基于策略消费者风险偏好行为的供应链定价研究

罗新星　陈元元

（中南大学商学院，湖南 长沙　410083）

[摘　要]　考虑策略消费者的风险偏好行为，应用博弈理论探讨了集中化和分散化供应链模型下产品的两阶段定价问题。研究表明，随着策略消费者风险偏好程度的增加，制造商的批发价格不受影响，而零售商的第一阶段价格下降，第二阶段价格上升，且降价和提价的幅度相等，而供应链的总利润随策略消费者的风险偏好程度增加而下降。通过对比集中化和分散化供应链模型发现，无论消费者风险偏好程度如何变化，集中化决策的总利润始终高于分散化决策。

[关键词]　供应链；动态定价；博弈理论；策略型消费者；风险偏好

[DOI 编码]　10.13962/j.cnki.37-1486/f.2018.05.008

[中图分类号]F272.3　　[文献标识码]A　　[文章编号]2095-3410(2018)05-0073-11

一、引言

策略消费者，是指以效用最大化为决策目标，选择在效用最大化的阶段进行产品购买的消费者[1]。当其预期到所需商品后期会有促销活动，便会选择延迟购买。延迟购买虽然获得了以低价购买商品的好处，但会面临缺货风险。例如，消费者预期到淘宝“双十一”会有大型促销活动，便会提前将所需购买的商品加入购物车，等待至活动开始时再购买，从而获得低价购买商品的好处。但是，当其所需购买的某商品的库存数不足以满足 “双十一”的所有客户需求，便会面临缺货风险。根据策略消费者面对该风险的不同态度，可将其分为三类[2]：风险规避型，风险追求型和风险中性型。风险规避型，是指消费者害怕买不到所需商品造成的损失，若得知折扣期存在缺货风险便会提前购买。风险追求型，是指消费者追求低价获得商品带来的快感，即使得知折扣期存在缺货风险依然选择延迟购买。风险中性型，介于前两者之间，是指消费者会较为理性地选择购买时机。由此可见，消费者的策略行为和风险偏好行为都会影响其购买决策，进而影响供应链的定价和收益。以往关于供应链定价方面的研究，仅考虑了消费者的策略行为，而忽视了风险偏好行为。这种基于消费者为风险中性型假设下得出的研究结论，会使供应链商家的决策系统性地偏离利润最大决策点，从而说明未考虑消费者风险偏好行为而得到的定价策略并非最优。因此，为制定更加科学合理的供应链定价决策，须同时考虑消费者的策略行为和风险偏好行为。

[基金项目]国家自然科学基金重点项目“面向环境管理的嵌入式服务决策支持理论与平台”（71431006/G0112）

[作者简介]罗新星（1956-　），男，湖南桃源人，中南大学商学院教授、博士生导师。主要研究方向：供应链管理、企业运营与收益管理。

关于消费者策略行为的研究是近几年的热点,主要探讨该行为对商家定价和收益的影响。最早 Coase(1972)[3]提出面对策略型消费者的等待行为,即使是垄断厂商也被迫采取边际成本定价方式, 随后该结论得到验证 [4]。Su(2007)[5],杨慧等(2010)[6]研究表明,随着策略型消费者比例的增加,零售商的定价随之下降。Kremer 等(2017)[7]进一步论证了策略型消费者比例会系统地调节商家的最优定价结构,当其比例超过某个临界值时,零售商就会提供相对较小的后期降价;反之,就会提供相对较大的降价。Dasu 等(2010)[8]通过研究垄断厂商在有限的时间范围内销售易变质产品的动态定价策略,发现发布和不确定定价策略都不占主导地位。Papanastasiou 等(2017)[9]探讨了在预先宣布和响应性定价情况下,社会学习过程虽然加剧了消费者的策略行为,但都会使商家的利润增加。此外,还有部分学者研究发现,忽视消费者的策略行为 [10]或策略消费者的参考效应 [11]会给商家带来巨大损失。Liu 等(2013)[12]研究了产品存在差异的两个商家的动态定价竞争,发现商家的利润随消费者策略行为的增加而减少,但高质量商家的损失要明显少于低质量商家。

关于风险偏好行为的研究较少,主要分为两类:一类是考虑消费者风险偏好行为的定价研究。徐贤浩等(2012)[13]研究表明,随着消费者风险规避程度的增加,第二阶段的价格折扣增大。Du 等(2015) [14]研究发现,随着策略消费者风险偏好程度增加,零售商的定价和利润都随之下降。另一类是考虑厂商风险偏好行为的定价研究。李贺等(2012)[15]研究发现,消费者的策略行为扩大了厂商收益的不确定性风险,故风险敏感型的厂商定价趋于保守。

关于供应链的研究主要分为两类:一类是供应链的定价研究。曹晓刚等(2015)[16]基于消费者的渠道偏好,研究了双渠道闭环供应链的定价及协调决策,研究发现消费者的渠道偏好与直销价格成正比,而与零售价格成反比,与批发价格无关,并通过联合价格机制和利润分享机制实现了供应链的协调。高举红等(2017)[17]探究了在需求不确定下,基于再制造竞争的闭环供应链定价问题,发现了在一定范围内,随着再制造程度的增加,闭环供应链的批发价格和销售价格均下降。另一类是供应链的优化研究。杨仕辉等(2016)[18]基于碳配额的不同分配机制,研究了供应链的碳减排优化策略,发现免费分配机制下的供应链碳减排的成效最佳。桑秀丽等(2016)[19]探讨了在集中化决策和分散化决策下,基于政府补贴的养老服务供应链资源分配问题。研究发现,集中决策下的养老服务水平优于分散化决策,可实现供应链资源分配最优。隋博文(2017)[20]深入分析了跨境农产品供应链优化、联盟绩效和关系稳定性三者的内在机理与逻辑,为其构建了一个新的理论框架。

综上所述,目前有不少考虑消费者的策略行为的供应链定价研究,也有少数考虑供应链成员风险偏好的定价研究,但从未涉及同时考虑消费者策略行为和风险偏好行为的供应链定价研究。因此,本文基于策略消费者的风险偏好行为来进行供应链定价研究,具体思路如下:首先,根据策略消费者对缺货风险持有不同偏好来构造效用函数;然后,分别构建了集中化和分散化决策下的供应链模型,应用博弈理论求解出各模型下的最优定价;最后,对比分析了策略消费者的风险偏好行为对各模型下的供应链最优决策的影响,并为供应链成员在不同市场情境下的定价决策提供相应的指导建议。

二、问题描述与基本假设

考虑包含单个制造商和单个零售商的二级供应链模型,销售单一商品,库存有限。商品分

为两阶段销售:第一阶段为全价期;第二阶段为折扣期。例如,手机、家电、汽车等产品,由于产品更新换代快,生命周期短,故制造商生产有限,前期高价出售,后期低价清仓。制造商产量有限是从最大化自身收益角度出发,若生产过多,易造成产品积压占用库存而导致利润受损;若生产过少,则会减少原本可获得的销售利润。前期高价出售是为攫取超额利润,而后期折价清仓是为尽快处理库存,回笼资金。

构建两种决策模型:集中化决策和分散化决策模型。在集中化决策下,首先,供应链基于消费者响应决策的预期,给出商品的销售价格$\{P_1,P_2\}$ $(P_1 \geq P_2)$。然后,消费者根据销售价格和自身对商品的估值,做出购买决策。在分散化决策下,制造商为博弈的领导方。首先,制造商基于对零售商和消费者响应决策的预期,给出商品的批发价格 w。随后,零售商根据制造商的批发价和预期消费者的响应决策,给出商品的销售价格$\{P_1,P_2\}$ $(P_1 \geq P_2)$。最后,消费者根据销售价格和对商品的估值,做出购买决策:是否购买和在哪阶段购买。

假设消费者总体标准化为 1,其中策略型消费者和短视型消费者的比例分别为 α,$1-\alpha$,并假设策略型消费者具有风险偏好行为。短视型消费者的决策原则:当商品的售价不高于估值时,选择购买。策略型消费者的决策原则:比较两阶段的消费者效用,选择在效用最大的阶段进行购买。消费者对同一商品的估值具有异质性和独立性,估值为 v,服从区间[0, 1]的均匀分布,且每位消费者至多购买一件商品。消费者的效用函数如下[1]:(注:取 $\lambda=1$ 时,为短视型消费者的效用函数)

$$U(x)=\begin{cases} (v-p_1)^{\lambda},\text{消费者在全价期购买} \\ \beta\ (v-p_2)^{\lambda},\text{消费者在折扣期购买} \end{cases} \tag{1}$$

假设实行零补货机制,由于库存有限,从而选择延迟购买的消费者会面临缺货风险。$\beta(0<\beta<1)$表示消费者预估第二阶段获得商品的概率。$\lambda(\lambda>0)$表示消费者的风险偏好系数,$0<\lambda<1$ 风险规避型,$\lambda=1$ 风险中立型,$\lambda>1$ 风险追求型。符号定义如表 1 所示。

表 1 符号定义

符号	定义
P_i	第 i(i=1,2) 阶段商品的销售价格$(P_1 \geq P_2)$;
c w	制造商的生产成本; 制造商的批发价格;
α v	策略型消费者所占比例$(0<\alpha<1)$; 消费者对商品的估值,在[0, 1]上服从均匀分布;
v_r	策略型消费者在全价期购买商品的临界估值点;
U(x) λ	消费者的效用函数; 策略型消费者风险偏好系数$(\lambda>0)$;
β	消费者预估在第二阶段获得商品的概率$(0<\beta<1)$;
$Q_i(s)$	第 i(i=1,2) 阶段发生购买行为的策略型消费者集合;
$Q_i(m)$	第 i(i=1,2) 阶段发生购买行为的短视型消费者集合;
Π_M,Π_R Π^c,Π^d	制造商的利润,零售商的利润; 集中化决策下的总利润,分散化决策下的总利润;

三、消费者决策

根据短视型消费者的购买决策原则:商品估值不大于售价,便选择购买。

零售商设置价格$\{P_1,P_2\}$,短视型消费者在全价期和折扣期购买的条件分别为:$v\geq P_1$,$v\geq P_2$。故短视型消费者在第一、二阶段购买人数分别为:

$$Q_1(m)=(1-\alpha)(1-P_1),Q_2(m)=(1-\alpha)(P_1-P_2) \tag{2}$$

根据策略型消费者购买决策原则:权衡各阶段的效用,选择在效用最大的阶段购买。

零售商设置价格$\{P_{1,}P_2\}$,策略型消费者在全价期和折扣期进行购买的效用分别为$(v-P_1)^\lambda$、$\beta(v-P_2)^\lambda$。策略型消费者在第一、第二阶段购买的条件分别为:

$$(v-P_1)^\lambda\geq\max\{0,\beta(v-P_2)^\lambda\},\beta(v-P_2)^\lambda\geq\max\{0,(v-P_1)^\lambda\} \tag{3}$$

从式(3)可看出,策略消费者的风险偏好行为 λ 对其购买决策产生了影响。消费者的购买决策如命题 1 所示。

命题 1 已知零售商的价格策略$\{P_{1,}P_2\}$,短视型消费者的购买决策:估值 $v\in[P_1,1]$时,全价期购买;$v\in[P_2,P_1]$时,折扣期购买。策略型消费者的购买决策:估值 $v\in[v_r,1]$时,全价期购买;$v\in[P_2,v_r]$时,折扣期购买。其中v_r为策略型消费者选择在全价期购买商品的临界估值点,满足条件$v_r=\dfrac{P_1-P_2\beta^{1/\lambda}}{1-\beta^{1/\lambda}}$。

证明:短视型消费者的购买决策:由式(2)知,$v\in[P_1,1]$时,全价期购买;$v\in[P_2,P_1]$时,折扣期购买。

策略型消费者的购买决策:

由式(3)知:因为 $\lambda>0,0<\beta<1,P_1\geq P_2$,所以$\begin{cases}(v-P_1)^\lambda\geq0\\(v-P_1)^\lambda\geq\beta(v-P_2)^\lambda\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}v\geq P_1\\v\geq\dfrac{P_1-P_2\beta^{1/\lambda}}{1-\beta^{1/\lambda}}\end{cases}$,令$v_r=\dfrac{P_1-P_2\beta^{1/\lambda}}{1-\beta^{1/\lambda}}$,又因为$v_r-P_1=\dfrac{(P_1-P_2)\beta^{1/\lambda}}{1-\beta^{1/\lambda}}>0$,故策略型消费者在全价期购买的条件为:$v\geq v_r$。

$\begin{cases}\beta(v-P_2)^\lambda\geq0\\\beta(v-P_2)^\lambda\geq(v-P_1)^\lambda\end{cases}\Rightarrow P_2\leq v\leq v_r$,又因为$v_r-P_2=\dfrac{P_1-P_2}{1-\beta^{1/\lambda}}>0$,故策略型消费者在折扣期购买的条件为:$P_2\leq v\leq v_r$。

由上可知,v_r为策略型消费者在全价期购买商品的临界估值点。当 $v\in[v_r,1]$时,策略型消费者在全价期购买;而当 $v\in[P_2,v_r]$时,策略型消费者在折扣期购买。证毕。如图 1 所示。

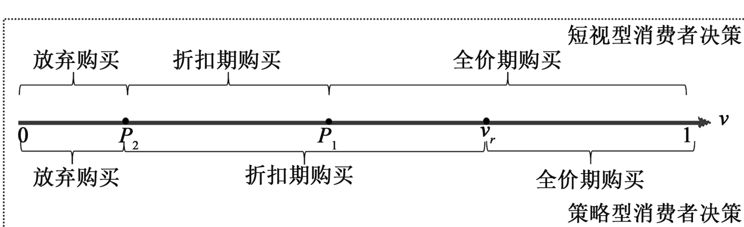

图 1 消费者在不同估值下的决策示意图

故策略型消费者在第一、第二阶段的购买人数为:

$$Q_1(s)=\alpha(1-v_r),Q_2(s)=\alpha(v_r-P_2). \tag{4}$$

由式(2)与式(4)可得:

$$Q_1=Q_1(m)+Q_1(s)=1-(1-\alpha)P_1-\alpha v_r, Q_2=Q_2(m)+Q_2(s)=(1-\alpha)P_1-P_2+\alpha v_r。$$

命题1表明,P_1为短视消费者在全价期购买的临界估值点,而v_r为策略型消费者在全价期购买的临界估值点。当零售商给定不同的价格策略$\{P_1,P_2\}$,随着消费者风险偏好行为系数λ的变化,v_r随之变化,故而策略型消费者购买决策发生变化,从而影响供应链成员的定价和收益。

零售商和制造商以及总供应链的利润函数分别为:

$$\Pi_R=\left[1-(1-\alpha)P_1-\frac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_1-w)+\left[(1-\alpha)P_1-P_2+\frac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_2-w)$$

$$\Pi_M=(1-P_2)(w-c)$$

$$\Pi=\left[1-(1-\alpha)P_1-\frac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_1-c)+\left[(1-\alpha)P_1-P_2+\frac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_2-c) \quad (5)$$

四、供应链最优定价决策

(一)集中化决策

集中化决策下的目标利润函数为:

$$\max_{P_1,P_2}\Pi^c=\left[1-(1-\alpha)P_1-\frac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_1-c)+\left[(1-\alpha)P_1-P_2+\frac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_2-c) \quad (6)$$

模型(6)中第1和第2部分分别为商品在全价期和折扣期的销售利润。模型求解可得命题2。

命题2 集中化决策下,产品两阶段的最优销售价格和最优销量以及总利润分别为:

$$P_1^{c*}=\frac{2+c+[2\alpha(1+c)-(2+c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}, \quad P_2^{c*}=\frac{1+2c+[2\alpha(1+c)-(1+2c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}, \quad Q^{c*}=\frac{2(1-c)[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}, \Pi^{c*}=\frac{(1-c)^2[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}。$$

证明:函数Π^c分别对P_1、P_2求偏导,可得:

$$\frac{\partial\Pi^c}{\partial P_1}=1+(2\alpha-2)P_1+(1-2\alpha)P_2-\frac{2\alpha(P_1-P_2)}{1-\beta^{1/\lambda}}, \frac{\partial\Pi^c}{\partial P_2}=c+(1-2\alpha)P_1+(2\alpha-2)P_2+\frac{2\alpha(P_1-P_2)}{1-\beta^{1/\lambda}},$$

$$\frac{\partial^2_{\Pi^c}}{\partial {P_1}^2}=-2(1-\alpha)-\frac{2\alpha}{1-\beta^{1/\lambda}}, \frac{\partial^2_{\Pi^c}}{\partial {P_2}^2}=-2(1-\alpha)-\frac{2\alpha}{1-\beta^{1/\lambda}}, \frac{\partial^2_{\Pi^c}}{\partial P_1\partial P_2}=1-2\alpha+\frac{2\alpha}{1-\beta^{1/\lambda}}。$$

由上可知:因为 $A<0$,且 $AC-B^2=3-4\alpha\left(1-\frac{1}{1-\beta^{1/\lambda}}\right)>0$,所以,函数$\Pi^c$最大值在极值点处取得。令$\frac{\partial\Pi^c}{\partial P_1}=0$和$\frac{\partial\Pi^c}{\partial P_2}=0$,可得零售商两阶段的最优零售价格分别为:

$$P_1^*=\frac{2+c+[2\alpha(1+c)-(2+c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}, P_2^*=\frac{1+2c+[2\alpha(1+c)-(1+2c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]} \quad (7)$$

将式(7)代入Q^c,Π^c得最优销量以及最优总利润分别为:

$Q^{c*}=\dfrac{2(1-c)\left[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}\right]}{\left[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}\right]}$，$\Pi^{c*}=\dfrac{(1-c)^2\left[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}\right]}{\left[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}\right]}$，证毕。

结论 1 集中化决策下：零售价格P_1^{c*}、总销量Q^{c*}、总利润Π^{c*}均为 λ 的减函数，P_2^{c*}却为 λ 的增函数。

证明：P_1^{c*}，P_2^{c*}，Q^{c*}，Π^{c*}分别对 λ 求一阶偏导得：

$$\frac{\partial P_1^{c*}}{\partial\lambda}=\frac{2\alpha(1-c)\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2\left[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}\right]^2},\quad \frac{\partial P_2^{c*}}{\partial\lambda}=-\frac{2\alpha(1-c)\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2\left[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}\right]^2},\quad \frac{\partial Q^{c*}}{\partial\lambda}=\frac{2\alpha(1-c)\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2\left[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}\right]^2},$$

$$\frac{\partial\Pi^{c*}}{\partial\lambda}=\frac{\alpha\ (1-c)^2\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2\left[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}\right]^2}。$$

因为 $0<\alpha<1$，$0<c<1$，$0<\beta<1$，$\lambda>0$，所以 $\log\beta<0$，$\beta^{1/\lambda}>0$，故$\dfrac{\partial P_1^{c*}}{\partial\lambda}<0$，$\dfrac{\partial P_2^{c*}}{\partial\lambda}>0$，

$\dfrac{\partial Q^{c*}}{\partial\lambda}<0$，$\dfrac{\partial\Pi^{c*}}{\partial\lambda}<0$，即 P_1^{c*}、Q^{c*}、Π^{c*}为 λ 的减函数，P_2^{c*}为 λ 的增函数。证毕。

结论 1 表明，在集中化决策下，随着消费者的风险偏好系数的增加，零售商第一阶段售价下降，第二阶段售价上升，总销量和总利润均随之下降。这是因为消费者的风险偏好系数的增加，意味着消费者更倾向于第二阶段购买，若商家若仍采取消费者为风险中性时的价格策略，即第一阶段原价销售，第二阶段折价销售；势必造成巨大的利润损失。此时，零售商的最优价格策略为：相比消费者为风险中性时的价格策略，第一阶段售价下降是为了吸引部分消费者提前购买，而第二段售价上升是为了弥补第一阶段降价造成的利润损失，从而使得损失最小化。但是由于第二阶段提价会导致估值高于原售价而低于新售价的顾客放弃购买，从而流失部分客户，进而使得总销量也下降，最终导致总利润下降。反之，随着消费者的风险偏好系数的减小，零售商第一阶段售价上升，第二阶段售价下降，总销量和总利润均随之上升。

（二）分散化决策

分散化决策下，制造商和零售商均追求自身利益的最大化，在 Stackelberg 的博弈模型中，制造商为领导者，零售商为跟随者。由制造商先确定批发价 w，零售商根据制造商的批发价，确定两阶段的零售价格$\{P_1, P_2\}$，决策模型如下：

$$\max_{w}\Pi_M^d=(1-P_2)(w-c)$$

$$\text{s.t.}\begin{cases}P_1,P_2\in\arg\max\ \Pi_R^d=\left[1-(1-\alpha)P_1-\dfrac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_1-w)+\\ \qquad\left[(1-\alpha)P_1-P_2+\dfrac{\alpha(P_1-P_2\beta^{1/\lambda})}{1-\beta^{1/\lambda}}\right](P_2-w)\\ \qquad P_1\geq P_2\geq w\geq c\end{cases}\tag{8}$$

模型(8)中，目标函数是求解出使得制造商的利润最大化时的批发价格 w。约束条件为求解出使零售商的利润最大化时的销售价格$\{P_1, P_2\}$，其中第 1 和第 2 部分分别为零售商全价期和折扣期的销售利润。因此，供应链成员的最优价格策略如命题 3 所示。

命题 3 分散化决策下，制造商的最优批发价格、零售商两阶段的最优销售价格、最优销量

以及供应链商家的利润分别为：$w^{d*}=\frac{1+c}{2}$，$P_1^{d*}=\frac{(5+c)+[2\alpha(3+c)-(5+c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，$P_2^{d*}=\frac{(2+c)+[\alpha(3+c)-(2+c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，$Q^{d*}=\frac{(1-c)[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，$\Pi_M^{d*}=\frac{(1-c)^2[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，$\Pi_R^{d*}=\frac{(1-c)^2[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{4[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$。

证明：运用逆推法，首先分析零售商的决策。

1.零售商决策

零售商的决策目标为 $\max\Pi_R^d$，函数Π_R^d分别对P_1、P_2求偏导，可得：

$$\frac{\partial\Pi_R^d}{\partial P_1}=1+(2\alpha-2)P_1+(1-2\alpha)P_2-\frac{2\alpha(P_1-P_2)}{1-\beta^{1/\lambda}},$$

$$\frac{\partial\Pi_R^d}{\partial P_2}=w+(1-2\alpha)P_1+(2\alpha-2)P_2+\frac{2\alpha(P_1-P_2)}{1-\beta^{1/\lambda}},$$

$$\frac{\partial^2\Pi_R^d}{\partial P_1^2}=-2(1-\alpha)-\frac{2\alpha}{1-\beta^{1/\lambda}},\frac{\partial^2\Pi_R^d}{\partial P_2^2}=-2(1-\alpha)-\frac{2\alpha}{1-\beta^{1/\lambda}},\frac{\partial^2\Pi_R^d}{\partial P_1\partial P_2}=1-2\alpha+\frac{2\alpha}{1-\beta^{1/\lambda}}。$$

由上可知：因为 $A<0$，且 $AC-B^2=3-4\alpha\left(1-\frac{1}{1-\beta^{1/\lambda}}\right)>0$，函数$\Pi_R^d$最大值在极值点处取得。令$\frac{\partial\Pi_R^d}{\partial P_1}=0$ 和$\frac{\partial\Pi_R^d}{\partial P_2}=0$，可得零售商两阶段的最优零售价格分别为：

$$P_1^{d*}(w)=\frac{2+w+[2\alpha(1+w)-(2+w)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]},P_2^{d*}(w)=\frac{1+2w+[2\alpha(1+w)-(1+2w)]\beta^{1/\lambda}}{(4\alpha-3)[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}\tag{9}$$

2.制造商决策

将式(9)代入制造商的利润函数Π_M^d，并对Π_M^d求导可得到

$$\frac{\partial\Pi_M^d}{\partial w}=\frac{2(1+c-2w)(1-\beta^{1/\lambda}+\alpha\beta^{1/\lambda})}{3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}},\frac{\partial^2\Pi_M^d}{\partial w^2}=\frac{-4[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{3(1-\beta^{1/\lambda})+4\alpha\beta^{1/\lambda}}<0$$

Π_M^d是关于 w 的严格凹函数，存在唯一最优解在$\frac{\partial\Pi_M^d}{\partial w}=0$ 处取得，制造商的最优批发价格为：$w^{d*}=\frac{1+c}{2}$

将式w^{d*}代入式(9)可得第一、二阶段的最优零售价格为：

$$P_1^{d*}=\frac{(5+c)+[2\alpha(3+c)-(5+c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]},P_2^{d*}=\frac{(2+c)+[\alpha(3+c)-(2+c)]\beta^{1/\lambda}}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}。\tag{10}$$

将式(10)代入Q^d，Π_M^d，Π_R^d得最优销量以及制造商和零售商的最优利润分别为：

$Q^{d*}=\frac{(1-c)[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，$\Pi_M^{d*}=\frac{(1-c)^2[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，$\Pi_R^{d*}=\frac{(1-c)^2[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{4[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]}$，证毕。

结论 2 分散化决策下:批发价格w^{d*}与消费者风险偏好系数 λ 无关,零售价格P_1^{d*}为 λ 的减函数,P_2^{d*}却为 λ 的增函数,总销量Q^{d*}以及Π_M^{d*}和Π_R^{d*}均为 λ 的减函数。

证明:由于$w^{d*}=\frac{1+c}{2}$,可知w^{d*}与消费者风险偏好系数 λ 无关。

P_1^{d*},P_2^{d*},Q^{d*},Π_M^{d*},Π_R^{d*}分别对 λ 求一阶偏导得:

$$\frac{\partial P_1^{d*}}{\partial\lambda}=\frac{\alpha(1-c)\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]^2}<0,\quad \frac{\partial P_2^{d*}}{\partial\lambda}=-\frac{\alpha(1-c)\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]^2}>0,\quad \frac{\partial Q^{d*}}{\partial\lambda}=\frac{\alpha(1-c)\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{\lambda^2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]^2}<0,$$

$$\frac{\partial\Pi_M^{d*}}{\partial\lambda}=\frac{\alpha(1-c)^2\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{2\lambda^2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]^2}<0,\quad \frac{\partial\Pi_R^{d*}}{\partial\lambda}=\frac{\alpha(1-c)^2\beta^{1/\lambda}\log(\beta)}{4\lambda^2[3+(4\alpha-3)\beta^{1/\lambda}]^2}<0,$$

故P_1^{d*}为 λ 的减函数,P_2^{d*}为 λ 的增函数。Q^{d*}、Π_M^{d*}、Π_R^{d*}均为 λ 的减函数。证毕。

结论 2 表明,在分散化决策下,随着策略消费者的风险偏好系数的增加,制造商的批发价格不变,而零售商第一阶段售价下降,但第二阶段售价上升,总销量和供应链成员的利润均随之下降。制造商的批发价格不受影响,这是因为批发价格主要取决于产品的生产成本和供应链成员各自的议价能力和综合实力,而与供应链末端策略消费者的风险偏好无关。后续结论的解释请参考结论 1,不再赘述。

结论 3 比较两种决策可得:①$P_1^{c*}<P_1^{d*}$,$P_2^{c*}<P_2^{d*}$;②$Q^{c*}>Q^{d*}$;③$\Pi^{c*}>\Pi_M^{d*}+\Pi_R^{d*}$。

证明:$P_1^{d*}-P_1^{c*}=1>0$,$P_2^{d*}-P_2^{c*}=\frac{(1-c)\ [1-(1-\alpha)]\beta^{1/\lambda}}{[3(1-\beta^{1/\lambda})+4\alpha\beta^{1/\lambda}]}>0$,

$Q^{d*}-Q^{c*}=-\frac{(1-c)\ [1-(1-\alpha)]\beta^{1/\lambda}}{[3(1-\beta^{1/\lambda})+4\alpha\beta^{1/\lambda}]}<0$,$\Pi^{c*}-\Pi_M^{d*}-\Pi_R^{d*}=\frac{(1-c)^2[1-(1-\alpha)\beta^{1/\lambda}]}{4[3(1-\beta^{1/\lambda})+4\alpha\beta^{1/\lambda}]}>0$。证毕

结论 3 表明,无论策略消费者的风险偏好系数如何变化,分散化决策的两阶段的最优售价始终大于集中化决策,而售价更高势必造成销量下降,故分散化的最优销量小于集中化决策,从而导致分散化供应链的总利润小于集中化决策。这说明在分散化决策下,制造商和零售商均以各自利润最大化为决策目标,存在双重边际化效应,故使得供应链系统未能实现最优。因此,在应对策略消费者的风险偏好时,集中化决策始终优于分散化决策。

五、算例分析

为进一步验证模型结论,本文应用 Matlab 软件计算并进行绘图。假设消费者估值在[0,1]上服从均匀分布,参数设置 $\alpha=0.5$,$c=0.1$,$\beta=0.5$,消费者风险偏好系数 λ 在(0, 10)间变动,分析策略消费者的风险偏好系数对商家售价、销量和利润的影响。

(一)λ 对价格的影响

由图 2 可知,无论是在集中化还是分散化决策下,λ 与第一阶段的最优售价均成反比,而与第二阶段最优售价成正比;且第一阶段的降价幅度与第二阶段的提价幅度相等;此外,分散化决策的两阶段售价均大于集中化决策。上述结论的理由:随着策略消费者风险偏好程度的增加,消费者更倾向于第二阶段购买,而第一阶段的销量势必减少;面对这种现状,商家若仍采

取消费者为风险中性时的价格策略进行销售势必造成巨大的利润损失，故而采取第一阶段降价第二阶段提价的价格策略，旨在通过缩小两阶段的价格差距来吸引部分消费者提前购买，而第二阶段的提价且提价幅度和第一阶段的降价幅度相等，是为弥补第一阶段降价让利于消费者造成的利润损失，从而使得损失最小化。在分散化决策下，零售商以谋取自身利润最大化为决策目标，故其两阶段的售价均大于集中化决策。

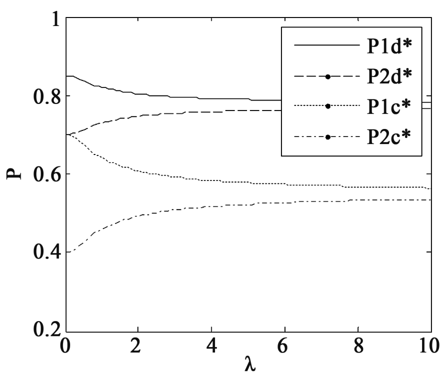

图 2　λ 与价格的关系

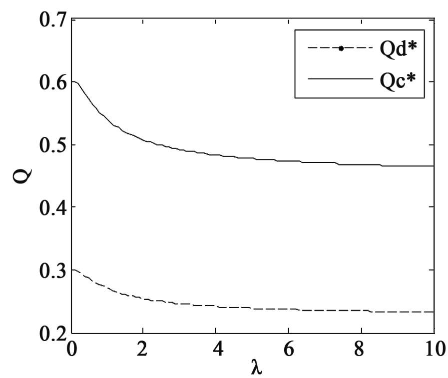

图 3　λ 与销量的关系

（二）λ 对销量的影响

由图 3 可知，无论是在集中化还是分散化决策下，λ 与总销量均成反比，但集中化决策下的销量高于分散化决策。理由：上文分析了 λ 的增加会导致商家做出降低P_1提高P_2的价格决策，而P_2的提高，使得估值大于第二阶段原售价而小于新售价的部分消费者放弃购买，从而导致第二阶段销量大幅下降，故而总销量也随之下降。此外，由于集中化决策的售价，相比于分散化决策更低，故而总销量更高。

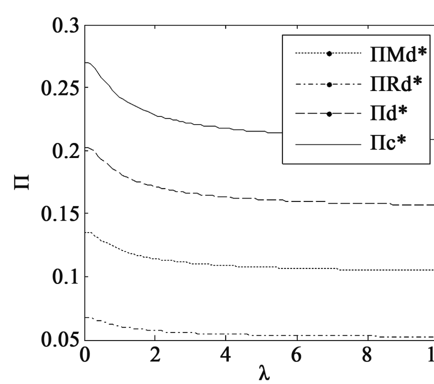

图 4　λ 与利润的关系

（三）λ 对利润的影响

由图 4 可知，无论是在集中化还是分散化决策下，λ 与利润（制造商、零售商、总利润）都成反比，但集中化决策下的总利润高于分散化决策。理由：上文分析了 λ 的增加会导致商家做出降低P_1提高P_2的价格决策，从而使得总销量随之下降；对于商家利润而言，产品降价和提价的幅度大致相抵，故商家利润随总销量下降而下降。此外，由于分散化决策的总销量小于集中化决策，再加上分散化决策存在双重边际化效应，故其总利润低于集中化决策。

六、结论与启示

本文基于策略消费者具有风险偏好行为的假设下，探讨该行为对供应链的定价和收益的影响，并为供应链商家在不同市场情境下的定价决策提供相应的指导建议，结论启示如下：

1.随着策略消费者的风险偏好程度的增加，制造商、零售商和供应链整体的利润都会随之下降。若商家仍采取消费者为风险中性时的价格策略，则会造成巨大利润损失。为使损失最

小化,供应链商家的最优价格策略为:相比于消费者为风险中性时的售价,制造商的批发价格保持不变;零售商第一阶段售价下降,第二阶段售价上升,且第一阶段降价和第二阶段提价的幅度大致相等。第一阶段降价是为吸引顾客提前购买,而第二阶段提价且幅度与降价相等是为弥补第一阶段降价带来的利润损失。

2.随着策略消费者的风险规避程度的增加,制造商、零售商和供应链整体的利润也随之增加。若仍采取消费者为风险中性时的价格策略,则会减少本该获得的利润。为使利润最大化,供应链商家的最优价格策略为:相比于消费者为风险中性时的售价,制造商的批发价格维持不变;零售商第一阶段售价上升,第二阶段售价下降,且提价和降价的幅度大致相等。第一阶段提价是为攫取更多的超额利润,而第二阶段降价是为吸引更多的顾客前来购买,从而使得总销量增加,故而商家利润也随之增加。

3.无论策略消费者的风险偏好系数如何变化,集中化决策始终优于分散化决策。这是因为分散化决策存在双重边际化效应,无法实现供应链整体最优,故在应对消费者的策略行为和风险偏好行为时,建议供应链体系采用集中化决策。

本文仅考虑消费者的缺货风险偏好,此外,还有渠道风险偏好,时间风险偏好等,未来可结合消费者的多种风险偏好进行供应链定价的拓展研究,或同时结合商家的风险偏好进行供应链定价的拓展研究。

参考文献:

[1]杨道箭,齐二石,魏峰.顾客策略行为与风险偏好下供应链利润分享[J].管理科学学报,2011,(12):50-59.

[2]Du J, Zhang J, Hua G. Pricing and Inventory Management in the Presence of Strategic Customers with Risk Preference and Decreasing Value[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 164:160-166.

[3]Coase R H. Durability and Monopoly[J]. Journal of Law & Economics, 1972, (01):143-149.

[4]Besanko D, Winston W L. Optimal Price Skimming by a Monopolist Facing Rational Consumers[J]. Management Science, 1990, (05) 555-567.

[5]Su X. Intertemporal Pricing with Strategic Customer Behavior[J]. Management Science, 2007, (05):726-741.

[6]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,(04):133-137.

[7]Kremer M, Mantin B, Ovchinnikov A. Dynamic Pricing in the Presence of Myopic and Strategic Consumers: Theory and Experiment[J]. Production & Operations Management, 2017, (01):116-133.

[8]Dasu S, Tong CY. Dynamic pricing when consumers are strategic: Analysis of posted and contingent pricing schemes[J]. European Journal of Operational Research, 2010, (03):662-671.

[9]Papanastasiou Y, Savva N. Dynamic Pricing in the Presence of Social Learning and Strategic Consumers[J]. Management Science, 2017, (04):919-939.

[10]Levin Y, Mcgill J, Nediak M. Optimal Dynamic Pricing of Perishable Items by a Monopolist Facing Strategic Consumers[J]. Production & Operations Management, 2010, (01):40-60.

[11]Wu, SN ; Liu, Q ; Zhang, RQ . The Reference Effects on a Retailer´s Dynamic Pricing and Inventory

Strategies with Strategic Consumers [J]. Operations Research, 2015, (06):1320-1335.

[12]Liu Q, Zhang D. Dynamic Pricing Competition with Strategic Customers Under Vertical Product Differentiation [J]. Management Science, 2013, (01):84-101.

[13]徐贤浩,陈雯,彭红雯. 基于策略消费者行为和市场细分的联合定价库存策略 [J]. 中国管理科学, 2012, (06):78-86.

[14]Du J, Zhang J, Hua G. Pricing and Inventory Management in the Presence of Strategic Customers with Risk Preference and Decreasing Value [J]. International Journal of Production Economics, 2015, 164:160-166.

[15]李贺,张玉林,仲伟俊. 考虑战略消费者行为风险的动态定价策略 [J]. 管理科学学报,2012,(10):11-25.

[16]曹晓刚,郑本荣,闻卉.考虑顾客偏好的双渠道闭环供应链定价与协调决策 [J].中国管理科学, 2015, (06):107-117.

[17]高举红,滕金辉,侯丽婷,刘晓瑜.需求不确定下考虑竞争的闭环供应链定价研究 [J].系统工程学报,2017, (01):78-88.

[18]杨仕辉,余敏.碳配额不同分配机制下供应链碳减排优化策略 [J].经济与管理评论,2016, (06):35-42.

[19]桑秀丽,李金蔓,肖汉杰,王殿君.基于政府补贴的养老服务供应链资源分配研究 [J].经济与管理评论,2016, (05):118-122.

[20]隋博文.关系稳定性、联盟绩效与跨境农产品供应链优化:一个理论框架及变量解释 [J].经济与管理评论,2017, (02):64-71.

(责任编辑:杨　磊)

Supply Chain Pricing Study Based on Risk Preference Behavior of Strategic Consumers

LUO Xinxing, CHEN Yuanyuan

(*School of Business, Center South University, Changsha 410083, China*)

Abstract: Considering the risk preference behavior of strategic consumers, the article discusses the two-stage pricing problem of product under centralized and decentralized supply chain model with game theory. Research shows that with the increase of risk appetite of strategic consumer, the wholesale price of the manufacturer is not affected, while the first stage price of the retailer drops and the second stage price rises, and the price reduction equals the price increase, and the total profit of the supply chain decreases. By comparing the centralized and decentralized supply chain model, we find that regardless of the change of consumers´ risk preference, the gross profit under centralized decision is always higher than under the decentralized decision.

Key Words: Supply chain; Dynamic pricing; Game theory; Strategic consumer; Risk appetite