

第三章：计算社会学理论——博弈论

Game Theory

主 讲：郭斌 副教授

单 位：西北工业大学计算机学院 陕西省嵌入式系统技术重点实验室

电 话：18729229010

办 公 室：计算机学院512B房间

电子邮箱：guobin.keio@gmail.com

个人主页：<http://www.ayu.ics.keio.ac.jp/~bingo/>

课程主页：<http://www.ayu.ics.keio.ac.jp/~bingo/course.html>

博弈论

- 本课程强调复杂系统中的“连通性”
 - 社会连接层次——图论
 - 行为相互影响——博弈论
- 博弈论是应用数学的一个分支，目前在经济学、计算机科学、国际关系、政治学、军事战略和其他很多学科都有广泛的应用
 - **冯·诺依曼**：博弈论和电子计算机奠基人；《博弈论与经济行为》
 - 典型应用：P2P中激励机制

本章学习要点

- 博弈论基本概念
 - 参与人，策略，收益（收益矩阵）
 - 最佳应对，占优策略
 - 纳什均衡
 - 混合策略，混合策略均衡
 - 帕累托最优，社会最优
- 几种典型博弈的类型
- 体会“情景→博弈→求解”计算思维

博弈论

- 人们的决策结果**不仅**取决于他们如何在不同备选项之间选择；
- 还取决于**与他们互动的其他人**所做出的选择。
- 例子：
 - Google推出谷歌眼镜，如微软也想推出类似产品，如何定价（价格、市场占有率）？
 - Internet或交通网中从A到B有多条路径，如何选择（拥堵情况、距离）？
 - Lenovo从Google手中收购摩托罗拉的报价？
 - 滴滴打车和快的打车补贴PK？

博弈—从一个例子开始

“复习考试”还是“准备报告”？

假设在截止日期前一天，你有两件要做的事情：一是复习（为了参加考试），二是准备（给一个报告）。你只能选择做一项。

- 考试成绩可以预计
 - 如果复习，则考试成绩92分，没复习，则80分
- 报告需要你和你拍档合作完成
 - 如果你和拍档都准备报告，则每人都是100分
 - 如果只有一人准备报告，则每人都是92分
 - 如果两人都没准备报告，则每人都是84分
- 那么你应该选择做什么呢？（假设你和拍档各自独立考虑这个问题）

例子：“考试-报告”博弈

- 设你们都追求平均成绩的最大化：
 - 你和搭档都准备报告，则平均成绩均为 $(80+100)/2 = 90$ 分
 - 你和搭档都准备考试，则平均成绩均为： $(92+84)/2 = 88$ 分
- 考试成绩可以预期：
 - 如果复习，则考试成绩92分
 - 如果没复习，则考试成绩80分
- 报告是你和你的拍档合作完成的：
 - 如果你和拍档都准备报告，则每人100分
 - 如果只有一人准备报告，则每人92分
 - 如果两人都没准备报告，则每人84分
- ▶ 若一方复习考试，另一方准备报告：
 - ▶ 准备报告一方的得： $(80+92)/2 = 86$ 分
 - ▶ 复习的一方得： $(92 + 92)/2 = 92$ 分

收益矩阵（表达收益的一种直观方式）

		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	90, 90	86, 92
	复习考试	92, 86	88, 88

- 其中第一个数字是“你”的收益，第二个是“拍档”的收益（也称“回报”，payoff）

博弈的基本要素

- 一般情况下，博弈具有三个要素：
 - (1) **参与者**（至少两个）；
 - (2) **策略集**：每个参与者都有一组关于如何行为的备选项，此处备选项指参与者的可能策略。
 - (3) **收益**（回报）：每个策略行为的选择，都会使参与人得到一个收益。
 - 这个收益结果还受互动中他人策略选择的**影响**
 - 同一组策略，不同参与人的收益可能**不同**

博弈行为推理的几点基本假设

- 每个参与人对博弈结构（**收益矩阵**）有充分了解
- 参与人都是**理性的**（rational）
 - 追求自己的收益最大化（尽量大）
 - 也知道其他参与人也是如此
- 决策的**独立性**
 - 不商量

“考试-报告” 博弈中的行为推理

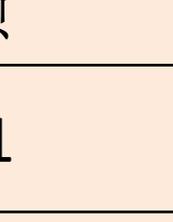
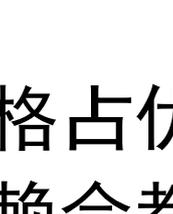
		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	90, 90	86, 92
	复习考试	92, 86	88, 88

- **严格占优策略** (strictly dominant strategy) : 对于一个参与人 (A) 来说, 若存在一个策略, 无论另一个参与人 (B) 选择何种行为策略, 该策略都是最佳选择, 则这个策略就称为是A的严格占优策略。
- 这个例子中, “**复习考试**” 对双方都是严格占优策略。

“囚徒困境”

- 假设有两个疑犯被警察抓住。并且被分开关押在不同的囚室。警察强烈怀疑他们和一场抢劫案有关。但是，没有充足的证据。然而，他们都拒捕的事实也是可判刑的。
- 两个疑犯都被告知以下结果：
 - “如果你坦白，而另外一人抵赖，则你马上释放；另外一人将承担全部罪行，将会被判刑10年
 - 如果你们都坦白，你们的罪行将被证实。但由于你们有认罪的表现——判刑4年。
 - 如果你们都不坦白，那么没有证据证明你们的抢劫罪，我们将以拒捕罪控告你们——判刑1年。
 - 另外一方也正在接受这样的审讯。你是坦白还是抵赖？”

“囚徒困境”的收益矩阵

		疑犯2	
		抵赖	坦白
疑犯1	抵赖	 -1, -1	 -10, 0
	坦白	 0, -10	 -4, -4

- 疑犯1和疑犯2的严格占优策略都是“坦白”
- 尽管如果两人都抵赖会都判得少些
 - 刻画了“有关个体私利前，建立合作是十分困难”的模型。

“兴奋剂”博弈

		运动员2	
		没服用	 服用
运动员1	没服用	3, 3	1, 4
	 服用	4, 1	2, 2

- 这种类型通常称为**军备竞赛**。竞争双方为保持彼此实力相当，都会选择生产更具危险性的武器，尽管对自己内部会有伤害
 - 运动员伤害身体，国家影响民生。

关于“收益”的讨论（收益决定选择）

- “考试-报告”博弈，如果降低考试难度：只要复习了，就会得到100分；否则，也可得到96分。

		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	98, 98	94, 96
	复习考试	96, 94	92, 92

囚徒困境类似，如果改变收益矩阵，情况也可不一样

最佳应对与占优策略

- 设S是参与者甲的一个选择策略，T是参与者乙的一个选择策略。在收益矩阵中的某个单元格对应这策略组(S, T)。
 - $P_1(S, T)$ ：表示参与者甲从这组决策获得的收益
 - $P_2(S, T)$ ：表示参与者乙从这组决策获得的收益
- **最佳应对**：针对参与者乙的策略T，若参与者甲采用策略S产生的收益**大于或等于**自己的任何其他策略，则称参与者甲的策略S是参与者乙的策略T的最佳应对。

$$P_1(S, T) \geq P_1(S', T),$$

其中， S' 是参与者甲除S外的任何其他策略。

严格最佳应对

- 若S会产生比任何应对策略T的其他策略都更高的收益，则称参与人甲的策略S是对于参与人乙的策略T的严格最佳应对。

$$P_1(S, T) > P_1(S', T)$$

其中，S' 是参与人甲的所有其他策略。

注：最佳应对的概念是针对对方的某一个策略（T），相对于自己的所有策略而言的

- 对于同一个T，最多只可能有一个严格最佳应对
- 对于不同的T，最佳应对可能相同，也可能不同

占优策略与严格占优策略

- 定义：（从最佳应对角度给出）
 - 参与者甲的**占优策略S**，是指该策略对于参与者乙的每一策略都是最佳应对。
 - 参与者甲的**严格占优策略S**，是指该占优策略对于参与者乙的每一策略都是严格最佳应对。
- 如果参与人有严格占优策略，则可预期他会采取该策略（与基本假设的一致性）。
- 注：占优策略的概念是相对于对方**所有**策略而言的。

并不是每人总有严格占优策略

• 例子：“营销战略”博弈

- 假设三星和诺基亚两公司，分别要规划生产并销售同一种新手机。该产品有两款可能的规格：廉价（低档）或高档。如何决策？
- 设顾客总体被分成两个市场：一部分消费群体（60%）只购买廉价商品，另一部分消费群体（40%）只购买高档次商品。
- 每家公司从廉价或高档次商品所得利润是等同的（因此利润仅取决于市场占有率）。
- 每家公司都追求利润最大化。

“营销战略” 博弈

• 假设

- 若两家公司分别定位生产不同类型的产品，则每家公司都会得到该商品市场的全部份额。
- 三星公司品牌形象更佳。因此，若这两家公司在同一市场（廉价或高档次）中竞争，则其可以得到80%的市场销售量，诺基亚只能得到20%的市场。

		诺基亚	
		廉价	高档次
三星	廉价	0.48, 0.12	0.6, 0.4
	高档次	0.4, 0.6	0.32, 0.08

- 可以预测此博弈的发展趋向。即三星将会采取廉价策略，诺基亚将会采取高档次策略。

博弈的行为推理

- 如果参与人都有严格占优策略，则可以预计他们均会采取**严格占优策略**；
- 如果只有一个参与人有严格占优策略，则这个参与人会采取严格占优策略，而另一方会采取此策略的**最佳应对**。
- **如果两个参与人都没有严格占优策略呢？**

无占优策略例子（三客户博弈）

- 假设有两家公司，都希望和A、B、C三个大客户之一洽谈生意。每家公司都有三种可能的策略：是否找客户A、B或C。
- 他们决策的条件如下所示：
 - 若两家公司都找同一客户，则该客户会给每个公司一半业务。
 - 公司1规模太小，以至于不能靠自身找到客户源。所以，只要它和公司2分别寻找不同的客户洽谈生意，则公司1获得的收益将会是0（生意做不成）。
 - 假设公司2单独寻找客户B或C洽谈生意，则会得到客户B或C的全部业务。但是A是一个大客户。寻找客户A洽谈生意时，必须和其它公司合作才能接下业务。
 - 因为A是一个大客户，和它做生意的收益是8（假设两家公司合作，则每家公司会得到收益4）。但是，和B或C做生意的收益价值是2（合作的话，每个公司收益是1）

“三客户”博弈的推理

- 收益矩阵

		公司2		
		A	B	C
公司1	A	 4, 4 	0, 2	0, 2
	B	0, 0	 1, 1	0, 2 
	C	0, 0	0, 2 	 1, 1

- 两家公司都没有严格占优策略

纳什均衡

- 假定参与者甲选择策略S，参与者乙选择策略T。若S是T的最佳应对，且T也是S的最佳应对，则称策略组（S，T）是一个**纳什均衡**。
 - 在均衡状态，任何参与者都没有动机（理性的理由）去换一种策略。
 - 纳什均衡可以被看成是一种信念上的均衡
 - 互为最佳应对，谁也不可能通过单方面改变策略而得到额外好处，尽管如果两人都改变可能都会更好（相比都不改变而言）
 - **稳定、双赢**

“三客户”博弈的纳什均衡

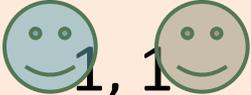
		公司2		
		A	B	C
公司1	A	4, 4	0, 2	0, 2
	B	0, 0	1, 1	0, 2
	C	0, 0	0, 2	5, 1

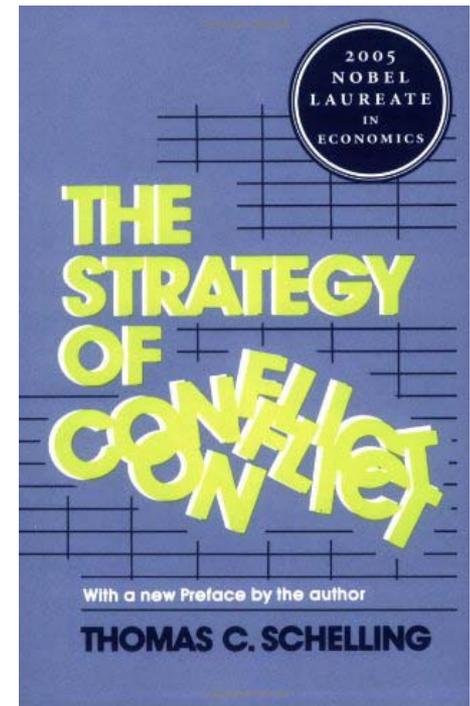
- 存在纳什均衡：(A, A)
- 寻找纳什均衡的两种途径：
 - 一是，检查每一个策略组，看它们中的每一项是否是彼此间策略的最佳应对策略。
 - 二是，找出每个参与人对于对方每个策略的最佳应对，然后发现互为最佳应对的策略组。

多重均衡：协调博弈

- 多重均衡——存在多个均衡
- 例子：**协调博弈**
 - 假设你和你拍档都为—一个合作项目准备幻灯片简报（双方不能通过电话等方式联系商量）。
 - 你必须决定是用微软的PPT或是用苹果的Keynote软件来制作你负责的半份幻灯片。
 - 假设你们使用同样的软件来设计，那就比较容易合并你们的幻灯片。

协调博弈的推理

		你的拍档	
		PPT	Keynote
你	PPT	 1, 1	0, 0
	Keynote	0, 0	 1, 1



- 存在两个纳什均衡：(PPT, PPT), (Keynote, Keynote)
- 如何预测协调博弈中参与人的行为？
 - 托马斯·谢林（获得2005年诺贝尔经济学奖）提出一种聚点的想法，利用一些其他外部因素，例如社会习俗。

The strategy of conflict, Harvard Univ. Press, 1960.

不对等协调博弈

- 假设你和项目拍档都喜欢使用苹果软件。

		你的拍档	
		PPT	Keynote
你	PPT	 1, 1	0, 0
	Keynote	0, 0	 2, 2

- 谢林的聚点理论表明，可以预测到**参与人会精选策略**，倾向于**收益情况更好的均衡**。

两人的喜好不同呢

- 假设你和你的拍档喜欢的软件不同。

		你的拍档	
		PPT	Keynote
你	PPT	 1,  2	0, 0
	Keynote	0, 0	 2,  1

- 此时很难预测具体哪种均衡会被采取。
- 可以通过了解他们之间平常发生**冲突时解决的约定或惯例**来预测。

猎鹿博弈

- 假设两猎人外出猎物。若他们**合作**，则可以猎到**鹿**（这可以给猎者带来最高的收益）。
- 猎人若分开**单干**，都能猎到**兔**。
- 若一方想**单独**猎鹿，则收益是0。另一方依然能猎到兔。

		猎人2	
		猎鹿	猎兔
猎人1	猎鹿	 4,  4	0, 3
	猎兔	3, 0	 3,  3

- 合作双赢：选择何种均衡？要在高收益和由于另一方不合作而造成损失之间进行**权衡**。

多重均衡：鹰鸽博弈

- 假设两只动物要决定一块食物在彼此之间何如分配。
- 每种动物都可以选择**争夺**行为（鹰派策略）或**分享**行为（鸽派策略）。
 - 若两种动物都选择分享行为，他们将会均匀的分配食物，各自的收益是3。
 - 若一方行为表现为争夺，另一方行为表现是分享，则争夺方会得到大多数食物，获得收益是5，分享方只能得到收益为1。
 - 当两只动物都表现为争夺行为，由于在争夺中践踏了食物，则它们得到的收益将为0。

鹰鸽博弈推理

		动物2	
		鸽派	鹰派
动物1	鸽派	3, 3	 1, 5 
	鹰派	 5, 1 	0, 0

- 很难预测参与者的行为
- 纳什均衡概念能有助于缩小合理的预测范围，但它并不能给出唯一的预测。

几种典型多均衡博弈类型对比

你的拍档

	PPT	Keynote
PPT	1, 1	0, 0
Keynote	0, 0	2, 2

你的拍档

	PPT	Keynote
PPT	1, 2	0, 0
Keynote	0, 0	2, 1

猎人2

	猎鹿	猎兔
猎鹿	4, 4	0, 3
猎兔	3, 0	3, 3

动物2

	鸽派	鹰派
鸽派	3, 3	1, 5
鹰派	5, 1	0, 0

简单博弈的推理思路

- 如果双方都有**严格占优策略**，则都会采用之
- 如果只有**一方**有严格占优策略，则可以预测另一方会采用此策略的最佳应对
- 如果**不存在**严格占优策略，则寻找纳什均衡
 - 存在一个纳什均衡，该均衡对应合理结果
 - 存在多个纳什均衡（需要**额外信息**辅助决策）
 - 协调博弈，鹰鸽博弈
 - 均衡有助于缩小考虑范围，但不保证有效预测
- **如果不存在纳什均衡，该怎么办？**

混合策略

- 例子：硬币配对—“零和博弈”（zero sum game）
 - 两个参与者各持一枚硬币，同时选择手中硬币的正反面。
 - 若他们硬币的朝向相同，参与者乙将赢得参与者甲的硬币。反之，则参与者甲将赢得参与者乙的硬币。

		参与者乙	
		正面H	反面T
参与者甲	正面H	-1, +1	+1, -1
	反面T	+1, -1	-1, +1

- 此时，不存在一组互为最佳应对（纳什均衡）

混合策略的引入

- 引入**随机性**，考虑参与人将以一定的概率分布在不同策略间进行选择，一种分布对应一个“混合策略”（此时，**选择策略就是选择分布**）
 - 对于双策略（H和T）博弈，混合策略则可简略表示为一个概率。纯策略就是概率为 $(0, 1)$ 的混合策略。
- 通常，我们说
 - 参与人1的策略是概率 p ，是指参与人1以概率 p 执行H；以概率 $1-p$ 执行T
 - 参与人2的策略是概率 q ，是指参与人2以概率 q 执行H，以概率 $1-q$ 执行T

混合策略的收益

- 采用**收益期望**作为策略的回报测度
- 设参与者1采用概率 p 执行H， $1-p$ 执行T，则：
- 若参与者2采用纯策略H，则其收益期望是：

$$\overline{P}_2(p, H) = p \cdot P_2(H, H) + (1 - p) \cdot P_2(T, H)$$

- 若参与者2采用T，则其收益期望是

$$\overline{P}_2(p, T) = p \cdot P_2(H, T) + (1 - p) \cdot P_2(T, T)$$

类似地，可讨论参与者2采用概率混合策略的情形

混合策略的均衡：互为最佳应对

- 在各自概率策略的选择下，双方的收益期望互为最大
- 混合策略的纳什均衡：它是一对混合策略 (p, q) ，彼此都是对方的最佳应对（期望收益）
- 纳什的奠基性贡献：证明了具有有限参与者和有限纯策略集的博弈一定存在纳什均衡（包括混合策略均衡）

John Nash. Equilibrium points in n-person games, PNAS, USA, 1950.

混合策略的收益计算例子

- 用收益期望来表达回报

		参与者2	
		正面H(q)	反面T(1-q)
参与者1	正面H	-1, +1	+1, -1
	反面T	+1, -1	-1, +1

- 例如，当参与者2采用策略 q 时，若参与者1使用纯策略，则他的回报分别为：
 - 纯策略H的期望收益 = $(-1)(q) + (+1)(1-q) = 1-2q$
 - 纯策略T的期望收益 = $(1)(q) + (-1)(1-q) = 2q-1$

如果系统不存在包含纯策略的均衡，则上述两个表达式必须相等。

硬币配对博弈的混合策略均衡

		参与者2	
		正面H(q)	反面T(1-q)
参与者1	正面H	-1, +1	+1, -1
	反面T	+1, -1	-1, +1

- 设 (p, q) 是纳什均衡。对参与者2的策略 q ,
 - 参与者1用纯策略H的期望收益 $=(-1)(q)+(+1)(1-q)=1-2q$
 - 参与者1用纯策略T的期望收益 $=(+1)(q)+(-1)(1-q)=2q-1$
 - 这是一个不存在含有纯策略均衡的博弈，由“无差异”原理，须有 $1-2q=2q-1$ ，即 $q=1/2$
- 对称地，可以得到参与者1的最佳应对 $p=1/2$
- 因此， $(1/2, 1/2)$ 是一个混合策略纳什均衡（符合直觉）

硬币配对博弈分析

主动将行为随机化



- 当A认为B会在多于一半时间选择H，他一定会选择纯策略T，而这时B选择策略H的次数不会多于一半。因此无法达到纳什均衡。
- 当B选择策略 $q=1/2$ 时，A的策略选择H或T无差别，“**无便宜可占**”。
- 引入随机化是由于每个参与者都先让对方**无法预测**自己行为，从而不让对方从中占便宜。
- **无差异原理**：每个参与人都应该**随机化**自己行为，是对方在两个策略中取舍无差异。

混合策略：进一步的例子

• 持球-抛球博弈

- 美式足球比赛：进攻方可以选择持球或者是抛球。防御方可以选择拦断持球或者选择防守抛球。
- 假设正确阻止了进攻方的行为，则进攻方的收益为0。
- 假设进攻方选择持球而防守方却选择防守抛球行为，则进攻方的收益为5（防守方相应损失）。
- 假设进攻方选择抛球，同时防守方却选择拦断持球，则进攻方的收益是10（防守方相应损失）。

		防守方	
		防守抛球	拦断持球
进攻方	抛球	0, 0	10, -10
	持球	5, -5	0, 0

持球抛球博弈的混合策略均衡

- 这是一个没有纯策略纳什均衡的博弈
- 设防守方选择防守抛球的概率为 q

		防守方	
		防守抛球(q)	拦断持球($1-q$)
进攻方	抛球	0, 0	10, -10
	持球	5, -5	0, 0

- 进攻方选择抛球的期望收益： $0 \cdot q + 10(1-q)$
- 进攻方选择持球的期望收益： $5q + 0 \cdot (1-q)$
- 依无差异原理，令 $10 - 10q = 5q$ ，解得 $q = 2/3$

持球抛球混合策略均衡（续）

- 进攻方选择抛球的概率为 p

		防守方	
		防守抛球	拦断持球
进攻方	抛球(p)	0, 0	10, -10
	持球($1-p$)	5, -5	0, 0

- 防守方选择防守抛球的期望收益： $-5(1-p)$
- 防守方选择拦断持球的期望收益： $-10p$
- 令 $-10p = -5(1-p)$ ，解得 $p = 1/3$
- 于是，这个博弈的混合策略均衡为 $(1/3, 2/3)$

讨论

		防守方	
		防守抛球 (2/3)	拦断持球 (1/3)
进攻方	抛球(1/3)	0, 0	10, -10
	持球(2/3)	5, -5	0, 0

- 为什么抛球有可能收益更大，而均衡中进攻方选择抛球的概率只有1/3？
 - 由于防守方高概率防守抛球，若抛球概率 $p > 1/3$ ，则损失会比较大
- 为什么进攻方在均衡的抛球概率只有 $p = 1/3$ ，但防守方还要更多的防守抛球？
 - 由于抛球对进攻方更有利，需要加大防守力度

例子：罚点球博弈

- 2002年，有人做了一项有关罚点球研究
 - 射手要决定从球门的左侧或是右侧进球。
 - 守门员则是要决定是扑向左侧或是右侧拦断进球。
 - 两人需要同时做选择。

		守门员	
		L	R
射球方	L	0.58, -0.58	0.95, -0.95
	R	0.93, -0.93	0.70, -0.70

统计数据。可以看到，罚球方总是有赢头（符合实际）。

发点球博弈的混合策略均衡

		守门员	
		L(q)	R
射球方	L(p)	0.58, -0.58	0.95, -0.95
	R	0.93, -0.93	0.70, -0.70

- 计算得到的均衡：
 $0.58q + 0.95(1-q) = 0.93q + 0.70(1-q)$, $q = 0.42$
 $-0.58p - 0.93(1-p) = -0.95p - 0.70(1-p)$, $p = 0.39$
- 实战统计得到的数据： $q = 0.42$, $p = 0.40$

兼具纯策略和混合策略均衡的博弈

- 例子：不平衡的协调博弈

		你的拍档	
		PPT(q)	Keynote
你	PPT(p)	1, 1	0, 0
	Keynote	0, 0	2, 2

- 除了两个纯策略均衡（PPT, PPT）和（Keynote, Keynote）外，还存在一个混合策略均衡： $q=2(1-q)$, $q=2/3$;
 $p=2(1-p)$, $p=2/3$

假如你相信搭档会以 $2/3$ 选择ppt， $1/3$ 选择Keynote，则你在这两个策略之间实际无差异。无论怎么选，收益期望相同。

考试—报告博弈没有混合策略

		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	90, 90	86, 92
	复习考试	92, 86	88, 88

- $P1(1, q) = q * 90 + (1 - q) * 86$; $P1(0, q) = q * 92 + (1 - q) * 88$
- 容易检查，不存在 q ，使 $P1(1, q) = P1(0, q)$

混合策略均衡的概率也可能恰好取在端点

		你的拍档	
		PPT	Keynote
你	PPT	1, 2	0, 2
	Keynote	0, 0	2, 1

$$q \cdot 1 + 0 = 0 + (1 - q) \cdot 2, \quad q = 2/3$$

$$p \cdot 2 + 0 = p \cdot 2 + (1 - p) \cdot 1, \quad p = 1$$

纯策略均衡不等价概率恰好取端点的混合策略均衡！

帕累托最优和社会最优

- “个体最优”与“整体最优”
- 帕累托（Pareto）最优
 - 一个策略组：每个参与者对应其中一个策略选择。
 - 一个策略组被称为**帕累托最优**，若不存在其他策略组满足：所有参与者得到至少和目前一样高的回报，且至少有一个参与者会得到严格较高的回报。

		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	90, 90	86, 92
	复习考试	92, 86	88, 88

社会最优

- 定义：一组策略选择是社会最优（或社会福利最大化），若它使参与者的回报之和（总收益）最大。

		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	90, 90	86, 92
	复习考试	92, 86	88, 88

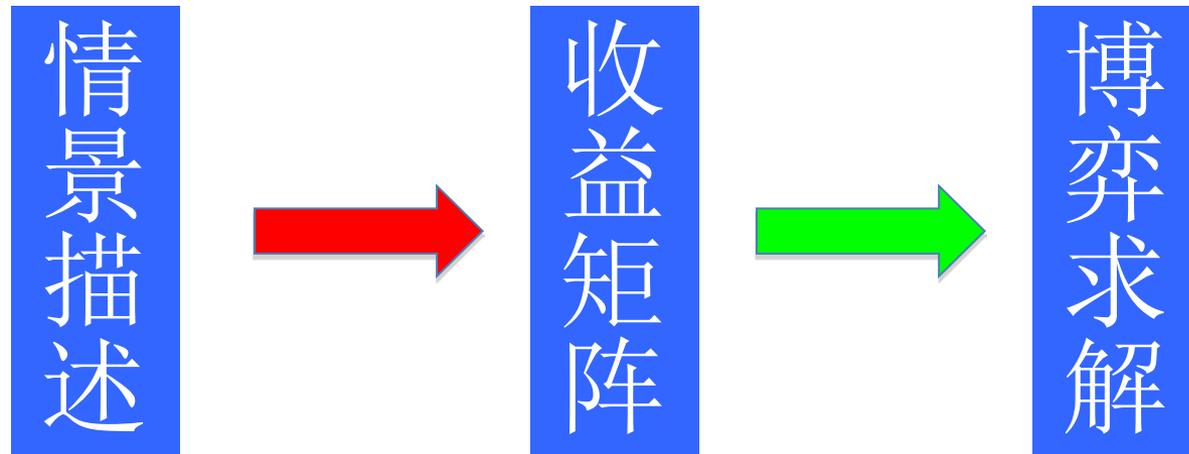
- （报告，报告）是社会最优。
- 社会最优也一定会是帕累托最优。

社会最优和纳什均衡有可能一致

- 按照下面的收益矩阵，（报告，报告）既是社会最优也是纳什均衡

		你的拍档	
		准备报告	复习考试
你	准备报告	98, 98	94, 96
	复习考试	96, 94	92, 92

用博弈论思想分析问题



- 理解不同博弈的类型，以及求解的基本方法重要（science）。均衡是一个基本目标。
- 将问题（情景）要求准确抽象成收益矩阵至少同样重要（art）。



End of Chapter 3.2

Contact: guob@nwpu.edu.cn
<http://www.ayu.ics.keio.ac.jp/~bingo/>

