文章编号: 1001-0920(2009)09-1361-06

多对一供应链零售商驱动型收入共享契约下的生产决策

周小明[1,2,3], 朱云龙[1], 朱 珠[1,2], 申 海[1,2]

(1. 中国科学院 a. 沈阳自动化研究所, b. 工业信息学重点实验室, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039, 3. 辽宁省电力有限公司 信息通信分公司, 沈阳 110006)

摘 要: 针对多对一供应链结构中零售商具有较强议价能力的特点,建立了零售商为主方、制造商为从方的Stackelberg主从对策模型;给出在零售商提供契约条款的对称博弈中,制造商生产产品策略存在唯一最优解的证明;分析了零售商契约参数变量的决策问题;讨论了收入共享契约下分散供应链同集中供应链决策的关系. 通过仿真实验,分析验证了契约参数及产品的可替代性对供应链绩效的影响.

关键词: Stackelberg 主从对策; 多对一供应链; 收入共享契约; 生产决策

中图分类号: C934; TP29 **文献标识码**: A

Production decision based on retailer-driven revenue-sharing contracts under many-to-one supply chain structure

ZHOU Xiao-ming[1,2,3], *ZHU Yun-long*[1], *ZHU Zhu*[1,2], *SHEN Hai*[1,2]

(1a. Key Laboratory of Industrial Informatics, 1b. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Information and Communication Brach, Liaoning Electric Power Company Limited, Shenyang 110006, China. Correspondent: ZHOU Xiao-ming, E-mail: zhouxiaoming@sia.cn)

Abstract: Based on the characteristic that the retailer has stronger bargaining power under the many-to-one supply chain structure, the Stackelberg game model where the retailer is a leader and the manufacturers are followers, is established. Then, proofs for the game between manufacturers' producing strategies where a unique optimal symmetric Nash equilibrium exists are provided. Parameter decisions on the retailer's contracts are analyzed. The relationship of decisions between decentralized and centralized supply chain under revenue-sharing contracts is discussed. The impacts of contract parameters and products' substitutability level on the supply chain performance are further analyzed and verified through a simulation experiment.

Key words: Stackelberg game; Many-to-one supply chain; Revenue-sharing contract; Production decision

1 引 言

从多个竞争的制造商处采购产品对于零售商而言是非常普遍的事情. 这种供需关系在传统分销渠道及电子商务环境下的供应链结构中也很常见. 而在此供应链结构中,零售商往往具有较强的议价能力. 统计数据表明,全球 40 %的制造商希望通过在线方式销售其产品,85 %的零售商向制造商索要上架费,42 %的制造商提供的上架费在不断增加. 这充分说明,对于零售商驱动下的多对一供应链的研究具有重要的理论和现实意义.

近年来,通过制定契约解决分散供应链的协调问题引起了学者的很大兴趣. 在该类问题的研究中,契约作为一种有效的协调机制,降低了分散供应链结构中"双重边际效应"对供应链整体绩效的消极影响,使之达到集中式供应链的利润水平[1]. 在各种契约类型的研究中,具有代表性的是收入共享契约. 它通过供应链成员(包括供应商、制造商和零售商等)在产品销售周期末,对产品销售收入进行合理分配,实现共担市场风险,改进供应链运作绩效的目的. 作为一种新的供应链协调手段,最先出现在音像租赁行业,后受到理论界和工业界的广泛关注.

Dana 等[2]研究了音像出租行业的收入共享,指

收稿日期: 2008-10-20; 修回日期: 2009-03-20.

基金项目: 国家科技计划项目(2007AA04Z189).

作者简介: 周小明(1978—),男,黑龙江五常人,博士生,从事现代物流与供应链管理、电子商务等研究; 朱云龙(1967—),男,江苏南通人,研究员,博士生导师,从事协同制造、供应链管理等研究.

出收入共享能够协调具有多个完全竞争零售商的供应链；Yao 等[3]对比了收入共享契约和批发价契约在零售商竞争供应链中的绩效，并分析了影响供应链绩效的因素. Cachon 等[4]系统研究了用批发价格和共享系数两个参数描述的收入共享契约，指出收入共享能够协调固定零售价格和零售商制定价格两种情况下的供应链渠道. Veen 等[5,6]在此基础上进一步探讨了收入共享契约下供应链成员的共赢性问题.

上述文献围绕收入共享契约的研究内容，均集中在解决双寡头垄断或一对多(竞争的零售商)供应链结构中单产品分销的策略问题，且假设零售商的保留利润是外生给定的，并未涉及到多对一(竞争的制造商)供应链结构中多产品分销的协调问题. 另外，多对一供应链与双寡头垄断及一对多供应链结构最显著的区别在于零售商的保留利润是内生给定的. 到目前为止，对于多对一供应链结构中契约的研究仅有少量的文献有所体现[7-11]，其中大多数是在制造商驱动的契约形式下讨论的. 文献[7,8]仅考虑了批发价契约；[9]考虑了数量折扣契约；只有[10,11]考虑了零售商驱动契约的供应链协调问题. 其中[10]考虑了通过拍卖契约理论研究单零售商的采购策略问题；[11]讨论了生产商竞争条件下的供应链系统退货的决策问题.

本文针对多对一供应链结构零售商具有较强议价能力的特点，建立以零售商为主方、制造商为从方的 Stackelberg 主从对策模型，分析收入共享契约下制造商生产决策问题，讨论收入共享契约下分散供应链决策同集中供应链决策的关系. 通过仿真实验分析验证系统参数对供应链绩效的影响，对协调零售商驱动的多对一供应链、改进供应链绩效具有普遍的指导意义.

2 问题描述与模型建立

本文在由多个竞争制造商和一个独立零售商组成的两阶段供应链结构中研究收入共享契约问题. 考虑 $n(n \geq 2)$ 个制造商通过同一个独立的零售商销售可替代的 n 种产品. 在单一销售周期内零售商面对确定性的、价格敏感的需求，即

$$q = \sum_{i=1}^{n} q_i = \sum_{i=1}^{n} \Big(\alpha - \beta p_i + \gamma \sum_{j \neq i} p_j\Big).$$

其中：p_i 表示产品 i 的零售价格；假设 $\alpha > 0$，α表示产品 i 的初始需求；$\beta > \gamma > 0$，β表示自相关弹性系数，影响客户对价格的敏感度，γ表示交叉弹性系数，表示竞争因素的影响[3,7]. 通常，客户对自身产品价格的敏感程度大于可替代性的其他产品所带来的竞争因素的影响，且当以相同的零售价格销售两种产品时，产品 i 的需求函数为 $q_i = q_j = \alpha - (\beta - \gamma) p$. 只有当 $\beta > \gamma$时，才能保证产品的需求量与价格成反比. 其中 γ距离β越近，说明产品之间的可替代性越高，产品间的竞争更加激烈. 在销售期初，零售商通过提供收入共享契约(w_i, ϕ_i)得到各自产品的支付 $T_i(q_i)$. 其中：w_i 表示零售商支付给制造商的批发价，ϕ_i 表示零售商获得收入的比例，制造商根据零售商提供的契约，确定各自产品的生产数量. 在整个过程中，假设制造商的生产成本为 c_m，产品在零售商端的库存成本为 c_r. 最终制造商 i 获得利润 $\pi_i^m (i = 1, 2, \cdots, n)$，零售商得到利润 $\pi^r = \sum_{i=1}^{n} \pi_i^r$，则产品 i 的收入为

$$R_i(q) = p_i(q) q_i = \Big(\alpha - \beta q_i - \gamma \sum_{j \neq i} q_j\Big) q_i. \quad (1)$$

为表示方便，采用逆需求函数

$$p_i(q) = \alpha - \beta q_i - \gamma \sum_{j \neq i} q_j.$$

零售商从产品 i 中获得的利润为

$$\pi_i^r = R_i(q) - c_r q_i - T_i(q_i), \quad (2)$$

其中 $T_i(q_i)$ 是零售商依据所提供的契约对制造商的支付. 则制造商的利润为

$$\pi_i^m = T_i(q_i) - c_m q_i, \quad (3)$$

批发价契约下的支付函数为

$$T_i(q_i) = w_i q_i. \quad (4)$$

零售商提供收入共享契约下的支付函数为

$$T_i(q_i) = w_i q_i + (1 - \phi_i) R_i(q),$$
$$0 < \phi_i < 1,\ i = 1, 2, \cdots, n. \quad (5)$$

假设 ϕ_i 是外生给定的常数，因此所设计的契约变量为单一参数变量(类似于批发价契约的 w_i). 在相同的 c_m 和 ϕ_i 假设条件下，称制造商及提供的产品是对称的[7,9]，以下讨论的问题都在对称博弈的框架下进行[12].

3 集中式供应链

在集中式供应链中，供应链整体利益的最大化等价于制造商只收取生产成本情况下零售商的利润[1]，即 $T_i(q_i) = c_m q_i, i = 1, 2, \cdots, n$. 定义

$$\pi_i^r = \pi_i^r(q_i(0), 0).$$

其中：0 表示制造商 $j(j = 1, 2, \cdots, n$ 且 $j \neq i)$ 生产 0 个产品；$q_i(0)$ 表示在制造商 j 生产 0 个产品条件下制造商 i 生产产品的数量；$\pi_n^r = \pi_n^r(q_1, q_2, \cdots, q_n)$ 分别表示零售商只持有产品 i 或同时持有 n 种产品时零售商的利润. 假设$\pi_n^r > \pi_i^r > 0$，表明同时持有 n种产品对系统是最优的. 因此集中式供应链的利润函数为

$$\Pi^T = \sum_{i=1}^{n} \Pi_i = \pi_n(q) =$$

$$\sum_{i=1}^{n}[R_i(\hat{q}_i) - (c_m + c_r)\hat{q}_i]. \quad (6)$$

据此可得集中式供应链中零售商最优的采购量

$$\hat{q} = \frac{n(\alpha - c_r - c_m)}{2(\beta - \gamma) + 2n\gamma}. \quad (7)$$

4　分散式供应链

分散式的供应链结构中,供需双方只关心本方的获利情况,而不会考虑改善供应链整体利润.在本节中,假设制造商与零售商都是风险中性的.

4.1　批发价契约下的决策分析

以批发价契约作为本文所研究决策问题的参照.由制造商提供批发价契约,零售商根据制造商的契约条款,决定对各个制造商的采购数量,使得己方利润响应函数最优,即

$$\max_{q_i, q_{-i}} \pi^r = \sum_{i=1}^{n}\Big(\alpha - \beta q_i - \gamma\sum_{j\neq i} q_j\Big) q_i - w_i q_i - c_r q_i,$$
$$i = 1, 2, \cdots, n.$$

得到最优采购数量为

$$q_i^*(w_i, w_{-i}) = \Big(\frac{1}{2(\beta - \gamma)(\beta + (n-1)\gamma)}\Big)\Big[(\beta - \gamma)\alpha - (\beta - \gamma)c_r - (\beta + (n-2)\gamma)w_i + \gamma\sum_{j\neq i} w_j\Big]. \quad (8)$$

制造商依据对该采购数量的预期,提供相应的批发价格,使得各自的利润响应函数最优,即

$$\frac{\partial}{\partial w_i}\pi_i^m(w_i, w_{-i}) = \frac{\partial}{\partial w_i}\{w_i q_i^* - c_m q_i^*\} = 0.$$
$$i = 1, 2, \cdots, n.$$

解得最优的批发价格为

$$w_i^* = w_j^* = \frac{(\beta - \gamma)\alpha - (\beta - \gamma)c_r + [\beta + (n-2)\gamma]c_m}{2\beta + (n-3)\gamma}. \quad (9)$$

4.2　零售商驱动型收入共享契约下的决策分析

在博弈第一阶段,零售商作为 Stackelberg 主从对策的主方同时声明他的支付(假设在博弈开始之前已经提供了具体的契约形式),制造商根据己方利润最大化来决定产品的生产数量.本文采用逆向归纳法,首先分析制造商间博奕均衡优化问题,然后分析零售商与制造商优化的问题.

4.2.1　制造商端生产决策分析

本节中,假设给定零售商提供收入共享契约情况下,讨论制造商间的博弈均衡.$(T_1^*, \cdots, T_i^*, \cdots, T_n^*)$ 是制造商支付函数的一个纳什均衡,对于每个产品 i, T_i^* 是给定其他产品支付 $T_{-i} = (T_1^*, \cdots, T_{i-1}^*, T_{i+1}^*, \cdots, T_n^*)$ 的情况下第 i 个产品的制造策略.每个制造商在其他制造商给定支付 T_{-i} 的情况下选择的最佳响应函数,即

$$T_i(T_{-i}) = \arg\max_{T_i(q_i)} \pi_i^m(q_i^*). \quad (10)$$

根据博弈的均衡结果可得到一个契约集 (T_i^*, T_{-i}^*),使得每一个制造商都没有动机生产其他数量的产品.下面的定理表示通过制造商生产数量的博弈得到纳什均衡解.

定理 1　考虑制造商生产产品数量的博弈,通过式(10)可得到对称博弈的唯一纳什均衡解,且 $q_i^* = q_j^*$, $i \neq j$.

证明　1) 纳什均衡的存在性.通过式(3),(4),(10),得到 $\pi_i^m(q^*)$ 关于 q_i 的一阶条件为

$$\frac{\partial}{\partial q_i}\pi_i^m(q_i, q_{-i}) = \frac{\partial}{\partial q_i}\Big\{w_i q_i + (1-\phi)\Big[\Big(\alpha - \beta q_i - \gamma\sum_{j\neq i} q_j\Big) q_i\Big] - c_m q_i\Big\} = 0,$$
$$i = 1, 2, \cdots, n. \quad (11)$$

通过式(11)较容易得到关于二阶条件的雅可比矩阵

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial^2\pi_1^m}{\partial q_1^2} & \cdots & \frac{\partial^2\pi_1^m}{\partial q_1 q_i} & \cdots & \frac{\partial^2\pi_1^m}{\partial q_1 q_n} \\ \cdots & \ddots & \cdots & \ddots & \cdots \\ \frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_i q_1} & \cdots & \frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_i^2} & \cdots & \frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_i q_n} \\ \cdots & \ddots & \cdots & \ddots & \cdots \\ \frac{\partial^2\pi_n^m}{\partial q_n q_1} & \cdots & \frac{\partial^2\pi_n^m}{\partial q_n q_i} & \cdots & \frac{\partial^2\pi_n^m}{\partial q_n^2} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} -2\beta(1-\phi) & \cdots & -\gamma(1-\phi) & \cdots & -\gamma(1-\phi) \\ \cdots & \ddots & \cdots & \ddots & \cdots \\ -\gamma(1-\phi) & \cdots & -2\beta(1-\phi) & \cdots & -\gamma(1-\phi) \\ \cdots & \ddots & \cdots & \ddots & \cdots \\ -\gamma(1-\phi) & \cdots & -\gamma(1-\phi) & \cdots & -2\beta(1-\phi) \end{bmatrix}.$$

由于 $\beta > \gamma > 0$,可知雅可比矩阵为负定的,该响应函数满足最优解存在的一阶和二阶条件,即制造商的利润函数在 (q_i^*, q_{-i}^*) 存在纳什均衡.

2) 纳什均衡的唯一性.证明采用反证法.取纳什博弈的任意两个解 (q_i^*, q_j^*),假设存在两个局部最大值 (x', y') 和 (x'', y'').连接 (x', y') 和 (x'', y'') 的线段可表示为 $(x' + \alpha t, y' + \delta t)$.其中 $\alpha = x'' - x'$; $\delta = y'' - y'$; $\alpha, \delta \in \mathbf{R}$; $t \in [0, 1]$ 表示两点间的线段; $t \in \mathbf{R}$ 表示整条线.定义 $\Delta(t)$ 为整条线上的 π_i^m 值,有

$$\Delta(t) = \pi_i^m(x' + \alpha t, y' + \delta t),$$

$$\Delta''(t) = \frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_i^2}\Big(\frac{\partial q_i}{\partial t}\Big)^2 + \frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_j^2}\Big(\frac{\partial q_j}{\partial t}\Big)^2 = \alpha^2\frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_i^2} + \delta^2\frac{\partial^2\pi_i^m}{\partial q_j^2} < 0,$$

$\Delta(t)$ 随 t 是凹的.

考虑到在 $t \in \{0,1\}$ 的条件下,存在两个局部最大值,在这两个点上可知 $\Delta'(t) = 0$, $\Delta''(t) < 0$. 给定 $\Delta(t)$ 随 t 是连续的,这种情况使得在 $t \in [0,1]$ 中至少存在一个线段使得 $\Delta(t)$ 是凸凹的,即 $\Delta''(t) > 0$. 这与 $\Delta''(t) < 0$ 的推论相矛盾,故最优解唯一性得证.

对于对称问题,最优解 $q_i^* = q_j^* \ (\forall i, j, i \neq j)$. 如果 $q_i^* \neq q_j^*$,则至少存在两个局部最大值,因为 (q_j^*, q_i^*) 也是对称的利润函数的最优解,与上面最优解唯一性的结论相矛盾. □

由式(11) 可得制造商 i 的产品生产数量为

$$q_i^* = \Big(\frac{1}{(1-\phi)(2\beta-\gamma)(2\beta+(n-1)\gamma)}\Big) \times \Big((1-\phi)(2\beta-\gamma)\alpha - (2\beta-\gamma)c_m + (2\beta+(n-2)\gamma)w_i - \gamma\sum_{j\neq i} w_j\Big),$$
$$i = 1,2,\cdots,n. \tag{12}$$

制造商生产总数量为

$$q^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i + (1-\phi)n\alpha - nc_m}{(1-\phi)(2\beta+(n-1)\gamma)}. \tag{13}$$

由式(12) 可知

$$\begin{bmatrix} \partial q_i^*/\partial w_1 \\ \cdots \\ \partial q_i^*/\partial w_i \\ \cdots \\ \partial q_i^*/\partial w_n \end{bmatrix} = \frac{1}{\sigma}\begin{bmatrix} -\gamma \\ \cdots \\ 2\beta+(n-2)\gamma \\ \cdots \\ -\gamma \end{bmatrix},$$

其中

$$\sigma = (1-\phi)(2\beta-\gamma)(2\beta+(n-1)\gamma) > 0. \tag{14}$$

由式(14) 可知,制造商 i 的产品生产数量与零售商对每个制造商的契约条款均有关系,且随 w_i 的增加而增加,随 w_{-i} 的增加而减小.

4.2.2 零售商端决策分析

零售商根据对制造商生产产品的预期,制定最优的契约策略,即

$$w_i(w_{-i}) = \arg\max_{w_i}\{\pi^r(w_i, w_{-i})\},\quad i = 1,2,\cdots,n; \tag{15}$$

$$(w_i^*, w_{-i}^*) = \arg\max_{w_i, w_{-i}}\{\pi^r(q_i^*, q_{-i}^*) : q_i^* q_{-i}^* > 0\}. \tag{16}$$

其中 $q_i^* = \arg\max \pi_i^m$.

根据式(1),(2),(16) 可得

$$\max_{w_i, w_{-i}} \pi^r = \sum_{i=1}^{n}\phi\Big(\alpha - \beta q_i^* - \gamma\sum_{j\neq i} q_j^*\Big)q_i^* - w_i q_i^* - c_r q_i^*,\ i = 1,2,\cdots,n.$$

其最优契约参数满足

$$\frac{\partial}{\partial w_i}\pi^r = \frac{\partial}{\partial w_i}\Big(\sum_{i=1}^{n}\phi\Big(\alpha - \beta q_i^* - \gamma\sum_{j\neq i} q_j^*\Big)q_i^* - w_i q_i^* - c_r q_i^*\Big) = 0,$$
$$i = 1,2,\cdots,n. \tag{17}$$

依据式(12),(13),(17) 可得到最优契约参数 (w_i^*, w_{-i}^*),即该 Stackelberg 对称博弈中,零售商在 (q_i^*, q_{-i}^*) 处可取得最优契约策略集 (w_i^*, w_{-i}^*). 由对称纳什均衡的对称性质可知,最优契约策略 $w_i^* = w_j^*$.

4.2.3 分散供应链的协调

研究分散供应链的协调问题,旨在通过契约激励供需双方在平衡各自利益的基础上实现供应链整体利益的最大化. 本文具体指制造商在零售商所提供的收入共享契约激励下的最优生产数量等于集中供应链的采购量,即实现

$$\hat{q} = q^*. \tag{18}$$

将式(7),(13) 代入(18) 可得

$$w_i = \Big(\frac{1}{2(\beta-\gamma)+2n\gamma}\Big)\Big((1-\phi)(\gamma-n\gamma)\alpha - (1-\phi)(2\beta-\gamma+n\gamma)c_r + [(n-1)\gamma+\phi(2\beta+\gamma(n-1))]c_m\Big). \tag{19}$$

在式(19) 中,零售商提供收入共享契约,需保证 $w_i > 0$. 故在保证供应链协调的情况下,进一步缩小 ϕ 的取值范围

$$((n-1)\gamma\alpha + (2\beta+(n-1)\gamma)c_r - (n-1)\gamma c_m)/((n-1)\gamma\alpha + (2\beta+(n-1)\gamma)c_r + [2\beta+\gamma(n-1)]c_m) < \phi < 1.$$

由上面分析可知,在零售商提供收入共享契约的情况下,只有满足上述的收入共享比例的条件,分散供应链才可以实现协调.

5 仿真实验与绩效分析

5.1 仿真实验

两家汽车制造厂$(n = 2)$通过某大型汽车销售超市竞争同一区域的市场,从实际数据抽取系统参数为 $\alpha = 50$, $\beta = 3$, $c_m = 10$, $c_r = 1$,根据式(6) 和(7) 可得,集中式供应链利润为 $\Pi^T = 190.125$. 根据两家厂商所提供汽车产品的差异性可得 $\gamma = \{1, 1.5, 2\}$ (γ 越接近 β,产品的差异性越小,即可替代性越大). 分析参数 ϕ ($\phi = \{0.6, 0.7, 0.8\}$) 选择不同值时,最优决策参数的差异及其对供应链绩效的影响. 表 1 给出了批发价契约下的仿真实验结果,表 2 给出 γ 和 ϕ 的 9 种组合在零售商驱动的收入共享契约下的数值仿真实验结果.

5.2 供应链绩效分析

在本仿真实验中,两个对称的汽车制造商通过

表 1　批发价契约下的仿真结果

γ	$w_1^* = w_2^*$	$q_1^* = q_2^*$	π^r	π_1^m	π_2^m	π^r/π^m	Π^T	$\Pi^T/\bar{\Pi}^T$
1	25.6	2.925	68.45	45.63	45.63	0.75	159.71	0.84
1.5	23	2.89	75.11	37.57	37.57	0.99	150.25	0.79
2	19.75	2.925	85.56	28.52	28.52	1.5	142.6	0.75

表 2　收入共享契约下的仿真结果

γ	ϕ	$w_1^* = w_2^*$	$q_1^* = q_2^*$	π^r	π_1^m	π_2^m	π^r/π^m	Π^T	$\Pi^T/\bar{\Pi}^T$
	0.6	0.54	3.76	146.16	12.9	12.9	5.67	171.96	0.9
1	0.7	3.34	3.97	159.18	12.2	12.2	6.52	183.58	0.96
	0.8	5.94	4.24	167.29	9.8	9.8	8.54	186.89	0.983
	0.6	0.26	3.42	136.7	12.4	12.4	5.51	161.5	0.85
1.5	0.7	3.125	3.61	140.82	11.74	11.74	6	164.3	0.864
	0.8	5.74	3.83	149.16	8.78	8.78	8.5	166.72	0.877
	0.6	0.06	3.14	122.59	11.87	11.87	5.16	146.33	0.77
2	0.7	2.94	3.31	126.92	10.85	10.85	5.85	148.62	0.78
	0.8	6.64	3.15	134.81	8.33	8.33	8.09	151.47	0.8

同一个独立的零售商销售两种可替代的汽车产品. 本文分别就契约参数和产品的可替代性两方面讨论其对供应链绩效的影响.

5.2.1　收入共享契约参数的影响

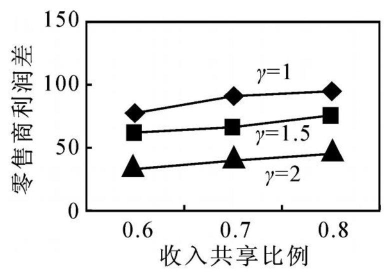
供应链的绩效由渠道绩效($\Pi^T/\bar{\Pi}^T$)和契约绩效(π^r/π^m)两方面来刻画. 渠道绩效表示的是分散的供应链结构中绩效改善情况. 对比表 1 与表 2 中的数据,零售商提供收入共享契约下的渠道绩效比批发价契约下渠道绩效得到明显改善. 如 $\gamma = 1$ 时,收入共享契约下渠道绩效 $\Pi^T/\bar{\Pi}^T$ 均大于批发价契约下的渠道绩效 $\Pi^T/\bar{\Pi}^T = 0.84$. 这个观察结果与文献[3]的结论一致. 说明在多对一的供应链结构中,采用收入共享契约能够有效地协调制造商和零售商的供需,提高供应链整体的效益.

契约绩效(π^r/π^m)表示已实现的供应链利润在制造商和零售商之间的分配关系,可以反映供应链绩效受契约控制的情况[13]. 由表 2 可知,在相同的市场条件下(相同的 γ),随着 ϕ 的增加,供应链协调程度进一步提高,即供应链整体绩效得到了明显改善. 在整个过程中,零售商在收入共享契约下较批发价契约获得了更多的供应链增加的利润,相应地,制造商获得更少的利润. 一个主要的原因是本文所建立的模型是假设零售商为 Stackelberg 主方,契约由零售商制定. 因此,此种情况下的收入共享契约对供应链各方而言并不是一个"双赢"的策略.

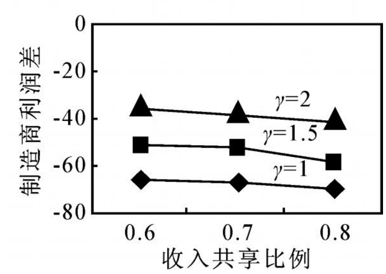
5.2.2　产品可替代性的影响

如表 2 所示,在相同的收入共享比例的条件下(ϕ 相同),随着产品可替代性的提高,制造商间产品的竞争进一步加剧. 与收入共享契约激励相比,竞争占据主导地位,竞争环境下的制造商生产更少的产品,从而降低了供应链整体的绩效. 由此可见,随着产品可替代性的提高,产品间竞争加剧,这是导致供应链绩效的下降直接因素. 这里渠道绩效和契约绩效随着可替代性因素(γ)呈现相同的变化,即渠道绩效和契约绩效均随着 γ 增加而降低.

由表 2 可以明显发现,制造商利润和零售商利润随产品可替代性的提高均有不同幅度的下降. 图 1 表示了供应链各方成员在收入共享契约下与批发价契约下的利润差随产品可替代性的变化情况. 从图 1(a)中可知,随着产品可替代性的提高,零售商



(a) 零售商利润变化



(b) 制造商利润变化

图 1　双方成员各自的利润差随产品可替代性的变化

在收入共享契约中的获利比批发价下零售商利润的改善幅度减小;同时,图 1(b) 中制造商在收入共享中的利润损失比批发价中制造商利润损失的幅度减小. 由上面的讨论可知,在零售商驱动的多对一供应链结构中,产品的可替代性对供应链双方均产生负面的影响.

6 结 论

本文在多个竞争的制造商和一个独立的零售商组成的供应链结构中考虑零售商驱动的收入共享契约下的生产决策问题. 针对该系统结构中零售商具有较高议价能力的特点,建立了零售商为主方、制造商为从方的 Stackelberg 主从对策模型,证明了零售商驱动的收入共享契约下制造商生产存在对称的唯一最优纳什均衡解. 分析了零售商契约参数制定决策问题,讨论了收入共享契约下分散供应链同集中供应链决策的关系. 最后通过仿真实验验证了契约参数和产品的可替代性对供应链绩效影响的分析,对于研究多对一供应链结构下的收入共享契约的协调、契约参数对供应链绩效的影响问题具有普遍意义. 但不足之处是仅考虑了线性需求、对称的制造商基础上的决策问题,面对更加普遍的不对称的制造商、报童随机需求模型的情况未予考虑. 同时,对于多对一供应链结构契约协调下的“共赢”分析,也是一个必要的研究内容. 另外,将该问题的分析扩展到多制造商、多零售商的供应链结构中,将会有更加广泛的研究空间. 上述问题将是本文进一步研究的方向.

参考文献(References)

[1] Cachon G P. Supply chain coordination with contractsp [C]. Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management. North Holland, 2003.

[2] Dana J, Spier K. Revenue sharing and vertical control in the video rental industry[J]. J of Industry Economics, 2001, 59(3): 223-245.

[3] Yao Z, Stephen C H Leung, Lai K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition [J]. European J of Operational Research, 2008, 186(2): 637-651.

[4] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations [J]. Management Science, 2005, 51(1): 30-44.

[5] Veen J, Venugopal V. Using revenue sharing to create win-win in the video rental supply chain [J]. J of Operational Research Society, 2005, 56(3): 757-762.

[6] 黄宝凤, 仲伟俊, 梅姝娥. 供应链中完美共赢收入共享合约的存在性分析[J]. 系统工程理论方法应用, 2005, 14(3): 247-251.
(Huang B F, Zhong W J, Mei S E. The existence analysis on the revenue-sharing contracts of perfect win-win coordination in the supply chain [J]. Systems Engineering Theory Methodology Applications, 2005, 14(3): 247-251.)

[7] Choi S C. Price competition in a channel structure with a common retailer[J]. Marketing Science, 1991, 10(4): 271-296.

[8] Martinez de Albeniz, Roels V G. Competing for shelf space[R]. Los Angeles: University of California, 2007.

[9] Cachon G P. Competing manufacturers in a retail supply chain: On contractual form and coordination [R]. Philadelphia: University of Pennsylvania, 2007.

[10] Chen F R. Auctioning supply contracts [J]. Management Science, 2007, 53(10): 1562-1576.

[11] 徐经意, 杨德礼. 生产商竞争的供应链系统退货决策分析[J]. 控制与决策, 2006, 21(4): 391-395.
(Xu J Y, Yang D L. Decision analysis on return-policy of supply chain system under manufacturer competition [J]. Control and Decision, 2006, 21(4): 391-395.)

[12] Cheng S F, Reeves D M, Vorobeychik Y, et al. Notes on equilibria in symmetric games[C]. Proc of the 6th Int Workshop on Game Theoretic and Decision Theoretic Agents. New York, 2004: 62-71.

[13] Lariviere M A, Porteus E L. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts[J]. Manufacturer and Service Operations Management, 2001, 3(4): 293-305.

(上接第 1360 页)

[11] McAulay R J, Birmiwal K. Variable dimension filtering for maneuvering target tracking [J]. IEEE Trans on Aerospace and Electronic Systems, 1982, 8(5): 621-628.

[12] Chang K C, Bar Shalom. Joint probabilistic data association for multi-target tracking with possibly unresolved measurements and maneuvers [J]. IEEE Trans on Automatic Control, 1984, 29(7): 585-594.