

二级物流服务供应链的供应链契约选择研究

孟丽君,黄祖庆

(中国计量学院 经济与管理学院,浙江 杭州 310018)

摘要:以“一个物流服务集成商—两个功能型物流服务提供商”构成的二级物流服务供应链为研究对象,利用博弈论的理论方法建立了 Stackelberg 博弈模型,研究功能型物流服务提供商的供应链契约选择问题。该模型假定物流服务集成商占主导地位,其决策变量为物流服务的市场价格。而作为从者的功能型物流服务提供商,需要在收益共享契约和批发价格契约间作出决策,并确定相应的契约参数,以吸引物流服务集成商更多的物流能力订购量。研究表明:在物流服务集成商占主导地位的物流服务供应链中,两个功能型物流服务提供商选择相同的策略,或低成本 FLSP 选择批发价格契约而高成本 FLSP 选择收益共享契约。无论采取以上哪种均衡策略组合,物流服务集成商、功能型物流服务提供商的利润并无差别,因而,对于由物流服务集成商主导的物流服务供应链来说,收益共享契约的协调作用与批发价格契约的协调作用相同。

关键词:物流服务供应链;协调;收益共享契约;博弈

中图分类号:F252

文献标志码:A

文章编号:1008-5831(2012)03-0064-09

一、引言

近年来,产品服务化和服务外包的不断增长,为服务供应链的形成与发展奠定坚实的基础^[1]。而现有研究更多关注了产品供应链的相关问题,对服务供应链的研究相对较为匮乏。有效的供应链契约不仅可以增加供应链整体利润,而且使供应链成员之间分担风险^[2]。大量研究证明产品供应链契约不仅改进整个产品供应链的系统利润,而且提高了每个产品供应链成员的利润^[3]。随着物流产业在国民经济中地位的提升,物流服务供应链这一重要的服务供应链的运作有效性变得更为重要。与其他供应链一样,物流服务供应链的成员包括物流服务集成商、物流服务提供商等多个成员,各成员间利益的不一致性要求必须设计有效的契约机制来协调这一物流服务供应链的运作。而服务的无形性、同步性、不可存储性等特征使原有产品供应链研究的成果无法直接用于服务供应链的管理,为此,有必要对服务供应链的相关问题展开更为深入的研究。

二、相关研究述评

已有许多学者就产品供应链的收益共享契约设计问题展开研究,收益共享契约是否能有效协调产品供应链的各成员也存在争议。

部分学者的研究表明收益共享契约可起到协调产品供应链的作用。Veen 和 Vengugopal 指出:在录像机零售供应链中采用收益共享契约可以优化供应链,

收稿日期:2011-10-28

基金项目:国家自然科学基金项目“物流服务供应链的结构及其运作机制研究”(71071146);浙江省人文社科重点研究基地项目“标准化与知识产权管理”

作者简介:孟丽君(1982-),女,浙江人,中国计量学院经济与管理学院讲师,博士,主要从事物流服务供应链、逆向物流研究。

并给所有的供应链成员带来双赢局面^[4]。Luo 和 Cakanyidirim 指出收益共享契约可得到唯一的纯纳什均衡策略,并将收益共享策略与批发价格策略进行了对比,对比结果表明收益共享契约的采用使供应商和零售商的利润都得到改进^[5]。Yao、Leung 和 Lai 指出收益共享契约比简单的价格契约可以带来更好的效果,而且收益共享契约可以提高供应链绩效。然而,由于需求可变性、价格敏感因素的影响,不同供应链成员从收益共享契约中所获得的利益不同^[6-7]。Hou、Zeng 和 Zhao 则进一步就供应商成本信息是否对称的情形研究了收益共享契约的有效性,该研究表明收益共享契约的采用可同时改进零售商和制造商的利润^[3]。Cao 和 Hong 的研究表明在两周期报童产品问题中,收益共享契约可同时提高零售商和批发商的利润^[8]。Li、Zhu 和 Huang 指出寄售模式下的在线销售行业采用收益共享契约,可使得报童产品的制造商和零售商的利润都获得增加,达到系统最优的状态^[9]。Chen、Cheng 和 Chien 在 Li、Zhu 和 Huang 的研究基础上引入上架费,在产品需求为上架费和销售价格的函数时,证明了收益共享契约可有效协调该产品制造商和在线销售商^[10]。Harish 和 Winter 证明在存在下游竞争的产品供应链中,收益共享契约仍可以有效协调该产品的渠道成员^[11]。Ilaria 和 Pierpaolo 则进一步讨论了供应链成员如何就收益共享契约参数达成一致的过程^[2]。van der Rhee 等则证明了收益共享契约在多级供应链中仍可达到渠道协调的效果^[12]。

部分学者则认为产品供应链的收益共享契约并不总是最优的契约设计方案。Cachon 和 Lariviere 发现在报童问题中收益共享契约的效果与购回契约相同,而在价格敏感的报童问题中,与价格折扣契约的效果相同。在存在下游竞争的产品供应链中,收益共享契约无法解决利益不一致的问题。与此同时,收益共享契约可以协调零售商间的销售数量^[13]。Pan 等就不同渠道控制力下产品供应链中收益共享契约的有效性展开研究,结果表明,不同的产品供应链中由于渠道控制力的不同,收益共享契约并不总是最优选择^[14]。Chen 和 Cheng 指出只有在特定条件下,收益共享契约机制才会比批发价格契约机制更有效,且复杂的收益共享机制并没有比简单的收益共享机制表现好^[15]。

目前为止,对物流服务供应链的契约设计问题的研究尚不多见。王勇、罗富碧和林略运用委托代理理论,就第四方物流如何利用线性激励合同对多个第三方物流企业进行激励的问题进行了深入分析,给出第四方物流给予第三方物流的最优激励系数、最优固定支付及最优努力水平的确定方法^[16]。王勇、杨金和廖冰进一步考虑了物流服务提供商的风险偏好问题^[17]。王晓立和巴士华表明基于收益共

享的能力采购费用补偿协调契约可以使 FLSP 的物流能力投资额达到 LSSC 系统最优水平^[18]。崔爱平和刘伟考虑到 FLSP 物流能力的有限供给,采用单一的期权契约对 LSSC 进行协调,研究结果表明期权契约可以实现 LSSC 的完美协调,但期权价值必须设立在一个合理的范围之内^[19]。崔爱平、刘伟、张旭则在崔爱平和刘伟的研究基础之上,进一步考虑了成本信息的不对称性及风险规避者的存在,研究结果表明:LSI 提供的能力期权契约能够实现 LSSC 效率的 Pareto 改进,但其效果依赖于 LSI 抵抗市场风险的能力^[20]。鄢飞、董千里和王莉萍提出点链式协同、线链式协同、全链式协同三种模式对 LSSC 的运作进行协调,并以线链式协同模式为例,利用线性混合报酬合同激励供给方,并给出供给方的最优努力水平选择以及报酬激励机制设计的基本思路^[21]。刘伟华、季建华和张涛针对“一个 LSI—多个 FLSP”的 LSSC 中,在每个主体自身的产出受到他人努力水平的影响时,利用混合报酬分配模式,分析 LSI 提供给每个 FLSP 的最优分配系数和固定支付^[22]。部分学者开始关注收益共享契约在 LSSC 中的应用。田宇和吴佩勋重点研究了二级物流服务供应链和三级物流服务供应链的收益共享合同设计,以批发价格和收益共享系数为模型参数,给出不同模型下收益共享合同有效的条件^[23]。樊琦考虑到多个功能性物流服务提供商间存在的博弈行为,对二级物流服务供应链的利润分配问题进行探讨,建立了基于收益共享的权变激励模型^[24]。陈志松在田宇和吴佩勋的基础之上指出:物流服务提供商的物流服务质量可以选择,其物流服务成本是物流服务质量的函数,从而将物流服务集成商所关注的物流服务质量水平作为决策变量引入到模型讨论中^[25]。何美玲、张锦和武晓辉在田宇和吴佩勋的研究基础上,将批发价格作为常量,对两级物流服务供应链的收益共享契约设计问题进行探讨^[26]。刘伟华对田宇和吴佩勋所研究的三级 LSSC 收益共享系数进行了进一步讨论,考虑了 LSSC 能力供给约束情形^[27]。

综上所述,现有研究更多关注产品供应链的收益共享契约问题,对服务供应链特别是物流服务供应链的相关研究则相对较为匮乏。物流服务的无形性、不可存储性使得物流服务供应链无法像产品供应链那样通过库存来达到协调状态,只能通过物流能力的优化和匹配。现有对物流服务供应链中收益共享契约的研究焦点在于最优参数的选择问题,尚未深入探讨不同结构 LSSC 中收益共享契约与其他契约相比的有效性,也并未考虑渠道存在竞争的情形。笔者就这一问题展开探讨。

三、研究问题及符号说明

考虑由 1 个物流服务集成商(Logistics service

integrator, 简称为 LSI) 和 2 个功能型物流服务提供商 (Functional logistics service provider, 简称为 FLSP) 所组成的二级物流服务供应链 (Logistics service supply chain, 简称为 LSSC)。其结构如图 1 所示。

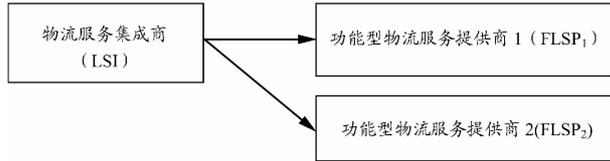


图 1 LSSC 的渠道结构

LSI 从 FLSP₁ 或 FLSP₂ 采购物流客户所需要的物流能力。FLSP₁ 和 FLSP₂ 提供同质的物流服务, 因此两者在客户份额上存在着竞争, 那么采取怎样的定价策略来吸引 LSI 向本企业采购物流能力, 就成为 FLSP 需要考虑的重要问题之一。由于物流客户市场的高度不确定性, FLSP 可考虑采用收益共享合同与 LSI 分摊这一不确定性以吸引 LSI 的订单。笔者以二级物流服务供应链 (图 1) 为研究对象, 研究 FLSP 选择收益分享合同的条件。

笔者所采用的符号说明如下。

- (1) D 为整条 LSSC 所面临的物流服务需求。
- (2) c_1, c_2 分别为 FLSP₁、FLSP₂ 提供物流服务的边际成本。
- (3) w_1, w_2 分别为 FLSP₁、FLSP₂ 选择批发价格契约 w 时提供物流服务的批发价格。
- (4) φ_1, φ_2 分别为 FLSP₁、FLSP₂ 选择收益共享契约 r 时, 其所要求的收益共享系数 $0 \leq \varphi_1, \varphi_2 \leq 1$ 。
- (5) b 为物流客户对物流服务需求的价格敏感系数。
- (6) q_1, q_2 表示 LSI 分别向 FLSP₁ 和 FLSP₂ 订购的物流能力值。
- (7) C_1, C_2 表示 LSI 分别向 FLSP₁、FLSP₂ 订购单位物流能力的实际成本。
- (8) α 表示 LSI 对 FLSP₁ 的能力需求对 FLSP₁ 实际成本的敏感度, $\alpha > 0$ 。
- (9) β 表示 LSI 对 FLSP₁ 的能力需求对 FLSP₂ 实际成本的敏感度, $\beta > 0$ 。
- (10) π_{ij}, π_{2ij} 分别表示当 FLSP₁ 选择契约 $i (i = r, w)$, 而 FLSP₂ 选择契约 $j (j = r, w)$ 时 FLSP₁、FLSP₂ 的利润函数 (其中, 下标 r 代表 FLSP 选择收益共享契约, 下标 w 代表 FLSP 选择批发价格契约, 下同)。
- (11) π_{ij} 表示当 FLSP₁ 选择契约 $i (i = r, w)$, 而 FLSP₂ 选择契约 $j (j = r, w)$ 时 LSI 的利润函数。
- (12) p 表示物流服务集成商向物流客户提供服务的价格; p_{ij} 表示当 FLSP₁ 选择契约 $i (i = r, w)$, 而 FLSP₂ 选择契约 $j (j = r, w)$ 时 LSI 所确定的物流服务市场价格。

(13) D_0 表示物流服务市场规模 (即最大可能的需求)。

四、基本假设及策略分析

为便于研究, 笔者作出如下假设。

假设 1: 物流服务集成商面临的物流服务需求与其确定的物流服务价格的关系为: $D = D_0 - bp$ 。

假设 2: 1 个单位的物流服务需求需要 1 个单位的物流服务来满足。

假设 3: 物流服务集成商和功能型物流服务提供商之间的信息不对称。

假设 4: LSI 在 LSSC 中占主导地位。

假设 5: 假定 FLSP₁ 和 FLSP₂ 所提供的物流服务质量相同, 两者能力之间可相互替代。

假设 6: FLSP₁ 和 FLSP₂ 的不同之处在于运作成本的不同, 假定 $c_1 < c_2$ 。

在 Stackelberg 博弈过程中, 物流服务集成商占主导地位, 其根据物流需求市场情况确定其物流服务的市场价格。而作为从者的功能型物流服务提供商, 在观察到物流服务集成商以上信息后, 需要在收益共享契约和批发价格契约间作出决策, 确定其所提供的契约类型及相应参数, 以吸引物流服务集成商更多的物流能力订购量。

当 FLSP 选择批发价格契约 w 时, FLSP₁ 或 FLSP₂ 需确定其批发价格 w_1 或 w_2 。此时, LSI 满足物流客户的单位需求可获得的净利润为 $p - w_i$; LSI 向选择批发价格契约的 FLSP 订购单位物流能力的实际成本为 $C_i = w_i$ 。

当 FLSP 选择收益共享契约^[13-14] 时, FLSP₁ 或 FLSP₂ 需要确定其收益共享系数 φ_1 或 φ_2 。在此契约机制协调下, FLSP 以较低的物流能力采购价格 $w_i = \varphi_i c_i$ 向 LSI 提供物流能力, 作为补偿, LSI 将其销售收入中的 $(1 - \varphi_i)$ 转移给 FLSP。此时, LSI 满足物流客户的单位需求可获得的净利润为 $\varphi p - \varphi c_i$; LSI 向选择收益共享契约的 FLSP 订购单位物流能力的实际成本为 $C_i = (1 - \varphi_i)p + \varphi_i c_i$ 。

对于 LSI 来说, 其从不同 FLSP 处采购所得到的物流能力无区别, 可相互替代, 在向物流客户提供服务时, 其所获得价格 p 应当是相同的。而 LSI 从不同 FLSP 所采购的物流能力成本不同, 其可获得净收益 $U_i = p - C_i (i = 1, 2)$ 也有所不同。因此, LSI 对一定定价的 FLSP 有不同的偏好, 从而分配给 FLSP₁ 和 FLSP₂ 不同的物流采购量 $q_i (i = 1, 2)$ 。此时, LSI 的决策变量为 p 以及相应的 q_i , 且 $q_1 + q_2 = D$ 。从而, LSI 对 FLSP₁ 的物流能力需求量可表示为: $q_1 = Q_0 - \alpha C_1 + \beta C_2$ (Q_0 表示在 LSI 可无偿使用 FLSP 物流能力的条件下, LSI 对 FLSP₁ 的物流能力订购量)。LSI 对 FLSP₂ 的物流能力需求量可表示为: $q_2 = D - q_1 = D - Q_0 + \alpha C_1 - \beta C_2$; 当 $C_1 = 0, C_2 = 0$ 时, $q_1 =$

$Q_0, q_2 = D - Q_0$, LSI 的利润函数表示为: $\pi_{LSI} = pD$; 此时, $p^* = \frac{D_0}{2b}$, LSI 的最优物流能力订购量为 $\frac{D_0}{2}$, 此最优物流能力订购量需要在 FLSP₁ 和 FLSP₂ 之间划分。笔者假定 LSI 会选择 FLSP₁, 即 $Q_0 = \frac{D_0}{2}$ 。

五、模型分析

(一) FLSP 均选择批发价格契约的情形

在 FLSP 和 LSI 的博弈过程中, LSI 具有控制权。因此, 今后的讨论中, 均是由 LSI 主导的主从博弈。

在物流服务价格 p 给定的条件下, 物流服务提供商分别确定自己的批发价格 w_1, w_2 以使自身利润 π_{1ww}, π_{2ww} 最大化。然后, 物流服务集成商确定其物流服务价格 p 以使其自身利润 π_{ww} 最大化。

当 FLSP 均选择批发价格契约时, FLSP₁ 的收益函数为:

$$\pi_{1ww} = (w_1 - c_1)q_1 = (w_1 - c_1)(Q_0 - \alpha w_1 + \beta w_2) \quad (1)$$

FLSP₂ 的收益函数为:

$$\pi_{2ww} = (w_2 - c_2)(D - q_1) = (w_2 - c_2)\{D - (Q_0 - \alpha w_1 + \beta w_2)\} \quad (2)$$

LSI 的收益函数为:

$$\pi_{ww} = p(D_0 - bp) - [Q_0 - \alpha w_1 + \beta w_2]w_1 - \frac{\partial \pi_{ww}}{\partial p} = \frac{[-8b^2p\alpha - 2b^2p\beta - 18bp\alpha\beta + b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2] + [8b\alpha D_0 + 2b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0 - 4b\alpha Q_0 + 2b\beta Q_0]}{9\alpha\beta} \quad (6)$$

令式(6)为零, 可求得 LSI 的最优服务价格为

$$p_{ww}^* = \frac{[b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (7)$$

此时,

$$\text{FLSP}_1 \text{ 的收益为: } \pi_{1ww}^* = \frac{\alpha[(6\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))c_1 - 2(b + 3\beta)(\beta c_2 + D_0)]^2}{4(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))^2} \quad (8)$$

$$\text{FLSP}_2 \text{ 的收益为: } \pi_{2ww}^* = \frac{\beta[-6\alpha^2 c_1 + 2(2b\alpha + b\beta + 3\alpha\beta)c_2 + (b - 3\alpha)D_0]^2}{4[9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta)]^2} \quad (9)$$

$$\text{LSI 的收益为: } \pi_{ww}^* = \frac{b\alpha[-4\alpha(\alpha - 2\beta) + b(4\alpha + \beta)]c_1^2 + 4b\beta[b\alpha + (2\alpha - \beta)\beta]c_2^2 - 2b\beta(b + \alpha + 4\beta)c_2 D_0 - (b - 3\alpha)(b + 3\beta)D_0^2 - 4b\alpha(\alpha + \beta)c_1(\beta c_2 + D_0)}{4b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (10)$$

(二) FLSP 均选择收益共享契约的情形

在物流服务价格 p 给定的条件下, 物流服务提供商分别确定自己的收益共享系数 φ_1, φ_2 以使自身利润 π_{1rr}, π_{2rr} 最大化。然后, 物流服务集成商确定其物流服务价格 p 以使其自身利润 π_{rr} 最大化。

当 FLSP 均选择收益共享契约时, FLSP₁ 的收益函数为:

$$\pi_{1rr} = (1 - \varphi_1)(p - c_1)[Q_0 - \alpha(p - \varphi_1(p - c_1)) + \beta(p - \varphi_2(p - c_2))] \quad (11)$$

FLSP₂ 的收益函数为:

$$\pi_{2rr} = (1 - \varphi_2)(p - c_2)[D - Q_0 + \alpha(p - \varphi_1(p - c_1)) + \beta(p - \varphi_2(p - c_2))] \quad (12)$$

$$(D_0 - bp - (Q_0 - \alpha w_1 + \beta w_2))w_2 \quad (3)$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 \pi_{1ww}}{\partial^2 w_1} = -2\alpha < 0; \frac{\partial^2 \pi_{2ww}}{\partial^2 w_2} = -2\beta w_2 < 0,$$

则 π_{1ww}, π_{2ww} 为凸函数。分别令 $\frac{\partial \pi_{1ww}}{\partial w_1} = 0, \frac{\partial \pi_{2ww}}{\partial w_2} = 0$, 求解得到两物流服务提供商的批发价格分别为:

$$w_2^* = \frac{2D - Q_0 + \alpha c_1 + 2\beta c_2}{3\beta} \quad (4)$$

$$w_1^* = \frac{D + Q_0 + 2\alpha c_1 + \beta c_2}{3\alpha} \quad (5)$$

此时, 在给定物流服务价格的条件下, 若 FLSP₁ 与 FLSP₂ 均选择批发价格契约, 则 FLSP₁、FLSP₂ 的收益分别为:

$$\pi_{1ww} = \frac{(2bp + 2\alpha c_1 - 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\alpha}$$

$$\pi_{2ww} = \frac{(4bp - 2\alpha c_1 + 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\beta}$$

之后 LSI 根据两物流服务提供方的反应函数, 将式(4)和式(5)代入 LSI 的收益函数式(3)中, 确定其最优服务价格 p 。

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 \pi_{ww}}{\partial p^2} = \frac{[-8b^2\alpha - 2b^2\beta - 18b\alpha\beta]}{9\alpha\beta} < 0, \text{ 则}$$

π_{ww} 为凸函数。

$$\pi_{rr} = (\varphi_1 p - \varphi_1 c_1)[Q_0 - \alpha(p - \varphi_1(p - c_1)) + \beta(p - \varphi_2(p - c_2))] + (\varphi_2 p - \varphi_2 c_2)(D - [Q_0 - \alpha(p - \varphi_1(p - c_1)) + \beta(p - \varphi_2(p - c_2))]) \quad (13)$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 \pi_{1rr}}{\partial \varphi_1^2} = -2\alpha(p - c_1)^2 < 0; \frac{\partial^2 \pi_{2rr}}{\partial \varphi_2^2} = -2\beta(p - c_2)^2 < 0, \text{ 则 } \pi_{1rr}, \pi_{2rr} \text{ 为凸函数。分别令 } \frac{\partial \pi_{1rr}}{\partial \varphi_1} = 0,$$

$$\frac{\partial \pi_{2rr}}{\partial \varphi_2} = 0, \text{ 求解可得到两物流服务提供商的收益系}$$

数,分别为:

$$\varphi_1^* = 1 - \frac{D - \alpha c_1 + \beta c_2 + Q_0}{3(p - c_1)\alpha} \quad (14)$$

$$\varphi_2^* = 1 - \frac{2D + \alpha c_1 - \beta c_2 - Q_0}{3(p - c_2)\beta} \quad (15)$$

此时,在给定物流服务价格的条件下,若 FLSP₁ 与 FLSP₂ 均选择收益共享契约,FLSP₁、FLSP₂ 的收益分别为:

$$\pi_{1rr} = \frac{(2bp + 2\alpha c_1 - 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\alpha}$$

$$p_{rr}^* = \frac{[b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2 + 8b\alpha D_0 + 2b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0 - 4b\alpha Q_0 + 2b\beta Q_0]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} =$$

$$\frac{[b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (16)$$

此时,

$$\text{FLSP}_1 \text{ 的收益为: } \pi_{1rr}^* = \frac{\alpha[(6\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))c_1 - 2(b + 3\beta)(\beta c_2 + D_0)]^2}{4(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))^2} \quad (17)$$

$$\text{FLSP}_2 \text{ 的收益为: } \pi_{2rr}^* = \frac{\beta[-6\alpha^2 c_1 + 2(2b\alpha + b\beta + 3\alpha\beta)c_2 + (b - 3\alpha)D_0]^2}{4[9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta)]^2} \quad (18)$$

$$\text{LSI 的收益为: } \pi_{rr}^* = \frac{b\alpha[-4\alpha(\alpha - 2\beta) + b(4\alpha + \beta)]c_1^2 + 4b\beta[b\alpha + (2\alpha - \beta)\beta]c_2^2 - 2b\beta(b + \alpha + 4\beta)c_2 D_0 - (b - 3\alpha)(b + 3\beta)D_0^2 - 4b\alpha(\alpha + \beta)c_1(\beta c_2 + D_0)}{4b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (19)$$

(三) FLSP₁ 选择收益共享契约,而 FLSP₂ 选择批发价格契约的情形

在物流服务价格 p 给定的条件下,FLSP₁ 选择收益共享契约,需确定其收益共享系数 φ_1 ,以使自身利润 π_{1rw} 最大化;FLSP₂ 选择单一批发价格契约,需确定其批发价格 w_2 ,以使自身利润 π_{2rw} 最大化。然后,物流服务集成商确定其物流服务价格 p 以使自身利润 π_{rw} 最大化。

在此情形下,FLSP₁ 的收益函数为:

$$\pi_{1rw} = (1 - \varphi_1)(p - c_1)[Q_0 - \alpha(p - \varphi_1(p - c_1)) + \beta w_2] \quad (20)$$

FLSP₂ 的收益函数为:

$$\pi_{2rw} = (w_2 - c_2)\{D - (Q_0 - \alpha((1 - \varphi_1)p + \varphi_1 c_1) + \beta w_2)\} \quad (21)$$

LSI 的收益函数为:

$$\pi_{rw} = \varphi_1(p - c_1)[Q_0 - \alpha(p - \varphi_1(p - c_1)) + \beta w_2] + (p - w_2)\{D - (Q_0 - \alpha((1 - \varphi_1)p + \varphi_1 c_1) + \beta w_2)\} \quad (22)$$

$$p_{rw}^* = \frac{[4b\alpha^2 c_1 + b\alpha\beta c_1 + 2b\alpha\beta c_2 + 2b\beta^2 c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \pm$$

$$\sqrt{\frac{-\alpha\beta\{-b\alpha(-4\alpha(\alpha - 2\beta) + b(4\alpha + \beta))c_1^2 - 4b\beta(b\alpha + (2\alpha - \beta)\beta)c_2^2\} + 2b\beta(b + \alpha + 4\beta)c_2 D_0 + (b - 3\alpha)(b + 3\beta)D_0^2 + 4b\alpha(\alpha + \beta)c_1(\beta c_2 + D_0)\}}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}} \quad (25)$$

令

$$\pi_{2rr} = \frac{(4bp - 2\alpha c_1 + 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\beta}$$

将式(14)和式(15)代入 LSI 的利润函数式(13)中,确定其最优服务价格 p 。

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 \pi_{rr}}{\partial p^2} = -\frac{2b[9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta)]}{9\alpha\beta} < 0, \text{ 则}$$

π_{rr} 为凸函数。令 $\frac{\partial \pi_{rr}}{\partial p} = 0$,可求得 LSI 的最优服务定价为:

$$\pi_s^* = \frac{b\alpha[-4\alpha(\alpha - 2\beta) + b(4\alpha + \beta)]c_1^2 + 4b\beta[b\alpha + (2\alpha - \beta)\beta]c_2^2 - 2b\beta(b + \alpha + 4\beta)c_2D_0 - (b - 3\alpha)(b + 3\beta)D_0^2 - 4b\alpha(\alpha + \beta)c_1(\beta c_2 + D_0)}{4b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}$$

则式(25)可化简为:

$$p_{rw}^* = \frac{[4b\alpha^2c_1 + b\alpha\beta c_1 + 2b\alpha\beta c_2 + 2b\beta^2c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0] \pm 3\sqrt{\frac{\alpha\beta\pi_s^*}{b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}}}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (26)$$

$$\text{当 } p_{rw}^* = \frac{[4b\alpha^2c_1 + b\alpha\beta c_1 + 2b\alpha\beta c_2 + 2b\beta^2c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} + 3\sqrt{\frac{\alpha\beta\pi_s^*}{b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}} \text{ 时,}$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial p^2}(p = p_{rw}^*) = -\frac{2\sqrt{b\alpha\beta(4b\alpha + b\beta + 9\alpha\beta)\pi_s^*}}{3\alpha\beta} < 0, \text{ 则此时, LSI 的利润函数取得极大值。}$$

此时, FLSP₁ 的收益为:

$$\pi_{1rw}^* = \frac{[\alpha(6\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))c_1 - 2\alpha(b + 3\beta)(\beta c_2 + D_0) + 2\sqrt{b\alpha\beta(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))\pi_s^*}]^2}{4\alpha(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))^2} \quad (27)$$

FLSP₂ 的收益为:

$$\pi_{2rw}^* = \frac{[-6\alpha^2\beta c_1 + 2\beta(2b\alpha + b\beta + 3\alpha\beta)c_2 + (b - 3\alpha)\beta D_0 + 4\sqrt{b\alpha\beta(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))\pi_s^*}]^2}{4\beta[9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta)]^2} \quad (28)$$

LSI 的收益为: $\pi_{rw}^* = 0$ (29)

0, 求解可得到 FLSP₁ 的批发价格和 FLSP₂ 的收益共

(四) FLSP₁ 选择批发价格契约, 而 FLSP₂ 选择收益共享契约的情形

享系数, 分别为:

$$w_1^* = \frac{D + 2\alpha c_1 + \beta c_2 + Q_0}{3\alpha} \quad (33)$$

$$\varphi_2^* = \frac{3\beta p + Q_0 - \alpha c_1 - 2\beta c_2 - 2D}{3\beta(p - c_2)} \quad (34)$$

在物流服务价格 p 给定的条件下, FLSP₁ 选择单一批发价格契约, 需确定其批发价格 w_1 , 以使自身利润 π_{1wr} 最大化; FLSP₂ 选择收益共享契约, 需确定其收益共享系数 φ_2 , 以使自身利润 π_{2wr} 最大化; 然后, 物流服务集成商确定其物流服务价格 p 以使其自身利润 π_{wr} 最大化。在此情形下, FLSP₁ 的收益函数为:

$$\pi_{1wr} = (w_1 - c_1)q_1 = (w_1 - c_1)(Q_0 - \alpha w_1 + \beta((1 - \varphi_2)p + \varphi_2 c_2)) \quad (30)$$

FLSP₂ 的收益函数为:

$$\pi_{2wr} = (1 - \varphi_2)(p - c_2)\{D - (Q_0 - \alpha w_1 + \beta((1 - \varphi_2)p + \varphi_2 c_2))\} \quad (31)$$

LSI 的收益函数为:

$$\pi_{wr} = (p - w_1)(Q_0 - \alpha w_1 + \beta((1 - \varphi_2)p + \varphi_2 c_2)) + \varphi_2(p - c_2)(D - (Q_0 - \alpha w_1 + \beta((1 - \varphi_2)p + \varphi_2 c_2))) \quad (32)$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 \pi_{1wr}}{\partial w_1^2} = -2\alpha < 0; \frac{\partial^2 \pi_{2wr}}{\partial \varphi_2^2} = -2\beta(p - c_2)^2 <$$

此时, 在给定物流服务价格的条件下, 若 FLSP₁ 选择批发价格契约, 而 FLSP₂ 选择收益共享契约, FLSP₁、FLSP₂ 的收益分别为:

$$\pi_{1wr} = \frac{(2bp + 2\alpha c_1 - 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\alpha}$$

$$\pi_{2wr} = \frac{(4bp - 2\alpha c_1 + 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\beta}$$

之后 LSI 根据物流服务提供方的反应函数, 将式(33)和式(34)代入 LSI 的利润函数式(32)中, 确定其最优服务价格 p 。

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 \pi_{wr}}{\partial p^2} = -\frac{2b[9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta)]}{9\alpha\beta} < 0, \text{ 则}$$

π_{wr} 为凸函数。令 $\frac{\partial \pi_{wr}}{\partial p} = 0$, 可求得 LSI 的最优服务

0, 则 π_{1rw}, π_{2rw} 为凸函数。分别令 $\frac{\partial \pi_{1wr}}{\partial w_1} = 0, \frac{\partial \pi_{2wr}}{\partial \varphi_2} =$ 定价为:

$$p_{wr}^* = \frac{[b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (35)$$

此时, FLSP₁ 的收益为:

$$\pi_{1wr}^* = \frac{\alpha[(6\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))c_1 - 2(b + 3\beta)(\beta c_2 + D_0)]^2}{4(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))^2} \quad (36)$$

FLSP₂ 的收益为:

$$\pi_{2wr}^* = \frac{\beta[-6\alpha^2c_1 + 2(2b\alpha + b\beta + 3\alpha\beta)c_2 + (b - 3\alpha)D_0]^2}{4[9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta)]^2} \quad (37)$$

LSI 的收益为:

$$\pi_{wr}^* = \frac{b\alpha\Gamma - 4\alpha(\alpha - 2\beta) + b(4\alpha + \beta)c_1^2 + 4b\beta\Gamma b\alpha + (2\alpha - \beta)\beta c_2^2 - 2b\beta(b + \alpha + 4\beta)c_2D_0 - (b - 3\alpha)(b + 3\beta)D_0^2 - 4b\alpha(\alpha + \beta)c_1(\beta c_2 + D_0)}{4b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} \quad (38)$$

(五) 结果分析

综合以上分析结果可得,在 LSI 确定物流服务价格 p 之后,存在如下关系:

$$\pi_{1wr} = \pi_{1wr} = \pi_{1rr} = \pi_{1rw} = \frac{(2bp + 2\alpha c_1 - 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\alpha}$$

$$\pi_{2wr} = \pi_{2wr} = \pi_{2rr} = \pi_{2rw} = \frac{(4bp - 2\alpha c_1 + 2\beta c_2 - 3D_0)^2}{36\beta}$$

可见,对于 FLSP 来说,无论选择批发价格契约还是收益共享契约,其收益相同,其收益的大小最终取决于 LSI 所确定的物流服务价格 p 。

综合以上分析结果,可得 LSI 处于主导地位 LSSC 成员收益的博弈矩阵如表 1 所示。

表 1 LSI 占主导地位的“一个 LSI—两个 FLSP”LSSC 中各成员的最优利润与最优物流服务价格

	当 FLSP ₁ 选择收益共享契约,FLSP ₂ 选择批发价格契约	当 FLSP 均选择批发价格契约;当 FLSP 均选择收益共享契约;当 FLSP ₁ 选择批发价格契约,FLSP ₂ 选择收益共享契约;
FLSP ₁ 的利润	$\frac{\alpha\Gamma(6\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))c_1 - 2(b + 3\beta)(\beta c_2 + D_0)\Gamma^2}{4(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))^2}$	$\frac{\left[\frac{\alpha(6\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))c_1 - 2\alpha(b + 3\beta)(\beta c_2 + D_0)}{+ 2\sqrt{b\alpha\beta(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}} \right]^2 \pi_s^*}{4\alpha(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))^2}$
FLSP ₂ 的利润	$\frac{\beta\Gamma - 6\alpha^2c_1 + 2(2b\alpha + b\beta + 3\alpha\beta)c_2 + (b - 3\alpha)D_0\Gamma^2}{4\Gamma(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))\Gamma^2}$	$\frac{\left[\frac{-6\alpha^2\beta c_1 + 2\beta(2b\alpha + b\beta + 3\alpha\beta)c_2 + (b - 3\alpha)\beta D_0}{+ 4\sqrt{b\alpha\beta(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}} \right]^2 \pi_s^*}{4\beta\Gamma(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))\Gamma^2}$
LSI 的利润	$\frac{\left[\begin{aligned} &b\alpha\Gamma - 4\alpha(\alpha - 2\beta) + b(4\alpha + \beta)c_1^2 \\ &+ 4b\beta\Gamma b\alpha + (2\alpha - \beta)\beta c_2^2 - 2b\beta(b + \alpha + 4\beta)c_2D_0 \\ &- (b - 3\alpha)(b + 3\beta)D_0^2 - 4b\alpha(\alpha + \beta)c_1(\beta c_2 + D_0) \end{aligned} \right]}{4b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}$	0
LSI 所确定的最优物流服务价格	$\frac{\left[\begin{aligned} &b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2 \\ &+ 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0 \end{aligned} \right]}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}$	$\frac{\Gamma(4b\alpha^2c_1 + b\alpha\beta c_1 + 2b\alpha\beta c_2 + 2b\beta^2c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0)}{2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))} + 3\sqrt{\frac{\alpha\beta\pi_s^*}{b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))}}$

六、结论

笔者分析了由单一物流服务集成商和两个功能型物流服务提供商组成的两级物流服务供应链的协调问题,运用博弈论的方法,寻找功能型物流服务提供商选择不同契约的条件,得出以下结论。

第一,对于成本低的物流服务供应商 FLSP₁,无论选择何种契约,其所获得的收益相同。本研究的分析结果表明,FLSP 的供应链契约选择方案可分为四种情形,四种情形下的 FLSP₁ 的收益并不完全相

由此可见,只有当 FLSP₁ 选择收益共享契约而 FLSP₂ 选择批发价格契约的情形下的博弈结果与其他三种情形下有所不同。均衡策略表示为:LSI 所确定的最优物流服务价格为 $[b\alpha(4\alpha + \beta)c_1 + 2b\beta(\alpha + \beta)c_2 + 6b\alpha D_0 + 3b\beta D_0 + 9\alpha\beta D_0] / 2b(9\alpha\beta + b(4\alpha + \beta))$,在此条件下,FLSP 选择相同的策略,或当较低成本的 FLSP₁ 选择批发价格契约,较高成本的 FLSP₂ 选择收益共享契约。无论采取哪种均衡策略组合,物流服务集成商、功能型物流服务提供商的利润并无差别,可见,在 LSI 占主导地位的 LSSC 中,收益共享契约和批发价格契约所达到的效果相同。

同。但 LSI 在博弈过程中占有主导地位,其控制博弈过程及结果,最终的均衡策略为三种情形,即 FLSP 选择相同的策略,或当较低成本的 FLSP₁ 选择批发价格契约,较高成本的 FLSP₂ 选择收益共享契约。可见,如表 1 的第 2 列所示,对于成本低的物流服务供应商 FLSP₁,在这三种均衡策略情形下,无论选择收益共享契约,还是选择批发价格契约,其所获得的收益相同。

第二,对于成本高的物流服务供应商 FLSP₂,其

所选择的契约要受到竞争对手的影响。当对手 FLSP₁ 选择收益共享契约时,FLSP₂ 也必须选择收益共享契约;当对手 FLSP₁ 选择批发价格契约时,FLSP₂ 无论选择何种契约,其所获得收益相同。根据本研究所进行的博弈分析过程可知,当 FLSP₁ 选择收益共享契约时,若 FLSP₂ 选择批发价格契约,在此情形下,LSI 所获得的利润值为零。而当 FLSP₂ 选择收益共享契约时,LSI 的利润均不为零。而 LSI 在本 LSSC 结构中具有主导地位,因此,LSI 通过对物流服务价格的确定,会控制博弈结果使其自身利润最大化。

本研究假设物流客户需求为物流服务价格的线性需求函数,未来的研究可放宽这一假设,进一步探讨在物流客户需求服从一般分布情形下收益共享契约机制的有效性。

参考文献:

- [1] 崔爱平. LSSC 基本理论框架[J]. 上海海事大学学报, 2008, 29(1): 1-6.
- [2] ILARIA G, PIERPAOLO P. Negotiation of the revenue sharing contract: An agent-based system approach [J]. International Journal of Production Economics, 2009, 122(2): 558-566.
- [3] HOU J, ZENG A Z, ZHAO L D. Achieving better coordination through revenue sharing and bargaining in a two-stage supply chain [J]. Computers & Industrial Engineering, 2009, 57(1): 383-394.
- [4] VEEN J V D, VENUGOPAL V. Using revenue sharing to create win-win in the video rental supply chain [J]. Journal of the Operational Research Society, 2005, 56(7): 757-762.
- [5] LUO S, CAKANYILDIRIM M. Pricing and production games under revenue sharing and information updates [J]. Journal of Revenue and Pricing Management, 2005, 4(3): 270-301.
- [6] 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(2): 637-651.
- [7] YAO Z, LEUNG S C H, LAI K K. The Effectiveness of revenue-sharing contract to coordinate the price-setting news vendor products' supply chain [J]. Supply Chain Management, 2008, 13(4): 263-271.
- [8] CAO T L, HONG Y S. Channel coordination through a revenue sharing contract in a two-period newsboy problem [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 198(3): 822-829.
- [9] LI S J, ZHU Z B, HUANG L H. Supply chain coordination and decision making under consignment contract with revenue sharing [J]. International Journal of Production Economics, 2009, 120(1): 88-99.
- [10] CHEN J M, CHENG H L, CHIEN M C. On channel coordination through revenue-sharing contracts with price and shelf-space dependent demand [J]. Applied Mathematical Modeling, 2011, 35(10): 4886-4901.
- [11] HARISH K, RALPH A W. On the role of revenue-sharing contracts in supply chains [J]. Operations Research Letters, 2011, 39(1): 28-31.
- [12] VAN DER RHEE B, JACK A A, VENUGOPAL V, et al. A new revenue sharing mechanism for coordinating multi-echelon supply chains [J]. Operations Research Letters, 2010, 38(4): 296-301.
- [13] CACHON G P, LARIVIERE M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations [J]. Management Science, 2005, 51(1): 30-44.
- [14] PAN K, LAI K K, STEPHEN C H L, et al. Revenue-sharing versus wholesales price mechanisms under different channel power structures [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 203(2): 532-538.
- [15] CHEN J M, CHENG H L. effect of the price-dependent revenue-sharing mechanism in a decentralized supply chain [DB/OL]. [2010-10-20]. Central European Journal of Operations Research, DOI: 10.1007/s10100-010-0182-3.
- [16] 王勇, 罗富碧, 林略. 第四方物流努力水平影响的物流分包激励机制研究 [J]. 中国管理科学, 2006, 14(2): 136-140.
- [17] 王勇, 杨金, 廖冰. 第四方物流作业分包的合同设计 [J]. 系统工程学报, 2007, 22(5): 520-524.
- [18] 王晓立, 马士华. 供应和需求不确定条件下物流服务供应链能力协调研究 [J]. 运筹与管理, 2011, 20(2): 44-49.
- [19] 崔爱平, 刘伟. 物流服务供应链中基于期权契约的能力协调 [J]. 中国管理科学, 2009, 17(2): 59-65.
- [20] 崔爱平, 刘伟, 张旭. 不对称信息和风险规避下的能力期权契约模型 [J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(33): 209-212.
- [21] 鄢飞, 董千里, 王莉萍. 物流服务供应链协同运作机理分析 [J]. 统计与信息论坛, 2009, 24(8): 53-58.
- [22] 刘伟华, 季建华, 张涛. 基于物流服务组合的两级物流服务供应链利润分配模型 [J]. 武汉理工大学学报: 交通科

- 学与工程版,2008,32(4):589-592.
- [23] 田宇,吴佩勋. 物流服务供应链收益分享合同模型[J]. 科技管理研究,2006,26(1):227-229.
- [24] 樊琦. 物流服务供应链收益分享的变权激励模型[J]. 工业技术经济,2008,27(12):117-118.
- [25] 陈志松. 第三方物流服务供应链契约模型[J]. 统计与决策,2008(15):58-60.
- [26] 何美玲,张锦,武晓辉. 需求不确定下的物流服务供应链收益共享契约设计[J]. 铁道运输与经济,2010,32(10):48-52.
- [27] 刘伟华. 三级物流服务供应链最优收益共享系数确定方法[J]. 西南交通大学学报,2010,45(5):811-816.

Research on the Supply Chain Contract Choice Strategy of Two-stage Logistics Service Supply Chain

MENG Lijun, HUANG Zuqing

(College of Economics and Management, China Jiliang University, Hangzhou 310018, P. R. China)

Abstract: The two-stage logistics service supply chain with one logistics service integrator and two functional logistics service providers is considered. The decision-making process of the two actors in the logistics service supply chain is modeled as a Stackelberg leader – follower game model and the supply chain contract choice problem of the functional logistics service providers is analyzed. In the Stackelberg game, logistics service integrator as the leader determines logistics service price, each functional logistics service providers as the follower chooses either a wholesale price contract or a revenue-sharing contract with the logistics service integrator, and determines the contract parameters, to obtain higher division ratio of the logistics capacity from the logistics service integrator. The results show that: in the two-stage logistics service supply chain dominated by the logistics service integrator, the equilibrium is achieved when: 1) two functional logistics service providers choose the same contract, or 2) the functional service provider with lower cost chooses the wholesale price contract and another chooses the revenue-sharing contract. No matter which Nash equilibrium strategy is adopted, the logistics service integrator and the functional logistics service providers obtain the same profit. So, the revenue sharing mechanism does not outperform than the wholesale price mechanism.

Key words: logistics service supply chain; coordination; revenue sharing contract; game

(责任编辑 傅旭东)