

产品差异度与双寡头厂商行为的实验分析

李建标¹ 王光荣¹ 巨龙¹ 于娟²

(1.南开大学公司治理研究中心, 天津 300071; 2.新加坡国立大学经济系)

摘要: 我们沿着 Bertrand 理论渊源构建模型, 并以此为基础设计实验, 在实验室环境中检验产品差异度与双寡头厂商的行为。论文首先分析模型的理论值, 其次在实验市场中进行了设置检验。实验结果表明: (1) 产品差异度越小, 双寡头厂商的博弈平均价格就越低, 该价格在重复博弈纳什均衡区间的中间价格附近波动; (2) 博弈期数越多, 博弈双方的冲突反而越大, 这与俗定理预测相悖; (3) 对背叛行为的惩罚具有普遍性, 惩罚策略主要是针锋相对, 惩罚强度随产品差异度减小而增强; (4) 产品差异度对共谋的稳定性影响不显著, 这与理论预测相悖; (5) 折现与平均价格及共谋的关系模糊。

关键词: 产品差异度; 惩罚策略; 默契共谋; 实验室实验

中图分类号: F **文献标识码:** A

1 引言

厂商明确的共谋行为在许多国家是被法律所禁止的, 但厂商在互动过程中可以形成一些心照不宣的默契共谋, 本研究关注双寡头厂商在没有资金转移和信息沟通时, 只是基于不同产品差异度的价格竞争互动而可能形成价格默契共谋的行为以及其他行为进路, 在众多的文献中我们采用了实验经济学的方法。我们限定了一个存在默契共谋的双寡头市场环境(厂商*i*和*j*)。在这个市场中, 需求函数是 $p_i = \alpha - \beta(q_i + \gamma q_j)$, 其中 γ 是衡量产品差异度的参数。 γ 的取值越接近于 0, 表示产品差异度越大。运用这个需求函数, 我们固定 α 、 β , 给 γ 赋值 5 次, 得到 5 个支付表。每次实验的被试个体将会依据这些支付表做出自己的决策。因此, 不同价格共谋程度主要取决于 γ 的取值。研究这类问题的基本模型是合作博弈的解(纳什谈判解^①), 但这种合作则是从非合作博弈的理路通过重复博弈得到的。

Friedman (1971) 首先给出了分析个体默契共谋 (tacit collusion) 的理论框架, 他引入了无限期重复博弈模型, 从理论上证明, 如果折现因子足够大, 合作博弈解就是一个纳什均衡, 也就实现了博弈人的共谋达到集体理性和总体效率。James W. Friedman and Larry Samulson(1994)研究了双寡头连续反映函数模型。在连续反映函数中, 任何阶段博弈中可行的、个体理性结果都作为一个子博弈精炼纳什均衡得到支持 (给定足够高的折现因子), 被连续反映函数支持的折现因子集合至少与纳什逆转触发策略和最优两阶段对称惩罚下的反应集一样大。Fudenberg and Maskin (1986) 的俗定理表明, 对于足够高的折现因子, 任何可行的、严格个体理性的支付都可以被作为子博弈精炼纳什均衡而被支持。

按照 Friedman 等人的理论框架, 单阶段纳什均衡解与纳什谈判解之间的任何一个解都可能成为重复博弈中的纳什均衡解, 那么, 在重复博弈中, 哪个解最有可能成为纳什均衡解、影响重复博弈纳什均衡解的因素有哪些? 在 Friedman (1971) 以后, 许多学者不断拓展此

^① 纳什使用公理化方法推导出了探求合作博弈解的方法 (具体证明见附录 1), 这个解被称为纳什谈判解, 本文将纳什谈判解与合作博弈解等价。

领域的研究,特别是对存在参与人禀赋差异的情况进行了进一步的研究。R. Deneckere(1983)使用古诺和伯川德模型研究了产品存在差异的双寡头共谋问题,他发现,当产品是互补的或者替代程度很强时,伯川德博弈比古诺博弈更能产生共谋;对于中等程度或者很弱的替代程度,情况恰好相反,这与静态情况——价格策略(伯川德)总是形成更高的福利——形成了对照。

MYong-Hun Chang(1990)使用豪泰林空间竞争模型,研究了产品差异度和厂商进行价格共谋的关系。他们发现,当产品替代性增强时,支持联合最大收益成为均衡结果所要求的折现因子是单调增加的。当联合最大收益不被支持时,最优共谋价格随着产品的替代性增加而下降。这些研究表明,产品替代性越强,厂商形成价格共谋就越难。

Rajeev K. Tyagi(1999)使用一个通用的需求函数和Friedman(1971)的触发策略,研究了产品替代性对厂商保持共谋的影响。研究表明,在线性和凹需求函数下,产品替代性阻碍了自愿共谋的稳定性;在凸需求函数情况下,产品替代性或者阻碍或者有利于保持共谋。这样,在更同质的产品市场上的厂商是否更容易或者更难共谋,需要具体情况具体分析。

理论分析结果依赖于严格的假设,使用不同的假设和模型,往往得出不同的结果。随着实验经济学的发展,人们开始用实验的方法对理论模型进行验证,现有的有关共谋的实验研究主要使用古诺或者伯川德模型进行,研究结果主要有二类:一是研究厂商数量对于共谋的影响,二是关注信息对共谋的影响。

Huck等人(2004)总结了来自古诺模型的证据,他们考虑的实验都没有信息交流。他们评论的古诺模型实验文献和他们自己的实验数据表明,双寡头厂商有时共谋,而存在更多厂商的市场上就难以达成共谋。实际上,在那些市场上,总的平均产出经常超过纳什预测产出。此外,数据表明,这些偏差随着厂商数量的增加而增加;在伯川德定价实验中,厂商更难形成共谋产出,Wellford(2002)总结了这方面的文献,双寡头伯川德定价有时能够达到共谋产出,但是经常存在激烈的竞争,如果存在两个以上厂商,竞争性产出经常是标准产出。

Haan, MA, Schoonbeek, L., Winkel, BM.(2005)总结了关于共谋的实验研究,重点关注信息和交流对共谋的影响。他们发现,在没有交流的实验中,实验厂商很少能够达成共谋,只有在双寡头市场中,才能达成中等程度的共谋,每期收益高于单阶段纳什均衡收益。当厂商多于两个以后,情况就不是这样;增加关于对方的支付函数的信息只能中等程度的便于共谋。它确实对市场稳定性具有积极作用;自愿信息共享具有共谋效应,即使共谋不是厂商选择这样做的主要原因;披露对手以前的绩效信息的作用是不确定的;卖者之间的交流能力对共谋能力具有强的正向的作用,当买者能够与卖者交流,并且卖者不能互相观察产出水平时,这种作用被减轻;没有约束力的价格声明具有共谋性,但只是暂时的;历史似乎对共谋能力具有一定的作用。

在以往的默契共谋实验研究中,对博弈参与人的数量和信息作用的关注比较多,对博弈参与人的禀赋特征(即古诺或伯川德模型中的产品差异程度)和重复博弈触发策略关注的比较少。另外,在理论模型的研究中,一般使用冷酷策略作为重复博弈的触发策略,推导出共谋的存在。理论模型也证明产品差异影响共谋的难易程度以及稳定性。理论模型所描绘的情景都是基于一些严格的假设,实际行为是否如此需要实验检测。已有的实验研究忽略的方面也需要我们进一步努力。本文以下部分的结构是:第二部分是实验设计、实验过程和模型分析,第三部分是实验结果,第四部分是研究结论。

2 实验设计与模型分析

2.1 实验设计

我们沿着 Bertrand 理论渊源构建模型，并以此为基础设计实验。我们设计了一个双寡头厂商的实验市场，两个对称的厂商同时进行产品定价决策（假定每个厂商的生产能力足够大，可以单独满足市场需要），他们各自的收益决定于双方的定价。

厂商被试的需求函数由下式给出，

$$p_1 = \alpha - \beta(q_1 + \gamma q_2) \quad (1)$$

$$p_2 = \alpha - \beta(q_2 + \gamma q_1) \quad (2)$$

p_1 、 p_2 分别是两个厂商的报价， q_1 、 q_2 分别是两个厂家的产量， α 、 β 是参数， γ 代表产品差异程度。在这里，我们主要测度产品具有替代性的情况，因此， $\gamma \in [0,1]$ ^①。我们设定 $\alpha=46$ 、 $\beta=1$ ；给 γ 五个赋值，分别为 5/22、9/22、13/22、17/22、21/22；同时设定两个厂商报价范围是 1-25 的整数，将这些赋值代入（1）和（2）式产生 5 个收益支付表（支付矩阵）。

实验中被试根据支付表进行报价决策，表 1 是一个样表的一部分。假设你是一个被试，表中第一列是你的报价，第一行是对方的报价，表格中列行交叉对应的数字就是你的收益。对方也面对相同的表格，不同的是，在他的表格中，第一列是他的报价，第一行才是你的报价。例如，如果你的报价是 3，对方的报价是 5，那么对应到表中，你的收益就是 35，但是对方的价格组合却是（5，3），对应到表中，对方的收益是 0；如果你的报价是 2，对方的报价是 4，那么对应到表中，你的收益就是 23，但是对方的价格组合是（4，2），对应到表中，他的收益就是 53……。当每组实验被试分别选择报价并点击提交之后，在电脑屏幕上每个人都会看到自己本时段实验的收益以及对方的报价。

你的收益		对方的报价						
		1	2	3	4	5	6	...
你的报价	1	23	47	65	16	0	0	...
	2	30	49	32	23	34	73	...
	3	45	0	87	65	35	45	...
	4	35	53	0	12	34	13	...
	5	17	48	0	16	34	19	...
	6	32	16	76	0	54	23	...
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

注：本支付表只是个列表，实验中的支付表的报价范围是 1-25，而不是 1-6。

表 1 支付表（样表）

上述 γ 的五个赋值代表了厂商不同的产品差异程度，针对不同的产品差异程度进行实验。同时，为了测度纯产品差异和学习效应的关系，我们将被试分为两类设置，一类是被试进行固定分组实验，即同组进行所有 5 个产品差异度不同设置的实验，另一类进行随机分组

^① 如果 $\gamma < 0$ ，表明两厂商的产品为互补品，如果 $\gamma > 1$ ，意味着厂商产品的定价不是主要取决于自己的产量而是别人的产量，这就成了完全竞争的市场了，不再是双寡头市场，因此， $\gamma > 1$ 不在我们要界定的模型中。

实验，即每个产品差异度设置的实验都重新分组。这样，我们共进行了 10 个设置的实验，实验设置见表 2。

实验	产品差异程度 (γ)	被试人数	时段数*
1-1	5/22	28	21
2-1	9/22	28	20
3-1	13/22	28	21
4-1	17/22	28	20
5-1	21/22	28	22
1-2	5/22	48	23
2-2	9/22	48	25
3-2	13/22	48	20
4-2	17/22	48	22
5-2	21/22	48	22

*每个实验在 20 个时段以后随机结束。

表 2 实验设置

在重复博弈模型中，折现因子是实现合作收益的关键因素，在我们的实验中，自第 11 时段开始，我们将实验被试的收益进行折现，检验折现因子对均衡结果的影响。我们设定的折现因子为 0.9，即第 11 时段实验的最终收益等于表中收益乘以 0.9，第 12 时段实验的最终收益是表中对应的收益乘以 0.9^2 ，依次类推。

为了体现无限期重复博弈的效果，我们将每局实验在 20 个时段以后随机中止，实验结果只使用前 20 时段的数据。

2.2 实验过程

我们的实验于 2007 年 10-11 月和 2008 年 1 月在南开大学泽尔滕实验室完成，实验被试来自该实验室被试数据库，在报名参加实验的人选中，随机选择被试并随机确定分组。实验采用真实货币支付，每个被试根据其获得的游戏币 (Game Dollars, 用 G\$ 表示) 数量，按照规定的兑付比例获得相应的报酬，在实验结束后当场现金支付。此外，被试每人还获得 10 元人民币的出场费 (佣金)。所有的实验在实验室的计算机系统上进行，本实验使用的程序平台是 Z-tree，具体的实验程序由作者编制。计算机自动记录并计算被试的决策及收益情况。在被试的显示器上显示上一期的决策结果和收益。

实验开始时，先在实验室导读室向被试详细讲解实验说明和计算机程序说明，并就实验中可能出现的问题设计成题目让被试作答，确认被试完全理解实验说明后进行先导性实验，在确认实验设计合理、计算机程序稳定后进行正式实验。

每局实验都选择不同的被试，每次参加实验的被试都是首次参加实验。同时，为避免被试在实验中进行信息交流，提高被试的分离效果，对被试随机进行分组，在隔离的空间内进行决策。

在每个产品差异度设置的实验开始前，主持人发放给被试收益表，被试根据收益表进行报价决策。

2.3 模型分析及其理论值

在我们的设计中，两个寡头厂商是对称的，为了简化起见，我们将成本标准化为 0，因此，需求函数由下面的函数确定。

$$p_i = \alpha - \beta(q_i + \gamma q_j), \quad i=1,2; \quad j=1,2 \quad (3)$$

如上所述，我们给定 $\alpha=46$ 、 $\beta=1$ ， $\gamma=5/22$ 、 $9/22$ 、 $13/22$ 、 $17/22$ 、 $21/22$ 。在这样的设定下我们分别分析厂商一次性博弈纳什均衡解、纳什谈判解和重复博弈解。

2.3.1 一次性博弈纳什均衡

根据需求函数

$$p_1 = \alpha - \beta(q_1 + \gamma q_2)$$

$$p_2 = \alpha - \beta(q_2 + \gamma q_1)$$

我们可以计算出两个寡头厂商的产量和收益函数分别为：

$$q_1 = \frac{(1-\gamma)\alpha - p_1 + \gamma p_2}{\beta(1-\gamma^2)} \quad (4)$$

$$q_2 = \frac{(1-\gamma)\alpha - p_2 + \gamma p_1}{\beta(1-\gamma^2)} \quad (5)$$

$$\pi_1 = \frac{[(1-\gamma)\alpha - \gamma p_2]p_1 - p_1^2}{\beta(1-\gamma^2)} \quad (6)$$

$$\pi_2 = \frac{[(1-\gamma)\alpha - \gamma p_1]p_2 - p_2^2}{\beta(1-\gamma^2)} \quad (7)$$

由于两个厂商同时决策，根据博弈理论，纳什均衡解就是使下式成立的定价：

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \frac{(1-\gamma)\alpha + \gamma p_2 - 2p_1}{\beta(1-\gamma^2)} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \frac{(1-\gamma)\alpha + \gamma p_1 - 2p_2}{\beta(1-\gamma^2)} = 0 \quad (9)$$

解 (8)、(9) 式得到

$$p_1 = p_2 = \frac{(1-\gamma)\alpha}{2-\gamma} \quad (10)$$

纳什均衡利润

$$\pi_1 = \pi_2 = \frac{(1-\gamma)\alpha^2}{\beta(2-\gamma)^2(1+\gamma)} \quad (11)$$

将不同的 γ 值代入到式 (10)、(11) 中，我们可以得到相应的纳什均衡价格和利润（详见表 3）。

产品差异度 (γ)	5/22	9/22	13/22	17/22	21/22
纳什均衡价格	20	17	13	8	2
纳什均衡利润	423.95	350.60	274.04	180.11	45.02

表 3 不同产品差异度设置下纳什均衡价格和利润（策略占优）

2.3.2 纳什谈判解

纳什谈判解是博弈方联合行动的结果，该结果是可行集中的 Pareto 点。在我们的模型中，由于博弈参与人是对称的，在均衡时双方出价相同，收益也相同，因此，

令 $p_1 = p_2$ ，并令收益方程对 p 的导数等于 0，则得到纳什谈判解：

$$p_1 = p_2 = \frac{\alpha}{2} = 23. \quad (12)$$

将不同的 γ 值带入 (11) 式并与 (12) 式组合分析，我们可以得到相应的纳什谈判均衡价格和利润（详见表 4）。

产品差异度 (γ)	5/22	9/22	13/22	17/22	21/22
纳什谈判均衡价格	23	23	23	23	23
纳什谈判均衡利润	431.04	375.42	332.51	298.41	270.65

表 4 纳什谈判均衡价格和利润（支付占优）

2.3.3 重复博弈均衡

由于每个实验随机结束，那么这就可以看作是一个带有折现的无限期重复博弈。根据 Friedman (1971, 1983) 等人的研究，如果折现因子足够大，无限次非合作博弈的结果会产生合作博弈的结果。我们将合作结果看作共谋均衡结果。理论模型在证明合作博弈结果时，一般使用冷酷策略，即如果对方不合作，威胁使用非合作行为进行惩罚。根据 Fudenberg and Maskin (1986) 的研究，对于足够高的折现因子，任何可行的、严格个体理性的支付都可以被作为子博弈精炼纳什均衡被支持。那么，我们就可以计算出无限期重复博弈纳什均衡价格集（见表 5）。

产品差异度 (γ)	5/22	9/22	13/22	17/22	21/22
重复博弈纳什均衡价格区间	[20, 23]	[17, 23]	[13, 23]	[8, 23]	[2, 23]
中间价格	21.5	20	18	15.5	12.5

表 5 无限期重复博弈纳什均衡价格集

3 实验结果

3.1 产品差异度与平均价格及共谋

本实验中影响厂商报价行为的重要变量之一就是产品的差异度，这一设置对厂商行为的影响具体以平均价格的高低和是否共谋为具体表现形式。

3.1.1 产品差异度与平均价格

理论分析结果是，当产品差异度 $\gamma=5/22$ 时，重复博弈的纳什均衡区间为 [20, 23]，当 γ 分别等于 9/22、13/22、17/22、21/22 时，重复博弈的纳什均衡区间分别为 [17, 23]、[13, 23]、[8, 23]、[2, 23]。

由表 6 可以发现，实验被试的出价基本上在相应的区间范围之内，支持了理论分析结果。产品差异度 $\gamma=5/22$ 时，固定分组和随机分组实验的平均报价分别为 20.58 和 20.85，在其纳什均衡区间 [20, 23] 范围之内；产品差异度 $\gamma=9/22$ 、13/22、17/22、21/22 时，固定分组和随机分组实验的平均报价分别为 18.82 和 19.32、16.73 和 19.22、13.18 和 15.26、13.09 和 13.97，都分别在其相应的纳什均衡区间范围之内。

实验	产品差异度 γ	实验时段数	平均报价	标准差	最小值	最大值	$w = \frac{\bar{p} - p_m^*}{p_u - p_l}$
1-1	5/22	280	20.58	2.0628	1	25	-30.67%
2-1	9/22	280	18.82	2.1232	10	25	-19.67%
3-1	13/22	280	16.73	4.1795	2	25	-12.70%
4-1	17/22	280	13.18	5.4559	3	25	-15.47%
5-1	21/22	280	13.09	7.9990	1	25	2.81%
1-2	5/22	480	20.85	2.0201	5	25	-21.67%
2-2	9/22	480	19.32	2.4090	12	25	-11.33%
3-2	13/22	480	19.22	4.3381	1	23	12.20%
4-2	17/22	480	15.26	5.5356	1	25	-1.60%
5-2	21/22	480	13.97	7.8008	1	25	7.00%

注：本表根据实验数据计算整理而得。

* 公式中的符号分别表示， w ：平均报价在重复博弈价格空间的波动； \bar{p} ：平均报价； p_m^* ：重复博弈价格区间中间价格； p_u ：博弈价格区间上限； p_l ：博弈价格区间下限。

表 6 不同实验设置中的平均价格

实验数据表明，产品差异程度确实对双寡头市场价格的高低具有重要的影响：随着产品差异度的减小（即 γ 值的增大），被试的平均报价在逐渐降低。我们对产品差异度与博弈价格之间进行线性回归检验，发现产品差异度与博弈价格之间存在很强的负线性关系，回归系数在 1% 的水平上显著，模型的弥合度分别为 0.9341 和 0.8861。在固定分组中，产品差异度每变化 1%，博弈价格变化 11.46%，在随机分组中，产品差异度每变化 1%，博弈价格变化 9.9%（表 7）。

模型	系数	t 值	P> t	F 值	adj R-squared	数据量
固定分组	-11.45556***	-7.59	0.005	57.67	0.9341	5
随机分组	-9.9***	-5.67	0.011	32.12	0.8861	5

注：**，**，***分别表示在 0.10, 0.05, 0.01 水平上显著。

表 7 产品差异度与平均出价回归分析

产品差异程度不同，对应的重复博弈纳什均衡区间也就不同，随着产品差异度的减小（即 γ 值的增大），纳什均衡区间不断增大，那么，实验平均价格与纳什均衡区间是否存在什么关系？我们将实验平均价格与纳什均衡区间中间价格进行了比较，发现实验平均价格基本上在纳什均衡区间中间价格附近波动。根据表 6，除了在实验 1-1（固定分组，差异度 $\gamma=5/22$ ）中的价格波动幅度比较大（-30.67%）以外，其余实验中的价格波动都较小，波动范围基本上在纳什均衡区间中间价格的正负百分之十几左右，有的只有百分之几（如实验 5-1、4-2 和 5-2）。

总体上看，实验中的平均价格与重复博弈纳什均衡区间的中间价格紧密相关。在上述的实验设置中，不同产品差异程度的合作博弈上限价格都是 23，而下限则随着产品差异度的降低而减小，这就是说随着产品差异度的降低，相应的重复博弈纳什均衡区间就不断扩大，均衡区间的中间价格就不断降低，而博弈双方的出价在纳什均衡区间中间价格附近波动，因此，博弈价格就会相应降低。

3.1.2 产品差异度与共谋

产品差异度对厂商行为影响的另外一个指标就是共谋的程度。理论分析认为，在双寡头市场中，产品差异度越小，共谋的难度就越大。

表 8 统计了在实验后 10 个时段达到稳定共谋的组数。通过表 8，我们发现博弈双方达成共谋的难度很大，特别是稳定的共谋。在固定分组实验中，只有 20%的组实现了稳定的共谋，其中 15.71%的组实现了高态共谋^①；在随机分组实验中，有 30.83%的分组实现了稳定的共谋，其中 26.67%的组实现了高态共谋。在所有 190 组实验中，有 26.64%实现了共谋，其中有 22.63%的组实现了高态共谋。固定分组和随机分组实验中，共谋数量存在比较明显的差别，这可能与重复博弈次数有关。通过表 8，我们还发现在一些实验中出现了严重的低态共谋，即被试之间形成的共谋价格比较低，最小的共谋价格只有 2。严重的低态共谋，实际上已经不是什么共谋，而是博弈双方相互竞争和报复的结果。

实验	产品差异度 γ	实验组数	稳定共谋组数（全部）		高态共谋组数		最优共谋组数	低态共谋组数
			数量	比例%	数量	比例%		
1-1	5/22	14	2	14.29	2	14.29	0	0
2-1	9/22	14	3	21.43	2	14.29	0	1
3-1	13/22	14	3	21.43	3	21.43	2	0
4-1	17/22	14	4	28.57	2	14.29	0	2
5-1	21/22	14	2	14.29	2	14.29	2	0
小计		70	14	20	11	15.71	4	3
1-2	5/22	24	7	29.17	7	29.17	4	0
2-2	9/22	24	8	33.33	7	29.17	0	1
3-2	13/22	24	10	41.67	10	41.67	7	0
4-2	17/22	24	6	25.00	3	12.50	0	3
5-2	21/22	24	6	25.00	5	20.83	2	1
小计		120	37	30.83	32	26.67	13	5
合计		190	51	26.84	43	22.63	17	8

表 8 共谋及其稳定性

^① 我们对共谋类型进行了分类：双方报价平均值是 23-20 的界定为高态共谋，达到上限 23 的为最优共谋，小于 20 的为低态共谋。

在不同产品差异度的实验设置中, 博弈双方达成稳定共谋的数量没有明显规律性。产品差异度越小, 纳什均衡区间就越大, 博弈双方之间的冲突就越大, 背叛的收益就越大, 同时, 被惩罚的损失就越大。因此, 不同的产品差异度对稳定共谋没有明显的影响, 稳定共谋的数量可能与同组被试的行为特征有关(如有的被试具备社会偏好等, 这方面的研究另文分析)。

3.2 博弈期数对平均价格的影响

经典博弈论认为, 从个体理性出发导致集体非理性的经典模型是一次性博弈往往导致非合作均衡解的“PD 赛局”, 走出 PD 的办法之一就是增加博弈的次数。在重复博弈中投机行为会遭致其他当事人的报复。这种报复行为或实施报复的威胁有可能抑制某些当事人的投机行为, 从而就可能得出一个合作均衡解。但最终的结果究竟如何, 还依赖于博弈过程的条件。对于一个无限次的重复博弈, 如果当事人对未来收益的评价足够高, 也就是当事人有足够的耐心(用 δ 表示), 任何满足个人理性的支付向量都可以通过一个特定的子博弈精炼均衡得到。这里的子博弈精炼均衡就是合作博弈均衡。要达到合作均衡, 必须存在一个惩罚点。正是由于害怕触发其他人的惩罚行动, 参与人才有积极性保持合作, 从而避免了非合作均衡解的出现。惩罚点和耐心是当事人进行合作的两个显性条件, 除此以外还有几个隐含的条件。要使当事人有兴趣进行合作, 合作收益必须大于不合作收益, 这是一个激励相容的要求。同时, 惩罚还必须是可信的。所谓“可信惩罚”的含义是: 给定某一参与人采取了投机行为, 其他人的最优选择就是惩罚或报复。

实际上在重复博弈中, 博弈人之所以有积极性进行合作, 是因为博弈人基于对方声誉的信念, 而声誉和博弈次数的无限大是合作能够发生的重要前提, 声誉机制与博弈次数紧密相关, 如果没有足够多的博弈次数, 声誉机制也就失去了应有的价值。在我们的实验中, 我们分固定分组和随机分组检验了博弈次数对合作的影响。在固定分组实验中, 同一组被试共同完成不同产品差异程度的 5 个实验设置; 在随机分组实验中, 在不同产品差异程度的 5 个实验设置中, 每个设置的被试都随机确定, 即同组被试只在 5 个实验设置的某一个中博弈, 在其他设置中, 被试又被重新随机分组。

虽然我们设定每个设置实验在 20 时段以后随机结束, 以取得无限期重复博弈的效果, 但在固定分组实验中, 两个同组被试在 5 个实验设置长达 100 个以上时段内一直进行重复博弈, 而在随机分组实验中, 两个被试只在 1 个实验设置中进行 20 几个时段的重复博弈, 重复次数存在明显差异。按照声誉机制理论, 交往次数越多, 合作的概率应该越大。但是, 我们的实验数据却没有证实这一点。

对固定分组和随机分组的单因素分析结果表明(表 9), 固定分组实验结果和随机分组实验结果存在明显差异, 属于不同的样本集合。在固定分组和随机分组实验设置中, 除了分组设置不同以外, 其他设置完全相同, 这样的设计是为了谋求合作中的声誉机制发生作用。但是, 在所有 5 个不同产品差异程度的实验中, 固定分组被试的价格要低于随机分组被试的价格, 博弈次数并没有起到促进合作的作用, 反而削弱了合作, 强化了冲突。

实验	产品差异度 γ	均值差异	F 值	p 值	实验顺序
1-1	5/22	0.271131	6.27	0.0124	1
1-2					
2-1	9/22	0.500446	16.63	0.0000	2
2-2					

3-1	13/22	2.4933	120.00	0.0000	5
3-2					
4-1	17/22	2.08289	50.61	0.0000	4
4-2					
5-1	21/22	0.878423	4.40	0.0361	3
5-2					

表 9 随机分组与固定分组单因素分析

若我们的将实验按照 $\gamma=5/22$ 、 $9/22$ 、 $21/22$ 、 $17/22$ 、 $13/22$ 的顺序进行分析，从数据看，固定分组与随机分组之间的价格差异越来越大，在实验 1-1 和 1-2 ($\gamma=5/22$) 中，均值差异只有 0.271131，在实验 2-1 和 2-2 ($\gamma=9/22$)、3-1 和 3-2 ($\gamma=21/22$)、4-1 和 4-2 ($\gamma=17/22$)、5-1 和 5-2 ($\gamma=13/22$) 中，均值差异分别为 0.500446、0.878423、2.08289 和 2.4933。在固定分组中，博弈双方的不信任感越来越强，彼此之间的冲突不断增大。固定分组设置的博弈次数是随机分组设置博弈次数的 5 倍之多，多次博弈不但没有促进合作，反而强化了冲突，这与理论的推演结果相悖。这可能与人类行为特征——合作的开始和过程的冲突累积——有关，合作是人们交往的基本出发点，人们具有合作的意愿，并且是按照合作进行行动，但惩罚机制强化了不合作行为。通过实验结果发现，被试采取的不合作惩罚措施基本上是过度针锋相对策略，只要对方出价比自己的低，就在下轮实验中比对方出价更低，有的被试甚至不惜损失自己的利益来报复对方的背叛行为（如个别被试甚至出价 1，这也是一种社会偏好的表现）。

在固定分组实验中，两个被试一直进行重复博弈，在前期由于利益冲突和过度的惩罚，造成了互相之间的不信任，在随后的实验中，延续了前期的不合作行为。在随机分组实验中，每个实验设置开始，大家都希望获得更好的利益，博弈双方既想合作，又相互戒备，防止背叛行为对自己的损失。博弈双方之间的冲突有一个逐渐积累的过程，由于随机分组实验的交往期数比较少，博弈双方之间的冲突还没有积累到固定分组实验的程度，因此，博弈平均价格比较高。

3.3 惩罚策略为针锋相对

在一般的理论模型中，一般假设博弈双方采取冷酷策略，即如果博弈一方没有采取合作行为，那么另一方将在今后所有的博弈中采取不合作行为。在我们的实验中，我们发现博弈双方并没有采取冷酷策略，绝大部分被试采取的是针锋相对策略^①。表 10 中数据显示了不同实验设置中，被试本时段报价与上时段报价差异的平均值。对不合作行为进行惩罚是人类的一种普遍行为，被试对于不合作行为，普遍采取了惩罚行为。

实验	产品差异度 γ	实验时段数	与上时段报价之差绝对值均值	标准差	最小值	最大值
1-1	5/22	280	3.041199	3.229648	0	22
2-1	9/22	280	1.659176	2.014968	0	11

^① 我们这里所称的针锋相对策略是广义针锋相对策略，包括针锋相对策略（与对方上一时段报价相同），过度针锋相对策略（比对方上一时段报价低），弱针锋相对策略（观测 1-2 时段，再实施针锋相对策略）等。

3-1	13/22	280	2.322097	3.35847	0	21
4-1	17/22	280	3.47191	4.250847	0	22
5-1	21/22	280	7.074906	7.75191	0	42
1-2	5/22	480	2.804825	2.751874	0	23
2-2	9/22	480	2.054825	2.696204	0	14
3-2	13/22	480	3.010965	5.121587	0	32
4-2	17/22	480	3.451754	4.606001	0	28
5-2	21/22	480	6.758772	8.626749	0	45

表 10 第二方惩罚强度

实验结果还表明，惩罚的强度与产品差异度存在正向关系。除了在 1-1、2-1 实验设置中，由于被试之间学习效应的影响以外，在其他不同产品差异程度的实验设置中，随着产品差异度的减少而惩罚强度在增加。在 γ 分别等于 9/22、13/22、17/22、21/22 时，固定分组实验中下时段报价与上时段报价的差值的平均值分别为 1.659176、2.322097、3.47191、7.074906；随机分组实验中下时段报价与上时段报价的差值的平均值分别为 2.054825、3.010965、3.451754、6.758772。

随着产品差异度的减少，背叛带来的收益就越大，这可能激励背叛行为；而加大惩罚强度，使背叛行为面临较大的损失，防止背叛行为的发生。所以，为了促进合作，随着产品差异度的减少，博弈双方之间对背叛行为的惩罚强度就越大。

3.4 折现对共谋的影响

在理论模型中，折现因子是重复博弈合作行为发生的关键因素，我们的实验中不同时段的折现因子由表 11 列示。我们的实验结果中，并没有检验到折现因子对共谋的影响。

实验时段数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
折现因子	0.90	0.81	0.73	0.66	0.59	0.53	0.48	0.43	0.39	0.35

表 11 定基期折现因子（以第 10 时段为基期）

表 12 列示了折现因子对报价影响的单因素分析结果。在产品差异度 $\gamma=5/22$ 时，未折现均值（每个设置实验前 10 个时段，下同）和折现均值（每个设置实验后 10 个时段，下同）单因素分析 p 值=0.3996，远大于 0.05，这说明未折现均值和折现均值没有明显不同，属于相同的样本集合。在产品差异度 $\gamma=9/22$ 、13/22 时，也存在同样的情况。当 $\gamma=17/22$ 、21/22 时，未折现均值和折现均值存在不同，但差别并不很大。

在实验的第 11 时段开始，收益按不同的折现因子进行折现，每时段的折现因子见表 12（以第 10 时段为基准）。从第 11 时段开始，折现因子不断减小，到第 20 时段，折现因子只有 0.35。但是实验结果表明，在存在折现因子的后 10 时段实验和没有折现因子的前 10 时段实验结果并没有明显区别。这说明被试在进行决策的时候，没有考虑折现因子的影响。这存在三个方面的可能：一是折现因子确实对被试没有影响，被试在决策时，并不将折现因子作为决策变量；二是被试具有“近视眼”效应^①，只关注对方的出价，而忘记了自身的收益；三

^① “近视眼”效应是行为经济学中的一个概念，指决策主体在进行决策时，主要受当前或最近发生事件的

是设定的折现因子过高，没有体现出差别。

实验设置	产品差异度 γ	标准差		均值差异	F 值	p 值
		未折现均值	折现均值			
1-1	5/22	20.792105	20.703947	-.088158	0.71	0.3996
1-2		2.1721536	1.8980568			
2-1	9/22	19.136842	19.138158	.001316	0.00	0.9912
2-2		2.2898552	2.3508173			
3-1	13/22	18.367105	18.239474	-.127632	0.31	0.5758
3-2		4.106067	4.7615632			
4-1	17/22	14.793421	14.194737	-.598684	4.36	0.0370
4-2		5.2107833	5.9440938			
5-1	21/22	14.205263	13.082895	-1.12237	7.74	0.0055
5-2		7.329258	8.3679999			

表 12 折现因子对报价影响的单因素分析

4 主要结论

通过以上分析，我们可以得出如下主要结论。

(1) 产品差异度对博弈平均价格具有重要影响，但其影响不主要是通过共谋来实现的。产品差异度越小，重复博弈纳什均衡区间就越大，博弈中间价格就越低，而实验结果的博弈平均价格在博弈中间价格附近波动，因而实验结果的博弈平均价格随产品差异度降低而减小。

(2) 博弈期数对合作具有反向作用。博弈期数越多，博弈双方发生背叛概率就越大，对背叛行为的惩罚致使冲突扩大，双方的信任不断降低并累积，合作更加困难，博弈价格更低。

(3) 对背叛行为的惩罚具有普遍性，惩罚策略主要是针锋相对策略，惩罚强度随着产品差异度的减小而加强。

(4) 在伯川德双寡头市场中，共谋的形成和稳定都很困难；产品差异度对共谋的稳定性影响不显著。

(5) 0.9 的折现因子与博弈平均价格及其和共谋的关系模糊。

参考文献

- [1] MYONG-HUN CHANG. The Effects of Product Differentiation on Collusive Pricing [J]. International Journal of Industrial Organization, 1991,(9).

影响，很少或没有考虑以前发生事件。

- [2] RAJEEV K. TYAGI. On the Relationship between Product Substitutability and Tacit Collusion [J]. Managerial and Decision Economics, 1999, 6(20).
- [3] ABREU, D. Extremal Equilibrium of Oligopolistic Supergames [J]. Journal Economic Theory, 1986, (34).
- [4] MARCO A. Haan, Lambert Schoonbeek Barbara M. Winkel. Experimental Results and Collusion, The Role of information and Communication, working paper, 2005.
- [5] JAMES W. FRIEDMAN. A Non-cooperative Equilibrium for Supergames [J]. The Review of Economic Studies, 1971, 1(38).
- [6] ENRIQUE FATAS AND JUAN A. MANEZ., Are low-price promises collusion guarantees ? An experimental test of price matching policies [J]. Span Econ Rev, 2007, (9).
- [7] JAMES W. FRIDMAN AND LARRY SAMULSON. Continuous Reaction Functions in Duopolies [J]. Game and Economic Behavior, 1994, (6).
- [8] PLOTT. C., S. SUNDER. Efficiency of Experimental Security Markets with Insider Information: An Application of Rational Expectations Model [J]. Journal of Political Economy, 1982, (90).
- [9] SMITH V. L., G. L. SUCHANEK, A. W. WILLIAMS. Bubbles, Crashes, and Endogenous Expectations in Experimental Spot Asset Markets [J]. Econometrica, 1988, (56).
- [10] R. SELTEN., Bounded Rationality [J]. Journal of Institutional and Theoretical Economics, 1990, (146).
- [11] R. SELTEN. Evolution, Learning, and Economic Behavior [J]. Games and Economic Behavior, 1991, (3).
- [12] R. SELTEN, WULF ALBERS, ROBIN POPE, BODO VOGT. Experimental Evidence for Attractions to Chance [J]. German Economic Review, 2000, (1).
- [13] R. SELTEN, AXEL OCKENFELS. An Experiment on the Hypothesis of Involuntary Truth-Signaling in Bargaining [J]. Games and Economic Behavior, 2000, (33).
- [14] R. DENECKERE. Duopoly Supergames with Product Differentiation [J]. Economics Letters, 1983, (11).
- [15] STEFFEN HUCK, HANS-THEO NORMANN, JORG OECHSSLER. Two Are Few and Four Are Many: Number Effects in Experimental Oligopolies [J]. Journal of Economic Behavior & Organization. 2004, 53.
- [16] WELFORD, C. P. Antitrust: Results from the Laboratory. In Experiments Investigating Market Power [C], ed. By R. M. Isaac, and C. A. Holt, 2002, Jai Elsevier.
- [17] LI JIANBIAO, JU LONG, ZHANG BIN, LI NA, LIU XUGUANG. The Institution Efficiency of Stock Price Limits: An Experimental Analysis on the Two Stocks Market with Continuous Bid [J], Journal of Modern Accounting and Auditing, 2008, (4).
- [18] YUANZHU LU AND JULIAN WRIGHT. Tacit collusion with price matching punishments. 2005, working paper.
- [19] SHAPLEY, L. S. A Value for n-person Games [J]. Annals of Mathematics Study, 1953, (28).

- [20] ANISH SHAN, SHYAM SUNDER. 董事激励与公司业绩——实验的证据[J]. 南开管理评论, 2004, (7).
- [21] 李建标, 邢晓林, 王光荣, 贾荣鹏. 股权分置改革中的网络投票实证与实验研究. 首届(2006·北京)中国管理学年会论文.
- [22] 李维安, 李建标. 基于信息范式中权力主体行为的公司治理机制: 一个理论模型[J]. 南开管理评论, 2002, (2).
- [23] 李维安, 李建标. 股权、董事会治理与中国上市公司的企业信用[J]. 管理世界, 2003, (9).
- [24] 李建标, 王光荣等. 实验市场中的股权结构、信息与控制权收益[J]. 南开管理评论, 2008, (1).
- [25] 李建标, 李晓义等. Nash 谈判解的预测能力——中国被试的实验证据. 南开经济研究[J], 2007, (6).
- [26] 李建标, 李晓义. 产业组织理论的实验研究范式. 产业经济评论[J], 2007, (6).

Tacit Collusion of Firm in Experimental Duopoly with Product Differentiation

Li Jianbiao¹ Wang Guangrong¹ Julong¹ Yu Juan²

(1. Business School of Nankai University, Tianjin 300071, China 2. Economic School of national university of Singapore, Singapore)

Abstract: We study competitive and collusive behaviors of firms in experimental duopoly with product differentiation. First, we analyze Bertrand model with product differentiation, then make experimental test in experimental duopoly. Experimental results show: (1) less product differentiation, lower average game price, and average game prices fluctuate around middle price of Nash supergame equilibrium interval; (2) more game periods, more strong conflict, and this is inconsistent with Folk Theorem; (3) punishment toward defective behaviors is universal behavior; punishment strategy is Tit For Tat, punishment grade is increased with decreasing product differentiation (4) product differentiation is not significant impact with collusion stableness; (5) discount is not significant impact with average game price and collusion.

Keyword: Product Differentiation; Punishment Strategy; Tacit Collusion; Experiment in Lab.

附录 1: 纳什谈判解

设两人合作博弈的合作收益集为 M , $(u^*, v^*) \in M$, u^* 、 v^* 是合作双方都可以接受的最小值。我们把博弈的解 $(u', v') \in M$ 看作是从 M 和 (u^*, v^*) 到 M 的一个映射, 即:
 $(u', v') = F(M, (u^*, v^*))$

Nash 谈判解就是满足如下条件的点 (u', v') 。

N1. (u', v') 满足个人理性和集体理性;

N2. 如果 L 是从 R^2 到 R^2 的正线性变换:

$$L(u, v) = (c_1u + d_1, c_2v + d_2), \quad (c_1, c_2 > 0)$$

则

$$F(L(M), L(u^*, v^*)) = L(u', v');$$

N3. 如果 $N \subset M, (u^*, v^*) \in N$ ，且 $(u', v') \in N$ ，则

$$F(N, (u^*, v^*)) = F(M, (u^*, v^*));$$

N4. 如果 $(u, v) \in M$ ，则 $(v, u) \in M$ ，且如果 $u^* = v^*$ ， $F(M, (u^*, v^*)) = (u', v')$ ，则

$$u' = v'$$

这四个条件称为 Nash 四公理，条件 1 表示 (u', v') 属于合作协议集；条件 2 表示解在正线性变换下的不变性；条件 3 表示若 (u', v') 是某一博弈的谈判解，如果合作收益集扩大，那么新的谈判解或者仍然是 (u', v') 或者是在新加入的点中取得；条件 4 表示如果局中人的地位对称，那么他们的收益相等。

Nash 证明，在以上四个公理下，从 M 和 (u^*, v^*) 可唯一地确定一点 (u', v') 作为谈判解。对于一个具体的问题，可用以下方法求解：在 M 中找一点 (u', v') ，满足 $u' > u^*$ ， $v' > v^*$ ，使得当且仅当 $u = u'$ ， $v = v'$ 时，函数（也称为 Nash 积）

$$\prod(u, v) = (u - u^*)(v - v^*) \text{ 达到最大值。}$$

附录 2: 实验说明（固定分组）

实验说明

你现在参加的是一个有真实货币报酬的经济学实验。该实验研究得到了下列基金项目的支持：国家自然科学基金项目（70672029，主持人：李建标教授）、教育部人文社会科学重点研究基地项目(05JJD630023, 主持人：邢晓林教授)、国家自然科学基金重点项目(70532001, 主持人：李维安教授)、南开大学“985 工程”哲学社会科学创新基地——“中国企业管理与制度创新”研究项目。

本次实验是通过计算机局域网进行的。实验结束后，我们将根据你在整个实验过程中所获得的总点数按照 500 点=1.00 元人民币的比例现场支付给你现金。报酬的高低取决于你在实验中所做的决策。此外，每位实验参加人还将另外得到 10 元人民币的出场费。请不要相互交流，以下是实验说明，请大家仔细阅读，如对实验说明和要求不理解的地方请举手向实验主持人示意。

本实验共进行 5 局，记为 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 ，每局实验的时段数是随机决定的。

实验中，20 个实验参与人被随机分为 10 组，每组两人。在整个实验过程中，实验参与人的分组是不变的。

在本实验中你（实验参加人）是一个厂商，生产成本为零。你的决策是为你的产品定价，以获得收益。你小组中的另一个人与你一样，也是一个厂商，生产成本为零，他也要为自己的产品作出定价。你们面临同一市场。你们各自获得收益取决于你的定价和对方的定价。在决策过程中，你要注意以下具体规则：

1. 你可以在 1-25 数中选择你产品的定价，称之为报价，报价必须是整数；
2. 你的收益取决于**你的报价和对方的报价**，如下表（**价格-收益表**）所示，第一列是你的报价，第一行是对方的报价，表格中其他的数字就是你的收益。对方也将面对相同的表格，但是不同的是，在他的表格中，第一列是他的报价，第一行才是你的报价。例如，如果你的报价是 3，对方的报价是 5，那么对应到表中，你的收入就是 35，但是对方的价格组合却是（5，3），对应到表中，对方的收入是 0；如果你的报价是 6，对方的报价是 3，那么对应到表中，你的收入就是 76，但是对方的价格组合是（3，6），对应到表中，他的收入就是 45；如果你的报价是 2，对方的报价是 4，那么对应到表中，你的收入就是 23，但是对方的价格组合是（4，2），对应到表中，他的收入就是 53.....当每组实验参加者分别选择报价并点击提交之后，在电脑屏幕上每个人都会看到自己本次实验的收益以及对方的报价。

（注意：下面的价格-收入表只是个例表，实验中的价格-收入表的报价范围是 1-25，而不是 1-6。）

3. 在实验过程中，我们将在每局实验开始以前发给每个人一张价格——收益表，五局则是五张表，分别编号为 1-5。每局的**价格-收益表之间是没有联系的。实验开始后，每组实验参与人在本局的实验中都会根据相同的表格进行决策，直到本局结束。**
4. 我们将从每局的第 11 时段开始对实验参加者的收益进行折现，一直到本局结束。也就是说，在每局的第 11 时段开始，实验参与者的最终收益将根据收益表中的收益进行折现，折现率为 0.9。例如，你在第 11 轮实验中的最终收益是表中对应的收益乘以 0.9；你在第 12 轮实验中的最终收益是表中对应的收益乘以 0.9²..... 一直到本局结束。第二局到第五局亦是如此。

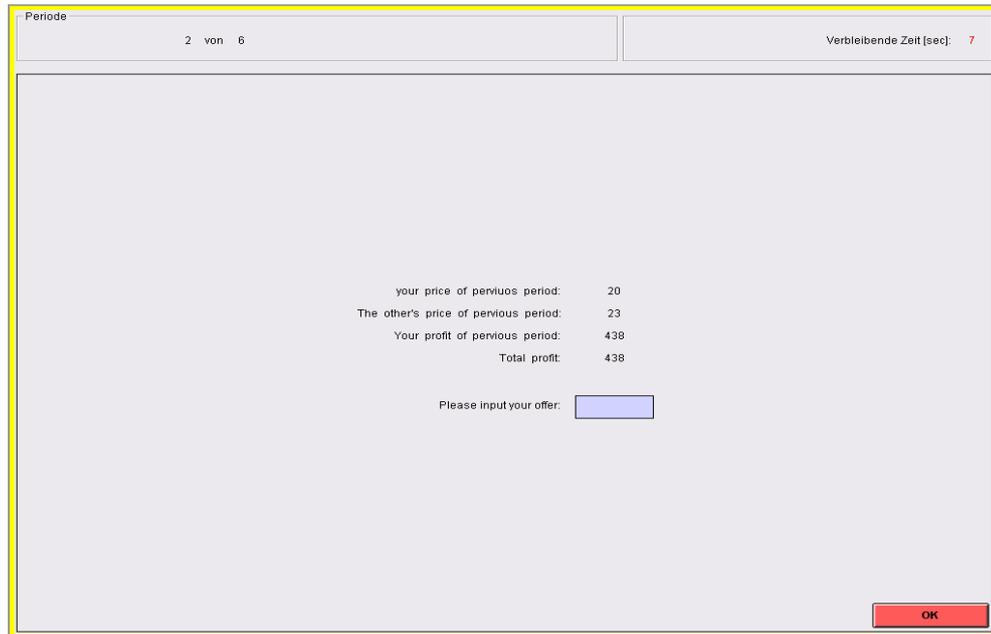
		竞争对手的报价						
		1	2	3	4	5	6	...
你的 报价	1	23	47	65	16	0	0	...
	2	30	49	32	23	34	73	...
	3	45	0	87	65	35	45	...
	4	35	53	0	12	34	13	...
	5	17	48	0	16	34	19	...
	6	32	16	76	0	54	23	...
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

收益表

5. 在整个实验过程中，你们需要在计算机页面上输入所选报价并点击 OK，每个时段的决策时间为 1 分钟。除此之外，请大家不要在键盘上点起任何其他命令，例如“退出”、“后退”、“刷新”等。

如果对以上实验说明的解释有不理解的地方，请大家举手示意。如果没有疑问，我来介绍以下程序界面，请大家看大屏幕。

附录 3: 程序界面



收稿日期: 2008-12-15;

基金资助: 国家自然科学基金面上项目(70672029); 教育部人文社会科学重点研究基地项目(05JJD630023); 国家自然科学基金重点项目(70532001); 南开大学“985工程”哲学社会科学创新基地——“中国企业管理与制度创新”研究项目

作者简介: 李建标(1965-), 男, 山东人, 南开大学商学院、南开大学公司治理研究中心教授, 博士生导师;

王光荣(1969-), 男, 山东人, 南开大学公司治理研究中心博士生;

巨龙(1982-), 男, 陕西人, 南开大学公司治理研究中心博士生;

于娟(1983-), 女, 山东人, 新加坡国立大学经济系博士生。