

文章编号: 1001-0920(2005)06-0646-04

供应链中间产品动态价格振荡系统及其收敛性分析

杜义飞, 李仕明

(电子科技大学 管理学院, 四川 成都 610054)

摘要: 供应链常常表现为企业群的长期战略合作体, 协调个体与整体的利益关系常表现为对供应链中间转移产品的定价上, 所以必须设计动态利益调节机制, 使得各合作伙伴的行动更接近整个供应链的利益最大化. 引入供应链中间产品动态价格振荡系统, 描述了振荡的动态过程, 在一定条件下供应链能通过价格振荡过程达到均衡, 并实现供应链总体利益最大. 给出并证明了价格振荡系统收敛的一般性条件, 该条件可应用于最优产量反应函数是线性和非线性情况. 最后结合一个具体例子进行分析, 说明了过程的收敛性.

关键词: 供应链; 动态价格; 振荡系统; 收敛

中图分类号: F276.4; F224.32 **文献标识码:** A

Dynamic price oscillation system of intermediate product of supply chain and its analysis of convergence

DU Yi-fei, LI Shi-ming

(School of Management, University of Electronic and Science Technology of China, Chengdu 610054, China
Correspondence: DU Yi-fei, E-mail: yifeidu@163.com)

Abstract: Supply chain is usually shown as long-term strategic cooperation union of firms. Coordination the interest relationship between partners and the entire supply chain is often represented by pricing intermediate product of the supply chain, so dynamic interest coordination mechanism must be redesigned and partners can act in ways closer to what's best for the entire supply chain. The dynamic price oscillation system of intermediate product of supply chain is introduced and the dynamic oscillation processes is described. The price oscillation processes of supply chain can approach equilibrium and maximized interest of the entire supply chain under certain conditions. The general conditions and proofs of convergence of price oscillation system are given. The conditions are applied in the instances that optimized quantity response functions are linear or non-linear. In the end, a specific example shows the convergent processes.

Key words: supply chain; dynamic price; oscillation system; convergence

1 引言

供应链常常表现为企业群的长期战略合作体, 但企业与企业之间仍然是不同的利益个体, 各企业将在维护供应链完整的基础上, 争取自身利益的最大化^[1]. 为此, 必须为供应链设计激励机制, 使得各合作伙伴的行动更接近整个供应链的利益最大化^[2]. 如何协调个体与整体的利益关系? 如果把整个供应链看作垂直一体化的企业, 所有信息是共同知识, 则存在一个权威决策者, 能有效协调两者之间的

关系^[3]. 这种协调关系大多表现为对供应链中间转移产品的定价上, 如何确定中间产品转移价格既能对各合作伙伴进行激励, 又能达到供应链整体利益最优? 一些研究^[4,5]从静态的角度进行了分析, 要求各参与方的成本信息完全公开. 但在供应链关系中, 一般各企业的成本信息并不完全公开, 没有哪一方拥有绝对的定价权力, 任何企业都有根据已知中间产品价格决定自己利润最优产量的反应能力. 由于各方对同一中间产品价格的最优产量反应不一致,

收稿日期: 2004-07-12; 修回日期: 2004-11-03

作者简介: 杜义飞(1974—), 男, 四川宣汉人, 博士生, 从事价值链、供应链及战略管理研究; 李仕明(1953—), 男, 四川仁寿人, 教授, 博士生导师, 从事经营战略及企业理论的研究

为保证产量的匹配性, 供应链必然要对价格进行调整, 出现价格振荡的动态过程 文献[6, 7]从动态的角度研究了矛盾双方的动态均衡过程

对任一初始的价格输入, 在什么条件下供应链能通过价格振荡过程最终达到均衡? 沿着这样的思路, 可基于中间产品动态价格振荡系统的实现途径研究中间产品的均衡价格, 从而实现供应链中的价值分配 本文通过具体描述供应链中间产品价格振荡的动态过程, 寻找系统收敛的一般条件, 并给出了具体的应用案例来说明定理的应用

2 动态价格振荡系统

考虑由供应厂商和下游企业组成的一条简单的上、下游供应关系供应链, 供应厂商向下游企业提供中间产品 假定供应链上、下游企业的产量是匹配的, 供应链中两个企业都是独立的, 企业之间是战略伙伴关系

在供应链形成中间产品价格过程中, 如果一方具有价格垄断权, 那么另一方则选择使自己利润最优的产量, 从而决定供应链的产量 存在以下两种情况: 1) 上游供应厂商具有价格垄断权, 下游企业的产量反应函数决定供应链匹配产量; 2) 下游企业具有价格垄断权, 上游供应厂商的产量反应函数决定供应链匹配产量

已经证明, 存在中间产品的价格范围 $[p^{*}, p^{**}]$, 其中 p^{*} 和 p^{**} 分别代表上游供应厂商和下游企业分别具有价格垄断权的两种极端情况下, 中间产品的价格必须存在于这个范围内, 如图 1 所示

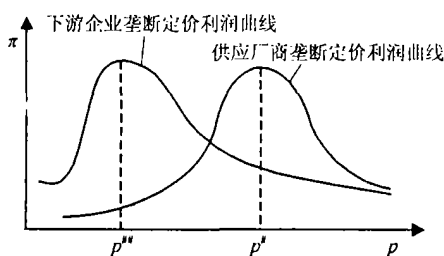


图 1 双边价格垄断中间产品价格范围

如果双方都不具有价格垄断权, 而是一个相互动态地讨价还价过程, 那么供应链是一个介于两种垄断定价之间 $[p^{*}, p^{**}]$ 的动态定价振荡系统 在动态定价系统中, 双方都没有价格决定权, 但双方都有权根据中间产品的价格决定自己的最优产量, 即都存在对价格的反应函数 但是, 对于供应双方而言, 在价格范围内给定中间产品的一个价格, 双方不能同时按自己的最优产量进行生产, 如果那样, 则很可能造成供应链上、下游产量不匹配, 而本文假设上、下游企业的产量是匹配的 所以, 将供应双方分

为按价格生产方和产量匹配方, 将中间产品动态价格振荡过程分为按价格生产和产量匹配两个过程 一个按价格生产过程, 一个按产量匹配过程完成一次中间产品价格的调整

外界给定任一中间产品的初始价格 p_0 , 按价格生产方按中间产品价格进行生产, 即对价格的利润最大化产量反应过程; 然后产量匹配方进行产量的匹配过程 为了使产量匹配方达到产量匹配, 供应链必须对中间产品的价格进行调整, 从而使产量匹配方利润最大化的产量反应刚好满足产量的匹配 然而, 中间产品价格的调整, 又会导致按价格生产方重新确定最优产量, 接着又是产量匹配过程的价格调整, 如此循环进行

值得注意的是, 产量匹配的价格调整过程应该是供应链的一个自动调节机制, 而不是任何一方的个体行为 在完备市场竞争条件下, 可通过市场竞争机制, 自动达到价格调整的过程 而在供应链系统中, 竞争机制不完备(少量参与者), 所以产量的匹配过程必须依靠供应链整体调价行为, 实现产量匹配一方的产量反应函数必须为供应链调价系统所知

假设按价格生产方和产量匹配方的价格 - 产量反应函数分别为

$$q = f_1(p), q = f_2(p),$$

则振荡系统可描述为

$$\begin{cases} p_{i+1} = p_0, \\ q_i = f_1(p_i), \quad i = 0, 1, 2, \dots \\ p_{i+1} = f_2^{-1}(q_i), \end{cases} \quad (1)$$

一个振荡周期, 价格的前后变化关系可描述为

$$p_{i+1} = f_2^{-1}(f_1(p_i)) = f_2^{-1}f_1(p_i) = F(p_i), \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

振荡系统的均衡点满足

$$p_e = f_2^{-1}f_1(p_e) = F(p_e). \quad (3)$$

供应链的价格振荡过程可能导致中间产品价格收敛, 也可能得到不稳定的价格发散 为说明问题, 下面给出一个简单的例子

假设供应厂商和下游企业的反应函数分别为 $q = (1/2)p + 1/2$ 和 $q = 2 - 2p$, 假定供应厂商是按价格生产方, 下游企业是产量匹配方 供应链中间产品的价格振荡系统如图 2 所示, 箭头表示价格振荡方向, 表明上游供应厂商为按价格生产方, 下游企业为产量匹配方

外界给定一个初始的中间产品价格 $p_0 = 3/4$, 此时供应厂商(按价格生产方)按其反应函数所决定的产量 $q_1 = 7/8$ 进行生产 但其产量大于此时下游企业的最优产量的 $1/2$, 为使供应链的产量匹配, 下游企业(产量匹配方)需调整其产量等于 $7/8$ 供

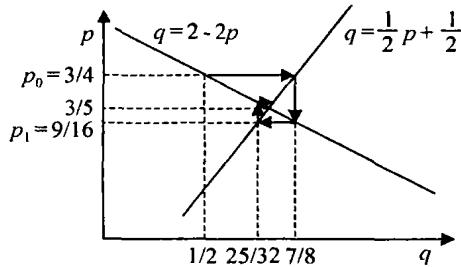


图2 一个简单例子

供应链的产量匹配过程对中间产品的价格进行调整, 中间产品的价格由 $p_0 = 3/4$ 调整为 $p_1 = 9/16$, 调整后的价格刚好使下游企业的最优产量等于 $7/8$ 。下一轮, 供应厂商(按价格生产方) 将按 $p_1 = 9/16$ 所决定的产量进行生产, 下游企业(产量匹配方) 调整产量, 供应链调整中间产品价格, 如此循环下去。从图2可看出, 中间产品的价格是收敛的, 最终导致中间产品价格收敛于两反应函数的交点, 中间产品的价格和产量分别为 $3/5$ 和 $4/5$ 。

在上例中, 如果价格振荡的方向是相反的, 即下游企业是按价格生产方, 供应厂商是产量匹配方, 则图2中箭头方向是相反的, 价格振荡逐渐放大, 供应链不稳定。那么, 在什么条件下, 供应链中间产品价格振荡系统是稳定的呢?

3 系统收敛的一般条件

下面给出供应链中间产品价格振荡系统价格收敛的一般条件。首先定义价格反应函数中的价格弹性。价格弹性表示在某一价格下, 单位价格变化引起各方最优产量反应的变化的绝对值, 即在某一价格下, 各企业的产量反应函数关于价格的导数的绝对值。

注1 此处对价格弹性的定义与传统的定义有区别, 主要是为了叙述和论证方便。

定理1 若对任意的初始价格输入 $p \in [p^{##}, p^{\#}]$, 供应链中间产品价格振荡系统的价格振荡函数满足

$$|F(p) - F(p_e)| \leq \alpha |p - p_e|, \alpha < 1, \quad (4)$$

则价格振荡系统是收敛的。

证明 对于任意的初始价格输入 $p \in [p^{##}, p^{\#}]$, 显然有 $p_e \in [p^{##}, p^{\#}]$ 。由式(4), 令 $p^{(1)} = F(p)$, 有 $|p^{(1)} - p_e| \leq \alpha |p - p_e|$, 所以 $p^{(1)} \in [p^{##}, p^{\#}]$ 。同理, 由式(2), $p^{(i)} \in [p^{##}, p^{\#}]$, $i = 1, 2, \dots$, 有

$$\begin{aligned} & |p^{(i)} - p_e| \\ & \leq \alpha |p^{(i-1)} - p_e| \leq \dots \leq \alpha^i |p - p_e|, \\ & \lim_{i \rightarrow \infty} |p^{(i)} - p_e| = 0 \end{aligned}$$

推论1 若供应链中企业的最优产量反应函数是线性的, 且在反应函数中产量匹配方的价格弹性大于按价格生产方的价格弹性, 那么该动态价格振荡系统是收敛的。

证明 按价格生产方和产量匹配方的最优产量反应函数是线性的, 分别为

$$\begin{cases} q = a + bp, \\ q = c + dp, \end{cases} \quad q, p, a, c \geq 0, b < d, \quad (5)$$

两反应函数存在唯一的交点。价格生产方和产量匹配方的价格弹性分别为 $|b|$, $|d|$, 满足 $|d| > |b|$ 。则由式(2)有

$$F(p) = \frac{b}{d}p - \frac{b}{d}(a - c), \quad (6)$$

p_e 满足

$$p_e = F(p_e) = \frac{b}{d}p_e + \frac{1}{d}(a - c), \quad (7)$$

由式(7)解出 $p_e = (a - c)/(d - b)$, 则

$$\begin{aligned} |F(p) - p_e| &= \left| \frac{b}{d}p - p_e + \frac{1}{d}(a - c) \right| = \\ & \left| \frac{b}{d}(p - p_e) + \left(\frac{b}{d} - 1 \right) p_e + \frac{1}{d}(a - c) \right| = \\ & \left| \frac{b}{d}(p - p_e) + \frac{b-d}{d} \frac{a-c}{d-b} + \frac{1}{d}(a - c) \right| = \\ & \left| \frac{b}{d}(p - p_e) \right| \left| \frac{b}{d} \right| |p - p_e|. \end{aligned}$$

由定理1, 推论1得证。

对于一般非线性情况, 有如下推论:

推论2 在供应链中间产品价格动态振荡范围内, 若产量匹配方的价格弹性几乎处处大于按价格生产方的价格弹性, 且几乎处处满足 $|df_2(p)/dp| > \alpha |df_1(p)/dp|$, $\alpha > 1$, 则该动态价格振荡系统是收敛的。

证明 初始价格 $p \in [p^{##}, p^{\#}]$, 令 $q_1 = f_1(p)$, 均衡产量为 q_e 。

$$\begin{aligned} F(p) - F(p_e) &= \\ f_2^{-1} f_1(p) - p_e &= f_2^{-1}(q_1) - f_2^{-1}(q_e). \end{aligned} \quad (8)$$

下面考虑产量匹配过程的价格调整, 且由反应函数的单调性得到

$$\begin{aligned} |F(p_1) - F(p_e)| &= |f_2^{-1}(q_1) - f_2^{-1}(q_e)| = \\ \left| \int_{q_e}^{q_1} \frac{df_2^{-1}(q)}{dq} dq \right| &= \left| \int_{q_e}^{q_1} \left| \frac{df_2^{-1}(q)}{dq} \right| dq \right|, \end{aligned} \quad (9)$$

而

$$\begin{aligned} |p - p_e| &= \left| \int_{q_e}^{q_1} \frac{df_1^{-1}(q)}{dq} dq \right| = \\ \left| \int_{q_e}^{q_1} \left| \frac{df_1^{-1}(q)}{dq} \right| dq \right|. \end{aligned} \quad (10)$$

因为 $|df_2(p)/dp| > \alpha |df_1(p)/dp|$ 几乎处处成立,

所以 $|df_2^{-1}(q)/dq| < \alpha^{-1} |df_1^{-1}(q)/dq|$ 几乎处处成立

$$|F(p) - F(p_e)| < \alpha^{-1} |p - p_e| \quad (11)$$

由定理 1, 该动态价格系统是收敛的

4 应用案例

假设供应链上、下游企业的成本函数分别为

$$\begin{cases} TC_1(q) = \left(q - \frac{1}{2}\right)^3 + \frac{1}{2}q, \\ TC_2(q) = \frac{1}{3}\left(q - \frac{1}{2}\right)^3 + \frac{1}{2}q, \end{cases}$$

最终产品的需求函数 $p = f(q) = 6 - (1/2)q$, 则供应厂商和下游企业的利润函数分别为

$$\begin{aligned} \pi_1 &= pq - TC_1(q) = \\ & pq - \left[\left(q - \frac{1}{2}\right)^3 + \frac{1}{2}q\right], \\ \pi_2 &= f(q)q - pq - TC_2(q) = \\ & q\left[6 - \frac{1}{2}q\right] - pq - \\ & \left[\frac{1}{3}\left(q - \frac{1}{2}\right)^3 + \frac{1}{2}q\right]. \end{aligned} \quad (12)$$

此时, 供应厂商和下游企业的价格反应函数分别为

$$\begin{cases} q = \sqrt{\frac{p-0.5}{3}} + 0.5, \\ q = \sqrt{5.25 - p}, \end{cases} \quad (13)$$

则价格振荡函数为

$$F(p) = \frac{31}{6} - \frac{p}{3} - \sqrt{\frac{p-0.5}{3}}$$

由式(13), 供应厂商和下游企业的反应函数的价格弹性分别为

$$\left|\frac{1}{6}\left(\frac{p-0.5}{3}\right)^{-\frac{1}{2}}\right|, \left|\frac{1}{2}(5.25-p)^{-\frac{1}{2}}\right|$$

当 $1.8 < p < 5.25$ 时, 下游企业反应函数的价格弹性严格大于供应厂商反应函数的价格弹性, 可近似看作下游企业反应函数的价格弹性几乎处处大于供应厂商反应函数的价格弹性, 满足

$$\left|\frac{1}{2}(5.25-p)^{-\frac{1}{2}}\right| > 1.04 \left|\frac{1}{6}\left(\frac{p-0.5}{3}\right)^{-\frac{1}{2}}\right|,$$

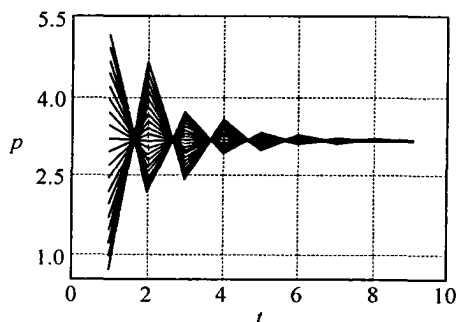


图 3 收敛过程

其中 $\alpha = 1.04 > 1$. 由推论 2, 供应厂商为按价格生产方, 下游企业为产量匹配方, 该供应链的中间产品价格振荡系统是收敛的. 如图 3 所示, 从价格范围的任一个初始价格出发, 经 10 个周期的价格调整过程, 获得供应链中间产品的均衡价格约为 $p = 3.16774965$

5 结 语

对任一初始的价格输入, 供应链中间产品的价格振荡系统是收敛的, 最终达到均衡. 本文通过描述供应链中间产品价格振荡的动态过程, 给出了系统收敛的一般条件, 并通过具体的应用案例说明了系统收敛过程. 本文的假设是比较苛刻的: 供应链中只有两个企业, 产量是严格匹配的, 供应链自身具有价格调节功能, 这些都可能影响模型的实用价值. 但同时也看到, 本文提供了一种动态稳定性的分析方法, 为供应链合作伙伴关系的价值分配和利益协调的进一步研究提供了一种理论方法.

参考文献 (References)

- [1] 汪云峰, 马士华. 供应链企业的获利分析与决策[J]. 管理工程学报, 2001, 15(1): 5-7.
(Wang Y F, Ma S H. The profit making analysis and decision of enterprises in supply chain [J]. J of Industrial Engineering/Engineering Management, 2001, 15(1): 5-7.)
- [2] Schneeweiss C, Zimmer K. Hierarchical coordination mechanisms within the supply chain[J]. European J of Operational Research, 2004, 153(3): 687-703
- [3] Lee H L. The triple-A supply chain [J]. Harvard Business Review, 2004, 82(10): 102-112
- [4] 唐小我. 无外部市场条件下中间产品转移价格的研究[J]. 管理科学学报, 2002, 5(1): 12-18.
(Tang X W. On study of optimal transfer pricing of intermediate product without external markets[J]. J of Management Sciences, 2002, 5(1): 12-18.)
- [5] 唐小我, 曾勇, 李仕明. 管理经济分析——理论与应用[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2000
- [6] 唐小我. 两个生产厂商条件下的古诺模型研究[J]. 电子科技大学学报, 1997, 26(1): 13-16.
(Tang X W. Study on cournot model with two firms [J]. J of University of Electronic and Science Technology of China, 1997, 26(1): 13-16.)
- [7] 张明善, 唐小我. 多个生产商下的动态古诺模型分析[J]. 管理科学学报, 2002, 5(5): 85-90.
(Zhang M S, Tang X W. Dynamic analysis of Cournot model with multiple firms [J]. J of Management Sciences, 2002, 5(5): 85-90.)