)

(责任编辑:Q)

(上接第44页)

3. 邓广、杨振寅:《科学共同体在科技体制变迁中的作用与重建》,载《科学学研究》,2000(6)。
4. 王萍:《论科学界的行为失范及其根源》,载《南京航空航天大学学报》(社会科学版),2000(6)。
5. 卢彪:《全球化背景下科学家的道德责任》,载《常熟高专学报》,2002(5)。
6. 何亚平、肖国强:《国家创新系统中的创新文化研究》,载《科学与科学技术管理》,2002(9)。
7. 文学峰:《试论科学共同体的非社会性》,载《自然辩证法通讯》,2003(3)。
8. [美]曼瑟尔·奥尔森:《集体行动的逻辑》,中文版,上海,上海三联书店、上海人民出版社,1996。
9. 库恩:《必要的张力》,中文版,福州,福建人民出版社,1981。
10. 库恩:《科学革命的结构》,中文版,上海,上海科学技术出版社,1980。
11. 默顿:《十七世纪英国的科学、技术与社会》,中文版,成都,四川人民出版社,1986。
12. 盛昭翰、蒋德鹏:《演化经济学》,上海,上海三联书店,2002。
13. 刘洪:《集体行动与经济绩效——曼瑟尔·奥尔森经济思想评述》,载《当代经济研究》,2002(7)。
14. 张良桥:《论进化稳定策略》,载《经济评论》,2003(2)。
15. Olson, Mancur, 2000. Power and Prosperity. New York: Basic

Books Press.

16. Ostrom, Elinor, 2000. "Collective Action and the Evolution of Social Norms." *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 14, No. 3, pp. 137 - 158.
17. Ostrom, Elinor, 2001. "The Contested Role of Heterogeneity in Collective Action: Some Evidence from Community Forestry in Nepal." *World Development*, Vol. 29, No. 5, pp. 747 - 765.
18. Simon, Gächter and Fehr, Ernst, 1999. "Collective Action as A Social Exchange." *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 39, pp. 341 - 369.
19. Hoffmann Jean Robert, 1996. The First Chapter: The Problem of Collective Action, The Ecology of Cooperation (Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy), from www.google.com.
20. Langford, Cooper H. and Langford, Martha Whitney, 2000. "The Evolution of Rules for Access to Megascience Research Environments Viewed from Canadian Experience." *Research Policy*, Vol. 29, pp. 169 - 179.
21. Latour, B. and Wodgar, S. 1986. *Laboratory Life*. Princeton: Princeton University Press.
22. Knorr - Cetina, K. D., 1981. *The Manufacture of Knowledge*. Oxford, Mass: Oxford Pergamon Press.

(作者单位:浙江大学经济学院 杭州 310027)

(责任编辑:S)