

零售商竞争下三级闭环供应链利润共享契约模型研究

邹 浩

(湖南财政经济学院 工商管理系,湖南 长沙 410205)

[摘 要] 基于零售商产品销售价格竞争环境,并考虑零售商废旧品回收过程,文章研究了两零售商、分销商和制造商组成的三级闭环供应链的协调过程。通过对分散决策和集中决策时供应链各成员及整条链的利润分析,设计了零售商价格竞争下三级闭环供应链利润共享契约协调模型,在合理的利润分配系数下,供应链各节点可以实现最优。最后,通过算例分析验证了模型的科学性和合理性。

[关键词] 零售商竞争; 三级供应链; 利润共享契约; 闭环; 模型

[中图分类号] U491.5 [文献标识码] A [文章编号] 1673-0755(2014)04-0057-04

由于社会资源有限,循环经济发展模式已经成为一种趋势。在这种情况下,企业为了提高市场竞争力,废旧产品的回收成为了一种必然选择,因而闭环供应链也应运而生。

闭环供应链通过对废旧产品的回收再造,不仅实现了资源的循环利用,而且可以为企业树立“绿色”品牌竞争力,提高企业顾客满意度。它作为一种全新的管理思想,近年来已有不少学者从多方面对其进行了深入研究。李明芳等研究了零售商竞争环境下基于目标奖惩合同的闭环供应链协调问题,通过合同设置可以实现两阶段供应链的帕累托改进^[1];林欣怡等研究了两周期零售商竞争下闭环供应链的定价策略,通过合适的批发价格和收益共享比例实现了制造商与零售商的共赢^[2];王旭等基于收益共享—费用共担契约,研究了两零售商竞争下闭环供应链应对突发事件的决策问题^[3];孙荣庭等基于线性的契约形式,研究了不确定需求下多零售商竞争的供应链协调问题^[4];张克勇、周国华基于一制造商和两零售商的闭环供应链,探讨了收益分享协调定价策略对供应链的协调问题^[5];韩小花等研究了制造商和零售商双边竞争环境下,强势零售商领头的闭环供应链回收渠道的决策问题^[6];孙荣庭等基于数量折扣契约和批发价格契约,研究了零售商竞争下供应商与零售商之间契约选择问题^[7];王婷等研究了价格相关随机需求下,基于退货机制的零售商竞争协调问题,并通过特殊的线性模型给出了最优零售价格和订购量^[8];马利军等基于回购

合约研究了零售商销售努力水平竞争的供应链协调问题,通过努力成本分摊的设计,给出了均衡解存在的条件^[9];刘玉霜研究了价格相关随机需求下,基于 CVaR 与收益共享契约的零售商竞争协调策略,并证明了零售商竞争下存在唯一的最优定价—订购策略^[10]。

考虑以上文献都只研究了两阶段供应链的协调问题,本文基于传统的二阶层闭环供应链协调理论,设计了零售商价格竞争和再造品回收下,由一个制造商、一个分销商和两个零售商组成的三阶层闭环供应链利润共享契约协调模型,并通过合理设置利润分配系数,以实现供应链整体利润的最优。

一 符号说明及问题描述

考虑由一个制造商、一个分销商和两个零售商组成的三级供应链。 c_m 为制造商通过原材料生产新产品的单位成本; c_d 为分销商边际单位产品成本; $c_1 = c_2 = c_r$ 为两个零售商边际单位产品成本; w_m 为制造商给分销商的出厂价格; w_d 为分销商给两个零售商的批发价格; $p_i(i = 1, 2)$ 为两个零售商产品的销售价格; c_{mz} 为制造商通过废旧品生产再造品的单位成本; c_{dz} 为分销商废旧产品单位回收成本; $c_{r1} = c_{r2} = c_{rz}$ 为两个零售商废旧产品单位回收成本; p_m 为制造商给分销商的回收价格; p_d 为分销商给两个零售商的回收价格; $p_{ri}(i = 1, 2)$ 为两个零售商废旧产品的回收价格,且满足 $p_{ri} < p_d < p_m < c_m - c_{mz}$ 。

为研究的方便,基本假设如下:

假设1 制造商、分销商和两个零售商作为理性的经济人,各自以自身利益最大化原则进行决策。

假设2 两个零售商销售过程非独立的,表现为 Cournot 竞争^[11],零售商 i 的产品市场销售量为: $D_i = a - \beta p_i + \delta p_{3-i}$ ($i = 1, 2$), 其中 a 为产品销售市场的总容量, β 为价格 p_i 的敏感系数, δ 为两零售商之间销售价格竞争替代系数,且有 $\beta > \delta > 0$ 。

假设3 两个零售商废旧品回收过程非独立的,表现为 Cournot 竞争^[11],零售商 i 的废旧产品回收量为: $Q_i = b + hp_{ri} - \lambda p_{r(3-i)}$ ($i = 1, 2$), 其中 b 为回收价格 $p_{ri} = 0$ 时顾客自愿返还废旧品数量, h 为回收价格 p_{ri} 的敏感系数, λ 为两零售商之间回收价格竞争替代系数,且有 $h > \lambda > 0$ 。

二 分散无协调决策模型

在分散式无协调决策时,制造商、分销商和零售商遵循非合作博弈时的主从关系,其中制造商作为整条链的领导者,分销商和零售商作为跟随者。为了使自身利益最大化,制造商首先确定给分销商的最优出厂价格 w_m 和回收价格 p_m ;接着分销商根据制造商提供的价格确定给零售商的最优批发价格 w_d 和回收价格 p_d ;最后零售商根据分销商提供的价格确定自身的销售价格 p_i 和回收价格 p_{ri} 。其具体决策模型如下:

$$\max \pi_m = (w_m - c_m)(D_1 + D_2) + (c_m - c_{mz} - p_m)(Q_1 + Q_2) \quad (1)$$

$$st \max \pi_d = (w_d - w_m - c_d)(D_1 + D_2) + (p_m - p_d - c_{dz})(Q_1 + Q_2)$$

$$\max \pi_{ri} = (p_i - w_d - c_i)D_i + (p_d - p_{ri} - c_{ri})Q_i \quad (i = 1, 2)$$

由逆向推导法则,零售商最先做出反应,其根据 w_d 和 p_d 确定自身最优市场销售价格和回收价格,所以有:

$$\frac{\partial \pi_{r1}}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial \pi_{r1}}{\partial p_{r1}} = 0, \frac{\partial \pi_{r2}}{\partial p_2} = 0, \frac{\partial \pi_{r2}}{\partial p_{r2}} = 0 \quad (2)$$

同理,分销商确定自身最优批发价格 w_d 和回收价格 p_d ,则有:

$$\frac{\partial \pi_d}{\partial w_d} = 0, \frac{\partial \pi_d}{\partial p_d} = 0 \quad (3)$$

制造商确定出厂价格 w_m 和回收价格 p_m ,则有:

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial w_m} = 0, \frac{\partial \pi_m}{\partial p_m} = 0 \quad (4)$$

由公式(1-4)即可求得分散无协调决策情形下,零售商单独决策确定的最优市场销售价格 p_i^* ($i = 1, 2$) 和回收价格 p_{ri}^* ($i = 1, 2$), 分销商单独确定的

最优批发价格 w_d^* 和回收价格 p_d^* , 制造商单独确定的最优出厂价格 w_m^* 和回收价格 p_m^* , 从而可以求得分散无协调情形下供应链整体利润为:

$$\pi = \pi_m + \pi_d + \pi_{r1} + \pi_{r2} \quad (5)$$

三 集中控制决策模型

集中控制情形下,制造商、分销商和两个零售商之间可以完全实现信息共享,三级供应链各成员都以系统利润最大为目标。此时,系统可以通过产品市场销售价格和零售商废旧品回收价格的确定,以期供应链整体利益的最大化。其具体决策模型如下:

$$\max \pi^c = \sum_{i=1}^2 [(p_i - c_m - c_d - c_i)D_i + (c_m - c_{mz} - c_{dz} - c_{ri} - p_{ri})Q_i] \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \text{根据优化的一阶必要条件,则有 } \frac{\partial \pi^c}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial \pi^c}{\partial p_2} \\ & = 0, \frac{\partial \pi^c}{\partial p_{r1}} = 0, \frac{\partial \pi^c}{\partial p_{r2}} = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

从而可求得集中决策下零售商产品最优市场销售价格和零售商最优废旧品回收价格分别为:

$$\begin{aligned} p_1^c &= p_2^c = \frac{a + c_a(\beta - \delta)}{2(\beta - \delta)} \\ p_{r1}^c &= p_{r2}^c = \frac{c_b(h - \lambda) - b}{2(h - \lambda)} \end{aligned} \quad (8)$$

其中 $c_a = c_m + c_d + c_r$, $c_b = c_m - c_{mz} - c_{dz} - c_{r2}$ 。

从而根据公式(6)和(8)即可得到集中控制决策时整体供应链的最大利润 π^c 。

四 利润共享契约协调模型

利润共享契约一般是通过产品销售收入的合理分配,在各成员之间实现利润共享、风险共担,以此实现整条供应链的协调。在利润共享契约协调机制下,三级供应链各成员往往需要通过谈判来确定各自利润分配参数,其值的大小取决于成员之间谈判的博弈能力。现假设利润共享契约协调机制中,制造商与分销商进行利润分配时,制造商所占利润比例为 k , 分销商与零售商进行利润分配时,分销商所占利润比例为 s 。其具体决策模型如下:

$$\pi_{ri}^t = (1 - s)(p_i D_i + p_d Q_i) - (w_d + c_i)D_i - (p_{ri} + c_{ri})Q_i \quad (i = 1, 2) \quad (9)$$

$$\pi_d^t = (1 - k)[s(p_1 D_1 + p_d Q_1 + p_2 D_2 + p_d Q_2) + w_d(D_1 + D_2) + p_m(Q_1 + Q_2)] - (w_m + c_d)(D_1 + D_2) - (p_d + c_{dz})(Q_1 + Q_2) \quad (10)$$

$$\pi_m^t = k[s(p_1 D_1 + p_d Q_1 + p_2 D_2 + p_d Q_2) + w_d(D_1 + D_2) + p_m(Q_1 + Q_2)] + (w_m - c_m)(D_1 + D_2) + (c_m - c_{mz} - p_m)(Q_1 + Q_2) \quad (11)$$

根据优化的一阶必要条件,有 $\frac{\partial \pi_{r1}^t}{\partial p_1} = 0$, $\frac{\partial \pi_{r1}^t}{\partial p_{r1}} = 0$,从而可求得利润共享契约决策下零售商产品最优市场销售价格和零售商最优废旧品回收价格分别为:

$$p_1^t = p_2^t = \frac{(\delta + 2\beta)[a(1 - s) + \beta w_d] + \beta c_r(2\beta + \delta)}{(1 - s)(4\beta^2 - \delta^2)} \quad (12)$$

$$p_{r1}^t = p_{r2}^t = \frac{(\lambda + 2h)[p_d h(1 - s) - b] - hc_{rz}(2h + \lambda)}{(4h^2 - \lambda^2)} \quad (13)$$

实施利润共享契约协调策略主要是实现供应链各成员之间利润的最优,即满足集中控制时系统的最大利润,因此利润共享契约下零售商的最优市场销售价格 p_i^t 和废旧品回收价格 p_{ri}^t 应该与集中控制下一致,即满足: $p_i^t = p_i^c$, $p_{ri}^t = p_{ri}^c$,从而可求出契约形式下分销商的最优批发价格 w_d^t 和回收价格 p_d^t ,再由 $\frac{\partial \pi_d^t}{\partial w_d} = 0$, $\frac{\partial \pi_d^t}{\partial p_d} = 0$ 即可求出契约形式下制造

商确定的最优出厂价格 w_m^t 和回收价格 p_m^t 。同时实施利润共享契约之后,两个零售商、分销商和制造商的利润至少不低于分散决策情形下的利润。因此为了实现供应链成员的完美协调,利润共享契约协调决策的充要条件为:

$$\begin{cases} p_i^t = p_i^c, p_{ri}^t = p_{ri}^c \\ w_d^t > 0, w_m^t > 0 \\ \pi_{ri}^t \geq \pi_{ri}^c \quad (i = 1, 2) \\ \pi_d^t \geq \pi_d^c \\ \pi_m^t \geq \pi_m^c \end{cases} \quad (14)$$

五 算例分析

假设某三级闭环供应链由两个零售商、分销商、制造商构成,并且两零售商之间存在价格竞争,三级节点之间追求利润最大化缔结了如上所述的利润共享协调契约,其它具体相关参数如表 1 所示:

表 1 相关参数表

变量	c_m	c_d	c_r	c_{mz}	c_{dz}	c_{rz}	a	β	δ	b	h	λ
取值	20	8	2	8	3	1	600	10	6	20	15	10

(一)分散无协调决策时闭环供应链的利润

将上述参数数据代入公式(2)、(3)、(4),即可得到分散无协调决策情形下,两个零售商单独决策确定的最优市场销售价格 $p_1^* = p_2^* = 128.470$ 和回收价格 $p_{r1}^* = p_{r2}^* = 0.3875$,分销商单独确定的最优批发价格 $w_d^* = 117.628$ 和回收价格 $p_d^* = 3.1$,制造商单独确定的最优出厂价格 $w_m^* = 79.756$ 和回收价格 $p_m^* = 6.166$,产品市场需求量 $D_1 = D_2 = 86$,废旧品回收量 $Q_1 = Q_2 = 22$,从而可以求得分散无协调情形下零售商的利润 $\pi_{r1} = \pi_{r2} = 798.087$,分销商的利润 $\pi_d = 5140.888$,制造商的利润 $\pi_m = 10534.728$,从而分散无协调决策时,整条供应链的利润 $\pi = \pi_m + \pi_d + \pi_{r1} + \pi_{r2} = 17271.79$ 。

(二)集中控制决策时闭环供应链的利润

将上述数据代入公式(7)、(8),即可得到集中控制决策情形下两零售商市场销售价格 $p_1^c = p_2^c = 90$,废旧品单位回收价格 $p_{r1}^c = p_{r2}^c = 2$,产品市场需求量 $D_1^c = D_2^c = 240$,废旧品回收量 $Q_1^c = Q_2^c = 30$,从而可以得到集中控制决策时整条供应链的利润为: $\pi^c = 29160$ 。

(三)利润共享契约下闭环供应链的利润

根据利润共享契约协调决策的充要条件,契约

形式下产品销售价格 $p_1^t = p_2^t = p_1^c = 90$,废旧品回收价格 $p_{r1}^t = p_{r2}^t = p_{r1}^c = 2$,产品市场需求量 $D_1^t = D_2^t = D_1^c = 240$,废旧品回收量 $Q_1^t = Q_2^t = Q_1^c = 30$,从而根据公式(12)、(13)、(14)可以得出零售商、分销商、制造商之间利润分配系数取值范围:

$$0.124 < s \leq 0.3934, 0.1084 < k \leq 0.856 \quad (15)$$

s 和 k 的具体取值取决于两个零售商、分销商和制造商之间的博弈能力,一般是通过谈判考虑各自对整条供应链的贡献决定。三级供应链各成员之间确定的利润分配系数只要满足公式(15),即可使得各自都比分散决策下的利润高,从而实现真正意义上的共赢。为简便起见,表 2 列出了三种系统状态下,供应链成员的两种利润分配方案值及对比情况:

从表 2 可以看出,零售商产品销售价格竞争环境下,分散无协调决策时的最优产品订购量和废旧品回收价格远小于集中决策时的最优订购量和回收价格;同时,分散无协调时整条供应链的利润也明显低于集中控制决策时的利润。而在利润共享契约决策时,通过合理的设置利润分配系数,两零售商、分销商、制造商之间的利润比例虽然不同,但有效地激励了零售商扩大产品订购量和废旧品回收量,使得各自的利润都大于分散决策时的利润,并且供应链

整体利润也达到集中控制决策下的理想利润。因此,在零售商价格竞争环境下,各节点成员之间可以通过利润的合理分配,促进供应链系统的协调运作,最终实现共赢的目的。

表 2 不同系统状态下供应链成员利润分配对比情况

系统状态	D	Q	$2\pi_r$	π_d	π_m	π	s	k
分散式	86	22	1596.174	5140.888	10534.728	17271.79		
集中式	240	30				29160		
利润共	240	30	7974.976	7863.655	13321.369	29160	0.3	0.5
享契约	240	30	9125.728	8371.882	11662.39	29160	0.2	0.7

六 结论

在两零售商产品销售价格竞争环境下,通过分散无协调控制和集中控制决策时的分析,同时综合考虑各节点的销售成本和回收成本,建立了零售商价格竞争下三级供应链利润共享契约决策模型,该模型通过调整成员之间的利润分配系数,从而实现整条供应链的最佳效益。并通过算例分析验证了模型的科学性和可行性。研究结论说明,产品销售价格竞争环境下,通过利润共享契约,合理地设置利润分配系数,不仅可以使得各成员的利润提高,而且可以实现整条供应链的最优;同时利润分配系数可以根据成员的贡献率以及市场的变化做适时调整,具有一定的灵活性和可操作性。

[参考文献]

[1] 李明芳,等. 竞争环境下零售商负责回收的闭环供应链协调问题[J]. 工业工程,2013,16(6):101-105.

[2] 林欣怡,等. 两周期零售商竞争下的闭环供应链的定价和协调策略研究[J]. 运筹与管理,2013,22(2):27-33.

[3] 王旭,等. 两零售商竞争的闭环供应链应对突发事件[J]. 计算机集成制造系统,2014,20(2):430-439.

[4] 孙荣庭,等. 不确定需求下多零售商竞争的供应链协调研究[J]. 工业工程与管理,2010,15(1):49-52.

[5] 张克勇,周国华. 零售商竞争环境下闭环供应链定价策略分析[J]. 运筹与管理,2008,6(17):44-49.

[6] 韩小花,等. 强零售商的竞争型闭环供应链回收渠道的决策[J]. 计算机集成制造系统,2009,15(11):247-253.

[7] 孙荣庭,等. 考虑零售商竞争的供应链契约选择模型[J]. 运筹与管理,2011,20(5):200-205.

[8] 王婷,等. 随机需求下考虑退货机制的零售商竞争协调模型[J]. 山东大学学报:理学版,2013,48(6):34-37.

[9] 马利军,等. 零售商销售努力竞争时的供应链协调[J]. 系统管理学报,2013,22(6):808-813.

[10] 刘玉霜. 零售商竞争下基于 CVaR 与收益共享契约的供应链决策模型[J]. 青岛科技大学学报:自然科学版,2013,34(6):647-652.

[11] Yao Z, Leung S C H, Lai K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition[J]. European Journal of Operational Research,2008,186:637-651.

Research on Profit-Sharing Contract Model in Triple Closed-loop Supply Chain under Retail Competition

ZOU Hao

(Hunan University of Finance and Economics, Changsha 410205, China)

Abstract: Based on the competition environment of retailers product sales price, considering the recycling process of retailers waste product, the coordination process of triple closed-loop supply chain is studied, which is composed by the two retailers, distributor and manufacturer. Through the profit analysis of the supply chain members and the whole chain on the decentralized and centralized decision, designing the profit-sharing contract coordination model of triple closed-loop supply chain under the competition of retailer price, the node enterprises in the supply chain can realize the optimal under the reasonable profit distribution coefficient. Finally, the example is used to verify the model which is scientific and feasible.

Key words: retail competition; triple supply chain; profit-sharing contract; closed-loop; model