

考虑广告投入影响的再制造闭环 供应链优化决策博弈模型研究*

初叶萍, 张曙红

(湖北经济学院 湖北省人文社科重点研究基地湖北物流发展研究中心, 武汉 430205)

摘要: 针对制造/再制造产品的市场竞争与合作问题, 考虑广告投入对产品消费者效用的增长效应及消费者环境偏好的影响, 在构建制造产品和再制造产品的市场需求函数基础上, 应用博弈方法比较分析合作博弈、纳什均衡博弈、Stackelberg 主从博弈三种决策模式下制造/再制造产品的最优定价和广告投入策略, 并针对非合作博弈下的效率损失设计了闭环供应链中制造和再制造过程的利益协调机制。数值算例分析表明, 合作博弈决策下供应链总利润最优、制造和再制造产品市场销售价格最高, 而合作博弈和 Stackelberg 主从博弈都会以牺牲再制造产品利润为代价获得最优利润, 因此再制造部门会偏好纳什均衡博弈, 采取以自身利益最优为目标的竞争策略, 没有动机成为制造部门的跟随者。

关键词: 闭环供应链; 再制造; 广告投入; 定价策略; 博弈论

中图分类号: F224.32; TP301

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2014)01-0166-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2014.01.039

Research on optimal decision game models of closed-loop supply chain considering influence of advertising investment

CHU Ye-ping, ZHANG Shu-hong

(Research Center of Hubei Logistics Development, Hubei Province Key Research Institute of Humanities & Social Science, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China)

Abstract: For the market competition and cooperation problems between manufacturing/remanufacturing products, considering the growing effect of advertising investment on product's consumer utility and the influence of consumer environmental preference, this paper established market demand functions of manufacturing/remanufacturing products, then obtained and analyzed the optimal pricing and advertising investment strategies of manufacturing/remanufacturing products comparatively under three game modes, e. g. centralized cooperative game, Nash equilibrium game and Stackelberg game based on game methods, further designed a coordination mechanism of manufacturing and remanufacturing sector's profits aiming at the efficiency loss of non-cooperative game. Numerical examples show that the total profits and sale prices of manufacturing/remanufacturing products are highest under centralized cooperative game, and cooperative game and Stackelberg game will get the optimal profits at the expense of remanufacturing product profits, so remanufacturing sector would give preference to Nash equilibrium game mode, namely remanufacturing sector has no motivation to become the follower of manufacturing sector, furthermore it would adopt the competition strategy to obtain their own optimal profits.

Key words: closed-loop supply chain; remanufacturing; advertising investment; pricing strategy; game theory

0 引言

闭环供应链(closed-loop supply chain)^[1,2], 是在逆向供应链基础上发展起来的一个重要研究领域, 因其具有节约资源和减少环境污染等优点, 已经成为许多发达国家实现循环经济的主要方式。与开环供应链不同, 闭环供应链不仅包括从资源→制造→销售→消费的正向过程, 还包括从废旧产品→回收→再制造→再销售→消费的逆向过程。随着人们对环境保护及可持续发展认识的逐步深入, 企业越来越重视废弃产品的回收再制造, 企业供应链行为正由传统的供应链向再制造闭环供应链转变。当新产品、再制造产品同时在市场销售和竞争时, 制造产品、再制造产品的市场需求不仅受到定价策略的影响, 还会

受到广告投入等市场投资策略的影响。因此, 综合考虑定价和广告投入对制造、再制造产品市场需求的影响, 分析闭环供应链中制造与再制造过程的博弈关系, 在此基础上确定制造/再制造产品的最优定价和广告投资策略, 是再制造闭环供应链管理研究领域的重要问题。

广告投入对供应链定价与协调的影响问题已引起众多学者关注。Fruchter 等人^[3]较早针对两个企业组成的垄断市场结构, 应用微分博弈模型对最优广告投资策略进行了分析。Jørgensen 等人^[4]指出制造商对零售商两种广告类型(短期广告和长期广告)都提供资助比只对其中一种类型广告进行资助可以获得更多的利润。He 等人^[5]对 Stackelberg 主从博弈下制造商和零售商的定价策略以及制造商对零售商广告投资费

收稿日期: 2013-03-20; 修回日期: 2013-05-02 基金项目: 国家教育部人文社会科学青年基金资助项目(12YJC630292)

作者简介: 初叶萍(1963-), 女, 湖北武汉人, 副教授, 博士, 主要研究方向为物流与供应链管理、供应链运作与优化(490150445@qq.com); 张曙红(1974-), 男, 湖北红安人, 教授, 博士, 主要研究方向为再制造、闭环供应链管理。

用的分担比例进行优化决策,给出了制造商合作广告策略的最优条件。国内学者的相关研究主要有:王磊等人^[6]针对单一制造商和多个竞争性零售商的情况,考虑零售商的产品需求量除受到自己的广告投入影响,还受到竞争者广告投入的影响,分析了最优的零售商广告投入策略以及制造商给零售商合理的补贴策略;傅强等人^[7]基于单一制造商与单一零售商所组成的渠道结构,运用微分博弈方法对 Nash 非合作博弈、Stackelberg 主从博弈以及合作博弈情形下制造商与零售商的最优广告策略进行了比较分析,发现合作博弈情形下的系统利润、制造商和零售商广告投入都要优于非合作博弈;聂佳佳等人^[8]研究了零售商采用多种媒体广告宣传时的供应链纵向合作广告问题,通过最优控制理论比较分析发现,集中决策下的广告投入量、销售量和供应链利润分别高于分散决策,并运用效用理论对系统增量利润进行了协调划分;易余胤等人^[9]考虑不确定需求和广告投入的影响,构建博弈模型在集中决策、分散决策和广告合作决策三种模式下,探讨了闭环供应链节点企业的订货、广告投入和回收决策。以上研究表明,广告合作能大幅度提升闭环供应链的渠道运作效率,实现闭环供应链协调。Zhang 等人^[10]考虑广告对消费者参考价格的影响,对 Stackelberg 博弈和合作博弈下制造商与零售商的纵向广告合作进行了优化决策,并在制造商和零售商互相关担广告成本基础上设计了供应链利润协调机制。

另外,已有不少学者对闭环供应链中制造与再制造过程的协调运作问题展开研究。Kaya^[11]在制造商与再制造商为不同责任主体情况下,比较分析了完全再制造、制造/再制造产品同质、制造/再制造产品异质三种闭环供应链模型,得出了需求随机情况下制造/再制造的最优激励、最优生产量以及相应的协调定价策略。Toktay 等人^[12]针对一个同时从事制造和再制造,且新产品和再制造品的生产和销售由不同部门独立实施的企业,设计了一个混合成本分配协调定价机制。Kenne 等人^[13]在不确定环境下基于随机动态规划的最优控制方法研究了闭环供应链系统的最优制造和再制造策略问题。国内学者的相关研究主要有:但斌等人^[14]以消费者对再制造品与新产品价值评价对比为基础,研究了垄断企业再制造的最优定价及最优销量,并分析了再制造品对新产品的市场挤兑效应及对整个产品市场的增长效应。赵晓敏等人^[15]利用控制理论分析了再制造环境下闭环供应链的运作绩效,发现在单位新产品生产成本与单位废弃品的环境处罚成本之和大于单位回收成本与单位再制造成本之和的前提下,再制造活动有利于制造商获得更多收益。此外,市场竞争环境下制造/再制造产品市场需求还会受到消费者环境偏好的影响,谢家平等人^[16]通过引入市场需求偏好函数,构建了单一垄断生产商利润最大化的带约束生产决策模型,探讨偏好市场下两期和无限期的最优产量—价格决策策略。郭军华等人^[17]基于消费者对新产品及再制造产品支付意愿的不一致,研究了再制造闭环供应链的定价策略及协调机制问题。

综上所述,目前对制造/再制造产品市场需求特征的分析主要考虑市场定价策略的影响,有文献探讨了广告投入对产品市场需求的影响,但很少有研究综合考虑价格和广告投资策略的作用,这不完全符合市场实际情况。另外,关于闭环供应链的定价与协调问题,现有文献主要是围绕节点企业的纵向合作关系展开研究,只有少量文献针对制造与再制造的横向竞争与

合作关系进行分析。本文考虑广告投入对消费者效用的增长效应及消费者环境偏好的影响,构建制造/再制造产品市场需求函数,并比较分析合作博弈、纳什均衡博弈、Stackelberg 主从博弈三种决策模式下制造/再制造产品的最优定价和广告投入策略,进而针对非合作博弈下的效率损失设计闭环供应链中制造和再制造部门的利润协调机制。

1 模型假设与参数定义

模型假设与参数定义如下:

a) 制造商可以使用原材料制造新产品,也可以用回收的废旧产品进行再制造,且新产品、再制造品生产由不同部门独立实施^[11,12]。新产品和再制造品属于相同的产品系列,在功能上没有明显的差异,但新产品质量要优于翻新或修复的再制造品,在市场上以不同价格销售。

b) 回收的废旧产品数量足以满足再制造品的生产需求,即再制造数量不受限制。每周期潜在市场规模为 Q , 新产品需求量为 Q_1 , 再制造品需求量为 Q_2 。

c) 顾客对新产品的评价 v ($0 < v < 1$) 服从 $[0, Q]$ 上的均匀分布;对再制造品的评价为 $\delta \cdot v$, δ ($0 < \delta < 1$) 为消费者环境偏好系数^[18]。

d) 制造产品销售价格为 p_1 , 再制造产品销售价格为 p_2 ; 单位新产品边际制造成本为 c_1 , 单位废旧产品再制造边际成本为 c_2 , 单位废旧产品回收成本为 c_r 。

e) 新产品和再制造产品都通过广告投入拓展市场需求。新产品和再制造产品的广告投入分别为 A_1 、 A_2 ; ρ_1 、 ρ_2 分别为新产品和再制造产品的广告投入对产品消费者效用的增长系数;相应的市场广告投资成本分别为 $c_i(t) = \frac{\mu_i}{2} u_i^2(t)$, μ_i 为广告成本系数 ($i \in \{1, 2\}$)。

2 考虑广告影响的制造/再制造产品市场需求函数

当市场上同时存在制造、再制造品时,消费者购买制造品或者再制品取决于购买两种产品的消费者效用对比关系。若购买新产品的效用大于再制造品效用,则购买新产品,反之则购买再制造品。综合考虑价格和广告投入对消费者效应的影响,则有消费者购买新产品必须满足 $v - p_1 + \rho_1 A_1 \geq 0$, 且 $v - p_1 + \rho_1 A_1 \geq \delta \cdot v - p_2 + \rho_2 A_2$, 即

$$U = \begin{cases} v \geq p_1 - \rho_1 A_1 \\ v \geq \frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta} \end{cases} \quad (1)$$

消费者购买再制造品必须满足 $\delta \cdot v - p_2 + \rho_2 A_2 \geq 0$, 且 $v - p_1 + \rho_1 A_1 < \delta \cdot v - p_2 + \rho_2 A_2$, 即

$$U = \begin{cases} v \geq \frac{p_2 - \rho_2 A_2}{\delta} \\ v < \frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta} \end{cases} \quad (2)$$

当 $p_2 - \rho_2 A_2 \geq \delta \cdot (p_1 - \rho_1 A_1)$ 时, 只有不等式(1)有解, 即市场只对新产品有需求; 当 $p_2 - \rho_2 A_2 \leq p_1 - \rho_1 A_1 - Q(1 - \delta)$ 时, 只有不等式(2)有解, 即市场只对再制造产品有需求。当 $\delta \cdot (p_1 - \rho_1 A_1) \leq p_2 - \rho_2 A_2 \leq p_1 - \rho_1 A_1 - Q(1 - \delta)$ 时, 不等式(1)与(2)的解分别为

$$\frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta} \leq v \leq Q$$

$$\frac{p_2 - \rho_2 A_2}{\delta} \leq v \leq \frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta}.$$

此时市场对新产品、再制品都有需求,且每周期新产品、再制品的市场需求为

$$Q_1 = Q \cdot \int_{\frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta}}^Q \frac{1}{Q} dv = Q - \frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta} \quad (3)$$

$$Q_2 = Q \cdot \int_{\frac{p_2 - \rho_2 A_2}{\delta}}^{\frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta}} \frac{1}{Q} dv = \frac{p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1}{1 - \delta} - \frac{p_2 - \rho_2 A_2}{\delta} \quad (4)$$

3 制造/再制造产品定价与广告投入策略

设 π_m 、 π_r 、 π_T 分别表示新产品、再制品、整个闭环供应链的利润。由问题描述及市场需求函数可得新产品、再制品、整个闭环供应链的利润函数如下:

$$\pi_m = (p_1 - c_1) Q_1 - \frac{\mu_1}{2} A_1^2 \quad (5)$$

$$\pi_r = (p_2 - c_2 - c_r) Q_2 - \frac{\mu_2}{2} A_2^2 \quad (6)$$

$$\pi_T = (p_1 - c_1) Q_1 + (p_2 - c_2 - c_r) Q_2 - \frac{\mu_1}{2} A_1^2 - \frac{\mu_2}{2} A_2^2 \quad (7)$$

3.1 制造/再制造合作博弈集中决策

集中决策中,制造部门、再制造部门不以自己的利润最大化为决策目标,而是以整个供应链利润最大化为目标来决定产品价格和广告投入策略,该情形下闭环供应链是一个理想化的“超组织”。

此时,闭环供应链利润 V_T 最优,须满足: $\frac{\partial \pi_T}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial \pi_T}{\partial A_1} = 0,$

$\frac{\partial \pi_T}{\partial p_2} = 0, \frac{\partial \pi_T}{\partial A_2} = 0,$ 有

$$\frac{2p_1 - 2p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1 - c_1 + c_2 + c_r}{1 - \delta} - Q = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\rho_1 (p_1 - p_2 - c_1 + c_2 + c_r)}{1 - \delta} - \mu_1 A_1 = 0 \quad (9)$$

$$2\delta \cdot p_1 - 2p_2 + \rho_2 A_2 - \delta \rho_1 A_1 - \delta \cdot c_1 + c_2 + c_r = 0 \quad (10)$$

$$\rho_2 (p_2 - c_2 - c_r) - \delta \cdot \rho_2 (p_1 - c_1) - \delta \cdot (1 - \delta) \mu_2 A_2 = 0 \quad (11)$$

联立方程(8)~(11)可求得合作博弈决策下的最优产品定价及广告投入策略 $p_1^C, p_2^C, A_1^C, A_2^C$, 进一步可以计算制造、再制造产品需求量及相应供应链运作利润 $Q_1^C, Q_2^C, \pi_m^C, \pi_r^C, \pi_T^C$ 。

3.2 制造与再制造纳什均衡博弈决策

当制造部门和再制造部门进行 Nash 非合作博弈时,双方都会对最优定价和广告策略进行独立优化决策,以最大化自身的利润。

制造部门利润最大化,要求满足 $\frac{\partial \pi_m}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial \pi_m}{\partial A_1} = 0$, 有

$$\frac{2p_1 - p_2 + \rho_2 A_2 - \rho_1 A_1 - c_1}{1 - \delta} - Q = 0 \quad (12)$$

$$\frac{\rho_1 (p_1 - c_1)}{1 - \delta} - \mu_1 A_1 = 0 \quad (13)$$

再制造部门利润最大化,要求满足 $\frac{\partial \pi_r}{\partial p_2} = 0, \frac{\partial \pi_r}{\partial A_2} = 0$, 有

$$\delta \cdot p_1 - 2p_2 + \rho_2 A_2 - \delta \rho_1 A_1 + c_2 + c_r = 0 \quad (14)$$

$$\rho_2 (p_2 - c_2 - c_r) - \delta \cdot (1 - \delta) \mu_2 A_2 = 0 \quad (15)$$

联立方程(12)~(15)可求得纳什均衡博弈下最优定价及广告投入策略 $p_1^N, p_2^N, A_1^N, A_2^N$, 进一步可以计算制造、再制造产品需求量及相应供应链运作利润 $Q_1^N, Q_2^N, \pi_m^N, \pi_r^N, \pi_T^N$ 。

3.3 制造与再制造 Stackelberg 主从博弈决策

假设制造部门为领导者,再制造部门为跟随者,制造部门和再制造部门进行 Stackelberg 主从博弈,应用逆向归纳法求解如下:

a) 在已知制造产品销售价格 p_1 和广告投入 A_1 的情况下,求解最优的再制造产品销售价格和广告投入,令 $\frac{\partial \pi_r}{\partial p_2} = 0, \frac{\partial \pi_r}{\partial A_2} = 0$, 有

$$\delta \cdot p_1 - 2p_2 + \rho_2 A_2 - \delta \rho_1 A_1 + c_2 + c_r = 0 \quad (16)$$

$$\rho_2 (p_2 - c_2 - c_r) - \delta \cdot (1 - \delta) \mu_2 A_2 = 0 \quad (17)$$

联立求解可得

$$p_2 = \frac{\mu_2 \delta (1 - \delta) (\delta \cdot p_1 - \delta \rho_1 A_1 + c_2 + c_r) - \rho_2^2 (c_2 + c_r)}{2\delta (1 - \delta) \mu_2 - \rho_2^2} \quad (18)$$

$$A_2 = \frac{\rho_2 [\mu_2 \delta (1 - \delta) (\delta \cdot p_1 - \delta \rho_1 A_1 + c_2 + c_r) - \rho_2^2 (c_2 + c_r)]}{\delta \cdot (1 - \delta) \mu_2 [2\delta (1 - \delta) \mu_2 - \rho_2^2]} - \frac{\rho_2 (c_2 + c_r)}{\delta \cdot (1 - \delta) \mu_2} \quad (19)$$

b) 将式(18)(19)代入制造产品利润模型式(5),令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial \pi_m}{\partial A_1} = 0$, 有

$\frac{\partial \pi_m}{\partial p_1} = 0, \eta = 2\mu_2 \delta (1 - \delta) - \rho_2^2$, 则有

$$\begin{aligned} & \frac{2\delta^2 (1 - \delta) \mu_2 - 2\rho_2^2 \delta - 2\eta}{(1 - \delta) \eta} p_1 + \\ & \frac{\rho_1 \cdot \rho_2^2 \delta (1 - \delta) - (1 - \delta) \delta \mu_2 \rho_1 + \rho_1 \eta}{(1 - \delta) \eta} A_1 + Q + \\ & \frac{\delta (1 - \delta) \mu_2 [\delta (1 - \delta) \mu_2 - 2\rho_2^2] + \rho_2^2 (\eta + \rho_2^2)}{\delta (1 - \delta)^2 \mu_2 \eta} (c_2 + c_r) - \\ & \frac{\delta^2 (1 - \delta) \mu_2 - \delta \rho_2^2 - \eta}{(1 - \delta) \eta} c_2 = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

$$A_1 = \frac{\rho_1 \delta \eta - \delta^3 (1 - \delta) \rho_1 \mu_2 - \rho_1 \rho_2^2 \delta^2}{\mu_1 \delta (1 - \delta) \eta} (p_1 - c_1) \quad (21)$$

c) 联立方程(18)~(21)可求得 Stackelberg 主从博弈下最优定价及广告投入策略 $p_1^S, p_2^S, A_1^S, A_2^S$, 进一步可以计算制造、再制造产品需求量及相应供应链运作利润 $Q_1^S, Q_2^S, \pi_m^S, \pi_r^S, \pi_T^S$ 。

4 制造/再制造部门利益协调机制

由非合作博弈决策转变到合作博弈集中决策,供应链的利润会增加,设增加量为 ΔV_T 。假设针对纳什非合作博弈决策的效率损失进行利润协调, $\Delta V_T = V_T^C - (V_m^N + V_r^N)$ 。为了激励双方进行合作博弈决策,制造和再制造部门可以通过协商来确定系统利润的分配。下面设计利益共享契约对闭环供应链系统的利润进行分配,以实现制造和再制造部门的共赢。一般来说,制造部门、再制造部门所分享到期期望利润份额取决于双方的谈判能力以及对风险的态度。假设制造和再制造部门都是风险中性的,根据 Nash 讨价还价理论模型^[19],合作双方利润分配后的最优期望利润应为最大化各自期望利润增量乘积的解来确定,即利益分配契约满足下述优化模型:

$$\begin{cases} \max_{V_m^*, V_r^*} & (V_m^* - V_m^N) (V_r^* - V_r^N) \\ \text{s. t.} & V_T^C = V_m^* + V_r^*, \\ & V_m^* \geq V_m^N, V_r^* \geq V_r^N \end{cases} \quad (22)$$

其中: V_m^* 、 V_r^* 分别为制造部门、再制造部门的利润分配值。

5 数值算例

本章通过算例比较不同决策情形下闭环供应链定价决策的均衡解,并分析不同决策模式对闭环供应链利润的影响。根据市场同时对新产品和再制造产品具有需求的条件,取闭环供应链运作相关参数为: $Q=200$, $c_1=30$, $c_2=10$, $c_r=2$, $\mu_1=\mu_2=0.01$, $\rho_1=\rho_2=0.01$, $\delta=0.8$ 。应用 MATLAB 7.0 仿真工具,根据所建模型求解的博弈均衡结果,以及针对纳什均衡决策效率损失的制造/再制造利润协调分配情况如表 1 所示。

表 1 不同决策结构下博弈均衡结果及其比较

项目	决策			
	合作博弈 集中决策	纳什均衡 博弈决策	Stackelberg 主从博弈决策	利润协 调分配
新产品销售价格	49.828 8	47.559 9	42.928 4	49.828 8
再制造品销售价格	33.591 2	25.070 3	23.339 3	33.591 2
新产品广告投入	115.224 2	79.019 6	33.093 7	115.224 2
再制造品广告投入	86.151 2	73.520 7	63.783 3	86.151 2
新产品需求量	120.120 5	87.799 6	100.673 1	120.120 5
再制造品需求量	38.859 7	81.689 6	70.870 4	38.859 7
新产品利润	2 315.5	1 510.5	1 696.1	1 793.6
再制造品利润	801.92	1 040.7	783.2759	1 324.8
供应链总利润	3 117.4	2 551.2	2479.3	3 117.4

算例分析表明:

a) 合作博弈集中决策下,制造产品和再制造产品定价高于纳什均衡博弈和 Stackelberg 主从博弈,表明制造部门和再制造部门通过合作,实质上形成高低端产品市场的垄断,提升了产品销售价格。

b) 由数值算例可知,无论是合作博弈还是 Stackelberg 主从博弈,再制造产品的利润均低于纳什均衡博弈模式,而纳什均衡博弈模式下再制造产品的定价、广告投资策略以及再制造部门利润要优于 Stackelberg 主从博弈情形,表明合作博弈决策和 Stackelberg 主从博弈都会以牺牲再制造产品利润为代价获得最优利润,而当制造部门和再制造部门独立运营时,再制造部门会偏好纳什均衡博弈情形,此时再制造部门没有动机成为制造部门的跟随者,不愿意只满足于低端消费者市场,而是会采取以自身利益最优为目标的竞争策略。

c) 对闭环供应链系统利润而言,合作博弈集中决策结构要优于纳什均衡和 Stackelberg 主从博弈两种非合作博弈结构。针对非合作博弈效率损失而设计的制造/再制造利润分配机制可以使得制造产品和再制造产品利润均超过非合作博弈决策模式。

6 结束语

本文考虑广告投入对产品消费者效用的增长效应及消费者环境偏好的影响,比较分析了合作博弈、纳什均衡博弈、Stackelberg 主从博弈等决策模式下闭环供应链中的制造/再制造产品的最优定价和广告投入策略,并设计了制造和再制造部门的利润协调机制,由数值算例分析得出如下结论:

a) 从系统整体利润的角度看,合作博弈结构要优于两种非合作博弈结构,而且纳什均衡博弈决策模式下再制造产品的定价、广告投资策略、再制造部门利润均优于 Stackelberg 主从博弈情形。

b) 合作博弈集中决策下,制造/再制造产品定价均高于纳

什均衡博弈和 Stackelberg 主从博弈。

c) 所设计的制造/再制造部门利润分配机制可以使得制造产品和再制造产品利润均超过非合作博弈决策模式,此时协调合作博弈情形是 Pareto 最优的。

本文是在确定性市场需求环境下考虑广告投入对产品消费者效用的增长效应展开研究。而不确定需求环境下,制造/再制造闭环供应链的定价及广告投资优化决策问题,是笔者进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] GUIDE V D R, HARRISON T P, WASSENHOVE L N V. The challenge of closed-loop supply chain[J]. *Interface*, 2003, 33(6):3-6.
- [2] FLEICHMANN R D M, INDERFURTH K, WASSENHOVE L N V. Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supply chains [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
- [3] FRUCHTER G E, KALISH S. Closed-loop advertising strategies in a duopoly[J]. *Management Science*, 1997, 43(1):54-63.
- [4] JøRGENSEN S, SIGUE S P, ZACCOUR G. Dynamic cooperative advertising in a channel [J]. *Journal of Retailing*, 2000, 76(1):71-92.
- [5] HE Xiu-li, PRASAD A, SETHI S P. Cooperative advertising and pricing in a dynamic stochastic supply chain: feedback stackelberg strategies[J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(1):78-94.
- [6] 王磊,梁棵,吴德胜,等. 零售商竞争下的垂直合作广告模型[J]. *中国管理科学*, 2005, 13(2):63-69.
- [7] 傅强,曾顺秋. 纵向合作广告的微分对策模型研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2007, 9(11):26-33.
- [8] 最佳佳,熊中楷. 多种广告媒体下纵向合作广告的微分对策模型[J]. *管理科学学报*, 2010, 13(5):1-10.
- [9] 易余胤,许情情. 考虑不确定需求与广告投入的闭环供应链模型[J]. *计算机集成制造系统*, 2011, 11(9):2005-2014.
- [10] ZHANG Juan, GOU Qing-long, LIANG Liang, et al. Supply chain coordination through cooperative advertising with reference price effect [J]. *Omega*, 2013, 41(2):345-353.
- [11] KAYA O. Incentive and production decisions for remanufacturing operations[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 201(7):442-453.
- [12] TOKTAY L B, WEI D. Cost allocation in manufacturing-remanufacturing operations[J]. *Production and Operations Management*, 2011, 20(6):841-847.
- [13] KENNE J P, DEJAX P, GHARBI A. Production planning of a hybrid manufacturing-remanufacturing system under uncertainty within a closed-loop supply chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 135(1):81-93.
- [14] 但斌,丁雪峰. 再制造品最优定价及市场挤兑与市场增长效应分析[J]. *系统工程理论与实践*, 2010, 30(8):1371-1379.
- [15] 赵晓敏,黄培清. SM 两级闭环供应链系统建模与仿真研究[J]. *管理科学学报*, 2011, 14(5):29-42.
- [16] 谢家平,王爽. 偏好市场下制造/再制造系统最优生产决策[J]. *管理科学学报*, 2011, 14(3):24-33.
- [17] 郭军华,李帮义,倪明. WTP 差异下再制造闭环供应链的定价策略与协调机制[J]. *系统管理学报*, 2012, 21(5):617-624.
- [18] 葛静燕,黄培清,李娟. 社会环保意识和闭环供应链定价策略——基于纵向差异模型的研究[J]. *工业工程与管理*, 2007, 11(4):1-10.
- [19] NASH J. Two-person cooperative games[J]. *Econometrica*, 1953, 21(1):128-140.