

文章编号:1003-207(2010)02-0032-10

考虑顾客策略行为的易逝品定价与再制造柔性补货机制研究

彭志强¹,熊中楷¹,李根道²

(1. 重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030; 2. 吉林大学管理学院,吉林 长春 130025)

摘要: 本文将再制造作为一种柔性补货机制,研究了考虑顾客策略行为的易逝品定价和再制造柔性补货问题。研究表明顾客策略行为减少了零售商的期望利润,再制造柔性补货机制可以缓解顾客策略行为的影响,提高零售商的期望利润,最后分析了该机制对消费者剩余和社会福利的影响。

关键词: 顾客策略行为;易逝品;定价;再制造;柔性补货

中图分类号: F014.5; F031.4; F406 **文献标识码:** A

1 引言

易逝性产品随着时间的推移,其产品价值往往呈递减的趋势,因而其定价方式也通常表现为递减的趋势。如今越来越多的顾客会选择合适的购买时机以获得更大的净效用,这类顾客会考虑商品降价以及可能获得处理品的概率,放弃在正常销售期购买,延迟至季末降价处理期,这类消费者被称为策略型(strategic)顾客。最近, Best Buy 的首席执行官 Anderson 甚至公开的将这类策略性的消费者称为“魔鬼”(devils)。Anderson 认为这些策略性的消费者一直在等待厂商的降价、促销,对厂商的利润造成很大的损失(McWilliams, 2004)^[1]。Shen 和 Su (2007)^[2]指出由于策略型顾客等待到降价时才购买商品,零售商必须减低正常销售期的价格引导顾客提前购买。忽略顾客策略行为使零售商的利润遭受重大损失,因此需要引入新型的价格和库存机制,减缓顾客策略行为对零售商决策及利润的影响。

手机和笔记本电脑等高科技产品的生命周期较短,其定价模式具有易逝品的特征。由于人们环保意识的增强以及厂商节约成本的动机,高科技易逝品的再制造在实际中很广泛,如笔记本制造商 Gateway 和通讯服务器提供商 Sun 把新产品和再

制造品同时在直接渠道销售(Atasu 等,2008)^[3]。基于高科技易逝品再制造的实际背景和动态定价时的消费者策略行为,本文把再制造作为一种柔性补货机制(flexible replenishment mechanism),引导策略型顾客提前购买以缓解消费者策略行为的影响并提高零售商的利润。

Aviv 和 Pazgal (2008)^[4]研究了面对策略型顾客的易逝品动态定价问题,结论表明顾客策略行为剥夺了零售商部分价格歧视的额外收益。Elmaghraby 等 (2007)^[5]研究了顾客估价是完全信息和不完全信息下零售商的最优降价机制。彭志强等 (2008)^[6]将客户自主决定交易价格的思想引入到收益管理中,建立了服务提供商基于客户定价模式的两周期定价模型,研究表明顾客异质性影响了服务提供商的动态定价策略。在文献[6]的基础上, Peng 和 Xiong (2008)^[7]研究了策略型顾客估价不确定时零售商的动态定价问题,并探讨了零售商如何承诺退货以提高期望利润。Su (2007)^[8]从估价和耐心两个纬度度量顾客的异质性,将顾客分成四种类型。假设顾客可能直接购买,延迟购买或放弃购买。研究表明顾客选择行为影响了最优动态定价策略,零售商可以利用顾客的等待行为提高收益。Su 和 Zhang (2008)^[9]研究了顾客策略购买行为对零售商绩效的影响,结果表明策略型顾客减少了零售商的期望利润。然后探讨了价格承诺和库存承诺两方面的经营机制来缓解顾客等待行为的影响。Lai 等(2006)^[10]研究了如何运用差价返还机制引导顾客提前购买以减轻顾客策略型等待行为的影响,

收稿日期:2009-02-02;修订日期:2010-01-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70871125,70571088);

重庆市自然科学基金资助项目(cstc12006BB0188)

作者简介:彭志强(1981-),男(汉族),四川安岳人,重庆大学经济与工商管理学院博士生,研究方向:收益管理与动态定价、供应链管理。

但没有考虑需求的不确定性。Shen 和 Su (2007)^[12]总结了近期顾客策略行为在收益管理和动态定价中的应用,讨论了可扩展的研究方向。以上研究主要探讨了顾客策略行为如何影响了零售商的收益,以及零售商如何运用各种经营机制 (operational mechanism) 减少顾客策略行为的影响。

再制造中关于生产和定价决策的研究与本文紧密相关,现有再制造的研究主要集中在生产/库存、质量控制和定价决策等方面。Mahadevan 等 (2003)^[11]研究了在再制造情形中的产品控制和库存管理问题。Bayındır 和 Erkip (2007)^[12]指出制造产品和再制造产品分割到不同的市场和生产能力有限时,通过产品再制造可以提高收益,并对关于制造/再制造系统决策的研究进行了较详尽的综述,但该文研究的是一个产品可替代的单周期模型。熊中楷等 (2007)^[13]研究了在单个制造商和单个零售商构成的分散式闭环供应链中,占主导地位的制造商如何制定质量处罚比例和质量抽检比例,从而对零售商回收的废旧产品数量和质量实施引导和控制。Atasu 等 (2008)^[3]假设市场需求中存在一部分对再制造品的估价与新产品相同的绿色顾客,研究了制造商是否提供再制造品的决策问题,指出再制造不仅可以提高收益,还可以通过降低成本作为竞争手段之一。彭志强等 (2009)^[14]研究了基于再制造和顾客等待行为的差别定价问题,但是该文的需求函数是确定性的,也没有考虑补货决策。而本文的决策包括原产品的价格机制和库存决策以及再制造品的定价问题,并且我们还考虑了顾客策略行为对价格和库存决策的影响。供应链管理的研究成果表明柔性补货机制可以提高供应链的绩效,如 Barnes-Schuster 等 (2002)^[15]和 Fisher 等 (2001)^[16]。但以往的柔性补货机制采用同质的原产品实现额外补货,因此导致更高的补货成本,而本文却以更低的补货成本使用再制造品实现柔性补货,因此涉及再制造品和原产品的联合价格决策。

现有文献主要关注的是顾客策略行为对零售商的价格机制和库存决策的影响,而本文从柔性补货机制的角度来研究如何缓解顾客策略行为对零售商相关决策的影响,进而提高零售商的期望利润。同时,本文还研究了原产品、再制造品联合价格决策和顾客策略行为的关系,分析了顾客策略行为和再制造补货成本对柔性补货机制绩效、消费者剩余以及社会福利的影响。

2 问题描述和假设

假设一个垄断的零售商在有限的销售期内销售一种易逝品。市场需求为随机变量 X ,服从连续且可导的分布函数 $F(x)$,密度函数为 $f(x)$,这些是零售商和顾客的共同知识。销售期前零售商以单位成本 c 订购 Q 件产品。零售商在销售期内以价格 P 销售,假设销售期结束后存在一个足够大的处理市场,剩余产品能以单位残值 s 处理, $s < c$ 。我们称 P 为全价 (full-price), s 为处理价 (clearance price)。零售商的决策变量为销售价格 P 和订货量 Q 。传统的补货机制中,鉴于较长的生产提前期,零售商面对随机需求在销售期开始前就必须确定库存订购量,这即是经典报童模型中的补货机制。经典的报童模型也没有引入价格决策,我们不仅研究零售商价格决策,还考虑了顾客策略行为对定价和订货决策的影响。

我们引用报童模型的假设来描述顾客的策略购买行为,并将这种顾客策略行为应用到本文的需求函数模型中。假设顾客是风险中性的,且对商品具有同质的保留价格 v ,每个顾客只购买一件产品,个人目标是消费者剩余最大化。当顾客到达市场时,接受的信息为市场价格 P 和是否有库存。我们将顾客分为两类:短视型 (myopic) 和策略型 (strategic)。由于季末对产品的保留价很低或等待的成本很高,短视顾客不考虑在销售期未能以处理价 s 购买产品,因此当消费者剩余非负时短视顾客就会购买该产品。也就是说,如果有产品待售并且 $v - P \geq 0$,短视顾客就会购买,反之离开市场。相反,策略型顾客会预期在季末处理价 s 购买产品的机会,并比较当期在全价购买的消费者剩余 ($v - P$) 和在处理价购买的期望剩余。

由于期初库存是有限的,策略型顾客等待到处理期才购买可能面对缺货。令 θ 为策略型顾客能以处理价 s 购买到产品的预期概率(我们将在下文探讨策略型顾客的预期与零售商决策的关系)。顾客如果没有以处理价购买产品则获得净效用为 0,等待到处理价购买的期望消费者剩余为 $(v - s)\theta$ 。可见,当且仅当 $v - P \geq (v - s)\theta$ 时策略型顾客在全价购买产品,否则等待到处理价购买。给定以上假设,策略型顾客的均衡购买行为可能出现两种情况:一是所有顾客在全价购买,二是所有顾客都等待到处理价购买。因为 $s < c$,可见所有顾客等待到处理价购买的均衡是无效的,这时零售商根本就不会销售

该产品。因此,本文只研究所有顾客在全价购买的均衡情况。也就是说零售商的决策使得 $v - P$ ($v - s$) 成立, 是每个策略型顾客基于零售商价格、订货量和其他所有顾客行为的信念(belief), ($v - s$) 是单个策略型顾客单方面偏离均衡(unilateral deviation)的期望消费者剩余。短视型顾客和策略型顾客的购买行为决策树及其消费者剩余如下图:

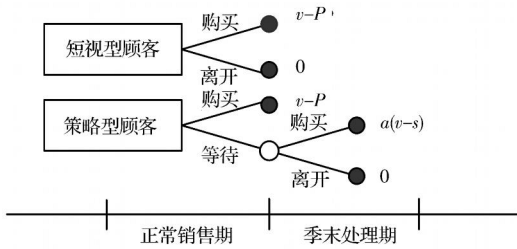


图1 不同类型顾客的购买行为决策树

我们引入理性预期(rational expectations)均衡来描述策略型顾客的信念与实际保持一致,即顾客的预期和零售商的行为都是理性的。Muth (1961)^[17]首次在金融市场中提出了理性预期均衡, Stokey (1981)^[18]将其运用到博弈论的应用框架, Bulow (1982)^[19]阐述了策略型顾客的购买行为。简单的说,理性预期即顾客对零售商下一步的决策存在预期(即信念),而且这些预期是理性的并与零售商的实际决策一致。将其运用到我们的模型中,即给定零售商对顾客行为的信念和顾客对零售商最优决策的信念,零售商确定最优的订货量而顾客决策最优的购买行为(买或者等待)。令 $G(Q)$ 为订货量为 Q 且所有顾客在全价购买时,顾客单方面偏离均衡而在季末处理期才购买能获得产品的概率,那么等待到处理价购买的消费者剩余为 $G(Q)(v - s)$ 。由理性预期均衡的假设,决策各方信念和实际保持一致即 $G(Q) =$ 。因为季末处理期市场上有无穷的低端顾客,我们还需要界定一定的配给准则。本文采用 Su 和 Zhang (2008)^[9]中的“先到先得”(first in line)配给准则。

目前对再制造的共同认识主要有以下几个特征:(1)相比原(新)产品生产成本更低;(2)一般来说顾客对再制品的保留价格较原产品低;(3)再制造的法规明确规定了再制造的质量标准,再制品和原产品在功能方面几乎相同,这也是制造商担心再制品对原产品替代竞争的原因;(4)再制品比原产品具有更短的生产提前期,因为再制造是由废

旧的原产品再加工,减少了部分工序^[3]。

基于再制品的这些特征,本文将再制品作为一种柔性补货机制,以匹配随机需求时的供需失衡和应对顾客策略行为的影响。柔性补货机制也称作快速反应(quick response)或灵活配给(reactive capacity)模型,即销售期开始时随着需求信息更加精确,如果库存不足,则以更短的生产提前期和更高的生产成本增加一次额外的补货^[15,16]。本文的再制品柔性补货有以下特点:一是再制品虽然功能上和原产品无差异,顾客对再制品的保留价却较低,令顾客对再制品的保留价为 v ,其中 a 称为顾客对再制品估价的折扣因子;二是本文需要决策再制品的最优价格,不仅要保证顾客接受再制品,还要防止与原产品的替代竞争,即保证顾客购买两种产品的消费者剩余无差异。类似文献[3],我们假设再制品的产能无限制,本文只探讨柔性补货机制如何减少供需不平衡和顾客策略行为的影响,产能限制并不影响本文的结论。零售商的决策顺序如图2:

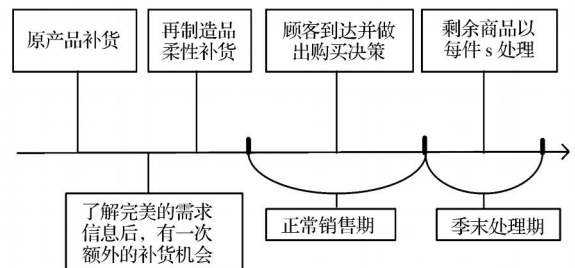


图2 零售商在不同补货机制下的决策顺序

基于以上零售商的决策和顾客策略行为的假设,接下来我们分析传统补货和再制造柔性补货机制下策略型顾客的理性购买行为和零售商的价格与订货量决策。

3 模型与分析

本小节基于传统补货、再制造柔性补货两种补货机制和短视型、策略型顾客的假设,建立并分析了四个不同的模型。我们用 T 和 R 标识传统补货和再制造柔性补货机制,用 M 和 S 标识短视型和策略型顾客,即 TM 、 TS 、 RM 和 RS 四个模型。例如, P_{TM} 指顾客是短视型时采用传统补货机制的价格, Q_{RS} 指顾客是策略型时使用再制造柔性补货机制的订货量。

3.1 传统补货机制

当顾客是短视型时,该问题即是一个考虑价格决策的报童问题,如图 2 的决策顺序,零售商和顾客构成一个两阶段的博弈。在第一阶段,作为主导方的零售商设定销售价格,在第二阶段,零售商和顾客同时决定库存量和是否购买。作为博弈的主导方,零售商设置销售价格以获得最大的利润。据上节中顾客策略行为的条件假设,只要消费者剩余非负,短视型顾客就会购买,而策略型顾客则会选择购买时机,目标是消费者剩余最大化。由于顾客的保留价是同质的,最优价格的设定需要保证所有顾客都在全价购买,即当顾客为短视型和策略型时,满足 $v - P$ 和 $v - P > (v - s)$ 。因此,得:

引理 1 当顾客是短视型时, $P_{TM} = v$; (1)

当顾客是策略型时, $P_{TS} = v - (v - s)$ 。(2)

显然有 $P_{TS} < P_{TM}$,可见当顾客是策略型时,零售商必须通过降低价格来引导顾客在全价购买,因为只有当在全价购买有较高的消费者剩余时,策略型顾客才会提前购买。

零售商关于库存 (Q) 和价格 (P) 的期望利润函数如下:

$$\begin{aligned} \tau(Q) &= E\{P\min(Q, X) - cQ + s(Q - X)^+\} \\ &= P \int_0^Q xf(x) dx + P \int_Q^+ Qf(x) dx - cQ \\ &\quad + s \int_0^Q (Q - x)f(x) dx \end{aligned} \quad (3)$$

该模型描述了传统补货机制下顾客为短视型和策略型时的利润函数,不同之处在于最优销售价格的区别,给定销售价格满足式(1)和(2)的关系,得最优的订货量和价格如下。

定理 1 传统补货机制下零售商的最优定价和订货量为: $1 - F(Q_i^*) = \frac{c - s}{P_i - s}$, $i = TM, TS$ 。

当顾客为短视型时, $P_{TM} = v$; 当顾客为策略型时, $P_{TS} = s + \sqrt{(v - s)(c - s)}$ 。

证明:给定顾客的策略行为及式(1)和(2)的最优价格,易得零售商的期望利润是关于订货量 Q 的凹函数,因此由一阶条件,可得订货量唯一的最优解。

给定最优价格 P_i , 利润函数式关于订货量 Q 的一阶偏导数和二阶偏导数如下,

$$\frac{\partial \tau(Q)}{\partial Q} = P \int_0^Q f(x) dx - c + s \int_0^Q f(x) dx,$$

$$\frac{\partial^2 \tau(Q)}{\partial Q^2} = (-P + s)f(Q) < 0.$$

$$\text{令 } \frac{\partial \tau(Q)}{\partial Q} = 0, \text{ 得 } 1 - F(Q_i^*) = \frac{c - s}{P_i - s}.$$

由上节中顾客理性预期均衡假设的定义,得: $= F(Q_i^*)$ 。由引理 1 的结论,将式(1)和(2)带入最优订货量的表达式,即得定理 1 的结论。证毕。

定理 1 给出了传统补货机制下,顾客为短视型和策略型时的最优价格和订货量。从结论显然可以看出,顾客策略行为影响了零售商的价格和库存决策。正如引理 1 所言,顾客策略行为使得零售商的最优价格减低,即(1) > (2),结合定理 1 的结论,易得 $Q_{TM}^* > Q_{TS}^*$,且 $\tau_{TM}^*(Q) > \tau_{TS}^*(Q)$ 。可见在传统补货机制下,顾客策略行为使得零售商的最优销售价格降低,最优订货量减少,期望利润减少。

3.2 再制造柔性补货机制

与传统补货机制相比,再制造柔性补货的差别在于:在零售商获取完全的需求信息之后,零售商可以用再制品在销售期前或期初额外补货。而模型的需求函数,顾客保留价与成本的假设与传统补货机制下的假设条件一致。类似于传统补货机制下的模型,令 Q 表示第一次补货的订货量,即原产品的订货量。柔性补货机制也称作快速补货,以往关于柔性补货的研究中都假设顾客是短视型的,我们将研究考虑策略型顾客的柔性补货机制,并且我们的柔性补货机制采用的是再制品而不是原产品。因此,我们的模型与现有研究不同之处在于:用再制品可以减少柔性补货的成本,并且我们需要决策再制品的销售价格。假设再制品的单位成本为 c_r , $c_r < c$ 。相对与原产品,顾客对再制品的保留价为 v 。令再制品的销售价格为 P_r ,假设再制品的边际利润小于原产品,即 $P_r - c_r < P - c$,否则零售商将只销售再制品。

类似文献[15,16],本文的柔性补货的决策机理如下:当了解完美的需求信息之后,如果零售商有足够的库存满足需求(即 $Q \geq X$),就不采用柔性补货机制;相反,如果零售商库存不足(即 $Q < X$)且 $c_r < P_r$ (柔性补货的边际利润为正),那么就额外补充 $X - Q$ 的再制品以满足所有顾客的需求。原产品的销售价格 P 依然满足引理 1 中式和的关系。同样地,策略型顾客购买再制品时会预期在季末处理期才购买的消费者剩余。因此顾客购买再制品的条件是,保证顾客购买再制品的消费者剩余和新产品相等,即 $v - P_r = v - P - (v - s)$ 。

引理 2 当顾客是短视型时, $P = v, P_r = v$, 当顾客是策略型时, $P = v - (v - s), P_r = v - (v - s)$ 。

可见,原产品的价格依然有类似于引理 1 的结论,但是柔性补货机制下等待降价购买可获得商品的概率与传统补货机制下不同。我们将在下一部分具体分析两种机制的差别。零售商的期望利润函数如下:

$$\begin{aligned}
 R(Q) &= E\{P \min(Q, X) - cQ + s(Q - X)^+ \\
 &+ (P_r - c_r)(X - Q)^+\} \\
 &= P \int_0^Q xf(x) dx + P \int_Q^+ Qf(x) dx - cQ \\
 &+ s \int_0^Q (Q - x)f(x) dx + (P_r - c_r) \int_Q^+ (x \\
 &- Q)f(x) dx \quad (4)
 \end{aligned}$$

该模型描述了柔性补货机制下顾客为短视型和策略型时的利润函数,不同之处在于最优销售价格的区别,给定销售价格满足引理 2 中的关系,得出最优价格和订货量:

定理 2 再制造柔性补货机制下零售商的最优定价和订货量为:

$$1 - F(Q_i) = \frac{c - s}{(1 -)v + c_r - s}, i = RM, RS。$$

当顾客为短视型时, $P_{RM} = v, P_{RMr} = v$;

当顾客为策略型时, $P_{RS} = v - (v - s), P_{RSr} = v - (v - s)$,其中 $= F(Q_i)$ 。

证明:略(可参考定理 1 的证明过程)。

定理 2 给出了再制造柔性补货机制下,顾客为短视型和策略型时零售商的最优价格和订货量。与定理 1 不同的是,由于引入了再制造品作为柔性补货,零售商还需要决策最优的再制造品销售价格。结论表明再制造品的价格与折扣因子成线性关系,原产品订货量与价格无关,而是关于再制造品的折扣因子的减函数,关于再制造品成本 c_r 的增函数。我们可以这样理解:越大即再制造品的边际利润越大,零售商倾向于减少期初订货量,而 c_r 越大即再制造品的边际利润越小,零售商倾向于增加期初订货量。从结论显然可以看出,顾客策略行为不仅影响了原产品的价格和库存决策,还影响了再制造品的最优价格。

在定理 2 的结论中,显然 P_{RS} 和 P_{RSr} 是关于再制造品单位成本 c_r 的减函数,因为二次补货的成本越高,原产品的订货量越大,制造商需要订货更多的原产品,使得需要一个较低的价格引导策略型顾客购买。因此,当 c_r 足够大以至于 $c_r = P_{RSr} = s +$

$\sqrt{(v - s)(c - s)} - (1 -)v$,对于更大的 c_r ,柔性补货的边际收益为零,零售商将放弃该机制。比较顾客是短视型和策略型时的最优解,在柔性补货机制下,顾客策略行为使得零售商的原产品和再制品最优价格降低,最优订货量减少,期望利润减小。

4 再制造柔性补货机制的绩效分析

顾客策略行为使得零售商必须以更低的价格引导顾客购买,因此使得订货量和利润减少。接下来我们分析再制造柔性补货机制对最优决策的影响,并比较当顾客是不同类型时再制造柔性补货机制对期望利润影响的程度。

我们将零售商的期望利润函数的形式做如下变换:零售商的期望利润等于最大期望利润减去期望供需误差成本,即订货量恰好等于需求量时的利润减去缺货的机会成本和供过于求的损失成本。令 M_i 为模型 i 中的期望供需误差成本。因此,

$$\begin{aligned}
 M_i &= (c - s) E(Q_i - X)^+ \\
 &+ \begin{cases} (P_i - c) E(X - Q_i)^+, & i = TM, TS \\ (P_i + c_r - P_{ir} - c) E(X - Q_i)^+, & i = RM, RS \end{cases} \quad (5)
 \end{aligned}$$

其中第一项为供过于求时处理库存的损失,第二项分别是顾客为短视型时的缺货机会成本以及顾客是策略型时为满足需求额外付出的柔性补货成本。因此,零售商的期望利润可以改写如下:

$$i = (P_i - c) E(X) - M_i \quad (6)$$

首先分析柔性补货机制下,顾客为短视型和策略型时,原产品最优价格和订货量的差别。比较定理 1 和定理 2 中的最优解,可见柔性补货机制使原产品的最优价格上升,最优订货量减少,即 $P_{RM} > P_{TM}, P_{RS} > P_{TS}; Q_{RM} < Q_{TM}, Q_{RS} < Q_{TS}$ 。进一步比较传统补货和柔性补货机制下的期望利润函数得如下结论。

定理 3 无论顾客是短视型还是策略型,再制造柔性补货机制均可以提高零售商的收益, $TM < RM, TS < RS$ 。特别地,当顾客是策略型时,期望利润增加值较大, $s > M$ 。

证明:当顾客为短视型型时,再制造柔性补货机制对利润的影响:

$$\begin{aligned}
 M &= RM - TM \\
 &= (P_{RM} - c) E(X) - M_{RM} - (P_{TM} - c) E(X)
 \end{aligned}$$

+ M_{TM} 。

由 $P_{RM} = P_{TM}$ 和 $Q_{RM} < Q_{TM}$,得

$$M = M_{TM} - M_{RM} > 0。$$

当顾客为策略型时,再制造柔性补货机制对利润的影响:

$$s = P_{RS} - P_{TS} \\ = (P_{RS} - c) E(X) - M_{RS} - (P_{TS} - c) E(X)$$

+ M_{TS} 。

由 $Q_{RS} < Q_{TS}$,得 $M_{TS} - M_{RS} > 0$,又因 $P_{RS} > P_{TS}$,可见 $s > 0$ 。

接下来比较顾客是不同类型时柔性补货机制的利润增加值的差别。令:

$$= s - M \\ = (P_{RS} - P_{TS}) E(X) - M_{RS} + M_{TS} - M_{TM} + M_{RM}$$

由 $Q_{RS} < Q_{RM}$,得 $M_{RS} < M_{RM}$,得:

$$> (P_{RS} - P_{TS}) E(X) + M_{TS} - M_{TM} 。$$

考虑当再制造品的成本 c_r 足够低时,即再制造品的边际利润和原产品相等。此时,原产品的订货量为 0,且 $P_{RS} = P_{TM} = v$, $> (P_{TM} - P_{TS}) E(X) + M_{TS} - M_{TM} = \Delta \Pi_{TM} - \Delta \Pi_{TS} > 0$ 。

另外, $\frac{d}{dc_r} = \frac{dP_{RS}}{dc_r} E(X) < 0$,可见 s 是关于 c_r 的单调递减函数,即随着单位再制造品柔性补货成本 c_r 增加,不同类型顾客的模式引入柔性补货机制的利润增加值的差别将减小。证毕。

定理 3 表明再制造柔性补货机制可以增加零售商的期望利润,并且当再制造成本(柔性补货成本)较小时,策略型顾客模型的利润增加值较大。但是随着柔性补货成本增加,这种优势将被削弱。正如定理 1 和定理 2 所言,相比短视型顾客,策略型顾客使得零售商减低价格引导顾客购买,因此策略型顾客损害了零售商的利润。然而,相比短视型顾客,策略型顾客时的柔性补货机制却可以增加更多的利润,即柔性补货机制不仅弥补了传统补货机制的供需不平衡,进一步地,它还减少了期初的库存量,因此顾客等待到处理价购买获得产品的概率减小,因此可以提高价格通过库存策略引导顾客提前购买,从而增加期望利润。

假定模型的参数如下:顾客对原产品的估价为 $v = 10$,原产品的单位成本 $c = 5$,销售期末结束后产品残值 $s = 1$,顾客对再制造品的折扣因子 $\alpha = 0.8$ 。为了简化分析,参照 Su 和 Zhang (2008)^[9] , Peng 和 Xiong (2008)^[7] ,彭志强等(2009)^[14] 的参数假设,假定随机需求的随机变量服从 $[0, 100]$ 的均

匀分布。同时, c_r 的取值范围满足以下条件: $0 < P_r - c_r < P - c$,即再制造品的边际利润为正且小于原产品的边际利润。由定理 1 和定理 2 的结论,运用 Maple 11 编程,在计算机上模拟得到的结果如图 3 和图 4。

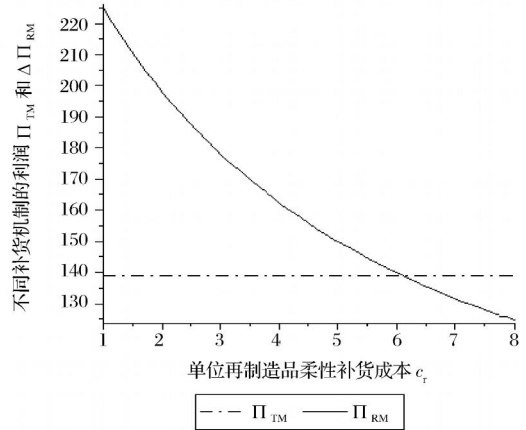


图 3 顾客为短视型时不同补货机制的利润比较

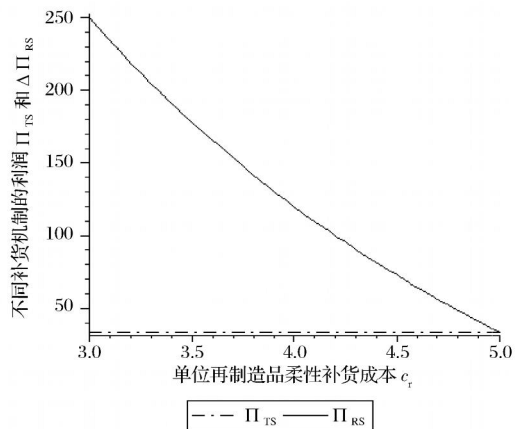


图 4 顾客为策略型时不同补货机制的利润比较

由定理 1、2 和图 3、4 可知:顾客是短视型和策略型时再制造柔性补货机制影响了零售商利润。无论顾客是短视型还是策略型的,引入再制造品作为一种柔性补货机制,都可以缓解随机需求下供求失衡对收益的影响,并提高了零售商的期望利润,可见,算例结果和定理 3 中的结论是一致的。当顾客是不同类型时,本文的再制造柔性补货机制都可以在一定程度上提高零售的利润,因此该机制的绩效差别以及对顾客策略购买行为的影响是值得关注的。

由定理 3 的结论,在计算机上用 Maple 11 模拟的结果如图 5。

由定理 3 和图 5 可知:不同顾客类型时柔性补

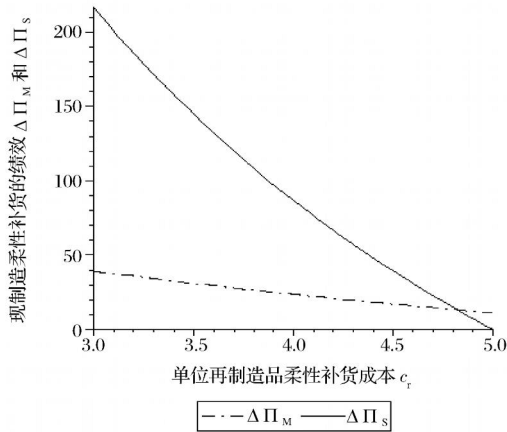


图5 不同顾客类型时柔性补货机制的绩效比较

货机制的绩效是有差别的,当顾客是策略型时,柔性补货机制的绩效更大。正如定理2所言,策略型顾客使得销售价格降低,零售商利润因此受到影响。因此,柔性补货机制不仅可以减少随机需求下供需失衡对收益的影响,还可以应对顾客策略行为。

我们可以将再制造柔性补货机制的作用归纳为以下两个方面,以说明该机制在顾客是短视型和策略型时如何提高销售的期望利润。一是匹配随机环境下供给和需求的失衡,二是缓解顾客策略行为的影响。无论顾客是何种类型,当柔性补货成本较小时,可以减少供小于求($Q < X$)时的销售损失,而且零售商用这种机制降低第一次的订货量也减少了在季末处理剩余商品的风险。当顾客是策略型时,该机制还有另一个重要的作用,因为再制造柔性补货机制减小了零售商的初次订货量,策略型顾客等待到降价时购买获得产品的概率将大大降低,所以再制造柔性补货机制下顾客对产品的保留价将提升,因此也在一定程度上减轻了顾客策略购买行为对零售商期望利润的影响。

5 消费者剩余和社会福利分析

上节的结论表明再制造作为一种柔性补货机制减低了顾客策略行为对零售商的影响,提高了原产品的销售价格,那么消费者剩余(consumer surplus)以及社会总福利(social welfare)如何受该机制的影响值得深入研究。

我们定义如下:消费者剩余等于顾客总体的净效用之和,社会总福利等于消费者剩余加上零售商利润。当顾客是短视型时,在任何补货机制下每个顾客的消费剩余均为0,此时再制造柔性补货机制对消费者剩余无影响,由定理3的结论,柔性补货

机制提高了零售商的利润,因此当顾客是短视型时,社会福利增加。

接着讨论顾客是策略型时再制造柔性补货机制对消费者剩余和社会福利的影响。每个顾客的消费剩余为 $v - P_i$, 其中 P_i 为不同补货机制下的价格。前文的结论指出柔性补货机制使得销售价格提高,因此单个顾客的消费剩余减少。但是,再制造柔性补货机制却满足了更多消费者的需求。因此不能直观的定论柔性补货机制是提高还是减少了消费者剩余。

当顾客是策略型时,传统补货机制和再制造柔性补货机制下的消费者剩余分别为:

$$S_{TS} = (v - P_{TS}^*) E(\min(X, Q_{TS})) = [v - s - \sqrt{(v - s)(c - s)}] E(\min(X, Q_{TS})) \quad (7)$$

$$S_{RS} = (v - P_{RS}^*) E(X) = \frac{(1 - \alpha)V + c_r - c}{(1 - \alpha)V + c_r - s} (v - s) E(X) \quad (8)$$

比较 S_{TS} 和 S_{RS} 得:

定理4 当顾客为策略型时,消费者剩余 S_{RS} 是关于单位再制造成本 c_r 的增函数。且存在一个 c_r^* , 当 $c_r > c_r^*$ 时,再制造柔性补货机制可以提高消费者剩余。

证明:令 $\theta = \frac{E(\min(X, Q_{TS}))}{E(X)}$, 即是传统补货机制下需求的满足(配给)率,且 $\theta < 1$ 总成立。若要消费者剩余增加,即 $S_{RS} > S_{TS}$ 成立,需满足以下条件:

$$\frac{(1 - \alpha)V + c_r - c}{(1 - \alpha)V + c_r - s} (v - s) - \sqrt{(v - s)(c - s)} > \theta [v - s - \sqrt{(v - s)(c - s)}]$$

$$\text{即: } \frac{(1 - \alpha)V + c_r - c}{(1 - \alpha)V + c_r - s} > \theta \left[1 - \frac{\sqrt{c - s}}{\sqrt{v - s}} \right]$$

显然不等式左边的项是关于再制造柔性补货成本 c_r 的增函数。如果 c_r 等于其可以取值的上限,即 $c_r = P_{RSr}$ 。由定理2的结论可得此时: $c_r = s + \sqrt{(v - s)(c - s)} - (1 - \alpha)v$, 带入上述不等式条件可改写如下:

$$[v - s - \sqrt{(v - s)(c - s)}] > \theta [v - s - \sqrt{(v - s)(c - s)}]$$

因 $\theta < 1$, 该不等式总成立。可见再制造成本 c_r 足够大时,顾客的消费剩余增加。证毕。

沿用上一节中模型的参数假定,运用 Maple 11 绘图如图 6。

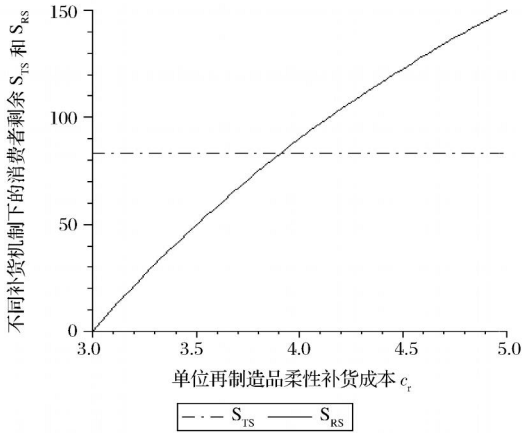


图 6 顾客为策略型时不同补货机制下的消费者剩余

由定理 4 和图 6 可知:当顾客为策略型时,如果再制造成本较大时,再制造柔性补货机制可以增加消费者剩余。接着分析当顾客是策略型时,传统补货机制和再制造柔性补货机制下的消费者剩余。令:

$$W_{TS} = E[v\min(Q_{TS}, X) - cQ_{TS} + s(Q_{TS} - X)^+]$$

$$W_{RS} = E[v\min(Q_{RS}, X) - cQ_{RS} + s(Q_{RS}$$

$$- X)^+ + (v - c_r)(X - Q_{RS})^+]$$

比较 W_{TS} 和 W_{RS} 得:

定理 5 当顾客为策略型时,社会福利 W_{RS} 是关于单位再制造成本 c_r 的减函数。且在 c_r 的可行域中,再制造柔性补货机制可以提高社会福利。

证明:首先比较当再制造成本 c_r 取最小值时不同补货机制下社会福利的差别。由 $P_{ir} - c_r = P_i - c$,得: $c_r = c - (1 - \alpha)v$ 。当 c_r 取最小值时,

$$W_{RS} = E[(v - c)X] - E[v\min(Q_{TS}, X) - cQ_{TS} + s(Q_{TS} - X)^+] = W_{TS}$$

当 $c_r = v$,即最大值时,

$$W_{RS} = E[v\min(Q_{TS}, X) - cQ_{TS} + s(Q_{TS} - X)^+] = W_{TS}$$

又因 $\frac{dW_{RS}}{dc_r} < 0$,因此,在 c_r 的可行域中, $W_{RS} > W_{TS}$ 总成立,即再制造柔性补货机制总可以提高社会福利。证毕。

当顾客是短视型时,再制造柔性补货机制对消费者剩余无影响,但可以提高零售商的利润,因此社会福利提高。接着比较顾客为短视型和策略型时,再制造柔性补货机制对社会福利影响的差别。令顾

客为短视型时社会福利增加值 $W_M = W_{RM} - W_{TM}$, 顾客为策略型时社会福利增加值 $W_S = W_{RS} - W_{TS}$ 。沿用上一节中模型的参数假定,运用 Maple 11 绘图如图 7。

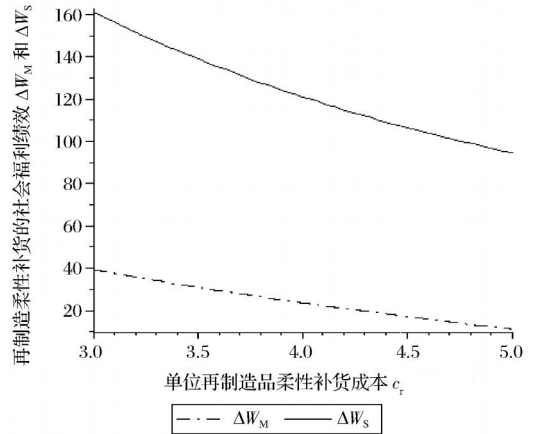


图 7 顾客为不同类型再制造柔性补货机制的社会福利

由定理 5 和图 7 可知:尽管在顾客为策略型时,该机制可能减少消费者剩余,但无论顾客是短视型还是策略型,再制造柔性补货机制都可以提高社会福利,并且当顾客是策略型时,社会福利的增加值较大。该差别可以这样来解释:再制造柔性补货机制不仅减少了随机需求下订货与需求失衡的社会福利损失,还可以通过减少订货量降低顾客策略行为的影响。可见,再制造柔性补货机制不仅可以提高零售商的利润,当再制造柔性补货成本较大时($c_r > c$)还可以提高消费者剩余,而且顾客为不同类型时,社会总福利都增加表明再制造柔性补货机制实现了帕累托改进。

6 结语

本文考虑了顾客策略行为对零售商的定价和订货量决策的影响,研究了零售商如何运用再制造作为一种柔性补货机制来应对策略型顾客对决策和期望利润的影响,还讨论了顾客策略行为和柔性补货成本对该机制绩效的影响。本文与现有研究的区别在于以下三个方面:一是传统的柔性补货机制用更高的成本额外订购原产品,而我们用再制品实行柔性补货,不仅减低了柔性补货的成本,重要的是减少了能源消耗,减轻了生产运营活动对于环境的压力。二是以往关于原产品和再制品的定价订购决策常常关注是否进行再制造以及如何避免产品之间的替代竞争,而本文将再制品作为柔性补货机制

在一定程度上避免了这种竞争。三是顾客策略行为使得零售商降低价格,减少订购量,因此减少了零售商的期望利润,而再制造柔性补货机制缓解了顾客策略行为对利润的影响,通过减少期初订货量引导顾客提前购买,增加了零售商的期望利润。

研究结果表明顾客策略行为使得销售价格下降,减少了零售商的期望利润。无论顾客是短视型还是策略型,再制造柔性补货机制都能增加零售商的期望利润。特别是当顾客是策略型时,柔性补货机制的绩效更大,可见该机制不仅缓解了随机需求中供需失衡对期望利润的影响,也是零售商面对顾客策略行为时的一种有效的经营机制。另外,再制造柔性补货机制会提高或者减少消费者剩余,但无论顾客是何种类型时总是提高社会总福利,实现了帕累托改进。

本文只研究了消费者对产品估价同质时的顾客策略行为对价格机制和库存决策的影响。可以进一步研究消费者估价异质时的价格和订货量决策问题以及运用其他经营机制应对顾客策略行为;而且不同经营机制之间的绩效差别也值得进一步研究;另外,现有再制造研究的文献大多忽略了顾客策略行为对决策的影响,考虑顾客策略行为的再制造决策以及闭环供应链问题也是进一步的研究方向。

参考文献:

- [1] McWilliams, G. Minding the Store: Analyzing Customers, Best Buy Decides not All Are Welcome [N]. Wall Street Journal, 2004 - 11 - 08 (A1).
- [2] Shen, Z. J. M., Su, X. Customer behavior modeling in revenue management and auctions: A review and new research opportunities [J]. Production and Operations Management, 2007, 16(6): 713 - 728.
- [3] Atasu, A., Sarvary, M., Van. Wassenhove, L. N. Remanufacturing as a Marketing Strategy[J]. Management Science, 2008, 54(10): 1731 - 1746.
- [4] Aviv, Y., Pazgal, A. Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking consumers [J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2008, 1(4): 1 - 21.
- [5] Elmaghraby, W., Güç ü, A., Keskinocak, P. Designing optimal preannounced markdowns in the presence of rational customers with multiunit demands [J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2007, 11(11): 1 - 23.
- [6] 彭志强,熊中楷,李豪. 基于客户定价模式的服务提供商定价策略[J]. 统计与决策, 2008, 273(21): 169 - 171.
- [7] Peng, Z. Q., Xiong, Y. Value uncertain in advance selling: The impact of offering refunds for cancellations [C]. International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, Beijing, China, IEEE, 2008:64 - 68.
- [8] Su, X. Intertemporal pricing with strategic customer behavior [J]. Management Science, 2007, 53(5): 726 - 741.
- [9] Su, X., Zhang, F. Strategic customer behavior, commitment, and supply chain performance [J]. Management Science, 2008, 54(10): 1759 - 1773.
- [10] Lai, G., Sycara, K., Debo, L., et al. An analysis on price matching policy[C]. The 8th international conference on Electronic commerce: The new e-commerce: innovations for conquering current barriers, obstacles and limitations to conducting successful business on the internet, Fredericton, Canada, ACM, 2006:451 - 462.
- [11] Mahadevan, B., Pyke, D. F., Fleischmann, M. Periodic review, push inventory policies for remanufacturing [J]. European Journal of Operational Research, 2003, 151(3): 536 - 551.
- [12] Bayindir, Z. P., Erkip, N. Assessing the benefits of remanufacturing option under one-way substitution and capacity constraint [J]. Computers and Operations Research, 2007, 34(2): 487 - 514.
- [13] 熊中楷,曹俊,刘克俊. 基于动态博弈的闭环供应链回收质量控制研究[J]. 中国管理科学, 2007, 15(4): 42 - 50.
- [14] 彭志强,熊中楷,李根道. 基于再制造和顾客等待的差别定价模型研究[J]. 软科学, 2009, 23(3): 123 - 126.
- [15] Barnes-Schuster, D., Bassok, Y., Anupindi, R. Coordination and flexibility in supply contracts with options[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2002, 4(3): 171 - 207.
- [16] Fisher, M., Rajaram, K., Raman, A. Optimizing inventory replenishment of retail fashion products [J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2001, 3(3): 230 - 241.
- [17] Muth, J. F. Rational expectations and the theory of price movements [J]. Econometrica, 1961, 29(3): 315 - 335.
- [18] Stokey, N. L. Rational expectations and durable goods pricing [J]. The Bell Journal of Economics, 1981, 12(1): 112 - 128.
- [19] Bulow, J. I. Durable-goods monopolists [J]. The Journal of Political Economy, 1982, 90(2): 314 - 332.

The Pricing Policy and Remanufacturing Flexible Replenishment Mechanism of Perishable Goods in the Presence of Strategic Customer Behavior

PENG Zhì-qiáng¹, XIONG Zhong-kai¹, LI Gen-dao²

(1. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. School of Management, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract : This paper studies the pricing policy and remanufacturing flexible replenishment mechanism of perishable goods in the presence of strategic customer behavior, by introducing the remanufacturing as flexible replenishment. We prove analytically that the expected profit of the seller is ruined by the strategic consumers, while the flexible replenishment can mitigate the impact of customer strategic purchasing behavior and increase the seller's expected profit. Finally, the impacts of the mechanism on the consumer surplus and the social welfare are discussed.

Key words : strategic customer behavior; perishable products; pricing; remanufacturing; flexible replenishment mechanism