

Supply Chain Coordination of Retailer with Limited Funds by Revenue Sharing Contract

Jude Xiao, Jiangtao Mo, Xueyun Zhao, Ping Sun

College of Mathematics and Information Science, Guangxi University, Nanning Guangxi
Email: 1216641737@qq.com, mjt@gxu.edu.cn

Received: Jan. 3rd, 2018; accepted: Jan. 30th, 2018; published: Feb. 6th, 2018

Abstract

In this paper, a two-echelon supply chain is presented to achieve the supply chain coordination under random environment, consisting of a supplier and a retailer with limited funds. Using wholesale price contract to reduce the order funds, so that the retailer can order with its own funds and compensating the supplier by the revenue sharing contract. Through establishing a contract model of wholesale price and revenue sharing, the decision selection and characteristics are analyzed of retailer with limited funds, and the conditions of supply chain coordination are discussed. The results show that selecting the appropriate parameters, the combined wholesale price contract with the revenue sharing contract can achieve supply chain coordination of retailer with limited funds. Finally, numerical examples are presented to proof the theoretical results.

Keywords

Revenue Sharing Contract, Limited Funds, Supply Chain Coordination

收益共享契约下零售商资金有限的供应链协调

肖聚德, 莫降涛, 赵雪云, 孙平

广西大学数学与信息科学学院, 广西 南宁
Email: 1216641737@qq.com, mjt@gxu.edu.cn

收稿日期: 2018年1月3日; 录用日期: 2018年1月30日; 发布日期: 2018年2月6日

摘要

本文研究了随机环境下由单个供应商和单个资金有限的零售商组成的二级供应链的协调问题, 用批发价契约减少订购资金, 使零售商能够用自有资金订货, 用收益共享契约使供应商得到补偿。通过建立批发

价和收益共享契约模型, 分析了资金有限的零售商的决策选择和特征, 讨论了供应链协调的条件。结果表明, 选择适当的参数, 批发价和收益共享契约可以实现零售商资金有限的供应链协调。最后, 通过数值例子对理论结果进行了验证。

关键词

收益共享契约, 资金有限, 供应链协调

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在供应链中, 供应商和零售商的资金不仅影响自身利润和产品市场占有率, 还影响供应链系统的利润。近年来, 资金有限的供应链协调问题受到学术界的重视, 张辰[1]等对此类问题的研究成果进行了总结, 阐述了资金有限问题的产生与机理, 梳理了资金有限的供应链协调问题的主要研究方法和结论。

目前, 解决零售商资金有限问题的一种有效方法是内部融资, 即供应链成员之间以某种特定形式进行融资, 特点是内部信息对称, 融资风险小[2], 其主要形式为延迟支付或信用交易。利用延迟支付解决零售商资金有限问题的研究已有丰富的成果, 例如: 侯博等[3]研究了延迟支付契约下零售商资金有限的供应链协调问题, 并考虑资金时间价值对供应链决策与绩效的影响; Heydari J [4]等研究了延迟支付契约下的订货和营销问题, 结果表明延迟支付契约增加了双方的期望利润, 确保了合作的积极性; 李凯[5]等发现延迟支付契约可以使供应商和零售商获得更高收益; Moussawi-Haidar L [6]等建立了三级供应链模型, 考虑零售商通过银行管理现金, 以换取供应商提供延迟支付契约, 结果表明, 对各方来说都是一个双赢的局面; 张小娟[7]等指出不论供应商的生产预算情况如何, 都愿意向资金有限的零售商提供延迟支付契约; Xiao S [8]等探讨了零售商贸易信用较低, 供应商从银行借款和提供贸易信贷缓解零售商资金有限的问题; 陈祥峰[9]指出延迟支付契约可缓解零售商资金有限的问题, 并部分协调供应链, 有效激励零售商增加订购量; Aljazzar S M [10]等建立了延迟支付契约降低碳排放的供应链模型, 研究结果表明, 采用延迟支付契约可以改善供应链的环境和经济绩效; Caldentey [11]等分别讨论了延迟支付和金融机构融资对供应链整体的影响, 并指出了延迟支付的优越性。上述研究解决零售商的资金限制的方法是: 在订购产品时, 零售商利用自有资金支付部分订购资金, 在规定的时间内(即信用期)支付其余费用及利息。利用延迟支付策略, 缓解了零售商的资金压力, 还可以实现供应链协调。

本文提出一种实现零售商资金有限供应链协调的新途径, 即用批发价和收益共享契约实现供应链的协调。首先, 通过降低批发价, 减少零售商的订购资金, 使零售商能够用自有资金完成订购; 其次, 为了补偿供应商, 零售商与供应商分享收益。通过构建批发价和收益共享契约模型, 分析了在资金有限的条件下零售商的决策选择与特征, 讨论了供应链协调的条件。研究结果表明: 选择适当的契约参数, 可以实现零售商资金有限的供应链协调, 为此类供应链的管理者提供一种有效的工具。

2. 模型描述

本文研究由一个供应商、一个零售商及一种产品组成的二级供应链的协调问题, 其中供应商的资金充足, 零售商的自有资金有限(设为 B)。设市场对产品的需求 x 是随机变量, 其概率密度函数和分布函数

分别为 $f(x)$ 和 $F(x)$ ，均值为 μ ，即 $\mu = E(x)$ 。供应商生产产品的单位成本为 c ，单位批发价为 w 。在销售季节前，零售商利用自有资金从供应商订购产品(数量为 Q)，然后在市场销售(单位价格为 p)；如果发生缺货，单位缺货成本为 h ；在销售季节末，剩余产品的单位残值为 v 。

假设供应商和零售商是完全理性的，且市场信息完全对称，决策目标是使期望利润达到最优，为方便研究，假设以下条件成立： $p > w > c > v$ 。

3. 集中决策模型

在集中决策下，零售商和供应商被看作统一的利益主体，生产资金不受限制，决策者拥有供应链系统的所有信息，目标是确定最优订购量使系统的期望利润最大。

供应链系统的期望利润函数为：

$$\begin{aligned} E\Pi_c(Q) &= E\left[p \min(Q, x) + v(Q-x)^+ - cQ - h(x-Q)^+\right] \\ &= (p-c+h)Q - (p-v+h)\int_0^Q F(x)dx - h\mu \end{aligned} \quad (1)$$

引理1 [12] 设供应链系统的最优订购量为 Q_c^* ，满足：

$$Q_c^* = F^{-1}\left(\frac{p-c+h}{p-v+h}\right). \quad (2)$$

当采用供应链系统的最优订购量时，供应链系统的期望利润达到最大值(称为最优期望利润)。因此，如果一种契约使得零售商可以仅利用自有资金订购产品，且分散式供应链的期望利润等于供应链系统的最优期望利润，则称该契约使零售商资金有限的供应链得到协调。

4. 分散决策模型

分散决策下，作为独立的利益主体，零售商将根据价格信息、市场需求和自有资金确定最优的订购量，使期望利润最优，供应商将按照订单生产供货。

4.1. 批发价契约下零售商资金无限的情形

在批发价契约下，零售商的期望利润函数为：

$$\begin{aligned} E\Pi_r(Q) &= E\left[p \min(Q, x) + v(Q-x)^+ - wQ - h(x-Q)^+\right] \\ &= (p-w+h)Q - (p-v+h)\int_0^Q F(x)dx - h\mu \end{aligned} \quad (3)$$

引理2 [12] 设资金无限的零售商的最优订购量为 Q_r^* ，则

$$Q_r^* = F^{-1}\left(\frac{p-w+h}{p-v+h}\right). \quad (4)$$

因此，供应商的期望利润函数为：

$$E\Pi_s(Q_r^*) = (w-c)Q_r^* \quad (5)$$

引理3 [12] 在 $w > c$ 的条件下， $Q_r^* < Q_c^*$ 。

4.2. 批发价契约下零售商资金有限的情形

在批发价契约下，零售商的订购资金为 wQ ，其自有资金为 B ，此时，零售商的决策问题为：

$$\begin{aligned} & \max E\Pi_r(Q) \\ & \text{s.t. } wQ \leq B \end{aligned}$$

定理1 设资金有限的零售商的最优订购量为 Q_r^* : 若 $wQ_r^* \leq B$, 则 $Q_r^* = Q_r^*$; 否则 $Q_r^* = B/w$.

证明: 对 $E\Pi_r(Q)$ 求 Q 的二阶导数可得 $d^2E\Pi_r(Q)/dQ^2 = -(p-v+h)f(Q)$, 由 $f(Q) > 0$ 及 $p > v$ 可知 $d^2E\Pi_r(Q)/dQ^2 < 0$, 即 $E\Pi_r(Q)$ 是关于 Q 的凹函数, 且由引理2知 Q_r^* 为最大值点, 因此, 若 $wQ_r^* \leq B$, 则 $Q_r^* = Q_r^*$; 若 $wQ_r^* \geq B$, 由于 $E\Pi_r(Q)$ 在 $Q \leq Q_r^*$ 是单调增函数, 所以 Q_r^{**} 应满足 $wQ_r^{**} = B$, 即 $Q_r^{**} = B/w$.

由定理1可知: 当 $wQ_r^* \geq B$ 时, $Q_r^{**} = B/w < Q_r^*$, 再由引理3知: $Q_r^* < Q_c^*$, 即受自有资金的限制, 零售商无法按照供应链系统的最优订购量订货. 因此, 批发价契约不能使零售商资金有限的供应链协调.

4.3. 批发价和收益共享契约下零售商资金有限的情形

下面考虑用批发价和收益共享契约 (w_s, φ) 实现零售商资金有限的供应链协调, 即在订购时, 供应商以较低的批发价格 w_s 销售产品, 使零售商能够利用自有资金实现最优订购量; 零售商承诺与供应商分享收益, 即在销售季节结束后, 将收益按照比例 $(1-\varphi)$ 返给供应商.

在批发价和收益共享契约下, 零售商的期望利润函数为:

$$\begin{aligned} E\Pi_{r1}(Q) &= E\left[\varphi p \min(Q, x) + \varphi v(Q-x)^+ - h(x-Q)^+ - w_s Q\right] \\ &= (\varphi p - w_s + h)Q - (\varphi p - \varphi v + h) \int_0^Q F(x) dx - h\mu \end{aligned} \tag{6}$$

此时, 资金有限的零售商的决策问题为:

$$\begin{aligned} & \max E\Pi_{r1}(Q) \\ & \text{s.t. } w_s Q \leq B \end{aligned}$$

定理2 设资金有限的零售商的最优订购量为 Q_{r1}^* :

- 1) 当 $\varphi p + h \geq w_s \geq \varphi v$ 时, 若 $w_s Q_{r1}^0 \leq B$, 则 $Q_{r1}^* = Q_{r1}^0$; 否则, $Q_{r1}^* = B/w_s$;
- 2) 当 $\varphi p + h \leq w_s$ 时, $Q_{r1}^* = 0$; 当 $w_s \leq \varphi v$ 时,

$$Q_{r1}^* = B/w_s ; \tag{7}$$

其中:

$$Q_{r1}^0 = F^{-1}\left(\frac{\varphi p - w_s + h}{\varphi p - \varphi v + h}\right). \tag{8}$$

证明: 对 $E\Pi_{r1}(Q)$ 求 Q 的一阶导数和二阶导数可得:

$$\begin{aligned} \frac{dE\Pi_{r1}(Q)}{dQ} &= (\varphi p - w_s + h) - (\varphi p - \varphi v + h)F(Q); \\ \frac{d^2E\Pi_{r1}(Q)}{dQ^2} &= -(\varphi p - \varphi v + h)f(Q), \end{aligned}$$

3) 当 $\varphi p + h \geq w_s \geq \varphi v$ 时, 由 $p > v$, $f(Q) > 0$ 可知, $d^2E\Pi_{r1}(Q)/dQ^2 < 0$, $E\Pi_{r1}(Q)$ 是关于 Q 的凹函数. 再由

$$\lim_{Q \rightarrow 0} \frac{dE\Pi_{r1}(Q)}{dQ} = \varphi p - w_s + h \geq 0, \quad \lim_{Q \rightarrow +\infty} \frac{dE\Pi_{r1}(Q)}{dQ} = \varphi v - w_s \leq 0$$

及根的存在定理可知: $dE\Pi_{r1}(Q)/dQ = 0$ 存在唯一解 Q_{r1}^0 , 且 Q_{r1}^0 是 $E\Pi_{r1}(Q)$ 的最大值点. 因此, 若

$w_s Q_{r1}^0 \leq B$, 则 $Q_{r1}^* = Q_{r1}^0$; 若 $w_s Q_{r1}^0 \geq B$, 由于 $E\Pi_{r1}(Q)$ 在 $Q \leq Q_{r1}^0$ 是单调增函数, 所以 Q_{r1}^* 应满足 $w_s Q_{r1}^* = B$, 即 $Q_{r1}^* = B/w_s$;

2) 当 $w_s \geq \varphi p + h$ 时, $dE\Pi_{r1}(Q)/dQ < 0$, 此时, $Q_{r1}^* = 0$; 当 $w_s \leq \varphi v$ 时, $dE\Pi_{r1}(Q)/dQ > 0$, 此时, $Q_{r1}^* = B/w_s$ 。

因此, 供应商的期望利润函数为:

$$E\Pi_{s1}(Q_{r1}^*) = ((1-\varphi)p + w_s - c)Q_{r1}^* - (1-\varphi)(p-v) \int_0^{Q_{r1}^*} F(x) dx. \quad (9)$$

5. 供应链协调

在协调供应链时, 零售商必须采用供应链系统的最优订购量 Q_c^* , 需要的订购资金为 $w_s Q_c^*$, 由于零售商的自有资金为 B , 所以, $w_s Q_c^* \leq B$ 是供应链协调的必要条件之一。其次, 由定理2可知: 当 $w_s \geq \varphi p + h$ 时, $Q_{r1}^* = 0$ 对供应链协调研究无意义, 在本节中不考虑。

定理3若契约参数 (w_s, φ) 满足下列条件之一:

1) $w_s \leq B/Q_c^*$ 且

$$\varphi = \frac{p-v+h}{cp-cv+hv} w_s - \frac{(c-v)h}{cp-cv+hv}; \quad (10)$$

2) $\varphi \geq w_s/v$ 且

$$w_s = B/F^{-1}\left(\frac{p-c+h}{p-v+h}\right); \quad (11)$$

则批发价和收益共享契约可以使零售商资金有限的供应链得到协调。

证明: 1) 当参数 (w_s, φ) 满足(10)时, 即:

$$w_s = \frac{cp-cv+hv}{p-v+h} \varphi + \frac{(c-v)h}{p-v+h},$$

于是, 由假设 $p > c > v$ 可以得到:

$$w_s \geq \frac{v(p-v)+hv}{p-v+h} \varphi = \varphi v,$$

$$w_s \leq \frac{p(p-v)+ph}{p-v+h} \varphi + \frac{(p+h-v)h}{p-v+h} = \varphi p + h,$$

即 $\varphi v \leq w_s \leq \varphi p + h$ 。若 $w_s \leq B/Q_c^*$, 由定理2(1), 资金有限的零售商的最优订购量为 $Q_{r1}^* = Q_{r1}^0$ 。为使零售商和供应链系统的期望利润同时达到最优, 令 $Q_{r1}^* = Q_c^*$, 由(2)和(8)式可得:

$$F^{-1}\left(\frac{\varphi p - w_s + h}{\varphi p - \varphi v + h}\right) = F^{-1}\left(\frac{p-c+h}{p-v+h}\right),$$

整理得到(10)式。

2) 若 $\varphi \geq w_s/v$, 由定理2(2), 零售商的订购量为 $Q_{r1}^* = B/w_s$ 。为使零售商和供应链系统的期望利润同时达到最优, 令 $Q_{r1}^* = Q_c^*$, 由(2)和(7)式得到(11)式。

由定理3可知: 选择适当契约参数, 批发价和收益共享契约能使供应链得到协调, 但是该契约能够被供应链成员接受, 必须满足条件:

$$\begin{cases} E\Pi_{r1}(Q_{r1}^*) \geq M_r^*; \\ E\Pi_{s1}(Q_{r1}^*) \geq M_s^*, \end{cases}$$

其中： M_r^* 和 M_s^* 分别是零售商和供应商的保留利润，且 $M_r^* + M_s^* \leq E\Pi_c(Q_c^*)$ 。此时，供应链成员达到双赢。

定理4若契约参数 (w_s, φ) 满足下列条件之一：

1) 如果契约参数 (w_s, φ) 满足(10)式，且

$$w_{s1} \leq w_s \leq \min\{B/Q_c^*, w_{s2}\}; \quad (12)$$

2) 如果契约参数 (w_s, φ) 满足(11)式，且

$$\max\{w_s/v, \varphi_1\} \leq \varphi \leq \varphi_2; \quad (13)$$

则批发价和收益共享契约使零售商资金有限的供应链得到协调，且供应链成员达到双赢，其中，

$$w_{s1} = \frac{M_r^*(cp - cv + hv) - hvE\Pi_c(Q_c^*) + (p - v)ch\mu}{(E\Pi_c(Q_c^*) + h\mu)(p - v)}; \quad w_{s2} = c - \frac{M_s^*(cp - cv + hv)}{(E\Pi_c(Q_c^*) + h\mu)(p - v)};$$

$$\varphi_1 = \frac{M_r^* + B + hL(Q_c^*)}{E\Pi_c(Q_c^*) + cQ_c^* + hL(Q_c^*)}; \quad \varphi_2 = 1 - \frac{M_s^* + cQ_c^* - B}{E\Pi_c(Q_c^*) + cQ_c^* + hL(Q_c^*)}, \quad L(Q_c^*) = \mu - Q_c^* + \int_0^{Q_c^*} F(x)dx.$$

证明：1) 当契约参数 (w_s, φ) 满足(10)式，且 $w_s \leq B/Q_c^*$ ，由定理 3(1)可知，批发价和收益共享契约 (w_s, φ) 使供应链得到协调，并且 $Q_{r1}^* = Q_{r1}^0 = Q_c^*$ 。利用(10)，(6)和(9)式可得：

$$E\Pi_{r1}(Q_{r1}^*) = \frac{(p - v)w_s + hv}{cp - cv + hv} E\Pi_c(Q_c^*) - \frac{(p - v)(c - w_s)}{cp - cv + hv} h\mu,$$

$$E\Pi_{s1}(Q_{r1}^*) = \frac{(p - v)(c - w_s)}{cp - cv + hv} (E\Pi_c(Q_c^*) + h\mu).$$

由 $E\Pi_{r1}(Q_{r1}^*) \geq M_r^*$ 可得 $w_s \geq w_{s1}$ ，由 $E\Pi_{s1}(Q_{r1}^*) \geq M_s^*$ 可得 $w_s \leq w_{s2}$ 。于是，当 (w_s, φ) 满足(10)且 w_s 满足条件(12)时，批发价和收益共享契约 (w_s, φ) 能够使零售商资金有限的供应链得到协调，且供应链成员达到双赢；

2) 当契约参数 (w_s, φ) 满足(11)式，且 $\varphi \geq w_s/v$ ，由定理 3(2)可知，批发价和收益共享契约 (w_s, φ) 使供应链得到协调，并且 $Q_{r1}^* = Q_c^* = B/w_s$ 。利用(11)，(6)和(9)式可得：

$$E\Pi_{r1}(Q_{r1}^*) = \varphi [E\Pi_c(Q_c^*) + cQ_c^* + hL(Q_c^*)] - hL(Q_c^*) - B;$$

$$E\Pi_{s1}(Q_{r1}^*) = E\Pi_c(Q_c^*) - \varphi [E\Pi_c(Q_c^*) + cQ_c^* + hL(Q_c^*)] + hL(Q_c^*) + B,$$

其中， $L(Q_c^*) = \mu - Q_c^* + \int_0^{Q_c^*} F(x)dx$ ；由 $E\Pi_{r1}(Q_{r1}^*) \geq M_r^*$ 可得 $\varphi \geq \varphi_1$ ，由 $E\Pi_{s1}(Q_{r1}^*) \geq M_s^*$ 可得 $\varphi \leq \varphi_2$ 。

于是，当 (w_s, φ) 满足(11)且 φ 满足条件(13)时，批发价和收益共享契约 (w_s, φ) 能够使零售商资金有限的供应链得到协调，且供应链成员达到双赢。

6. 数值例子

考虑如下数值例子，其中参数取值为 $p=10$ ， $c=4$ ， $h=3$ ， $v=2$ ，市场对产品的需求 x 服从 $[0, 200]$ 的均匀分布，均值 $\mu=100$ 。

供应链系统的最优订购量和期望利润为： $Q_c^* = 163.6364$ ， $E\Pi_c^* = 436.3637$ 。假设在批发价契约 ($w=6$) 下，零售商资金无限时零售商和供应商的期望利润分别作为各自保留利润，则 $Q_r^* = 127.2727$ ， $M_r^* = E\Pi_r^* = 145.4545$ ， $M_s^* = E\Pi_s^* = 254.5455$ 。当零售商资金有限且受资金限制时(即 $wQ_r^* > B$)，若 $B = 70$ ，则 $Q_r^{**} = 11.6667$ ， $E\Pi_r^{**} = -222.0764$ ， $E\Pi_s^{**} = 23.3333$ ；若 $B = 215$ ，则 $Q_r^{**} = 35.8333$ ， $E\Pi_r^{**} = -84.4774$ ， $E\Pi_s^{**} = 71.6667$ ；若 $B = 360$ ，则 $Q_r^{**} = 60$ ， $E\Pi_r^{**} = 21$ ， $E\Pi_s^{**} = 120$ ，显然 $Q_r^* > Q_r^{**}$ ， $M_r^* > E\Pi_r^{**}$ ， $M_s^* > E\Pi_s^{**}$ ，即零售商受资金限制时，最优订购量变小，零售商和供应商的期望利润均减少。

批发价和收益共享契约的情形：

情形1： $\varphi p + h \geq w_s \geq \varphi v$

若 $B = 70$ ，由 $w_s \leq B/Q_c^*$ 可得： $w_s \leq 0.4278$ ，再由(10)式可得 $\varphi \leq -0.0341$ ，即：零售商分享的收益为负；由(12)式可得： $w_{s1} = 2.1235$ ， $\min\{B/Q_c^*, w_{s2}\} = 0.4278$ ，此时， w_s 为空集；则批发价和收益共享契约既无法使供应链得到协调也无法使供应链成员达到双赢。

若 $B = 215$ ，取 $w_s = 1.30$ 时，由(10)式可得 $\varphi = 0.2184$ ，由(8)式可得： $Q_{r1}^0 = 163.6364$ ，满足 $w_s Q_{r1}^0 \leq B$ ，于是， $Q_{r1}^* = Q_{r1}^0 = Q_c^*$ ；由图 1 中可以看出，供应链系统和资金有限的零售商的期望利润在 $Q = 163.6364$ 均达到最优，由此验证定理 3(1)的结论；由(12)式可得： $w_{s1} = 2.1235$ ， $\min\{B/Q_c^*, w_{s2}\} = 1.3139$ ，此时， w_s 为空集，则批发价和收益共享契约无法使供应链成员达到双赢。

若 $B = 360$ ，取 $w_s = 2.15$ 时，由(10)式可得 $\varphi = 0.4474$ ，由(8)可得： $Q_{r1}^0 = 163.6364$ ，满足 $w_s Q_{r1}^0 \leq B$ ，于是， $Q_{r1}^* = Q_{r1}^0 = Q_c^*$ ，从图 1 中可以看出，供应链系统和资金有限的零售商的期望利润在 $Q = 163.6364$ 均达到最优，由此验证定理 3(i)的结论。

由(12)式可得： $w_{s1} = 2.1235$ ， $\min\{B/Q_c^*, w_{s2}\} = 2.2002$ 。在 $[2.1107, 2.2264]$ 内以 0.0128 为间隔对 w_s 取值，由(10)式得出 φ ，并计算零售商和供应商的期望利润，结果如表 1。

由表 1 可知：1) 在批发价和收益共享契约下，当 w_s 在适当的区间 $[2.1235, 2.2002]$ 内取值且 (w_s, φ) 满足(10)式，有 $\Pi_{r1}^* - M_r^* \geq 0$ ， $\Pi_{s1}^* - M_s^* > 0$ ，即： $E\Pi_{r1}^* \geq M_r^*$ ， $E\Pi_{s1}^* > M_s^*$ ，且 $w_s Q_{r1}^* \leq B$ ，由此验证了定理 4(1)的结论。2) 随着 w_s 增大， φ 增大， $w_s Q_{r1}^*$ 增大， $E\Pi_{r1}^*$ 逐渐增大， $E\Pi_{s1}^*$ 逐渐减小；当 $w_s > 2.2002$ 时，随着 w_s 增大， $w_s Q_{r1}^* > B$ ，无法协调供应链。

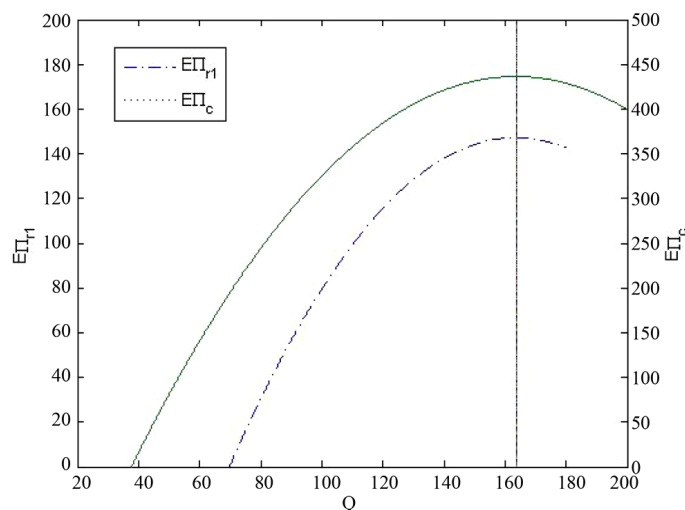


Figure 1. The expected profit curve of the retailer and the supply chain system

图 1. 零售商和供应链系统的期望利润曲线

情形 2: $\varphi \geq w_s/v$

若 $B = 70$, 取 $w_s = 0.4278$, $\varphi = 0.2200$, 满足 $\varphi \geq w_s/v$; 由(7)式可得: $Q_{r1}^* = 163.6364$, 满足 $w_s Q_{r1}^* = B$, 于是, $Q_{r1}^* = Q_c^* = B/w_s$, 由图 2 可以看出, 供应链系统和资金有限的零售商的期望利润在 $Q = 163.6364$ 均达到最优, 由此验证定理 3(ii)的结论。

由(13)可得: $\max\{w_s/v, \varphi_1\} = 0.2139$, $\varphi_2 = 0.2378$ 。在 $[0.2099, 0.2458]$ 内以 0.003983 为间隔对 φ 取值, 分别计算零售商和供应商的期望利润, 结果如表 2。

由表 2 可知: (1)在批发价和收益共享契约下, 当 φ 在适当的区间 $[0.2139, 0.2378]$ 内取值, 且 (w_s, φ) 满足 $\varphi > w_s/v$ 和(11)式时, 有 $\Pi_{r1}^* - M_r^* > 0$, $\Pi_{s1}^* - M_s^* \geq 0$, 即: $E\Pi_{r1}^* > M_r^*$, $E\Pi_{s1}^* \geq M_s^*$, 由此验证了定理 4(2)的结论。(2)随着 φ 增大, $E\Pi_{r1}^*$ 逐渐增大, $E\Pi_{s1}^*$ 逐渐减小; 当 $\varphi > 0.2378$ 时, 随着 φ 增大, 有 $\Pi_{r1}^* - M_r^* > 0$, $\Pi_{s1}^* - M_s^* < 0$, 即 $E\Pi_{r1}^* > M_r^*$, $E\Pi_{s1}^* < M_s^*$, 无法使供应链成员达到双赢。

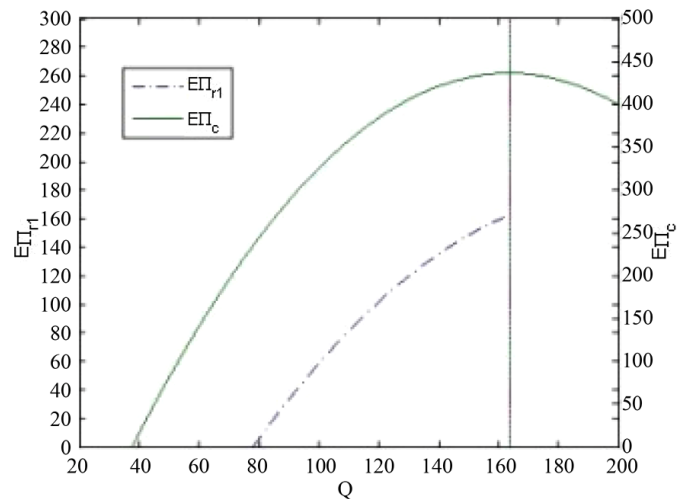


Figure 2. The expected profit curve of the retailer and the supply chain system

图 2. 零售商和供应链系统的期望利润曲线

Table 1. The impact of w_s on φ , $w_s Q_{r1}^*$ and the expectations of the retailers and suppliers

表 1. w_s 对 φ 、 $w_s Q_{r1}^*$ 以及零售商和供应商期望利润的影响

| w_s | φ | $w_s Q_{r1}^*$ | Π_{r1}^* | Π_{s1}^* | $\Pi_{r1}^* - M_r^*$ | $\Pi_{s1}^* - M_s^*$ |
|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| 2.1107 | 0.4531 | 345.3873 | 143.4750 | 292.8886 | -1.9795 | 38.3432 |
| 2.1235 | 0.4568 | 347.4819 | 145.4632 | 290.9005 | 0.0086 | 36.3550 |
| 2.1363 | 0.4605 | 349.5764 | 147.4514 | 288.9123 | 1.9968 | 34.3668 |
| 2.1492 | 0.4642 | 351.6710 | 149.4395 | 286.9241 | 3.9850 | 32.3786 |
| 2.1620 | 0.4679 | 353.7655 | 151.4277 | 284.9359 | 5.9732 | 30.3905 |
| 2.1748 | 0.4717 | 355.8601 | 153.4159 | 282.9477 | 7.9614 | 28.4023 |
| 2.1876 | 0.4754 | 357.9546 | 155.4041 | 280.9595 | 9.9495 | 26.4141 |
| 2.2002 | 0.4791 | 359.9999 | 157.3555 | 278.9714 | 11.9377 | 24.4259 |
| 2.2133 | 0.4828 | 362.1437 | 159.3672 | 276.9698 | 13.3127 | 22.4243 |
| 2.2264 | 0.4866 | 364.2383 | 161.3540 | 274.9061 | 15.8995 | 20.3606 |

Table 2. The impact of φ on the expected profit of the retailer and the supplier
表 2. φ 对零售商和供应商的期望利润的影响

| w_s | φ | Π_{r1}^* | Π_{s1}^* | $\Pi_{r1}^* - M_r^*$ | $\Pi_{s1}^* - M_s^*$ |
|--------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| 0.4728 | 0.2099 | 151.1461 | 285.2175 | 5.6916 | 30.6721 |
| | 0.2139 | 155.5307 | 280.8329 | 10.0762 | 26.2875 |
| | 0.2179 | 159.9153 | 276.4483 | 14.4608 | 21.9029 |
| | 0.2219 | 164.2999 | 272.0637 | 18.8453 | 17.5183 |
| | 0.2258 | 168.6845 | 267.6792 | 23.2299 | 13.1337 |
| | 0.2298 | 173.0691 | 263.2946 | 27.6145 | 8.7491 |
| | 0.2338 | 177.4537 | 258.9100 | 31.9991 | 4.3645 |
| | 0.2378 | 181.8383 | 254.5254 | 36.3837 | 0.0001 |
| | 0.2418 | 186.2228 | 250.1408 | 40.7683 | -4.4047 |
| | 0.2458 | 190.6074 | 245.7562 | 45.1529 | -8.7893 |

7. 总结

本文对零售商资金有限的供应链协调问题进行了研究, 结果表明: 通过批发价契约减少零售商的订购资金, 收益共享契约对供应商进行补偿, 不仅可以解决零售商的资金有限问题, 还可以实现供应链协调。在本文的方法中, 零售商可以利用自有资金支付全部货款, 而在延迟支付契约中零售商的自有资金仅仅支付部分货款, 所以, 这两种策略是不同的。本文的结论可为零售商资金有限的供应链管理提供一定的指导和借鉴。尽管批发价和收益共享契约可以实现零售商资金有限的供应链协调, 可是供应商面临风险的评估值得进一步研究。

基金项目

国家自然科学基金项目(71261002)。

参考文献 (References)

- [1] 张辰, 赵达. 资金约束下供应链协调问题研究现状及展望[J]. 物流工程与管理, 2017(3): 52-56.
- [2] 王文利. 基于资金约束的供应链成员间内部融资策略研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [3] 侯博, 庄新田, 陈怡杉, 等. 基于零售商资金约束的供应链协调[J]. 东北大学学报, 2016, 37(8): 1212-1216.
- [4] Heydari, J., Rastegar, M. and Glock, C.H. (2017) A Two-Level Delay in Payments Contract for Supply Chain Coordination: The Case of Credit-Dependent Demand. *International Journal of Production Economics*, **191**, 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.05.004>
- [5] 李凯, 陈卫华. 零售商资金约束的多渠道供应链定价策略[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2015(10): 1511-1515.
- [6] Moussawi-Haidar, L., Dbouk, W., Jaber, M.Y., et al. (2014) Coordinating a Three-Level Supply Chain with Delay in Payments and a Discounted Interest Rate. *Computers & Industrial Engineering*, **69**, 29-42. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.12.007>
- [7] 张小娟, 王勇. 零售商资金约束的双渠道供应链决策[J]. 控制与决策, 2014(2): 299-306.
- [8] Xiao, S., Sethi, S.P., Liu, M., et al. (2017) Coordinating Contracts for a Financially Constrained Supply Chain. *Omega*, **72**, 71-86. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.11.005>
- [9] 陈祥锋. 资金约束供应链中贸易信用合同的决策与价值[J]. 管理科学学报, 2013(12): 13-20.
- [10] Aljazzar, S.M., Gurtu, A. and Jaber, M.Y. (2017) Delay-in-Payments—A Strategy to Reduce Carbon Emissions from Supply Chains. *Journal of Cleaner Production*, **170**, 636-644. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.177>

- [11] Caldentey, R.E. and Chen, X. (2011) The Role of Financial Services in Procurement Contracts. John Wiley & Sons, Inc., 289-326. <https://doi.org/10.1002/9781118115800.ch11>
- [12] 庞庆华. 供应链收益共享契约的协调机制与优化策略[M]. 北京: 经济科学出版社, 2012.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-1476, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: orf@hanspub.org