

# 质量与价格竞争供应链的均衡与协调策略研究<sup>①</sup>

鲁其辉<sup>1,2</sup>, 朱道立<sup>2</sup>

(1 浙江大学管理学院管理科学与工程系, 杭州 310058 2 复旦大学管理学院, 上海 200433)

**摘要:** 研究了一个两条竞争的二层供应链模型, 每个制造商通过各自的分销商向顾客提供产品, 供应链在产品质量和价格两个方面进行竞争. 文中首先分析了三种情景中供应链竞争的均衡解: 无协调情景、混合情景 (仅有一条供应链采用协调策略) 和协调情景. 通过分析发现协调策略对于每条供应链都是一个占优策略, 并且质量成本优势越大供应链在采用协调策略后的收益越大. 但当两条供应链同时采用协调策略后, 所有供应链的利润有可能均小于无协调情景中的利润, 即可能出现囚徒困境现象. 供应链协调加剧了市场竞争, 使产品平均质量提高和市场中顾客总量增加. 供应链协调总是使顾客受益.

**关键词:** 供应链管理; 协调; 一体化; 质量竞争; 价格竞争

**中图分类号:** O221 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2009)03-0056-09

## 0 引言

现代商业的迅速发展, 使商品的种类和功能越来越多样化, 消费者需求转变的频率也不断加快. 企业管理者在不断改进企业内部的运作效率的同时, 努力从提高产品质量角度来增强商品的吸引力, 以寻求更大的竞争优势. 企业只有提供比其他竞争者更高的质量水平和合适的价格水平给顾客, 才能保留和吸引顾客, 从而在竞争中处于不败之地. 因而, 质量管理理论和定价理论已经成为管理理论研究和企业界关注的焦点.

在激烈的市场竞争环境中, 企业管理者已经认识到, 要想取得竞争优势仅仅依靠单打独斗已经远远不能满足和适应新的市场环境. 二十世纪 90 年代以来, 一些运作管理专家提出了供应链管理的基本思想. 供应链管理是指从最终用户到提供产品、服务和信息以及增加客户和其他利害关系者价值的原始供应商关键经营过程的集成<sup>[1]</sup>. 供应链管理成为企业提高运作效率、降低成本和

提高竞争力的有力武器. 供应链管理中最最重要的一个思想就是协调管理的思想, 就是通过形成一种供应链决策机制来改善或最大化供应链绩效<sup>[2]</sup>. 企业界 (制造业和服务业) 和学术界逐渐认识到供应链协调管理的重要性, 并大力将供应链协调理论和方法运用于管理实践, 为企业带来了巨大的效益和竞争优势.

本文将分析供应链竞争环境下质量与定价均衡, 研究供应链协调对市场的影响和对供应链竞争力的影响, 研究供应链竞争环境中产业平均质量和平均价格与产品的成本结构的关系. 本文的研究将有助于理解供应链协调对整个产业的影响, 以及提高企业竞争力的关键因素.

在两层及多层供应链中, 供应链上下游之间的竞争被称为纵向竞争. 如在供应链某一层中有多个企业相互竞争并且其决策相互影响, 这被称为横向竞争. 横向竞争可以是零售商之间的竞争<sup>[3]</sup>, 也可以是多个供应商之间的竞争和制造商之间的竞争<sup>[4]</sup>, 等等. 竞争的形式和促使竞争的因素有

① 收稿日期: 2007-01-17; 修订日期: 2008-10-16

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (70432001); 中国博士后科学基金资助项目 (20070410166); 上海市重点学科建设资助项目 (B210)

作者简介: 鲁其辉 (1977-), 男, 湖南益阳人, 博士, 讲师. E-mail: qihuili@zju.edu.cn

多种,如产品的数量、价格和可替代性等。

近年来,许多研究者开始研究关于服务水平、产品质量等竞争因素的供应链竞争均衡和协调策略。文献[5]分析了一类供应链模型,供应链系统中包含两个竞争的零售商和一个公共的制造商,模型推广了以往模型中只考虑价格竞争的传统模型,考虑了最终消费者是关于零售价格和零售商库存的服务水平敏感的。文中分析指出竞争的相对激烈程度和零售商之间协作的力度是供应链利益分配的关键因素,供应链达到协调只在一些非常特殊的条件下通过批发价格机制达到。文献[6]考虑一个供应链竞争模型,两条竞争的供应链给出同样的零售价格但在库存满足率方面进行竞争,文中考虑了三种情形:全不协调情形、协调情形和混合情形。研究发现尽管协调是供应链的占优策略,但是所有供应链均协调的情形下的收益要比均不协调的情形下的收益都低,出现了一种囚徒困境现象。文献[7]考虑了零售商之间竞争的供应链模型,每个产品的市场需求量是与市场中所有产品的价格和质量相关的,研究了在三类不同的竞争环境中的质量均衡水平,分析了质量水平与相应的竞争类型下的竞争激烈程度之间的关系。

在动态竞争环境中分析供应链管理问题也是一个日益受到关注的研究方向。文献[8]考虑了在有容量限制的服务业中服务竞争的动态模型,销售企业必须同时考虑下一阶段的容量水平和提供给顾客的产品质量水平,文中分析了一般的单阶段模型和多阶段有界模型,分析指出在产品质量水平将随着市场中竞争的激烈程度增加而提高。文献[9]考虑了在多个企业间存在市场份额竞争的情况下,顾客通过以往的购买经验选择产品,研究指出企业总是提供高质量产品的均衡不一定存在,从而指出必须在产业中发挥专业协会的监督作用以促使企业总是提供与产品价格相匹配的高质量产品。

近年,与传统的质量管理研究中基于企业内部运作的角度不同,一些学者从供应链管理的角度来研究产品的质量改进问题。文献[10]在协调和一体化概念基础上给出了战略联盟内部的质量管理的定义。文献[11]研究了供应链中不同成员在质量改进中扮演的角色,分析指出合作态度在

提高产品质量中的重要作用。文献[12]采用委托代理理论的方法探讨了双边道德风险条件下的质量控制策略。

## 1 供应链竞争模型

本文考虑一个含有两条供应链的竞争模型(见图1),每个供应链包含一个制造商和一个分销商,它们面对同一市场,市场中顾客选择何种产品将综合考虑所有分销商给出的价格  $p_i (i = 1, 2)$  和所有产品的质量  $t_i (i = 1, 2)$ 。这里所指的产品质量为包括与消费者感知产品的相关因素,例如,产品的品牌、产品的品质以及售后服务等等,这些因素仅包含有制造商的运作效率和市场策略等对产品质量的影响因素,本文不考虑分销商的销售能力和努力程度对产品质量的影响。于是假设产品是两个性质的组合体:价格和质量,并且假定产品的质量  $t_i (i = 1, 2)$  影响产品  $i$  的需求是正向的,即,当值  $t_i$  越大时,关于产品  $i$  的需求越大。

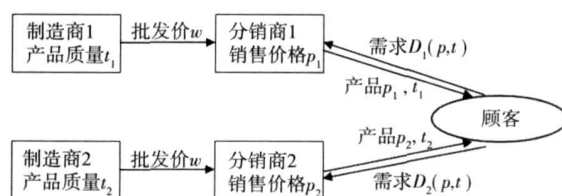


图 1 供应链竞争模型

Fig. 1 Supply chain competition model

令  $D_i(p, t)$  表示产品  $i$  在价格向量  $p$  和质量向量  $t$  下的需求。本文仅考虑需求  $D_i$  关于价格和质量是线性的情况

$$D_i(p, t) = a_i - bp_i + cp_j + \alpha t_i - \beta t_j \quad (1)$$

$$i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

其中:  $a_i (i = 1, 2)$ ,  $b > 0$ ,  $c, \alpha, \beta \geq 0$  为常数,且  $a_1 + a_2 = a$  为常数。参数  $a_i$  表示产品  $i$  的“顾客需求基数”,反映产品对顾客的内在吸引力,  $a$  表示整个市场的顾客内在需求,它反映了该类产品的整体市场发展水平;参数  $b$  表示顾客需求对产品价格反应的参数;参数  $c$  表示顾客需求对竞争产品价格的反应。这里采用文献[7]中的设定,产品的顾客需求的反应关于自身价格的变化比竞争对手产品价格变化的反应要大,即  $b > c$ 。参数  $\alpha, \beta$  表示顾客需求对产品质量的反应,同样假定有  $\alpha > \beta$ 。文献[5]考虑了类似的需求模型,不同的是该文

分析一个制造商面对两个竞争分销商的供应链模型.

制造商  $i$  为了使质量达到  $t_i$  而付出的支出为  $v_i t_i^2 / 2$  其中二次项表示当  $t_i$  越大提高产品质量的支出越多, 制造商之间的不同的质量成本  $v_i$  反映了制造商的运作效率的差异性. 假定两个不同的制造商向各自的分销商供货, 且都有充足的生产能力, 单位产品的生产成本为  $c_i + vt_i (i = 1, 2)$ , 它与产品质量呈正的线性关系.

设制造商向分销商供货的收入是单位产品的批发价格  $w$ . 注意到这里假设两个制造商向各自的分销商收取的批发价是相同的, 这样的假设可以反映制造商的差异性主要体现在生产成本  $c_i$  与质量成本  $v_i$  上. 这里假定制造商与分销商的固定运作成本为零.

### 2 供应链竞争均衡解

这一节首先分析当两条供应链均不协调情景中(即成员的决策是独立的)供应链的竞争均衡解, 然后分析混合情景中(其中有一条供应链采用协调策略)的竞争均衡解, 最后研究两条供应链同时采用协调策略后供应链的竞争均衡解.

供应链之间的竞争按照下列顺序进行: (i) 制造商或供应链同时确定产品的质量; (ii) 供应链的所有成员都了解所有的产品的质量, 以及顾客需求的参数; (iii) 分销商或供应链同时选择销售价格; (iv) 在确定的价格和质量的的基础上, 顾客选择产品, 市场需求得以实现.

#### 2.1 无协调情景中供应链均衡分析

在给定的产品质量  $t$  的条件下, 两个分销商的利润函数为

$$\begin{aligned} \Pi_{Ri}(p, t) &= (p_i - w) D_i(p, t) \\ &= (p_i - w) (a_i - bp_i + q_j + \alpha t_i - \beta t_j), \\ i, j &= 1, 2 \quad i \neq j \end{aligned}$$

均衡价格的一阶条件为

$$\frac{\partial \Pi_{Ri}(p, t)}{\partial p_i} = a_i - 2bp_i + q_j + \alpha t_i - \beta t_j + bw = 0 \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

因为  $\frac{\partial^2 \Pi_{Ri}(p, t)}{\partial p_i^2} = -2b < 0$  分销商的利润

函数关于价格是严格凹函数, 同时求解以上等式

可以得到均衡价格函数

$$p_i^*(t) = \frac{1}{Z} (R_i + S t_i - V t_j), \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

其中,  $Z = 4b^2 - c^2$ ,  $R_i = 2ba_i + ca_j + (2b^2 + bc)w$ ,  $S = 2b\alpha - c\beta$ ,  $V = 2b\beta - c\alpha$ .

将均衡价格  $p_i^*(t)$  代入分销商利润函数中得到价格均衡中分销商的利润

$$\begin{aligned} \Pi_{Ri}^*(t) &= (p_i^*(t) - w) (a_i - bp_i^*(t) + q_j^*(t) + \alpha t_i - \beta t_j) \\ &= b(p_i^*(t) - w)^2 \\ &= \frac{b}{Z^2} (R_i - wZ + S t_i - V t_j)^2, \\ i, j &= 1, 2 \quad i \neq j \end{aligned}$$

价格均衡状态中, 产品  $i$  的市场需求量为

$$\begin{aligned} D_i^*(t) &= a_i - bp_i^*(t) + q_j^*(t) + \alpha t_i - \beta t_j \\ &= bp_i^*(t) - bw \\ &= \frac{b}{Z} (R_i - wZ + S t_i - V t_j), \\ i, j &= 1, 2 \quad i \neq j \end{aligned}$$

为了满足  $D_i^*(t)$  在  $t_i = t_j = 0$  的情况下是正数, 必须使  $R_i - wZ > 0 \quad i = 1, 2$  那么假设下列条件满足

$$w < \frac{\alpha a}{(b - c)(2b + c)} \quad (2)$$

进一步, 若  $V < 0$  当产品  $i$  的质量  $t_i$  保持不变, 而当产品  $j$  的质量  $t_j$  增加时, 产品  $i$  的需求随之增加, 这与需求定义相矛盾, 因而必须有  $V \geq 0$  即  $\frac{\alpha}{\beta} \leq$

$\frac{2b}{c}$ . 同样, 若  $S < 0$ , 当两个产品同时减少相同数量的质量时, 分销商的市场需求增加, 这也与需求定义中假设  $\alpha > \beta$  相矛盾, 因而必须有  $S \geq 0$ , 即,

$$\begin{aligned} \frac{\alpha}{\beta} &\geq \frac{b + c}{2b + c} \text{ 这样设下列条件满足} \\ \frac{b + c}{2b + c} &\leq \frac{\alpha}{\beta} \leq \frac{2b}{c} \quad (3) \end{aligned}$$

由价格  $p_1^*(t)$ ,  $p_2^*(t)$  和市场需求  $D_i^*(t)$  可以求得每个制造商的利润函数

$$\begin{aligned} \Pi_{Mi}(t) &= (w - c_i - v_i t_i) D_i^*(t) - v_i t_i^2 / 2 \\ &= \frac{b(w - c_i - v_i t_i)}{Z} (R_i - wZ + S t_i - V t_j) - v_i t_i^2 / 2 \end{aligned}$$

最优质量的一阶条件为

$$\frac{\partial \Pi_{Mi}}{\partial t_i} = \frac{b}{Z} [\phi_i - \rho t_i + \theta_i t_j] = 0$$

$$i, j = 1, 2 \quad i \neq j \quad (4)$$

其中

$$\phi_i = (w - c_i)S + v_i(wZ - R_i)$$

$$\rho = 2v_iS + \gamma_i Z / b$$

$$\theta_i = v_i V$$

因为  $\frac{\partial^2 \Pi_{Mi}}{\partial t_i^2} = -b\rho/Z < 0$  那么求解上述两个方程组可得出制造商的质量均衡解

$$t_i^* = \frac{\phi_i \rho + \phi_j \theta_j}{\rho \rho - \theta_i \theta_j}, \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j \quad (5)$$

将质量均衡解代入以上各函数, 可以得到价格均衡解  $p_i^*$ , 市场需求  $D_i^*$ , 均衡状态下供应链成员的期望利润  $\Pi_{M_i}^*$ ,  $\Pi_{R_i}^*$ , 和供应链的总利润  $\Pi_{SCi}^* = \Pi_{M_i}^* + \Pi_{R_i}^*$ .

### 2.2 协调情景中供应链竞争均衡分析

供应链的各个成员在利益、风险等方面存在不同程度的冲突, 这就需要对供应链上下游进行必要的协调管理, 以使供应链成员的目标与供应链总体目标相一致. 供应链协调 (Supply Chain Coordination) 是指通过形成某种联合决策机制或激励机制后提高或最大化供应链的整体利润或者降低风险的状态 [2, 8, 9, 12, 13, 14]. 文献 [13] 总结了近年来学界和企业界提出的一些供应链协调机制. 在本文分析的供应链中, 制造商与分销商通过联合决策价格和质量而达到供应链整体利润的最大化. 在本文中不考虑协调状态中供应链成员的利益分配问题.

当供应链达到协调时, 供应链的总利润为

$$\hat{\Pi}_{SCi}(p, t) = (p_i - c_i - v_i t_i)(a_i - bp_i + q_j + \alpha t_i - \beta t_j) - \gamma_i t_i^2 / 2$$

$$i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

均衡价格的一阶条件为

$$\frac{\partial \Pi_{SCi}}{\partial p_i} = a_i - 2bp_i + q_j + (\alpha + bv_i)t_i - \beta t_j + bc_i = 0 \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

显然, 供应链的利润函数关于价格也是严格凹的, 同时求解以上等式可以得到均衡价格

$$p_i^*(t) = \frac{1}{Z}(\hat{R}_i + \hat{S}_i t_i - \hat{V}_i t_j), \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

其中  $\hat{R}_i = 2ba_i + ca_i + (2b^2 + bc)c_i$ ,

$$\hat{S}_i = 2b(\alpha + bv_i) - c\beta, \quad \hat{V}_i = 2b\beta - c(\alpha + bv_i).$$

价格均衡状态中, 产品  $i$  的市场需求量为

$$D_i^*(t) = a_i - bp_i^*(t) + q_j^*(t) + \alpha t_i - \beta t_j$$

$$= b(p_i^*(t) - c_i - v_i t_i)$$

$$= \frac{b}{Z}(\hat{R}_i - c_i Z + (\hat{S}_i - v_i Z)t_i - \hat{V}_i t_j)$$

$$i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

同样, 为了满足  $D_i^*(t)$  在  $t_i = t_j = 0$  的情况下是正数, 必须使  $\hat{R}_i - c_i Z > 0 \quad i = 1, 2$  那么假设下列条件满足

$$c_i < \frac{ca + (2b - c)a_i}{(b - c)(2b + c)}, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

进一步, 按上一小节的分析方法可知必须有  $\hat{V}_i > 0$  和  $\hat{S}_i - v_i Z \geq \hat{V}_i$  这样设下列条件满足:

$$v_i < \frac{2\beta}{c} - \frac{\alpha}{b}, \quad v_i < \frac{\alpha - \beta}{b - c} \quad (7)$$

将均衡价格  $p_i^*(t)$  代入供应链利润函数中得到价格均衡中供应链的利润

$$\Pi_{SCi}^*(t) = (p_i^*(t) - c_i - v_i t_i)(a_i - bp_i^*(t) + q_j^*(t) + \alpha t_i - \beta t_j) - \gamma_i t_i^2 / 2$$

$$= b(p_i^*(t) - c_i - v_i t_i)^2 - \gamma_i t_i^2 / 2$$

$$= \frac{b}{Z^2}(\hat{R}_i + (\hat{S}_i - v_i Z)t_i - \hat{V}_i t_j - c_i Z)^2 - \gamma_i t_i^2 / 2, \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j$$

最优质量的一阶条件为

$$\frac{\partial \Pi_{SCi}}{\partial t_i} = \frac{2b(\hat{S}_i - v_i Z)}{Z^2} [\hat{\phi}_i - \hat{\rho} t_i + \hat{\theta}_i t_j] = 0$$

$$i, j = 1, 2 \quad i \neq j \quad (8)$$

其中

$$\hat{\phi}_i = \hat{R}_i - c_i Z$$

$$\hat{\rho} = \frac{\gamma_i Z^2}{2b(\hat{S}_i - v_i Z)} - (\hat{S}_i - v_i Z)$$

$$\hat{\theta}_i = \hat{V}_i$$

条件 1

$$\gamma_i > 2b(v_i - \hat{S}_i / Z)^2, \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

若条件 1 满足, 那么求解上述两个方程组可得出供应链的质量均衡解

$$t_i^* = \frac{\hat{\phi}_i \hat{\rho}_j - \hat{\phi}_j \hat{\theta}_i}{\rho \rho - \hat{\theta}_i \hat{\theta}_j}, \quad i, j = 1, 2 \quad i \neq j \quad (10)$$

将质量均衡解代入以上各函数, 可得价格均衡解  $\hat{p}_i^*$ , 均衡状态下供应链的总利润  $\hat{\Pi}_{SC}^*$ .

### 2.3 混合情景中供应链竞争均衡分析

不失一般性, 假定制造商 1 与分销商 1 达成了供应链协调合同, 而制造商 2 与分销商 2 仍然独立决策. 那么在价格竞争中的目标函数分别为

$$\bar{\Pi}_{SC1}(p, t) = (p_1 - c_1 - v_1 t_1)(a_1 - bp_1 + q_2 + \alpha t_1 - \beta t_2) - \gamma_1 t_1^2 / 2$$

$$\bar{\Pi}_{R2}(p, t) = (p_2 - w)(a_2 - bp_2 + q_1 + \alpha t_2 - \beta t_1)$$

最优价格的一阶条件为

$$\frac{\partial \bar{\Pi}_{SC1}(p, t)}{\partial p_1} = a_1 - 2bp_1 + q_2 + (\alpha + bv_1)t_1 - \beta t_2 + bc_1 = 0$$

$$\frac{\partial \bar{\Pi}_{R2}(p, t)}{\partial p_2} = a_2 - 2bp_2 + q_1 + \alpha t_2 - \beta t_1 + bw = 0$$

显然, 供应链 1 与分销商 2 的利润函数关于各自价格决策变量是严格凹的, 同时求解以上等式可以得到均衡价格

$$\bar{p}_1^*(t) = \frac{1}{Z} [ 2ba_1 + \alpha a_2 + 2b^2c_1 + bav + (2b(\alpha + bv_1) - c\beta)t_1 - (2b\beta - c\alpha)t_2 ]$$

$$\bar{p}_2^*(t) = \frac{1}{Z} [ 2ba_2 + \alpha a_1 + 2b^2w + bcc_1 + (2b\alpha - c\beta)t_2 - (2b\beta - c(\alpha + bv_1))t_1 ]$$

价格均衡状态的利润函数分别为

$$\bar{\Pi}_{SC1}(t) = b(\bar{p}_1^*(t) - c_1 - v_1 t_1)^2 - \gamma_1 t_1^2 / 2$$

$$\bar{\Pi}_{R2}(t) = b(w - c_2 - v_2 t_2)(\bar{p}_2^*(t) - w) - \gamma_2 t_2^2 / 2$$

那么质量均衡的一阶条件为

$$\frac{\partial \bar{\Pi}_{SC1}(t)}{\partial t_1} = \frac{2b}{Z} (2b(\alpha + bv_1) - c\beta - v_1 Z)(\bar{p}_1^*(t) - c_1 - v_1 t_1) - \gamma_1 t_1 = 0$$

$$\frac{\partial \bar{\Pi}_{R2}(t)}{\partial t_2} = \frac{b}{Z} [(2b\alpha - c\beta)(w - c_2 - v_2 t_2) - v_2 Z(\bar{p}_2^*(t) - w)] - \gamma_2 t_2 = 0$$

由条件 1 和  $\rho_2 > 0$  易推出供应链 1 和制造商 2 利润函数关于各自质量变量是严格凹的, 那么同时求解上述两个方程组可得出质量均衡解  $\bar{t}_i^*$ ,  $i = 1, 2$  将质量均衡解代入以上各函数, 可得价格均衡解  $\hat{p}_i^*$ , 均衡状态下的期望利润  $\bar{\Pi}_{M2}^*$ ,  $\bar{\Pi}_{R2}^*$  和供应链的总利

润  $\bar{\Pi}_{SC}^*$ .

### 3 供应链协调分析

上一节中, 已经分析了价格与质量竞争环境中供应链的均衡解, 其中分别考虑了三种情景: 无协调情景、协调情景和混合情景. 由于均衡解的表达式非常复杂或者没有解析表达式, 这一节与下一节将通过分析一些算例来分析供应链协调对供应链成员、顾客和整个产业的影响, 展现供应链协调在竞争环境中的价值, 研究产品的成本关系对供应链协调的价值的价值的影响.

例 1 令市场需求参数为  $a_1 = a_2 = 200$ ,  $b = 15$ ,  $c = 12$ ,  $\alpha = 3$ ,  $\beta = 2$ . 在这里, 首先考虑供应链关于产品的成本结构是相同的, 令参数分别为  $c_1 = 10$ ,  $c_2 = 10$ ,  $v_1 = v_2 = 0.06$ ,  $\gamma_1 = \gamma_2 = 0.3$ . 批发价等于  $w = 20$ . 那么由上一节的结论可得到无协调情景中供应链的相应均衡解:  $\bar{t}_1^* = \bar{t}_2^* = 14.2$ ,  $\bar{p}_1^* = \bar{p}_2^* = 28.6$ ,  $\bar{\Pi}_{R1}^* = \bar{\Pi}_{R2}^* = 1101.1$ ,  $\bar{\Pi}_{M1}^* = \bar{\Pi}_{M2}^* = 1145.2$ ,  $\bar{\Pi}_{SC1}^* = \bar{\Pi}_{SC2}^* = 2246.3$ .

不失一般性, 假定供应链 1 形成了供应链协调, 而制造商 2 与分销商 2 仍保持独立决策不变, 那么相应的均衡解分别为:  $\bar{t}_1^* = 116.3$ ,  $\bar{t}_2^* = 22.0$ ,  $\bar{p}_1^* = 35.4$ ,  $\bar{p}_2^* = 25.3$ ,  $\bar{\Pi}_{SC1}^* = 3080.0$ ,  $\bar{\Pi}_{SC2}^* = 1035.3$ .

比较上面的均衡解可以看出, 当供应链 1 采用协调策略后, 供应链 1 提供的产品质量显著提高, 产品价格也相应提高, 而供应商 2 为了保存一定的市场竞争能力, 不得不提高产品的质量, 分销商 2 也只能通过降价来吸引顾客, 那么也就是说, 采用协调策略后的供应链 1 在市场竞争中的竞争力大大提高, 而供应链 2 的竞争力被大大削弱. 因此, 在市场中各供应链均未采用协调策略的状态中, 每条供应链都有采用协调策略的趋势, 协调策略是供应链的一个占优策略.

根据一般规律, 产品的生产成本对产品的市场竞争力起着关键性作用, 这里将分析产品的成本结构对供应链协调的价值的价值的影响情况. 在本文的模型中主要考虑了两个关键成本参数: 单位产品的可变成本参数  $v_i$  和固定质量成本  $\gamma_i$ . 质量成本  $v_i$  之间的大小关系和  $\gamma_i$  之间的大小关系也反映了供应链之间关于产品质量提高的效率优势

关系.

例 2 保持例 1 中其他参数不变, 但使参数  $v_1$  在  $[0.02, 0.10]$  中变化, 同样考虑无协调情景和混合情景的均衡解. 图 2 中分别给出了供应链总

利润和产品质量与参数  $v_1$  的关系.

进一步, 同样保持例 1 中其他参数不变, 但参数  $(v_1, \gamma_1)$  由表 1 中所示. 表 1 给出了供应链的均衡解和相应的收益情况.

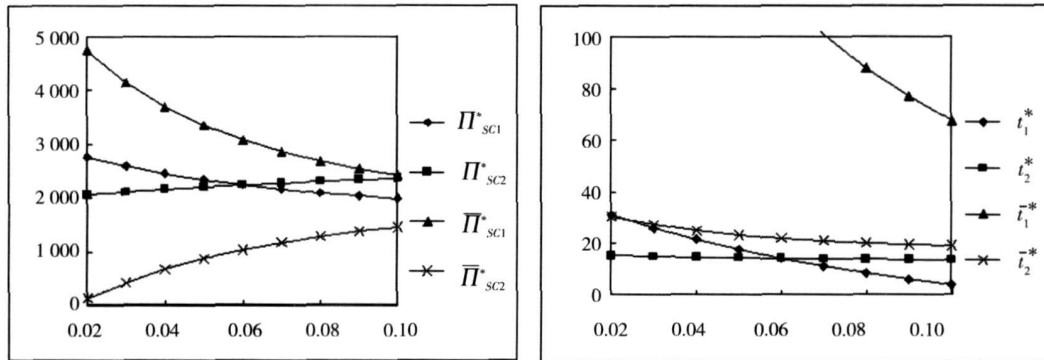


图 2 供应链总利润和产品质量均衡解与参数  $v_1$  的关系

Fig 2 Relations of supply chains' profits and products' qualities in equilibrium with parameter  $v_1$

表 1 供应链的最优解, 收益和支出与  $\tau_1$  的变化关系

Table 1 Changes of optimal profits and quality costs  $\tau_1$

质量成本 ( $v_1, \gamma_1$ )	供应链 1					供应链 2				
	制造商 1	分销商 1	链 1	链 1	链 1	制造商 2	分销商 2	链 2	链 2	链 2
无协调情景	$\bar{l}_1^*$	$\Pi_{M1}^*$	$p_1^*$	$\Pi_{R1}^*$	$\Pi_{SC1}^*$	$\bar{l}_2^*$	$\Pi_{M2}^*$	$p_2^*$	$\Pi_{R2}^*$	$\Pi_{SC2}^*$
(0.05, 0.2)	23.0	1 183.9	29.3	1 302.2	2 468.1	14.8	1 107.0	28.3	1 042.6	2 149.6
(0.07, 0.3)	11.2	1 130.0	28.3	1 035.1	2 165.1	14.0	1 158.5	28.6	1 121.9	2 280.4
(0.09, 0.4)	5.0	1 109.6	27.8	908.2	2 017.9	13.6	1 185.4	28.8	1 164.3	2 349.7
混合情景	$\bar{l}_1^*$	—	$\bar{p}_1^*$	—	$\bar{\Pi}_{SC1}^*$	$\bar{l}_2^*$	$\bar{\Pi}_{M2}^*$	$\bar{p}_2^*$	$\bar{\Pi}_{R2}^*$	$\bar{\Pi}_{SC2}^*$
(0.05, 0.2)	335.1	—	60.1	—	5 414.9	31.1	81.9	21.5	32.2	114.1
(0.07, 0.3)	100.9	—	34.2	—	2 863.2	21.0	68.3	25.7	489.1	1 171.4
(0.09, 0.4)	53.1	—	28.7	—	2 342.7	19.1	79.5	26.5	636.9	1 429.4

由图 2 和表 1 中无协调情景中的均衡解可以看出, 在无协调情景中, 由于供应链的其他成本都是相同的, 当产品 1 相对于产品 2 具有更大的成本优势时 (即  $v_1$  或  $\gamma_1$  越小), 供应链 1 的利润要大于供应链 2 的利润, 产品 1 的质量高于产品 2 的质量; 反之越小. 因此, 与传统观点相一致, 提高产品质量方面拥有的效率优势越大的供应链, 拥有的竞争优势越大.

若市场中有一条供应链采用了协调策略, 那么它将大幅度提高产品的质量, 这也促使竞争供应链提高其产品质量. 相应的, 协调供应链获得比不协调情况中多的利润, 而不协调供应链利润下降. 又由图 2 和表 1 可以看出, 若协调供应链的质

量成本优势越大 (这里指  $v_1$  或  $\gamma_1$  越小), 那么协调策略使其获益的幅度越高, 并相应的使竞争供应链的损失越大. 也就是说, 质量成本优势越明显, 供应链采用协调策略的收益越大.

进一步, 由图 2 中可以看出, 当协调供应链的质量成本大于无协调策略的供应链时, 协调策略仍然能使供应链在提高产品质量的同时获得较高利润, 也就是说, 协调策略能弥补供应链在质量成本方面的劣势.

由上面的分析可以看出, 供应链协调是供应链的一个占优策略, 这种先发优势将促使每条供应链都有采用协调策略的趋势. 但是当两条供应链同时采用协调策略时, 两条供应链有可能都将

受损(与无协调情景中的收益相比),也就是说,出现一种“囚徒困境”现象,譬如表 2 分析了例 1 中的供应链系统.

表 2 例 1 中供应链协调的“囚徒困境”现象  
Table 2 The “prisoner’s dilemma” for supply chains in example 1

		supply chain 2	
		uncoordinated	coordinated
supply chain 1	uncoordinated	2 246 3 2 246 3	3 080 0 1 035 3
	coordinated	1 035 3 3 080 0	1 587 1 1 587 1

从表 2 中可以看到,当某一条供应链首先采用协调策略后,其供应链利润比无协调情况中的利润要大大提高,也使竞争供应链的利润大幅降低;由于观察到利润的大幅降低,竞争供应链必将也采用协调策略,这时也使一条供应链利润增加,另一条供应链利润减少.因此,对于一些供应链系统来说,供应链协调将使系统出现“囚徒困境”现象.

由表 2 所示,在协调情景中所有供应链的利润都要小于无协调情景中的利润,但是通过观察一些算例,这里发现对于有些供应链系统,协调情景中某条供应链的利润要大于无协调情景中的利润.例如,保持例 1 中其他参数不变,但供应链 1 的质量成本参数变化为  $v_1 = 0.04$ ,  $\gamma_1 = 0.25$ ,表 3 给出了不同策略下的供应链利润变化情况.那么这时对于供应链 1 来说,采用协调策略是它的严格占优策略,因此同时采用协调策略是这个供应链系统的均衡解.

表 3 供应链协调是供应链的竞争均衡.

Table 3 Supply chain coordination is the equilibrium of supply chain competition

		supply chain 2	
		uncoordinated	coordinated
supply chain 1	uncoordinated	2 010 9 1 767 3	4 166 7 370 2
	coordinated	1 118 6 2 677 9	2 380 4 750 6

下面研究竞争产品的成本关系和协调策略对整个市场中的平均质量水平和平均产品价格的影响.类似于文献 [7] 中对产业平均质量的定义,这里定义无协调情景中和协调情景中的平均质量水平分别为

$$\bar{t}_{uc} = \frac{t_1 D_1^* + t_2 D_2^*}{D_1^* + D_2^*}, \quad \bar{t}_c = \frac{\hat{t}_1 \hat{D}_1 + \hat{t}_2 \hat{D}_2}{\hat{D}_1 + \hat{D}_2}$$

并定义无协调情景中和协调情景中的平均产品价格分别为

$$\bar{p}_{uc} = \frac{p_1^* D_1^* + p_2^* D_2^*}{D_1^* + D_2^*}, \quad \bar{p}_c = \frac{\hat{p}_1 \hat{D}_1 + \hat{p}_2 \hat{D}_2}{\hat{D}_1 + \hat{D}_2}$$

例 3 保持例 1 中其他参数不变,使参数  $v_1$  在 0.4 到 0.8 中取值,且参数  $v_2$  满足  $v_2 = 1.5v_1$ .表 4 中给出了市场中平均质量和平均价格的变化情况,其中  $\bar{D}_{uc} = D_1^* + D_2^*$ ,  $\bar{D}_c = \hat{D}_1 + \hat{D}_2$ .

由表 4 可以看出,当市场中所有制造商的生产效率提高时(表现为  $v_1, v_2$  变小),市场所提供的平均产品质量大幅度提高,而在协调情景中,市场中的产品质量要比无协调情景中的产品质量有很大的提高,而平均产品价格却有可能降低.在协调情景中平均价格大于无协调情景中的平均价格的情况下,平均质量的提高幅度大大高于产品价格提高的幅度.因此,协调策略加剧了产业的竞争,提高了市场中产品的质量水平,并相对的使价格大为降低,但是这都使顾客受益.同时,供应链协调使市场的需求总量大大提高,特别的,当制造商的生产效率越高,市场中顾客总量增加的幅度越大.

表 4 市场平均质量和平均价格与成本( $v_1, v_2$ )的关系

Table 4 The relations of average qualities and average prices with costs ( $v_1, v_2$ )

成本参数 ( $v_1, v_2$ )	无协调情景		协调情景			
	$\bar{t}_{uc}$	$\bar{p}_{uc}$	$\bar{t}_c$	$\bar{p}_c$		
(0.040 0.060)	18.3	28.8	263.5	127.5	33.0	451.8
(0.045 0.068)	16.0	28.7	259.7	102.1	30.3	420.2
(0.050 0.075)	13.9	28.6	256.2	84.2	28.4	397.1
(0.055 0.083)	11.9	28.5	252.8	70.8	26.9	379.3
(0.060 0.090)	10.0	28.4	249.7	60.4	25.8	365.4
(0.065 0.098)	8.3	28.3	246.7	52.1	25.0	354.3
(0.070 0.105)	6.6	28.2	243.9	45.8	24.3	345.8
(0.075 0.113)	5.0	28.1	241.3	41.4	23.8	339.8
(0.080 0.120)	3.5	28.0	238.8	39.4	23.6	337.1

## 4 结束语

现代通讯技术的快速发展与应用,已经使商业竞争的模式发生了根本性的变化,单个企业之间的竞争逐渐演变成了供应链与供应链之间的竞

争. 本文通过分析两层供应链竞争模型中的价格与质量竞争均衡, 研究了供应链竞争环境中供应链协调策略对所有供应链的影响, 并刻画了质量成本结构对供应链均衡和协调策略的价值的影 响, 最后考虑了协调策略对市场中产品的平均质量水平、平均价格及顾客的影响.

近年来, 由于市场竞争的激烈程度不断加剧, 越来越多的企业开始采用供应链一体化或供应链协调策略来提高企业的竞争力. 在本文的分析中, 不仅指出了采用供应链协调的理由, 也分析出协调策略对供应链成员可能是无效率的原因. 文中说明了, 对任一供应链来说, 协调策略是她的一个占优策略, 在这个决策中先发着能够通过提高产品质量和价格来大部分占有供应链系统的收益. 然而, 当其中已经有一条供应链采用了协调策略后, 另一条供应链必然也要采用协调策略. 那么, 从长期来看, 均采用协调策略是供应链系统的均衡状态. 但是, 协调策略并不能保证供应链取得比不协调情景中更多的利润, 在有些情况中, 所有供应链的收益都要比无协调情景中的利润少, 这就是说, 供应链协调有可能使供应链系统出现“囚徒困境”现象; 在有些情况中, 供应链协调使某条供应链获益, 另一条供应链受损.

## 参 考 文 献:

- [1] Simchi-Levi D, Wu D, Shen Z M. Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era. International Series in Operations Research and Management Science[M]. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [2] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts[A]. Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management[M]. Amsterdam: North Holland, 2003.
- [3] Boyaci T. Competitive stocking and coordination in a multiple-channel distribution system[J]. IIE Transactions, 2005, 37: 407—427.
- [4] Bernstein F, Federgruen A. A general equilibrium model for industries with price and service competition[J]. Operations Research, 2004, 52(6): 868—886.
- [5] Tsay A A, Agrawal N. Channel dynamics under price and service competition[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2000, 2(4): 372—391.
- [6] Boyaci T, Gallego G. Supply chain coordination in a market with customer service competition[J]. Production and Operations Management, 2004, 13(1): 3—22.
- [7] Banker R D, Khosla I, Sinha K K. Quality and competition[J]. Management Science, 1998, 44(9): 1179—1192.
- [8] Hall J, Porteus E. Customer service competition in capacitated systems[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2000, 2(2): 144—165.
- [9] Kranton R E. Competition and the incentive to produce high quality[J]. Economica, 2003, 70: 385—404.
- [10] Mellatparast M, Dignan L A. A framework for quality management practices in strategic alliances[J]. Management Decision, 2007, 45(4): 802—818.

通过分析供应链成本结构对供应链均衡解和协调策略价值的影响, 文中指出, 质量提高的相对效率越高, 供应链拥有的竞争优势越大; 质量成本优势越明显, 供应链采用协调策略的收益越大, 并且协调策略能弥补供应链在质量成本方面的劣势. 协调策略使市场的竞争激烈程度提高, 使市场中产品的平均质量水平提高, 并使平均价格降低或使平均价格提高的幅度大大小于平均质量提高的幅度. 协调策略使市场中顾客总量大大增加, 有利于产业的发展. 从市场中产品的平均质量的提高和平均价格的变化关系来看, 供应链协调策略使顾客受益.

当然, 本文建立的供应链模型相对比较简单, 研究者可以建立含有多个制造商和多个分销商的供应链网络模型, 可以相应的得到更一般情况中的供应链竞争均衡解, 并可以同样分析供应链协调对供应链系统的影响和整个市场的影响. 另一个值得关注的研究问题是, 与本文和以往文献所考虑的竞争因素不同, 也可以考虑供应链所提供的东西不仅有产品本身还有产品所伴随的相关服务, 这种产品和服务相融合的供应链竞争问题以及供应链一体化理论是很值得关注的研究问题.



- [ 11] Zhu K, Zhang R Q, Tsung F. Pushing quality improvement along supply chains[ J]. *Management Science*, 2007, 53(3): 421—436
- [ 12] 李丽君, 黄小原, 庄新田. 双边道德风险条件下供应链的质量控制策略[ J]. *管理科学学报*, 2004, 8(1): 42—47.  
Li Lijun, Huang Xiaoyuan, Zhuang Xin-tian. Strategy of quality control in supply chain under double moral hazard condition[ J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 8(1): 42—47 (in Chinese)
- [ 13] Li X, Wang Q. Coordination mechanisms of supply chain systems[ J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 179: 1—16
- [ 14] Dreznar Z. *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*[ M]. London: Springer, 1995.
- [ 15] Pasternack B A. Optimal pricing and returns policies for perishable commodities[ J]. *Marketing Science*, 1985, 4: 166—176

## Research on equilibriums and coordination strategies of supply chains with quality and price competition

LU Qi-hui<sup>1, 2</sup>, ZHU Dao-li<sup>2</sup>

1. School of Management, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2. School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

**Abstract** In this paper, we consider a market with two competing supply chains with common customers, each consisting of one manufacture and one retailer. We assume that supply chain competing on two sides products' qualities and prices. At first we analyze the supply chain competition results in three scenarios: uncoordinated scenario, hybrid scenario (only one supply chain adopts coordination strategy) and coordinated scenario. We show that coordinating supply chain decisions is a dominant strategy for each supply chain. The coordinated supply chain has more benefits when the supply chain has more advantages of quality cost. However, supply chain profits may decrease when both channels coordinate their decisions, i.e., there may occur the classical prisoner's dilemma in the supply chain system. The competitive intensity is greater under supply chain coordination equilibrium. The average quality levels are higher and customer amount increase in the coordination scenario. Customers benefit a lot from the coordination strategy.

**Key words** supply chain management; coordination; integration; quality competition; price competition