第 13卷第 1期
2010年 1月
管 理 科 学 学 报
JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCES IN CHINA
Vol 13 No. 1
Jan 2010

# 供应链中基于货架空间分配的质量改进策略研究①

鲁其辉[1], 朱道立[2]
(1. 浙江大学管理学院, 杭州 310058; 2. 复旦大学管理学院, 上海 200433)

摘要: 考虑一个包含两个竞争的制造商和一个共同的零售商的供应链模型, 制造商提供的产品是紧密可替代的, 最终消费者对每个产品的需求与市场中产品的质量差异和该产品的货架空间相关. 文中分析指出零售商的最优货架空间分配策略是使货架空间的比值等于产品在零售商总收益中的比值. 文中研究供应链中的三种情况. 在无质量改进的情况中, 文中分析产品的货架空间和市场需求与产品的潜在需求、边际收益和货架空间弹性系数的关系. 在单方质量改进的情况中, 分析指出产品的最优质量改进水平和货架空间随着产品的潜在需求优势增大而提高. 在同时质量改进的竞争均衡中, 主要结论指出, 当市场需求对质量差异的反应或者货架空间弹性系数越大, 质量竞争的激烈程度提高, 且制造商将采用更高质量水平; 零售商和有质量改进成本优势的制造商将从质量竞争受益; 质量成本劣势的制造商和整个供应链在质量竞争中受损; 消费者将从质量竞争中获益.

关键词: 市场竞争; 顾客价值; 供应链; 协调; 价格竞争
中图分类号: F253　　文献标识码: A　　文章编号: 1007-9807(2010)01-0031-09

## 0 引 言

市场需求是产品及其制造商生存和发展的关键, 如何在日趋激烈的竞争环境中得到更大的市场需求, 成为企业管理者最为关注的问题之一. 企业为获得更大的市场需求而采用的策略是多种多样的, 如, 价格、质量、服务水平、广告、品牌等等, 其中质量策略是最重要也是最容易打败竞争对手的策略, 譬如说, 在二十世纪的七十至九十年代这一时期, 西方激烈的市场竞争中, 欧洲和美国在很多制造产业中, 如汽车、半导体、电子消费品, 失去了很多市场份额给日本的制造业, 其中最重要的一个原因就是日本企业能提供更优质可靠的产品[1]. 当前, 全球化和网络时代的来临, 使市场竞争的激烈程度不断提高, 在竞争环境中正确的分析产品的市场状态并设定恰当的质量策略是管理者必须考虑的关键问题.

在供应链这种多层分散式的系统结构中, 每个成员都有各自的收益和风险, 且拥有相应的决策手段, 这些决策将影响到所有供应链成员的收益和风险. 货架空间作为零售商的一项稀缺资源, 零售对货架空间的分配是其最重要的一个决策, 这项决策不仅影响到自身的收益, 而且通过影响市场需求状态来影响制造商的收益及其决策[2]. 同样, 制造商的质量策略不仅影响竞争制造商的质量策略, 而且通过影响市场需求状态来影响零售商的货架空间决策. 因而, 市场中每个产品的需求不仅与所有产品的质量相关, 而且与零售商分配给产品的货架空间相关[3]. 在分散型的供应链结构中, 零售商具有激励将更多的货架空间分配给更大收益的产品, 同样制造商也具有改进产品的质量而获得更大的货架空间的激励[4].

① 收稿日期: 2007-05-08; 修订日期: 2009-09-28.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(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. Email: qihuilu@zju.edu.cn

在竞争环境中分析质量改进策略是所关注本文的主要问题. 在两层供应链模型中, 本文将首先从零售商的角度, 分析货架空间的最优决策问题, 然后基于零售商的货架空间决策来分析制造商的质量改进策略, 在无质量改进的情况下, 分析货架空间和市场需求与产品的基本需求和边际收益的关系; 在单方质量改进的情况下, 分析质量改进决策与产品的市场状态和产品对制造商的边际收益的关系; 在同时质量竞争的情况下, 研究竞争均衡的性质, 并分析产业中市场需求的变化情况和供应链成员的收益变化情况.

许多科研工作者在不同的供应链环境从不同的角度分析质量竞争问题, 研究过程中市场需求结构和质量成本结构是研究的基本出发点. 文献 [5]在研究制造商的价格和质量竞争问题时, 首次考虑了产品的单位生产费用与产品质量水平相关的情况, 分析结果指出企业的竞争质量策略是每个企业都将提供区别于竞争对手的质量水平, 分析得到的结果很好地解释了提供高质量产品的企业也得到高的边际收益的现象. 文献 [6]考虑了两阶段的价格和质量竞争问题, 文中考虑了一类广义的与质量水平相关的可变单位生产成本函数, 文中指出生产成本函数的形式对质量竞争均衡、企业收益和市场覆盖度有巨大的影响. 文献 [1]不仅考虑了质量提高策略的固定成本, 还考虑了与质量水平线性相关的单位生产成本, 在三类质量竞争的环境中, 分析均衡质量水平与市场竞争的激烈程度之间的关系. 在本文中, 将考虑产品的市场需求与所有产品的质量和产品的基本需求及货架空间相关, 这种结构与市场竞争的现实状态一致, 文中将考虑的质量成本中仅包含单位质量提高成本, 不考虑可变单位生产成本.

货架空间分配问题是市场营销与运营管理研究工作者关注的热点问题之一, 以往的研究工作大致可以分为三类. 第一类研究集中于使用市场实际数据来估计货架空间的弹性系数 (见文献 [4]和文中的文献回顾). 第二类研究工作集中于建立关于零售商的利润的货架空间分配模型并构建有效的算法进行求解 (见文献 [7]和文中的文献回顾). 第三类文献在两层供应链模型中, 考虑制造商与零售之间关于货架空间和价格的博弈. 文献 [2] 考虑零售商控制了货架空间分配和零售商自有品牌 ( Private Labels) 的零售价格, 而制造商控制了制造商品牌的批发价格, 通过分析 Stackelberg均衡模型, 文中指出货架空间分配均衡解与自有品牌的需求基础密切相关. 文献 [8] 分析了两个关于价格竞争的制造商和一个零售商 (控制产品的销售价格和货架空间 ) 的两层供应链竞争模型, 文中考虑了市场需求与货架空间的弹性系数和交叉弹性系数相关的情况, 指出制造商的批发价格均衡解对货架空间分配有强烈影响. 这种在两层供应链结构中, 考虑零售商的货架空间的决策对制造商的竞争均衡的影响的分析, 为本文在基于货架空间决策的质量竞争均衡的分析提供了有益的参考.

## 1 供应链竞争模型

考虑一个两层供应链模型, 包含两个竞争的制造商与一个共同的零售商, 基本结构如图 1所示. 两个制造商 (记为 $i, j \in \{1, 2\}$; $i \neq j$) 以批发价格 $w_i$, $w_j$ 向零售商提供相似产品, 两个产品属于同一个产品类别且是可替代的. 制造商 $i$控制产品 $i$的质量水平 $q_i$, 假定质量水平是可测的且 $q_i \geqslant 0$ 零售商仅有固定的货架空间用来分配给这两个产品, 记分配给产品 $i$的货架空间 (这里指百分比率 ) 为 $s_i$, 则产品 $j$的货架空间为 $s_j = 1 - s_i$. 由于货架空间的分配费用往往是一个常数且在同类产品中几乎相同, 因此这里不失一般性的假设货架空间的分配费用为零. 产品 $i$的零售价格为 $p_i$, 且是一个由外部市场所决定的常数. 一般的, 假设 $p_i > w_i$, $i = 1, 2$

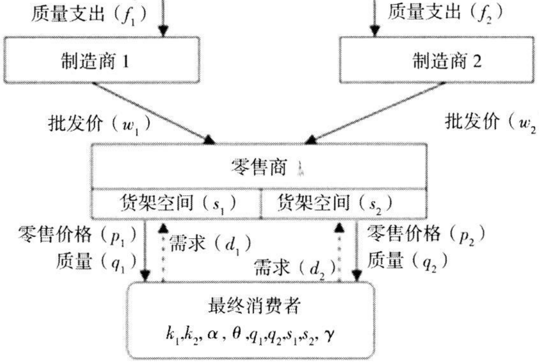


图 1 供应链竞争模型

Fig. 1 Supply chain competition model

扩展文献[1], [2]和[8]中与货架空间相关的需求模型,假定产品的需求与所有产品的质量和产品所获得的货架空间相关, 令市场需求函数为

$$d_i(q_i, q_j, s_i) = (k_i\alpha + \theta(q_i - q_j))s_i^{\gamma},\quad i, j = 1, 2,\ i \neq j \tag{1}$$

其中 $\alpha$, $k_i$, $\theta$是正常数,且 $k_1 + k_2 = 1$.

考虑到当 $q_j = 0$时, 为满足 $d_j > 0$必须使 $k_j\alpha - \theta q_i > 0$成立,即 $q_i < q_{i1}$, 其中 $q_{i1} = \frac{k_j\alpha}{\theta}$, $(i, j = 1, 2, i \neq j)$. 而由于生产条件或者技术的限制,制造商 $i$的质量提高水平有一个极限值, 设为 $q_{i2}$. 那么, 对质量水平作以下假设,

$$q_i \in [0, q_i^0),\quad q_i^0 = \min\{q_{i1}, q_{i2}\},\quad i = 1, 2 \tag{2}$$

市场需求函数关于产品的特征为线性的形式被许多研究者采纳, 例如, 文献[1], [9], [10]和[11]. 这种线性模型有利于分析解的性质. 产品的需求函数中 $k_i\alpha + \theta(q_i - q_j)$表示产品的“基本需求”, 参数 $\theta$表示市场需求对质量差异的反应. 注意到两个产品的基本需求之和为常数 $\alpha$, 这种需求方式反映了产品的紧密可替代性. 在研究中经常采用这种需求模式, 例如, 文献[10]在考虑服务水平竞争时考虑了零售商的服务水平的差异对消费者需求的影响.

参数 $k_i\alpha$是产品 $i$的潜在初始需求参数,表示在两个制造商设定的质量提高水平为 0的情况下产品 $i$的潜在需求. 潜在初始需求 $k_i\alpha$反映了制造商的品牌影响力、产品的基本质量水平和广告促销力度等等对产品需求的影响. 不同的参数值 $k_i$, $k_j$也从一定程度上解释了产品的相对竞争优势. 本文考虑的产品质量水平是指从基本质量水平基础上的增加值,相应的支出是指为获得期望的质量水平而付出的额外费用, 包括因原材料质量提高、生产工艺改进和管理水平提高等需要增加的费用.

参数 $\gamma$是两个产品的货架空间弹性系数, 相同的参数值反映了两个产品的紧密可替代性. 文献[4]通过实证分析指出, 货架空间弹性系数对于不同的产品品类来说差异很大, 但是绝大多数消费者产品的货架空间弹性系数是大于 0小于 1的, 因此假设 $0 < \gamma < 1$. 文献[8]在分析货架空间与产品价格竞争中采用了相同的假设.

设制造商的支出与单位生产成本及产品质量水平的提高相关, 令支出函数为

$$V_i(d_i, q_i) = c_i d_i + \frac{f_i}{2}q_i^2,\quad i = 1, 2 \tag{3}$$

其中 $c_i$为单位生产成本, $f_i > 0$, $i = 1, 2$.

制造商 $i$的质量改进成本 $\frac{f_i}{2}q_i^2$, 表明质量成本有边际收益递减的性质. 文献[1]在单层供应链模型中分析质量竞争问题时, 不仅考虑了因质量提高引起的费用 $F_i(q_i) = f + \phi_i q_i^2$, 而且考虑了质量水平对生产成本的影响 $c_i d_i = (v + eq_i)\times d_i$ ($e$不一定为正), 这种模型有利于分析单位生产成本可变的管理问题. 但由于模型变得很复杂, 本文这里将不采用这种形式. 文献[12]在分析基于价格竞争的质量选择模型中, 不考虑质量提高的固定成本, 仅考虑了质量的可变成本.

## 2　货架空间分配

供应链系统中的质量竞争与货架空间分配的时间发生顺序为: (i) 首先两个制造商选择各自产品的质量水平, (ii) 两个制造商和零售商了解到所有产品 的质量水平, (iii) 然后零售商分配不同的货架空间给两个产品, (iv) 最后基于产品质量和货架空间, 市场中消费者需求得以实现. 这个模型与管理实践相一致, 反映了货架空间分配晚于产品质量决策. 下面将在分析质量竞争之前首先分析零售商的货架空间分配问题.

零售商的最优货架分配问题为 $\max \Pi_R(s_1, s_2) = \sum_{i=0}^{2}(p_i - w_i)d_i$. 由于 $s_2 = 1 - s_1$, 那么零售商的利润函数为

$$\Pi_R(s_1) = (p_1 - w_1)(k_1\alpha + \theta(q_1 - q_2))s_1^{\gamma} + (p_2 - w_2)(k_2\alpha + \theta(q_2 - q_1))(1 - s_1)^{\gamma}$$

其一阶最优化条件为

$$\frac{d\Pi_R(s_1)}{ds_1} = (p_1 - w_1)(k_1\alpha + \theta(q_1 - q_2))\gamma s_1^{\gamma-1} - (p_2 - w_2)(k_2\alpha + \theta(q_2 - q_1))\gamma(1 - s_1)^{\gamma-1} = 0$$

因为 $\gamma - 1 < 0$, 则

$$\frac{d^2\Pi_R(s_1)}{ds_1^2} = (p_1 - w_1)(k_1\alpha + \theta(q_1 - q_2))\times$$

$$\gamma(\gamma-1)s_1^{\gamma-2}+(p_2-w_2)(k_2\alpha+\theta\times(q_2-q_1))\gamma(\gamma-1)(1-s_1)^{\gamma-2}<0$$

那么一阶条件的解是最优解. 记

$$\Psi_i=\frac{(p_j-w_j)(k_j\alpha+\theta(q_j-q_i))}{(p_i-w_i)(k_i\alpha+\theta(q_i-q_j))},$$

$$i,j=1,2;\ i\neq j,\quad \delta=\frac{1}{\gamma-1}$$

最优货架空间解为

$$s_i^*=\frac{\Psi_i^\delta}{1+\Psi_i^\delta},\quad i=1,2 \tag{4}$$

记 $d_i^*=d_i(q_i,q_j,s_i^*)$, $\Pi_R^*=\Pi(s_1^*,s_2^*,q_1^*,q_2^*)$. 下面分析最优货架空间分配的性质.

命题 1 产品的货架空间之比等于产品对于零售商的收益之比, i.e.

$$\frac{s_1^*}{s_2^*}=\frac{(p_1-w_1)d_1^*}{(p_2-w_2)d_2^*}. \tag{5}$$

证明 由方程(4)可知, $\frac{s_1^*}{s_2^*}=\Psi_1^\delta$. 又因为

$$\frac{(p_1-w_1)d_1^*}{(p_2-w_2)d_2^*}=\frac{1}{\Psi_1}\left(\frac{s_1^*}{s_2^*}\right)^\gamma$$

$$=\frac{1}{\Psi_1}\Psi_1^{(\delta\gamma)}=\Psi_1^{(\delta\gamma-1)}=\Psi_1^\delta$$

则命题成立. 证毕.

由式(5)容易得到

$$s_i^*=\frac{(p_i-w_i)d_i^*}{\sum_{i=1}^{2}(p_i-w_i)d_i^*} \tag{6}$$

上式说明了产品的最优货架空间为产品的收益在零售商总收益中的比率.

由式(5)和(6)可知, 零售商分配给两个产品的货架空间不仅与产品的市场需求相关, 而且与产品的边际收益相关, 这一点说明了为什么实践中常常采用这种货架空间分配方式, 譬如, 在零售商分配货架空间给自有品牌(pribate labels)和供应商品牌(national brand)过程中, 零售商往往不是按通常的做法分配最大的货架空间给需求量最大的供应商品牌产品, 而是分配相对多的货架空间给需求量小而边际收益大的自有品牌[2].

有

$$\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_i}=-\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_j}=-\frac{p_j-w_j}{p_i-w_i}\cdot\frac{\theta\alpha}{(k_i\alpha+\theta(q_i-q_j))^2}$$

则有 $\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_i}<0$, $\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_j}>0$, 那么 $s_i^*(q_i,q_j)$ 的偏导数有以下性质

$$\frac{\partial s_i^*(q_i,q_j)}{\partial q_i}=\frac{\delta\Psi_i^{\delta-1}}{(1+\Psi_i^\delta)^2}\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_i}>0,$$

$$\frac{\partial s_i^*(q_i,q_j)}{\partial q_j}=\frac{\delta\Psi_i^{\delta-1}}{(1+\Psi_i^\delta)^2}\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_j}<0$$

而且显然有 $\frac{\partial d_i^*}{\partial q_i}>0$, $\frac{\partial d_i^*}{\partial q_j}<0$. 这些性质说明了, 每个产品的货架空间和市场需求关于自身产品的质量水平为增函数, 关于竞争对手的质量水平为减函数. 这个结果反映了制造商有动机提高质量水平, 以得到更多的货架空间和市场需求.

## 3 质量改进策略研究

分析了零售商的货架空间分配决策, 现在开始分析制造商质量策略问题. 制造商 $i$ 选择质量改进水平 $q_i$ 通过最大化下列利润函数

$$\Pi_{Mi}=(w_i-c_i)d_i^*-\frac{f_i}{2}q_i^2$$
$$=(w_i-c_i)(k_i\alpha+\theta(q_i-q_j))\times\left(\frac{\Psi_i^\delta}{1+\Psi_i^\delta}\right)^\gamma-\frac{f_i}{2}q_i^2,$$
$$i,j=1,2;\ i\neq j \tag{7}$$

制造商的利润函数是一个复杂的非线性函数, 下面首先通过一个数值分析来得到求解单个制造商的最优策略的方法.

例 1 令两个产品的潜在基本需求的参数值为 $\alpha=2\,000$, $k_1=0.4$, $k_2=0.6$, 其他需求参数值为 $\theta=12$, $\gamma=0.2$, 支出参数值为 $c_1=10$, $c_2=12$, $w_1=15$, $w_2=17$, $f_1=2$, $f_2=5$, 零售价格为 $p_1=20$, $p_2=22$. 令质量水平的最大限为 $q_{12}=40$, $q_{22}=50$. 为了分析货架空间和制造商利润与产品质量的关系, 这里固定产品 2的质量水平为 $q_2=0$, 且使产品 1的质量水平在 $[0,q_1^0)$ 中变化. 图 2给出了制造商的利润和产品的货架空间与产品 1的质量水平的关系.

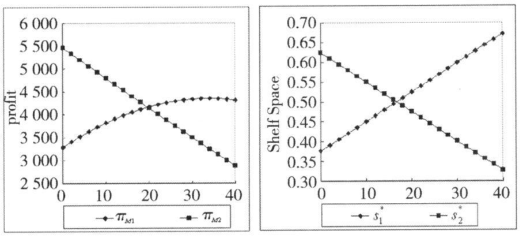


图 2　制造商利润和货架空间图

Fig. 2 Graph of the two manufactures' profits and shelf space allocation

当 $f_1 = 1.7$, $q_2 = 0$时, 制造商 1的利润函数在 $[0, 40)$ 中满足 $\frac{\partial \Pi_{M1}(q_1, q_2)}{\partial q_1} > 0$, 那么这时制造商 1的最优质量水平为 $q_1^* \approx 40$, 相应的货架空间为 $s_1^* = 0.672$.

当 $f_1 = 2$, $q_2 = 20$时, 制造商 1的利润函数在 $(0, 40)$ 中存在一个最优解 $\bar{q}_1 = 34$ 使 $\frac{\partial \Pi_{M1}(q_1, q_2)}{\partial q_1} = 0$, 那么这时制造商 1的最优质量水平为 $q_1^* = 34$, 相应的货架空间为 $s_1^* = 0.614$.

从例 1可以看到, 对于给定的 $q_j$, 为求解最优的质量水平 $q_i^*(q_j)$, 必须首先在 $(0, q_i^0)$ 中分析 $\frac{\partial \Pi_{Mi}}{\partial q_i}$ 的符号, 若 $\frac{\partial \Pi_{Mi}}{\partial q_i}$ 总大于零, 则 $q_i^*(q_j) = q_i^0 - e$, 其中 $e$表示一非常小的正数; 若存在一个 $\bar{q}_i$ 使 $\frac{\partial \Pi_{Mi}}{\partial q_i} = 0$且 $\Pi_{Mi}$达到最大值, 则 $q_i^*(q_j) = \bar{q}_i$. 总之最优质量水平解为

$$q_i^*(q_j) = \begin{cases} q_i^0 - e, & \text{如果} \quad \frac{\partial \Pi_{Mi}(q_i, q_j)}{\partial q_i} > 0, \\ & \forall q_i \in (0, q_i^0) \\ \bar{q}_i, & \text{否则} \end{cases} \tag{8}$$

制造商的最优化问题的一阶导数为

$$\frac{\partial \Pi_{Mi}}{\partial q_i} = (w_i - c_i)\left[(k_i\alpha + \theta(q_i - q_j)) \times \gamma(s_i^*)^{\gamma-1}\frac{\partial s_i^*}{\partial q_i} + \theta(s_i^*)^{\gamma}\right] - f_i q_i \tag{9}$$

二阶导数为

$$\frac{\partial^2 \Pi_{Mi}}{\partial q_i^2} = (w_i - c_i)\gamma(s_i^*)^{\gamma-2}\left[2\theta s_i^*\frac{\partial s_i^*}{\partial q_i} + (k_i\alpha + \theta(q_i - q_j))\left((\gamma - 1)(s_i^*)^2 + s_i^*\frac{\partial^2 s_i^*}{\partial q_i^2}\right)\right] - f_i \tag{10}$$

以上方程高度非线性, 不可能得到分析解. 但对于给定的质量水平 $q_j$, 制造商 $i$的目标函数 $\Pi_{Mi}(q_i)$ 是一个单变量的连续函数, 容易用一维搜索方法求解 (9) 的零解而得到解 $\bar{q}_i$, 从而得到最优解.

因为 $\Pi_{Mi}(q_i, q_j)$ 是连续函数, 则易知 $q_i^*(q_j)$ 也必定是连续的, 那么可以采用迭代求解 $q_1^*$, $q_2^*$ 来得到均衡解 $(\hat{q}_1, \hat{q}_2)$. 对于示例 1, 图 4给出了反应函数 $q_1^*(q_2)$, $q_2^*(q_1)$ 的关系图. 容易得到制造商的均衡质量水平为 $(\hat{q}_1, \hat{q}_2) = (32.89, 12.95)$.

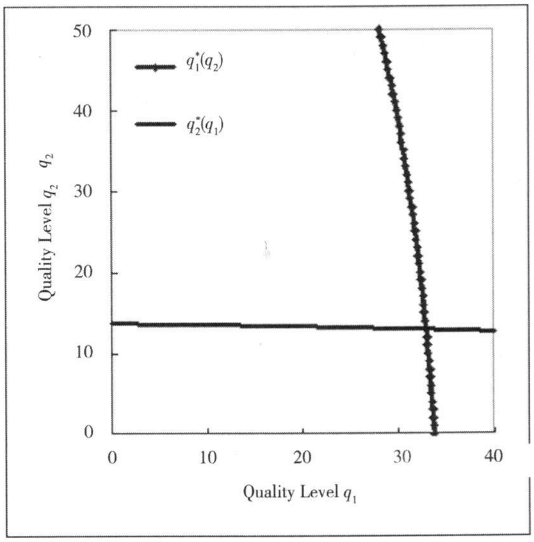


图 3　最优质量反应函数图

Fig. 3 Graph of the optimal quality reaction function

## 4　数值分析与管理借鉴

### 4.1　无质量改进情况下的货架空间分配

考虑两个制造商均未采用质量改进策略的基本情况, 即 $q_1 = q_2 = 0$, 将主要分析产品的货架空间和市场需求与产品的基本需求参数 $k_i$、弹性系数 $\gamma$和边际收益 $p_i - w_i$ 的关系. 下面考虑两种特殊情况. 首先考虑边际收益相等的情况, 即 $p_1 - w_1 = p_2 - w_2$, 那么有 $\Psi_i = \frac{k_j}{k_i}$, 则

$$s_i^* = \frac{k_j^\delta}{k_i^\delta + k_j^\delta},\ d_i^* = k_i\alpha(s_i^*)^\gamma,\ i = 1, 2,\ i \neq j.$$

易知

$$\frac{\partial s_i^*}{\partial k_i} = -\delta\frac{(k_ik_j)^{\delta-1}}{(k_i^\delta + k_j^\delta)^2} > 0$$

$$\frac{\partial d_i^*}{\partial k_i} = \alpha(s_i^*)^{\gamma} + k_i\alpha\gamma(s_i^*)^{\gamma-1}\frac{\partial s_i^*}{\partial k_i} > 0$$

$$\frac{\partial s_i^*}{\partial \gamma} = -\frac{1}{(\gamma-1)^2}\frac{(k_ik_j)^{\delta}}{(k_i^{\delta}+k_j^{\delta})^2}\ln\frac{k_j}{k_i}$$

那么容易得到: 当 $k_i < 1/2$时, $\frac{\partial s_i^*}{\partial \gamma} < 0$, $\frac{\partial d_i^*}{\partial \gamma} < 0$; 当 $k_i > 1/2$时, $\frac{\partial s_i^*}{\partial \gamma} > 0$, $\frac{\partial d_i^*}{\partial \gamma} > 0$; 当 $k_i = 1/2$时, 对任意的 $\gamma$都有 $s_1 = s_2$, $d_1 = d_2$.

因此, 在这种情况中, 当产品 $i$的潜在需求增加时 (即 $k_i$增大 ), 产品 $i$的货架空间和市场需求增加. 而且当 $k_i < 1/2$时, 货架空间的弹性系数越大, 产品 $i$的货架空间和市场需求越小; 当 $k_i > 1/2$时, 货架空间的弹性系数越大, 产品 $i$的货架空间和市场需求越大.

下面考虑 $k_1 = k_2 = 1/2$的特殊情况, 这里有 $\Psi_i = \frac{p_j - w_j}{p_i - w_i}$, 且

$$s_i^* = \frac{(p_j - w_j)^{\delta}}{(p_1 - w_1)^{\delta} + (p_2 - w_2)^{\delta}},$$

$$d_i = 1/2\alpha(s_i^*)^{\gamma},\ i = 1, 2;\ i \neq j.$$

下面用一个示例来说明货架空间与参数的关系.

例 2　这里保持参数 $p_2$, $w_2$不变, 考虑 $p_1 - w_1$的变化对货架空间和市场需求的影响, $\Psi_i$的值反映了产品边际收益之间的关系. 考虑三种货架空间弹性系数情况, $\gamma \in \{0.2, 0.4, 0.6\}$. 图 4给出了货架空间与参数 $\Psi_1$和 $\gamma$的关系.

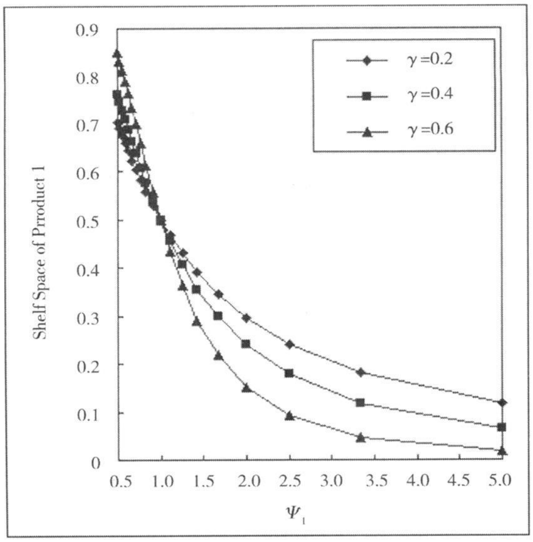


图 4　货架空间与 $\Psi_1$和 $\gamma$的关系图

Fig. 4 The relation of shelf-space with $\Psi_1$ and $\gamma$

在这种特殊情况中, 当 $\Psi_1 = 1$时, 对任意的 $\gamma$都有 $s_1^* = s_2^*$, $d_1^* = d_2^*$. 由图 4所示, 当产品 1的边际收益相对于产品 2的边际收益越大时 (即 $\Psi_1$越小 ), 产品 1的货架空间越大. 而当 $p_1 - w_1 > p_2 - w_2$时 (即 $\Psi_1 < 1$时 ), 若货架空间的弹性系数越大, 产品 1的货架空间越大; 当 $p_1 - w_1 < p_2 - w_2$时 (即 $\Psi_1 > 1$时 ), 若货架空间的弹性系数越大, 产品 1的货架空间越小. 同样, 可以说明产品 1的市场需求与 $\Psi_1$和 $\gamma$关系与以上规律相类似.

**4.2**　单方质量改进策略分析

在供应链中, 质量改进策略是一个提高产品的需求, 进而提高产品的货架空间及制造商利润的常用方法. 文献 [2] 在分析供应商如何应对零售商引入自有品牌时, 指出通过创新、广告和促销等手段提升供应商品牌产品的消费者认知的质量水平, 是一种有效应对自有品牌的策略.

考虑一种单方质量改进的特殊情况, 制造商 1具有潜在需求优势, 即 $k_1 > k_2$, 而在边际收益方面处于劣势, 即 $p_1 - w_1 < p_2 - w_2$. 下面通过一个示例来分析制造商通过质量改进后, 产品 1的货架空间及市场需求的变化情况.

例 3　考虑例 1中同样的参数, 并在保持参数 $p_1$, $p_2$, $w_2$不变的条件下考虑 $t_1 = \frac{p_1 - w_1}{p_2 - w_2} \in \{1/4, 1/2, 3/4\}$三种情况下. 图 5给出了当 $q_2 = 0$时最优质量改进 $q_1^*$及货架空间 $s_1^*$与参数 $k_1$和 $t_1$的关系.

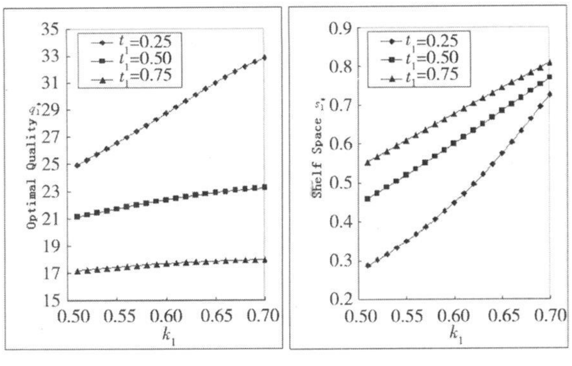


图 5　质量改进和货架空间与 $k_1$和 $t_1$的关系图.

Fig. 5 Relation of quality improvement and shelf space with $k_1$ and $t_1$

由图 5可以看出, 对于相同的 $t_1$值, 当产品 1的内在需求优势越大时 (即 $k_1$增大 ), 产品 1的最优质量改进水平和货架空间越大. 这一点说明了, 产品在市场中的地位越高, 获得的货架空间越大,

而能提高的质量改进的程度也随之增大, 那么企业在质量改进活动中的一个最重要的管理原则就是首先要提高产品的潜在顾客需求.

对于相同的 $k_1$, 当产品 1的边际收益相对于产品 2的边际收益越大 (即 $t_1$ 越大) 时, 产品 1的货架空间 $s_1^*$ 越大, 但是产品 1的最优质量改进水平 $q_1^*$ 越小. 质量水平 $q_1^*$ 出现这种变化规律的内在原因是: 在例 3这种特殊情况中, 当 $t_1$ 越大时, 制造商 1从产品 1所获得的边际收益 $w_1 - c_1$ 越小 (因 $w$ 越小), 那么由式 (9) 可知, 满足 $\frac{\partial \Pi_{Mi}}{\partial q_i} = 0$的解越小, 则 $q_1^*$ 也越小.

### 4 3　同时质量改进竞争均衡分析

在两个制造商同时采用质量改进策略的情况中, 下面分析主要影响因素 θ和 γ对供应链中质量均衡解的影响. 由于没有分析解, 下面通过示例的分析来发现一些变化规律.

例 4　考虑例 1中的参数, 但使参数 θ在 [2, 16] 中变化, γ在 {0 2, 0 4} 中取值. 图 6给出了质量均衡 ($q_1^*$, $q_2^*$) 与参数 θ和 γ的变化关系.

由图 6可以看出, 当市场需求对质量差异的反应 (即 θ) 越大时, 市场竞争的两个制造商都将采用更大的质量改进水平, 当货架空间的弹性系数 (即 γ) 越大时, 质量均衡水平也越大, 并且由 $q_1^*$ 对 γ的变化规律可以发现, 当 γ越大时, 质量水平 $q_i^*$ 越容易达到质量改进水平的最大极限 $q_i^0$.

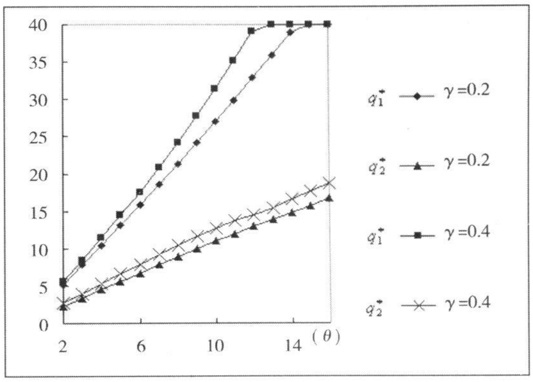


图 6　质量均衡与 θ和 γ的关系图

Fig 6 Relationship of quality equlibria with θ and γ

下面分析在均衡情况中货架空间、制造商利润、零售商利润和供应链的总利润与 θ和 γ的关系. 下面表 1给出了当 γ∈ {0 2, 0 4} 时, 在质量改进竞争均衡情况中, 供应链中的货架空间分配和利润的比较情况.

表 1　货架空间和收益与 θ和 γ的变化关系

Table 1 Changes of shelf spaces and profits with θ and γ

| θ | γ = 0. 2 | | | | | γ = 0. 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $s_1^*$ | $\Pi_{M1}^*$ | $\Pi_{M2}^*$ | $\Pi_R^*$ | $\pi_{scm}^*$ | $s_1^*$ | $\Pi_{M1}^*$ | $\Pi_{M2}^*$ | $\Pi_R^*$ | $\pi_{scm}^*$ |
| 2 | 0 380 | 3 293 | 5 414 | 8 238 | 16 946 | 0 342 | 2 591 | 5 033 | 6 510 | 14 133 |
| 4 | 0 391 | 3 304 | 5 276 | 8 286 | 16 866 | 0 356 | 2 598 | 4 857 | 6 619 | 14 074 |
| 6 | 0 409 | 3 325 | 5 043 | 8 365 | 16 732 | 0 383 | 2 614 | 4 550 | 6 813 | 13 978 |
| 8 | 0 437 | 3 358 | 4 709 | 8 475 | 16 542 | 0 426 | 2 649 | 4 094 | 7 106 | 13 849 |
| 10 | 0 475 | 3 409 | 4 270 | 8 617 | 16 295 | 0 489 | 2 722 | 3 468 | 7 514 | 13 703 |
| 12 | 0 525 | 3 486 | 3 721 | 8 789 | 15 995 | 0 579 | 2 874 | 2 678 | 8 036 | 13 588 |
| 14 | 0 587 | 3 600 | 3 061 | 8 989 | 15 650 | 0 606 | 3 017 | 2 319 | 8 184 | 13 519 |
| 16 | 0 607 | 3 707 | 2 733 | 9 051 | 15 491 | 0 615 | 3 091 | 2 055 | 8 233 | 13 379 |

在无质量改进的情况中: 当 γ = 0 2时, 产品 1的货架空间为 $s_1^0 = 0\ 376$, 制造商利润为 $\Pi_{M1}^0 = 3\ 289$, $\Pi_{M2}^0 = 5\ 460$, 零售商利润为 $\Pi_R^0 = 8\ 223$, 供应链的总利润 $\Pi_{scm}^0 = 16\ 972$; 当 γ = 0 4时, $s_1^0 = 0\ 337$, $\Pi_{M1}^0 = 2\ 589$, $\Pi_{M2}^0 = 5\ 089$, $\Pi_R^0 = 6\ 474$, $\Pi_{scm}^0 = 14\ 152$ 与表 1相比较, 可以看出在无质量竞争情况中供应链成员的利润要大于质量竞争情况中的利润.

由表 1可以看出, 当市场需求对质量差异的反应越大时, 制造商之间关于质量的竞争越激烈, 两个制造商都将采用更高的质量水平. 由于在例 4中, 制造商 1具有质量改进的优势 (即 $f_1 < f_2$), 可以看出, 当 θ越大, 制造商 1在质量竞争中获益更多, 将不仅得到更多的货架空间, 而且得到更大的利润, 但制造商 2在质量竞争中受损, 将失去更多的货架空间和得到更少的利润. 由于零售商将

更大的货架空间转移给市场竞争力增大的产品1,零售商将获得更大的利润. 从整个供应链系统来说,当质量竞争的激烈程度提高时,系统的总利润 $\Pi^*_{sam}$ 下降,但从另一个方面来说,消费者从质量竞争中获益. 从表 1和图 6可以看出,当 $\gamma$越大时,制造商之间的质量竞争激烈程度也越大,在制造商提供更高的质量水平的同时,使供应链中所有成员的利润降低,那么同时也可以看到当质量竞争的激烈程度越高消费者获益更多.

## 5 结 论

在当前竞争的激烈程度不断提高的市场环境中,采用提高产品的质量来提高产品的市场需求和打败竞争对手是一种保持企业竞争力的重要手段. 本文通过建立一个两层供应链模型来分析零售商的货架空间分配和制造商的质量改进竞争问题,模型中包括两个竞争的制造商和一个零售商. 市场中最终消费者对每个产品的需求与市场中产品的质量差异和该产品的货架空间相关. 零售商具有激励将更多的货架空间分配给更大收益的产品,文中分析指出当货架空间的比值等于产品在零售商总收益中的比值时,零售商的货架空间分配策略达到最优.

文中主要分析了供应链中质量改进的三种情况:无质量改进情况、单方质量改进情况和同时质量改进竞争情况. 主要分析指出,在单方质量改进的情况中,若产品的潜在需求优势增大,那么产品的最优质量改进水平和货架空间提高. 在同时质量改进的竞争均衡中,质量竞争的激烈程度和制造商采用的质量水平将随着市场需求对质量差异的反应或者货架空间弹性系数的增加而提高. 对于零售商、消费者和有质量改进成本优势的制造商来说,质量竞争都将使之受益;而对于质量成本劣势的制造商和整个供应链来说,质量竞争将使之受损.

在本文中仅考虑了两个制造商的情形,在包含多个制造商的竞争中分析制造商的竞争策略和供应链竞争均衡,并分析产业中质量变化情况是一个有意义的研究方向. 如果在供应链的上下游中,供应链成员通过合作和共享质量改进成本来提高产品的质量,分析合作策略的设计和竞争均衡的性质也是一个很有意义的研究课题.

参 考 文 献:


[1] Banker R D, Khosla I K, Sinha K. Quality and competition[J]. Management Science, 1998, 44(9): 1179-1192.

[2] Amrouche N, Zaccour G. Shelf-space allocation of national and private brands[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 180(2): 648-663.

[3] Wang Y-Z, Gerchak Y. Supply chain coordination when demand is shelf-space dependent[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2001, 3(1): 82-87.

[4] Desmet P, Renaudin V. Estimation of product category sales responsiveness to allocated shelf space[J]. Inter J of Research in Marketing, 1998, 15: 443-457.

[5] Moorthy S K. Product and price competition in a duopoly[J]. Marketing Science, 1988, 7: 141-168.

[6] Chambers C, Kouvelis P, Semple J. Quality-based competition, profitability, and variable cost[J]. Management Science, 2006, 52(12): 1884-1895.

[7] Bookbinder J H, Zarour F H. Direct product profitability and retail shelf-space allocation models[J]. Journal of Business Logistics, 2001, 22(2): 183-208.

[8] Martín-Herrán G, Taboubi S, Zaccour G. The impact of manufacturers' wholesale prices on a retailer's shelf-space and pricing decisions[J]. Decision Sciences, 2006, 37(1): 71-90.

[9] Bernstein F, Federgruen A. A general equilibrium model for industries with price and service competition[J]. Operations Research, 2004, 52(6): 868-886.

[10] Tsay A A, Agrawal N. Channel dynamics under price and service competition[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2000, 2(4): 372-391.

[11]许明辉，于 刚，张汉勤．具备提供服务的供应链博弈分析[J]．管理科学学报，2006，9(2)：18－27．

Xu Minghui, Yu Gang, Zhang Hangqin. Game analysis in a supply chain with service provision[J]. Journal of Management Sciences in China, 2006, 9(2): 18－27. (in Chinese)

[12] Lehmann-Grube U. Strategic choice of quality when quality is costly: The persistence of the high-quality advantage[J]. RAND Journal of Economics, 1997, 28(2): 372－384.

# Strategies of quality improvement in supply chains based on shelf space allocation

*LU Qi-hui*[1], *ZHU Dao-li*[2]

1. School of Management, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;
2. School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

**Abstract** This paper considers a supply chain with two competing manufacturers and a common retailer. The products provided by the two manufacturers are highly substitutable. The market demand of each product is based on the difference degrees of product quality and the shelf space of each product. The analysis shows that the retailer's optimal strategy of shelf space allocation is that the ratio of product's respective shelf space is equal to the ratio of the respective product's revenues relative to total revenues. We consider three scenarios in the supply chain. In the scenario of non-quality-improvement, we investigate relations of shelf spaces and market demands to intrinsic demands, margin profits and the elasticity of shelf space. In the scenario of one-side quality-improvement, we show that, as product's intrinsic demand increases, the optimal levels of quality improvement and shelf spaces increase. In the scenario of simultaneous quality-improvement, the main results indicate that, as the responsiveness of market demand to the difference of quality levels or the elasticity of shelf space increases, the intensity of quality competition increases and manufacturers adopt a higher quality level. The retailer and the manufacturer with cost advantageous of quality-improvement will benefit from the quality-improvement competition, while the manufacturer with cost disadvantageous of quality-improvement and the whole supply chain will lose. The consumer will benefit from quality competition.

**Key words** shelf-space allocation; Nash equilibrium; coordination; jointly decision; retail competition