

当代经济学系列丛书
Contemporary Economics Series

陈昕 主编

当代经济学译库

Adam Brandenburger

The Language of Game Theory

Putting Epistemics into the Mathematics of Games

博弈论的语言

将认知论引入博弈中的数学

[美] 亚当·布兰登勃格 编著

薛韞琦 译



格致出版社
上海三联书店
上海人民出版社

非外借

当代经济学译库
Contemporary Economics Series

陈昕 主编

当代经济学译库

Adam Brandenburger

The Language of Game Theory

Putting Epistemics into the Mathematics of Games

博弈论的语言

将认知论引入博弈中的数学

[美] 亚当·布兰登勃格 编著

薛韞琦 译



格致出版社
上海三联书店
上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

博弈论的语言:将认知论引入博弈中的数学/(美)
亚当·布兰登勃格编著;薛韞琦译.—上海:格致出
版社:上海人民出版社,2019.5

(当代经济学系列丛书/陈昕主编.当代经济学译
库)

ISBN 978-7-5432-2979-2

I. ①博… II. ①亚… ②薛… III. ①博弈论-文集
IV. ①O225-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 030017 号

责任编辑 唐彬源

装帧设计 王晓阳

博弈论的语言

——将认知论引入博弈中的数学

[美]亚当·布兰登勃格 编著

薛韞琦 译

出 版 格致出版社
上海三联书店
上海人民出版社
(200001 上海福建中路 193 号)
发 行 上海人民出版社发行中心
印 刷 苏州望电印刷有限公司
开 本 710×1000 1/16
印 张 17.75
插 页 3
字 数 285,000
版 次 2019 年 5 月第 1 版
印 次 2019 年 5 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5432-2979-2/F·1209
定 价 69.00 元



上世纪 80 年代，为了全面地、系统地反映当代经济学的全貌及其进程，总结与挖掘当代经济学已有的和潜在的成果，展示当代经济学新的发展方向，我们决定出版“当代经济学系列丛书”。

“当代经济学系列丛书”是大型的、高层次的、综合性的经济学术理论丛书。它包括三个子系列：（1）当代经济学文库；（2）当代经济学译库；（3）当代经济学教学参考书系。本丛书在学科领域方面，不仅着眼于各传统经济学科的新成果，更注重经济学前沿学科、边缘学科和综合学科的新成就；在选题的采择上，广泛联系海内外学者，努力开掘学术功力深厚、思想新颖独到、作品水平拔尖的著作。“文库”力求达到中国经济学界当前的最高水平；“译库”翻译当代经济学的名人名著；“教学参考书系”主要出版国内外著名高等院校最新的经济学通用教材。

20 多年过去了，本丛书先后出版了 200 多种著作，在很大程度上推动了中国经济学的现代化和国际标准化。这主要体现在两个方面：一是从研究范围、研究内容、研究方法、分析技术等方面完成了中国经济学从传统向现代的转轨；二是培养了整整一代青年经济学人，如今他们大都成长为中国第一线的经济学

家，活跃在国内外的学术舞台上。

为了进一步推动中国经济学的发展，我们将继续引进翻译出版国际上经济学的最新研究成果，加强中国经济学家与世界各国经济学家之间的交流；同时，我们更鼓励中国经济学家创建自己的理论体系，在自主的理论框架内消化和吸收世界上最优秀的理论成果，并把它放到中国经济改革发展的实践中进行筛选和检验，进而寻找属于中国的又面向未来世界的经济制度和经济理论，使中国经济学真正立足于世界经济学之林。

我们渴望经济学家支持我们的追求；我们和经济学家一起瞻望中国经济学的未来。

顾昕

2014年1月1日



中文版推荐序

布兰登勃格教授编著的《博弈论的语言》一书自2014年出版以来,在国际学术界已经广为人知,得到了来自经济学、哲学、计算机科学等不同领域的著名学者们的高度赞赏。这本书是一本论文集,收录了布兰登勃格和他的合作者(例如诺贝尔经济学奖获得者罗伯特·奥曼)近三十年以来的重要论文。作者专门撰写的导言详细解释了这些论文之间的内在联系。在我看来,这些论文展示的不仅仅是博弈论领域的前沿研究,更是革新博弈论研究纲领的一整套全新成果。薛韞琦博士的辛苦翻译得以让本书的中文版本面世,这实在是一件可喜可贺的事情!

谈到博弈论,读者们立刻会想到纳什均衡。电影《美丽心灵》让大家认识了纳什,听说了纳什均衡,但更重要的原因是,常见的博弈论教材都将纳什均衡看作是最重要的概念。这似乎形成一个错误的印象,不谈纳什均衡就不是在谈博弈论。布兰登勃格从回顾博弈论的历史开始,重新回到冯·诺伊曼,聚焦博弈论的核心概念“策略”,强调理解博弈参与者策略选择中的不确定性是博弈论的重要基石,并在此基础上提出了“认知博弈论”。与冯·诺伊曼不同,在认知博弈论中,面对不确定性,每个参与者对其他参与者的策略有一个概率分布,据此选择最大化预期收益的策略。在布兰登勃格看来,认知博弈论是一种语言,用来描述博弈参

与者的信念、假设、关于其他参与者的信念的信念，等等。本书开篇第1章重点研究了包含一阶语言的博弈语言，证明了相对于这样的语言不存在完全的信念模型。换句话说，每个信念模型都具有一阶逻辑中可以表达的漏洞，这里的漏洞是一个陈述，是对于一个参与者可能的陈述，但却未被另一个参与者所假设。在证明过程中，作者采用了逻辑学领域中所熟知的对角线公式构造方法。这是一个不可能性的结果。类似的结果在模态形式下也存在。尽管是负面的结论，但是这些结果有助于我们看清楚语言的极限。

回到我们熟悉的纳什均衡，尽管在博弈论领域已经有太多的研究和讨论，布兰登勃格提出的新的问题是：什么样的认知条件导向纳什均衡？这个问题的意义在于重新思考纳什均衡的预设条件，为其寻求充分条件。这是本书第5章试图解决的问题。关于纳什均衡的讨论中，以往的研究一般认为，博弈模型本身必须是公共知识。布兰登勃格则证明了，有两个参与者的博弈，对于博弈的相互知识、参与者的理性，以及对于他们行为的推测（行为的概率分配）蕴含着推测构成一个纳什均衡。然而，当至少有三个参与者时，我们还必须假设参与者们有一个公共先验，他们的推测是公共知识。这样的研究打破了博弈论领域理所当然的结论，为我们理解纳什均衡的适用范围提供了清晰的界定。

以上只是对书中出现的两个结果的不完全阐述，作为抛砖引玉。书中有更多的洞见等待读者去发现和欣赏。

作为逻辑学者，习惯使用形式语言思考和研究问题，阅读《博弈论的语言》的过程中，我有一种无以言表的亲切感。仔细想来，这本书吸引我的地方大致在以下几个方面。首先，整本书对不确定性的持续关注。我们生活在不确定性之中，但时时刻刻需要做出决定。面对不确定性我们如何进行推理？包括认知逻辑在内的很多哲学逻辑分支都关心类似的问题。博弈无疑为进行逻辑学研究的人们提供了一个较为具体的场景，也为验证一些有趣的逻辑原则提供了可能的场所。可以说，对博弈策略选择中不确定性的掌握是理解整个世界不确定性的一把金钥匙。我想，这也是作者提出认知博弈论的新纲领的意义所在吧。其次，本书对形式方法的灵活使用，是我所欣赏的。我被作者清晰的分析证明能力所折服。层级式的信念模型被用来讨论信念的层次，高阶认知表达式；互动信念系统用来讨论博弈参与者之间的相互知识；概率计算一直贯穿始终。洋洋洒洒的行文中，我们看到的是作者孜孜不倦的钻研精神：对大家习以为常的结论的质疑，严谨分析、严格证明的科学态度。最后，本书留给了我太多值得思考的问题。从方法论的角度说，

上面提到的第1章堪称博弈论和逻辑学交叉研究的一个典范：信念模型和形式语言之间关系的分析，不可能性结果的证明，寻求相对于正向语言片段的完全模型，等等。这样的研究方法值得两个领域的学者们认真学习。事实上，书中对“假设”概念的分析，对不同知识种类的区分，都给逻辑学的研究提出了新的挑战。在逻辑学领域，近年来也涌现出不少好的著作。2014年范本特姆出版的《博弈中的逻辑》是他多年开展逻辑学与博弈论的交叉研究的合集，正在被翻译成中文。从逻辑学和博弈论角度对中国古代的经典《孙子兵法》的研究也在开展：<http://suntzu.squaringthecircles.com/>。跨学科的研究必将会继续，人工智能的发展又为我们提供了新的舞台，也推动着这些学科的发展。合作博弈、非合作博弈都已经在机器学习领域被广泛应用，而大规模的智能规划急需博弈理论有新的突破性发展。

中国大陆在博弈论的理论研究方面经历了从翻译学习到逐步原创的过程。1996年由上海人民出版社出版的张维迎教授的著作《博弈论与信息经济学》，将博弈论系统运用到对现实经济现象的分析。1999年中国社会科学出版社出版罗伯特·吉本斯的《博弈论基础》，该书以丰富有趣的例子吸引了众多的读者。2004年见证了冯·诺伊曼和摩根斯顿的经典著作《博弈论与经济行为》（生活·读书·新知三联书店出版社）和哈罗德·W.库恩（Harold W.Kuhn）编著的《博弈论经典》（中国人民大学出版社）先后出版。之后，博弈论的书籍陆续面世，《策略与博弈》（2005），《合作博弈论》（2008），《演化与博弈论》（2008），《认识博弈的纳什均衡》（2009），《博弈入门》（2010），《博弈论》（2011），《博弈与社会》（2013）……。从内容方面看，中文的著作多数集中在经典的博弈论、合作博弈论、演化博弈论等主题。在认知博弈论方面，2010年由浙江大学出版社出版的日本学者金子守所著的《博弈理论与魔芋对话》，该书重点关注博弈参与者对同一符号或语言的不同解释、可能引发的误解，从而指出经典博弈论的局限性。这可以看作是研究博弈中不确定性的一个实例。除此之外，对认知博弈论的介绍和研究工作都相对比较少。我相信，《博弈论的语言》的出版将会大大改善这一状况。我相信，本书将会引领读者从学习基础背景知识逐步进入最前沿的研究。我还相信，本书的出版会给博弈论和逻辑学的学科交叉研究注入新的活力。

刘奋荣

2019年4月于清华园



名家推荐

过去的十年中,认知博弈论已经成为一种有原则的替代方法,取代了更为传统的经济互动方法。亚当·布兰登勃格在这个转换的过程中扮演了一个重要角色。对于任何对认知博弈论或普通博弈论感兴趣的人来说,这都是一本必备书,然而更重要的是这本书以及认知博弈论本身为实证科学家所呈现的机遇。正如亚当·布兰登勃格在他的导言中所提及的,至今为止认知博弈论还只是一门理论学科。而这本书将明确地指出认知博弈论可以成为并将很快成为一门实证学科。那些想在行为科学、心理学以及神经科学上了解我们如何在博弈中作出决定的人,都可以在本书中找到一组极具吸引力的、在策略博弈中如何作出决策的假设,都有待于进一步的检验。

——保罗·格里姆彻,纽约大学

亚当·布兰登勃格在发展认知博弈论的过程中发挥了主导作用,其目标是为博弈论的整体发展提供一个更深入、更清晰的基础。这本书收集了布兰登勃格和他的合作者的大量杰出作品,其中渗透的概念分析和丰富的数学理论的发展携手并进。这项工作引起了计算机科学家的极大兴趣,他们将看到与递归和协递结构、过程及其逻辑以及多智能体系统的研究之间的多重联系;对于数学家和逻辑学家来说,他们感兴趣的

是建立精确的自反结构模型,这种结构是包含理性主体的系统所固有的,理性主体可以对他们所组成的系统进行推理。我希望这本及时出版的文集将有助于促进这些基本主题的跨学科研究。

——萨姆森·阿布朗斯基,牛津大学

博弈是参与者在信息流和观念流的引导下相遇和互动的竞技场。亚当·布兰登勃格的研究为创造了“博弈和参与者都是公平的”这一全新又丰富的认知框架起到了重要的作用。这本及时出版的书将帮助更广泛的读者学习和领会由此产生的理论。

——约翰·范本特姆,阿姆斯特丹大学,斯坦福大学

以均衡概念为基础的经济学,需要在博弈的互动情境中进行大量关于推理的推理的基础性工作。然而,一般推理已属不易,认知推理更是难上加难。从本书优雅而清晰的章节可证明,布兰登勃格是这一理论的大师。他的研究备受推崇,总是微妙而深刻,这种研究在树立里程碑的同时,也开辟了新的、意想不到的前沿研究边界。这本书是专业书,但同时也是必备书。

——安德鲁·马斯-科莱尔,庞培法布拉大学

亚当·布兰登勃格关于博弈论里对知识的隐性条件的研究已经成为经典。这些研究对于理解博弈论,甚至是一般经济理论与实体经济的相关性方面,都具有深远的重要性。收集他的研究,并有一篇介绍基本主题的导言,是非常有意义的。

——肯尼思·J.阿罗,

斯坦福大学,1972年诺贝尔经济学奖获得者

三百年前,弗朗西斯·沃尔德格雷夫发现了矩阵博弈里第一个极大极小值解法。但是在他与数学家皮埃尔·雷蒙·德蒙莫特和尼古劳斯·伯努利通信时,沃尔德格雷夫建议将认知上的相关因素也纳入考虑中,包括知识、信念、不确定性以及非完全信息等。博弈论的主要研究人员,除了约翰·海萨尼和罗伯特·奥曼,大多忽视了这个建议。在近几年,亚当·布兰登勃格加入了这两个理论家的队列,他在认知博弈论上的研究被收集到了这本优秀的著作里。由布兰登勃格与多位合作者撰写的八篇经典论文展示了该领

域的权威观点，而富有洞察力的导言提供了当前和未来研究的路线。

——哈罗德·W.库恩，普林斯顿大学

本书收集了亚当·布兰登勃格在认知博弈论中的一系列基础论文集。虽然该研究仍在不断发展，但这是一种新的、从认知学维度的方法来标记博弈论的构造性转变，这种维度堪比 20 世纪早期在无声电影中引入同步的声音：它可能不会立即提供完整的多维度画面，但它永远具有改变这个领域的潜力。

——谢尔盖·N.阿尔特莫夫，纽约城市大学研究生中心

致我的女儿

露西·布兰登勃格

某一天在我们玩扑克时，12岁的她高兴地给我诠释了认知博弈论。

亚当：“露西，把你的扑克拿好了。我可以看到你的牌。”

露西：“爸爸，这没有关系啊。你不知道我的策略。”

致我已故的母亲

恩妮丝·布兰登勃格

她把她对语言的各种热爱都传授给了我。

致我的妻子

芭芭拉·弗坎德

我亲爱的人生博弈的伴侣。



博弈论试图预测参与者(人、公司、政府等等)在各类策略性情况中如何表现。在博弈论的进化中,纳什均衡是迄今最重要且具预测性的概念。在其所涵盖的策略格局中,任何参与者若单方面偏离此均衡点都无法获得更高的回报。

从表象来看,纳什均衡似乎是一个合理的预测:如果得不到更高的回报,那么一个理性的参与者为什么会想要偏离此均衡点?但这个问题假设前提是参与者知道其他参与者将使用纳什均衡策略。仔细推敲一下,这个假设有些牵强。

认知博弈论的使命是为行为预测提供合理而稳妥的基石。在这个过程中,一个参与者对其他参与者的行为推断受到基本理性及理性信念的限制。这是一个卓有成效而又饶有趣味的领域。

亚当·布兰登勃格是认知博弈论的先锋之一。尤其是,他和埃迪·戴克(Eddie Dekel)两人率先指出在特定的条件下,“合理性”“迭代剔除劣势策略”“主观相关均衡”这三个博弈论中心概念其实是相同一致的。这个结果几乎也是所有后续著作的起点。

我非常高兴地看到,亚当同意把他和埃迪及其他

七位合作者关于认知博弈论的主要文章汇集为一本书。并对这一主题附有一个清晰,简洁及精美的介绍。

埃里克·马斯金

世界科技出版社经济学理论系列 主编

2007 年诺贝尔经济学奖获得者



我为能与鲍勃·奥曼,拉里·布卢姆,埃迪·戴克,阿曼达·弗里登伯格和杰里·基斯勒合作而倍感荣幸,也同时感激他们允许我把与他们合作的文章编入这本书。格斯·斯图尔特长此以往地和我讨论此书相关的话题,我也是深怀感激,同时感谢他给予我与他合作的殊荣。萨姆森·阿布拉姆斯基,乔纳森·海特,雷娜·亨德森,杰西·舍,亚历克斯·皮斯考维奇,保罗·罗默,斯伊·鲁德,娜塔莉亚·万诺可若娃,肖文恩·韦斯顿以及我“项目”课程里的学生们都提供了重要的建议。我受益于多位老师的指导,特别感谢肯尼思·阿罗,玛格丽特·布雷,弗兰克·哈恩,戴维·克雷普斯,路易斯·马克夫斯基,安德鲁·马斯-科莱尔。感谢埃里克·马斯金非常慷慨地邀请我为他主编的系列丛书贡献这本书。斯伊·如德尔,爱丽莎·文,以及世界科技出版社的编辑们为我提供了自始至终的慷慨支持。

我要感谢以下期刊能允许我再次出版各个章节的内容:

Econometrica :

Chapter 3: Rationalizability and Correlated Equilibria,

with Eddie Dekel, *Econometrica*, Vol.55, 1987, pp.1391—1402.

Chapter 5: Epistemic Conditions for Nash Equilibrium, with Robert Aumann, *Econometrica*, Vol.63, 1995, pp.1161—1180.

Chapter 6: Lexicographic Probabilities and Choice under Uncertainty, with Larry Blume and Eddie Dekel, *Econometrica*, Vol.59, 1991, pp.61—79.

Chapter 7: Admissibility in Games, with Amanda Friedenberg and H. Jerome Keisler, *Econometrica*, Vol.76, 2008, pp.307—352.

***Journal of Economic Theory*:**

Chapter 2: Hierarchies of Beliefs and Common Knowledge, with Eddie Dekel, *Journal of Economic Theory*, Vol.59, 1993, pp.189—198.

Chapter 4: Intrinsic Correlation in Games, with Amanda Friedenberg, *Journal of Economic Theory*, Vol.141, 2008, pp.28—67.

Chapter 8: Self-Admissible Sets, with Amanda Friedenberg, *Journal of Economic Theory*, Vol.145, 2010, pp.785—811.

Studia Logica

Chapter 1: An Impossibility Theorem on Beliefs in Games, with H. Jerome Keisler, *Studia Logica*, Vol.84, 2006, pp.211—240.

目 录

主编的话
中文版推荐序
名家推荐
序 言
致 谢

0 导言	1
1 一个关于博弈中信念的 不可能性悖论	
亚当·布兰登勃格和 杰里·基斯勒	17
1.1 引言	18
1.2 完全信念模型的存在性 问题	21
1.3 信念模型	22
1.4 完全信念模型	23
1.5 不可能性结果	25
1.6 模态逻辑中的假设	28
1.7 模态形式下的不可能性 结果	30
1.8 策略性的信念模型	34
1.9 弱完全模型和半完全模型	36
1.10 正向的(Positively)和 拓扑上(Topologically) 的完全模型	38
1.11 博弈论中的其他模型	42
参考文献	44
2 信念层次和公共知识	
亚当·布兰登勃格和 埃迪·戴克	46
2.1 引言	46
2.2 类型的构造	48
2.3 与标准差别信息模型 的关系	51
参考文献	54