

博弈论教程

——理论·应用

A COURSE OF
GAME THEORY AND ITS
APPLICATIONS

黄 涛 / 编著



首都经济贸易大学出版社

博弈论教程

——理论·应用

A COURSE OF
GAME THEORY AND ITS
APPLICATIONS

黄 涛/编著

首都经济贸易大学出版社

CAPITAL UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS PRESS

图书在版编目(CIP)数据

博弈论教程:理论·应用/黄涛编著. —北京:首都经济贸易大学出版社, 2004. 5

ISBN 7-5638-1169-9

I. 博… II. 黄… III. 对策论—高等学校—教材 IV. O225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 018718 号

博弈论教程——理论·应用

黄涛 编著

出版发行 首都经济贸易大学出版社

地 址 北京市朝阳区红庙(邮编 100026)

电 话 (010)65976483 65065761 65071505(传真)

E-mail publish @ cueb. edu. cn

经 销 全国新华书店

照 排 首都经济贸易大学出版社激光照排服务部

印 刷 北京泰锐印刷有限责任公司

开 本 787 毫米×980 毫米 1/16

字 数 350 千字

印 张 18.25

版 次 2004 年 5 月第 1 版 第 1 次印刷

印 数 1~4 000

书 号 ISBN 7-5638-1169-9/O·26

定 价 24.00 元

图书印装若有质量问题,本社负责调换

版权所有 侵权必究



目 录

绪论	1
----------	---

第一部分 基本理论体系

第一章 完全信息静态博弈	9
---------------------------	----------

第一节 策略型博弈	10
第二节 纳什均衡	15
第三节 纳什均衡的性质	25
第四节 双人零和博弈	29
思考题	33

第二章 完全信息动态博弈	35
---------------------------	-----------

第一节 扩展型博弈	36
第二节 子博弈完美均衡	41
第三节 重复博弈	51
思考题	57

第三章 不完全信息静态博弈	59
----------------------------	-----------

第一节 不完全信息	60
-----------------	----



第二节	贝叶斯均衡	66
第三节	混合策略的重新解释	71
思考题		73

第四章 不完全信息动态博弈 77

第一节	完美贝叶斯均衡	79
第二节	信号博弈	84
思考题		89

第五章 合作博弈和谈判理论 91

第一节	联盟型博弈	92
第二节	合作博弈解	96
第三节	谈判理论	102
思考题		108

第二部分 理论专题

第六章 均衡精炼与均衡选择 113

第一节	可理性化、迭代优越和相关均衡	114
第二节	纳什均衡的精炼	118
第三节	正向归纳与稳定均衡集	129
第四节	均衡选择	138

第七章 动态博弈与博弈实验 149

第一节	重复博弈专题	150
第二节	进化博弈理论	156
第三节	微分博弈	162
第四节	随机博弈	165
第五节	博弈实验研究	168

**第八章 不完全信息专题 181**

第一节 知识与信息 182

第二节 机制设计理论 196

第三部分 应用专题**第九章 产业组织和市场交易 205**

第一节 产业组织理论应用 206

第二节 拍卖投标 215

第三节 搜索理论 220

第十章 公共选择 229

第一节 投票与社会选择 230

第二节 公共品提供 245

第十一章 激励理论 251

第一节 委托代理关系 252

第二节 逆向选择 254

第三节 道德风险 262

第四节 执行理论 267

部分思考题参考答案 279**参考文献 281**



绪 论

博弈论是当今经济学乃至整个社会科学中极为重要的一门理论学科,它利用数学工具对种种社会经济现象进行深入的规范分析,获得了丰硕的研究成果。本书对博弈论基本体系、理论专题和各类应用予以较为系统的介绍,由此可使读者对博弈论的整体概况以及应用方法有比较全面的了解,可用做各类学生的教材。在绪论中,我们将对博弈论的研究对象、发展历史、基本体系和本书结构予以简要介绍。

一、博弈论的研究对象

博弈论的英文名称为 Game Theory,也翻译为对策论、游戏论。作为一门现代学科体系,博弈论建立的时间并不长,然而它所研究的对象却是古往今来人类社会中非常常见的现象。小到象棋之类的游戏,中到经济生活中的各种交易,大到国家之间的征伐斗争,其间无不涉及人与人之间的斗智,即参与方需要琢磨对方可能的选择,由此确定自己的对策。

博弈论的产生正是来自于人类对这种斗智现象的观察与思考。面对这种现象,很自然的一个问题就是,人们斗智的最后会形成何种结局呢?换言之,什么样的结局才是最合理的呢?博弈论就是以严格的数学模型对这些问题进行规范描述,在统一框架下加以严整的数学分析。

现代博弈论起源于 20 世纪初,在二战后发展成为一门完整而丰富的理论学科。它的早期研究者多半是数学家,他们对国际象棋、扑克等竞赛和游戏活动详加观察,试图用数学工具来对其后果进行预测。当他们以严肃认真的科学态度去分析游戏时,其思想成果即刻就超越了原来的运用领域,博弈论的研究对象很快也大大扩展开来。

现在可以说,博弈论研究的是人与人之间利益相互制约下策略选择时的理性行为及相应结局。豪尔绍尼(John C. Harsanyi)在他 1994 年获得诺贝尔经济学奖的获奖辞中是这样定义博弈论的:“博弈论是关于策略相互作用的理论,就是说,它



是关于社会形势中理性行为的理论,其中每个局中人对自己行动的选择必须以他对其他局中人将如何反应的判断为基础。”

简言之,博弈论研究人与人之间“斗智”的形式和后果。当人们的利益存在冲突时,每个人所获得的利益不仅取决于自己所采取的行动,还有赖于其他人采取的行动,因此每个人都需要针对对方的行为选择作出对自己最有利的反应。

同时,对博弈论还有着其他各种定义,它们彼此大同小异,均强调局中人策略选择的相互影响(Strategic Intercourse),或者说策略相关性(Strategic Dependence)。

人与人之间利益存在相互影响的情况出现于几乎所有的人类活动中,故而博弈论就有了广阔的用武之地。它提供了一种研究人类理性行为的通用方法,运用这些方法可以更为清晰完整地分析各种社会经济力量冲突与合作的形势,因此,博弈论在经济学、社会学、心理学、政治学等各类社会科学中得到了广泛运用,对进化生物学和计算科学等自然科学也产生了重要影响。

二、博弈论的发展历程

博弈论发展到今天成为完整丰富的学科体系离不开许多杰出研究者的努力,其发展历程大致可分为以下几个阶段。

从19世纪到20世纪30年代可以说是博弈论的萌芽期。博弈论的早期历史发轫于学者们对社会经济理论和现实的一些思考,当然,他们当时的思路和方法与现代博弈论有相当大的差异,但他们的思想成果还是对博弈论产生了积极的启发和推动作用。

其中,古诺(Cournot)是早期研究数理经济学和博弈论的重要人物,他在1838年对垄断竞争的数量分析成为了数理经济学研究的经典之作,并被视做这种经济理论的起点,而现代博弈论中最重要的概念——纳什均衡有时就被称为古诺—纳什均衡。

20世纪初,研究博弈问题的人多了起来,且以数学家为主。当时的研究者大多专注于严格竞争博弈,按现代的术语来说就是双人零和博弈。在这种博弈中,一个人有所得必然意味着另一个人有等量的损失,这明显地带有博弈论最初的研究对象——各类竞赛游戏——的痕迹。在这一期间,关于双人零和博弈的研究成果异常丰富,与之相联系产生了许多日后具有更广泛适用性的概念和成果,并成为更为一般的理论基础。值得一提的是,泽梅罗(Zemelo)1913年给出定理,说明国际象棋的输赢是严格确定的。其意义是,如果对局者具有完全理性,就能够理性地计算



国际象棋的所有可能着法,例如让两个上帝下棋,那么输赢就是事先确定的:只要决定了谁先谁后,不必下就可以决定结果。只不过凡人不是上帝,所以没有人能知道这种确定的结果究竟是谁输谁赢罢了。

20世纪四五十年代可说是博弈论的体系建立时期,这一期间最为突出的事件是1944年约翰·冯·诺依曼(John von Neumann)和奥斯卡·摩根斯坦(Oskar Morgenstern)的巨著《博弈论和经济行为》(Game Theory and Economic Behaviour)的出版,它标志着博弈论作为一门学科的建立,也被视为数理经济学学科建立的里程碑。

在冯·诺依曼和摩根斯坦的巨著出版前后的若干年中,合作博弈理论是博弈论研究的重点,得到了迅速的发展,提出了种种解概念。但不久约翰·纳什的开创性工作使得博弈论的研究重心发生了转变,他于1951年提出了纳什均衡概念,为非合作博弈的一般理论和谈判理论奠定了基础。

20世纪60至80年代是博弈论体系的发展壮大期。这段时间中,合作博弈理论继续得到充实和丰富,而非合作博弈理论更是发展迅速,成为博弈论研究和应用的主流。在这一期间,博弈论从一个由少数研究者(主要是些数学家)苦心钻研的艰深学科发展成为受众人瞩目的、研究队伍日益扩大的理论体系,在各方面产生越来越大的影响。20世纪50年代初期,博弈论的主要应用是军事战略战术问题,这与冷战开始的时代背景有关。50年代后期,博弈论的主要应用领域开始转向经济学。60年代,博弈论与数理经济学及经济领域的各个方面均建立起了牢固而持久的联系。

博弈论的快速发展和大批研究者的加入是分不开的。起初博弈论研究队伍的人数不多,20世纪50年代兰德公司在圣莫尼卡开业,在随后的许多年中它成为了博弈论研究的中心,普林斯顿大学则是博弈论研究的另一个阵地。60年代博弈论的研究扩展至其他许多大学以及研究机构,在以色列、前西德、比利时和前苏联都建立了重要的研究中心,而后研究队伍进一步扩大。《国际博弈论杂志》创刊于1972年,而其他一些经济理论刊物也在以不断增长的篇幅关注博弈论。

20世纪80年代至今是博弈论的完善和应用期。此间博弈论本身发展成为了一个相对完善、内容丰富的理论体系,羽翼已丰的非合作博弈理论在理论研究和实践应用中都占据了主导地位。更重要的是,博弈理论在各种经济学科中都得到了深入应用,在政治学、生物学、计算机科学、道德哲学、社会学等广泛领域内也产生了重要影响,成为学术界的又一热门话题,博弈论彻底走出了自己的小圈子。

1994年诺贝尔经济学奖被授予了纳什、豪尔绍尼、泽尔滕(Reinhard Selten)三

位博弈论研究者就是一个例证。之后摩里斯 (James A. Mirrlees)、斯宾塞 (A. Michael Spence) 等人的获奖也和他们利用博弈论进行的研究有关。能表现 20 世纪 80 年代后博弈论影响扩张上异乎寻常速度的一个例子是, 豪尔绍尼等博弈论的重要研究人员在 1980 年经济学家名人录上还没有出现, 而 1994 年却获得了诺贝尔经济学奖。

20 世纪 90 年代以来, 博弈论对微观经济学的影响更为显著, 实际上存在一种用博弈论来改写微观经济学的热潮。西方先后出现了几种经济学教科书, 它们完全从博弈论的角度出发解释经济问题, 引起了极大的反响。甚至有人称, 现今不懂博弈论就不懂经济学。这一说法当然有些夸张, 不过要阅读任何经济领域的最新学术成就, 没有对博弈论的了解恐怕还是会遇到一些困难。

三、博弈论的理论体系

和决策论近似, 博弈论考察的也是人的决策行为, 但在学科划分上, 一般把它们区分开来。二者的关键差异在于, 在决策论研究的形势中, 只有一个利益主体, 决策者选择某种策略得到的结局是客观决定的。在博弈论研究的形势中, 则有利益关联的多个利益主体。

决策论和博弈论之间也存在联系, 决策论所建立的人类理性决策模型正可以作为博弈论研究的基础。在博弈论中, 基本的出发点是决策论的理性人假设, 体现为数学模型也就是效用最大化模型, 或者在存在风险或不确定性的形势中则为期望效用最大化模型。

在此基础假设之上, 博弈局势中每个决策主体都选择能使自己的效用或期望效用最大的策略。由于利益之间存在相互关联, 因此策略选择上也存在相互关联, 每个人的最佳策略选择都要考虑到其他人的策略选择行为, 而博弈论研究的就是这种策略之间的相互影响。

博弈论主要分为两大领域: 非合作博弈理论和合作博弈理论。这两种博弈理论的差别在于所使用的一种基本假设的不同, 也就是承诺 (Commitment) 的强制力不同, 这造成它们研究方法和结论上的巨大差异。

在非合作博弈理论中, 决策主体完全根据自己的利益来决定自己的选择, 违背自己利益的任何表示都是不可信的, 例如“如果你和我在博弈中合作, 那么博弈结束后我的收益给你一半”。类似这样的许诺在非合作博弈中是没有效力的, 原因是其中没有任何机制保证博弈结束局中人会按照承诺支付自己收益的一半给对方。

合作博弈理论与非合作博弈理论的不同之处在于,前者假设了人和人之间如果达成合作意向,他们的协议将是可强制执行的,也就是说合作是必然成立的。在这个时候,策略选择问题就不再重要,合作者总会选择使收益之和最大的策略组合。合作博弈考察的是,人们达成合作获得收益之后如何分配利益的问题。

简单地说,非合作博弈理论的核心问题是策略选择,研究人们如何在利益相互影响的情况下作出最有利于自己的选择。合作博弈理论的核心问题是利益分配,研究人们已经达成合作之后如何分配利益。这种侧重点的不同造成两种理论的模型、研究方式与研究成果有着相当大的不同。当前,非合作博弈理论是博弈论研究的主流领域,这是因为刻画策略选择才能给出人类理性行为的详细描述。合作博弈理论在博弈论中的地位虽然在下降,但仍然占据着一席之地,具有一定影响。

现在大多数博弈论教科书、专著、研究文献往往仅涉及非合作博弈理论,本书也以介绍非合作博弈理论为主,对于合作博弈理论仅在第六章加以简要介绍。

对于非合作博弈理论,比较流行的一种分类方式是将其分为四类:完全信息静态博弈、完全信息动态博弈、不完全信息静态博弈和不完全信息动态博弈。其中,完全信息是指博弈中的决策者对于博弈整体结构有着充分了解,惟一需要考虑的就是策略选择问题;不完全信息则是指博弈中的决策者对博弈结构中某些部分的了解不充分;静态博弈是指,博弈中每个决策者的策略选择仅进行一次,在选择时不知道其他人的策略选择;动态博弈则引入了决策的先后次序,局中人在进行选择时可以得到关于行动历史的一些信息。这两种划分是非合作博弈理论中对理性结局影响最大的两种因素,两两组合就形成了上述四类博弈。

四、本书结构

本书分为三部分。第一部分介绍博弈论的基本理论体系,也就是非合作博弈与合作博弈理论的基本内容,其主要内容曾经作为张守一编写的《现代经济对策论》(高等教育出版社)的第一部分,由笔者编写,本书对其进行了进一步的调整和补充。第二部分介绍博弈论的理论专题,包括博弈论理论研究中最新的一些研究专题。第三部分介绍博弈论的应用,表现经济学中应用博弈论研究最成功的一些领域的进展,当然这些领域本身都具有各自完整的理论体系和丰富的研究成果,本书只是分析博弈论应用到这些领域的一些例子,由此表现建立博弈应用模型的思路 and 此类模型的特征。第二部分和第三部分没有设思考题,对此,更合适的学习方法是通过阅读博弈论的近期文献,有需要者也可以在 Fudenberg 的教科书中寻



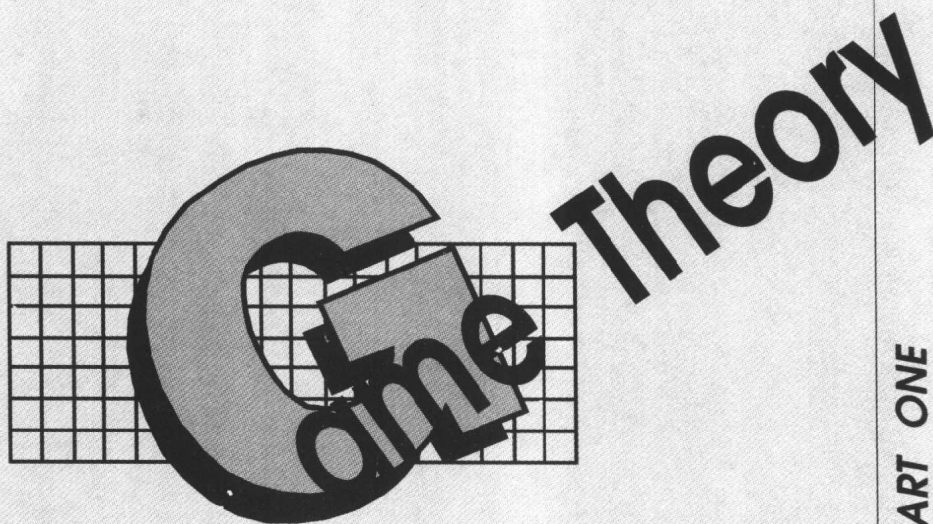
找合适的习题作为练习。

本书可以用做各类学生的教材,对于非经济类学生或者经济学专业的本科生,学习第一部分的内容就可以了解博弈论的基本情况,根据课时情况,还可以挑选第三部分的若干专题作为阅读材料,从中体会应用博弈论进行经济学分析的方法和成果。对于经济学专业的研究生或者希望了解博弈论理论进展的读者,第二部分提供了博弈论研究专题的一些理论介绍,有助于加深对博弈论的理解,为阅读有关文献打下一定基础。

需要说明的是,本书中的所有内容都来自博弈论研究者的研究文献,笔者仅是加以编辑、整理和简化,有些没有注明出处的内容是博弈论研究中常用或经典的理论。作为内容的最重要来源以及进一步深入阅读的参考,建议读者阅读 Robert J. Aumann 和 Sergiu Hart 编写的 *Handbook of Game Theory with Economic Applications* 一书,由 Elsevier Science Publishers 在 1992, 1994 和 2002 年出版了 3 卷,它是读者全面了解博弈论研究现状的重要指南。关于教科书,最著名的则有 Fudenberg 和 Tirole 在 1992 年编写的 *Game Theory* 一书,时至今日它仍然是完整讲述博弈论的教材中最好的一本。

基本理论体系

- 完全信息静态博弈
- 完全信息动态博弈
- 不完全信息静态博弈
- 不完全信息动态博弈
- 合作博弈和谈判理论



第一章

完全信息静态博弈

本章的核心概念是策略型博弈和纳什均衡。需要了解策略型博弈的构造和基本假设，掌握离散和连续两种情况下纳什均衡的求解方法以及双人零和博弈中纳什均衡的特殊性质与解法。



CHAPTER ONE



《史记》中记载了关于孙臆的一则小故事：

忌敖与齐诸公子驰逐重射。孙子见其马足不甚相远，马有上、中、下辈。于是孙子谓田忌曰：“君弟重射，臣能令君胜。”田忌信然之，与王及诸公子逐射千金。及临质，孙子曰：“今以君之下驷与彼上驷，取君上驷与彼中驷，取君中驷与彼下驷。”既驰五辈毕，而田忌一不胜而再胜，卒得王千金。

摘自：史记卷六十五《孙子吴起列传》

上面这则经典故事表现了博弈论的典型特征：针对对方选择的策略性反应。孙臆针对对方上、中、下等马的出场次序，排出下、上、中的次序以应对，从而赢两场，输一场。现在的问题是，如果对方看到这一点后，改变自己的出场次序，取同样的下、上、中，结果将会如何？显然孙臆又有动机进一步改变自己的策略，那么最终的理性结局是什么呢？

对此可以建立完全信息静态博弈模型进行研究。完全信息静态博弈理论是整个非合作博弈理论的基础，它抽象出现实博弈形势中最基本的组成部分构成数学模型，由此对参与者的理性行为形成规范描述，在此基础上进一步可扩展为更复杂的博弈模型。本章首先介绍表述静态博弈的策略型，然后介绍非合作博弈理论的核心概念——纳什均衡，讨论其性质，最后介绍双人零和博弈的解概念。

第一节 策略型博弈

博弈论分析的是人们进行决策时策略选择的相互影响，现实中存在着极其多样的这种形势。为了进行规范分析，有必要从中抽象出最基本的组成要素构成最简单的模型，利用数学工具进行求解，分析结论的现实意义，然后再逐步加入更复杂的因素，使模型更能描述现实。这是经济学普遍采用的定量研究思路，博弈论也不例外。

在博弈论中抽象出现实博弈中的最基本要素构成的模型描述就是所谓的策略型 (Strategic Form)，或称标准型 (Normal Form)，用这种方式描述的博弈常常称为策略型博弈。在策略型博弈中引入了博弈论最基本的一些概念，是整个博弈论的基石。

一、策略型表述

人们在研究现实博弈局势时发现,构成一种博弈最基本的要素有三:首先是参与人,也就是利益主体,显然没有人参与就不成其为博弈;其次是每个人都可以在一定的策略中进行选择,否则就没有决策可言;最后是每个人都可从结局中得到一定的收益。将这三者抽象出来就形成策略型博弈。准确地说,策略型博弈由以下三种基本要素组成。

1. 局中人(Players):即博弈的参与者,他们是博弈的决策主体,根据自己的利益要求决定自己的行为。局中人可以是自然人,也可以是各种社会组织,如企业、政府、社团等,在一些应用中也可能是生物等其他主体。

在以后的讨论中,我们记局中人为 i ,局中人集合 $N = \{1, 2, \dots, n\}$,即共有 n 个局中人,如果参与博弈的人数无限,则 N 为整个自然数集。为了讨论的方便,我们将某个局中人 i 之外的其他局中人称为“ i 的对手”,记为 $-i$ 。

2. 策略(Strategies):策略型博弈中有两种策略概念,最基本的称为纯策略,简称策略,指每个局中人在博弈中可以选择采用的行动方案,每个局中人均有可供其选择的多种策略。记局中人 i 的策略为 s_i , $s_i \in S_i$,其中 S_i 为局中人 i 可选择的策略组成的策略集合,又称策略空间。 n 个局中人各选择一个策略形成的向量 $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ 被称为策略组合(Strategic Profile),策略组合的集合为 $S = \times_i S_i$ 。

另一种策略概念为在纯策略基础上形成的混合策略(Mixed Strategy),局中人 i 的混合策略 σ_i 是其纯策略空间 S_i 上的一种概率分布,表示局中人实际博弈时根据这种概率分布在纯策略中随机选择加以实施。 $\sigma_i(s_i)$ 表示 σ_i 分配给纯策略 s_i 的概率,局中人 i 的混合策略空间记为 Σ_i ,混合策略组合空间为 $\Sigma = \times_i \Sigma_i$ 。可以看到,纯策略可视为混合策略的特例,也就是对某个纯策略赋予概率1而对其他纯策略赋予概率0的混合策略。

为了下文讨论的方便,记局中人 i 之外其他局中人(即 i 的对手)所采取策略的组合为 s_{-i} , $s_{-i} \in S_{-i}$ 。由于我们常常要讨论只有一个局中人改变策略的情况,因此我们将策略组合 $(s_1, \dots, s_{i-1}, s'_i, s_{i+1}, \dots, s_n)$ 记为 (s'_i, s_{-i}) 。在一些文献中,对此还有另一种表示方式,用 $s \setminus s'_i$ 表示策略组合 s 中局中人 i 改变策略为 s'_i 后形成的新策略组合。对混合策略,也有类似记法。

3. 支付(Payoffs):指每个局中人从各种策略组合中获得的收益,其中收益往往采用效用概念,由于它是策略组合 s 的函数,所以也被称为支付函数,记局中人 i 的