

第 1 章

导 论



本章导读

为自己获得最大限度的幸福,是任何合乎理性的行动之目的。

——杰里米·边沁(Jeremy Bentham)

于你而言,博弈也许既熟悉又陌生,既亲近又遥远。无论是古时征战沙场的运筹帷幄,还是现代日进斗金的股票交易,它们都只是浩瀚博弈宇宙中渺小的星辰。

博弈论,简言之就是有关博弈的理论,实际是研究行为互动的理论。它起源于游戏赌胜,深化于政治军事,发展于经济生活。从两党制衡的政治格局,到趋同定价的商业现象,再到是否“私奔”的婚姻抉择,甚至“见死不救”的心理演化,都有博弈的存在。

那么,应当如何从具体场景开始建立博弈的基本概念?又该如何从纷繁复杂的现象中确立一般性的分析方法?你知道博弈的分类和历史吗?让我们走进本章,初见博弈论的光彩。

相信你已经翻阅了本书的内容简介和前言,对本书所要阐述的内容已有所了解。在即将开始一个生动有趣、细节丰富的话题之前,请看如下两个故事。

第一个故事来自张小娴的爱情散文《谢谢你离开我》,讲述了主人公的恋爱表白过程。

一天晚上,他又“准时报到”,在电话里跟你天南地北。你们说着说着,到了夜阑人静的时候,话题绕到了爱情。在你“诱导”下,他有意无意地掉进了你设下的“陷阱”,终于,他羞涩地向你坦诚,他喜欢上了一个女孩子。

“是谁呀?”

他结结巴巴地说:“你是知道的。”

你笑了笑,说:“你不说,我怎么知道?”

他腼腆地重复一遍:“你这么聪明,一定能猜到我说的是谁。”

但你就是不肯猜,非要他亲口说出来不可。要是他连表白的勇气都没有,就不配爱你。

终于,他深情款款地说:“我喜欢你。”

就在他表白的那一刻,你对着电话筒甜甜地笑了。

第二个故事出自《三国演义》,说的是诸葛亮打破司马懿的固守战略,诱敌出战并将他围困于上方谷中。

……司马懿详细问明蜀营的活动后,吩咐诸将于次日齐力攻取祁山大寨。

司马师问:“父亲为何不直取上方谷,反攻其后?”

答曰：“祁山乃蜀军根本，若见我军来攻，必会尽力来救；而我却去上方谷烧粮，使他们首尾不能相顾，一定大败！”

且说孔明正在山上，望见魏兵队伍三三两两，前后顾盼，料定是来取祁山的，于是密传众将，众将各自听令而去。

不多时，只见蜀军奔走呐喊，奋力营救（假意）。司马懿见蜀兵都去营救，便领着两个儿子和中军杀奔上方谷。早有魏延在谷口等候，只盼司马懿到来。二军相见，只有三个回合，魏延便诈败而逃。

司马懿见只有魏延一人，军马又少，于是放心追去。追到谷口，先令人到谷中哨探。回报并无伏兵，山上都是草房。司马懿断定必是屯粮之所，于是倾兵而入。追着追着，司马懿忽然发现草房上全是干柴，而魏延早已不见，心中狐疑，于是问两个儿子：“若有兵截断谷口，该怎么办？”

言未毕，忽听喊声大震，火把齐飞，烧断了谷口。一时间，干柴尽燃，火势冲天。魏军顿时乱作一团，夺路逃窜。惊得司马懿手足无措，下马抱着两个儿子大哭：“我父子三人皆死于此处矣！”……

这两个故事带给读者的感觉截然不同。前者温情脉脉，是每个人都渴望遇到的美好爱情；后者谋事论道，是政治军事家们所追求的斗争智慧。虽是文学艺术创作中展现的人物和他们的故事，但这些情节都或多或少地映射着你的生活情景和行为方式。

诸如此类的事情，生活中还会遇到很多：如何应对舍友的不良习惯？如何确定男（女）友是否真心爱自己？怎样才能在一次项目申请答辩中战胜对手？怎样才能管理好团队中的“懒汉”和“刺儿头”？为什么公共厕所的厕纸会消耗得特别快，而开源软件并没有像一些人预测的那样迅速消失？等等。这些生活情节看似毫不相关，却有一个共同特征：一个人不是面对“静止的、枯燥的”数学或物理问题在做决策，而是处于一群和自己一样主动、智能的决策者之中，人们的行为将相互依赖、相互作用。本书将这种决策主体间具有直接相互作用的行为称作互动行为。这种互动行为将对人们的思维和行动产生重要影响。

互动行为的思维方式与我们曾经学习的数学、物理或其他专业技能存在明显不同。举例来说，某人将要参加某个电视台的记歌词娱乐节目。如果节目组采取个体选拔机制，那么只要他足够努力，经历足够时长的训练，就能记住足够多的歌词，顺利实现他的目标。但是，如果电视台要求五人组团参加，情况就会变得复杂：遇到一个不努力的队友该怎么办？队友的步调与自己不一致怎么办？此时已不单纯是个人努力和科学决策的问题了，还将受到人际互动的影响。

又如在篮球比赛中，并不是付出越多，收获就越多，甚至会出现南辕北辙。假如某人使用“三步上篮”得分率较高。当他的团队得分较低时，他可能有些急切，频繁地使用“三步上篮”。但是很快他将发现，使用“三步上篮”的频率越高，对方对他的防守也越严，得分反而更低。还有更糟糕的，越是急切，队友越拒绝给他传球！

类似的例子在生活中比比皆是。那是因为人的行为特别是互动行为，使一个人的决策变得复杂。目前，有多个学科都在研究人的行为，各有特色、互有联系。在这些学科中，经济学、社会学、心理学是三个相对典型的学科。经济学一般从个人动机出发解释人类行

为所带来的社会现象,是从微观到宏观;社会学大多从规范演进的角度解释个人的行为,是从宏观到微观;而心理学则是研究人类和动物的心理现象、意识和行为的科学。前两者的研究方法是逻辑演绎式的,而后者则是实验归纳式的。此外,新近发展起来的行为科学也颇受关注。它是一个边缘学科,涉及心理学、社会学、人类学、政治学和管理学等多个学科,主要采用实验、观察、访谈等方法来研究社会组织内部成员的决策过程和交流策略。

本书将要介绍的博弈论,同样也是研究人的行为。但是,与社会学和心理学等学科不同,博弈论主要研究具有相互作用的决策主体之间的互动行为,其中决策主体具有理性思考的能力。正如前文所说,当理性的决策者彼此相互作用时,即当某个人的行动依赖于他人如何行动的时候,关于“如何行动、有何结果以及如何互动”的讨论就会变得非常有意思。虽然博弈论是一种非常年轻的理论,在起源上属于经济学范畴,但是其应用却十分广泛,跨越多个学科。博弈论是科学与艺术的完美结合;而博弈论的力量也恰恰在于它的数理精确性与应用灵活性。随着对博弈知识的深入介绍,这一点将慢慢浮出、逐渐明晰。

本章将先通过浅显的例子使读者建立起对博弈论的初步印象,然后引入基本概念,再通过经典案例来进一步加深理解。紧接着,介绍博弈的分类。最后,本章梳理了博弈论的发展历史,帮助读者熟悉重要术语,厘清事件脉络。

自此,你将正式踏上博弈论的学习之旅。

1.1 博弈初印象

1.1.1 博弈是一种游戏

“博弈”中的“博”有多种含义,如“大”“广”“通”等。但在古文中“博”又指一种“局戏”,即“六箸十二棋”,而“弈”的本意即指“围棋”。所以,仅从字面理解,“博弈”是一种游戏。实际上,“博弈论”一词是从英文“game theory”翻译而来的,本意就是“关于游戏的理论”。“game”一词非常直观地概括了博弈论所关注的内容,如游戏场景中常见的策略、相互作用、对抗与合作等。

关于游戏,相信你并不陌生。“猜硬币”“剪刀石头布”“围棋”以及各类纸牌游戏等,都是大家从小就接触的游戏。到了青少年时期,各种电子游戏更是令人沉迷。常见的《王者荣耀》就是其中之一。

在《王者荣耀》中,召唤师峡谷是最受欢迎的地图。游戏有甲、乙双方各5个玩家。甲、乙双方都选择英雄进行对抗,并以杀死对方的英雄、中立的野怪和推翻防御塔等方式来获得经验或金币。所以,双方都要先使自己的英雄变强大,才能实现最终的目标:摧毁对方队伍的主要基地“水晶枢纽”。

游戏进行到20分钟之后,会出现峡谷中最强的中立生物:风暴龙王,如图1-1所示。双方都想杀掉龙王,因为这么做可以为整个团队获得额外奖励,甚至会让逆风方翻盘。所以,在龙王附近常有冲突——游戏双方往往为了争夺龙王而展开团战。当然,攻击龙王也会遭到反击,从而损耗英雄的生命值。在历经多次较量后,双方进入这样一个局面:红色方的经济高于蓝色方的经济,意即红色方的战斗力略胜一筹。目前,双方都在龙王附近徘

徊,团战一触即发。关于是否进攻龙王,双方都有两种可能的选择:立即进攻,等待对方先行以便坐收渔利。各方应该如何行动呢?让我们分四种情况来讨论。



图 1-1 游戏《王者荣耀》中风暴龙王

(1) 双方都等待。此时红、蓝双方都不进攻龙王,亦无法通过杀掉龙王得到奖励。显然,双方无得无失,不妨视作得益^①均为 0。

(2) 双方同时进攻龙王。此时红、蓝双方可能发生对战,同时龙王也会还击。鉴于红方略胜一筹,所以红方更容易在对抗中取得胜利。尽管如此,蓝方仍有机会获胜。假设红、蓝双方获胜的可能性分别为 70% 和 30%,各自得益不妨记作 70 和 30。

(3) 红方选择等待,蓝方选择进攻。考虑到蓝方战斗力略逊于红方,红方又以逸待劳,因此蓝方获胜的可能性很小。同样,利用获胜可能性来表示双方得益,红、蓝分别对应为 90 和 10。

(4) 蓝方选择等待,红方选择攻击。虽说蓝方战斗力不如红方,但是能够伺机而动,待到红方虚弱时出战。这样双方势均力敌,成功的概率不相上下,不妨将得益表示为 50 和 50。

也许你对双方如何行动仍然没有清晰的思路。就游戏的任一方而言,自己的行动,连同对方的行动一起,将使双方陷入四种不同的境地。为便于比较,可将四种境地以及双方的行动对应,组成矩阵的形式,如图 1-2 所示。矩阵中的得益组合分别对应于红方和蓝方的得益。

		蓝 方	
		进攻	等待
红 方	进攻	(70, 30)	(50, 50)
	等待	(90, 10)	(0, 0)

图 1-2 《王者荣耀》——攻击风暴龙王双方的得益矩阵

如何选择才能使自己处于最佳状况呢?意即对于双方而言,如何行动才能使各自的得益最大化?

既然是互动行为,红方需要考虑蓝方的行动。那么红方在作出行动之前必须思考:

^① 尽管也有书籍称之为“支付”或“收益”,但是本书采用了更具一般性的说法,统称为“得益”。实际上,三者都是由 payoff 翻译而来的。

如果蓝方进攻,我该怎么做才是最好的?所谓最好,也就是得益最优。从图 1-2 中可以看出,若蓝方进攻,红方在进攻和等待之间抉择。如果进攻,则得益为 70;如果等待,则为 90。显然,“如果蓝方进攻,则等待”是红方的理性选择。同理,如果蓝方等待,则红方选择进攻和等待的得益分别为 50 和 0。因此,“如果蓝方等待,则进攻”是红方的理性选择。

进一步,“如果蓝方进攻,则等待;反之则进攻”是红方针对蓝方而作出的一个行动计划,称之为“策略”。对于每个参与者(player)而言,策略常常不止一个。例如,“如果蓝方进攻,则进攻;反之则等待”也是红方的一个策略。而红方要作出的决策就是通过比较不同策略得益的大小选择“最优策略”。当然,蓝方也能推知红方的选择;红方也知道蓝方知道红方的选择;依次递进,蓝方也知道红方知道蓝方知道红方的选择……

那么,蓝方又应该如何行动呢?首先,蓝方可以根据红方的推理进行选择,即“红方知道蓝方,蓝方知道红方知道蓝方”。显然,这样很容易使双方陷入一种无限循环。其次,与其一环套一环地思考,不如像红方一样直接应对。如果红方进攻,蓝方选择进攻和等待时的得益分别为 30 和 50。因此,“如果红方进攻,则等待”是蓝方的理性选择。同理,“如果红方等待,则进攻”也是蓝方的理性选择。与红方类同,“如果红方进攻,则等待;反之则进攻”是蓝方的一个策略。当然,蓝方的策略也有多个。

只要红、蓝双方是足够理性的,就能够明确自己的选择,同时也知道对方的选择。那么,(红方进攻,蓝方等待)和(红方等待,蓝方进攻)是双方的共识。假定游戏可重复,双方团队处于(红方进攻,蓝方等待)的境地。那么,红方有动机单方面偏离吗?亦即在给定对方行动(即等待)的条件下红方转而“等待”?显然没有,因为那样将会使自己的得益从 50 降到 0。同样地,假定红方不改变行动,蓝方也没有动机单方面偏离。双方将在此处达到相对稳定的状态,谁都没有动机偏离——这就是均衡!同理,(红方等待,蓝方进攻)也是一个均衡。



扩展阅读:经济均衡

平衡现象、概念和分析方法,常见于自然科学,尤其是传统的力学领域。而经济学在研究人们的经济行为和结果时借鉴与引入平衡分析法。

在弗朗斯瓦·魁奈(Francois Quesnay, 1694—1774)的时代,有的经济学家已经觉察到经济现象之间的相互依存关系,这些复杂的相互关系时常处于一种相对稳定的状态。但是他们谁也没有达到足够的水平,对这种相互依存的关系清楚明白地进行理论阐述,更没有能力认识 and 解释这种稳定状况的存在条件,以及打破这种稳定之后如何恢复。直至魁奈提出了他的经济表。西方著名经济学家约瑟夫·熊彼特(Joseph Schumpeter)曾说:魁奈的经济表“是最先设计出来,用以表达明确的经济均衡概念的一种方法”。及至近代,英国经济学家阿尔弗雷德·马歇尔(Alfred Marshall)把均衡概念引入经济学的理论框架,创立了局部均衡分析方法。法国经济学家里昂·瓦尔拉斯(Léon Walras)把均衡分析应用到更广泛的分析领域,创立了一般均衡分析方法。

在不同的市场类型中,各经济主体经济行为的均衡状态、均衡条件以及由此推导出的理论和原则,构成了现代微观经济学的重要组成部分。由此所形成的均衡分析方法不仅发展成为经济分析的基本方法,也为分析非平衡问题提供了一个基准点和参照系。至今,

均衡理念和均衡分析几乎已渗入经济学说的每一个部分,成为不可或缺的经济分析方法和经济理论内容。

至此,也许你已经对博弈有了简单的了解。所谓博弈,就是一些个人或组织在一定的环境和规则下,同时或先后,一次或多次,从各自允许选择的行动或策略中进行选择并加以实施,各自取得相应结果的过程。而博弈论则是研究博弈中决策主体之间相互作用的理论。

那么,对于大量的博弈场景,应该如何定义均衡才具有普适性?有多个均衡时又该如何行动?双方对均衡的理解和预测不一致时该怎么办?如果有一方的信息是隐蔽的,此时又该如何推断双方的行动?凡此种种,还有许多问题有待进一步分析。本书将在第2~6章逐步地展开讨论。

实际上,博弈论不仅包含丰富多彩的应用场景,还包含严谨深奥的逻辑推理,许多重要论述不得不借助专业术语和数学演绎才能完成。鉴于此,本书尝试将深奥的理论浅易化,并辅以生动的案例进行讲解。希望读者也能够将日常观察与本书知识结合,加深理解,因为——博弈就在你身边。

1.1.2 博弈就在你身边



引语故事:酒吧问题

在美国西部新墨西哥州的一个小镇上共住着100人。镇上有个爱法罗酒吧。每个周四晚上,人们要么去该酒吧,要么待在家里。但是,酒吧只能容纳60人——超过60人就会显得拥挤,服务质量也随之下降。大家普遍认为酒吧顾客越少越安静,服务质量也越高。

第一周,这100人中的大多数去了酒吧,导致酒吧人满为患。他们没有享受到应有的乐趣,抱怨还不如待在家里。那些选择在家的人反而暗自庆幸。

第二周,人们根据经验判断顾客将会非常多,所以决定待在家里。结果呢?因为多数人决定待在家里,所以只有少数人到酒吧,享受了一次高质量的服务。

第三周,有了上次的教训,大家都认为这周应该去,可转念一想又觉得应该待在家里。结果呢,大多数人都认为酒吧人多而选择待在家里——又是只有少数人享受到了高质量的服务。

自此以后,这些居民每周都要面临一个问题:去酒吧,还是在家里?

这个故事被称作酒吧问题,是一个典型的少数者博弈(minority game)。少数者博弈由瑞士弗里堡大学的张翼成教授和他的学生提出,描述了一个群体动态竞争有限资源的过程。在少数者博弈中,策略没有对与错,只有少数与多数。换言之,只有行为区别于大多数人的这部分少数者才能获得更多的利益。

回到酒吧问题。显然,小镇居民是否去酒吧的动机来源既非获胜的成就感,也不是直接的金钱收入,而是去酒吧给自己带来的幸福感。无论是金钱收入,还是成就感和幸福感,都可统称为效用(utility)。对于去酒吧的人而言,同时去酒吧的人数越少,这个人的效用就越高;反之越低。如果超过60人,还不如待在家里。无论如何,人们选择的基本

原则是一致的,即若预测人数少于60就去酒吧,否则就不去。然而,他们却使用不同的策略来指导各自的行动。例如,有些人利用前一周的酒吧人数做推断,而有些人则利用前两周的。从整体来看,人们的选择是随机无序的。但是随着时间的推移,去酒吧的人数会逐渐演化到一个稳定状态,即在酒吧容量60人左右波动。

上述结论已经被计算机实验所证实。开始,不同的行动者确实根据自己的归纳来行动,并且去酒吧的人数没有一个固定的规律。然而,经过一段时间以后,去酒吧的平均人数很快达到60,即去与不去的人数之比是60:40。尽管每个人不会固定地属于去酒吧或不去酒吧的人群,但这个系统的比例是基本不变的。这是理论预测的均衡。也就是说,他们会自组织地形成一个生态稳定系统。

但是,真实人群却不是这样的。布瑞恩·阿瑟(Brian Arthur)教授通过对真实人群的观察研究,发现人们的预测呈有规律的波浪形态。实验中去酒吧的人数如表1-1所示。

表 1-1 酒吧问题对真实人群的实验数据

周次	1	2	3	4	5	6	7	8	...
人数	44	76	23	77	45	66	78	22	...

虽然不同的参与者采取了不同的策略,但却有一个共同点:这些预测都是用归纳法进行的,亦即根据历史观察来行动。正如我们即将看到的那样,传统经济学认为经济主体的行动是建立在演绎推理之上的,但阿瑟教授却给出反证,指出多数人的行动是基于归纳的!

也许有些读者会认为这只是经济学家们的纸上游戏。实际上并非如此,它已经深入人们的生活。仔细观察,你就会在身边发现诸多类似场景。“股票交易”“交通拥挤”等问题都是这个博弈的延伸。例如在股票市场上,如果多数股民做空(卖出)一只股票,那么股价就会走低。但是你若反其道而行,则更有可能获得丰厚利润。少数者博弈还可以在择校择业中找到印证。在高考填报志愿时,每个人都会根据往年的录取分数线进行判断,来选择报考院校。然而,总会发现有些学校“热门专业分数不高,冷门专业分数不低”的现象。这并不难理解,往年的热门学校和热门专业必然是当年很多人的首选,这样一来,很多人为了避免激烈的竞争而选择报考相对冷门的专业和学校,怀有这种想法的人多了,原来冷门的院校也就变成热门的了。相反,有些大胆填报往年的热门院校或热门专业的人却可能因此而如愿以偿。

如何理解现实生活中这些令人疑惑的现象?为什么理论与实际会有如此大的差异?这些行为的互动机制是怎样形成的?诸如这类问题,你将在本书第8章、第9章的重复博弈和演化博弈中找到答案。

在第8章之前(含),我们主要讨论参与者如何“向前展望,倒后推理”。无论是将要学习的完全信息静态博弈(static games)和动态博弈(dynamic games),还是不完全信息博弈,都要求参与主体是完全理性(complete rationality)的,即在向前展望和倒后推理中对均衡的预测足够准确、足够一致。这部分内容的突出特征是从普遍的和基本的假设出发,抓住主体间的利益冲突和行为互动这一关键,提出了由参与者、策略集(strategy set)、信

息集及得益函数等要素构成的统一研究范式。这种研究方法适用于一切涉及竞争和选择的互动行为。然而,社会实际更多的是偏离均衡的和时间动态的,而且行为主体的完全理性假设只是一种理想状态。因此,博弈论的发展也并非一帆风顺,始终伴随着质疑和挑战。

正当关于均衡的深入研究前途迷茫并且进展缓慢的时候,一部分研究转向了参与者如何进行博弈、他们如何从历史中不断学习,以及如何通向更高层次的合作行为等。从生物学中借鉴来的进化的思维方式也显示了非凡的意义,这对于研究个人或组织的行为演变大有裨益。而且,随着博弈论基础建构的完成,学者们的研究内容也由竞争性互动逐步向更广的社会信念拓展,诸如合作、公平、利他等。一般来讲,合作就是个人与个人、群体与群体之间为达到共同目的而彼此相互配合的一种联合行动。而竞争则是个体或群体间力图胜过或压倒对方的行动或心理需要。竞争的产生可从人的自私性来理解,而合作是如何产生的?这正是第9章开始关注的内容。可见,除了竞争,博弈还有更丰富的内容。

1.1.3 博弈不只有竞争



引语故事:《金球》节目中的奖金分配

BBC(英国广播公司)电视制作中心曾于2007年6月至2009年12月制作过280多集娱乐节目,名叫《金球》(Golden Balls)。在每集节目中都有多名选手进行角逐,到最后只剩下2名选手和一大笔奖金。奖金从一点点到17.5万英镑不等,视前几轮的角逐情况而定。这时,主持人会给每人2个球,其中一个写着“平分”(split),另一个写着“偷走”(steal)。两个参赛者需要从中选择1个球。现假设奖金为10万英镑,两人的行动会呈现如下三种局面。

(1) 如果两个人都选择“平分”,那么皆大欢喜,两个人可以平分之前累积的奖金。这是最理想的情况。在这种情况下两人可各自得到5万英镑。

(2) 如果其中一人选择“平分”,而另一人选择“偷走”,那么选“平分”的人不但一分未得,还会产生“被偷”的负面情绪。不妨假设他的得益为-1。同时,选择“偷走”的人可以拿到10万英镑的奖金。

视频1:《金球》节目现场



(3) 如果两个人都选择了“偷走”,那么两人一分钱也得不到。

想象一下,如果你作为参赛选手进行到最后一轮,此时将做何选择?

与游戏《王者荣耀》中的做法类似,我们将上述三种情况下的得益写成矩阵的形式,如图1-3所示,其中得益组合中逗号前对应于选手1的得益。

当选手1进行选择时,需要考虑选手2的选择。假定选手2选择“平分”,那么选手1在“平分得5”和“偷走得10”之间比较,显然选择“偷走”是最佳的。假定选手2选择“偷走”,则选手1需要在“平分得-1”和“偷走得0”之间比较,仍然是选择“偷走”为最佳。可见,无论对手如何选择,选手1选择“偷走”都是上策(dominant strategy)。同理,选手2不仅认识到选手1的选择,而且认识到他自己的上策同样是“偷走”。

那么,选手1和选手2都将选择“偷走”。即便有人出错,在“吃一堑,长一智”之后仍将“幡然悔悟”。因此“1选择偷走,2选择偷走”是双方都愿意接受的局面,是该博弈的一个均衡。在此情境下,没有任何一方有动机单方面偏离,意即对方的行动不变,自己从“偷走”改成“平分”。换言之,尽管二者都知道选择“平分”是最理想的局面,但是为了追求自身利益最优双双陷入“偷走”的困境。这就是囚徒困境(prisoner's dilemma),博弈论中的经典场景之一。

一般来讲,囚徒困境这一博弈是不容许“囚徒”也就是参与者进行信息沟通的,需要他们独立作出各自的选择。即便在一定程度下放松这种要求,仍然没有显著改善。例如,在作出选择之前两人可以互相商量。于是在这个节目里经常出现如下两种情况。

(1) 一个人极力保证自己一定会选择“平分”,让对方也选择“平分”,这样两个人可以平分奖金——但最后这人却改成了“偷走”。

(2) 两个人都说好了选“平分”——最后都暗自换成了“偷走”。

注意,上文使用了“经常”一词。这会不会仅仅意味着一种主观感知?为了给出相对客观的结论,范·德·阿西姆(Van den Assem)等(2012)曾对287集中的574名选手样本进行了统计,发现两者平分奖金的人数占比31%,1人平分1人偷走的比例是44%,而两人都偷走的比例是25%,如图1-4所示。同时,还有一个有意思的现象:奖金数额小时合作概率较高,奖金数额越大,合作的倾向越低。

		选手2	
		平分	偷走
选手1	平分	(5, 5)	(-1, 10)
	偷走	(10, -1)	(0, 0)

图 1-3 《金球》节目中选手的行动及相应得益

		选手2	
		平分	偷走
选手1	平分	31%	22%
	偷走	22%	25%

图 1-4 《金球》节目中选手的选择分布

在整个人群中,选择合作的人数只占了不到1/3,更多的人在利益冲突时选择了非合作的行动。也许这正是你所理解的博弈论,它是关于对抗或竞争性策略的理论。实际上,不仅仅是博弈论,包括经济学乃至心理学等都在一定程度上承认人是自私的,到处可见“自私的基因”。

《自私的基因》一书的作者理查德·道金斯(Richard Dawkins)曾被一家世界上最大的计算机公司邀请,组织他们的高管进行一个为期一整天的策略游戏,目的是让他们一起友善地合作。高管们被分成红、蓝、绿三组,游戏和上述的囚徒困境差不多。不幸的是,这个公司想达到的合作目标并没有实现。就像上述结果一样,虽然宣布游戏在下午4点结束,但红方和绿方在游戏开始后很快就陷入一连串的反叛之中。在事后的讨论会上,大家都对合作愿景的破灭感到十分懊恼。

可见,并非只有少数人才具有合作意愿,但是合作行为并不那么普遍。怎样才能在没有强力约束的条件下自愿达成合作呢?这一问题一直悬而未决,世人苦其久矣。

在第一次世界大战期间,西部前线展现了一幅为几尺(1尺约等于0.333米)领土而浴血战斗的残酷画面。但是在这些战斗的空隙中,敌对的士兵却经常表现出很大的克制。

一位巡视前方战壕的英军参谋官员写道：

[我]惊奇地发现对方德军士兵在来复枪射程以内走着。我们的人却不予理睬，我暗自下决心，当我们接管这里时一定要杜绝这类事情。这种事情是绝对不允许的，这些人明显不懂这是战争。双方显然相信“自己活也让别人活”的策略。

这不是一个孤立的例子，“自己活也让别人活”的模式是堑壕战的特性。尽管高级军官想尽力阻止它，尽管有战斗激起的义愤和你死我活的生存逻辑，尽管军事命令能够轻易摧毁任何士兵试图直接停战的努力，但是这种模式仍然在相当长的历史时期内存在着。

继续深入探究，在每个人都有竞争动机的情况下怎样才能产生合作呢？合作是怎样维持下去的？为什么在合作中又会不断地出现背叛行为？对这些问题的回答，不仅涉及无限重复博弈的概念，还关系到决策主体偏好的演化，以及合作博弈的知识。这些内容将在第10章进行讨论，同时第8章、第9章也会有所涉及。

总之，我们希望通过博弈论知识的介绍，让你掌握一些人际互动中的思维方式。虽然人际互动中并非处处是理性的，但是了解和掌握这些思维方式将比单纯的知识学习更重要。

(1) 策略思维。策略思维要求你尽可能周全地列出未来可能发生的状况。然后根据这些状况制订相应的行动计划，以及如果出现某种状况，你将如何应对。当然，现实中常见的是多步行动，因此你要看得尽量远，对可能出现的状况考虑得足够完备。一般而言，行动越靠后，预测越困难。因此，策略思维的训练将真正考验你的“远见”。同时，你还要形成非常清晰的动机（抑或利益关切）。只有如此，才能找到最佳的策略，非常明确地稳步向前，而不至于因小失大，更不至于漫无目的。

(2) 换位思考。由于是互动行为，所以你需要从对方的角度思考问题，才能预先判断对方的可能行动。而这一点也是策略思维所必需的。不过，从别人的角度思考问题说来容易，能够真正做到却并非易事。人们总喜欢把别人看作另一个自己，而不是完全不同的行为个体。因此，“设身处地”要求人们从“己所不欲，勿施于人”逐渐转变为“人所不欲，勿施于人”。博弈论能够提供一些概念和工具，让你尝试分析自己若处于对方的境地，思路会有什么变化——哪怕你完全不能同意他们的见解。

(3) 逆向归纳(backward induction)。逆向归纳要求人们“着眼于未来，立足当下”。当你建立策略思维的时候，也许更加看重整体的、长远的目标，反而忽视了当下的行动。逆向归纳却告诉人们，当你面对眼前的一团乱局无所适从时，不妨从你的长远目标或期望结局出发，逐步向前分析，倒推至当下，找出现在应该走哪条路、从哪里着手。然后步步为营，逐渐接近期望目标。只有这样，才能避免成为别人眼中的“志大才疏”之人。后文一再提及的“向前展望，倒后推理”，即逆向归纳的形象化表述。

本书收集梳理了丰富而精彩的案例与博弈情景，力求通过通俗易懂的阐释为你呈现博弈的方法论，但本书不会提供一份菜单式答案。也就是说，当面对一个特殊的博弈情景时，为了获取正确的答案，你需要对它的（信息和其他）特征进行梳理、综合，进而寻求合适的博弈知识来展开分析。你从本书学到的将是综合这些特征的系统方法，而非攻略或答案；此外，本书还将介绍一些展开分析的基本理论和实用工具。



思考与练习

在田忌赛马的故事中,假设田忌和齐王都足够聪明、足够理性。双方都尽力组合马的出场顺序,那么,各有六种方案。此时应当如何将该博弈表示成类似“剪刀、石头、布”的矩阵结构?你能分析这个博弈的均衡是什么吗?



扩展阅读:非合作竞争

人在一个非合作性的比赛或竞争中,会做怎样的决定,一直是个重要的疑问,吸引了很多人进行研究。而像“剪刀、石头、布”这种简单的博弈游戏,就可以作为一种基本模型来讨论。对于一个人而言,并不是足够聪明、足够理性就能使得自己的行为符合最优策略,其间还有个人的偏好在起作用。

伦敦大学学院的理查德·库克(Richard Cooker)曾进行过一项实验。他让45个人两两对决(注意不是两两一组,而是两两轮流对决),并以现金为奖品。每一局都需要蒙上一方或双方的眼睛。库克发现,有一方蒙住眼睛时平局出现的概率为36.3%,而双方都蒙上眼睛时平局出现的概率降到33.3%。后者才是随机出拳时平局该有的概率,二者的显著差距说明前者并非绝对随机。

这是一个有趣的现象:在一方睁眼、一方蒙眼的比赛中,平局的概率大大上升。睁眼的选手,“出招”的时间要比蒙眼者慢上200毫秒左右。照理说,晚出招应该是优势,怎么会导致胜率下降、平局增多呢?事实上,当我们看到对方出拳时,会下意识地、自发地去模仿对方。睁眼的一方,可能受此影响,“乱了心绪”,而输掉了机会。这就解释了平局激增的原因。

浙江大学实验社会科学实验室的研究人员曾利用实验研究人们的行为偏好。他们的成果入选了BBC“2014年度科技新闻亮点”及《麻省理工科技评论》2014年度最佳,其主要发现在于个体行为存在一种隐藏的模式:在一定情况下,赢了会更多选择保留刚刚获胜的策略,输了则更多按照“石头、剪刀、布”的名称顺序变动,而平的则按照“石头、布、剪刀”这样的反方向顺序变动。这些发现有什么深远意义呢?他们指出,在宏观尺度,对于不同激励参数,社会系统普遍存在持续的周期循环现象;而在微观层面,个体行为则存在上述的隐藏模式。并且,对于不同的激励参数,宏观周期现象都可以被微观行为模式很好地解释。若你对此话题感兴趣,可利用网络搜索更多内容。

1.2 博弈的概念

对任何一个博弈或冲突局势的分析都必须从描述该博弈的特征出发。而利用模型对一个博弈的特征进行刻画,能够快速抓住问题的本质。因此,我们需要了解用来描述博弈的一般形式或结构,并将之作为博弈建模的重点。当然,过于简单或复杂都不利于我们对博弈展开分析。而常见的也是重要的两种博弈表示方式为策略式和展开式。前者相对简单和基础,后者可以理解为对前者未尽描述的扩展,主要体现在博弈规则方面的刻画。

1.2.1 博弈的要素

1.1 节介绍了三个博弈,分别是《王者荣耀》中的团战、酒吧问题和《金球》节目中的奖金分配。在这三个博弈中,有些部分是每个博弈都有的,是必不可少的。推而广之,任何一个博弈都需要具备以下三个要素。

- (1) 博弈的参与者。
- (2) 每一个参与者可供选择的策略。
- (3) 每一个可能策略所对应的参与者得益。

具备上述三个要素的博弈称为策略式博弈(strategic game)。策略式博弈是最基础的一类博弈,也是博弈论最早研究的一类,因此又称标准式博弈或标准型博弈。除此之外,还有一类博弈也非常普遍,被称作扩展式博弈(extensive game)或扩展型博弈。一个扩展式博弈包括以下信息。

- (1) 博弈的参与者。
- (2) 每一个参与者可供选择的策略。
- (3) 每一个可能策略所对应的参与者得益。
- (4) 行动的次序,即参与者何时行动。
- (5) 参与者行动时所知道的信息。
- (6) 所有随机事件的概率分布。

实际上,策略式博弈并没有考虑行动的时序、信息结构和参与者对随机事件的外生信念等事项,而这些可被笼统地称为博弈的规则。而扩展式博弈则包含所有行动的序列与信息的全面描述。就这点而言,策略式博弈是没有考虑博弈规则的静态博弈,而扩展式博弈则可视动态模型。如果时间因素对所考察的问题而言无足轻重,那么可以将时间维度去掉,从而简化成为策略式博弈。从最小覆盖来讲,策略式博弈的要素是构成所有博弈所必备的要件。之所以说它们“必备”,是因为约翰·冯·诺依曼(John von Neumann)和奥斯卡·摩根斯坦(Oskar Morgenstern)曾经有过如下论述。

博弈研究者是要尽力预测理性参与者在给定博弈的每一个可能阶段应该做什么。如果知道了博弈的结构(即博弈的要素),我们可以在博弈实际行动开始之前,就做分析和预测。如果参与者是理性的,他们也会做同样的分析和预测,并在博弈开始之前确定其理性的行动计划(即策略)。因而,假定所有参与者在博弈一开始就同时制定了他们的策略,其策略应该是不失一般性的。于是,实际的博弈运转只是实施这些策略并按照博弈规则确定结果的机械过程。换言之,可以假定所有参与者在博弈一开始就同时作出所有的实质性决策,因为每个参与者的实质性决策都被假设为对一个完整策略的选择。而这种策略选择确定了在博弈的任何阶段和任何可能情况下该参与者所要做的行动。参与者同时而又独立地作出各自策略决策的情形,恰好就是博弈的策略式表述。

这段话旨在说明三个要素对于描述任一博弈的必要性。尽管这个论证的必要性已经显出局限,但是它的充分性仍是博弈论最重要的思想之一。现在,让我们详细讲解策略式博弈的三个要素。至于扩展式博弈的要素,后文将逐步介绍。

- (1) 博弈的参与者。正如前文所述,博弈论一般都假设参与者是理性的。如果一个

决策者在追逐其目标时能够前后一致地做决策,则称他是理性的。更通俗一些讲,每一个理性的决策者所采取的行为都是力图以最小的成本使自己获得最大的收益。假设每个参与者的目标是追求其个人期望利益(效用)最大化。冯·诺依曼和摩根斯坦曾借助非常弱的假设证明了下述结果: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值,使其总是选择最大化自己的期望效用。进一步,理性可以分为完全理性、有限理性(bounded rationality)和非理性(irrationality)。完全理性的参与者总是会以效用极大化的方式行动,总是能够考虑所有的可能方案,并对任意复杂的过程进行推论。有限理性的参与者所获得的信息和推理能力都是有限的,所考虑的方案也是有限的,未必能作出使得效用最大化的决策。而非理性则是完全理性的对立面,参与者的决策毫无一致性可言。博弈论大多关注完全理性和有限理性的假定,较少涉及非理性。

“所有个体都具有完全理性”是一个非常苛刻的假定,但是在这种假定下所得出的结论却给决策者提供了一个可供参照的理想状态。这种状态也可以用进化学习来解释。当参与者由于缺乏足够理性而错过了最优决策,那么他们会通过不断学习来朝完全理性的结果努力。我们毫无理由相信他们会朝相反的非理性方向努力——尽管非理性的行为并不会从此消失。

此外,还可以根据利益对象将理性分为集体理性(collective rationality)和个体理性(individual rationality)。所谓集体理性,是指参与者的行为动机是追求集体利益最大化,而个体理性则是为了追求个人利益最大化。与个体理性下的独立决策不同,集体理性下的决策往往需要参与者之间形成有约束力的协议(binding agreement),以协调集体利益与个体利益之间的冲突,这一区别与完

全理性和有限理性的区别共同作用,影响博弈分析的出发点,形成相对分明的博弈分析方法。在稍后的博弈分类中还将谈及这一点。图1-5是博弈论中的理性分类。

(2) 每一个参与者可供选择的策略。策略是指参与者针对他人的可能行动和不同的外在状况而制订的行动计划。它是参与者行动的蓝图,告诉参与者在某种状况下应该如何行动。每一个参与者都需要至少一个策略来做选择。一个参与者所有的可选策略称为这个参与者的策略集。所有参与者都选定自己的一个策略时,这些策略所形成的一个组合称作策略组合(strategy profile)。例如,在《金球》节目的奖金分配博弈中,(平分,偷走)是选手1的策略集,而“选手1平分,选手2平分”则是该博弈的一个策略组合。

在策略式博弈中,行动与策略可视为等同的,而在扩展式博弈中策略将比行动拥有更加丰富的意义。这一点在以后的章节中将有详细介绍。对于某一给定的参与者而言,策略的比较依赖于其他人的策略。例如,在《王者荣耀》游戏中,己方“进攻”和“防守”并没有绝对的优劣,而是取决于对手的行动。但是,在某些情况下策略是可以比较的。也就是说,不管其他人如何选择,某一个参与者的某一策略始终优于另一个策略。例如在《金球》节目中,选择“偷走”对于两个选手而言都是优于“平分”的。此外,可供选择的策略既可以是有限多种,也可以是无限多种,视具体情况而定。

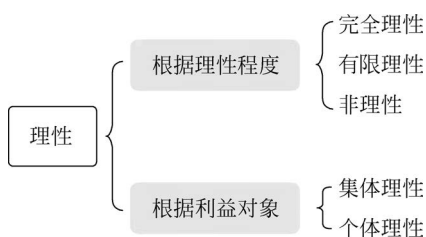


图 1-5 博弈论中的理性分类

(3) 参与者的得益或者支付,意即每个参与者通过参与博弈得到或失去多少。就像前面所提到的,每个参与者的得益可通过他的效用来度量。所谓效用,确定了一个参与者选择一个策略时的对应得益。由于其他参与者的策略也会影响该参与者的得益,因此任一参与者的效用都是自己策略与他人策略所构成组合的函数。

早期经济学家认为效用如同人们的身高和体重一样是可以测量的。例如,在《金球》节目中选手的效用可以用所得奖金来衡量,这是切实的货币度量。这种用绝对数来表示的效用称为基数效用,而现在比较通用的是序数效用。所谓序数效用,是指效用作为一种心理现象无法计量,也不能加总求和,效用之间的比较只能通过顺序或等级来进行。例如,1.1节中小镇居民去酒吧所获得的幸福感是无法具体度量的。但是,酒吧人数为90与为40时的幸福感显然是不同的、可比较的。因此,当酒吧人数为90时,去酒吧的效用到底是哪个具体数值并不重要,重要的是它要比人数为40时的效用小。由此出发,上述的效用函数并非用来指示幸福的具体值,而是比较不同状态之间的大小关系。

上述三个要素是构成一个博弈的基础。除此之外,还有诸如行动次序、信息结构和概率分布等。于读者而言,行动次序也许不难理解,信息结构可能稍显陌生。在接下来的1.2.2节将详细介绍信息结构。



扩展阅读: 边沁与效用

根据微观经济学的定义,效用只是偏好的一种表现。也就是说,偏好不具备基数效用的性质,而是表达一种序数效用的关系。这句话的意思是,我们不能定量地衡量每种策略组合带来的效用具体是多少,但是可以在心里给它们排序。而这也逐渐被其他科学理论所证实。美国普林斯顿大学心理学教授丹尼尔·卡尼曼(Daniel Kahneman)经过深入的研究发现:人们在做决策时往往不会严格估计正确的收益,而比较容易快速地评价它们的优劣。

实际上,现代效用理论源于功利主义。功利主义是近两个世纪以来西方理性思潮的一大主流。在1700年,数理概率学的基本理论开始发展后不久,效用这一概念便产生了。例如,1738年瑞士数学家丹尼尔·贝努利(Daniel Bernoulli)曾观察到:在一场公平的赌博中,人们认为所赢得的1美元的价值小于他们所输掉的1美元的价值。这就意味着:赢来的美元带给他们的真实效用越来越少。

最早将效用概念引入社会科学的是英国哲学家边沁。他最初研究法律理论,受到亚当·斯密(Adam Smith)学说的影响后,转入研究制定社会法则。他建议社会应该按“效用原则”组织起来,他把效用原则定义为:“任何客观物体所具有的,可以使人满足、带来好处或幸福,或者防止痛苦、邪恶和不幸的性质。”根据边沁的理论,所有法律都应该按照功利主义原则来制定,从而促进“最大多数人的最大利益”。关于犯罪和处罚,他建议通过严厉的处罚来加大犯罪者的痛苦,以阻止犯罪活动。

边沁关于效用的观点在今天看来似乎很简单,但在200多年以前,这些观点颇具革命性。在那时,传统、君主的意志或是宗教的教义都可以成为制定政策的正当理由和根据。而边沁的理论开创性地提出社会和经济政策的制定应是为了取得一定的实际效果。

在效用理论发展的下一个阶段,诸多新古典经济学家如威廉姆·杰文斯(William Jevons)进一步推广了边沁的效用概念,用以解释消费者行为。杰文斯认为经济理论是一种“对快乐和痛苦的计算”,他认为理性的人在消费时做决定,应该考虑要买的每一件商品给自己带来的效用(或称边际效用)。

边沁,请让我们记住这个名字。虽然在经济学领域,边沁不如亚当·斯密、约翰·凯恩斯(John Keynes)这些名字般如雷贯耳,但他是第一个将苦与乐量化的人。他的功利主义效用度量观点无疑是经济学最重要的思想来源之一。

1.2.2 博弈的信息结构

在1.1.1节对《王者荣耀》的分析中,我们使用了“甲知道自己应该如何选择,乙也知道甲的选择,甲知道乙知道甲的选择,乙知道甲知道乙知道甲的选择……”这样的推理方式。一般而言,甲是理性的并不意味着乙知道甲是理性的,更不意味着甲知道乙知道甲是理性的……因此,“乙知道甲是理性的”实际上对乙的理性程度做了比“甲是理性的”和“乙是理性的”更高的要求。反之亦然。更进一步,“甲知道乙知道甲是理性的”则是比前述要求更高的要求。如此递进,无穷尽也。因此,博弈论把这些无限循环的要求抽象为一个概念:共同知识(common knowledge)。所谓共同知识,是指这样一个事实:所有参与者都知道该事实,每个参与者都知道其他参与者知道,每个参与者都知道别人知道自己知道……如此直至无穷。具体来讲,上述要求可归结为一个假设:每个参与者都是理性的,这是一个共同知识。

每个参与者都是理性的,尽管这是一个非常强的条件,但它是共同知识。简言之,理性是共同知识。当然,还有一个广为采纳的共同知识:参与者了解身处其中的博弈。

一般来说,无论什么样的博弈模型,这个博弈(即该博弈所必需的要素组合)都是参与者的共同知识。例如“酒吧问题”中的参与者都有谁,所有参与者的可能行动是什么,每个参与者的效用函数是什么,等等。又如《金球》节目中共有两个参与者,选手们可能选择是(平分,偷走),以及每个行动所对应的得益函数等,都是作为共同知识出现的。

实际上,共同知识是博弈论中一个非常强的假定。在现实的许多博弈中,即使参与者“共同”享有某种知识,每个参与者也可能并不知道其他参与者知道这些知识,或者并不知道其他参与者知道自己拥有这些知识。就博弈的要素而言,是否假定共同知识将直接影响博弈的信息结构。作为导论,我们主要介绍两类信息是否为参与者所知,这会引向不同的信息结构:一类是关于得益的信息,另一类是关于过程的信息。

(1) 关于得益的信息。它指每个参与者在每一种策略组合下的结果所对应的得益状况。在1.1节所遇到的三个博弈中,每个参与者不仅对自己在所有状况下的得益非常清楚,而且对其他人在所有情况下的得益也非常清楚。因此所有参与者才能一致地预测均衡。如果存在某一个或几个参与者的信息不为他人所知,仅是自己的私人信息,则称该博弈是信息不完全的。若参与者的得益是共同知识,则称该博弈是“完全信息博弈”(complete information game)。否则,至少部分参与者不完全了解其他参与者的得益,此时称之为“不完全信息博弈”。关于不完全信息博弈的详细介绍请参见第5章、第6章。

(2) 关于过程的信息。先看一个猜硬币游戏。两人在玩猜硬币游戏,首先是盖硬币方选择 1 元硬币是正面(有面额的一面)向上还是反面向上,然后将之盖在桌面上。猜硬币方猜是正面向上还是反面向上。如果猜对了,则猜硬币方赢得 1 元,盖硬币方输 1 元。否则,猜硬币方输给盖硬币方 1 元。在这个博弈中,所有参与者、参与者的行动集合以及每个结果所对应的得益都是共同知识。但是,注意到这个博弈是有行动次序的,可依照双方的行动次序画出树状图。首先是盖硬币方的两个选择:正面向上,反面向上。无论盖硬币方如何行动,猜硬币方都面临两个选择:猜正面向上,猜反面向上。因此,共有 2×2 四种结果,对应得益如图 1-6 所示。这是一个动态博弈。从博弈的要素来看,它属于扩展式博弈这一类。因此,图 1-6 被称为该博弈的扩展型表示。假如现在轮到猜硬币方行动,那么,硬币到底是正面向上还是反面向上,他是不知道的。因此,在图 1-6 中猜硬币方不知道自己处在左侧节点上还是右侧节点上。博弈论认为此时猜硬币方处于多节点信息集。要在多节点信息集作出准确无误的行动将是非常困难的,因为同一个行动在不同节点对应完全相反的结果。我们称猜硬币方的过程信息是不完美的。类似的情境比比皆是。例如,在扑克游戏中若有人忘记了对手是否出过某张牌,此时他无法辨明自己处于“出过”和“没出过”两个节点中的哪一个上。

一般而言,如果所有参与者对博弈过程都完美地了解,意即博弈的后行动者能够观察到(并完美回忆)所有的历史行动,就称该博弈是完美信息博弈。在决策时对博弈的过程完全了解的参与者被称为完美信息参与者。反之,分别对应不完美信息博弈和不完美信息参与者。上述分类可见图 1-7。为了便于理解,接下来举例说明。

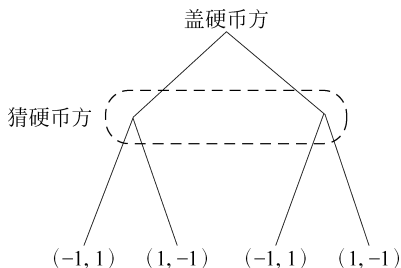


图 1-6 猜硬币游戏

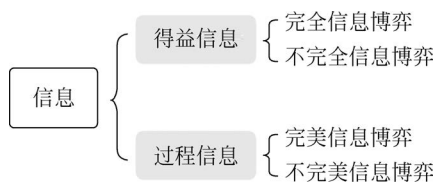


图 1-7 信息博弈分类

(1) 完全信息且完美信息博弈: 象棋对弈。对弈双方都知道每局结束所对应的得益,也知道自己处于博弈树状图(即扩展型)的哪一步——即使忘记了历史行动,看看棋盘便知,不会与其他棋局混淆。

(2) 完全但不完美信息博弈: 常见的麻将游戏。在打麻将过程中,所有玩家都对各种结果(即“和牌”)所对应的输赢数额一清二楚,也知道麻将的规则,此为信息完全。但是,所有玩家都不知道其他玩家手中的牌,这是不完美信息。例如,某一玩家打出“叁万”,其他玩家不知道该玩家是否还有一个“叁万”,因此其他玩家无法断定该玩家到底处于“有”和“没有”这两个节点中的哪一个上。

(3) 不完全信息博弈: 情侣之间的表白。假设一个男生向一个女生表白,男生有(表白,沉默)两种策略(行动),女生有(拒绝,接受)两种策略。虽然男生对四种策略组

合给自己所带来的得益能够主观感知,但是他不知道对方的真实感受。女生亦如此。所以,当你尝试用前文的矩阵来表示这个博弈的时候,将会发现这个静态博弈矩阵无法表示出来。

1.3 博弈再举例

在初步了解博弈的基本知识后,本节将介绍一些博弈论中非常经典的案例。这些例子不仅使专业学者着迷,也使普罗大众兴致盎然。博弈论不只是存在于象牙塔中的理论模型,还是脱胎于商业现实的择优策略,更是生发于日常生活中的对策选择。相信读完本节,你会为博弈论的奇妙而惊叹。

1.3.1 价格战

引语故事：疯狂的共享单车

2017年1月13日上午9点半,北京某处(图1-8),很多上班族出地铁后,直接骑上一辆共享单车,前往商圈各个写字楼或者大酒店。



图 1-8 数量众多的共享单车

几乎每一个新入场的共享单车品牌,都会选择先把单车投放到 CBD(中央商务区)地区。除了人流量大、潜在用户多的因素,CBD 还是一个没有资金门槛的广告场所。随着共享单车公司竞争加剧,越来越多的共享单车被投放到城市里的人流密集地——地铁口、各大商圈、写字楼、公交站和大型小区附近。

然而,共享单车都面临一个难题——想赚钱很难。共享单车行业最流行的盈亏计算公式是:一辆单车平均每天被使用三次,一年有 300 天可能被使用,年收入就是 900 元。900 元也是行业平均单车成本线,如果再加上 20%左右的运营成本,肯定没法盈利。

在国外,很多共享单车的收费标准是半小时 5 美元,所以很多国外共享单车公司靠收骑行费就能轻松盈利。但国内共享单车的价格基本是半小时 5 毛或 1 元,这个定价跟公交车差不多。而公交公司主要是靠政府补贴维持生存。所以对于国内的共享单车公司来说,如果不能拿到融资,基本很快就会被市场清洗出局。

某单车品牌创始人认为,目前价格战很惨烈,大家都没法赚钱。所以他的公司目前没

有大规模在大街上“扔车”。

资料来源：谢鹏. 疯狂的单车[N]. 南方周末, 2017-01-19.

在引语故事的结尾, 我们看到某公司的选择是避免大规模投放单车。那么, 既然这位创始人认识到了问题的根源, 就应该提高价格。他为什么裹足不前? 此外, 认识到这点的公司应该不止一家, 它们为什么不统一提价?

简单起见, 我们假设市场上有两家单车品牌公司: 清风, 致远。两家公司推出类似的单车运营服务, 且共同垄断同一市场。为了获得更大的市场份额, 两家公司需要各自决定采用高价(例如 5 元)还是低价(例如 1 元)的运营策略。

(1) 如果两家公司都选择低价, 公司的运营收入就是引语故事中的状况, 为 900 元/辆/年。公司不但没盈利, 反而可能亏损。

(2) 如果两家公司都选择高价, 公司的运营收入为 1 200 元/辆/年, 这样两家公司都稍有盈利。

(3) 如果只有“清风”提高价格, “致远”则能够吸引到更多的客户, 这样“清风”将会更惨淡。不妨假设“清风”“致远”的收入分别为(600, 1 500)。

(4) 如果只有“致远”提高价格, 情形与(3)类似, 二者的收益如图 1-9 所示。

		致远	
		高价	低价
清风	高价	(1 200, 1 200)	(600, 1 500)
	低价	(1 500, 600)	(900, 900)

图 1-9 双寡头的削价竞争

目前, 两家公司都在低价状态挣扎。假设“清风”要单方面提价, 它需要在“致远”采取低价的状态下比较自己两个行动所对应的得益, 亦即比较 600 和 900。显然, 900 得益更好, 因此, “清风”仍然采取低价。对“致远”的分析与此类似。进一步, 假设“清风”已经在高价状态, 我们来看“致远”的反应。“致远”需要比较在“清风”高价时自己的两个得益。换言之, “致远”比较图 1-9 矩阵第一行两个组合中的第二个元素, 1 200 和 1 500。显然, “致远”更愿意选择低价。所以, 无论“清风”是否高价, 低价始终是“致远”的占优策略(dominant strategy)。“清风”也一样。所以, 该博弈的均衡是双方都坚持(低价, 低价)。尽管低价将会造成两败俱伤, 但是双方仍然坚持低价策略。这就是价格战——囚徒困境的另一种表现。



概念解读：占优策略

占优策略的简单定义是：对于某一参与者的两个策略 S_1 和 S_2 , 若 S_1 给他带来的得益始终高于另一策略 S_2 的得益——无论其他参与者如何行动都是如此, 则称策略 S_1 占优于 S_2 ; 如果策略 S_1 占优于该参与者的所有其他可能策略, 则称 S_1 是一个占优策略。

在这个博弈中, 存在而且仅存在一个均衡。因此, 参与者双方能够一致地预测到均衡并心无旁骛地朝着均衡行动。当然, 在均衡状态下, “你愿意而且我愿意”, 谁都没有动机单方面偏离。但是, 并非所有的博弈都这么完美, 存在唯一的均衡。实际上, 有些博弈可

能没有均衡^①,而有些博弈又存在多个均衡,甚至无限个均衡。接下来我们将介绍上述的博弈情形。



扩展阅读：价格战与反价格战协定

著名经济学家 N. 格里高利·曼昆(N. Gregory Mankiw)在《经济学原理》一书中从经济学的角度科学地证明了价格战是消费者选择的必然。价格战本身是一种市场竞争手段,具有杀伤力强、短平快等诸多优点,被广大厂商所看好和采用,尤其是在一些特定的行业更为普遍。如今的价格战实际上是指价格竞争,是企业应用价格战略的一个突出表现。价格竞争实际上是市场经济下最基本的竞争形式,也是最容易应用的竞争形式。尽管价格战如此常见,但是很多厂家对它持批判态度,直言它使企业丧失了对产品核心价值和细分市场的关注。当然,为了避免激烈竞争,也有企业采取“竞中有合,合中有竞”(竞合)的策略,或称反价格战协定。

可口可乐与百事可乐之间的激烈竞争已经广为人知。但是另有数据表明,在美国市场上可口可乐和百事可乐通过在折扣券发放上达成合作方案,得到了对双方更好的结果。曾经在一年的时间里,可口可乐和百事可乐分别发放 26 周折扣券,其间没有出现同时发放的现象,如果没经约定,这种事情发生的概率小于 10 的 10 亿次方分之一。而作为彼此在中国的主要竞争对手,麦当劳和肯德基在市场上的竞争就激烈得多,但是在折扣券问题上,它们仍然采用了竞合策略。2010 年 2 月,麦当劳宣布可以使用肯德基的优惠券。

1.3.2 赌胜博弈

2007 年,美国拉斯维加斯,大卫在一项紧张激烈的国家锦标赛中赢得了 5 万美元!而赛事内容却出人意料,是 3 岁儿童都会玩的“剪刀、石头、布”。“剪刀、石头、布”之所以广受欢迎,一是因为规则简单,二是因为能够相对公平地解决分歧。之所以说“公平”,是因为从表面上看,出石头、剪刀和布的概率均为 $1/3$,每局游戏胜负平的概率分别为 $1/3$ 。

假设大卫和好友阿米尔在玩“剪刀、石头、布”游戏。双方都在“剪刀、石头、布”三种手势中任选其一。若二人所选择的手势相同,则为平局;否则,石头胜于剪刀,剪刀胜于布,布胜于石头。对于任一参与者,若平局,得 0 分;若胜一局,得 1 分;若败一局,得 -1 分。二者的得益矩阵如图 1-10 所示。

		大卫		
		石头	剪刀	布
阿米尔	石头	(0, 0)	(1, -1)	(-1, 1)
	剪刀	(-1, 1)	(0, 0)	(1, -1)
	布	(1, -1)	(-1, 1)	(0, 0)

图 1-10 “剪刀、石头、布”游戏

^① 此论断仅限于当前的经济均衡概念,在第 2 章引入新概念后将有所改变。

阿米尔在作出选择前,需要对大卫的行动作出最佳应对。假设大卫出“石头”,则阿米尔的最佳选择是“布”。这个结论相当直观。既可以通过比较自己在三种选择下的得益推得,也可由游戏规则直接得出。你可以对图 1-10 的得益矩阵进行一些简单操作,在最佳得益下面画线。此时,应在矩阵第 1 列第 3 行的第 1 个得益 1 下面画线。同理,当大卫出“剪刀”时,阿米尔的最佳选择是“石头”;大卫出“布”时阿米尔的最佳选择是“剪刀”。分别在第 2 列第 1 行和第 3 列第 2 行的第 1 个得益下面画线。

同理,对于大卫的分析与上述情况类似。对应操作为在第 1 行第 3 列、第 2 行第 1 列和第 3 行第 2 列的第 2 个得益下面画线。综合可得画线后的得益如图 1-11 所示。

		大卫		
		石头	剪刀	布
阿 米 尔	石头	(0, 0)	(<u>1</u> , -1)	(-1, <u>1</u>)
	剪刀	(-1, <u>1</u>)	(0, 0)	(<u>1</u> , -1)
	布	(<u>1</u> , -1)	(-1, <u>1</u>)	(0, 0)

图 1-11 剪刀、石头、布游戏

从图 1-11 可以看到,并不存在一个策略组合的两个元素同时被画线。这意味着并不存在一个使得双方都愿意采纳的策略组合。因此,该博弈不存在前述几个例子中所谓的“均衡”。不难想象,如果存在多轮游戏,两个参与者的博弈应该是这样的:由于不存在所谓的“均衡”,双方达不到一个稳定的状态,亦即都有动机单方面偏离,所以,双方不停地变换行动以使得对方猜不透自己的选择。进而,读者不难推断这样一个事实:由于三个选择是对称的,博弈双方都依照 $1/3$ 的概率选择自己的行动。

诸如“剪刀、石头、布”“猜硬币”“掷骰子”这类游戏,都属于赌胜博弈。赌胜博弈是博弈论所研究的一类重要问题,对竞争和合作行为也有很大启示。赌胜博弈的一个重要特点是一方的所得等于另一方的失去,不可能出现双赢的情况。进一步,在每一轮博弈中,双方的得益总和都为 0,此即“零和博弈”(zero-sum game)。所以,在这类博弈中,合作的空间非常小。当然,合作现象并不是不存在。例如,多方博弈有可能出现合谋现象。

除了生活中的游戏,读者也可以从历史中寻找诸多此类的实例。例如,“田忌赛马”。孙臆初到齐国,齐国将军田忌非常赏识他,待如上宾。田忌经常与齐国众公子赛马,设重金赌注。孙臆发现他们的马脚力都差不多,而马又可分为上、中、下三等。于是,孙臆对田忌说:“您只管下大赌注,我能让您取胜。”田忌相信并答应了他,与齐王和各位公子用千金来赌注。比赛即将开始,孙臆说:“现在用您的下等马对付他们的上等马,用您的上等马对付他们的中等马,用您的中等马对付他们的下等马。”三场比赛结束,田忌一场败而两场胜,最终赢得齐王的千金赌注。于是田忌把孙臆推荐给齐威王。

田忌赛马的故事讲的是孙臆如何通过运筹来帮助田忌战胜齐王。如果他们的赛马活动定期举行,那么齐王就会从中意识到问题所在,继而采取应对策略。那么这时的“田忌赛马”就从决策问题变成了对策问题,而所属研究领域也从运筹学变成了博弈论。

1.3.3 夫妻之争

在许多电视娱乐节目中,常有考验夫妻默契程度的小游戏。例如,节目中的夫妻二人站在用挡板隔开的背景墙下,面对主持人和观众。然后,主持人提出一个问题,请二人利用肢体语言或白板文字来作答,不允许有任何交流。主持人所提的问题五花八门、不一而足。例如,主持人会问“生活中如何向对方表达‘我爱你’”。如果两人说出的答案相同,则各自加1分,否则,得分为0。假如在实际相处中妻子习惯用“亲吻面颊”来表达,而丈夫常常“拥抱”对方。显然二人不会如实回答,而是策略性选择一种,意即他们必须在两个动作之间作出选择。准确来讲,各自都需要揣度对方的选择。假设丈夫认为妻子选择“拥抱”,显然,他也选择“拥抱”是最佳的。如果他认为妻子选择“亲吻”,则自己也选择“亲吻”为上。仿照前文的画线方法,对二人博弈的矩阵元素进行画线,如图1-12所示。

		妻子	
		拥抱	亲吻
丈夫	拥抱	(1, 1)	(0, 0)
	亲吻	(0, 0)	(1, 1)

图 1-12 夫妻之争

可见,夫妻二人同时选择“拥抱”或“亲吻”是这个游戏的均衡,双方都愿意。假如有一方有动机偏离,那么紧接着他(她)就会发现如此行为并不能获益。因此,只要有下一次选择的机会,他(她)还会退回二人已经达成的均衡状态。

但是,此处有两个均衡。相比没有找到均衡之前,二人的选择难度并没有降低多少——原因在于夫妻二人很难一致地锁定一个均衡。事实也确实如此:虽然二人都知道,但是行动仍然不一致。如果换作夫妻二人就某些自利的事情做选择,那么二人之间的不一致则更容易导致夫妻冲突。因此,这个博弈也称为“夫妻之争”。例如,在只有一台电视机的情况下,如果丈夫喜欢足球频道而妻子更喜欢娱乐频道,则两者很难达成一致。当然,如果夫妻之间感情深厚,相互为对方着想,可能会少有冲突,但不可避免。欧·亨利的小说《麦琪的礼物》中的德拉和吉姆就诠释了深爱之下行动错位的悲剧。德拉对自己的一头秀发珍爱有加、引以为豪,但为了给丈夫买一件“精致、珍奇而真正有价值”的圣诞礼物,她忍痛割爱,为丈夫买了珍贵的白金表链。吉姆努力工作却薪水菲薄,但他深知爱妻对一家商店橱窗里陈列的发梳渴望已久,于是忍痛卖掉了三代祖传的金表。如此一来,二人的选择就错位了。

这样的实例在生活中屡见不鲜。春游同学们的偏好不同时应该如何确定旅游景点?新婚夫妻该回谁的父母家过年?你与生意伙伴意见相左时应该如何决策?也许你会自然想到采用沟通和协调来解决参与者的选择冲突。但是,并不是所有的场合都能够进行沟通和协调。即便能,所谓的沟通和协调是双方真实意图的传达吗?这真的能够消解冲突吗?

当然,本书给读者介绍的是更具一般性的知识。除了具有唯一均衡的博弈情景,上述两种博弈情景(包括具有两个均衡的博弈和没有均衡的博弈)都会带来相同的问题:这种均衡对参与者是否具有指导意义?能否保证均衡的一致预测性和普遍适用性?沟通和协调能够使得双方的结果更好吗?在稍后章节的具体介绍中,你将会找到答案。

1.3.4 海盗分金

“海盗分金”，早年作为一个经典而有趣的智力游戏在民间流传甚广。传说某片海域上有 5 个海盗，偶然间获得了 100 枚金币。5 个海盗都是贪婪嗜杀之徒，但是又足够聪明、足够理性，所以 5 人一直为如何分配金币争执不下。所谓“足够聪明、足够理性”，意即海盗们是具有推理能力的、自利的；而自利又意味着每个海盗尽力多得（哪怕一点微利），任何损人利己的事情都可以干。海盗嗜杀成性则意味着，即便无利可图，海盗们也宁愿杀人。然而，如果单打独斗，5 人体力相当，强制分配并不可行，争执不下只得民主表决。

具体表决程序如下。首先，由第 1 个人提出他的分配方案，全体海盗进行实名投票。如果有半数以上（不含半数）的人表示不同意，那么方案不能通过。第 1 个海盗就会被扔进大海，由第 2 个海盗继续提出自己的方案。换言之，只要半数及以上的海盗表示同意，那么方案就获得通过，无须进入下一步。当由第 2 个人提出方案时，与海盗 1 一致，即在所剩海盗中如果有半数以上的人表示反对，则方案不通过，第 2 个人被扔进大海。后续以此类推……

那么，5 个海盗应当如何分配这 100 枚金币呢？按照直观的判断，众口难调之下，无任何参照的海盗 1 是最危险的，稍有不合理之处就可能毙命。而海盗 5 则只需考虑如何得到更多金币。

正面入手来分析可能有些复杂，因为每当有人被推下去，剩下的人都要重新考量如何分配。显然第 5 个海盗不用担心这个问题，因为他是最后一个。实际上轮不到他分配，因为只剩第 4、5 两个海盗时他的反对已经无效了。不妨循此思路，采用逆推法，继续向前分析。由此，海盗 4 只需分给第 5 个海盗 0 枚，自己得 100 枚。当然，海盗 4 和海盗 5 都知道这个事实，而且知道对方也知道……所以，海盗 5 并不会让结局走到这一步。在海盗 3 分配时，海盗 5 就会争取利益。当然，海盗 3 心知肚明，他只需给出 1 枚金币拉拢海盗 5 同意自己的分配方案，而无须理会海盗 4。

以此类推，可以得到所有海盗的分配方案，如表 1-2 所示。

表 1-2 海盗分金方案图示

参与人	海盗 1	海盗 2	海盗 3	海盗 4	海盗 5
海盗 1	97	0	1	0	2
海盗 2		99	0	1	0
海盗 3			99	0	1
海盗 4				100	0
海盗 5					100

结果出乎意料，看似最危险、最应让利的海盗 1 却获得金币最多！这是在 5 个人都理性的前提下所得出的结果，而所使用的方法则是逆向归纳法（backward induction）。这种推理方法基于参与者的理性假设，要求参与者“向前展望，倒后推理”。读者可就此进一步展开想象。这个博弈中的均衡与前几个博弈中的均衡一样吗？该如何表示？如果海盗 2

为了拉拢海盗5来反对海盗1,从而许诺分给他5枚金币,那么这种承诺是否可信?为什么现实中很少发生这种极端的分配?关于这类问题的细致分析,本书都有涉及,将在后面的章节中逐步介绍。

1.4 博弈的分类

在给出博弈的概念之后,1.3节简单介绍了一些有趣的、经典的博弈案例。在本节中,我们将进一步介绍博弈的知识,主要是博弈的分类。博弈论在现实中的应用如此广泛,所采用的研究方法又如此复杂多样,为了从整体上把握博弈论的轮廓,系统地分类似乎是必要的。分类的参照既可以是参与者的数量、策略集合的大小,也可以是行动次序,甚至信息结构或得益状况等。一般来讲,博弈的分类不同,所采用的研究方法相应不同,有关互动机理的分析也会不同。

1.4.1 根据参与者数量分类

从参与者数量来看,可将博弈分为“两人博弈”和“多人博弈”。^① 单人博弈在本质上是人和自然的博弈,实际上也是决策论的研究内容;而两人博弈是两个参与者之间的博弈,在博弈论中最为常见;一般来讲,多人博弈相对复杂,所以对多人博弈的讨论比较少——即使有,也是一些易于分析的特定情景。

1. 两人博弈

显然,两人博弈有两个参与者,他们的策略和得益是相互依存的。前面提到的博弈模型大多是两人博弈,如囚徒困境、价格战、夫妻之争等。在本书中,我们将大范围地讨论两人博弈。准确来讲,本书主要以两人博弈为例介绍博弈的基本理论和方法。实际上,这些理论可能不限于两人博弈,而是多人博弈下的结果。

1944年,冯·诺依曼和摩根斯坦的经典著作《博弈论与经济行为》将两人博弈推广到 n 人博弈结构并将博弈论系统应用于经济领域,从而奠定了这一学科的基础和理论体系。约翰·纳什(John Nash)的开创性论文《 n 人博弈的均衡点》(1950)、《非合作博弈》(1951)等,给出了多人纳什均衡的概念和均衡存在定理。因此,除非特别说明,两人博弈下的一般性结论也适用于多人博弈——当然,并不能简单照搬。

2. 多人博弈

多人博弈是指三个及以上参与者进行的博弈。在分析参与者的策略行为时,不仅要考虑两两之间的相互作用,还要考虑参与者可能会形成联盟。因此,这种情况比仅有两人博弈时更加复杂。此时,决策者在决策时是否面临强力约束将直接引出博弈分析的两种思路:非合作博弈(noncooperative game)与合作博弈(cooperative game)。无论哪种博弈,人们在分析决策者的策略行为时都要考虑可能发生的联盟对均衡策略的影响。让我

^① 亦有教材分为单人博弈、两人博弈与多人博弈。

们举例来说明这一事实。

某一公司有三个股东 X、Y、Z,分别持有公司 25%、35%、40%的股份。现在公司有四个项目 A、B、C、D 可以投资,但是只能投资一个项目。股东 X 的选择倾向是 A、B、C、D,即首选是项目 A,再选是项目 B,次选是项目 C,末选是项目 D。股东 Y 的选择倾向是 B、C、D、A,股东 Z 的选择倾向是 D、B、A、C。图 1-13 为股东偏好的排序。

		首选	再选	次选	末选
股东	X	A	B	C	D
	Y	B	C	D	A
	Z	D	B	A	C

图 1-13 股东偏好的排序

对于任一股东,自己的首选得到执行时得益为 3,再选得到执行的得益是 2,次选得到执行的得益是 1,末选得到执行的得益是 0。如果 100 张选票按照股东的股份进行分配,那么股东 X、Y、Z 分别得到 25、35、40 张选票。股东投票的要求是必须把自己的选票全部投给某一个项目。最终得票数最多的项目将获得执行。

不难理解,每个股东都想让自己的首选项目得到执行,这样自己的得益才能最大化。如果如此投票,则项目 A 获得 25 张选票,项目 B 获得 35 张选票,项目 D 获得 40 张选票。显然,项目 D 将会得到执行。但它会是一个均衡吗?事实上并不是,因为必须考虑其他股东联合时的情况。例如,如果股东 X 改将选票投给项目 B,那么项目 B 就会获得执行。这时股东 X 的得益会变成 2,股东 Y 的得益变成 3。显然,它优于上述的诚实投票。

这种内部成员为了谋取更多利益而形成联盟的例子看似虚构,实际上并不少见,例如春秋末期的“晋阳之战”。

在西周和春秋早期,各诸侯国通常都将公室子孙分封为大夫,将血缘关系作为公室的屏卫。及至晋献公,由于其宠爱骊姬而破除了先例,逐杀诸公子,从此晋国的公室贵族逐渐为外姓“权臣”所取代。从晋文公开始,后经历代演变,到春秋末期,晋国只剩下智、赵、韩、魏四家,其中以智氏最强。

智氏之主智伯在朝专权,假借向晋公献地进行“削藩”。韩康子、魏桓子惧其以武力相加,被迫各送一万户之邑。在向赵襄子索地遭拒后,智伯胁迫韩、魏两家出兵攻打赵氏。智伯围困晋阳两年而不能下,引晋水淹灌晋阳城。危急中,赵襄子派谋士张孟谈密会韩康子、魏桓子,晓之以“唇亡齿寒”之理。韩、魏两家倒戈,放水倒灌智伯军营。遂大破智伯军,擒杀智伯。晋阳之战为日后“三家分晋”奠定了基础。

在“晋阳之战”中,韩氏和魏氏由于畏惧智氏的强势而采取委曲求全的策略,使得他们陷入困境。但是,这种策略也并非不可取,毕竟反例为证。赵氏的反抗引发了智氏与韩、魏的联合攻战,水淹晋阳,处境岌岌可危。若不是说服韩、魏倒戈,与赵氏形成三家联盟,则赵氏很难存活。因此,就独自决策而言,“智伯索地,韩、赵、魏献地”看似一个“均衡”。但事实证明它不稳定,被韩、赵、魏三家联盟打破了。

不仅如此,还有更为令人深思的现象。在多人博弈中,看似均衡的背后常有“破坏者”

存在。所谓“破坏者”，就是指这样的一类参与者：他的策略选择对自身利益并无太大影响，不过对其他参与者却有着显著作用，甚至是决定性的。通俗来讲，破坏者的行为也许并不能使自己成功，但是却可以阻止别人成功。



扩展阅读：总统竞选中的破坏者

“破坏者”在美国总统竞选中相当常见。例如，在2000年的大选中拉尔夫·纳德(Ralph Nader)就是所谓的“破坏者”，类似的还有1992年大选中的总统候选人罗斯·佩罗(Ross Perot)，1980年大选中的总统候选人约翰·安德森(John Anderson)和1968年大选中的总统候选人乔治·华莱士(George Wallace)等。

在2000年，乔治·沃克·布什(George Walker Bush)、艾伯特·戈尔(Albert Gore)、拉尔夫·纳德三个候选人参与竞选总统，票数最高者选举为总统。按照当年的情景，布什和戈尔在佛罗里达州之外的选票几乎相等。然而，在佛罗里达州一直呈现胶着状态。经过多次的票数统计(包括人工普查)，戈尔最终仅以537票的差距输给布什。其间，纳德一直作为两大党之外的绿党参与总统竞选，在佛罗里达州赢得9.7万张选票。其竞选纲领与民主党比较接近，因此很多民主党人认为，纳德的参选分走了本应投给戈尔的部分选票。假设纳德退出竞选，那么将有约5.2万张选票投给戈尔，戈尔就能成功当选。时至今日，支持戈尔的民主党人依旧认为当初是纳德的“搅局”让戈尔最终以微弱差距败给布什。

1.4.2 根据策略数量分类

如果一个策略式博弈中参与者数量和所有策略集合都是有限的，那么该博弈是有限的；相反，只要参与者数量或某一参与者的策略集合是无限的，那么该博弈就是无限的。在常见的有限博弈中，每个参与者的可能策略总数不过个位数字，如果仅仅学习博弈知识，而并非为了解决某个特定问题，2~5个策略已经足够说明问题，就像前述的囚徒困境、酒吧博弈一样。在常见的无限博弈中，决策变量则表现为实数或可列的自然数。例如，石油输出国组织(OPEC)的成员国之问就石油输出所进行的博弈，其中各个国家的石油产量可视为某一区间内的实数。又如，某一市场上寡头企业间就生产多少产品所进行的博弈，产品产量可视为可列的自然数或不可列的实数。当然，如果参与者的数量是无限的，一般为无限可列的。例如，考察某一群体雄性体征的演化博弈，可将雄性个体的数量视为无限可列的。

从分析方法上来讲，有限博弈和无限博弈存在较大差别。如果参与者的策略集合是有限的，可以采用穷举比较、归纳迭代等方法。如果参与者的策略集合是无限的，穷举法显然失效，因而常常采用微积分来分析参与者的最优策略。相较有限博弈而言，虽然对无限博弈的建模引入更多的数学符号，分析也更加抽象，但是只要读者掌握了微积分和概率论的基础知识，就会发现难度并没有显著增加。如果参与者的数量是无限的，则更多地使用归纳迭代或微分方程来由特殊推及一般，得出具有普适性的等式关系。

1.4.3 根据得益总和分类

根据得益总和，可将博弈分为零和博弈、常和博弈和变和博弈。所谓零和博弈，是指

无论参与者如何行动,所有参与者的得益总和始终为 0 的博弈。与之相似,无论参与者如何行动,所有参与者的得益总和始终为某一常数的博弈称为常和博弈;否则称为变和博弈。

1. 零和博弈

零和博弈是常见的一类博弈,也是研究最多的一类博弈。例如 1.3.2 节所涉及的赌胜博弈,大多是有赢必有输,所有输家的损失就是所有赢家的所得。就经济生产而言,零和博弈并不能给社会带来增益或亏损,只是财富或资源在博弈成员内部的重新分配。此外,竞技类比赛常常都是零和博弈。在这类比赛中,参与者之间的竞争通常都比较激烈,利益是相互对立的。进而,参与者也更关注如何制胜,几乎没有合作的空间——即使有,参与者之间的合作也常常被禁止。

实际上,在常见的“纳什均衡”出现之前,博弈论的研究主要集中在零和博弈上。从博弈论的历史来看,零和博弈是最早研究的一类博弈。零和博弈在均衡解及其存在性条件等方面都有特定的性质,在进行重复博弈时也有一些特性,这在后面的章节中将会做相应阐释。

2. 常和博弈

常和博弈在本质上与零和博弈相同,可以通过将所有的得益都减去某一相同数值而变为零和博弈。当然,零和博弈也可视为常和博弈的一种特例。

在常和博弈中,参与者之间的利益也是相互对立的,更易引发竞争和冲突。实际上,常和博弈常用于分析固定份额财富或资源的分配。例如,大国之间就指定的碳排放额度的分配、子公司之间的红利分配等。在积分制的竞技体育中也常见这种博弈,如排球比赛,获胜的团队获得 1 分,否则得 0 分。

3. 变和博弈

变和博弈中参与者的利益总和会随着策略组合的不同而变化。此时参与者之间的利益既对立又统一,既不能完全避免竞争,又有合作的可能性。在人际互动中常见的“双赢”,一般出现在变和博弈中。而本书所要讨论的博弈则大部分属于变和博弈。这类博弈的应用也很广泛,如已经提及的囚徒困境、夫妻之争等博弈。又如,足球联赛中胜方积 3 分,平局各积 1 分;每场比赛的积分之和要么为 3 分,要么为 2 分。

1.4.4 根据行动次序分类

从博弈的要素来讲,接下来我们依照博弈的规则对其进行分类。请注意,规则包含多个方面,首先是行动次序。现有博弈的研究可依照行动次序简单地分为三类:“静态博弈”“动态博弈”和“重复博弈”。

1. 静态博弈

静态博弈是指博弈中的参与者同时采取行动,或者行动有先后次序但是参与者无法

看到先前别人的行动。需要说明的是后一种情况。在有些博弈中,虽然参与者并不是同时行动的,但是他们在行动之前并不知道别人的历史选择,因此无法针对别人的行动作出反应。即便在行动期间一方知道了另一方的行动,也无法立即变换行动。例如两军对垒,即便一方在作战中获悉了对方的作战计划,可是已然来不及更换自己的计划了。这种情形屡见不鲜,例如赤壁之战中的火烧战船情节,原文如下。

报称:“皆插青龙牙旗。内中有大旗,上书先锋黄盖名字。”操笑曰:“公覆来降,此天助我也!”来船渐近。程昱观望良久,谓操曰:“来船必诈。且休教近寨。”操曰:“何以知之!”程昱曰:“粮在船中,船必稳重;今观来船,轻而且浮。更兼今夜东南风甚紧,倘有诈谋,何以当之?”操省悟,便问:“谁去止之?”文聘曰:“某在水上颇熟,愿请一往。”言毕,跳下小船,用手一指,十数只巡船,随文聘船出。聘立于船头,大叫:“丞相钧旨:南船且休近寨,就江心抛住。”众军齐喝:“快下了篷!”言未绝,弓弦响处,文聘被箭射中左臂,倒在船中。船上大乱,各自奔回。南船距操寨止隔二里水面。黄盖用刀一招,前船一齐发火。火趁风威,风助火势,船如箭发,烟焰涨天。

显然,孙、曹两家制定的战略(策略)不是同步的,也没有任何沟通,反而相互欺瞒。周瑜就计用火攻、曹操拒谏锁战船;阚泽密献诈降书、孔明巧借东南风。这些环环相扣的事件逐步形成了双方的策略:黄公覆乘火船诈降,曹孟德纳降军备战。而且火攻时的行动也有先后次序。例如,黄盖在出发前早已准备火船二十只,船头密布大钉,而曹操在察觉来船有诈时已然来不及变换战略,只能仓促应战。正如前述论断,只要参与者在行动之前看不到别人的行动,而且参与者之间没有沟通,那么这样的博弈都可以忽略行动次序,视为静态博弈。

2. 动态博弈

实际上,并非所有博弈都可视为静态的。相反,存在一大类博弈,其中的行动有先后次序,并且后动者能够观察到先动者的行动并作出反应。这类博弈被称为动态博弈。参与者的每次行动可看作一个阶段,因此动态博弈也称为“多阶段博弈”。常见的动态博弈是弈棋游戏和纸牌游戏。在这类游戏中,规则明确规定每个参与者的行动次序,而且会涉及禁止的出牌(棋)。当然,禁止出什么牌(棋)既有可能是统一而定的,也有可能是根据历史行动而定的。

一般而言,先期行动不仅影响后继行动所对应的策略集合大小,还可能影响未来参与者的数量,自然也会影响某一既定策略是否最优。例如,在战国时期的长平之战中,赵军数战不利,主将廉颇决定依托有利地形,坚守不出。秦国丞相范雎派人携带千金到赵国施行反间计,赵孝成王不顾蔺相如和赵括母亲的谏阻,派赵括去接替廉颇为主将。显然,范雎的反间计不仅改变了廉颇和赵括各自的行动空间(策略集),而且将廉颇从后续博弈中剔除了。

同静态博弈一样,每个参与者为了寻求最佳策略都必须思考这样的问题:如果我如此选择,对方将如何应对?对于我的每一个可能行动,他是否都有应对?如果给定他的应对,什么才是我的最优行动?

2015年3月,珠海格力电器股份有限公司(以下简称“格力”)开始涉足手机行业。与

此同时,面对行业的激烈竞争,各大手机厂商也都在紧锣密鼓地推出自己的新产品。例如,3月31日三星 S6 正式发布,4月8日 HTC(宏达国际电子股份有限公司)发布 One M9+,等等。

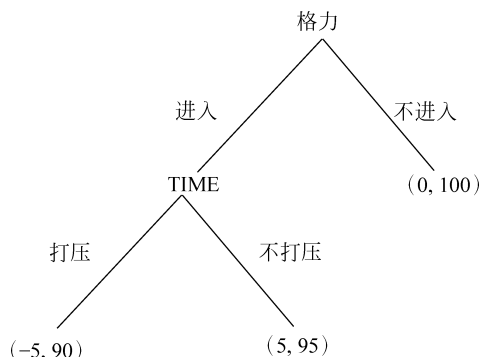


图 1-14 格力进军手机市场博弈

当像格力这样的家电厂商开始进军智能手机行业的时候,既有厂家应该做何反应?假设手机市场已经接近饱和,格力的进入只能是从既有厂家口中分一杯羹,因此可能会遭到既有厂家的抵制。如此一来,格力不但不能盈利,反而会亏损。而其他手机厂商也要因此而付出代价。如果其他手机厂商不进行打压,那么格力就可以在这里分得一部分利润。当然格力也可以选择不进入市场。格力进军手机市场博弈见图 1-14。

简单起见,假设总利润为 100,其他既有的手机厂商就以 TIME 指代。如果格力不进军手机领域,那么格力的得益为零。如果格力进军手机领域,TIME 选择打压,则 TIME 得益就变为 90,而格力的得益变为-5;如果 TIME 选择不打压,则两者和平相处,TIME 的得益为 95,格力的得益为 5。这就是两个参与者的两阶段博弈,是动态博弈的一种简单情景,其中格力的得益在前,其他企业的得益在后。

3. 重复博弈

除了静态博弈和动态博弈之外,还存在一类相对特殊的博弈:重复博弈(repeated games)。所谓重复博弈,是指同一个博弈反复进行所构成的整体博弈过程,而构成重复博弈的一次性博弈叫作“元博弈”或者“阶段博弈”。这种博弈,简单来说就是同一个博弈在相同的环境条件下重复进行。例如,“剪刀、石头、布”游戏,同一个游戏会不停地重复;贸易制裁与反制裁,会在两个国家间不定期上演;等等。

重复博弈又可以分为有限重复博弈(finitely repeated games)和无限重复博弈(infinitely repeated games)。有限重复博弈是指原博弈在重复了有限次后就会结束的博弈。例如在 NBA(美国职业篮球联赛)赛事体系中,每个球员都与老板签订了固定期限合同。在每一年的特定时间,球员和老板将就维持合同和结束合同进行权衡,这就是一个有限重复博弈。而无限重复博弈是指无限次重复的博弈。一般来讲,它只是理论意义上的“无限”。当一个博弈中的参与者无法预知博弈的结束时间或重复次数时,也可视为无限博弈。例如,麦当劳与肯德基、百事可乐与可口可乐等长期竞争对手之间的博弈,都可视为无限博弈。

需要提醒读者注意的是,一次博弈和重复博弈是有显著差别的。在一次博弈中,由于参与者之间的博弈只有一次,参与者只需顾及眼前利益即可。因此,只要有利可图,参与者无须考虑公平与合作问题,任何自私自利的行动都可以采取——甚至可以无情地“伤害”或者“出卖”对方。但是在重复博弈中参与者必须考虑后继博弈的影响。如果参与者

因在某一阶段选择了自私行为而伤害了对方,那么他必须顾及在后继阶段对方报复的可能性与后果。

所以,在眼前利益与未来利益的权衡下,参与者有可能采取合作行动。一般来讲,重复的次数越多,合作的可能性就越大;特别是当重复次数趋向于无穷时,博弈的结果还可能发生根本性的变化。

1.4.5 根据参与者理性分类

根据参与者理性,博弈可以分为合作博弈和非合作博弈两大类。概括地讲,合作博弈强调的是集体理性和效率,参与者的决策是以集体目标最大化为驱动的;而非合作博弈则更强调个体理性,即个体利益最大化。

从博弈论的发展历史看,合作博弈与非合作博弈是从两个不同的出发点展开研究的。二者的发端时间几乎相同,及至后来,形成了相互独立的博弈理论和研究方法。非合作博弈强调的重点在个人行为:每个理性的参与者会作出什么样的决策,理性的参与者实际上是怎样选择行动的,博弈最可能出现的结果是什么等。但在合作博弈中,人们更关注参与者之间的联合行为:他们会形成什么样的联盟(甚至包括所有参与者的联盟),他们之间如何瓜分合作的收益等。如果合作确实带来收益,但是收益的分配不足以使所有参与者最终接受,那么就应假定存在一些能使协议实施的外在机制(如制度、仲裁等)。除此之外,还有两点需进一步说明。

(1) 非合作博弈并非意味着每个参与者总是拒绝合作,而是强调参与者自私的决策动机,即决策时仅考虑自己的利益。读者可回顾前文所出现的博弈案例,管中窥豹,可见一斑。在非合作博弈中,除了那些博弈规则确实允许的协议外,参与者无法达成有约束力的协议,所以诸如协议、威胁、承诺的沟通事项是无法实施的——即便允许这类沟通存在,仍然无法确保它们是可信的。在非合作博弈中,与具体情形有关的方方面面都必须明白无误地模型化在博弈规则中。所以,在非合作博弈中即便有合作出现,它也是以自利为前提的,且在规则中有着明确约定。

当然,不能据此否认在非合作博弈中有合作行为出现。事实上,非合作博弈论中的重要工作之一就是:设计科学合理的激励机制,促使内生的合作在一定条件下实现。

(2) 合作博弈假定参与者之间的协议是有完全约束力并且能够实施的,即合作是外生的。从本质上讲,合作博弈理论研究的是如何在参与者之间达成一种有约束力的协议,以便形成一个无冲突、无背叛的合作联盟(抑或说串谋)。不过,从某种意义上讲,合作博弈可视为非合作博弈的一种特例,即串谋和约束过程可以从外部植入博弈规则(或博弈的要素)中的情况。

1.4.6 根据信息结构分类

1.2.2节已经对博弈的信息结构做了介绍,顺便提及了依照信息结构所进行的博弈分类。而本书也正是将信息结构与行动次序相结合来组织章节内容的。具体而言,本书将依照完全信息静态博弈、完全信息动态博弈、完全但不完美信息博弈、不完全信息静态博弈和不完全信息动态博弈来讲述非合作博弈知识,并在其后介绍了博弈论中相对独立

的四部分内容：机制设计、重复博弈、演化博弈与合作博弈。

博弈论的早期研究主要集中在如何从数学形式上解决诸如均衡解的定义等基础问题上,其应用也大多集中在政治、军事以及博彩等领域。直到 20 世纪 70 年代中期以后研究者才开始转而强调参与者的理性以及与理性相关的知识结构。特别是在讨论了个人的效用函数之后,他们发现信息是一个非常重要的问题。逐步地,信息问题成为研究者关注的焦点。当然,在此之前,一些奠基性成果已经出现,只是还未得到广泛关注。同时,一个参与者是否具有足够的理性及在这种理性下他都知道哪些信息,再到这些信息如何体现在博弈模型中,这些问题都将深刻影响参与者的行为以及对这些行为的分析。例如,在研究个人行为时,个人决策有一个时间顺序,意即当一个人作出某项决策时必须对其之前或之后的决策有所了解(哪怕只是猜想或主观感知)。毕竟,他的决策受之前行动的影响,也将影响后续的行动。因此,时序问题以及何为共同知识就变得非常重要。博弈论发展到这一阶段正好为这两方面的问题(时序和信息)提供了有力的分析工具。



思考与练习

“三门问题”亦称为“蒙提·霍尔(Monty Hall)问题”,出自美国的电视游戏节目 *Let's Make a Deal*。参赛者会看见三扇关闭了的门,其中一扇的后面有一辆汽车。选中这扇门可赢得一辆汽车,另外两扇门后面则各藏有一只山羊。当参赛者选定一扇门但尚未开启的时候,节目主持人打开剩下两扇门的其中一扇,露出其中一只山羊。注意,主持人清楚地知道哪扇门后是羊。主持人其后会问参赛者要不要改选另一扇仍然关着的门。问题是:换另一扇门能否提高参赛者赢得汽车的概率?答案是会。你能利用单人博弈模型给出简单的分析吗?

1.5 博弈论简史

博弈论是一门非常年轻并且充满活力的学科。纵观博弈论的发展进程及研究对象,由静态博弈到动态博弈,由完全信息博弈到不完全信息博弈,由简单博弈到复杂博弈,正是一个不断开枝散叶、蓬勃发展的过程。

1.5.1 博弈论的早期形成

尽管博弈论的朴素思想可以追溯到人类的古代文明,但是近现代科学意义上的博弈历史却并没有那么远,普遍认为其起源于 19 世纪 40 年代,成立于 20 世纪 40 年代,距今也不过七八十年的历史。

1838 年,安东尼·A. 古诺(Antoine A. Cournot)提出了关于行业寡头之间通过产量决策进行竞争的模型(即耳熟能详的古诺模型),可看作博弈论早期研究的起点。1883 年,约瑟夫·伯川德(Joseph Bertrand)提出了通过价格进行博弈的寡头竞争模型(即伯川德模型),与古诺模型有异曲同工之妙。当然,弗朗西斯·埃奇沃思(Francis Edgeworth)在 1881 年提出的“合同曲线”也是博弈论发展的思想源泉,与合作博弈理论中的“核”这一重要概念相吻合。但是,它们只能算作早期的零星研究,其贡献主要在于发

展了经济学,而并非试图创建一个新学科或新理论。

直到20世纪初,博弈研究才在理论上有了较大进步。厄恩斯特·弗里德里希·F.策墨罗(Ernst Friedrich F. Zermelo)在1913年得出了关于象棋博弈的定理,并提出了“逆向归纳法”——它是对动态博弈进行分析时的一个基本工具。而在1921年,埃米尔·波雷尔(Emile Borel)通过研究象棋对混合策略(mixed strategy)作出了现代表述,进而给出了两人有限博弈的极小极大解。紧接着,冯·诺依曼于1928年给出了扩展型博弈的定义,并证明了有限策略二人零和博弈具有确定性结果。这在博弈论的发展中意义重大,相当于宣告了这条道路可行。而真正意义上博弈论作为新学科的奠基,始于冯·诺依曼与摩根斯坦在其后出版的专著。

冯·诺依曼和摩根斯坦于1944年合著的《博弈论与经济行为》,标志着博弈论作为一门独立学科的诞生。该巨著汇集了当时博弈论的研究成果,将其框架首次完整而清晰地表述出来,使其作为一门学科获得了应有的地位。在书中,作者引入通用博弈理论的思想,提出大部分经济问题都应作为博弈来分析的观点。具体而言,该书介绍了博弈的标准式和扩展式,定义了最小最大解,并证明了这个解在所有二人零和博弈中存在。同时,该书也对合作博弈做了探讨,开辟了一些新的研究领域。在这部著作中,作者使用了包括集合论、线性集合、逻辑学和群论等一些重要概念来阐述博弈的相关概念和结论。严密的数学演绎虽然看似艰涩抽象,却为博弈论的稳健发展提供了坚实柱梁。

接下来博弈论研究有了长足进步,在20世纪50年代进入成长期,并在60年代步入成熟期。合作博弈与非合作博弈几乎同时发展,各有千秋。同时,后来所形成的其他博弈论分支也基本在此时发端。在这一期间,博弈论不但产生了广泛而深远的学理影响,还直接促进了诸多实践议题的突破与解决。

第一条主线是非合作博弈的研究。纳什在1950年和1951年发表了两篇非合作博弈的重要论文,明确提出了后来在博弈论中最重要的概念——“纳什均衡(Nash equilibrium)”。纳什均衡要求每个参与者的策略是对他所预测的对手策略的最优反应,并且使每个参与者的预测都是正确的。“纳什均衡”这一概念,奠定了非合作博弈蓬勃发展的基础。同时,它也是古诺和伯川德所研究的特定模型均衡的一个自然推广,是大多经济问题分析的起点。1950年,美国数学家艾伯特·塔克(Albert Tucker)与人合作建立了“囚徒困境”模型,对博弈问题进行了形象化的处理和表述,使其被广为接受。

即便有了现在看来的关键性突破,彼时的博弈论研究依然是少数学者关注的领域。在1956年耶路撒冷举行第一届国际博弈论会议时,与会者仍然少得可怜——直到20世纪60年代一些重大进展出现。

1965年,莱茵哈德·泽尔腾(Reinhard Selten)引入“子博弈完美纳什均衡”(subgame-perfect Nash equilibrium)的概念。在动态博弈中,局中人可能在博弈过程中相机抉择,改变均衡策略设定,从而使得均衡策略存在可信性问题。泽尔腾最先论证了某些纳什均衡比其他纳什均衡更加合理,这些均衡就是子博弈完美纳什均衡。它要求均衡策略在每个信息集上都是对于对手策略的最佳反应,这样就避免了局中人利用非最优策略来实施“空洞威胁”或“信口承诺”。子博弈完美纳什均衡是纳什均衡在完全信息动态博弈中的精炼与推广。

尽管如此,仍有广袤的空间等待着研究者去探索。例如,决策缺乏足够信息的情况比比

皆是。由于缺乏处理不完全信息的一般性手段,博弈论的早期研究相对迟缓,批评声不断。直到1967年、1968年,约翰·海萨尼(John Harsanyi)提出一种转换方法来模型化不完全信息博弈,这种局面才得以改善。这种方法也被称作海萨尼转换(Harsanyi transformation),它将无从分析的不完全信息转化为可利用贝叶斯方法来分析的完全但不完美信息。这种转换带来了贝叶斯理论的广泛使用,因而也使得贝叶斯纳什均衡(Bayesian Nash equilibrium)具有非常强的解释力。从此,博弈论也成为研究信息问题的重要手段,促进了信息经济学的发展。

第二条主线是对博弈中合作行为的研究。1953年,唐纳德·吉利斯(Donald Gillies)提出了合作博弈中核的概念,后经罗伊德·夏普利(Lloyd Shapley)和马丁·舒贝克(Martin Shubik)发展成为合作博弈解的概念。同样在1953年,夏普利运用公理化方法建立了夏普利值(Shapley value)。夏普利值强调所得与贡献对等,是合作博弈中关于利益分配的一个重要概念。此后,罗伯特·奥曼(Robert Aumann)考察了许多具体的合作行为,分析了更特殊的合作行为的解(核),并于1959年定义了“强均衡”的概念,即没有任何行为人群体可以通过单方面改变他们的决策来获益的情形。1964年奥曼和迈克尔·梅斯勒(Michael Maschler)引入合作博弈的谈判集,1965年莫顿·戴维斯(Morton Davis)和梅斯勒建立了核,1969年大卫·施梅德勒(David Schmeidler)建立了核仁。

除了常识性的基本概念得到了系统性的阐述,博弈论的应用领域也在拓宽。在20世纪50年代后期的核武器军备竞赛背景下,托马斯·谢林(Thomas Schelling)在其《冲突的策略》(1960)一书中,提出了将博弈论作为社会科学研究统一框架的观点,并对讨价还价和冲突管理做了详尽分析。他把注意力从零和博弈上转移开来,强调这样一个事实:几乎所有的多人决策问题都是冲突和共同利益的混合体,而两种利害关系之间的相互作用可以通过非合作博弈理论进行分析。他的研究成果是把博弈论带入社会科学的里程碑。

此间同时发端的还有博弈论中两个重要的分支:微分博弈和演化博弈。

(1) 微分博弈理论是求解协调控制问题的崭新思路,它的提出最初是出于军事需要。20世纪50年代,美国空军开展军事对抗中双方追逃问题的研究,发现采用既有的博弈理论难以奏效。因而从1951年开始,以美国数学家鲁弗斯·伊萨克(Rufus Isaacs)为首的研究小组,将现代控制论中的一些模式引入博弈论,终于取得了突破性的进展,并开创了新的对策论研究领域——微分对策。1965年伊萨克发表的《微分博弈》是一部经典之作,它与理查德·贝尔曼(Richard Bellman)1957年发表的《动态规划》、列夫·庞德里亚金(Lev Pontryagin)1962年发表的《最优过程的数学理论》共同奠定了确定性微分博弈的理论基础。1964年伯克维奇(Berkovitz)将变分法应用于微分博弈,莱特曼(Leitmann)等1967年研究了微分博弈的几何问题,1966年,庞德里亚金提出运用极大值原理解决微分博弈问题。这些进展极大地促进了确定性微分博弈的应用。1969年,弗莱明(Fleming)求得了随机控制的解法,使得分析随机微分博弈成为可能。

(2) 演化博弈理论另辟蹊径,不再将人模型化为超级理性的博弈方,而认为人类通常是通过试错的方法达到博弈均衡的,与生物进化原理具有共性。1950年,阿曼·阿尔钦(Armen Alchian)建议在经济分析中用“自然选择”的概念代替“利润最大化”,认为适度

的竞争可以作为决定各种制度形式存在的动态选择机制。在这种选择机制下,即使不把行为主体看作是理性的,来自社会的演化压力也将促使每个行为主体采取最适合自身生存的行动,从而达到一种均衡。阿尔钦的这种演化观不仅为新制度经济学研究制度的选择提供了一个思路,还为演化博弈论(Evolutionary Game Theory)的发展提供了思路。纳什1950年的“群体行为解释”,则被认为是包含较完整的演化博弈思想的最早理论成果。纳什主张不需要假设参加者有关于总体博弈结构的充分知识,也不要求参加者有进行任何复杂推理的愿望和能力,只需假定参加者能够积累关于各种纯策略被采用时的相对优势的实证信息,纳什均衡仍可达到。此后这方面研究几乎沉寂,直至20世纪70年代演化博弈才有重要的进展。

自1944年《博弈论与经济行为》问世,再经过20世纪五六十年代的积累,博弈论作为一门学科已然形成了完整的体系。一系列兼具一致预测性和普遍适用性的基本概念得以系统阐述,而诸如不完全信息与非转移效用联盟博弈这样的扩充使理论变得更具广泛应用性。更重要的是,博弈论与数理经济及经济理论之间建立了扎实的关系。博弈论的快速发展和早期两大主要阵营——兰德公司和普林斯顿大学对人才的积极吸纳分不开。至20世纪70年代,博弈论的研究阵营逐渐壮大,1972年第四届国际博弈论会议的参加者已有近百人之多。

1.5.2 博弈论的成长壮大

20世纪七八十年代是博弈论的成长壮大期。经济研究中的绝大多数应用模型都是在20世纪70年代中期后发展起来的。从20世纪80年代开始,博弈论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。各种权威经济学期刊均以不断增长的篇幅刊载博弈论的研究论文;重要的博弈论研究中心也开始在美国、德国、法国、荷兰、日本、英国、印度等国家建立起来。这段时期内,博弈论在所有研究领域都取得了重大突破,同时它也开始对其他学科的研究提供思想源泉和分析工具。在理论上,博弈论从基本概念到理论推演均形成了一个完整且内容丰富的体系。在应用上,政治与经济模型有了深入研究,非合作博弈理论应用到大批特殊的经济模型。同时,博弈论也应用到生物学、计算机科学、道德哲学等领域,诸如混合策略这样的概念得到了重新解释。

1972年,*International Journal of Game Theory*创刊,其他一些博弈理论刊物也相继出现。1973年,海萨尼提出了关于“混合策略”的不完全信息解释,以及“严格纳什均衡”的概念。同年,迈克尔·斯宾塞(Michael Spence)提出了信号博弈,该博弈模型目前已成为信息不对称(information asymmetry)研究的一个重要部分。他在研究中不仅开创了广泛运用扩展式博弈描述经济问题的先河,而且较早地给出了完美贝叶斯均衡(perfect Bayesian equilibrium)等概念。

1975年,泽尔腾借用策略式博弈提出了颤抖手均衡(trembling hand equilibrium)的概念。颤抖手均衡是对纳什均衡的提炼,在均衡提炼中占据重要地位,并开启了一种全新的思路。同时,它也是一种很强的提炼均衡,因此又简称完美均衡。其基本思想是:在任何一个博弈中,每一个局中人均有可能犯错误,但是微小的错误不会改变参与者对某些均衡的预测,这如同双手颤抖的老人与人握手时的情形。如此一来,局中人在选择策略时就

要考虑到其他局中人犯错误的可能性,由此定义了更加合理的均衡。

及至 20 世纪 80 年代,用于消除动态不完全信息中“空头威胁”或“信口承诺”的多个精炼均衡概念已经相继建立。除了上述的颤抖手均衡,序贯均衡(sequential equilibrium)也于 1982 年提出并发展成为博弈中基本的均衡概念。序贯均衡是非完全信息动态博弈中的核心概念,是对完美贝叶斯均衡的再精炼,也是信息经济学的分析基础;而完美贝叶斯均衡则可理解为贝叶斯纳什均衡和子博弈完美纳什均衡的综合。

这一时期博弈论领域涌现了一批有重要影响的研究者,例如戴维·克雷普斯(David Kreps)、保罗·米尔格罗姆(Paul Milgrom)、罗伯特·威尔逊(Robert Wilson)、乔治·阿克洛夫(George Akerlof)、斯宾塞和约瑟夫·斯蒂格利茨(Joseph Stiglitz)等。这些人对于不完全信息博弈中的机制设计(mechanism designing)和信息不对称的研究,奠定了相当长时期内博弈论研究和应用的格局。

此外,1976 年奥曼对“共同知识”的讨论也引发了关注。奥曼通过研究建立了交互认识论,从而形成了现有对模型设置的知识(如收益、行动顺序等)和对理性的共同知识。同时,交互认识论也在经济模型和计算科学等许多领域得到了广泛应用,比如用于分析多重处理器网络的分布环境等。

在合作博弈方面,1974 年吉尔莫·欧文(Guillermo Owen)提出欧文值,基于具有联盟结构的合作博弈的夏普利值进行了扩展。1977 年罗杰·梅尔森(Roger Myerson)提出梅尔森值,假设只有直接或间接相关参与者形成的联盟才能实现合作,由此得出参与者之间连通的情境下合作博弈的夏普利值。虽然连通并不一定会影响合作,但会影响联盟产生价值后的分配。梅尔森值是参与者连通的情境下合作博弈最著名的分配规则之一,具有分支有效性和分支公平性,其增加的有效分配启发了一系列学者进行后续研究。

在微分博弈方面,美国数学家艾夫纳·弗里德曼(Avner Friedman)于 1971 年确立了微分博弈的理论基础,使微分博弈渐趋系统和完善。他采用离散近似序列方法建立微分博弈值与鞍点存在性理论,这给微分博弈奠定了坚实的数学理论基础。作为一种有效的方法,微分博弈被广泛应用于分析对抗问题,尤其在军事对抗领域。今天,微分博弈的应用已经深入社会、经济、生活等各个领域的方方面面,比如生产与投资、劳资与谈判、招标与投标等。

在 20 世纪 70 年代博弈论发展的重要事件中,还应当提及“演化博弈论”。尽管在早期的研究中也涉及演化思想,但是演化博弈理论在各个不同的领域得到极大的发展应归功于约翰·梅纳德·史密斯(John Maynard Smith)与乔治·普瑞斯(George Price),他们提出了演化博弈理论中的基本概念——演化稳定策略(evolutionarily stable strategy, ESS)。史密斯和普瑞斯的工作把人们的注意力从博弈论的理性陷阱中解脱出来,从另一个角度为博弈理论的研究寻找到可能的突破口。自此以后,演化博弈论迅速发展起来。生态学家彼得·泰勒(Peter Taylor)和利欧·琼克(Leo Jonker)在 1978 年考察生态演化现象时首次提出了演化博弈理论的基本动态概念——复制者动态(replicator dynamics),这是演化博弈理论的又一次突破性发展。演化稳定策略与复制者动态共同构成了演化博弈理论最核心的一对基本概念,它们分别表征演化博弈的稳定状态和向这种稳定状态的动态收敛过程,演化稳定策略概念的拓展和动态化构成了演化博弈论发展的主要内容。

1.5.3 博弈论的逐渐成熟

1994年,纳什、泽尔腾和海萨尼三位博弈论学者荣获诺贝尔经济学奖,为博弈论树起了一块不朽的科学丰碑。此后,博弈论的研究和应用受到世界各国的重视,并在几十年之内数次斩获诺贝尔经济学奖。与此同时,随着信息技术的发展,数值计算、数据分析与计算机模拟已经不再是博弈论发展的障碍,反而成为深化博弈论研究的极大助力。至此,博弈论不断开枝散叶,要对每年发表的数以千计的博弈论相关文献进行了解已不是件容易的事。

20世纪90年代之后,博弈论的研究体系已经变得枝繁叶茂,平铺直叙无法完整、精确地描述出博弈论发展的历史。因此,我们只是摘录硕果、管窥一斑。表1-3中列出了与博弈论相关的诺贝尔经济学奖获得者的工作,同时也将作为接下来叙述的主线。

表 1-3 诺贝尔经济学奖获得者及其所做的贡献

获奖年份	获得者	主要贡献	获奖时所在机构	所属领域
1994	海萨尼	这三位数学家在非合作博弈的均衡分析理论方面作出了开创性的贡献,对博弈论和经济学产生了重大影响	美国加利福尼亚大学	博弈论
	纳什		美国普林斯顿大学	
	泽尔腾		德国波恩大学	
1996	詹姆斯·莫里斯(James Mirrlees)	前者在信息经济学理论领域作出了重大贡献,尤其是不对称信息条件下的经济激励理论;后者在信息经济学、激励理论、博弈论等方面都作出了重大贡献	英国剑桥大学	信息经济学
	威廉·维克瑞(William Vickrey)		美国哥伦比亚大学	
2001	阿克洛夫	在不对称信息条件下的市场运行机制方面的奠基性贡献。三人的理论构成了现代信息经济学的核心,改变了经济学家对市场功能的看法,其分析方法被广泛应用于解释许多社会经济体制中存在的问题	美国加利福尼亚大学	信息经济学
	斯宾塞		美国斯坦福大学	
	斯蒂格利茨		美国哥伦比亚大学	
2005	奥曼	通过博弈论分析促进了对冲突与合作的理解。二人进一步发展了非合作博弈理论,并开始涉及社会学领域的主要问题。前者从数学的角度、后者从经济学的角度,都发现社会交互作用可以利用非合作博弈理论来进行深入分析	以色列希伯来大学	博弈论
	谢林		美国马里兰大学	
2007	里奥尼德·赫维茨(Leonid Hurwicz)	为机制设计理论奠定了基础。赫维茨开创性地提出了机制设计理论的主要思想及框架,马斯金和梅尔森对其理论发展和实践应用作出了重大贡献	美国明尼苏达大学	微观经济学
	埃里克·马斯金(Eric Maskin)		美国普林斯顿高等研究院	
	梅尔森		美国芝加哥大学	

续表

获奖年份	获得者	主要贡献	获奖时所在机构	所属领域
2012	夏普利	创建“稳定匹配”的理论,并进行“市场设计”的实践。解决了价格机制无法发挥作用时应如何匹配资源的问题,并设计出优化资源配置的匹配算法	美国加利福尼亚大学	博弈论
	埃 尔 文 · 罗 斯 (Alvin Roth)		美国哈佛大学	
2014	让 · 梯 若 尔 (Jean Tirole)	对市场力量和监管研究作出了贡献。梯若尔在当代经济学三个最前沿的研究领域——博弈论、产业组织理论和激励理论均作出开创性的贡献,特别是在垄断和阻碍市场进入方面的研究	法国图卢兹经济学院	规 制 经 济 学
2016	奥 利 弗 · 哈 特 (Oliver Hart)	在契约理论方面作出重大贡献。他们的理论构建了多个经济主体之间如何最优化合作安排的博弈论框架,使许多政策和制度的制定得以完善	美国哈佛大学	微 观 经 济 学
	本特·霍尔姆斯特伦 (Bengt Holmstrom)		美国麻省理工学院	
2020	保罗·米尔格罗姆 (Paul Milgrom)	对拍卖理论的改进和对新拍卖形式的发明。他们研究了拍卖是如何运作的,为难以用传统方式销售的商品和服务设计了新的拍卖形式,比如通信频谱拍卖机制等	美 国 斯 坦 福 大学	经 济 学
	罗 伯 特 · 威 尔 逊 (Robert Wilson)			

纵观诺贝尔经济学奖的历史,自1994年博弈论首次摘得桂冠,截至2020年,共有九届诺贝尔经济学奖与博弈论的研究相关。1994年,由于在非合作博弈研究方面的卓越成就,纳什、海萨尼、泽尔腾三人获得诺贝尔奖。1996年,莫里斯和维克瑞凭借他们在不对称信息条件下的激励理论方面的奠基性贡献获得诺贝尔奖。2001年,阿克洛夫(商品市场)、斯宾塞(劳动力市场)、斯蒂格利茨(保险市场)分别在不对称信息条件下的市场运行机制方面作出开创性贡献,三人的理论构成了现代信息经济学的核心,因此获得诺贝尔奖。2005年,奥曼和谢林因博弈论之于冲突与合作的研究获得诺贝尔奖。2007年,赫维茨、马斯金、梅尔森三人因创立与发展机制设计理论获得诺贝尔奖。2012年,夏普利和罗斯因为其在稳定匹配理论(stable matching theory)和与之相关的市场设计方面所取得的成果而获得诺贝尔奖。2014年,梯若尔独享诺贝尔经济学奖,因其在产业组织理论领域的研究,特别是针对寡头市场中的市场力量和监管问题的分析。2016年,哈特和霍尔姆斯特伦由于对于契约理论的研究贡献共享诺贝尔奖,他们的理论构建了多个经济主体之间如何最优化合作安排的博弈论框架。2020年,米尔格罗姆和威尔逊因其对拍卖理论的改进和对新拍卖形式的发明获得诺贝尔奖。更多详细内容可参阅相关资料。

博弈论为何屡获诺奖垂青?这源于博弈论的研究总能以独树一帜的经济学视角,精准地切入紧贴现实的研究课题。作为微观经济学领域近几十年发展最为迅速的学科,博弈论已经彻底重写了诸多经济领域,如市场竞争、产业组织理论、契约理论、拍卖

设计等,甚至为战争冲突、选举制度、全球变暖等重大社会议题提供了解决路径。荣誉加身的博弈论足以成为整个经济学领域皇冠上的明珠。现代经济学奠基者保罗·萨缪尔森(Paul Samuelson)在他的经典教科书中曾引用过谚语:“你可以使鸚鵡成为训练有素的经济学家,所有必须学的只是两个词:供给和需求”——现在它们或许可换成“博弈”和“均衡”。

博弈论为整个社会科学的研究提供了统一的研究范式:聚焦于微观层面系统变量之间的作用机制,更关注经济演变的过程而不是结果。其既有严格的数学模型,也有缜密的逻辑推演。正因如此,凡是能够凭借策略决一胜负的现象都可以利用博弈论的框架进行分析——无论是日常生活中的棋牌游戏和体育竞技,还是经济运行中的贸易往来和生产管理,甚至国家之间的外交谈判和战争冲突。博弈论已经成为我们研究世界的一种工具,目前已经深入经济学、政治学、社会学和军事及人工智能等各个领域。

历经百年,博弈论不再局限于一门学科、一套理论,已经成为一种思想。今时今日,萨缪尔森为我们指明道路,“要想在现代社会做一个有文化的人,你必须对博弈论有一个大致的了解”。继往开来,博弈论仍会基于彪炳史册的研究成果不断更新迭代。说不定你此时学习的理论,就会在不远的将来获得诺贝尔奖,届时你也将作为一个亲历者为之欢呼。



扩展阅读:《2020年诺贝尔经济学奖,博弈论又一次胜利?》节选

2020年10月12日,瑞典皇家科学院常任秘书戈兰·汉森(Göran Hansson)宣布,将2020年度诺贝尔经济学奖授予美国的米尔格罗姆和威尔逊,以表彰他们在“对拍卖理论的改进和对新拍卖形式的发明”方面作出的突出贡献,两位获奖者将分享1000万瑞典克朗奖金(约合760万元人民币)。

评审委员会指出,两位学者的研究与实践“使世界各地的卖方、买方和纳税人都受益”。他们为难以用传统方式出售的商品和服务开发了拍卖形式,如无线电频率、捕鱼配额、机场降落位、碳排放额度或特定地区的矿物数量等。

经济学家发现在社会经济生活的拍卖实践中,往往会出现竞拍人赢得拍卖后觉得不值的现象。拍卖理论中将这一现象称为“赢家诅咒”。

米尔格罗姆和威尔逊不仅致力于基本拍卖理论,还发明了新的更好的拍卖形式,以应对现有拍卖形式无法使用的复杂情况。他们最著名的贡献是设计了美国当局首次向电信运营商出售无线电频率的拍卖。

1993年,美国总统签署法令,授权联邦电信委员会对无线电频段许可证进行拍卖,并要求在一年之内进行第一次公开拍卖会。频段同时具有私有价值属性和共同价值属性。米尔格罗姆和威尔逊(部分与普雷斯頓·麦卡菲合作)发明了一种全新的拍卖形式——同步多轮拍卖(SMRA),一次拍卖同时提供所有物品(不同地理区域的无线电频段),以低价开始,允许反复出价,从而降低了不确定性并减少了“赢家诅咒”所带来的问题。

评审委员会表示,新的拍卖模式是一个很好的例子,说明了基础研究如何能够随后产生造福社会的发明。这个例子的不同寻常之处在于,是同一群人发展了理论和实际应用。因此,获奖者对拍卖的开创性研究给买卖双方和整个社会都带来了巨大的

利益。

……就我们对人类理性的信念而言,人人都是经济学家。我不是说我们每个人都能凭直觉创造出复杂的博弈论模型或懂得一般显示性偏好公理,而是说我们对人类本性的基本信念与经济学的立论基础是相同的。

资料来源:李光斗:2020年诺贝尔经济学奖,博弈论又一次胜利?[EB/OL].(2020-10-15).https://www.sohu.com/a/424843477_116237.

1.5.4 博弈论在中国

中国博弈论的研究起步于20世纪50年代吴文俊院士的工作,二人零和博弈的极大极小定理是吴文俊理解博弈论的切入点,也是他研究的出发点。1959年初,吴文俊发表了他个人博弈论研究生涯也是中国博弈论研究历史上的第一篇论文。吴文俊很早就意识到纳什在20世纪50年代从事的非合作博弈研究的重要性,在此基础上发表了两篇有关非合作博弈的论文。尼古拉·沃比约夫(Nicola Vobiyov)教授是苏联博弈论的奠基人,他对于中国博弈论的诞生和成长也曾作出重要贡献,20世纪50年代他应中国科学院的邀请来华讲授博弈论,受到周恩来总理的亲切接见,帮助中国培养了第一代博弈论领域的研究生。

20世纪60年代初到70年代末,由于政治原因,中国博弈论的研究处于停滞状态。而这恰好是国际博弈论迅速发展的关键时期,非合作均衡理论体系逐渐完善,并在经济学中发挥了至关重要的作用,合作博弈理论体系迅速形成。

20世纪八九十年代,中国博弈论的研究进入复苏阶段,不过有关论著并不丰富,张维迎的《博弈论与信息经济学》对于博弈论在中国的经济、金融和管理科学领域的应用产生了重要而积极的影响。

21世纪的前十年,中国的博弈论研究领域呈现出繁荣景象,陆续出现了适应不同层面需求的论著。例如,俞建的《博弈论与非线性分析》,高红伟和彼得罗相的《动态合作博弈》等。2004年国际动态博弈学会中国分会成立,2005年中国运筹学会对策论专业委员会成立。在国际上,开始有中国学者担任国际动态博弈学会执行理事等重要职位。学术交流日趋活跃,在国内外特别是周边国家和地区的影响力逐渐显现,本领域的海外华人学者对于国内举办的学术交流活动的支持和响应程度逐渐增强。2002年,“国际数学家大会‘对策论及其应用’卫星会议”在青岛大学召开,纳什、泽尔腾、奥曼以及夏普利等四位诺贝尔经济学奖得主同时出席会议。2004年至2023年,中国运筹学会对策论专业委员会(2017年后更名为中国运筹学会博弈论分会)已相继成功主持举办十届学术年会“中国博弈论及其应用国际学术会议”。此外,2006年对外经济贸易大学承办了“第三届泛太平洋博弈论大会”。2009年6月,中国数量经济学术博弈论与实验经济学专业委员会(对外联系名称:全国博弈论与实验经济学研究会)正式注册登记并于2012年起形成全国博弈论与实验经济学研究会学术年会机制,同年11月3日召开由北京信息科技大学承办的首届年会。为了推动全国博弈论与实验经济学发展,2013年至2023年,“全国博弈论与实验经济学研究会学术年会”分别在重庆理工大学、华南师范大学、东北财经大学、暨南大学、陕西师范大学和西北大学等高校成功举办。2017年3月18日至20日,中国发展高层论

坛经济峰会在北京举行,马斯金、斯宾塞、斯蒂格利茨、阿马蒂亚·森(Amartya Sen)、埃德蒙·费尔普斯(Edmund Phelps)、克里斯托弗·皮萨里得斯(Christopher Pissarides)六位诺贝尔经济学奖得主出席会议并发言。2022年6月10日至12日,西安财经大学和中国运筹学会博弈论分会于西安财经大学联合举办“博弈论及其应用高端论坛”。

在未来的一段时间内,博弈论学科将在进一步完善基础理论体系的基础上,在应用层面取得多样性、实质性的进展;博弈论与其他学科的交叉融合将产生新的研究分支,如博弈论与心理学、管理学、金融学、社会学等学科的交叉融合;同时,有限理性、行为假设以及在此基础上所进行的仿真与实验研究,也是未来发展的重要部分。从有限理性假设、行为视角以及复杂性科学出发,并与其他学科有机结合,运用实验研究、现代仿真技术等手段与方法,研究行为主体之间的交互作用、交互影响的特征和机理、合作的演化及其规律,将成为博弈科学研究的重要发展趋势。

习 题

1. 什么是博弈论? 博弈论的主要研究内容是什么?
2. 博弈模型中有哪些要素?
3. 博弈问题有哪些分类方法? 博弈理论有哪些结构?
4. 博弈与游戏有什么关系?
5. 博弈论的发展前景如何?

6. 中国北方航空有限公司和中国新华航空有限责任公司分享了从北京到南方冬天度假胜地的市场。如果它们合作,各获得50万元的垄断利润,但不受限制的竞争会使每一方的利润降至6万元。如果一方在价格决策方面选择合作而另一方却选择降低价格,则合作的厂商获利将为零,竞争厂商将获利90万元。将这一市场用标准式博弈加以表示。

7. 一天早晨,黑先生、灰先生和白先生决定,通过用手枪进行三人决斗直到只剩一个人活着为止来解决他们之间的冲突。黑先生枪法最差,平均3次中只有1次击中目标;灰先生稍好一些,平均3次中有2次击中目标;白先生枪法最好,每次都能击中目标。为了使决斗比较公平,他们让黑先生第一个开枪,然后是灰先生(如果他还活着),再接着是白先生(如果他还活着)。问题是:黑先生应该首先向什么目标开枪?

8. 举一个你在现实生活中遇到的囚徒困境的例子。

9. 一个工人给一个老板干活,工资标准是100元。工人可以选择是否偷懒,老板则可以选择是否克扣工资。假设工人偷懒有相当于50元的负效用,老板想克扣工资则总有借口扣掉60元工资,工人不偷懒老板有150元产出,而工人偷懒时老板只有80元产出,但老板在支付工资之前无法知道实际产出,这些情况是双方都知道的。请问:

(1) 如果老板完全能够看出工人是否偷懒,博弈属于哪种类型? 用得益矩阵或扩展型表示该博弈并做简单分析。

(2) 如果老板无法看出工人是否偷懒,博弈属于哪种类型? 用得益矩阵或扩展型表示并简单分析。

10. 博弈论的历史应该从什么时候算起？为什么？

—— 即测即练 ——

