

# 顾客策略行为与风险偏好下供应链利润分享<sup>①</sup>

杨道箭, 齐二石, 魏 峰

(天津大学管理与经济学部, 天津 300072)

**摘要:** 考虑由1个生产商、1个销售商和具有策略行为与风险偏好的顾客群体所组成的供应链. 存在顾客策略行为与风险偏好的情况下, 利用理性预期均衡的相关知识, 分析销售商定价与库存决策, 研究供应链利润分享契约问题. 研究表明: 销售商的利润随着顾客风险偏好程度的增加而减少; 为了缓解利润削减, 销售商需要降低销售价格和订货量, 而不是提高销售价格. 由于顾客行为具有策略性, 利润分享契约中的批发价格应设定在高于生产商生产成本; 同时利润分享契约中的分享参数的存在有利于实现供应链内部的利润再分配, 分享参数的确定往往取决于供应链中各个成员的议价能力.

**关键词:** 顾客策略行为; 风险偏好; 供应链; 利润分享契约; 理性预期均衡

**中图分类号:** F252   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2011)12-0050-10

## 0 引言

在制定季节性产品的销售策略时, 销售商需要综合考虑多方面因素, 如市场环境、库存情况、需求不确定性和顾客行为特征等. 在以往的供应链文献中, 研究人员对市场环境、库存情况和需求不确定性等因素开展了卓有成效的研究, 但顾客行为特征因素却一直被忽略. 这些文献有一个共同的假设, 那就是顾客的被动性, 他们不参与决策. 建立在这个假设基础上所得出的理论研究结果会与实际情况有较大偏差, 因为顾客是主动的, 会趋利避害, 具有策略行为特征<sup>[1-2]</sup>. 所谓“顾客策略行为”, 是指顾客的行为具有策略性, 能够主动选择最大化自身收益的决策方案. 例如顾客在光临某个商家之前会预估能够买到所需产品的可能性, 再综合考虑购物成本, 进而选择是否前去购物; 顾客如果预估所需产品在不久的将来有降价的可能性, 他就有可能持币待购, 等产品降价时再购买, 从而最大化个人剩余. 除了策略行为, 顾客

决策时也具有风险偏好行为特征<sup>[3-4]</sup>. 在现实中, 不同消费者的风险偏好不同: 有些消费者属于风险厌恶者, 有些属于风险中立者, 而有些则属于风险追求者.

已经认识到上述顾客行为的重要性<sup>[5]</sup>, 并且最近开始将它导入到运营管理的研究之中. Lai等<sup>[6]</sup>分析了存在顾客策略行为情况下, 后期价格匹配对企业利润的影响. Cachon和Swinney<sup>[7]</sup>研究了存在顾客策略行为情况下, 快速补货运营战略对销售商收入的影响. 当顾客具有策略行为特征时, 销售商店内商品的陈列形式会影响顾客关于该商品库存的预期, Yin等<sup>[8]</sup>研究了两种不同陈列形式下销售商的最优定价问题. Liu和van Ryzin<sup>[9]</sup>, Aviv和Pazgal<sup>[10]</sup>研究了基于顾客策略行为与风险厌恶的收益管理问题. 这些文献所研究的都是具有行为特征的顾客与单一销售商之间的关系, 并没有涉及本文所研究的供应链协调问题. Su和Zhang<sup>[11]</sup>的研究与本文紧密相关, 他们将顾客策略行为分析应用到供应链管理的研究中, 研

① 收稿日期: 2010-01-04; 修订日期: 2010-12-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70971095).

作者简介: 杨道箭(1981-), 男, 浙江温州人, 博士, 讲师. Email: dukewindsor@126.com.

究了线性批发价格、回购契约的定价与库存问题。而本文的研究则从以下几个方面有别于 Su 和 Zhang 的研究: 1) 本文全面地考虑了顾客行为, 从二维的角度同时考虑顾客策略行为与风险偏好, 在模型中还考虑到了求廉顾客, 而 Su 和 Zhang 考虑的是一维的顾客策略行为; 2) 本文关注利润分享契约, 而在 Su 和 Zhang 的研究中并没有涉及该契约; 3) 本文研究了供应链中各个成员议价能力对供应链内部利润分配的影响, 而 Su 和 Zhang 的研究没有涉及供应链议价博弈问题; 4) 由于研究的侧重点不同, 本文所取得的研究成果与 Su 和 Zhang 的研究成果有显著区别, 例如他们的研究成果没有涉及顾客风险偏好对销售商利润的影响、利润分享契约中参数的设定等。

近些年, 国内的研究人员也开始关注顾客策略行为对运营管理的影响。李娟等<sup>[12]</sup>通过参数分析和数值模拟, 分析了回购契约下, 顾客策略行为对供应链系统订购量及系统绩效的影响。刘晓峰与黄沛<sup>[13]</sup>研究了存在策略顾客的情况下, 垄断厂商的动态定价和库存问题, 并且表明厂商可以增大顾客买不到产品的风险, 从而减少顾客的等待行为。基于顾客策略行为, 计国君与杨光勇<sup>[14]</sup>研究了最惠顾客保证的价值, 结果显示最惠顾客保证通过创造隐性配给风险诱导顾客提前购买商品。杨道箭等<sup>[15]</sup>依据供货水平, 分析了多种契约形式下供应链绩效, 认为存在顾客策略行为的情况下, 高利润同时伴随着高供货水平。杨慧等<sup>[16]</sup>研究了消费者在行为规则上表现出策略型或短视型的不同特征且估价呈随机分布的市场环境下产品的二阶段动态定价决策问题。在上述研究中, 刘晓峰与黄沛<sup>[13]</sup>, 计国君与杨光勇<sup>[14]</sup>, 杨慧等<sup>[16]</sup>主要研究顾客策略行为对单一企业动态定价和库存的影响; 李娟等<sup>[12]</sup>, 杨道箭等<sup>[15]</sup>则是主要分析顾客策略行为对供应链协调的影响。

本文与研究供应链中利润分享契约的文献也有相关。Fors 等<sup>[17]</sup>研究了利润分享契约如何能有效地协调销售渠道上下游企业之间的运作。赵志刚等<sup>[18]</sup>的研究表明利润分享契约能够很好地协调供应链, 使供应链成员企业全面分享供应链上的收入, 分担成本风险。本文则是在导入顾客行为特征的基础上, 分析供应链利润分享契约的参

数设置, 研究利润分享契约如何协调供应链的运作。

由于本文涉及了供应链末端消费者的风险偏好行为, 所以与目前正在显现的行为运营管理研究<sup>[19-20]</sup>也存在一定的相关性。行为运营管理通过借鉴心理学和行为经济学的相关概念, 在运营管理研究中明确考虑人的行为因素, 例如风险偏好因素。林志炳等<sup>[4]</sup>假设决策者是损失厌恶的情况下, 分析了离散供应链系统中的最优订购策略, 研究了其中的收益共享模型, 发现收益共享契约在损失厌恶下与风险中性情况下的差异。不同于林志炳等的研究, 本文则是同时关注供应链末端消费者的策略行为与风险偏好行为, 所研究的利润分享契约也是有别于林志炳等研究中的收益共享契约。

## 1 模型描述与假设

本文所考虑的供应链由 1 个生产商、1 个销售商和顾客群体组成, 生产商以单位成本  $c$  生产产品, 这些产品经过销售商提供给顾客; 供应链契约相关文献普遍采用类似的供应链假设<sup>[12-13]</sup>, 不同的是本文考虑了销售末端的顾客策略行为与风险偏好。在销售期开始之前, 生产商与销售商制定利润分享契约  $(w, \theta)$ , 其中  $w$  为销售商向生产商订货时单位产品的批发价格,  $\theta$  为分享比例, 即销售商向生产商支付的销售利润比例,  $0 \leq \theta \leq 1$ 。

从销售期开始直到临近销售期末, 销售商向顾客以全价  $p$  销售产品 (在下文中, 这个时期称为“全价期”); 销售期末时, 如果还有剩余库存产品未售出, 销售商以价格  $s$  降价清货 (在下文中, 这个时期称为“清货期”)。如果销售商在全价期售完所有库存产品, 那么顾客在清货期就买不到该产品。

把顾客分成两类, 一类是具有策略行为的顾客, 另一类是只买廉价货的顾客。

1) 具有策略行为的顾客 (在下文中, 称这类顾客为“策略顾客”): 策略顾客意识到有可能在清货期能以打折价格买到产品, 他就需要在全价购买或等待降价购买之间做出选择, 以最大化个人预期效用。假如全价期价格过高, 即使该产品到

期末时候已经售空,他也会选择等待降价购买.这些顾客的需求总量为  $G$ ,  $G$  为随机变量. 单位产品在策略顾客心目中的价值为  $v_H$ .

2) 只买廉价货的顾客(在下文中,称这类顾客为“求廉顾客”): 求廉顾客只在清货期购买产品,单位产品在他们心目中的价值为  $v_L$ ,  $v_L \leq c \leq p \leq v_H$ . 假设这类顾客的总量无穷大.

假设顾客效用函数为  $u(\cdot)$ , 函数表达式为  $u(y) = y^\alpha$ ,  $\alpha > 0$ . 在经济管理研究中,这是较为普遍的风险偏好假设<sup>[9-10]</sup>; 当  $0 < \alpha < 1$  时,消费者属于风险厌恶型,这些消费者厌恶可能买不到所需产品的风险; 当  $\alpha = 1$  时,消费者属于风险中立型; 而当  $\alpha > 1$  时,消费者则属于风险追求型,这些消费者追求购买到削价产品所带来的喜悦.

随机需求  $G$  的分布函数为  $F(g)$ , 且  $\bar{F} = 1 - F$ .  $G$  的密度函数为  $f(g)$ ,  $f(g)$  连续,且  $G$  的分布具有递增故障率,即  $f(g)/(1 - F(g))$  随着  $G$  的增大而增大; 做出这个假设是为了便于求解下文中的模型,平常遇到的很多分布具有递增故障率属性,具有单峰密度曲线的分布通常呈现递增故障率,正态分布就是一个很好的例子<sup>[21]</sup>.

假设事件发生的顺序如图 1 所示. 首先,生产商与销售商建立利润分享契约条款,确定  $(w, \theta)$ ; 接着,销售商制定采购量  $Q$  和销售价格  $p$ ; 然后,产品在全价期按价格  $p$  销售,策略顾客在全价购买或等待降价购买之间做出选择; 如果在全价期后,销售商还有剩余库存,则销售商制定清货价  $s$ , 剩余库存产品在清货期降价清货.

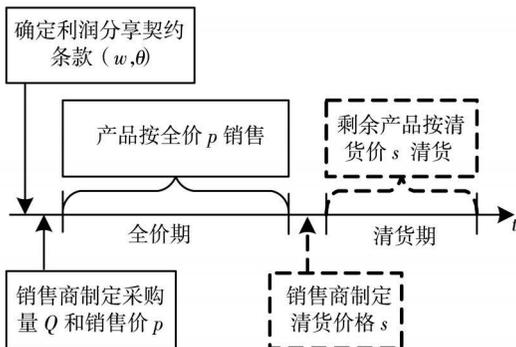


图 1 事件发生顺序

Fig. 1 Sequence of events

## 2 销售商定价与库存决策

根据第 1 节中的事件发生顺序,逆着方向,首先分析销售商在有剩余库存的情况下如何制定清货  $s$ . 易得销售商会设定  $s = v_L$ . 一旦销售商设定  $s$  高于  $v_L$ ,就没有顾客会购买销售商剩余库存产品,因为此时求廉顾客肯定不会购买产品,而策略顾客意识到销售商还有降价的空间,会继续持币待购,直到销售商设定  $s = v_L$ ; 显然,销售商也不会设定  $s$  低于  $v_L$ . 最后销售商的剩余库存会清空,因为求廉顾客的总量足够大.

下面分析全价期销售商与策略顾客之间的均衡问题. 本文采用理性预期假设分析该均衡. 理性预期假设<sup>[22-23]</sup> 由 Muth 于 1961 年首先提出,在经济学领域被广泛应用. 理性预期假设认为经济运行结果与人们的预期不会有系统偏差. 在研究存在顾客策略行为情况下的运营管理问题时,文献 [6, 7, 11, 24] 都采用了理性预期假设. 接下来,在 Su 和 Zhang<sup>[11]</sup> 理性预期均衡分析方法的基础上,研究利润分享契约下的供应链理性预期均衡问题.

策略顾客需要在全价购买或等待清货期购买之间做出选择,以最大化个人预期效用. 假设策略顾客预期能在清货期买到削价产品的可能性为  $\varphi_p$ , 则策略顾客等待清货期购买的个人效用<sup>②</sup>为  $(v_H - s)^\alpha \varphi_p$ , 策略顾客全价购买时的个人效用为  $(v_H - p)^\alpha$ . 因为  $s = v_L$ , 所以策略顾客的最大预期效用就是  $\max((v_H - p)^\alpha, (v_H - v_L)^\alpha \varphi_p)$ . 策略顾客决定在全价期购买的充要条件是

$$(v_H - p)^\alpha \geq (v_H - v_L)^\alpha \varphi_p \Rightarrow p \leq v_H - (v_H - v_L)(\varphi_p)^{1/\alpha}$$

所以销售商此时最高可将价格定在  $v_H - (v_H - v_L)(\varphi_p)^{1/\alpha}$ ; 也就是说,当给定  $\varphi_p$  时,顾客在全价期为购买单位产品所愿意向销售商支付的最高价格为

$$r(\varphi_p) = v_H - (v_H - v_L)(\varphi_p)^{1/\alpha}$$

$r$  是顾客用以最大化个人预期效用的阈值. 当且仅

② 除了风险偏好因素,在一定程度上,顾客效用函数中的  $\alpha$  也可以解释等待降价清货的时间对策略顾客效用的影响. 从全价期到清货期,策略顾客等待耐性越小或者等待成本越高,则  $\alpha$  越小; 策略顾客等待耐性越大或者等待成本越小,则  $\alpha$  越大.

当  $p \leq r$ , 顾客才会选择在全价期购物。

然后, 考虑销售商的决策问题。销售商对  $r$  的理性预期为  $\varphi_r$ , 他需要决定全价期价格  $p$  和销售期初库存量  $Q$ 。显然, 销售商会设定  $p = \varphi_r$ ,  $Q$  为  $Q(p) = \arg \max_Q \Pi^r(Q, p)$ , 其中  $\Pi^r(Q, p)$  为销售商的利润, 上标  $r$  表示销售商。在下文中, 将用上标  $m$  表示生产商, 上标  $s$  表示供应链。根据理性预期假设<sup>[11-22]</sup>, 定义如下的理性预期均衡。

定义 当  $(\varphi_r, r, \varphi_p, Q, p)$  满足以下条件时, 称  $(\varphi_r, r, \varphi_p, Q, p)$  为理性预期均衡

$$\begin{cases} \varphi_r = r, & \text{(i)} \\ \varphi_p = F(Q), & \text{(ii)} \\ r = v_H - (v_H - v_L)(\varphi_p)^{1/\alpha}, & \text{(iii)} \\ p = \varphi_r, & \text{(iv)} \\ Q = \arg \max_Q \Pi^r(Q, p) & \text{(v)} \end{cases}$$

其中, 条件 (i) 要求销售商对  $r$  的预测与  $r$  的实际值一致; 条件 (ii) 要求  $\varphi_p$  与现实中顾客能在清货期买到削价产品的可能性  $F(Q)$  一致<sup>③</sup>; 条件 (i) 和 (ii) 保证该均衡满足理性预期假设; 条件 (iii) 保证在给定预期  $\varphi_p$  的情况下顾客会理性地选择最大化个人预期效用的阈值  $r$ 。条件 (iv) 和 (v) 保证在给定预期  $\varphi_r$  的情况下, 销售商会理性地设定  $p$  和  $Q$  以求最大化自身利润。基于这个理性预期均衡, 可得以下命题。

命题 1 在利润分享契约  $(w, \theta)$  下, 当顾客具有策略行为与风险偏好特征时, 销售商的订货量  $Q$ , 全价期销售价格  $p$ , 以及利润  $\Pi^r$  都随着风险偏好参数  $\alpha$  的增大而减小。

证明 当不考虑分享比例参数  $\theta$  时, 根据经典报童模型, 销售商的利润为

$$\Pi^r = pE[\min(G, Q)] + v_L(Q - E[\min(G, Q)]) - wQ \quad (1)$$

全价期销售收入  
清货期销售收入

式中, 第 1 项为全价期销售收入, 第 2 项为清货期销售收入, 第 3 项为总销售成本。于是, 在利润分享契约  $(w, Q)$  下, 销售商的利润为

$$\begin{aligned} \Pi^r(Q, p) &= (1 - \theta) \{ (p - v_L) \times \\ & E[\min(G, Q)] - (w - v_L)Q \} \\ &= (1 - \theta) \{ (p - v_L) \int_0^Q g f(g) dg + \\ & \int_Q^{+\infty} Q f(g) dg - (w - v_L)Q \} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Pi^r}{\partial Q} = (1 - \theta) [ (p - v_L) \bar{F}(Q) - (w - v_L) ] \quad (3)$$

式(2)  $\Rightarrow$  式(3)

由理性预期均衡条件 (v), 可得  $\frac{\partial \Pi^r}{\partial Q} = 0$ , 所

以有

$$\begin{aligned} (p - v_L) \bar{F}(Q) - (w - v_L) &= 0 \Rightarrow \\ p &= \frac{w - v_L}{1 - F(Q)} + v_L \end{aligned} \quad (4)$$

由理性预期均衡条件 (i)、(ii)、(iii) 和 (iv) 可得

$$p = v_H - (v_H - v_L) [F(Q)]^{1/\alpha} \quad (5)$$

由式(4)和(5)可得

$$\begin{aligned} \frac{w - v_L}{1 - F(Q)} + v_L &= v_H - (v_H - v_L) [F(Q)]^{1/\alpha} \Rightarrow \\ w - v_L &= (v_H - v_L) [1 - F(Q)] \times \\ & \{ 1 - [F(Q)]^{1/\alpha} \} \end{aligned} \quad (6)$$

应用隐函数微分法, 令

$$T(\alpha, F) = (v_H - v_L) [1 - F(Q)] \times \{ 1 - [F(Q)]^{1/\alpha} \} - (w - v_L)$$

可得

$$\begin{cases} T'_\alpha(\alpha, F) = (v_H - v_L) [1 - F(Q)] \times \\ \quad [F(Q)]^{1/\alpha} \alpha^{-2} \ln F(Q), \\ T'_F(\alpha, F) = - (v_H - v_L) \{ 1 - [F(Q)]^{1/\alpha} \} - \\ \quad \frac{1}{\alpha} (v_H - v_L) [1 - F(Q)] [F(Q)]^{1/\alpha - 1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{dF}{d\alpha} = - \frac{T'_\alpha(\alpha, F)}{T'_F(\alpha, F)} = \frac{[1 - F(Q)] [F(Q)]^{1/\alpha} \alpha^{-2} \ln F(Q)}{\{ 1 - [F(Q)]^{1/\alpha} \} + \frac{1}{\alpha} [1 - F(Q)] [F(Q)]^{1/\alpha - 1}}$$

③ 本文假设在清货期时, 策略顾客比求廉顾客优先购买到削价产品。当策略顾客对某个产品感兴趣, 并且急切地等待产品削价时, 他会时刻关注产品价格情况; 一旦产品降价清货, 他就会第一时间去购买削价产品, 也就是说他往往会比求廉顾客优先购买到所需产品。所以, 这个假设是合理的。

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{dF}{d\alpha} = 0, \text{当 } Q = 0 \text{ 时,} \\ \frac{dF}{d\alpha} < 0, \text{当 } Q > 0 \text{ 时} \end{cases} \quad (7)$$

由于  $G$  的分布具有递增故障率, 即  $\frac{f(g)}{1-F(g)}$  随着  $G$  的增大而增大, 又因为  $f(g) \geq 0$ , 所以当  $g > 0$  时,  $f(g) > 0$ . 故  $F(Q)$  与  $Q$  正相关, 又由式 (7) 可知  $Q$  随着  $\alpha$  的增大而减小; 且由式 (4) 可知  $p$  也随着  $\alpha$  的增大而减小.

不失一般性, 不妨假设随着  $\alpha$  由  $\alpha_1$  增大为  $\alpha_2$ ,  $Q$  由  $Q_1$  减小为  $Q_2$ ,  $p$  由  $p_1$  减小为  $p_2$ . 当  $\alpha = \alpha_1$  时, 销售商利润为  $\Pi_1^r$ ; 当  $\alpha = \alpha_2$  时, 销售商利润为  $\Pi_2^r$ , 则由式 (2) 和式 (3) 得

$$\begin{aligned} \Pi_1^r &= (1 - \theta) \{ (p_1 - v_L) E[\min(G, Q_1)] - (w - v_L) Q_1 \} \\ &> (1 - \theta) \{ (p_1 - v_L) E[\min(G, Q_2)] - (w - v_L) Q_2 \} \\ &> (1 - \theta) \{ (p_2 - v_L) E[\min(G, Q_2)] - (w - v_L) Q_2 \} \\ &= \Pi_2^r \end{aligned}$$

所以, 销售商利润  $\Pi^r$  同样随着风险偏好参数  $\alpha$  的增大而减小. 证毕.

策略顾客的风险偏好影响着他的个人效用函数, 进而影响他的购物时机决策. 虽然随着策略顾客风险偏好程度的增加, 销售商的利润会随之降低, 但是销售商可以通过适当地降低期初库存量和全价期销售价格, 来引导策略顾客在全价期购物, 从而减小利润损失程度. 这个发现有别于以前对销售定价与订货量的认识, 传统的经济管理理论鲜有建议同时降低订货量和销售价格来保持或提高利润. 随着消费者受教育程度的增加、信息技术的发展, 顾客在购物行为中表现出越来越强的策略性, 但顾客的决策风险偏好相对稳定, 不易改变. 所以, 销售商通过掌握顾客群体的风险偏好, 可以降低由顾客策略行为所引致的利润损失.

### 3 供应链利润分享契约

当供应链中的生产商与销售商之间执行线性

批发价契约时, Su 和 Zhang<sup>[11]</sup> 研究了其中最优批发价格的取值范围, 本文把它作为引理, 表述如下.

**引理** 当顾客需求分布具有递增故障率属性, 且销售商订货量  $Q$  与批发价  $w$  的关系为一对一映射时, 则存在唯一的最优批发价  $w^* \in (c, v_H)$ , 使得供应链整体利润达到最大.

在利润分享契约  $(w, \theta)$  下, 供应链中的生产商和销售商通常会先确定最优的批发价格  $w^*$ , 使供应链整体绩效达到最优; 之后再根据双方的议价能力, 确定分享比例  $\theta$  实现供应链内部利润再分配. 此时, 生产商利润为

$$\Pi^m = Q(w - c) + \theta \{ (p - v_L) \times E[\min(G, Q)] - (w - v_L) Q \} \quad (8)$$

供应链利润为

$$\Pi^s = (p - v_L) E[\min(G, Q)] - (c - v_L) Q \quad (9)$$

在前一节销售商与顾客理性预期均衡的基础上, 可以得到以下有关利润分享契约  $(w, \theta)$  中批发价格  $w$  的命题.

**命题 2** 在利润分享契约  $(w, \theta)$  下, 1) 销售商订货量  $Q$  随着  $w$  的增大而减小, 2) 由于策略顾客行为, 存在唯一的  $c < w^* < v_H$ , 使供应链整体利润达到最大值.

**证明** 由式 (6), 应用隐函数微分法, 令

$$T(w, F) = (v_H - v_L) [1 - F(Q)] \times \{ 1 - [F(Q)]^{1/\alpha} \} - (w - v_L)$$

可得

$$\begin{cases} T_w'(w, F) = -1, \\ T_F'(w, F) = - (v_H - v_L) \{ 1 - [F(Q)]^{1/\alpha} \} - \frac{1}{\alpha} (v_H - v_L) [1 - F(Q)] [F(Q)]^{1/\alpha-1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{dF}{dw} = - \frac{1}{(v_H - v_L)} \times \frac{1}{1 - [F(Q)]^{1/\alpha} + \frac{1}{\alpha} [1 - F(Q)] [F(Q)]^{1/\alpha-1}}$$

$$< 0 \quad (10)$$

由命题 1 的证明过程知  $F(Q)$  与  $Q$  正相关, 又由式 (10) 可得  $Q$  随着  $w$  的增大而减小, 即订货量  $Q$  与批发价  $w$  为一对一的映射关系; 再由引理可

知存在惟一的  $c < w^* < v_h$ , 使供应链整体利润达到最大值。证毕。

在利润分享契约下, 销售商的订货量  $Q$  随着  $w$  的增大而减小, 当  $w = c$  时, 销售商的订货量  $Q$  最大, 供应链的利润为销售商利润的  $1/(1 - \theta)$  倍。文献 [18] 表明, 在有关供应链利润分享契约的文献中一般认为: 生产商应以成本价将中间产品销售给零售商, 这时零售商的利润函数将与供应链系统的利润函数保持协调, 销售商的订货量最大, 才会使整个供应链的绩效达到最优; 这样生产商和销售商才是风险共担, 利益共享; 供应链成员之间才会有深入持续的合作。

然而本文却发现, 由于存在顾客策略行为, 把利润分享契约中的批发价设定在生产商成本价并不是最优的。此时, 销售商不会订购尽可能多的产品, 而是有意削减订货量, 制造库存短缺, 减小策略顾客在清货期买到所需产品的可能性, 引导策略顾客在全价期购物, 从而提高自身利润。所以, 考虑到顾客策略行为, 生产商应该把利润分享契约中的批发价设定在高于生产商成本价格, 同时低于产品在策略顾客心目中价值。

**命题 3** 最优利润分享契约 ( $w^*, \theta$ ) 下, 生产商利润  $\Pi^m > 0$ , 销售商利润  $\Pi^r \geq 0$ ; 随着比例  $\theta$  的变化 ( $0 \leq \theta \leq 1$ ), 有

$$\Pi^m \in [Q(w^* - c), Q(w^* - c) + (p - v_h) \times E(\min(G, Q)) - (w^* - v_h)Q]$$

$$\Pi^r \in [0, (p - v_h)E(\min(G, Q)) - (w^* - v_h)Q]$$

**证明** 由命题 2 知  $w^* > c$ , 因为  $0 \leq \theta \leq 1$ , 又由式 (2) 和式 (8) 易得  $\Pi^m > 0$ ,  $\Pi^r \geq 0$ ; 随着  $\theta$  的取值由 0 增大到 1,  $\Pi^r$  的取值由  $(p - v_h)E(\min(G, Q)) - (w^* - v_h)Q$  减小至 0,  $\Pi^m$  的取值由  $Q(w^* - c)$  增大至  $Q(w^* - c) + (p - v_h)E(\min(G, Q)) - Q(w^* - v_h)$ 。证毕。

基于顾客策略行为, Su 和 Zhang<sup>[11]</sup> 对供应链线性批发价格契约的研究发现, 线性批发价格契约不能很好地分配生产商与销售商之间利润, 以至并不能保证供应链整体绩效达到最优。而利润分享契约则不同, 能在某种程度上较好地对供应链内部利润实现再分配。利润分享契约中分享参

数的存在, 提供了供应链内部利润再分配的机会。分享比例的确定往往取决于供应链中各个成员的议价能力。当供应链由生产商主导时, 分享比例的取值就会较大。随着分享比例的提高, 生产商挤压销售商利润的程度也在加剧。当分享比例达到最大值 1 时, 销售商的保留利润为零, 生产商取走了整体供应链的全部利润。相反地, 当供应链由销售商主导时, 分享比例就会较低, 直至达到最小值 0, 这样利润分享契约就简化为线性批发价格契约, 销售商向生产商的总支付为单位产品批发价格与订货量的乘积。

Nash 最早研究了纳什议价博弈 (Nash bargain game), 提出了纳什议价解 (Nash bargain solution)。之后, 众多学者发展了纳什议价博弈<sup>[25-29]</sup>。本文采用广义纳什议价博弈 (generalized Nash bargain game)<sup>[30]</sup>, 分析供应链利润分享中受议价能力影响的议价博弈问题。假设生产商提出的利润分享比例为  $x_1$ , 销售商提出的分享比例为  $x_2$ , 则利润分享契约中的广义纳什议价解为

$$\arg \max_{x_1 \geq d_1, x_2 \geq d_2, 1 \geq x_2 \geq x_1} (x_1 - d_1)^\mu (1 - x_2 - d_2)^\lambda \quad (11)$$

式 (11) 中的  $d_1, d_2$  分别为生产商和销售商的谈判破裂点, 即他们在议价失败时各自能获得的效用。假设生产商和销售商的谈判破裂点都为零, 因为在本文的情境中, 一旦谈判破裂, 他们将得不到任何利益。在分析装配供应链中的议价问题时, Nagarajan 和 Bassok<sup>[29]</sup> 同样假设谈判双方的谈判破裂点为零。式 (11) 中的指数  $\mu$  和  $\lambda$  代表了供应链上下游企业的议价能力, 且  $\mu + \lambda = 1$ 。例如, 当谈判破裂点为零时, 广义纳什议价解中生产商所取得的利润比例为  $\mu$ , 销售商取得的利润比例为  $1 - \mu = \lambda$ 。

通过引入承诺策略, Muthoo<sup>[31-32]</sup> 对指数  $\mu$  和  $\lambda$  所代表的议价能力进行了很好的分析与阐释。所谓承诺策略, 是指议价双方在谈判的时候都宣称自己至少要取得多大份额的利润。定义  $z_i$  为议价各方的承诺利润份额, 下标  $i \in \{m, r\}$ , 分别代表生产商和销售商。同时, 议价各方也可以在议价的过程中取消这些承诺, 但取消这些承诺需要付

出一定的成本,例如信用降低等.定义  $U_i(x_i, z_i)$  为议价方  $i$  做出  $z_i$  承诺后取得利润比例  $x_i$ , 而最终获得的效用

$$U_i(x_i, z_i) = x_i - \max\{0, k_i(z_i - x_i)\}, \quad k_i > 0 \quad (12)$$

式(12)中的  $k_i$  为承诺罚系数.议价方  $i$  所获得的效用等于议价方  $i$  所实际获得的利润比例减去取消承诺而花费的成本(如果取消的话).根据 Muthoo<sup>[31]</sup> 的研究可知,生产商和销售商在议价中的惟一纳什均衡承诺为

$$(z_m, z_r) = \left[ \frac{1+k_m}{2+k_m+k_r}, \frac{1+k_r}{2+k_m+k_r} \right]$$

这个承诺也是最终议价各方所获得的利润份额.可以看出,议价各方最终所获得的效用随着自身的承诺罚系数的增大而增大,并且随着对方承诺罚系数的增大而减小.议价博弈中的这种承诺往往显示了博弈各方的议价能力.当生产商和销售商的谈判破裂点都为零时,式(11)就简化为

$$\arg \max_{\substack{x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0}} (x_1)^\mu (1-x_2)^\lambda \quad (13)$$

根据 Muthoo<sup>[32]</sup> 的研究结果,可得式(13)中的  $\mu = (1+k_m)/(2+k_m+k_r)$ , 于是可得以下有关议价能力与利润分享比例  $\theta$  的命题.

**命题4** 根据生产商和销售商的议价能力,在议价均衡解中

1) 利润分享契约中的分享比例为

$$\theta = \frac{1+k_m}{2+k_m+k_r}$$

分享比例  $\theta$  随着生产商承诺罚系数  $k_m$  (生产商议价能力) 的增大而增大, 随着销售商承诺罚系数  $k_r$  (销售商议价能力) 的增大而减小;

2) 生产商利润和销售的利润为

$$\Pi^m = Q(w^* - c) + \frac{1+k_m}{2+k_m+k_r} \times [(p - v_L)E(\min(G, Q)) - (w^* - v_L)Q],$$

$$\Pi^r = \frac{1+k_r}{2+k_m+k_r} \times [(p - v_L)E(\min(G, Q)) - (w^* - v_L)Q]$$

3) 当  $k_m = k_r$  时,  $\theta = 0.5$ , 此时的议价博弈就

简化为经典的纳什议价博弈.

值得一提的是, 利润分享契约中利润再分配的流动方向是单一的, 再分配的利润只能从销售商流向生产商. 当供应链由生产商主导时, 很显然生产商会满足于这种利润再分配单向流动机制, 所以也就能保证最终供应链整体绩效达到最优. 而当供应链由销售商主导时, 即使分享比例为 0, 他也可能不满足于这种单方向流动的利润再分配机制. 所以此时销售商在最大化自身利润的前提下, 他的订货量就不一定会使供应链整体绩效达到最优. 优秀的供应链契约有两个条件: 一是能够协调供应链各方, 使供应链整体绩效达到最优; 二是能够在内部很好地分配供应链整体利润<sup>[33]</sup>. 可见, 利润分享契约在一定程度上优越于线性批发价格契约. 可是当销售商在供应链中占强势地位时, 利润分享契约就与线性批发价格契约面临同样的困境.

## 4 算例讨论

本节将在前面理论分析的基础上进行数值实验. 采用正态分布模拟顾客需求分布情况, 正态分布对顾客需求具有良好的模拟性能, 且满足递增故障率假设<sup>[21]</sup>. 假设顾客需求服从  $N(100, 1600)$  的正态分布,  $v_H = 20, v_L = 5, c = 10$ . 风险偏好参数  $\alpha$  有 0.5、1 和 2 共 3 种取值, 分别代表风险厌恶、风险中立和风险追求 3 种风险偏好. 利润分享契约中的批发价格  $w$  的取值由 10 递增至 20. 这是为了便于分析销售商定价、库存和供应链利润随着顾客风险偏好参数  $\alpha$  和利润分享契约中批发价格  $w$  的变化情况, 同时验证命题 1 与命题 2. 参数  $\alpha$  与  $w$  不同组合下的销售商定价、库存和供应链利润如表 1 所示.

正如本文中命题 1 所指出的, 销售商的订货量  $Q$  和全价期销售价格  $p$  都随着风险偏好参数  $\alpha$  的增大而减小, 而且, 在算例中, 供应链整体利润也随着风险偏好参数的增大而减小. 表 1 显示, 本算例中利润分享契约中批发价格的最优值  $w^* = 15$ , 处于  $c$  与  $v_H$  的中间位置, 且销售商订货量  $Q$  随着  $w$  的增大而减小, 这验证了命题 2.

表 1 参数不同组合下的销售商定价、库存和供应链利润

Table 1 Seller's price and inventory and supply chain profit of various parameter combinations

订货量与利润		$p$	$Q$	$\Pi^s$	$p$	$Q$	$\Pi^s$	$p$	$Q$	$\Pi^s$
$\alpha$		0.5			1			2		
$w$	10	15.7	103	402.5	13.7	92	230.9	12.0	77	104.6
	11	16.5	98	469.0	14.5	87	292.4	12.8	71	156.1
	12	17.2	93	518.6	15.3	81	341.6	13.6	64	194.8
	13	17.9	88	553.6	15.9	76	377.5	14.3	57	221.5
	14	18.4	82	574.8	16.6	70	402.6	15.1	50	236.1
	15 *	18.8	76	581.7	17.2	64	415.1	15.8	43	236.7
	16	19.2	70	572.3	17.8	57	413.7	16.6	35	220.3
	17	19.5	63	543.5	18.4	50	394.6	17.4	25	180.3
	18	19.8	53	485.4	19.0	41	348.9	18.2	13	102.4
	19	19.9	39	370.5	19.5	27	248.8	20	0	0
	20	20	0	0	20	0	0	20	0	0

注: 星号 \* 表示最优批发价格。

## 5 结束语

本文同时考虑顾客策略行为与风险偏好, 分析利润分享契约, 研究供应链绩效。供应链协调问题为运营管理所重视, 决策风险偏好理论则源于行为经济学<sup>[3]</sup>, 而消费者行为主要属于营销学的研究范围。因此, 本文的研究属于运营管理、行为经济学和营销学的交叉领域。这是个新兴的研究领域, 随着时间的推移, 必将有越来越多的研究成果问世。

通过研究发现, 随着策略顾客风险偏好程度的增加, 销售商的利润会减少, 为了缓解利润削减程度, 销售商需要降低订货量和销售价格。同时,

由于存在策略顾客, 把利润分享契约中的批发价设定在生产商成本价并不是最优的, 生产商应该把批发价设定在高于生产商成本价格, 同时低于产品在策略顾客心目中价值。这不同于以往有关利润分享契约的认识<sup>[18]</sup>。利润分享契约中的分享参数有利于实现供应链成员之间的利润再分配, 分享参数的确定往往取决于供应链中各个成员的议价能力。

现实中, 不仅消费者具有风险偏好, 销售商和生产商也都具有风险偏好属性<sup>[4]</sup>, 所以将来的一个研究方向就是综合考虑供应链中各个节点决策者的风险偏好属性。此外, 后续研究还可考虑顾客策略行为与风险偏好, 分析其他契约形式下供应链绩效问题, 如价格折扣契约、回购契约等。

## 参考文献:

- [1] 倪得兵, 唐小我. 决策柔性的一般定义、模型与价值[J]. 管理科学学报, 2009, 12(1): 18-27.  
Ni De-bing, Tang Xiao-wo. Decision-making flexibility: Definition, model and value[J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(1): 18-27. (in Chinese)
- [2] 倪得兵, 唐小我, 曾勇. 基于消费者柔性行为的两部定价研究[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(3): 15-20.  
Ni De-bing, Tang Xiao-wo, Zeng Yong. The two-part pricing under consumers flexible behaviors[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2004, 24(3): 15-20. (in Chinese)
- [3] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory—Analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 263-291.
- [4] 林志炳, 蔡晨, 许保光. 损失厌恶下的供应链收益共享契约研究[J]. 管理科学学报, 2010, 13(8): 33-41.

- Lin Zhi-bing, Cai Chen, Xu Bao-guang. Revenue sharing analysis of supply chain with loss aversion[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(8): 33-41. (in Chinese)
- [5] Shen Z J M, Su X M. Customer behavior modeling in revenue management and auctions: A review and new research opportunities[J]. *Production and Operations Management*, 2007, 16(6): 713-728.
- [6] Lai G, Debo L G, Sycara K. Buy now and match later: Impact of posterior price matching on profit with strategic consumers[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2010, 12(1): 33-55.
- [7] Cachon G P, Swinney R. Purchasing, pricing, and quick response in the presence of strategic consumers[J]. *Management Science*, 2009, 55(3): 497-511.
- [8] Yin R, Aviv Y, Pazgal A, et al. Optimal markdown pricing: Implications of inventory display formats in the presence of strategic customers[J]. *Management Science*, 2009, 55(8): 1391-1408.
- [9] Liu Q, van Ryzin G J. Strategic capacity rationing to induce early purchases[J]. *Management Science*, 2008, 54(6): 1115-1131.
- [10] Aviv Y, Pazgal A. Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking consumers[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2008, 10(3): 339-359.
- [11] Su X M, Zhang F Q. Strategic customer behavior, commitment, and supply chain performance[J]. *Management Science*, 2008, 54(10): 1759-1773.
- [12] 李娟, 黄培清, 顾锋. 基于顾客战略行为下的供应链系统的绩效研究[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(4): 77-82.
- Li Juan, Huang Pei-qing, Gu Feng. Study on supply chains' performance based on strategic customer behavior[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2007, 15(4): 77-82. (in Chinese)
- [13] 刘晓峰, 黄沛. 基于策略型消费者的最优动态定价与库存决策[J]. *管理科学学报*, 2009, 12(5): 18-26.
- Liu Xiao-feng, Huang Pei. Optimal dynamic pricing and inventory policy under strategic customers[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(5): 18-26. (in Chinese)
- [14] 计国君, 杨光勇. 战略顾客下最惠顾客保证对提前购买的价值[J]. *管理科学学报*, 2010, 13(7): 16-25.
- Ji Guo-jun, Yang Guang-yong. On value of most favored customer guarantees to early purchase when selling to strategic customers[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(7): 16-25. (in Chinese)
- [15] 杨道箭, 齐二石, 姜宏. 基于顾客策略行为的供货水平与供应链绩效[J]. *计算机集成制造系统*, 2010, 16(9): 1984-1991.
- Yang Dao-jian, Qi Er-shi, Jiang Hong. Product availability and supply chain performance based on strategic customer behavior[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2010, 16(9): 1984-1991. (in Chinese)
- [16] 杨慧, 周晶, 宋华明. 考虑消费者短视和策略行为的动态定价研究[J]. *管理工程学报*, 2010, 24(4): 133-137.
- Yang Hui, Zhou Jing, Song Hua-ming. A dynamic pricing model with strategic and myopic consumers[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2010, 24(4): 133-137. (in Chinese)
- [17] Foros O, Hagen K P, Kind H J. Price-dependent profit sharing as a channel coordination device[J]. *Management Science*, 2009, 55(8): 1280-1291.
- [18] 赵志刚, 李向阳, 刘秀华, 等. 面向供应链协调的利润分享契约及其响应方法研究[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(6): 78-85.
- Zhao Zhi-gang, Li Xiang-yang, Liu Xiu-hua, et al. Study on profit sharing contract and response method for supply chain coordination[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2007, 15(6): 78-85. (in Chinese)
- [19] Gino F, Pisano G. Toward a theory of behavioral operations[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2008, 10(4): 676-691.
- [20] 刘作仪, 查勇. 行为运作管理: 一个正在显现的研究领域[J]. *管理科学学报*, 2009, 12(4): 64-74.
- Liu Zuo-yi, Zha Yong. Behavioral operations management: An emerging research field[J]. *Journal of Management Sci-*

- ences in China, 2009, 12(4): 64–74. (in Chinese)
- [21] Block H W, Li Y L, Savits T H. Mixtures of normal distributions: Modality and failure rate[J]. *Statistics & Probability Letters*, 2005, 74(3): 253–264.
- [22] Muth J F. Rational expectations and the theory of price movements[J]. *Econometrica*, 1961, 29(3): 315–335.
- [23] Stokey N L. Rational expectations and durable goods pricing[J]. *Bell Journal of Economics*, 1981, 12(1): 112–128.
- [24] Su X M, Zhang F Q. On the value of commitment and availability guarantees when selling to strategic consumers[J]. *Management Science*, 2009, 55(5): 713–726.
- [25] Nash J F. The bargaining problem[J]. *Econometrica*, 1950, 18(2): 155–162.
- [26] Rubenstein A. Perfect equilibrium in a bargaining model[J]. *Econometrica*, 1982, 50(1): 97–109.
- [27] Roth A. *Handbook of Experimental Economics*[M]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
- [28] Plambeck E L, Taylor T A. Implications of renegotiation for optimal contract flexibility and investment[J]. *Management Science*, 2007, 53(12): 1872–1886.
- [29] Nagarajan M, Bassok Y. A bargaining framework in supply chains: The assembly problem[J]. *Management Science*, 2008, 54(8): 1482–1496.
- [30] Roth A. *Axiomatic Models in Bargaining*[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1979.
- [31] Muthoo A. A bargaining model based on the commitment tactic[J]. *Journal of Economic Theory*, 1996, 69(1): 134–152.
- [32] Muthoo A. *Bargaining Theory with Applications*[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999.
- [33] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations[J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30–44.

## Supply chain profit sharing under strategic customer behavior and risk preference

YANG Dao-jian, QI Er-shi, WEI Feng

College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China

**Abstract:** A supply chain consisting of one manufacturer, one seller, and a group of customers with strategic behavior and risk preference is considered in this paper. Under strategic customer behavior and risk preference, the seller's pricing and inventory decisions are analyzed. Supply chain profit-sharing contract is studied under rational expectations equilibrium. Results show that the seller's profit decreases as customer's risk preference increases, and the seller would have to lower product price and initial inventory so as to mitigate profit reduction. The wholesale price of the profit-sharing contract should be set above manufacturer's marginal production cost because of the existence of strategic customers. Moreover, the sharing ratio parameter within the profit-sharing contract benefits redistribution of the total profit of the supply chain. The bargaining powers of supply chain members determine the sharing ratio parameter.

**Key words:** strategic customer behavior; risk preference; supply chain; profit-sharing contract; rational expectations equilibrium