

GAME - THEORY

戚译 朱秀君 编著

# 经济博弈论



浙江大學出版社

# 经济博弈论

戚 译 朱秀君 编著

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

经济博弈论 / 戚译, 朱秀君编著. — 杭州: 浙江大学出版社, 2000. 9

ISBN 7-308-02468-7

I. 经... II. ①戚... ②朱... III. 对策论-应用-经济 IV. F224.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 46834 号

责任编辑 傅百荣

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: [zupress@mail.hz.zj.cn](mailto:zupress@mail.hz.zj.cn))

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江印刷集团公司

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 7.5

字 数 188 千字

版 次 2000 年 9 月第 1 版

印 次 2000 年 9 月第 1 次

印 数 0001—2500

书 号 ISBN 7-308-02468-7/F·314

定 价 16.00 元

# 前 言

近 20 年来,博弈论在经济学的教学、研究和应用中越来越受到重视,已成为当代经济理论发展的主要方向之一。1994 年度的诺贝尔经济学奖授予三位博弈论专家:纳什(Nash)、塞尔藤(Selten)和海萨尼(Harsanyi),就是一个标志,这更激发了经济学学者们了解和研究博弈论的热情。

新古典经济学(neo-classic economics)是以经济主体人的理性行为及相应的市场反应为研究的出发点。无论是作为生产者还是作为消费者,也无论是面对完全竞争的市场局势还是寡头垄断的市场局势,经济主体人几乎都是针对价格变量作出个人最优化决策,而把其他各种可能的影响因素都通过简单的假设综合到价格因素中。但是,在现实经济活动中,市场是不完全竞争的,经济主体人之间的行为直接相互影响,企业与企业之间、企业与消费者之间、企业与工会组织之间、企业与政府之间、政府与消费者之间等等都相互影响、相互依存和相互制约,一个经济主体人在进行决策时总是面对众多因素的影响,尤其是要受到相关经济主体人决策行为的影响,而这种影响远不是价格因素可以简单概括的。可见当今经济活动的发展已超出了上述经济理论模式。因此,毫不奇怪,当 20 世纪 70 年代以来经济学家们开始把注意力从价格制度转向非价格制度时,博弈论逐渐成为当代经济学的的一个主流部分。博弈论(game theory)是研究经济主体人的利益发生冲突的局势下有参与人的决策行为和策略均衡问题的,也就是说,他将针对这样

一类的问题作出回答：当一个经济主体人的选择受到其他经济主体人的选择的影响，而且反过来他（它）的选择也影响到其他经济主体人的选择的情况下，作为理性人的他（它）将会如何选择？这一冲突局势的结果将会怎样？

博弈论对我们来说可能是既陌生又熟悉。说它陌生是因为博弈论的历史很短，一般认为是始于1944年，以冯·诺依曼和摩根斯坦恩(Von. Neumann and Morgenstern)合著的《博弈论和经济行为》一书的出版为标志，而且，博弈论真正成为当代经济学主流部分不过是近20来年的事，博弈论在经济学中的绝大多数应用模型都是在20世纪70年代中期之后发展起来的。说它熟悉是因为在我们周围的经济活动中、日常生活中处处可见博弈的例子：厂商之间的价格战、广告战，工商管理部门和制假造假者之间的斗争，顾客和商家之间的讨价还价，甚至我们的许多消遣游戏活动也是典型的博弈活动，如打纸牌、对弈等。也许可以说博弈的思想最早是产生于我国，在我国春秋时期的兵书《孙子兵法》中就处处闪烁着博弈的智慧，而战国时期的关于田忌和齐威王赛马的脍炙人口的故事更是博弈论极精彩的一个案例。博弈论的应用范围很广，包括军事、法律、政治、外交、环保、体育竞技等诸多领域，总之，博弈论作为一种关于决策行为和策略均衡的理论，它适用于一切策略相互依存、行为直接相互影响的决策活动。我们为本书取名为《经济博弈论》是为了体现和强调博弈论在经济领域中得到的越来越广泛的应用和重视。事实上，国外经济学著作中有关于博弈论的专著，但没有使用经济博弈论这个词。不过我们看到，像系统论、信息论、控制论都是方法论学科，他们应用于经济领域后已形成了经济系统论、经济信息论、经济控制论；博弈论也是一门方法论的学科，它在经济领域的广泛应用也会形成经济博弈论，这也是符合学科细化发展规律要求的。

用大量的案例研究来配合各种类型博弈的理论原理和分析方

法是本书的第一个特点。这些案例有的是博弈论中的经典例子,如囚徒困境博弈;有的是我们常见的经济活动,如第一价格密封拍卖;也有的是我们日常生活中的平常事,如恋人之争,等等。它们当然不仅仅是有趣的小故事,更是对经济主体人现实活动和现象的极好模拟。这些案例将帮助读者轻松学习博弈论,但这并不意味着系统地掌握博弈论是一件容易的事,它不仅要求读者有相当的微观经济学的基础,而且要求有一定的微积分、概率论和数理统计的知识。第二个特点在于全书的内容安排上突出表现强调博弈论在经济领域的应用,而对博弈论方法本身的论证和数学推导进行了淡化处理。第三个特点便是针对每一章的内容设计了一些思考和练习题,以帮助读者加强对所学内容的消化吸收。本书适合于经济学科的本、专科生作为教材使用,也适合普通读者作为对博弈论入门的读物。

全书内容按照博弈论的逻辑结构分为六章来阐述:第一章导论,介绍博弈论的发展概况、基本概念以及一些常见的案例;第二章到第六章分别对应一种类型博弈,并且渐次由简单到复杂。本书的作者是:戚译(第一章和第二章)和朱秀君(第三章、第四章、第五章及第六章)。本书的出版得到了浙江仙都啤酒发展公司的大力支持,对此我们表示衷心的感谢!

为了写好这本著作,我们虽然参阅了大量的中英文的同类著作和涉及博弈论方法及其应用的论文。但因水平有限,书中的缺点和错误在所难免,敬请读者批评、指正!

戚译于浙江大学西溪校区

2000年5月1日

# 目 录

1 导 论 .....	1
1.1 博弈论的产生和发展 .....	1
1.2 博弈论的基本概念 .....	3
1.3 几个典型的博弈案例 .....	6
1.3.1 囚徒困境博弈 .....	6
1.3.2 智猪博弈 .....	8
1.3.3 田忌与齐威王赛马 .....	9
1.3.4 猜硬币游戏 .....	10
1.3.5 小鸡博弈 .....	11
1.3.6 古诺的双头垄断产量模型 .....	12
1.4 博弈的分类 .....	14
1.4.1 单人博弈、两人博弈和多人博弈 .....	14
1.4.2 有限策略博弈和无限策略博弈 .....	15
1.4.3 零和博弈、常和博弈和变和博弈 .....	17
1.4.4 静态博弈和动态博弈 .....	18
1.4.5 完全信息博弈和不完全信息博弈 .....	18
2 完全信息静态博弈 .....	21
2.1 博弈的标准式表述和纳什均衡 .....	21
2.1.1 博弈的标准式表述 .....	21

2.1.2	占优策略均衡	23
2.1.3	纳什均衡	26
2.1.4	重复剔除严格劣策略和纳什均衡	30
2.2	无限策略博弈的解和反应函数	33
2.2.1	古诺的双寡头竞争模型	33
2.2.2	伯特兰德的双寡头竞争模型	39
2.2.3	豪泰林的价格竞争模型	41
2.2.4	公共地的悲剧	44
2.3	混合策略纳什均衡	47
2.3.1	混合策略的提出	47
2.3.2	混合策略与反应对应	56
2.3.3	混合策略和重复剔除严格劣策略	60
2.3.4	纳什均衡的存在性	62
<b>3</b>	<b>完全且完美信息动态博弈</b>	<b>72</b>
3.1	动态博弈的扩展式表述	73
3.1.1	博弈的扩展式表述	73
3.1.2	动态博弈中的可信性问题	75
3.2	子博弈完美纳什均衡	77
3.2.1	动态博弈的子博弈	77
3.2.2	逆推归纳法	79
3.2.3	子博弈完美纳什均衡	82
3.3	子博弈完美纳什均衡应用举例	86
3.3.1	斯坦克伯格双寡头竞争模型	86
3.3.2	工会和厂商之间的博弈	88
3.3.3	轮流出价的讨价还价博弈	91
3.4	有同时选择的两阶段动态博弈	95
3.4.1	问题的提出	95



3.4.2	银行挤兑	97
3.4.3	关税和国际市场的不完全竞争	99
3.4.4	劳动竞赛	102
<b>4</b>	<b>重复博弈</b>	<b>107</b>
4.1	有限次重复博弈	108
4.1.1	阶段博弈有惟一纳什均衡的有限次重复博弈	108
4.1.2	阶段博弈有两个以上纳什均衡的有限次重复博弈	110
4.2	无限次重复博弈	121
4.2.1	无限次重复囚徒困境的博弈	122
4.2.2	民间定理	125
4.3	无限次重复博弈中的“合作”策略	130
4.3.1	无限次重复古诺模型中的合作	130
4.3.2	效率工资模型	137
<b>5</b>	<b>不完全信息静态博弈</b>	<b>144</b>
5.1	静态贝叶斯博弈和贝叶斯纳什均衡	144
5.1.1	不完全信息下的古诺模型	144
5.1.2	静态贝叶斯的标准式表述	147
5.1.3	贝叶斯纳什均衡	150
5.2	贝叶斯纳什均衡的应用举例	152
5.2.1	不完全信息下公共品的提供	152
5.2.2	第一价格密封拍卖	154
5.2.3	双方报价拍卖	157
5.2.4	再谈混合策略纳什均衡	162
5.3	显示原理	166
5.3.1	机制设计	166

5.3.2	拍卖的直接机制设计 .....	168
5.3.3	显示原理 .....	170
<b>6</b>	<b>不完全信息动态博弈 .....</b>	<b>175</b>
6.1	完美贝叶斯纳什均衡 .....	175
6.1.1	多节点信息集和不完美信息动态博弈的表示 .....	175
6.1.2	完美贝叶斯纳什均衡 .....	179
6.2	信号博弈 .....	188
6.2.1	信号博弈及其完美贝叶斯纳什均衡 .....	188
6.2.2	斯宾塞的就业市场信号博弈 .....	192
6.2.3	公司投资和资本结构 .....	201
6.3	完美贝叶斯纳什均衡的其他应用举例 .....	204
6.3.1	空口声明 .....	204
6.3.2	不对称信息下的序贯谈判 .....	214
6.3.3	KMRW 声誉模型 .....	218
6.4	博弈论均衡概念小结 .....	224
	<b>参考文献 .....</b>	<b>228</b>

# 1 导 论

## 1.1 博弈论的产生和发展

博弈论译自英文 Game Theory, 是系统研究决策主体的行为发生直接相互作用情况下的决策以及这种决策的均衡的理论, 也就是说, 当一个决策主体(自然人、法人单位或其他组织)的选择受到其他决策主体选择的影响, 并且反过来的影响也存在时的合理选择问题。

博弈论思想的主要特征便是博弈局势中各参与方所实施的行为方案(策略)是相互依存的, 各方在冲突或合作后所实现的损益得失结果不仅取决于自己所采用的行为方案, 同时也依赖于其他参与方所实施的行为方案, 是各参与方行为方案组合的函数, 称为支付函数。所以, 博弈论在我国也被称作“对策论”。

博弈的思想最早产生于我国古代, 春秋时期孙武在《孙子兵法》中论述的军事思想和治国策略, 就蕴含着丰富而深刻的博弈论思想; 战国时期孙武的后代孙臧, 演绎孙子兵法, 为田忌谋划, 巧取齐威王, 这可能是博弈论思想成功应用的最早案例。国外对具有策略依存特点的决策问题的零星研究可上溯到 18 世纪初或更早, 在后来的博弈理论中有较大影响的有 19 世纪 30 年代的古诺(Cournot)对两寡头垄断竞争的研究, 相继有伯特兰德

(Bertrand)、艾奇沃斯(Edgeworth)、斯坦克伯格(Stackelberg)等人对不完全竞争的研究等;古诺在1838年提出的关于产量决策的“古诺模型”和伯特兰德在1883年提出的关于价格决策的“伯特兰德模型”成为博弈论中的经典博弈模型。

博弈论的真正发展是在20世纪。20世纪20年代,法国数学家波雷尔(Borel)用最佳策略的概念研究了下棋等决策问题,并试图把它们作为应用数学的分支加以系统研究,虽然他最终没能确立博弈论的理论体系但却作了很好的探索。二战期间,博弈论的思想和研究方法被运用到军事领域和战争期间的其他活动中,显示出了它的重要作用。1944年《博弈论和经济行为》(The Theory of Games and Economic Behaviour)一书的问世,标志着博弈论的科学体系的创立。在《博弈论和经济行为》一书中,冯·诺依曼和摩根斯坦恩(Von. Neumann and Morgenstern)主要概括了经济主体的典型行为特征,提出了标准型、广义型和合作型等基本的博弈模型、解的概念及分析方法,从而构建了博弈论与经济博弈论的理论框架。

20世纪五六十年代是博弈论研究、发展的最重要阶段。纳什(Nash)在1950年和1951年发表了两篇关于非合作博弈的重要文章,明确提出了“纳什均衡”(Nash equilibrium)这一基本概念,揭示了博弈论和经济均衡之间的内在联系,抓住了博弈论研究的关键问题。博弈论的后续研究主要都是围绕这一核心展开的;纳什均衡成了一条博弈理论发展的主线索。Tucker于1950年定义了“囚徒困境”(prisoners' dilemma)。他们两个人的著作基本上奠定了非合作博弈的基础。博弈论问世之初,由于其理论体系“过于”数理化,对现实经济问题的解释并没有显示出比其他方法更具有说服力的特点,这使它在一段时间内遭到冷遇。塞尔腾(Selten, 1965)将纳什均衡的概念引入到动态分析,提出了“子博弈完美纳什均衡”的概念;海萨尼(Harsanyi, 1967~1968)则把不完全信息

引入博弈论的研究并提出“贝叶斯纳什均衡”的概念。这些重大贡献,使博弈论的发展和完善在一些关键性环节上取得了突破。由于纳什、塞尔腾、海萨尼三人在博弈论及其在经济应用方面的突出贡献,使经济博弈论进入一个崭新、辉煌的发展时代,他们因此共同荣获了1994年的诺贝尔经济学奖。这说明博弈论作为经济学科分支的地位得到了最具权威性的肯定。

进入20世纪80年代以来,博弈论得到了前所未有的发展,并逐渐成为主流经济学的一部分,甚至可以说成为微观经济学的基础(张维迎,1997)。这一时期出现的比较有影响的人物,有克瑞普斯(Kreps)和威尔逊(Wilson),他们在1982年合作发表了关于动态不完全信息博弈的研究成果;有米尔格罗姆(Milgrom)、罗伯茨(Roberts)、弗德伯格(Fudenberg)、泰罗尔(Tirole)等,其中克瑞普斯、米尔格罗姆、罗伯茨和威尔逊在1982年发表的关于信誉问题的研究成果,被誉为“四人帮模型”(即KMRW声誉模型)。这期间,博弈论方面的著作和教材风靡欧美名牌大学,成为经济学专业和许多相关专业学生的一门必修课。博弈论正在得到越来越多经济学科的接受和运用,贯穿了几乎整个微观经济学,在宏观经济学、产业组织理论及福利、劳动、环境经济学等方面的研究中也占有重要地位。在我国,经济学界对经济博弈论的关注与兴趣也在迅速增强。可以说,博弈论正在把经济学的发展推向一个崭新的阶段。

## 1.2 博弈论的基本概念

博弈论的基本概念包括:参与人、行为、策略、支付、顺序、信息、均衡和结果等。

(1)参与人(player),是博弈中涉及到的进行选择决策并承担

决策结果的利益主体。它可能是自然人,也可能是法人或其他组织。各参与人在博弈规则面前是平等的。(2)策略(strategy),是参与人可选择的行为方案,比如“人不犯我,我不犯人;人若犯我,我必犯人”就是“我”在处理与“人”的关系时的一种策略。(3)行为(actions or moves),是参与人实施策略的具体行动,如上述例子中的“不犯”、“犯”。在有的博弈中,一个行为即构成一个策略,而在有的博弈中,一个完整的行为方案才是一个策略,这一点,我们以后还会提到。(4)支付(payoff),是参与人在博弈中获得的效用水平。博弈中各个参与人所选择的策略构成一个策略组合(strategies profile),它决定了博弈的一个结果,支付是策略组合的函数,因此也被称为支付函数。支付是参与人追求的根本目标,也是他们实施行为和判断的主要依据。(5)顺序(order),现实中的决策活动是多种多样的,有的活动中各参与人的选择“同时”进行(如果选择有先后,但只要后行为方对先行为方的选择内容不了解,就视为“同时”选择),比如“石头·剪子·布”游戏中,就严格要求动作的“同时”进行;而有的活动中各参与人的选择则是分先后进行的,比如讨价还价中则是一方先要价,然后另一方还价。选择的顺序不同意味着不同的博弈。(6)信息(information),是参与人在博弈中的知识。“知己知彼,百战不殆”,当你进行决策选择时,对自己及对手所处的环境、条件、规则等等是否有足够的了解是至关重要的。博弈中的知识有:博弈的环境条件、博弈的规则、自然的“安排”、其他参与人的特征及行为、博弈的结果、进程等等。其中关于各参与人在各种博弈结果下的支付的知识关于博弈进程的知识是博弈中最重要的信息。(7)结果(outcome),是指博弈分析者所探寻的各种要素的集合,比如策略组合、支付向量等。(8)均衡(equilibrium),是所有参与人的最优策略组合。以上参与人、策略、支付、顺序、信息等五个概念也是我们定义一个博弈所需明确的内容,其中参与人、策略和支付则是影响博弈全局的基本因素,被称

为博弈三要素，它们构成博弈理论研究的主要内容。

**定义** 博弈是指代表不同利益主体的决策者，在一定的环境条件和规则下，同时或先后、一次或多次从各自允许选择的行动方案中加以选择并实施，从而取得各自相应结果的活动。博弈论就是系统研究各种各样博弈中参与人的合理选择及其均衡的理论。

我们要对本书所讨论的博弈问题加一个限定，这就是本书所要讨论的博弈是建立在“个体行为理性”基础上的“非合作博弈”。所谓“个体行为理性”是指决策主体的行为始终都是在给定的约束条件下最大化自己的效用，除非为了实现自身利益最大化的需要，否则不会考虑其他决策主体的利益。这是非合作博弈决策的原则。这里，非合作博弈(non-cooperative game)是与合作博弈(cooperative game)相对应的一个概念，他们之间的主要区别在于博弈中参与人之间能否达成一个具有约束力的协议，即能否公然“串通、合谋”，如果有，就是合作博弈；反之，就是非合作博弈。以本书后文将要讨论的“囚徒困境”博弈为例，两囚徒之间事先可以达成攻守同盟，如果这种同盟有外界力量保证实施的话，他们之间就是合作博弈；反之，如果这种同盟没有外界力量保证能够实施的话，他们之间就是非合作博弈。合作博弈强调团体理性，而非合作博弈只考虑个体理性。纳什、赛尔腾和海萨尼的贡献主要都在非合作博弈，现在经济学家所指的博弈论，通常就是指非合作博弈，而很少指合作博弈。现实的经济活动中，利益主体们往往是左手挥拳而右手相握，即既相互竞争又相互结盟。不过，竞争才是经济活动中的真正的、根本的关系，结盟则是为了增强竞争的实力。所以，与各种各样的经济活动相对应的博弈局势中，非合作博弈是基本的博弈模式。不难理解，如果我们分析出非合作博弈的结果是无效率或低效率的，那么也正说明合作博弈的效率所在和采取合作策略的必要性。

## 1.3 几个典型的博弈案例

### 1.3.1 囚徒困境博弈

囚徒困境博弈是博弈论的首推案例,是每一本博弈论的教材都要介绍的经典博弈模型。

一次严重的纵火案发生后,警察在现场抓到了两名犯罪嫌疑人。事实上正是他们为了报复而一起放火,但警察没有掌握足够的证据。于是,警察把他们隔离囚禁起来以便得到所需的口供。两个犯罪嫌疑人都明白警方的政策:如果他们都承认纵火,每人将被判入狱5年;如果他们都不坦白,由于证据不充分,他们只会被认定为妨碍公务罪而入狱1年;如果一个抵赖而另一个坦白并愿意作证,那么抵赖者将被判8年监禁而坦白者将获宽大释放。这样两个犯罪嫌疑人面临着的是坦白交代还是抵赖的决策。

如果自己坦白,则可能被判5年监禁也可能无罪释放,最终结果取决于对方的策略;如果自己抵赖,结果是被判断1年还是8年监禁,最终结果同样取决于对方是抵赖还是坦白。他们的这种博弈格局可用下列“矩阵”表示(见表1-3-1)。

表 1-3-1 囚徒困境

		囚徒 2	
		坦白	不坦白
囚徒 1	坦白	-5, -5	0, -8
	不坦白	-8, 0	-1, -1

本博弈中有两个参与人,即囚徒1与囚徒2;他们的可选策略



都是“坦白”或“抵赖”；他们的支付即被判监禁的年数，它不仅取决于自己的策略，还取决于对方的策略，是双方策略组合的函数；由于是被隔离囚禁，一方是否已经坦白或抵赖，另一方无法知道，所以不管他们的决策是否同时进行，都可看作是同时决策；博弈的规则、双方的可选策略、行为特征、各种策略组合下的支付等等都是共同知识<sup>①</sup>。表 1-3-1 中的每一组数值对应每一种策略组合下的支付向量，其中第一个数值是位于右方的参与人的支付，即囚徒 1 的支付，第二个数值是位于上方的参与人的支付，即囚徒 2 的支付。这种“矩阵”把本博弈的三要素简洁、清晰地集中表现出来，使我们方便分析（这一点将在第 2 章中看到）。

这种以表示各种策略组合下的支付向量为元素的矩阵称为“支付矩阵”，而这种用支付矩阵来表示博弈的方法称为“支付矩阵法”。

现在我们说明他们决策的结果。他们的目标都是追求自身利益最大化。如果对方坦白，自己抵赖将坐 8 年牢而坦白的活只要坐 5 年牢，坦白比抵赖有利；如果对方抵赖，自己也抵赖将坐 1 年牢而坦白的活则能获得自由，还是坦白比抵赖有利。可见，不管对方采取什么策略，自己坦白总是比较有利的，所以必然的选择是“坦白”。同样的道理，对方也肯定选择“坦白”。因此，该博弈的结果是两参与人同时选择“坦白”，共同实现  $-5$  的支付，即都得坐 5 年牢。很容易观察到：如果他们同时选择“抵赖”，那么双方的支付都能得到改善，即由  $-5$  提升为  $-1$ ，可是他们做不到，“理性人”走进了困境。这个案例是对现实中相当多的社会经济活动的解释，比如生态环境的恶化、公共资源的枯竭、市场竞争等等。

---

<sup>①</sup> 共同知识(common knowledge)是指“所有参与人知道，所有参与人知道所有参与人知道，所有参与人知道所有参与人知道所有参与人知道……”的知识。本案例中，甲知道博弈的规则，乙知道甲知道博弈规则，甲也知道乙知道自己知道博弈规则，如此等等。