

文章编号: 1003-207(2004)06-0042-04

二次博弈下供应链的均衡订货批量分析

刘剑虹, 邓益华

(广东工业大学经济管理学院信息管理系, 广州 510090)

摘要: 首先提出了二次博弈下供应商与零售商的四种博弈方式: 静态-静态博弈、静态-动态博弈、动态-静态博弈和动态-动态博弈; 并且分别对四种博弈方式下的均衡做了详细的分析和求解, 同时通过一个实例求得了该博弈下的一个混合战略纳什均衡, 对比一次博弈得到结论: 在正常情况下, 二次博弈较一次博弈而言, 无论供应商、零售商还是整个供应链的成本都高。

关键词: 供应链; 二次博弈; 数量折扣; 混合战略纳什均衡

中图分类号: C931 文献标识码: A

1 引言

供应链管理模式下的数量折扣策略是由于供应链企业间的合作引发利益变动而提出的一种协调方法。国内外的学者对对称信息与非对称信息下的数量折扣策略的均衡都已经做了很深入的研究, 他们在非对称信息下的数量折扣策略的研究中, 认为供应商建立的合同将迫使零售商选择的订货批量是根据它的真实存贮费率确定的, 因为在可选择的订货批量中, 这个订货批量可以使零售商的成本最优。因此从利益角度出发, 零售商必将展示其真实的存贮费率。但我们仔细分析可以发现, 他们的研究有一个隐性前提: 一次博弈, 而在现实中, 由于种种原因, 供应商与零售商的博弈是多次, 此时的数量折扣策略均衡将产生变化。因此本文扩展一次博弈的隐性前提为二次博弈, 对二次博弈下数量折扣策略的均衡进行计算和分析, 通过实例求得正常情况下二次博弈的数量折扣策略的均衡, 进而对二者的均衡做了比较和研究。

2 基本模型

为分析方便, 本模型作如下假设: 1) 供应链只包括一个供应商和一个零售商, 供应商只向零售商提供一种产品; 2) 供应商与零售商为各自独立的经济实体; 3) 供应商采用 lot-for lot 生产策略; 4) 零售商

的需求均匀且连续, 需求速度为常数; 5) 零售商的缺货费用无穷大; 6) 零售商的单位时间单位产品的存贮费 C_h 对于供应商而言是非对称信息, 供应商只知道 $C_h \in (\underline{C}_h, \overline{C}_h)$ 的分布函数 $F(C_h)$ 和分布密度 $f(C_h)$, 为研究方便, 在此设 $F(C_h)$ 为均布分布。

还作如下定义: C_o 表示零售商的一次订单处理和运输成本之和; C_h 表示零售商的单位时间单位产品的存贮费; Q 表示零售商的每次订货量; C_s 表示供应商的一次生产的所有固定成本之和; d 表示零售商对产品的需求速度; 零售商可接受的最高成本为 TC_o^* 。

3 一次博弈下供应链的数量折扣策略

一次博弈下供应链的数量折扣策略均衡如下:
对称信息下数量折扣策略的均衡:

$$Q_{\text{对}} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{C_h}}$$

$$P_{\text{对}}(Q_{\text{对}}) = \frac{C_h Q_{\text{对}}}{2} + \frac{C_o d}{Q_{\text{对}}} - TC_o^*$$

非对称信息下数量折扣策略的均衡:

$$Q_{\text{非}}(C_h) = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{2C_h - \underline{C}_h}}$$

$$P_{\text{非}}(Q_{\text{非}}) = \frac{(C_s - C_o)d}{2Q_{\text{非}}} + \frac{C_h Q_{\text{非}}}{4}$$

$$+ \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2\overline{C}_h - \underline{C}_h)d}{2}} - TC_o^*$$

收稿日期: 2003-09-22; 修订日期: 2004-07-19

作者简介: 刘剑虹(1975-), 男(汉族), 湖南人, 广东工业大学经济管理学院管理学, 教师, 研究方向: 物流与企业信息化管理。

4 二次博弈下供应链的数量折扣策略

4.1 二次博弈的顺序

1) 设该博弈的总时间为 1 年, 分为两个时期 1 和 2, 时期 1 的时间为半年, 时期 2 也为半年。在时期 1 供应商制定一个合同, 该合同包括一系列订货批量 Q 和相应的价格折扣 $P(Q)$ 。零售商将从该合同中选取对自己最有利的订货批量 Q^* , 供应商提供相应的价格折扣 $P(Q^*)$ 。

2) 在时期 2, 则供应商的行动有两种情况: 一是它将根据时期 1 零售商选取的订货批量 Q^* 来推断零售商的存贮费率, 进而改进合同内容以使结果对自己更有利, 这个博弈过程通常称为动态博弈; 二是供应商不对零售商的存贮费率的估计和合同内容进行调整, 这个博弈过程称为静态博弈。由于供应商在时期 2 行动的不确定, 零售商在时期 1 也存在两种选择: 一是它预测供应商将采取静态博弈, 此时它通过选择订货批量展示的存贮费率是其真实的存贮费率; 二是它预测供应商将采取动态博弈, 此时它通过选择的订货批量展示的存贮费率是使它在两个时期的平均成本最优的存贮费率, 而非其真实的存贮费率。

3) 因此在二次博弈下供应商与零售商的博弈方式有四种情况: 一是静态-静态博弈, 即供应商采用静态博弈而零售商也认为供应商将采用静态博弈; 二是静态-动态博弈, 即供应商采用静态博弈而零售商认为供应商将采用动态博弈; 三是动态-静态博弈, 即供应商采用动态博弈而零售商认为供应商将采用静态博弈; 四是动态-动态博弈, 即供应商采用动态博弈而零售商也认为供应商将采用动态博弈。

4.2 供应商动态博弈下零售商展示的存贮费率

在供应商采用动态博弈时, 零售商展示的存贮费率是使其在两个时期的平均成本最优。因此设零售商在时期 1 展示的存贮费率为 C_{h1} , 在时期 1 供应商与零售商之间是信息不对称的, 因此

在时期 1 有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{11} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{2C_{h1} - C_h}}$$

零售商成本

$$TC_{11} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{11}} + \frac{(2C_h - C_h)Q_{11}}{4}$$

$$- \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - C_h)d}{2}} + TC_o^*$$

在时期 2, 供应商将根据零售商在时期 1 的订货批量的选择, 推得零售商的存贮费率为 C_{h1} , 因此供应商认为它对零售商的存贮费率是知道的, 即它认为此时是信息对称, 故有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{21} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{C_{h1}}}$$

零售商成本

$$TC_{21} = TC_o^* + \frac{(C_h - C_{h1})Q_{21}}{2}$$

则有零售商两个时期的平均成本 $TC_{\text{平}} =$

$$\frac{(TC_{11} + TC_{21})}{2}, \text{ 可求得 } C_{h1} \in (C_h, \bar{C}_h) \text{ 范围内, 当}$$

$C_{h1} = \bar{C}_h$ 时零售商的两个时期的平均成本最小, 即零售商将展示的存贮费率为 \bar{C}_h 。

4.3 不同博弈方式下的数量折扣策略

4.3.1 静态-静态博弈

1) 此种情况下, 零售商在时期 1 展示的存贮费率是其真实存贮费率 C_h 。在时期 1, 供应商与零售商信息不对称, 且时期 1 与时期 2 的订货批量一样, 因此有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{11} = Q_{12} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{2C_{h1} - C_h}}$$

零售商成本

$$TC_{o11} = TC_{o12} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{11}} + \frac{(2C_h - C_h)Q_{11}}{4}$$

$$- \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - C_h)d}{2}} + TC_o^*$$

供应商成本

$$TC_{s11} = TC_{s12} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{11}} + \frac{C_h Q_{11}}{4}$$

$$+ \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - C_h)d}{2}} - TC_o^*$$

4.3.2 静态-动态博弈

1) 此种情况下, 零售商在时期 1 展示的存贮费率是使其在时期 1 与时期 2 的总成本最小的存贮费率 C_h 。在时期 1, 供应商与零售商信息不对称, 且时期 1 与时期 2 的订货批量, 因此有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{21} = Q_{22} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{C_h - \underline{C}_h}}$$

零售商成本

$$TC_{o21} = TC_{o22} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{21}} + \frac{(2C_h - \underline{C}_h)Q_{21}}{4} - \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - \underline{C}_h)d}{2}} + TC_o^*$$

供应商成本

$$TC_{s21} = TC_{s22} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{21}} + \frac{C_h Q_{21}}{4} + \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - \underline{C}_h)d}{2}} - TC_o^*$$

4.3.3 动态-静态博弈

1) 此种情况下, 零售商在时期 1 展示的存贮费率是 C_h 。在时期 1 信息不对称, 因此有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{31} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{2C_{h1} - \underline{C}_h}}$$

零售商成本

$$TC_{o31} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{31}} + \frac{(2C_h - \underline{C}_h)Q_{31}}{4} - \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - \underline{C}_h)d}{2}} + TC_o^*$$

供应商成本

$$TC_{s31} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{31}} + \frac{C_h Q_{31}}{4} + \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - \underline{C}_h)d}{2}} - TC_o^*$$

2) 时期 2, 供应商推得零售商的存贮费率为 C_h , 因此供应商认为此时是信息对称, 因此有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{32} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{C_h}}$$

零售商成本 $TC_{o32} = TC_o^*$

$$TC_{s32} = \frac{(C_s + C_o)d}{Q_{32}} + \frac{C_h Q_{32}}{2} - TC_o^*$$

4.3.4 动态-动态博弈

1) 此种情况下, 零售商在时期 1 展示的存贮费率是 C_h 。在时期 1 信息不对称, 因此有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{41} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{2C_h - \underline{C}_h}}$$

零售商成本

$$TC_{o41} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{41}} + \frac{(2C_h - \underline{C}_h)Q_{41}}{4} - \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - \underline{C}_h)d}{2}} + TC_o^*$$

供应商成本

$$TC_{s41} = \frac{(C_o + C_s)d}{2Q_{41}} + \frac{C_h Q_{41}}{4} + \sqrt{\frac{(C_o + C_s)(2C_h - \underline{C}_h)d}{2}} - TC_o^*$$

2) 时期 2, 供应商推得零售商的存贮费率为 C_h , 因此供应商认为此时是信息对称, 因此有:

零售商选取的订货批量

$$Q_{42} = \sqrt{\frac{2(C_o + C_s)d}{C_h}}$$

零售商成本

$$TC_{o42} = TC_o^* + \frac{(C_h - \underline{C}_h)Q_{42}}{2}$$

供应商成本

$$TC_{s42} = \frac{(C_s + C_o)d}{Q_{42}} + \frac{C_h Q_{42}}{2} - TC_o^* - \frac{(C_h - \underline{C}_h)Q_{42}}{2}$$

供应商与零售商的行动不确定, 但所有的行动类型都是知道的, 故他们之间的博弈是一个完全信息静态博弈, 最终的博弈结果将视具体情况而定。

5 实例分析

5.1 基本数据

$C_o = 1000$ 元/次 $C_s = 2500$ 元/次 $C_h = 6$ 元/吨
 $d = 3500$ 吨 $TC_o^* = 6000$ 元 $\underline{C}_h = 5$ 元/吨
 $C_h = 8$ 元/吨

注: 上面的数据都是指单位时间内的数据, 如 $d = 3500$ 吨表示单位时间内的需求量为 3500 吨。则下面的求解也是单位时间内的数据。

5.2 博弈分析

一次博弈下的均衡:

订货批量 $Q_{11} = Q_{12} = 1870.8$ 吨/次
 零售商的平均成本 $TC_{o1} = 4340$ 元
 供应商的平均成本 $TC_{s1} = 7820.7$ 元
 供应链的平均成本 $TC_{总1} = 12160.7$ 元

二次博弈下的均衡:

通过计算, 二次博弈可表示如表 1。

表 1 数量折扣博弈

供应商平均成本(元)		零售商	
零售商平均成本(元)		静态	动态
供应商	静态	7820.7, 4340	7999.3, 4423.8
	动态	6972.4, 5170	8088.9, 4378.8

对上面的博弈进行分析, 该博弈存在一个混合战略纳什均衡。通过计算可得结论:

1. 如果零售商采用静态博弈的概率小于 90.4%, 供应商的最优选择是动态博弈; 如果零售商采用静态博弈的概率大于 90.4%, 供应商的最优选择是静态博弈; 如果相等, 供应商则随机地选择。

2. 如果供应商采用静态博弈的概率小于 90.4%, 零售商的最优选择是动态博弈; 如果供应商采用静态博弈的概率大于 90.4%, 零售商的最优选择是静态博弈; 如果相等, 零售商则随机地选择。

如果双方无什么特殊合同限制或其他因素, 通常情况下零售商和供应商采用静态和动态博弈的概率都是 50%, 因此二次博弈的均衡结果是动态- 动态博弈。

6 结论

6.1 一次博弈实际就是二次博弈的特殊情况, 静态- 静态博弈。

6.2 动态- 动态博弈均衡的供应链总成本在四种博弈方式中最高, 可见二次博弈将导致整个供应链

成本的上升。

6.3 对比一次博弈均衡与二次博弈均衡结果可知, 一次博弈下无论是供应商、零售商还是整个供应链的成本都较二次博弈下的低。

6.4 一次博弈代表的是一种长期稳定的合作关系, 二次或多次博弈则是一种不稳定的合作关系。因此在现实社会中, 供应链中各方应建立一种长期、稳定的合作关系, 减少不必要的猜忌和不确定性, 降低成本, 提高整体效益, 进而提升整个供应链的竞争力。

参考文献:

- [1] Fangruo Chen, Awi Federgyuen, Yu- Sheng Zheng. Coordination Mechanisms for a Distribution System With One Supplier and Multiple Retailers[J]. Management Science, 2001, 47(5): 693- 708.
- [2] Charles J. Corbett, Xavier de Groot. A Supplier's Optimal Quantity Discount Policy Under Asymmetric Information [J]. Management Science, 2000, 46(3): 444- 450.
- [3] Banerjee A. A joint economic- lot size model for purchaser and vendor[J]. Decision Sci., 1986, 17.
- [4] 邵晓峰, 黄培清. 供应链中供需双方合作批量模型的研究[J]. 管理工程学报, 2001, 15(2): 54- 57.
- [5] 陈剑, 蔡连桥. 供应链建模与优化[J]. 系统工程理论与实践, 2001, (6): 26- 32.
- [6] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 三联出版社, 1996.
- [7] Min K. Inventory and quantity discount pricing policies under profit maximization[J]. Oper. Res., 1992, 11.
- [8] Weng K. Channel coordination and quantity discounts[J]. Management Sci., 1995, 41.
- [9] Lee H, Rosenblatt M J. A generalized quantity discount pricing model to increase supplier profit[J]. Management Science, 1986, 32(9).
- [10] Monahan J. A quantity discount pricing model to increase vendor profit[J]. Management Sci., 1984, 30.

The Quantity Discount Policy of Supply Chain under Quadratic Game

LIU Jian hong, DENG Yi hua

(Department of Information Management, College of Economics and Management,
Guangdong Polytechnic University, Guangzhou 510090, China)

Abstract: The paper brings forward four game models under quadratic game: static state- static state game, static state- dynamic state game, dynamic state- static state game and dynamic state- dynamic state game, analyzes the equilibrium under the four game models, at last calculates a mixed strategy Nash equilibrium through an example, and by contrast to the cost under quadratic game and simple game draws a conclusion that under normal condition the cost of supplier, retailer and supply chain under simple game is lower than that under quadratic game.

Key words: supply chain; quadratic game; quantity discount policy; mixed strategy Nash equilibrium