

制造商与网络零售商之供应链回购契约协调研究

——基于 Stackelberg 博弈分析

张庆平

(顺德职业技术学院, 广东 佛山 528300)

摘要:运用基于经典报童问题的回购契约协调由单一制造商和单一网络零售商构成二阶供应链。构建 stackelberg 博弈模型和供应链整合模型,并求解算例,据此讨论双方如何运用回购契约,通过调整变量和参数来协调供应链的利润分配并实现供应链的最佳绩效。研究表明,作为主导方的制造商若同时提升批发价和更高倍率的补贴价,自身利润和供应链的总利润将会增加,供应链绩效也会得以改善,但跟随者网络零售商的利润会有所下降。

关键词:制造商;网络零售商;回购契约;供应链协调;Stackelberg 博弈

中图分类号:F273.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)07-0101-05

如今,网络零售商帮助制造商直接把商品卖给最终消费者,颠覆了传统供应链交易模式;为了保持其“低价、随时随地购物、多样化选择、快速送达”的形象,双方比以往更加紧密合作以实现供应链整体最优,才能确保竞争地位。同时双方又是相互独立的利益实体,其行为也会以自身利润最大化为目标^[1]。早期的研究,包括 coach^[2] 和 Pastemack^[3],已经证明当以上两个目标发生冲突时,供应链契约协调机制,能够确保双方实现各自效益目标的同时实现供应链整体最优。

本研究应用基于经典报童问题的回购契约来协调由一个制造商和一个网络零售商组成的二阶供应链。经典报童问题是指,单一销售季节,需求不确定,需求开始之前零售商仅有一次订货机会,并且销售期间无补货的机会。供应链回购契约模式下,双方事先确定商品零售价格;制造商决定向网络零售商收取的批发价格;网络零售商据此决定其唯一决策订购量;在销售季节结束后,网络零售商负责处理未售出商品并收回残值,制造商给予一定的价格补贴,以鼓励网络零售商增加订购量^[4]。

本文先后构建 Stackelberg 博弈模型和供应链整合模型,并求解算例;讨论主导方制造商和跟随方网络零售商如何运用供应链回购契约,通过调整改变契约参数变量来协调供应链的利润分配并实现供应链的最佳绩效。

与以往相比,本文基于经典报童问题的回购契约协调研究不同之处有:一是零售方是网络零售商而不是实体零售商,二是为了贴近制造商和网络零售商实际运作情况,同时增加了网络零售商销售成本、制造商支付的物流费用、网络零售商支付的快递费用等参数;三是研究了部分参数改变,包括缺货成本承担比例、零售价格和需求分布上下界,会引起供应链利润分配和供应链绩效怎样的变化。

1 问题描述

1.1 模型假设

本研究问题的基本假设如下:

- 1) 面临经典报童问题,需求为不确定形式,而网络零售商订购发生于销售季开始之前,订购次数为一次,并且无补货机会。
- 2) 设定需求服从均匀分布 $D \sim U(a, e)$ 。
- 3) 为贴近现实情况,网络零售商及制造商若无法满足需求,会产生缺货成本。
- 4) Stackelberg 博弈模型中,主导者为制造商,网络零售商则为跟随的一方。
- 5) 销售季节开始之前,制造商和网络零售商双方已经确定商品的零售价格。
- 6) 商品订购之后售出之前,委托第三方物流服务商进行商品管理,由制造商支付费用。
- 7) 商品售出之后,委托快递公司进行商品派送,由网络零售商支付费用。

收稿日期:2016-03-25

基金项目:2015 年度佛山哲学社会科学规划基金项目(2015-BZ60)。

作者简介:张庆平(1979—),女(回族),内蒙古赤峰人,顺德职业技术学院,讲师,硕士,研究方向:供应链管理、第三方物流。

8)销售季节结束后,网络零售商负责处理未售出商品,残值归其所有。

9)销售季节结束后,制造商对网络零售商未售出的单位存货给予一定的价格补贴。

1.2 变量与参数说明

1.2.1 变量说明

w 为制造商向网络零售商收取的每单位批发价; q 为网络零售商向制造商提出的订购量; b 为制造商给予网络零售商未售出商品的每单位价格补贴^[5]。

1.2.2 参数说明

市场需求量 x 服从区间 (a, e) 上均匀分布, $D \sim U(a, e)$; 需求分布的密度函数 $f(x) = 1/(e-a)$; 需求分布的累积密度分布函数 $F(x) = (x-a)/(e-a)$; p 是商品每单位零售价; c 为供应链系统成本, 由制造商的单位制造成本 c_m 和网络零售商的单位销售成本 c_r 组成; g 为供应链系统缺货成本, 由制造商单位缺货成本 g_m 和网络零售商单位缺货成本 g_r 组成; v 为网络零售商处理未售出商品的单位净残值; h 为制造商支付的单位物流服务费用; t 为网络零售商支付的单位快递费用; Π_m 为制造商的期望利润函数; Π_r 为网络零售商的期望利润函数; Π_o 为供应链系统期望利润函数^[5]。

2 构建模型

2.1 Stackelberg 博弈模型

制造商为主导者, 零售商在订购时会尽量以自己能获得最佳利润的数量为订购量, 但制造商还是希望利用回购契约鼓励零售商订购多些商品, 增加自己的利润。

根据 Cachon^[2] 的研究, 计算制造商和网络零售商的期望利润函数。

其中, 期望售出商品函数: $S(q) = \int_0^q x f(x) dx + \int_q^e q f(x) dx$, 函数变换后可得, $S(q) = q - \frac{(q^2 - 2aq)}{2(e-a)}$;

期望剩余商品存货函数: $I(q) = q - S(q) = \frac{q^2 - 2aq}{2(e-a)}$;

期望缺货函数: $L(q) = \frac{e+a}{2} - S(q) = \frac{e+a}{2} - q + \frac{q^2 - 2aq}{2(e-a)}$ 。

制造商期望利润函数: $\Pi_m = w \times q - c_m \times q - h \times q - b \times I(q) - g_m \times L(q)$, 函数变换后可得:

$$\Pi_m = (w - c_m - h + g_m)q -$$

$$\frac{(b + g_m)(q^2 - 2aq)}{2(e-a)} - \frac{(e+a)g_m}{2} \quad (1)$$

网络零售商期望利润函数: $\Pi_r = p \times S(q) - t \times S(q) - w \times q - c_r \times q + b \times I(q) + v \times I(q) - g_r L(q)$, 函数变换后可得:

$$\Pi_r = (p - t - w - c_r + g_r)q - \frac{(p - t - b - v + g_r)(q^2 - 2aq)}{2(e-a)} - \frac{(e+a)g_r}{2} \quad (2)$$

Stackelberg 模型博弈过程如下: 制造商给定批发价 w , 网络零售商根据批发价 w 决定订购量 q (的函数形式); 制造商再以此订购量决定回购价 b ^[6]。

当制造商给定批发价 w 后, 网络零售商以获得最佳利润为前提, 对式(2)做一阶微分, 并令其等于零, 求出自身最佳订购量 q 。

$$\frac{\partial \Pi_r}{\partial q} = p - t - w - c_r + g_r - \frac{(p - t - b - v + g_r)(q - a)}{(e-a)} = 0$$

变换后得出网络零售商的订购量:

$$q = a + \frac{(e-a)(p - t - w - c_r + g_r)}{(p - t - b - v + g_r)} \quad (3)$$

同样, 制造商以获得最佳利润为前提, 将此订购量代入自身期望利润函数(1), 变换后可得:

$$\Pi_m = (w - c_m - h + g_m)a + \frac{(w - c - h + g_m)(e-a)(p - t - w - c_r + g_r)}{(p - t - b - v + g_r)} - \frac{(b + g_m)(e-a)(p - t - w - c_r + g_r)^2}{2(p - t - b - v + g_r)^2} + \frac{(b + g_m)a^2}{2(e-a)} - \frac{(e+a)g_m}{2} \quad (4)$$

并对式(4)做一阶微分, 令其等于零, 以确定未知参数补贴价 b 的最佳解:

$$\frac{\partial \Pi_m}{\partial b} = (w - c_m - h + g_m)(e-a)(p - t - w - c_r + g_r)/(p - t - b - v + g_r)^2 - (e-a)(p - t - w - c_r + g_r)^2[(p - t - b - v + g_r) + 2(b + g_m)]^2/2(p - t - b - v + g_r)^3 + \frac{a^2}{2(e-a)} = 0 \quad (5)$$

至此, stackelberg 博弈模型中, 在给定批发价 w 的条件下, 利用 excel“单变量求解函数”根据式(5)求解补贴价 b 的最佳解, 然后将 w 和 b 代入式(3)得出订购量 q , 再将 w, b 和 q 代入式(1)和(2)算出制造商期望利润 Π_m 和网络零售商期望利润 Π_r 。

2.2 供应链系统整合模型

整合模型中,制造商和网络零售商的批发价与补贴价相加后相互抵消,不会出现相关参数^[7]。

其中,供应链系统期望利润函数=制造商利润期望函数+网络零售商期望利润函数,即:

$$\Pi_o = \Pi_m + \Pi_r = (p - c - h - t + g)q - \frac{(p - v - t + g)(q^2 - 2aq)}{2(e - a)} - \frac{(e + a)g}{2} \quad (6)$$

以获得最佳供应链系统利润为前提,对式(6)做一阶微分,并令其等于零:

$$\frac{\partial \Pi_o}{\partial q} = p - c - h - t + g - \frac{(p - v - t + g)(q - a)}{(e - a)} = 0$$

以确定供应链系统整合下的最佳订购量:

$$q_o = a + \frac{(e - a)(p - c - h - t + g)}{(p - v - t + g)} \quad (7)$$

将式(7)代入式(6),得出供应链系统利润:

$$\Pi_o = (p - c - h - t + g)a + \frac{(e - a)(p - c - h - t + g)^2}{2(p - v - t + g)} + \frac{(p - v - t + g)a^2}{2(e - a)} - \frac{(e + a)g}{2} \quad (8)$$

至此,整合模型中,利用已知参数,直接根据式(7)求出订购量 q 的最佳解,再根据式(8)得出供应链

系统期望利润 Π_o 。

将式(1)、(2)和(8)代入式(9),即可得出供应链绩效^[8]:

$$\text{供应链绩效为: } \frac{\Pi_m(q) + \Pi_r(q)}{\Pi_o(q_o)} \quad (9)$$

3 算例分析

设定需求均值为 300 的时候,上下界 (a, e) 为 $(0, 600)$;供应链系统成本 c 为 15,其中制造商制造成本 c_m 为 12、网络零售商的销售成本 c_r 为 3;供应链系统缺货成本 g 为 3,承担比例 $g_m : g_r$ 为 $2 : 1$;商品售价采用加成定价法,加成百分比 80%,即 p 为 27;网络零售商处理未售出商品所得净残值 v 为 3;制造商需支付的单位物流服务费用 h 为 0.5;网络零售商支付的单位快递费用 t 为 1。

通过变动制造商批发价 w ,利用 excel“单变量求解”得出相对应的最佳补贴价 b ,进一步求解出 q 、 $S(q)$ 、 Π_m 、 Π_r 、 Π_o 、 $(\Pi_m + \Pi_r)/\Pi_o$,以观察制造商和网络零售商利润变化情形,以及供应链绩效改善情况^[5],如表 1。并分别改变部分参数,包括需求分布上下界 (a, e) 变为 $(100, 500)$ 、供应链缺货成本承担比例 $g_m : g_r$ 变为 $1 : 2$ 、定价加成百分比变为 140%,分别代入 Stackelberg 模型和整合模型进行求解,结果如表 2、表 3 和表 4。

表 1 最佳解分布 ($a=0$ 、 $b=600$ 、 $p=2$ 、 $g_m=2$ 、 $g_r=1$)

数据	w	b	q	$S(q)$	Π_m	Π_r	$(\Pi_m + \Pi_r)/\Pi_o(q_o)$
1	16.50	5.80	247.25	196.31	486.15	627.20	92.56%
2	17.50	9.14	262.50	205.08	597.66	553.13	95.67%
3	18.50	12.18	279.23	214.26	712.38	467.88	98.12%
4	19.50	14.96	298.56	224.28	827.48	371.75	99.70%
5	20.50	18.69	395.77	265.24	656.57	392.60	87.22%
6	21.50	18.69	282.69	216.10	1 131.49	53.37	98.50%

其中,整合模型的最佳订购量 q^*o 为 312;供应链系统期望利润 Π_o 为 1 202.88。Stackelberg 博弈模型的结果如上表 1 所示,供应链回购契约里,制造商提升了批发价,网络零售商本应会减少订购量;但因制造商同时大幅度提高回购价,网络零售商反而增加了订购量。较高的批发价与订购量增加了制造商的利润,却由于售出量增加幅度低于批发价的,降低了网络零售商的利润。数据同时显示,博弈模型中的总利润虽未达到整合模型的利润,但随着批发价不断提高,供应链绩效实现了持续改善,并有九成以上的供应链绩效。另外,当批发价与零售价差距较大时,

会出现网络零售商利润会高于制造商的情况。

其中,整合模型的最佳订购量 q_o 为 308;供应链系统期望利润 Π_o 为 2 176.92。Stackelberg 博弈模型的结果如上表 2 所示,需求分布上下界变为 $(100, 500)$,虽与 $(0, 600)$ 需求分布的均值相同,但上下界差距变小,使得订购量增加,制造商和网络零售商的利润也变高。数据同时显示,制造商每提升 1 单位的批发价同时增加 2 至 3 单位的回购价,才能促使网络零售商增加订购量,而订购量与批发价的增加使得制造商利润增加;却导致零售商的利润下降。Stackelberg 博弈模型的总利润与整合模型中的利润相比高达百

分之九十九以上,二者相差无几。

表 2 最佳解分布 ($a=100$ 、 $b=500$ 、 $p=27$ 、 $g_m=2$ 、 $g_r=1$)

数据	w	b	q	$S(q)$	Π_m	Π_r	$(\Pi_m + \Pi_r)/\Pi_o(q_o)$
1	17.00	6.71	274.92	249.18	962.84	1428.36	97.80%
2	18.00	9.37	279.12	251.52	1 179.59	1 222.33	98.24%
3	19.00	11.93	283.56	253.94	1 397.82	1 014.12	98.65%
4	20.00	14.37	288.23	256.44	1 617.66	803.39	99.02%
5	21.00	16.72	293.13	259.01	1 839.22	589.82	99.35%
6	22.00	18.95	298.25	261.62	2 062.61	373.03	99.62%

表 3 最佳解分布 ($a=0$ 、 $b=600$ 、 $p=27$ 、 $g_m=1$ 、 $g_r=2$)

数据	w	b	q	$S(q)$	Π_m	Π_r	$(\Pi_m + \Pi_r)/\Pi_o(q_o)$
1	16.50	1.11	213.46	175.49	687.26	307.21	82.67%
2	17.50	5.00	225.00	182.81	796.87	243.75	86.51%
3	18.50	8.51	236.54	189.91	912.26	168.75	89.87%
4	19.50	11.70	248.08	196.79	1 033.41	82.21	92.75%
5	20.50	14.60	259.62	203.45	1 160.34	-15.87	95.14%
6	21.50	17.26	271.15	209.88	1 293.03	-125.48	97.06%

其中,整合模型的最佳订购量 q_o 为 312;供应链系统期望利润 Π_o 为 1 202.88。Stackelberg 博弈模型的结果如上表 3 所示,当制造商缺货成本 g_m 从 2 变成 1 时,回购价 b 均小于表 1 中的数值,制造商的利润因此而增加;而网络零售商因缺货成本 g_r 从 1 变成 2,售出量也有所下降,利润与表 1 相比大幅度下降,以致出现负值。而总利润和供应链绩效也不及 $g_m=2$ 、 $g_r=1$ 的结果。

表 4 最佳解分布 ($a=0$ 、 $b=600$ 、 $p=36$ 、 $g_m=2$ 、 $g_r=1$)

数据	w	b	q	$S(q)$	Π_m	Π_r	$(\Pi_m + \Pi_r)/\Pi_o(q_o)$
1	20.00	4.75	266.67	207.41	1 533.33	1 433.33	89.39%
2	21.00	7.82	275.00	211.98	1 668.75	1 350.00	90.96%
3	22.00	10.71	283.33	216.44	1 808.33	1 258.33	92.40%
4	23.00	13.43	291.67	220.78	1 952.08	1 158.33	93.72%
5	24.00	16.00	300.00	225.00	2 100.00	1 050.00	94.92%
6	25.00	18.43	308.33	229.11	2 252.08	933.33	95.98%
7	26.00	20.74	316.67	233.10	2 408.33	808.33	96.92%
8	27.00	22.92	325.00	236.98	2 568.75	675.00	97.74%
9	28.00	25.00	333.33	240.74	2 733.33	533.33	98.43%
10	29.00	26.98	341.67	244.39	2 902.08	383.33	99.00%

因零售价格的提高,表 4 中的制造商、网络零售商以及整合模型的利润,与表 1 相比,都有大幅度提高。其中,整合模型的最佳订购量 q_o 为 375,供应链系统期望利润 Π_o 为 3 318.75。Stackelberg 博弈模型的结果如上表 4 所示,每当制造商提高批发价同时更大幅度提高回购价(w 每增加 1, b 会增加 2 至 3),网络零售商会增加订购量。随着批发价与订购量增加,制造商的利润逐步提升;却由于售出量低于批发价增加的幅度,网络零售商的利润呈不断下降趋势。在批发价渐渐提升后,总利润与整合模型的利润比也越来越高,供应链绩效必须渐佳。

4 结论

以上四个参数组合中供应链回购契约协调和博弈结果,无一例外显示,主导方制造商提升批发价和高倍率补贴价时,跟随方网络零售商会增加订购量;但由于售出量增加幅度明显低于批发价,故制造商的利润呈上升趋势,而网络零售商的利润呈下降趋势。随着批发价不断提升,Stackelberg 博弈模型中总利润与整合模型的利润比值越来越高,供应链绩效持续改善。

研究结果也显示,供应链的利润分配和供应链绩效回购契约参数值的改变而改变。当网络零售商承

担较高缺货成本比例时,利润会下降,以致出现负值;而 Stackelberg 博弈模型中总利润也会下降,导致供应链绩效有所降低。当零售价格增加时,制造商、网络零售商以及整合模型的利润都大幅度提高。当需求分布平均值相同而上下界差距变小时,因订购量较高,制造商、网络零售商和整合模型的利润同时变高,供应链绩效也有较大提升。

综上,回购契约确实能够协调供应链的利润分配,随着供应链绩效不断改善,作为主导方的优势企业获利更多,跟随方的利润却遭受损失。后续研究建议以网络零售商作为主导方展开回购契约协调研究,讨论供应链的利润分配和供应链绩效;也可以应用其他供应链契约模式进行讨论。

参考文献

[1] 张庆平,高广亮. 网络零售商实施 VMI 库存成本分担博弈分

析[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2015(5):524—528.
 [2] CACHON GP. Supply chain coordination with contracts[J]. Handbooks in Operations Research and Management Science, 2003(11):227—339.
 [3] PASTERNAK BA. Optimal pricing and returns policies for perishable commodities[J]. Marketing Science, 1985(4):166—176.
 [4] 朱晓东. 报童模型下的供应链契约研究[J]. 企业管理,2011(11):110—112.
 [5] 陈昌辉. 斯塔克伯格赛局理论中供货商为主导的回购契约协调二阶层供应链之研究[D]. 花莲:东华大学,2014.
 [6] 王勇. 供应链契约协调研究[D]. 上海:上海交通大学,2005.
 [7] 刘家国,吴冲. 基于报童模型的两级供应链回购契约协调研究[J]. 中国管理科学,2010(4):73—78.
 [8] 利维,卡明斯基,等. 供应链设计与管理[M]. 3 版. 季建华,等,译. 北京:中国人民大学出版社,2010:241—247.

The Study on Coordination of Supply Chain Buy-back Contract between a Manufacturer and an Online-retailer Based on Stackelberg Game Analysis

ZHANG Qing-ping

(Shunde Polytechnic, Foshan Guangdong 528300, China)

Abstract: Applying buy-back contract based on a classical newsboy problem to ordinate a two-phased supply chain consisted of a single supplier and a single online retailer. Construct a stackelberg game model and a supply chain integration model, solve a demonstrated example, and discuss two parties how to allocate the supply chain profits and achieve optimum performance of supply chain. The results show that if manufacturer as a leader increases the wholesale price and more subsidized prices, its own profit and gross profit will increase, improving supply chain performance, while online retailer' profit as a follower will reduce.

Key words: manufacturer; online retailer; buy-back contract; supply chain coordination; Stackelberg game