



诺/贝/尔/经/济/学/奖/获/得/者/丛/书

Library of Nobel Laureates in Economic Sciences




博弈论

矛盾冲突分析

Game Theory
Analysis of Conflict



罗杰·B·迈尔森 (Roger B. Myerson) 著

 中国人民大学出版社

诺/贝/尔/经/济/学/奖/获/得,

Library of Nobel Laureates in Economic Sciences

博弈论

矛盾冲突分析

Game Theory
Analysis of Conflict



罗杰·B·迈尔森 (Roger B. Myerson) 著

于寅 费剑平 译

刘兴坤 校

中国人民大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

博弈论：矛盾冲突分析/(美)迈尔森著；于寅、费剑平译，—北京：
中国人民大学出版社，2015.1

(诺贝尔经济学奖获得者丛书)

书名原文：Game theory: analysis of conflict

ISBN 978-7-300-20420-8

I. ①博… II. ①迈… ②于… ③费… III. ①博弈论 IV. ①0225

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 297721 号

诺贝尔经济学奖获得者丛书

博弈论：矛盾冲突分析

罗杰·B·迈尔森 著

于寅 费剑平 译

刘兴坤 校

Boyi Lun; Maodun Chongtu Fenxi

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	010-62511242 (总编室)	010-62511770 (质管部)	
	010-82501766 (邮购部)	010-62514148 (门市部)	
	010-62515195 (发行公司)	010-62515275 (盗版举报)	
网 址	http://www.crup.com.cn http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京易丰印捷科技股份有限公司		
规 格	160mm×235mm 16 开本	版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 张	31.75 插页 1	印 次	2015 年 1 月第 1 次印刷
字 数	532 000	定 价	68.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

中文版前言

20 世纪后半叶，博弈论已发展成为经济和社会理论的基本演算法。传统价格理论是建立在市场结构之上的，经济学家利用博弈论来分析超越市场结构的制度和经济体制中的竞争激励。所以，让全世界学生都能掌握博弈论方法就显得很重要。为此我耗时 6 年写成这本《博弈论：矛盾冲突分析》。我很高兴，把此书译成中文的译者们的艰辛劳动，使我的努力成果有了更大的应用范围。在本书中，我假定读者具备一定的大学数学知识，因此，我尽量对博弈论方法作出完整而又圆满的介绍。在准确定义博弈论的一般模型和解概念之外，本书还详尽地解释了这些精确的数理定义背后的推理过程，我的目标是，在为学生提供一本教材的同时，还为那些能对博弈论方法论作出新贡献的研究者提供一本参考手册。

当我在 1991 年完成此书时，还没有一本博弈论教材包含戴维·克雷普斯 (David Kreps) 和罗伯特·威尔逊 (Robert Wilson) 于 1982 年作为展开式博弈的一般解概念而提出的序贯均衡 (sequential equilibrium)。我认为序贯均衡是当今文献中最重要的博弈论解概念，所以本书第 4 章 (其中提出这一解概念) 可被视为本书的关键一章。从这一角度来看，我应该把埃隆·科尔伯格 (Elon Kohlberg) 和菲利普·瑞内 (Philip Reny) 新发表的一篇论文《相对概率空间的独立性与博弈树中的一致评估》 [Independence on Relative Probability Spaces and Consistent Assessments in Game Trees, *Journal of Economic Theory*, 1997 (75): 280 - 313] 作为对博弈论基础的一个杰出贡献，它进一步证实了本书 4.4 节中所论述的克雷普斯-威尔逊一致信念条件。但对序贯均衡



仍需要做更多的基础工作，特别是在局中人有无限多可能信息状态的博弈中，应如何定义序贯均衡的问题。

在本书完成之后，有些新的有关经济理论的研究生教材也在博弈论方面作出了很好的介绍。在此，我特别推荐的一本教材是安德鲁·马斯-克莱尔（Andreu Mas-Colell）、迈克尔·D·温斯顿（Michael D. Whinston）和杰里·R·格林（Jerry R. Green）合著的《微观经济理论》（*Microeconomic Theory*）（本书中文翻译版由中国人民大学出版社出版），它全面阐述了经济学理论，其中在其分析基础上与价格理论一并介绍了博弈论。那些在读了这种一般微观经济学教材后，还想对博弈论的数理模型和概念有更全面深入了解的学生，仍能从我的这本书中受益。

在此，我再次感谢两位译者辛苦的翻译工作。我希望此书能与其他博弈论和经济学优秀教材一起，对中国乃至全世界的学生有所借鉴。

罗杰·B·迈尔森

Preface to the Chinese Edition

In the second half of the twentieth century, game theory has developed into a fundamental calculus for economic and social theory. Economists use game theory to analyze competitive incentives in institutions and economic systems which go beyond the market structures that have been traditionally assumed in price theory. So it is important to make the methods of game theory accessible to students throughout the world. It is for this goal that I worked for six years to write my book "*Game Theory: Analysis of Conflict*." I am very glad to have my efforts now extended by the great work of the translators who have produced this Chinese edition of my book. In this book, I have tried to offer a complete and self-contained introduction to the methods of game theory, assuming only some previous study of college-level mathematics. In addition to precisely defining the general models and solution concepts of game theory, I have tried to explain carefully the reasoning that underlies these precise mathematical definitions. My goal has been to provide both a text book for students and a reference manual for researchers who can develop new contributions to game-theoretic methodology.

When I finished my book in 1991, there was a lack of other game theory texts that covered sequential equilibrium, which was introduced by David Kreps and Robert Wilson as a general solution concept for extensive-form games in 1982. I view sequential equilibrium as the most important game-theoretic solution concept in the literature today, and



so Chapter 4 (where this concept is developed) may be seen as the pivotal chapter in this book. From this perspective, I should cite Elon Kohlberg and Philip Reny's recent paper "Independence on Relative Probability Spaces and Consistent Assessments in Game Trees" (*Journal of Economic Theory*, 1997 (75): 280 - 313) as an outstanding contribution to the foundations of game theory which further justifies the Kreps-Wilson consistent-beliefs condition that is developed in Section 4.4 of this book. But more fundamental work still needs to be done on sequential equilibrium, particularly on the question of how sequential equilibrium should be defined for games where players have infinitely many possible information states.

Since my book was finished, new graduate textbooks on economic theory have begun to offer good introductions to game theory. I can particularly recommend the text book *Microeconomic Theory* by Andreu Mas-Colell, Michael D. Whinston, and Jerry R. Green (Oxford University Press, 1995) as a comprehensive introduction to economic theory that includes game theory along with price theory in its analytical fundamentals. My own book can also be profitably read after such a general microeconomics text by students who want a deeper and more thorough understanding of the mathematical models and solution concepts of game theory.

Again, I want to thank the translators for their work to produce this translation. I hope that it will join other excellent texts on game theory and economics as resources for students in China and throughout the world.

by Roger B. Myerson

前 言

博弈论涉及的领域具有普遍性，包括所有社会科学共同存在的基本问题。它能为分析涉及具有不同目标或偏好的个体的任何经济、政治或社会局势提供深刻见解。然而，在关于博弈论及其应用的大量且日益增多的文献背后，隐藏着一个根本上既统一又一致的方法论。本书既要介绍博弈论的普遍性，又要阐述其统一性。本书分析了部分最重要的博弈论模型、解概念及其结果，同时也介绍了一些引导博弈理论家完善这些模型及其解的方法论原理。

本书作为博弈论的一般入门读物，可兼作教材和自学读物。本书编著的基础是我在美国西北大学、芝加哥大学及巴黎-多芬纳大学授课的讲义。不过，与我最初讲授的内容相比，本书包含了更多的合作博弈理论。认识到非合作博弈理论的基础与核心地位及合作博弈理论必不可少的补充作用，我力图在二者之间予以适当的平衡。

本书所要求的数学方面的预备知识是大学阶段所学的初等微积分、线性代数及概率论等基本知识，并且重要的是熟悉集合、向量、函数和极限等基本概念和记号，而不是这些课程中所教的定理。但凡用到比较高深的数学概念，我都对其给出了简短但完整的解释。

每一章都会有些较高深或专门性的论题，忽略这些也不会影响读者对其后内容的理解。我没有对这样的章节或段落用“星号”标记，而是给出相互参照的说明，以便读者可以快速浏览或跳过这些不感兴趣的章节，并在阅读后面感兴趣的章节尚需要时，可回头查阅。

这本入门性的教科书并没有涵盖博弈论先行文献中每一个重要的论题，也没有力图汇集广泛的参考文献，而只是力求准确判断出哪些论题



是需要强调的，哪些是可以简述的，以及哪些是可以省略的。然而，任何一种判断都必定具有主观性，且存在争议，特别是像博弈论这样快速发展和变化的领域更是如此。至于博弈论浩瀚文献中其他的观点和更多的参考文献，读者可以查阅博弈论方面的某些杰出的综述论文和著作，其中包括 Aumann (1987b) 和 Shubik (1982)。

我首先要向 Robert Aumann, John Harsanyi, John Nash, Reinhard Selten, 以及 Lloyd Shapley 表示由衷的感谢，他们的著作和授课引导并激励我们追随他们开始了博弈论领域的研究。与 Ehud Kalai 和 Robert Weber 关于博弈论的长期交谈，特别是关于一本博弈论基本教程所应包含的内容与他们所交换的意见使我受益匪浅。本书的写作从我与 Bengt Holmstrom, Paul Milgrom 及 Mark Satterthwaite 的讨论中得到诸多启发。Myrna Wooders, Robert Marshall, Dov Monderer, Gregory Pollock, Leo Simon, Michael Chwe, Gordon Green, Akihiko Matsui, Scott Page 及 Eun Soo Park 等阅读了本书的部分手稿，并提出了许多宝贵意见。在本书的编写过程中，我还受益于 Lawrence Ausubel, Raymond Deneckere, Itzhak Gilboa, Ehud Lehrer, 以及西北大学管理经济学与决策科学系的其他同事所提出的建设性意见和建议。Jodi Simpson 对最后的终稿进行了认真的编辑，并由 Scott Page, Joseph Riney, Ricard Torres, Guangsug Hahn, Jose Luis Ferreira, Ioannis Tournas, Karl Schlag, Keuk-Ryoul Yoo, Gordon Green 及 Robert Lapsen 等协助完成校对工作。同时本书及有关的研究工作得到 John Simon Guggenheim 纪念基金会和 Alfred P. Sloan 基金会所提供的研究基金的支持，并得到美国国家科学基金会和西北大学争端解决研究中心的资助。最应该感谢的是我的妻子、孩子及父母，感谢他们给予我不断的鼓励和支持，他们全都对这项看似旷日持久的编著课题表示了始终如一的信任。

罗杰·B·迈尔森

GAME THEORY: Analysis of Conflict
by Roger B. Myerson

Copyright © 1991 by the President and Fellows of Harvard College
Published by arrangement with Harvard University Press
Simplified Chinese translation copyright © 2015

by China Renmin University Press
ALL RIGHTS RESERVED

目 录

第 1 章 决策理论基础	1
1.1 博弈论、理性和智能性	1
1.2 决策理论的基本概念	4
1.3 公理系	8
1.4 期望效用最大化定理	11
1.5 等价表示	16
1.6 贝叶斯条件概率系	19
1.7 贝叶斯模型的局限性	20
1.8 占优	24
1.9 占优定理的证明	28
习题	30
第 2 章 基本模型	33
2.1 展开型博弈	33
2.2 策略型博弈及正规表示	41
2.3 策略型博弈的等价性	46
2.4 简约的正规表示	48
2.5 劣策略的剔除	51
2.6 多代理人表示	55
2.7 共同知识	57
2.8 贝叶斯博弈	60
2.9 不完美信息博弈的建模	67
习题	75

第 3 章 策略型博弈的均衡	78
3.1 占优和可理性化	78
3.2 纳什均衡	81
3.3 纳什均衡的计算	88
3.4 纳什均衡的意义	94
3.5 焦点效应	96
3.6 博弈的决策分析法	101
3.7 演进、抵制及风险占优	104
3.8 两人零和博弈	109
3.9 贝叶斯均衡	113
3.10 均衡中随机策略的纯化	115
3.11 拍卖	117
3.12 均衡存在性的证明	122
3.13 无限策略集	125
习题	132
第 4 章 展开型博弈的序贯均衡	137
4.1 混合策略与行为策略	137
4.2 行为策略均衡	143
4.3 正概率信息状态处的序贯理性	145
4.4 一致信念和所有信息状态处的序贯理性	150
4.5 计算序贯均衡	158
4.6 子博弈完美均衡	163
4.7 完美信息博弈	165
4.8 添加小概率机会事件	167
4.9 前向归纳法	170
4.10 投票与二元议程	174
4.11 技术性证明	179
习题	185
第 5 章 策略型均衡的提炼	189
5.1 引言	189
5.2 完美均衡	192
5.3 完美均衡和序贯均衡的存在性	196
5.4 适度均衡	197
5.5 持久均衡	204

5.6	均衡稳定集	206
5.7	通有性质	212
5.8	结论	213
	习题	215
第 6 章	附加通信的博弈	216
6.1	合同和相关策略	216
6.2	相关均衡	221
6.3	附加通信的贝叶斯博弈	228
6.4	贝叶斯集体选择问题和贝叶斯讨价还价 问题	233
6.5	具有线性效用的交易问题	241
6.6	含合同的贝叶斯博弈的一般参与约束	250
6.7	发送—接收博弈	252
6.8	可接受的与占优的相关均衡	257
6.9	展开型博弈和多阶段博弈中的通信	262
	习题	267
	文献注释	272
第 7 章	重复博弈	273
7.1	重复囚徒困境	273
7.2	重复博弈的一般模型	275
7.3	具有完全状态信息和贴现的重复博弈的 平稳均衡	282
7.4	附加标准信息重复博弈：一些例子	288
7.5	标准重复博弈的一般可行性定理	295
7.6	有限重复博弈和初始怀疑的作用	300
7.7	行动的不完全可观测性	304
7.8	大分散群体的重复博弈	311
7.9	不完美信息下的重复博弈	313
7.10	连续时间	321
7.11	重复博弈的进化模拟	324
	习题	325
第 8 章	两人博弈的讨价还价与合作	328
8.1	合作博弈理论的非合作基础	328
8.2	两人讨价还价问题和纳什讨价还价解	332

8.3	个人之间加权效用的比较	337
8.4	可转让效用	340
8.5	理性威胁	342
8.6	其他讨价还价解	345
8.7	轮流报价的讨价还价博弈	349
8.8	具有不完美信息的轮流报价博弈	354
8.9	离散的轮流报价博弈	358
8.10	再谈判	363
	习题	366
第9章	合作博弈中的联盟	369
9.1	联盟分析概述	369
9.2	可转让效用下的特征函数	374
9.3	核心	378
9.4	沙普利值	386
9.5	合作结构下的值	393
9.6	其他解概念	400
9.7	不可转让效用下的联盟博弈	404
9.8	不具可转让效用的核心	410
9.9	不具可转让效用的值	415
	习题	424
	文献注释	426
第10章	不确定性下的合作	428
10.1	引言	428
10.2	有效性的概念	430
10.3	一个例子	434
10.4	事后无效性和后续报价	438
10.5	计算激励有效的机制	441
10.6	不可思议性和持久性	446
10.7	知情委托人的机制选择	452
10.8	中性讨价还价解	458
10.9	不完美信息动态匹配过程	467
	习题	474
	参考文献	477

第 1 章 决策理论基础

1.1 博弈论、理性和智能性

博弈论 (game theory) 可以被定义为对智能的理性决策者之间冲突与合作的数学模型研究。博弈论为分析那些涉及两个或更多个参与者且其决策会影响相互间福利水平的情况提供了一般性的数学方法。就此而论, 博弈论能够为社会科学各分支领域的学者和实际决策者提供基本分析工具。博弈理论家所研究的情况, 不仅限于“游戏”(game) 一词表面所表示的消遣活动, “冲突分析”或“相互影响的决策理论”^① 或许是描述博弈论更为准确的术语, 但“博弈论”这个名称看来已难以更改了。

近代博弈论始于策墨洛 (Zermelo, 1913)、博雷尔 (Borel, 1921)、冯·诺依曼 (von Neumann, 1928) 的研究, 以及冯·诺依曼与摩根斯特恩 (von Neumann and Morgenstern, 1944) 合著的伟大的奠基性著作。博弈论方面的许多早期著作都是第二次世界大战期间在普林斯顿完成的, 而这同一个智力团体还包括许多著名的理论物理学家 (见 Morgenstern, 1976)。从广义思想史来看, 这种不同学科的亲近并不完全是一种巧合。博弈论的产生及广泛运用源于其是社会科学的教学基础。20 世纪, 物理科学中最基础的理论分支所取得的巨大进展引发

^① 也可译作“交互决策理论或互动决策理论”。——译者注



了危及人类文明的核困境。对于如何设计物理系统来利用放射性物质，人们似乎已经懂得很多，但对如何建立社会体制来调节面临冲突的人类行为却做得不够。因而，希望社会科学最基础的理论分支的进展在对人类行为的理解方面，能与物理科学的巨大进展相媲美，也就是自然而然的事了。这种愿望也是过去 50 多年中许多数学家和社会科学家致力于研究博弈论的动力之一。近年来，博弈论的实际应用在多个领域得到扩展，特别是在经济学领域，这有力地证明了博弈论的强大生命力。

博弈理论家力图通过研究定量模型和假设案例来理解冲突与合作。这些简化的案例在许多方面是脱离现实的，但与实际生活中大量极为复杂的现象相比，这种简化能使我们更容易看出冲突与合作的一些基本问题。当然，这也是任何一个研究领域都应用的分析方法——把问题置于忽略了现实中不重要的细枝末节的一个简化模型中加以考虑。因此，即使我们不会遇到像博弈理论学家所描述的那种局中人的立场被明确定义的情况，通过研究这些假设案例，也能够较好地理解实际的竞争情况。

在博弈论的语言中，**博弈** (game) 指的是涉及两个或更多个参与人的某个社会情形。博弈所涉及的参与者被称为**局中人** (players)。正如前面博弈论的定义所述，博弈理论家一般对局中人做两个基本的假设：他们都是理性的和智能的。在此，“理性的”和“智能的”都属于专业术语，需要对其逐一进行解释。

如果某一决策者所作出的决策与其所追求的目标都是一致的，我们就称他是**理性的** (rational)。在基于决策理论的基本结论而建立起来的博弈论中，我们假设每个局中人的目标都是追求其个人期望支付值的最大化，支付则用某个**效用** (utility) 规模来加以度量。理性决策者应该按使自己的期望支付最大化的方式去做决策，这一思想至少可以追溯到伯努利 (Bernoulli, 1738)，近代博弈思想家冯·诺依曼和摩根斯特恩 (1947) 进一步证实了这一思想的正确性。借助关于理性决策者应该如何行动方面所做的一些非常弱的假设，他们证明了，对任一理性的决策者，一定存在某种方式对他所关心的各种可能结果赋予效用数值，并使其总是作出最大化自己期望效用的决策。我们称这一结论为**期望效用最大化定理** (expected-utility maximization theorem)。

这里需要强调的是，证明期望效用最大化定理成立所使用的一些逻辑公理都是弱一致性假设。在此定理的推导过程中，关键的假设通常是**肯定性** (sure-thing) 或**替代性** (substitution) 公理，它可以被非正式地表述为：“如果某一决策者在事件 A 发生时偏好选项 1 胜于选项 2，

并且在事件 A 不发生时也偏好选项 1 胜于选项 2，那么他在知道事件 A 无论是发生还是不发生之前都应该偏好选项 1 胜于选项 2。”基于这样一个假设，并结合几个技术性正则条件，就足以保证存在某个效用规模，使得决策者总是偏好于能实现最高期望效用值的选项。

连续的期望效用最大化行为也能从进化选择模型中推导出。在一个存在无序性递增的自然规律的体系中，复杂的有机体（包括人类，更广泛地说包含社会组织）只有依照能增大其生存和自我繁衍的概率的方式行动才能持久地存在。因此，进化—选择论提出，个体倾向于实现某个度量其生存和繁衍的适应性或成功率的变量的期望值的最大化（见 Maynard Smith, 1982）。

一般来说，最大化期望效用支付与最大化期望货币支付并不必然相同，因为效用值不一定要用货币单位去度量。某一风险厌恶者在他贫穷时从增加一美元中得到的效用增加，可能比其富有时得到同一美元所带来的效用的增加更高。这一现象表明，对于许多决策者来说，效用是货币价值的非线性函数。例如，一个在决策分析中常用的模型规定，决策者从得到 x 美元中获得的效用支付是 $u(x) = 1 - e^{-cx}$ ，其中 c 表示他的**风险厌恶指数**（index of risk aversion，见 Pratt, 1964）。更一般地，一个人的效用支付除了与其自己所拥有的货币价值有关外，可能还取决于很多变量（甚至包括那些令他感到同情或者反感的人所得到的货币值）。

当存在**不确定性**（uncertainty）时，仅在所有有关的不确定事件都能够被指定概率的条件下，期望效用才可能被定义和计算，这些概率定量地度量了每个不确定事件的发生可能性。拉姆齐（Ramsey, 1926）和萨维奇（Savage, 1954）证明了，即使某些事件不能被客观指定概率，一个理性的决策者也应该能够估算所有的主观概率值，以应计算这些期望值之需。

然而，在涉及两个或两个以上决策者的情形下，估计主观概率又会遇到一种特殊的困难。例如，假设对某个给定的参与人 1 而言是未知的一个因素，正是另一个参与人 2 所选择的行动。为了确定参与人 2 的每个可能选择行动的概率，参与人 1 需要了解参与人 2 的决策行为，因而参与人 1 可以设想自己处于参与人 2 的位置。在这个思维试验中，参与人 1 或许意识到参与人 2 正在尽量理性地解决她自己所面临的决策问题，为此，她也必须确定参与人 1 的每个可能选择行动的概率。实际上，参与人 1 或许能够意识到参与人 2 可能正设想她自己处于参与人 1 的位置以便掌握参与人 1 将作出什么决策。于是，每个人所面临的决