

文章编号:1003-207(2009)01-0064-12

# 补偿激励下双渠道供应链协调的合同设计

陈树桢,熊中楷,梁喜

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030)

**摘要:**针对电子商务环境下传统零售与网上直销并存的双渠道模式,在促销-价格敏感需求与促销补偿激励等条件下构建了模型,分析、比较了集中式与分散式决策下供应链最优的促销投入、促销补偿投资与定价策略,研究了促使双渠道达成协调的合同设计。研究发现:单独利用两部定价合同不能有效地协调双渠道供应链;而两部定价合同与促销水平补偿合同的组合能够实现供应链协调和渠道成员双赢,且满足这种条件的组合合同有无穷多个。

**关键词:**供应链协调;双渠道;补偿激励;合同设计

**中图分类号:**F273 **文献标识码:**A

## 1 引言

随着电子商务和信息技术的迅猛发展,传统零售与网上直销并存的双渠道模式正成为制造型企业的主要分销渠道,而网上直销和传统零售因价格竞争所引发的渠道冲突,也给理论研究与实际管理提出了新课题:在传统分销与在线直销价格竞争下,制造商采用何种激励方式给予零售商一定数量的经济补偿以协同竞争,实现传统分销与在线直销和谐并存从而使自己从这两种渠道获取的总收益最大;对零售商而言,如何通过促销、服务等以提升自己的赢利能力是其赢得生存与发展的重要途径。本文基于上述背景,对有促销投入和促销补偿的供应链双渠道定价与协调问题的合同设计展开研究。

竞争环境下,通过促销、服务投入能够增强企业的赢利能力并提升自己的竞争优势。Dutta, Bergen 和 John(1993)<sup>[1]</sup>用实证方法,在参与率和权责发生率的支付原则下,研究了制造商与零售商之间的合作广告。Li, Huang 和 Zhu(2002)<sup>[2]</sup>基于渠道成员的市场权力不同,构建了三种模型并研究了制造商与零售商之间的合作广告。聂佳佳和熊中楷(2006)<sup>[3]</sup>研究了基于两周期动态定价和合作广告的供应链模型,发现下期的定价和广告决策很大程度上依赖于本期的定价与广告决策。Geylani, Duker

和 Srinivasan(2007)<sup>[4]</sup>研究了面对强势零售商时制造商的应对策略:针对强势零售商与弱势零售商的价格竞争,制造商将提高对弱势零售商的批发价格并通过广告支持将需求从强势零售商之处转移给弱势零售商,从而扭转制造商的劣势并最大化制造商的利润。而在制造商主导的双渠道供应链环境下,零售商处于被动地位,为了生存和寻求更大的利润空间,零售商除了制定最优传统零售价之外,还必须促销、服务上寻找突破口,通过促销刺激顾客的购买行为以提升自己的赢利能力不失为其最佳选择。尽管制造商在双渠道供应链中居主导地位,但在渠道和谐与自己利润最大化驱使下,制造商的理性决策就是补偿零售商的促销投入,自然促销成本补偿投资成为制造商的首选策略。

促销成本补偿是制造商加强与零售商合作的一种方式,是制造商针对零售商的促销投入,投资以减少零售商促销投入成本的一种激励措施。这种投资激励表现为:对零售商的参与促销的员工进行投资培训;或者制造商派自己的员工直接参与资助零售商的促销活动;或者为零售商的促销投入提供免费咨询,等等。张菊亮和陈剑利用报童模型(2004)<sup>[5]</sup>研究了在需求依赖于销售商努力水平的情形下,如何设计合同,以使供应商和销售商合作、销售商选择恰当的努力水平和订货量,从而使供应链的利润达到最大。黄祖庆和达庆利(2005)<sup>[6]</sup>运用博弈论研究了随机需求下供应链的激励机制设计,并分析了激励机制设计对供应商和零售商收益产生的影响。

虽然促销补偿能够加强制造商与零售商的合作,在一定程度上能够实现双方收益的 Pareto 改

收稿日期:2008-05-09;修订日期:2008-12-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70571088)

作者简介:陈树桢(1971-),女(汉族),四川南充市人,重庆大学经济与工商管理学院博士生,研究方向:电子商务、物流与供应链管理。

进,但单独利用促销成本补偿并不能实现供应链总利润最大化,这是分散式决策的供应链性质所决定。因此,如何实现供应链协调与渠道成员双赢,合同设计至关重要,论文重点对此进行了研究。

## 2 国内外研究现状

电子商务环境下,有关双渠道供应链的研究始于近几年。Chiang, Chhajed 和 Hess(2003)<sup>[7]</sup>研究了电子商务环境下供应链的渠道选择策略,其结论是即使网上直销渠道本身并不赢利,但其存在可以控制零售商的定价,促使零售商卖出更多商品,从而提升渠道总利润。Liu 和 Zhang(2006)<sup>[8]</sup>研究了在信息技术环境下当制造商增开在线直销渠道而零售商对顾客实施价格歧视时,制造商的收益总是增加而零售商的收益总是减少,但零售商仍坚持价格歧视策略以阻止制造商直销渠道的进入。Yao 和 Liu(2005)<sup>[9]</sup>用 Bertrand 和 Stackelberg 博弈方法研究了在线直销渠道与传统零售渠道的定价策略,并分析了传统零售渠道为顾客提供增值服务时对在线直销渠道的定价影响。Arya, Mittendorf 和 Sappington(2007)<sup>[10]</sup>研究了当制造商生产该商品有成本优势而零售商分销该商品有成本优势时,增开在线直销渠道在一定条件下能实现制造商与零售商收益的 Pareto 改进。Arya, Mittendorf 和 Yoon(2008)<sup>[11]</sup>在市场潜在需求相等的双渠道供应链环境条件下认为,只要批发价格高于其边际生产成本,与垂直整合比较,双重边际效应更符合制造商和渠道整体的利益。林志炳,许保光和蔡晨(2003)<sup>[12]</sup>在消费者的保留价格随时间推移呈指数递减而市场规模随时间递增等重要假设条件下,研究了基于消费者偏好的双渠道供应链。夏海洋和黄培清(2007)<sup>[13]</sup>采用报童模型研究了不同运作模式下双渠道供应链的库存策略。但上述有关双渠道供应链的研究中均未考虑供应链的协调问题。

渠道冲突与协调研究一直是供应链关注的热点问题之一,而合同设计是实现供应链协调的主要工具。Tsay 和 Agrawal(2004)<sup>[14]</sup>认为在线直销渠道与传统分销渠道在促销上都有外部性,但零售渠道促销具有成本优势,用回购价加总批发价合同可以协调供应链。谢庆华与黄培清(2007)<sup>[15]</sup>研究了基于数量折扣的双渠道协调问题,发现协调双渠道供应链的数量折扣合同有无穷多个。曲道钢和郭亚军(2008)<sup>[16]</sup>研究了分销商的销售努力对其需求量的影响,并利用改进的收入共享合同解决了双渠道

供应链的协调问题。文献[14 - 16]虽然研究了双渠道供应链协调,但未考虑促销投入和促销激励补偿的合同设计。本文的目的是设计机制以实现双渠道协调,与他们的方法不同,但目的一样。Chu 和 Desai(1995)<sup>[17]</sup>以汽车销售为背景研究了基于顾客满意度的渠道协调机制,说明制造商可以按照零售商的努力成本与努力水平给予激励以促进零售商提高顾客满意度,实现双方收益的 Pareto 改进,并利用两部定价合同研究了供应链的协调问题。Cui, Raju 和 Zhang(2007)<sup>[18]</sup>在渠道成员的公平偏好下,用两部定价合同研究了供应链的协调问题。他们发现当制造商通过固定费用转移零售商的利润时,制造商能够有效解决供应链协调问题。Raju 和 Zhang(2005)<sup>[19]</sup>针对供应链中的强势零售商,研究了数量折扣与两部定价合同来协调供应链。研究发现,数量折扣与两部定价都能协调供应链,但在一定条件下两部定价合同对制造商更有利。熊中楷,李根道和唐颜昌等(2007)<sup>[20]</sup>研究了网络环境下供应链动态定价的渠道协调问题,发现单独利用收益分享合同不能达到供应链的协调,而收益分享合同与返利合同的组合运用能够有效实现供应链协调和渠道成员的双赢。文献[17 - 20]虽研究了供应链的协调问题,但未考虑双渠道供应链结构。

尽管双渠道供应链的冲突与协调在学术界得到了较深入研究,但考虑双渠道供应链环境下的促销策略,包括零售渠道的促销投入、制造商给予零售商的促销补偿以及制造商为此促销补偿所需投资等策略下的竞争性定价与协调问题尚未有文献研究。本文在线性需求函数等假设条件下,利用 Stackelberg 对策,首次考虑了促销投入和促销补偿策略的双渠道供应链竞争性定价;并在此基础上研究了能使双渠道市场达成协调的合同设计。研究发现:只要制造商对零售商实施补偿激励并灵活设计合同,就能协调双渠道、实现供应链渠道成员的双赢。

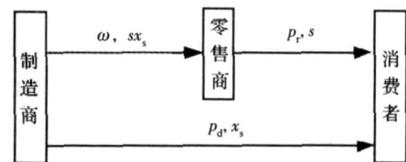


图 1 补偿激励下双渠道供应链模型

## 3 问题描述与假设

本文研究的问题如图 1 所示。在一个制造商和一个零售商构成的双渠道供应链中,生产并销售

一种商品。本文假设制造商是零售商的唯一供应商,且在供应链中占主导地位;并假设制造商生产该商品的边际成本是  $c(0 < c < 1)$ ;在传统零售渠道,制造商以批发价  $p_d$  把商品批发给零售商,零售商在零售渠道进行促销投入以刺激顾客的购买行为,进而提升自己的销售量。假设促销投入只影响零售渠道并产生正需求。而零售商为此目的的促销水平是  $s$ 、促销成本是  $C(s)$ ,设  $C(s) = s^2$  并以价格  $p_r$  将产品销售给顾客。同时,制造商还增设 internet 直销渠道将产品以价格  $p_d$  直接销售给顾客。渠道成员都追求自身利润最大化。

为缓解渠道冲突与激励零售商的促销投入以使自己从两渠道获取的总利润最大,制造商对零售商的促销投入给予激励补偿以减少零售商的促销投入成本。本文采用 Chu 和 Desai (1995)<sup>[17]</sup> 中,制造商按照零售商的努力成本进行补偿投资以促进零售商提高顾客满意度来刻画制造商激励零售商的促销投入。针对零售商投资成本为  $C(s)$  的促销投入,假设制造商的补偿投资水平是  $x_s$ ,投资  $C(x_s)$  可以为零售商提供一笔金额是  $s x_s$  的促销补偿,设  $C(x_s) = x_s^2$ 。因此,在制造商的策略性促销补偿投资下,零售商促销投入的净成本是:  $s^2 - s x_s$ 。

鉴于制造商在线直销时面向的顾客与零售商销售该商品的顾客必定有一部分是重合的,因此,我们假设在线直销渠道和传统分销渠道客观上构成相互竞争的关系,两者的竞争关系可通过如下形式的线性需求曲线表示<sup>[21]</sup>:

$$q_d = 1 - p_d + p_r, 0 < p_d < 1 \quad (1)$$

$$q_r = 1 + s - p_r + p_d \quad (2)$$

上述需求函数中  $q_d$  表示直销渠道的需求。其中,1 是市场的潜在需求(为简化分析,这里对需求进行了归一化处理),  $s$  表示网上直销渠道与传统零售渠道因价格与服务等差异所产生的交叉价格弹性系数(需求转移系数)<sup>[7-11]</sup>,且  $0 < s < 1$  可确保需求曲线向下倾斜。(2)式是传统零售渠道的需求。从(2)式可知,促销投入能为零售渠道带来  $s$  单位的需求。

在制造商主导的双渠道供应链中,制造商与零售商之间进行 Stackelberg 两阶段动态博弈:在博弈的第 1 阶段制造商先确定批发价  $p_d$ 、促销补偿投资水平  $x_s$  和直销价  $p_r$ ;给定  $(p_d, x_s, p_r)$ ,零售商在第 2 阶段选择零售价  $p_r$  和促销投资水平  $s$ 。用  $r, m, \pi$  分别表示零售商、制造商与供应链的利润。因此,在双渠道市场下,制造商的利润是:

$$m = (p_d - c) q_d + (p_r - c) q_r - x_s^2 \quad (3)$$

从(3)式可知,制造商的利润由三部分组成:从零售渠道获取的批发价收入  $(p_d - c) q_d$ ,从直销渠道获取的销售收入  $(p_r - c) q_r$  以及为激励零售商实施促销补偿的投资支出  $x_s^2$ 。

零售商的利润是:

$$r = (p_r - c)(1 + s - p_r + p_d) - s^2 + s x_s \quad (4)$$

从(4)式可知,零售商的利润由三部分组成:零售商在零售渠道的销售收入  $(p_r - c) q_r$ ,在零售渠道进行促销的投资成本  $s^2$  和制造商补偿零售商的促销激励  $s x_s$ 。

而供应链的利润是:

$$\pi = r + m \quad (5)$$

## 4 模型分析

### 4.1 集中式决策分析

集中式决策是一种理想的决策方式,此时供应链构成一个完美的整体。传统零售渠道和网上直销渠道相当于整个供应链的一个销售部门,而制造商相当于供应链的一个生产部门,他们共同追求供应链总利润最大化。在这种情形下,做出的决策是全局最优的,并为分散式供应链的协调研究提供基准。因此,集中式决策下双渠道供应链的利润是:

$$\pi = (p_r - c)(1 + s - p_r + p_d) + (p_d - c)(1 - p_d + p_r) - s^2 + s x_s - x_s^2 \quad (6)$$

对(6)式分别求关于  $p_r, p_d, s, x_s$  的一阶偏导并令其等于 0,得到

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_r} = 1 + s - 2p_r + 2p_d + c - c = 0;$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_d} = 1 - 2p_d + 2p_r + c - c = 0;$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial s} = p_r - c + x_s - 2s = 0;$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_s} = s - 2x_s = 0$$

而对上述的一阶偏导各式进行联立求解,就得到集中式决策的最优解,最优解体现在命题 1 中,其最优解用上标\*表示。

命题 1: 在集中式决策下,当  $0 < 3c < 1$ ; (1/8, 1/2) 时,双渠道供应链有下列结论

(a) 最优的传统零售价与在线直销价分别为

$$p_d^* = \frac{(2 + 3c) + (2 - 3c^2)c}{2(2 - 3c^2)};$$

$$p_r^* = \frac{(3 + 3c) + (1 - 3c^2)c}{2(2 - 3c^2)};$$

(b) 最优的促销水平投资与促销补偿水平投资分别为

$$s^* = \frac{(2 + 2) - 2(1 - )^2 c}{2(2 - 3^2)}$$

$$x_s^* = \frac{(1 + ) - (1 - )^2 c}{2(2 - 3^2)}$$

(c) 传统零售渠道与网上直销渠道的销售量分

$$i^* = \frac{(10 + 12 - 15^2 - 18^3) - (20 + 4 - 54^2 - 6^3 + 36^4) c + (10 - 8 - 29^2 + 24^3 + 21^4 - 18^5) c^2}{4(2 - 3^2)^2}$$

证明:略。

而根据集中式决策特点与命题 1, 得到性质 1

性质 1: 在集中式决策下, 当  $0 < 3c$  ;

(1/8, 1/2) 时, 双渠道供应链有下列结论

(a)  $i^*$  是  $p_r, p_d, s, x_s$  的凹函数

$$(b) x_s^* = \frac{s^*}{2}$$

(c) 若  $0 < c < \frac{1}{(1 + )}$  时,  $p_r^* > p_d^*$ ; 若

$$\frac{1}{(1 + )} < c < 1, p_d^* > p_r^*$$

$$(d) \frac{\partial p_r^*}{\partial c} > 0, \frac{\partial p_d^*}{\partial c} > 0; \frac{\partial x_s^*}{\partial c} < 0, \frac{\partial s^*}{\partial c} < 0,$$

$$\frac{\partial i^*}{\partial c} < 0.$$

证明:见附录 A。

命题 1 及其性质的分析如下: (a) 在集中式决策下, 确定的最优传统零售价、网上直销价、促销投入与促销激励补偿投资能够使供应链总利润最大。(b) 最优促销补偿投资水平是零售渠道促销投资水平的一半, 即生产部门与销售部门各承担 1/2 的促销投入水平。(c) 网上直销价与传统零售价孰高孰低取决于产品的边际生产成本  $c$  与渠道交叉价格系数  $\alpha$  之间的大小关系: 当  $c < \alpha(0, 1/(1 + \alpha))$  时, 传统零售价高于网上直销价, 而当  $c > \alpha(1/(1 + \alpha), 1)$  时, 网上直销价高于传统零售价, 当  $c = \alpha(1/(1 + \alpha), 1)$  时, 直销渠道与传统零售渠道的终端价格一致。(d) 渠道终端定价与产品的边际生产成本正相关, 表明边际生产成本越高, 传统零售渠道和网上直销渠道的定价就越高; 而促销投入水平和促销补偿投资水平与边际生产成本负相关, 这表明该产品的边际生产成本越高, 企业愿意投入的促销水平与促销补偿投资水平就越低。供应链利润与产品的边际生产成本负相关, 表明在其他条件不变的前提下, 边际生产成本越高, 供应链的利润就越低。

### 4.2 分散式决策分析

在分散式供应链下, 制造商和零售商独自决策,

别为

$$q_r^* = \frac{(3 + \alpha - 3^2) - (3 - 2 - 4^2 + 3^3) c}{2(2 - 3^2)};$$

$$q_d^* = \frac{1 - (1 - \alpha) c}{2}$$

(d) 供应链的利润为

最大化各自利润。为求得 Stackelberg 均衡, 以下采用逆序方法分析, 用上标  $k$  表示分散式决策。

先求博弈的第二阶段。给定制造商的  $(, p_d, x_s)$ , 零售商确定  $(p_r, s)$ , 最大化自己的利润。因此, 零售商的策略是:

$$r^k = r(p_r, s | p_d, , x_s) = (p_r - ) [1 + s - p_r + p_d] - s^2 + s x_s \tag{7}$$

对(7)式求关于  $p_r, s$  的一阶偏导并令其等于 0, 就得到零售商的反应函数:

$$p_r^k(, p_d, x_s) = \frac{2 + 2 p_d + x_s + }{3} \tag{8}$$

$$s^k(, p_d, x_s) = \frac{1 + p_d + 2 x_s - }{3} \tag{9}$$

将(8)、(9)式代入(1)、(2)式, 得到  $q_d$  和  $q_r$

$$q_d^k(, p_d, x_s) = \frac{(3 + 2) - (3 - 2^2) p_d + x_s + }{3} \tag{10}$$

$$q_r^k(, p_d, x_s) = \frac{2 + 2 p_d + x_s - 2}{3} \tag{11}$$

将(10)、(11)式代入(3)式, 得到制造商的优化问题,

$$\max_{p_d, x_s} m^k(p_d, , x_s | p_r, s) = (p_d - c) q_d(, p_d, x_s) + ( - c) q_r(, p_d, x_s) - x_s^2 \tag{12}$$

根据一阶最优条件, 可得制造商的最优策略, 而博弈均衡结果在命题 2 中用上标  $k^*$  表示。

命题 2: 在制造商主导的分散式供应链下, 当  $0 < 3c$  ; (1/8, 1/2) 时, 有下列结论

(a) 最优的补偿投资水平为

$$x_s^{k^*} = \frac{(4 + 7 + 4^2) - (4 + 3 - 3^2 - 4^3) c}{2(23 - 26^2)}$$

(b) 最优的批发价与网上直销价分别为

$$k^* = \frac{(24 + 19 - 4^2) + (22 + 5 - 29^2 - 4^3) c}{2(23 - 26^2)};$$

$$p_d^{k^*} = \frac{(23 + 28) + (23 - 5 - 24^2) c}{2(23 - 26^2)}$$

(c) 最优的传统零售价与促销投资水平分别为

$$p_r^{k*} = \frac{(40 + 24 - 16^2) + (6 + 16 - 12^2 - 16^3)c}{2(23 - 26^2)}$$

$$s^{k*} =$$

$$q_r^{k*} = \frac{(16 + 5 - 12^2) - (16 - 11 - 17^2 + 12^3)c}{2(23 - 26^2)}$$

$$q_d^{k*} = \frac{(23 + 12 - 28^2 - 16^3) - (23 - 11 - 40^2 + 12^3 + 16^4)c}{2(23 - 26^2)}$$

(e) 制造商、零售商与供应链的利润分别为

$$m^{k*} = \frac{(897 + 1288 - 646^2 - 1456^3 - 416^4) - (1794 + 782 - 3868^2 - 1620^3 + 2080^4 + 832^5)c + (897 - 506 - 2325^2 + 1124^3 + 1850^4 - 624^5 - 416^6)c^2}{4(23 - 26^2)^2}$$

$$r^{k*} = \frac{(196 + 134 - 249^2 - 76^3 + 112^4) - (392 - 124 - 766^2 + 346^3 + 376^4 - 224^5)c + (196 - 258 - 321^2 + 556^3 + 15^4 - 300^5 + 112^6)c^2}{4(23 - 26^2)^2}$$

$$t^{k*} = \frac{(1093 + 1422 - 895^2 - 1532^3 - 304^4) - (2186 + 658 - 4634^2 - 1274^3 + 2456^4 + 608^5)c + (1093 - 764 - 2646^2 + 1680^3 + 1865^4 - 924^5 - 304^6)c^2}{4(23 - 26^2)^2}$$

证明:略。

根据式(8)、(9)、(10)与(11)和命题2中的(b)与(c),得到性质2

性质2:  $0 < 3c$  ;  $(1/8, 1/2)$  时,在制造商主导的 Stackelberg 博弈下,有

$$(a) \frac{\partial p_r}{\partial} > 0, \frac{\partial p_r}{\partial p_d} > 0, \frac{\partial p_r}{\partial x_s} > 0; \frac{\partial s}{\partial} < 0, \frac{\partial s}{\partial p_d} > 0, \frac{\partial s}{\partial x_s} > 0.$$

$$(b) \frac{\partial q_r}{\partial x_s} > 0, \frac{\partial q_r}{\partial p_d} > 0, \frac{\partial q_r}{\partial} < 0; \frac{\partial q_d}{\partial x_s} > 0, \frac{\partial q_d}{\partial} > 0, \frac{\partial q_d}{\partial p_d} < 0.$$

$$(c) p_d^{k*} > p_r^{k*}; p_r^{k*} > p_d^{k*}$$

证明:见附录 B

性质2的分析如下:(a)给定制造商的网上直销价、批发价和促销补偿投资水平,零售商确定最优传统零售价和促销投入以最大化自己的利润:传统零售价、促销投入水平与网上直销价和促销补偿投资水平正相关,这表明,随着网上直销价和促销补偿投资上升,零售商将提高传统零售价并增加促销投入水平;促销投入与批发价负相关,而传统零售价与批发价正相关。这说明,随着制造商提高批发价,零售商将提高传统零售价并同时减少促销投入。(b)在传统零售渠道与网上直销渠道进行价格竞争下,传统零售渠道的销售量与网上直销价和促销补偿投资水平正相关,而与批发价负相关,这表明网上直销价与促销补偿投资水平越高,零售商的销售量

$$\frac{(10 + 6 - 4^2) - (10 - 4 - 10^2 + 4^3)c}{2(23 - 26^2)}$$

(d) 传统零售渠道与网上直销渠道的销售量分别为

越大;而随着制造商提高批发价,零售渠道的销售量减少;而与之对应的是,在价格竞争效应下直销价越高,制造商在直销渠道的销售量就越少,而批发价与促销补偿投资水平越高,直销渠道的销售量就越多。值得注意的是:促销补偿投资激励不仅能增加传统零售渠道的销售量,还能提升直销渠道的销售量,这说明促销补偿投资具有互惠互利性质,它在一定的程度上缓解了渠道之间的竞争、有利于改善渠道关系。(c)制造商在最大化自己利润的前提下,其策略如下:网上直销价高于批发价,这保证了零售商从制造商处订购产品,否则零售商将直接从网上订购,制造商将失去自己在传统零售渠道的批发价收益,而传统零售渠道与网上直销渠道并存的双渠道供应链模式将不存在;网上直销价低于传统零售价,这区别于集中式决策下网上直销价与传统零售价的大小关系。而网上直销价低于传统零售价,有可能导致直销渠道与传统零售渠道的竞争加剧:一方面制造商的这种低价直销会引发传统渠道与网上直销渠道更激烈的价格竞争与渠道冲突,另一方面过低的直销价有可能使制造商增开的直销渠道无利可图,甚至得不偿失。

### 4.3 集中式与分散式决策的比较分析

前面,我们研究了集中式和分散式两种决策方式下,最优的促销投入、激励投资水平和网上直销渠道与传统零售渠道的终端定价。而对两种决策方式进行比较分析,还得到下列结论。

命题3:若  $0 < 3c$  且  $(1/8, 1/2)$  时,与

集中式决策比较,分散式决策有下列结论

(a) 零售渠道的促销水平与促销补偿投资水平都减少

$$s^* > s^{k*}; x_s^* > x_s^{k*}$$

(b) 传统零售渠道与网上直销渠道的边际利润都下降

$$(p_r^* - c) - (p_r^{k*} - c) > 0;$$

$$(p_d^* - c) - (p_d^{k*} - c) > 0$$

(c) 传统零售渠道的销售量减少,而网上直销渠道的销售量增加

$$q_r^* - q_r^{k*} > 0; q_d^* - q_d^{k*} > 0$$

(d) 传统零售渠道的利润减少,直销渠道利润增加,而供应链总利润减少。

$$t_{tr}^* - t_{tr}^{k*} > 0; t_{td}^* - t_{td}^{k*} < 0; t^* - t^{k*} > 0$$

证明:见附录 C

命题 3 的结论分析如下:(a) 分散式供应链下,制造商与零售商独自决策以最大化各自的利润而不是供应链总利润。在这种情形下,因促销补偿投资水平低于集中式决策,所以传统零售渠道的促销投入也低于集中式决策下的促销投入水平。(b) 分散式决策下,无论传统零售价是高于还是低于集中式决策的零售价,因该产品的批发价格高于其边际生产成本致使传统零售渠道的边际利润降低。不仅如此,由于,在线直销价低于集中式决策下的直销价,致使分散式决策下在线直销渠道的边际利润也低于集中式决策。(c) 因传统零售渠道的促销投入水平减少加之网上直销价偏低的竞争效应使传统零售渠道的销售量减少,这类似于 Spengler (1950)<sup>[22]</sup> 提出的非合作情形下的古典双重边际效应;但网上直销价降低增加了制造商在直销渠道的销售量。(d) 因传统零售渠道的边际利润与销售量同时减少致使传统零售渠道的销售收入减少,加之制造商给予零售商的促销激励补偿减少;尽管促销投资净成本减少,但不足以弥补传统零售渠道的销售收入损失,故传统零售渠道的总利润减少。网上直销价降低,网上直销渠道的边际利润减少,而直销渠道增加的销售量足以补偿其边际利润的减少,即在分散式决策下,直销渠道的利润增加。但网上直销渠道所增加的销量和利润又不足以弥补在传统零售渠道的利润损失,故供应链的总利润减少。

集中式决策中因只有一个决策者,其理性决策的出发点一定是系统利润最大化并一直被视为渠道协调机制之一,但集中式决策本身可能因高昂的管理协调成本而难以实现。因此,在制造商主导的双

渠道市场下,制造商有动力找到一种适宜的激励机制来协调双渠道供应链而不必采用集中式决策,并同时实现这三种目标:首先,激励零售商制定所期望的零售价和促销投入使自己从零售渠道获取的利润最大化;其次,制定最优的网上直销价、批发价和促销补偿投资,使自己总利润最大化;第三,保证零售商的参与合作,实现传统零售与网上直销和谐并存。

## 5 双渠道供应链协调的合同设计

前面的分析表明:促销补偿激励有利于加强渠道成员之间的合作,但是单独利用促销补偿策略并不能使供应链整体达到协调,这是由分散式决策的供应链性质所决定的。如何激励零售商继续参与传统零售渠道,并有效地协调传统零售与网上直销渠道以提高供应链的整体利润,合同设计与实现是关键。Geoffrion 和 Krishnan (2003)<sup>[23]</sup> 指出电子商务环境下,管理科学研究应特别注意两个问题:最新研究成果所引发的问题以及何种研究方式能取得突破性进展。Taboubi 和 Zaccour (2005)<sup>[24]</sup> 对传统供应链协调的合同设计作了综述,还指出:电子商务环境下针对传统零售与网上直销并存的双渠道模式,可根据具体情况灵活采用某些合同协调双渠道供应链,但仅仅给出了方向。本文研究供应链双渠道协调的目的表现在两个方面:一是实现供应链总利润最大化;二是保证渠道成员双赢。为此,我们研究何种合同设计能协调双渠道供应链。

### 5.1 两部定价合同

两部定价合同 (two-part tariff contract)<sup>[17-19]</sup> 实际是制造商和零售商之间进行利润分配的一种机制。许多制造商利用它代替数量折扣合同,因此曾被认为是一种特殊的数量折扣合同。两部定价合同一般由两部分组成:随订购数量变化的单位批发价格和一笔固定支付,并具有以下性质:通过批发价格与给予零售商的剩余索取权 (residual claimant),能够激励零售商努力以最大化供应链利润并同时提高制造商的利润。

在促销投入与促销补偿投资的双渠道市场下,利用两部定价合同协调供应链的原因如下:首先,通过前面的分析,最优促销投入及其补偿策略是与渠道成员的定价决策和博弈行动顺序密切相关;其次,因两部定价合同本身的简约性(单位批发价与一笔固定支付)有助于刻画制造商与零售商的决策互动关系;第三,设计两部定价合同协调供应链,便于分析制造商的促销补偿投资激励策略。因此,假设制

制造商提供的两部定价合同为  $(w, f)$  :  $w \geq 0$  是单位批发价格,  $f \geq 0$  是制造商从零售商利润中收取的固定部分(用上标  $*$  表示两部定价合同)。

在两部定价合同下,制造商的利润是

$$m = (w - c)q_r + (p_d - c)q_d - x_s^2 + f \quad (13)$$

零售商的利润是:

$$r = (p_r - w)q_r - s(s - x_s) - f \quad (14)$$

假设制造商从零售商利润中转移出的固定费用  $f^*$  大于  $0$  且  $0^{[17]}$  而不影响零售商的最优定价与促销投入,因此:

$$f^* = (p_r - c)q_r - s(s - x_s) - \quad (15)$$

将(15)式的  $f^*$  代入(13)式,得到制造商的利润函数

$$m^* = (p_r - c)(1 + s - p_r + p_d) + (p_d - c)(1 - p_d + p_r) - s(s - x_s) - x_s^2 - \quad (16)$$

制造商制定  $(w, f^*)$  合同最大化自己的利润:

$$\begin{aligned} \max_{p_d, w, x_s} m &= (p_r - c)[1 + s - p_r + p_d] + \\ &(p_d - c)[1 - p_d + p_r] - s(s - x_s) - x_s^2 - \\ s \begin{cases} \frac{\partial r}{\partial p_r} = -2p_r + p_d + 1 + s + = 0 \\ \frac{\partial r}{\partial s} = p_r + x_s - - 2s = 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (17)$$

对(17)求解制造商利润最大化的一阶条件,用上标  $*$  表示两部定价合同下变量的最优解,就得到下列结论。

命题 4:两部定价合同  $(w^*, f^*)$  并不能解决双渠道供应链的协调问题。

证明:见附录 D。

显然,在促销投入与促销成本补偿的双渠道供应链环境下,无明确的渠道利益补偿机制,单独利用两部定价合同不能解决供应链的协调问题。因此,激励补偿机制设计必须执行这些功能:(1)实现供应链协调;(2)对渠道成员进行有效激励和保证渠道成员双赢;(3)激励补偿合同的适用范围要满足多个决策变量并存的条件。

### 5.2 促销水平补贴与两部定价合同的组合运用

前面的分析表明,单独利用两部定价合同不能有效协调多个决策变量的双渠道供应链。现在我们研究两部定价合同与促销水平补偿的组合运用能否协调双渠道供应链。为实现供应链协调,假设制造商提供的合同为  $(, f, b)$  :  $0$  表示批发价格;  $f \geq 0$  是制造商从零售商利润中收取的固定部分,这与前面两部定价合同的解释一致;  $b$  是制造商按照

零售商的促销水平  $s$  实行再补偿,其补偿的数量是  $bs^{[17]}$ 。用上标  $*$  表示促销水平补偿与两部定价合同的组合运用情形。因此,在组合合同下,制造商与零售商各自的利润函数分别为。

$$m = ( - c)(1 + s - p_r + p_d) + (p_d - c)(1 - p_d + p_r) - x_s^2 - bs + f \quad (19)$$

$$r = (p_r - ) (1 + s - p_r + p_d) - s(s - x_s) + bs - f \quad (20)$$

在两阶段动态博弈下,根据(19)式求解  $r$  关于  $p_r, s$  的一阶偏导并令其等于 0,得到零售商的反应函数:

$$p_r(b, , p_d, x_s) = \frac{2 + 2 p_d + x_s + b +}{3} \quad (21)$$

$$s(b, , p_d, x_s) = \frac{1 + p_d + 2x_s + 2b -}{3} \quad (22)$$

从零售商的反应函数可知:给定其他变量和参数,当促销水平补偿系数  $b$  越大,零售商的定价和促销投入水平就越高。显然,促销水平补偿合同对零售商的激励作用非常明显。将反应函数代入(1)、(2)式渠道需求函数,就得

$$q_r(b, , p_d, x_s) = \frac{2 + 2 p_d + x_s + b - 2}{3} \quad (23)$$

$$q_d(b, , p_d, x_s) = \frac{(3 + 2 ) - (3 - 2^2) p_d + (x_s + b + )}{3} \quad (24)$$

同样,给定其他变量和参数,促销水平补偿参数  $b$  越大,传统零售渠道与网上直销渠道的销售量都增加,说明促销水平补偿在一定条件下能够实现双方收益的 Pareto 改进。

同两部定价合同一样,假设制造商从零售商的利润中收取的固定费用  $f^*$  大于  $\nabla$  且  $\nabla \geq 0$  而不影响零售商的最优定价与促销投入,因此

$$f^* = (p_r - ) (1 + s - p_r + p_d) - s(s - x_s) + bs - f - \nabla \quad (25)$$

将(24)式代入制造商的利润函数(18)式中,得到制造商的决策是:

$$\max m = (p_r - c)[1 + s - p_r + p_d] + (p_d - c)[1 - p_d + p_r] - s(s - x_s) - x_s^2 - \nabla \quad (26)$$

再将上述(20)、(21)、(22)、(23)式代入(25)式进行相应求解,用上标  $*$  表示组合合同下变量的最优解,得到两部定价与促销水平补偿组合合同下的最优解。

即当  $(b^*, ) =$

$$\left( \frac{(2+3) - (2 + \frac{-3^2}{2(2-3^2)})c}{2(2-3^2)} \right)$$

$$\left( \frac{(2+3) + (4 - \frac{2-7^2+3^3}{2(2-3^2)})c}{2(2-3^2)} \right)$$
 时,有  $p_d^* = p_r^*, x_s^* = x_s^{k*}$ ,从而有  $p_r^* = p_r^*, s^* = s^*$ ,组合合同下分散式决策与集中式决策完全一样,即两部定价与促销水平补偿的组合合同能够协调双渠道供应链。但 Ingne 和 Parry(2000)<sup>[25]</sup>认为制造商最终关注的是自己总利润,仅当协调后的利润大于协调前时,制造商才有内在激励采取措施进行协调;而只有当协调后的利润大于协调前的利润时,零售商才愿意接受此合同。因此,两部定价与促销水平补偿合同的组合运用虽然能够协调价格竞争下的双渠道供应链,但渠道成员能否执行与接受该合同,还需要满足这样的条件:

$$\begin{cases} m^* & k^* \\ r^* & r^* \end{cases} \quad (27)$$

因此,根据上述结果,得到下列命题。  
 命题 5:当  $0 < 3c < 1/8, 1/2$  和  $f^* / f^*$  时,存在无穷多个组合合同  $(b^*, s^*, p_r^*)$  能够实现  $r^* + m^* = i^*$ ;且满足  $m^* < k^*$ ;  
 $r^* < k^*$ 。

证明:见附录 E。

当制造商同时采用两部定价合同与促销水平补偿合同来解决双渠道供应链协调问题时,能够实现供应链协调,保证渠道成员双赢。由于收取的固定费用条件性,满足此条件的组合合同有无穷多个。

### 6 结语

电子商务环境下,随着行业内部竞争加剧,传统零售与网上直销并存的双渠道模式有利于制造商集合市场力量,提升供应链绩效,赢取额外的竞争力。但是网上直销与传统零售因价格竞争所引发的渠道冲突使协调机制设计成为研究热点。而如何对零售商进行补偿激励以缓解渠道冲突、建立和谐的渠道合作伙伴关系一直是双渠道供应链发展的一个瓶颈问题。本文在促销-价格敏感需求函数等假设条件下,考虑了补偿激励下分散式与集中式供应链决策最优的促销投入、促销补偿投资与定价策略,并对渠道达成上下协调的合同设计与实现进行了研究,为供应链实际管理者与研究者提供了三种启示:首先,大多数研究促销及促销补偿策略下的定价问题都集中在传统单渠道供应链管理,而本文考虑了电子商务环境下供应链双渠道决策。其次,在双渠道供应

链环境下研究文献或者仅仅关注定价策略或者仅仅关注促销策略,而本文在促销-价格敏感需求条件下同时考虑了有促销补偿激励的最优促销投入、促销补偿投资与定价策略。最后,本文研究了何种合同能够适用于双渠道、能够实现双渠道供应链协调并保证渠道成员双赢。分析发现:单独利用两部定价合同不能解决双渠道供应链的协调问题,但是通过合理设置参数,两部定价与促销水平补偿合同的合并运用能够协调双渠道供应链,保证渠道成员双赢。

本文是在归一化、需求确定、信息对称下考虑了补偿激励的双渠道供应链协调合同设计,若放松这些假设,可能得到其他结论,这将是下一步研究的方向。

#### 附录: 附录 A:性质 1 的证明

(a)

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_r} = [1 + s - p_r + p_d] - (p_r - c) + (p_d - c) = 0;$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_d} = (p_r - c) + (1 - p_d + p_r) - (p_d - c) = 0$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_d} = (p_r - c) + (1 - p_d + p_r) - (p_d - c) = 0;$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial s} = (p_r - c) - 2s + x_s = 0; \quad \frac{\partial \pi}{\partial x_s} = s - 2x_s = 0$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_r^2} = -2 < 0; \quad \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_d^2} = -2 < 0; \quad \frac{\partial^2 \pi}{\partial s^2} = -2 < 0;$$

$$0; \quad \frac{\partial^2 \pi}{\partial x_s^2} = -2 < 0。$$

(b)略

(c)  $p_r^* - p_d^* = \frac{1 - (1 + )c}{2(2 - 3^2)}$ ,因  $1/8, 1/2$ ;  $0 < c < 1/3$ , 所以有  $0 < c < 1/(1 + )$  时,  $p_r^* > p_d^*$ ;若  $1/(1 + ) < c < 1$ ,  $p_d^* > p_r^*$ 。

(d) 由于  $1/8, 1/2$ , 所以有

$$\frac{\partial p_r^*}{\partial c} = \frac{1 - 3^2}{2(2 - 3^2)} > 0, \quad \frac{\partial p_d^*}{\partial c} = \frac{(2 - \dots - 3^2)}{2(2 - 3^2)}$$

$$> 0; \quad \frac{\partial s^*}{\partial c} = \frac{-2(1 - \dots^2)}{2(2 - 3^2)} < 0, \quad \frac{\partial x_s^*}{\partial c} = \frac{-(1 - \dots^2)}{2(2 - 3^2)} < 0。$$

#### 附录 B:性质 2 的证明

(a) 根据(8)、(9)式得到:

$$\frac{\partial p_r(\cdot, p_d, x_s)}{\partial} = \frac{1}{3} > 0; \frac{\partial p_r(\cdot, p_d, x_s)}{\partial p_d} = \frac{2}{3} > 0;$$

$$\frac{\partial p_r(\cdot, p_d, x_s)}{\partial x_s} = \frac{1}{3} > 0;$$

$$\frac{\partial s(\cdot, p_d, x_s)}{\partial} = -\frac{1}{3} < 0; \frac{\partial s}{\partial p_d} = \frac{1}{3} > 0; \frac{\partial s}{\partial x_s} = \frac{2}{3} > 0$$

(b) 由(10)、(11)式得到:

$$\frac{\partial q_r^*}{\partial x_s} = \frac{1}{3} > 0; \frac{\partial q_r^*}{\partial p_d} = \frac{2}{3} > 0; \frac{\partial q_r^*}{\partial} = -\frac{2}{3} < 0;$$

$$\frac{\partial q_d^*}{\partial x_s} = \frac{1}{3} < 0; \frac{\partial q_d^*}{\partial p_d} = -\frac{3-2^2}{3} < 0; \frac{\partial q_d^*}{\partial} = \frac{1}{3} < 0$$

$$(a) s^* - s^{k*} = \frac{(26+8-48^2-20^3+22^4+12^5)(1-c) + (26+34^2-14^3-34^4-12^5)}{4(2-3^2)(23-26^2)} > 0$$

$$x_s^* - x_s^{k*} = \frac{(15-6+8^2-21^3+12^4)(1-c) + (15+7^2)(1-2) + 3(1+2^2) + (2^2+3^3+4^4+12^5)c}{4(2-3^2)(23-26^2)} > 0$$

$$(b) (p_r^* - c) - (p_r^{k*} - c) = \frac{(37+22-37^2-21^3)(1-c) + (37+31^2-42^3) + (28+36-27^2-36^3)^2 c}{4(2-3^2)(23-26^2)} > 0$$

$$(p_d^* - c) - (p_d^{k*} - c) = \frac{(13+4^2-11^3-6^4)(1-c) + (13+17+6^2)^2}{4(2-3^2)(23-26^2)} > 0$$

$$(c) q_r^* - q_r^{k*} = \frac{(37+13-75^2-11^3+42^4)(1+c-c)}{4(2-3^2)(23-26^2)} > 0;$$

$$q_d^* - q_d^{k*} = \frac{(12-12-12^2+16^3)(1-c) + (10-4-16^2)^2 + 2(1+)^2 c}{4(23-26^2)} > 0$$

(d)  $3c < 1/8 < 1/2$  时,有  $n^{-1} > 2^n$ ;  $8 > 1$

集中式供应链下传统零售渠道与网上直销渠道的净利润分别用  $\pi_{tr}^*$  和  $\pi_{id}^*$ ; 他们分别为

$$\pi_{tr}^* = (p_r^* - c) q_r^* - (s^*)^2 - (x_s^*)^2 + x_s^* s^*;$$

$$\pi_{id}^* = (p_d^* - c) q_d^*$$

分散式供应链下传统零售渠道与网上直销渠道

$$\pi_{tr}^{k*} = \frac{3\{(2+2-3^2-3^3) - (4-10^2+6^4)c + (2-2-5^2+5^3+3^4-3^5)c^2\}}{4(2-3^2)^2}$$

$$\pi_{id}^{k*} = \frac{(2+3) - (4+2-6^2)c + (2-4^2+3^3)c^2}{4(2-3^2)}$$

$$\pi_{tr}^{k*} = \frac{(180+78-330^2-132^3+96^4) + (-360+204+816^2-396^3-456^4+192^5)c}{(180-282-306^2+606^3+30^4-324^5+96^6)c^2}$$

$$\pi_{tr}^{k*} = \frac{(529+920-308^2-1152^3-448^4) - (1058+782-2456^2-1688^3+1408^4+896^5)c}{4(23-26^2)^2}$$

$$\pi_{id}^{k*} = \frac{(529-138-1619^2+384^3+1548^4-256^5-448^6)c^2}{4(23-26^2)^2}$$

而集中式与分散式供应链下传统零售渠道利润的比较结果为

(c) 因  $0 < 3c < 1/8 < 1/2$  有  $8 > 1; 23 - 26^2 > 0; (17 - 21 - 12^2 + 16^3) > 0$ , 所以

$$p_d^{k*} - p_d^* = \frac{(-1+9+4^2)(1+c-c)}{2(23-26^2)} > 0$$

$$p_r^{k*} - p_r^* = \frac{(17-21-12^2+16^3)(1-c) + (17-4-16^2)}{2(23-26^2)} > 0$$

附录 C:命题 3 的证明

因为  $0 < 3c < 1/8 < 1/2$ , 有  $(2-3^2), (23-26^2) > 0$ , 进行整理与变形后

的净利润分别用  $\pi_{tr}^{k*}$  和  $\pi_{id}^{k*}$  表示, 他们分别为

$$\pi_{tr}^{k*} = (p_r^{k*} - c) q_r^{k*} - (s^{k*})^2 - (x_s^{k*})^2 + x_s^{k*} s^{k*};$$

$$\pi_{id}^{k*} = (p_d^{k*} - c) q_d^{k*}$$

通过计算集中式与分散式供应链下各个渠道的净利润各自为

$$\pi_{tr}^* - \pi_{tr}^{k*} = \frac{3(v_1 + v_2 + v_3 + v_4)}{4(2-3^2)^2(23-26^2)^2} > 0$$

$$v_1 = (818 + 136 + 612^4 + 326^5)(1-)(1-$$

$$4^2)(1 - c)^2 > 0$$

$$v_2 = [1636(1 - 4^2)(1 - c) + 501^2(1 - c)c + (2 + 4096^2 + 4100^3)^4 c] > 0$$

$$v_3 = [(589^2 + 325^3 + 1796^4 + 675^5 + 1055^6) + (5138 - 3439 + 2446^3 + 946^4)^4 c^2] > 0$$

$$v_4 = [(229 + 256 + 20^4 + 144^5)c + (373 + 821 + 264^4 + 72^5)c^2 + (569 + 398)^3 J^2(1 - 4^2)] > 0$$

而集中式与分散式供应链下网上直销渠道利润的比较结果为

$$h_{id}^* - h_{id}^{k*} = \frac{h_1 + h_2}{4(2 - 3^2)(23 - 26^2)^2} < 0$$

$$h_1 = -[(1600 - 928)^5 + (1000 + 1568)^6 c - (36 + 304)^5 c^2] < 0$$

$$h_2 = -[(253 + 189 - 464^2 - 568^3)(1 - c) + (506 + 378 - 928^2 - 280^3)c] (1 - 4^2)(1 - c) < 0$$

而集中式与分散式决策下供应链利润的最终比较结果为:

$$i^* - i^{k*} = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4}{4(2 - 3^2)^2(23 - 26^2)^2} > 0$$

$$u_1 = (981 + 2116 + 8794^2 - 6257^3 + 2^4 + 5472^5 + 3168^6)^2$$

$$u_2 = [2(1 + 2 + 5)^3 + 6 + 811^2 + 14523^4 + 65^6 + 20145^7 + 3168^{10}] c^2$$

$$u_3 = [(4908 + 2750^2 + 4006^5 + 1890^6) + (6414 + 1058^4 + 1737^5)^2 c] (1 - 4^2) c$$

$$u_4 = [(1 + )^3 + 9636^5 + 8606^6 + 4^7 + 6336^9] c + (2454 + 2356 + 2156^4)(1 - 4^2)(1 - c)^2$$

附录 D:命题 4 的证明

证明:当  $0 < 3c < 1$ ;  $(1/8, 1/2)$

根据(14)式的反应函数得到:

$$p_r(, p_d, x_s) = \frac{2 + 2 p_d + x_s + }{3};$$

$$s(, p_d, x_s) = \frac{1 + p_d + 2x_s - }{3};$$

$$m^* = \frac{(3 + 6 - 6^2 - 18^3 - 9^4) - (6 + 6 - 23^2 - 24^3 + 18^4 + 18^5)c + (3 - 15^2 + 21^4 - 9^6)c^2}{4(2 - 3^2)^2} + f^*$$

(ii) 在合同协调下,零售商的利润为:

$$r^* = (p_r^* - ) q_r^* - (s^*)^2 + s^* x_s^* + b^* s^* - f^*, \text{ 设 } r = (p_r^* - ) q_r^* - (s^*)^2 +$$

$$q_d(, p_d, x_s) = \frac{(3 + 2) - (3 - 2^2) p_d + x_s + }{3};$$

$$q_r(, p_d, x_s) = \frac{2 + 2 p_d + x_s - 2}{3}$$

将上式代入(17)式分别对  $m$  关于  $, p_d, x_s$  的一阶偏导并令其等于 0, 即

$$\frac{\partial m}{\partial p_d} = -6(1 - ) p_d + + 2 x_s + (3 + 4) + (3 - 2 - 2^2) c = 0 \tag{1i}$$

$$\frac{\partial m}{\partial} = p_d - 2 + (2 - ) c = 0; \tag{2i}$$

$$\frac{\partial m}{\partial x_s} = 1 + 2 p_d - 4 x_s - (1 + ) c = 0 \tag{3i}$$

并满足  $m$  是  $p_d, , x_s$  的联合凹函数, 即:

$$\frac{\partial^2 m}{\partial^2} = -2 < 0, \frac{\partial^2 m}{\partial p_d^2} = -6(1 - ) < 0, \frac{\partial m}{\partial x_s^2} = -4 < 0$$

联立求解(1i)、(2i)和(3i), 得到

$$^* = \frac{(2 + 3) + (8 - 2 - 9^2 + 3^3) c}{2(4 - 5^2)}$$

$$p_d^* = \frac{(2 + 3) + (2 - - 2^2) c}{(4 - 5^2)}$$

$$x_s^* = \frac{(4 + 4 + ^2) - (4 - 3^2 - ^3) c}{4(4 - 5^2)}$$

要有效实现供应链协调即分散式决策下制造商和零售商的利润之和等于集中式供应链, 就必须使分散式决策最优的促销投入、促销补偿投资与定价策略等于集中式决策。但是当给定  $(^*, f^*)$  时,  $p_d^*, p_d^*, x_s^*, x_s^*$ ; 所以  $p_r^*, p_r^*, s^*, s^*$ 。从而  $r^* + m^* < i^*$ , 因此, 单独利用两部定价合同不能实现双渠道供应链协调。

附录 E:命题 5 的证明

证明:当  $0 < 3c < 1$ ;  $(1/8, 1/2)$

(i) 在合同协调下, 制造商的利润:

$$m^* = ( - c) q_r^* + (p_d^* - c) q_d^* - (x_s^*)^2 - b^* s^* + f^*, \text{ 设 } m = ( - c) q_r^* + (p_d^* - c) q_d^* - (x_s^*)^2 - b^* s^*$$

经计算, 制造商的利润为

$$s^* x_s^* + b^* s^*$$

经计算, 零售商的利润为

$$r^* = \frac{(11 + 6 - 25^2 - 12^3 + 9^4) - (22 - 10 - 62^2 + 26^3 + 42^4 - 18^5)c + (11 - 16 - 26^2 + 44^3 + 8^4 - 30^5 + 9^6)c^2}{4(2 - 3^2)^2} - f^*$$

(iii) 制造商愿意执行此组合合同的条件应为  $m^* \geq m^{k^*}$ , 即  $f^* \geq (2 - 3^2)^2 m^{k^*} - (23 - 26^2)^2 m$

经计算制造商协调后与协调前的利润之差设为

$$(2 - 3^2)^2 m^{k^*} - (23 - 26^2)^2 m = (1 - 2c + 3c^2)/[2(2 - 3^2)(23 - 26^2)]^2$$

$$1 = 2001 + 1978 - 6586^2 - 4582^3 + 9718^4 + 3480^5 - 7530^6 - 936^7 + 2340^8$$

$$2 = (4002 - 3174 - 17657^2 + 4008^3 + 29796^4 - 12476^5 - 22696^6 + 13188^7 + 6552^8 - 4680^9$$

$$3 = 2001 - 2024 - 8541^2 + 10568^3 + 14324^4 - 20538^5 - 14912^6 + 17604^7 - 3318^8 - 5616^9 + 2340^{10}$$

(iv) 而零售商愿意接受此合同的条件为:

$$r^* \geq r^{k^*}, \text{ 即 } f^* \geq (23 - 26^2)^2 r - (2 - 3^2)^2 r^{k^*}$$

经计算,零售商协调后与协调前的利润之差为

$$(23 - 26^2)^2 r - (2 - 3^2)^2 r^{k^*} = (e_1 - e_2c + e_3c^2)/[2(2 - 3^2)(23 - 26^2)]^2$$

$$e_1 = 5035 + 2638 - 23033^2 - 11612^3 + 36897^4 + 16290^5 - 24079^6 - 7428^7 + 5076^8$$

$$e_2 = 10070 - 4794 - 51342^2 + 22842^3 + 97018^4 - 41214^5 - 80738^6 + 33302^7 + 25008^8 - 10152^9$$

$$e_3 = 5035 - 7432 - 23274^2 + 37092^3 + 37088^4 - 69116^5 - 19762^6 + 57020^7 - 4147^8 - 17580^9 + 5076^{10}$$

(vi) 故制造商收取的固定转移费用应为:

$$(1 - 2c + 3c^2)/[2(2 - 3^2)(23 - 26^2)]^2$$

$$f^* = (e_1 - e_2c + e_3c^2)/[2(2 - 3^2)(23 - 26^2)]^2$$

(vii) 设  $\alpha = 4(2 - 3^2)^2(23 - 26^2)^2$ ;  $\beta = (1 - 2c + 3c^2)/[2(2 - 3^2)(23 - 26^2)]^2$  ( $z_0 + z_1 + z_2 + z_3$ )/  $\alpha > 0$

对制造商协调后与协调前的利润之差进行计算、整理与变形,得到

$$z_0 = [8688^3(1 - 2) + 4 + 8009^5 + 7632^6 + 3510^7 + 6552^8]c > 0$$

$$z_1 = [(8 - 1)537^2 + 8271^3 + 10388^4 + 2^6 + 17136^7 + 2^8 + 2340^{10}]c^2 > 0$$

$$z_2 = [(6770 + 375^2 + 4935^5 + 1170^7) +$$

$$(5193 + 2053 + 830^3 + 1404^4)^3c](1 - 4^2)c > 0$$

$$z_3 = (1418^2 + 2610^3 + 7835^4 + 861^5 + 2^6 + 2340^8) + (2001 + 1798 + 1883^4 + 234^5)(1 - 4^2)(1 - c)^2 > 0$$

(viii) 同样,设

$$(e_1 - e_2c + e_3c^2)/[2(2 - 3^2)(23 - 26^2)]^2 = \alpha / (\alpha + \alpha + \alpha + \alpha) / \beta > 0$$

对零售商协调后与协调前的利润之差进行计算、整理与变形,得到

$$\alpha = ( + 1901^2 + 29901^3 + 10928^4 + 3281^6 + 63053^7 + 8^8 + 5076^{10})c^2 > 0$$

$$\beta = (2142^2 + 1578^3 + 2^6 + 5076^8) + [13304^2 + 4471^2(1 - 2) + 2^5 + 6^6 + 2^7]c > 0$$

$$\alpha = [10070(1 - 2) + 12040^5 + 6252^6](1 - 4^2)c + (20381 + 1037^3 + 4395^4)^3(1 - 4^2)c^2 > 0$$

$$\alpha = (5035 + 2638 - 5035^2 - 2638^3 + 6020^4 + 1857^5)(1 - 4^2)(1 - c)^2 + [1135 + 9602(1 - 4^2)]^4 > 0$$

根据(vii)和(viii),得到  $f^* / \alpha > 0$ 。因此,满足双渠道供应链协调的合同有无穷多个。

参考文献:

[1] Dutta S , Benger M. John G , Rao A. Variations in the contractual terms of cooperative advertising contracts: An empirical investigation[J]. Marketing Letters ,1995 , 6:15 - 22.

[2] Li S X , Huang Z , Zhu J. , Chauc PYK Cooperative advertising , game theory and manufacturer-retailer supply chains[J]. Omega , 2002 , 30: 347 - 357.

[3] 聂佳佳,熊中楷. 制造商广告零售商动态定价联合决策[J]. 管理科学 ,2006 ,6:42 - 47.

[4] Geylani T. , Dukes A.J. , Srinivasan K. Strategic manufacturer response to a dominant retailer[J]. Marketing Science , 2007 ,26(2) :164 - 178.

[5] 张菊亮,陈剑. 销售商的努力影响需求变化的供应链的合约[J]. 中国管理科学 ,2004 ,12(4) :50 - 56.

[6] 黄祖庆,达庆利. 基于一类两级供应链的激励机制策略研究[J]. 管理工程学报 ,2005 ,19(3) :28 - 31.

[7] Chiang , W. K. D. Chhajed and Hess J. D. Direct marketing , indirect profits: A strategic ananalysis of dual-channel supply-chain design[J]. Management Science , 2003 ,49(1) :1 - 20.

[8] Liu Y. , Zhang J. The benefits of personalized pricing in

- a channel [J]. *Marketing Science*, 2006, 25 (1) : 97 - 105.
- [9] Yao D Q. ,Liu J J. Competitive pricing of mixed retail and e-tail distribution channels [J]. *Omega*, 2005, 33 : 235 - 247.
- [10] Arya A. , Mittendorf B. , Sappington D E M. The bright side of supplier encroachment [J]. *Marketing Science*, 2007, 26(5) : 651 - 659.
- [11] Arya A. ,Mittendorf B. ,Yoon D H. Friction in related-party trade when a rival is also a customer[J]. *Management Science Articles in Advance*, 2008 : 1 - 11.
- [12] 林志炳,许保光,蔡晨. 基于消费者偏好的混合渠道模型分析[J]. *中国管理科学*, 2005, 13 (专辑) : 431 - 434.
- [13] 夏海洋,黄培清. 混合分销渠道结构下短生命周期产品供应链策略分析[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(2) : 70 - 75.
- [14] Tsay A A. , Agrawal N. . Channel conflict and coordination in the e-commerce age[J]. *Production and Operations Management*, 2004, 13(1) : 93 - 110.
- [15] 谢庆华,黄培清. Internet 环境下混合市场渠道协调的数量折扣模型 [J]. *系统工程与理论实践*, 2007, 8 : 1 - 11.
- [16] 曲道钢,郭亚军. 分销商需求与其努力相关时混合渠道供应链的协调问题[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(3) : 89 - 94.
- [17] Chu Wujin , Desai P S. Channel coordination mechanisms for customer satisfaction[J]. *Marketing Science*, 1995, 14(4) : 343 - 359.
- [18] Cui T H. , Raju J. , Zhong Z J. Fairness and coordination [J]. *Management Science*, 2007, 53 (8) : 1303 - 1314.
- [19] Raju J. , Zhang Z J. Channel coordination in the presence of a dominant retailer [J]. *Marketing Science*, 2005, 24(2) : 254 - 262.
- [20] 熊中楷,李根道. 网络环境下考虑动态定价的渠道协调问题研究[J]. *管理工程学报*, 2007, 21(3) : 49 - 55.
- [21] McGuire T. , Staelin, R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration [J]. *Marketing Science*, 1983, 12(2) : 161 - 192.
- [22] Spengler J J. Vertical integration and antitrust policy[J]. *Journal of Political Economy*, 1950, 58 : 347 - 352.
- [23] Geoffrion A M. , Krishnan R. E-business and management science: Mutual impacts (Part 1 of 2) [J]. *Management Science*, 2003, 49(10) : 1275 - 1286.
- [24] Taboubi S. , Zaccour G. Coordination mechanisms in marketing channels: A survey of game theory models [M]. *Montr éal, Groupe d'études et de recherche en analyse des d éisions*, 2005 : 24 - 26.
- [25] Ingene C A , Parry. M E. Is channel coordination all it is cracked up to be ? [J]. *Journal of Retailing*, 2000, 76 (4) : 511 - 547.

### Contract Design for A Dual-Channel Supply Chain Coordination with Incentive Compensation

CHEN Shuzhen , XIONG Zhong-kai, LIANG Xi

(College of Economy and Business Administration , Chongqing University , Chongqing 400030 , China)

**Abstract :** Based on the coexistence of traditional retail channel and direct Internet channel within the supply chain in E-commerce , this paper develops a model under promotion-price sensitive demand , promotion-incentive compensation and so on , analyzes and compares the optimal promotion investment , incentive compensation investment and pricing strategies in the integrated and decentralized manners of dual-channel supply chain and studies the contract design on coordination problem of the above supply chain. It demonstrates that the two-part tariff alone cannot achieve the dual-channel supply chain coordination while the suitable two-part tariff contract combined with a promotion-level subsidy contract can do and a “win-win” situation can be realized and then the manufacturer can provide infinite such combined contracts for coordination of dual-channel supply chain.

**Key words :** supply chain coordination ; dual-channel ; incentive compensation ; contract design.