

文章编号: 1003-207(2010)04-0101-06

收益共享契约下三级供应链应对突发事件的协调研究

庞庆华

(河海大学商学院, 江苏 常州 213022)

摘要: 在随机市场需求下, 收益共享契约可以实现由制造商-分销商-零售商组成的供应链系统的协调。当突发事件导致市场需求分布发生变化时, 原有的协调将被打破。给出了供应链系统对突发事件的最优应对策略, 改进了收益共享契约, 使其能协调应对突发事件, 即建改进后的收益共享契约具有抗突发事件性, 并讨论了系统利润在供应链成员之间分配的情况。最后通过仿真给出了具体的算例。

关键词: 供应链协调; 供应链契约; 收益共享契约; 突发事件应急管理; 抗突发事件性

中图分类号: F274 **文献标识码:** A

1 引言

收益共享契约是指供应商给零售商一个较低的批发价格, 并获得零售商的一部分销售收益, 从而改进供应链运作绩效的一种协调方式, 可以用参数 (w^c, φ) 来描述。这种契约最早在音像出租行业, 后来被推广到了其他行业。Cachon^[1] 对收益共享契约模型的优点和不足进行了详细的探讨; 在 Cachon 的基础上, Giannoccaro^[2] 等探讨了能够使得三级供应链协调的收益共享契约模型。

然而, 当今的社会是一个突发事件发生频繁的社会, 对于已协调的供应链系统如何应对突发事件的研究显得格外重要。最初研究供应链系统应对突发事件的文献是由 Qi^[3] 等给出的, 他们分析了突发事件后市场规模的变化对供应链协调所造成的影响, 通过调整原来的协调机制来使得供应链系统在新的协约下达到协调。此后, 越来越多的研究者加入到这一新的研究领域中来^[4]。

Huang^[5] 等研究了如何利用价格折扣契约来应对突发事件。Xiao^[6] 等在产品数量固定情况下建立了一个进化博弈模型来研究在市场需求和原材料发

生突发事件时零售商的战略选择问题。之后 Xiao^[7] 等研究了由一个制造商和两个具有竞争的零售商组成的供应链, 在发生突发事件后讨论了线性数量折扣契约和全数量折扣契约来应对突发事件, 并与原来的协调机制进行了对比。在此基础上, Xiao^[8] 又研究了在制造商的生产费用突变时的情况, 讨论这对供应链协调机制的影响, 对全数量折扣契约和部分数量折扣契约进行了改进以应对突发事件。Chen^[9] 等在 Xiao 的基础上研究了由一个制造商、一个占支配地位的零售商和多个从属的零售商组成的供应链, 研究了线性数量折扣契约和批发价格契约来应对突发事件的影响。

在国内方面, 于辉^[10] 等提出了具有抗突发事件的两阶段数量折扣契约。与于辉不同的是, 腾春贤^[11] 等是在建立了供应链网络均衡模型的基础上设计了具有抗突发事件的数量折扣契约。随后, 于辉^[12-13] 等在两阶段供应链中分别研究了在批发价格契约下和需求依赖价格的收益共享契约, 在批发价格契约下, 只有当突发事件造成市场需求规模足够大时, 供应商才会调整生产机会并实时启动应急管理; 在收益共享契约下, 指出零售商的最优应对价格是对供应链系统最优价格的扭曲, 并提出了一个用于两阶段的用于协调突发事件下供应链系统的收益共享契约模型。马成^[14] 等提了应对突发事件的两阶段期权契约。孙亮^[15] 和曹二保^[16] 研究的内容类似, 可以看作是建立了应对突发事件的两阶段收益共享契约。张菊亮^[17] 等在供应商管理库存的

收稿日期: 2009-09-22; 修订日期: 2010-05-24

基金项目: 江苏省教育厅高校哲学社会科学基金项目 (08SJD6300060); 河海大学科技创新基金项目 (09B002-04)

作者简介: 庞庆华(1977-), 男(汉族), 山东菏泽人, 河南大学商学院, 博士, 讲师, 研究方向: 供应链管理。

情况下, 提出一个未售货物补充契约来应对突发事件。

从上述文献可以看出, 对于突发事件下供应链协调问题的研究大多是在两级供应链进行的, 而针对三级供应链研究的则较少, 从文献上看, 王虹^[18]等在于辉^[10]等人的基础上, 在分别考虑市场规模变化和额外成本是非线性的情况下, 提出了具有考突发事件的三阶段的数量折扣契约。胡劲松^[19]等提出了具有抗突发事件的三阶段的价格折扣契约模型。值得注意的是, 上述文献提出的具有抗突发事件的契约模型大都是一基于数量折扣的契约模型, 如胡劲松^[19]提出的是基于数量折扣的价格折扣契约模型, 孙亮^[15]提出是基于数量折扣的收益共享契约模型等, 这些契约并非单纯的一种形式。这种混合的契约形式可能在实施过程中花费较高的成本和监管费用, 从而导致其无法在供应链实际运作过程中具体应用。

突发事件是不可预测的, 将使得零售商面对的市场需求发生变化, 从而使得收益共享契约的协调功能受到极大的限制。因此, 本文要解决的问题是: 突发事件后原有的收益共享契约能否使得三级供应链协调以及如何设计适合三级供应链抗突发事件的单一形式的收益共享契约。

2 模型描述与符号

本文的研究对象是由制造商(*m*)、分销商(*d*)和零售商(*r*)组成的直链式三阶层供应链, 上游成员向下游成员提供单一产品, 且供应链成员只与自己的上游企业或者下游企业发生联系。零售商所面对的是随机的市场需求, 分销商与零售商在销售季节开始之前都只有一次采购机会。假设制造商、分销商和零售商是风险中性和完全理性的, 即他们根据各自期望利润最大化的原则进行决策, 同时三者之间的信息是对称的。

假定市场需求为 *x*, *x* 是连续随机的, 其概率密度函数与分布函数分别是 *f(x)* 和 *F(x)*, 其中 *F(x)* 连续可微, 市场需求均值为 μ ; *p* 为产品销售价格; *c_i* 为供应链成员的边际成本 (*i* = *m*, *d*, *r*); *g_i* 为供应链成员的缺货损失 (*i* = *m*, *d*, *r*); *v* 为产品的残值; α 为突发事件之后市场需求上升而增加生产, 从而导致分销商 (*i* = *d*) 和制造商 (*i* = *m*) 带来的单位成本; β 为突发事件之后市场需求下降, 从而导致零售商 (*i* = *r*)、分销商 (*i* = *d*) 和制造商 (*i* = *m*) 处理剩余产品而带来的单位成本; *w^j* 为 *j* (*j* = *c*, *d*) 模

式下上游成员给予其下游成员的批发价格 (*i* = *m*, *d*); *Q* 为产品的订购量。

对于理性的供应链成员来说, 在分散无契约模式下, 产品的销售价格应高于其生产成本时才有提供产品的意愿, 即对于制造商来说有 $w_m^d > c_d$, 对于分销商来说有 $w_d^d > w_m^d + c_d$, 对于零售商来说有 $v < c_r + c_d + c_m < p, w_d^d + c_r < p$ 。另外为简单起见, 假定 $c = c_m + c_d + c_r, g = g_m + g_d + g_r, \alpha = \alpha_l + \alpha_m, \beta = \beta_i + \beta_l + \beta_m$ 。

显然, 当零售商的产品订购量为 *Q* 时, 其期望销售量为 $S(Q) = E(\min(x, Q)) = Q - \int_0^Q F(x) dx$; 产品的期望剩余量为 $I(Q) = E(Q - x)^+ = Q - S(Q)$; 产品的期望缺货量为 $L(Q) = E(x - Q)^+ = \mu - S(Q)$ 。

3 基本收益共享契约模型

Giannoccaro 在其文献中没有考虑缺货损失和剩余产品残值对供应链协作的影响。这里考虑缺货损失和产品残值情况下, 分析建立起能够使得三级供应链协作的收益共享契约模型。假定零售商从分销商那里以批发价格 w_d^c 获得产品, 并以 (1- φ_2) 比例的收益作为回报分销商; 而分销商从制造商那里以批发价格 w_m^c 获得产品, 并以 (1- φ_1) 比例的收益作为回报制造商。则此时零售商、分销商、制造商和供应链系统的期望利润分别为:

$$\Pi_r^c(Q) = \varphi_2 [pS(Q) + vI(Q)] - c_r Q - w_d^c Q - g_r L(Q) = [\varphi_2(p - v) + g_r] S(Q) - (c_r + w_d^c - \varphi_2 v) Q - g_r \mu \tag{1}$$

$$\Pi_d^c(Q) = \varphi_1 [(1 - \varphi_2)(pS(Q) + vI(Q)) + w_d^c Q] - c_d Q - w_m^c Q - g_d L(Q) = [\varphi_1(1 - \varphi_2)(p - v) + g_d] S(Q) - [c_d + w_m^c - \varphi_1(1 - \varphi_2)v - \varphi_1 w_d^c] Q - g_d \mu \tag{2}$$

$$\Pi_m^c(Q) = (1 - \varphi_1)[(1 - \varphi_2)(pS(Q) + vI(Q)) + w_d^c Q] + w_m^c Q - c_m Q - g_m L(Q) = [(1 - \varphi_1)(1 - \varphi_2)(p - v) + g_m] S(Q) - [c_m - w_m^c - (1 - \varphi_1)(1 - \varphi_2)v - (1 - \varphi_1)w_d^c] Q - g_m \mu \tag{3}$$

$$\Pi_t^c(Q) = pS(Q) + vI(Q) - cQ - gL(Q) = (p + g - v) S(Q) - (c - v) Q - g \mu \tag{4}$$

命题 1: 当 w_d^c 和 w_m^c 满足式(5)时, 收益共享契约够使得三级供应链协作

$$\begin{cases} w_a^c = \varphi_2 c + \frac{(c-v)(g_r - \varphi_2 g)}{p+g-v} - c_r \\ w_m^c = \varphi_1 c + \frac{(c-v)(g_d + \varphi_1 g_r - \varphi_1 g)}{p+g-v} \\ - \varphi_1 c_r - c_d \end{cases} \quad (5)$$

证明: 收益共享契约若使得三级供应链协作, 一个必要条件就是供应链成员的最优订购量与供应链系统的最优订购量相等, 即:

$$\frac{\partial \Pi_r(Q^*)}{\partial Q} = \frac{\partial \Pi_d(Q^*)}{\partial Q} = \frac{\partial \Pi_m(Q^*)}{\partial Q} = \frac{\partial \Pi_s(Q^*)}{\partial Q} = 0$$

从而容易得出式(5)。将式(5)分别代入供应链成员的利润函数可得:

$$\Pi_r(Q) = \lambda \Pi(Q) + \mu(\lambda g - g_r) \quad (6)$$

$$\Pi_d(Q) = \lambda \Pi(Q) + \mu(\lambda g - g_d) \quad (7)$$

$$\Pi_m(Q) = \lambda \Pi(Q) + \mu(\lambda_3 g - g_m) \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\varphi_2(p-v) + g_r}{p+g-v},$$

$$\lambda_3 = \frac{\varphi_1(1-\varphi_2)(p-v) + g_d}{p+g-v},$$

$$\lambda_3 = \frac{(1-\varphi_1)(1-\varphi_2)(p-v) + g_m}{p+g-v}$$

从式(6)、(7)、(8)可以看出, 供应链成员的利润函数均为供应链系统利润函数的仿射函数, 故此时收益共享契约能够使得三级供应链协作, 供应链成员根据上述公式来分配系统利润。

从命题 1 的证明过程中可以得到, 供应链系统的最优订购量应满足: $F(Q^*) = \frac{p+g-c}{p+g-v}$ 。

4 突发事件下的供应链协调

4.1 突发事件对供应链的影响

对于已经协调的供应链系统来说, 在销售季节开始前, 供应链成员将根据收益共享契约来制定最优的订购量 Q^* 以及安排相应的生产计划。若突发事件的发生导致市场需求分布函数发生了变化, 即由 $F(x)$ 变化为 $G(x)$, 则此时供应链系统的利润函数变为:

$$\begin{aligned} \Pi_s(Q) &= pS_g(Q) + vI_g(Q) - cQ - gL_g(Q) \\ &- (\alpha + \alpha_n)(Q - Q^*)^+ - (\beta + \beta_l + \beta_m)(Q^* - Q)^+ \\ &= (p+g-v)S_g(Q) - (c-v)Q - g\mu_g \\ &- \alpha(Q - Q^*)^+ - \beta(Q^* - Q) \end{aligned} \quad (9)$$

突发事件对供应链系统造成的影响有许多方面, 这里考虑市场规模变化对于供应链最优订购量

的影响。为了更好的说明问题, 下面给出两个引理。

引理 1^[4]: 如果突发事件造成市场规模增大, 即 $\bar{G}(x) \geq F(Q)$, 对于任意的 $Q \geq 0$, 则 $\bar{Q} \geq Q^*$; 如果突发事件造成市场规模减小, 即 $\bar{G}(x) \leq F(Q)$, 对于任意的 $Q \geq 0$, 则 $\bar{Q} \leq Q^*$ 。其中 \bar{Q} 为突发事件发生情况下的最优订货量, 即 $\bar{Q} = \arg \max_Q \Pi_s(Q)$ 。

引理 2^[4]: 突发事件造成零售商面临的市场规模变大或者变小时, 供应链的最优订购量满足:

$$\bar{Q} = \begin{cases} Q, & \text{当 } Q > Q^* \\ Q^*, & \text{其他} \\ \tilde{Q}, & \text{当 } \tilde{Q} < Q^* \end{cases}$$

其中, Q 是市场需求增大满足 $\Pi_s(Q)$ 一阶最优性的解, 即方程 $\bar{G}(Q) = \frac{c-v+\alpha}{p+g-v}$ 的解, \tilde{Q} 是市

场需求减小满足 $\Pi_s(Q)$ 一阶最优性的解, 即方程 $\bar{G}(Q) = \frac{c-v-\beta}{p+g-v}$ 的解。

命题 2: 当突发事件发生后造成市场需求发生较大变化时, 即 $Q > Q^*$ 或 $\tilde{Q} < Q^*$ 时, 若仍然采用原来的收益共享契约, 则无法使得三级供应链协作。

证明: 突发事件发生后, 若仍然采取原来的收益共享契约, 由命题 1 知 w_a^c 和 w_m^c 满足式(5), 则此时零售商、分销商、制造商的期望利润函数分别为:

证明: 突发事件发生后, 若仍然采取原来的收益共享契约, 由命题 1 知 w_a^c 和 w_m^c 满足式(5), 则此时零售商、分销商、制造商的期望利润函数分别为:

证明: 突发事件发生后, 若仍然采取原来的收益共享契约, 由命题 1 知 w_a^c 和 w_m^c 满足式(5), 则此时零售商、分销商、制造商的期望利润函数分别为:

$$\begin{aligned} \Pi_r(Q) &= \varphi_2 [pS_g(Q) + vI_g(Q)] - c_r Q - w_a^c Q \\ &- g_r L_g(Q) = [\varphi_2(p-v) + g_r] S_g(Q) - (c_r + w_a^c - \varphi_2 v) Q - g_r \mu_g \\ &= \lambda [\Pi(Q) + \alpha(Q - Q^*)^+ + \beta(Q^* - Q)^+] + \mu_g(\lambda g - g_r) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Pi_d(Q) &= \varphi_1 [(1-\varphi_2)(pS_g(Q) + vI_g(Q)) + w_a^c Q] \\ &- c_d Q - w_m^c Q - g_d L_g(Q) = \lambda [\Pi(Q) + \alpha(Q - Q^*)^+ + \beta(Q^* - Q)^+] \\ &+ \mu_g(\lambda g - g_d) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Pi_m(Q) &= (1-\varphi_1) [(1-\varphi_2)(pS_g(Q) + vI_g(Q)) + w_a^c Q] \\ &+ w_m^c Q - c_m Q - g_m L_g(Q) = \lambda_3 [\Pi(Q) + \alpha(Q - Q^*)^+ + \beta(Q^* - Q)^+] \\ &+ \mu_g(\lambda_3 g - g_m) \end{aligned} \quad (12)$$

显然供应链成员的期望利润函数不再是供应链系统期望利润函数的仿射函数, 故当突发事件发生后造成市场需求发生较大变化时, 若仍采用原来的收益共享契约则无法使得供应链协作。

4.2 突发事件下供应链协调的应对策略

由命题 2 知, 当突发事件发生后若造成市场需求发生较大变化时, 使用收益共享契约协作的供应链系统将不再协作, 因此, 有必要对收益共享契约做

出相应的调整来使得供应链协作。令:

$$\begin{cases} w^c_d = \varphi_2(c + k_1\alpha + k_2\beta) - c_r - k_2\beta \\ + \frac{(c - v + k_1\alpha + k_2\beta)(g_r - \varphi_2g)}{p + g - v} \\ w^c_m = \varphi_1(c + k_1\alpha + k_2\beta) - \varphi_1c_r - cd - k_1\alpha \\ - k_2(\varphi_1\beta + \beta_l) \\ + \frac{(c - v + k_1\alpha + k_2\beta)(g_d + \varphi_1g_r - \varphi_1g)}{p + g - v} \end{cases} \quad (13)$$

$$k_1 = \frac{(Q - Q^*)^+}{(Q - Q^*)^+ + (Q^* - Q)^+},$$

$$k_2 = - \frac{(Q^* - Q)^+}{(Q - Q^*)^+ + (Q^* - Q)^+}$$

命题 3: 经过调整的收益共享契约能够使得三级供应链协作。

证明: 在突发事件发生后, 零售商、分销商和制造商的利润函数分别为:

$$\begin{aligned} \Pi_r^c(Q) &= \varphi_2[pS_g(Q) + vI_g(Q)] \\ &- c_rQ - w^c_dQ - g_rL_g(Q) - \beta(Q^* - Q)^+ \\ &= [\varphi_2(p - v) + g_r]S_g(Q) - (c_r + w^c_d - \varphi_2v)Q \\ &- g_r\mu_g - \beta(Q^* - Q)^+ \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \Pi_d^c(Q) &= \varphi_1[(1 - \varphi_2)(pS_g(Q) + vI_g(Q)) \\ &+ w^c_dQ] - cdQ - w^c_mQ - g_dL_g(Q) - \alpha_d(Q - Q^*)^+ - \\ &\beta_l(Q^* - Q)^+ = [\varphi_1(1 - \varphi_2)(p - v) + g_d]S_g(Q) - \\ &g_d\mu_g - \alpha_d(Q - Q^*)^+ - [cd + w^c_m - \varphi_1(1 - \varphi_2)v - \\ &\varphi_1w^c_d]Q - \beta_l(Q^* - Q)^+ \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \Pi_m^c(Q) &= (1 - \varphi_1)[(1 - \varphi_2)(pS_g(Q) + \\ &vI_g(Q)) + w^c_dQ] + w^c_mQ - c_mQ - g_mL_g(Q) - \alpha_m(Q - \\ &Q^*)^+ - \beta_m(Q^* - Q)^+ = [(1 - \varphi_1)(1 - \varphi_2)(p - v) + \\ &g_m]S_g(Q) - g_m\mu_g - \alpha_m(Q - Q^*)^+ - \beta_m(Q^* - Q)^+ - \\ &[c_m - w^c_m - (1 - \varphi_1)(1 - \varphi_2)v - (1 - \varphi_1)w^c_d]Q \end{aligned} \quad (16)$$

易得到:

$$\frac{\partial^2 \Pi_r^c(Q)}{\partial Q^2} < 0, \frac{\partial^2 \Pi_d^c(Q)}{\partial Q^2} < 0, \frac{\partial^2 \Pi_m^c(Q)}{\partial Q^2} < 0, \frac{\partial^2 \Pi_m^c(Q)}{\partial Q^2} < 0 \text{ 即 } \Pi_r^c(Q), \Pi_d^c(Q), \Pi_m^c(Q), \Pi_m^c(Q) \text{ 均为 } Q \text{ 的凹函数。}$$

(1) 突发事件后导致市场规模扩大, 此时有:

$$(Q - Q^*)^+ = Q - Q^*, (Q^* - Q)^+ = 0, k_1 = 1, k_2 = 0$$

故此时

$$\begin{cases} w^c_d = \varphi_2(c + \alpha) + \frac{(c - v + \alpha)(g_r - \varphi_2g)}{p + g - v} - c_r \\ w^c_m = \varphi_1(c + \alpha) + \frac{(c - v + \alpha)(g_d + \varphi_1g_r - \varphi_1g)}{p + g - v} \\ - \varphi_1c_r - cd - \alpha \end{cases}$$

将 w^c_d, w^c_m 分别代入零售商、分销商与制造商的利润函数得到:

$$\begin{aligned} \Pi_r^c(Q) &= \varphi_2[pS_g(Q) + vI_g(Q)] - c_rQ - w^c_dQ \\ - g_rL_g(Q) &= \lambda[\Pi(Q) + g\mu_g - \alpha Q^*] - g_r\mu_g \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \Pi_d^c(Q) &= \varphi_1[(1 - \varphi_2)(pS_g(Q) + vI_g(Q)) + \\ w^c_dQ] - cdQ - w^c_mQ - g_dL_g(Q) - \alpha_d(Q - Q^*)^+ &= \\ \lambda[\Pi(Q) + g\mu_g - \alpha Q^*] - g_d\mu_g + \alpha_dQ^* \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \Pi_m^c(Q) &= (1 - \varphi_1)[(1 - \varphi_2)(pS_g(Q) + \\ vI_g(Q)) + w^c_dQ] + w^c_mQ - c_mQ - g_mL_g(Q) - \alpha_m(Q - \\ Q^*)^+ &= \lambda[\Pi(Q) + g\mu_g - \alpha Q^*] - g_m\mu_g + \alpha_mQ^* \end{aligned} \quad (19)$$

显然, 此时零售商、分销商、制造商的期望利润函数是整个供应链系统期望利润函数的仿射函数, 因此, 经过调整之后的收益共享契约能够使得三级供应链协作。

(2) 突发事件后导致市场规模缩小, 此时有:

$$(Q - Q^*)^+ = 0, (Q^* - Q)^+ = Q^* - Q, k_1 = 0, k_2 = -1$$

故此时:

$$\begin{cases} w^c_d = \varphi_2(c - \beta) + \frac{(c - v - \beta)(g_r - \varphi_2g)}{p + g - v} - c_r + \beta \\ w^c_m = \varphi_1(c - \beta) + \frac{(c - v - \beta)(g_d + \varphi_1g_r - \varphi_1g)}{p + g - v} \\ - \varphi_1c_r - cd + \varphi_1\beta + \beta_l \end{cases}$$

将 w^c_d, w^c_m 分别代入零售商、分销商与制造商的利润函数得到:

$$\begin{aligned} \Pi_r^c(Q) &= \varphi_2[pS_g(Q) + vI_g(Q)] - c_rQ \\ - w^c_dQ - g_rL_g(Q) - \beta(Q^* - Q) &= \\ \lambda[\Pi(Q) + g\mu_g + \beta Q^*] - g_r\mu_g - \beta Q^* \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \Pi_d^c(Q) &= \varphi_1[(1 - \varphi_2)(pS_g(Q) + vI_g(Q)) + \\ w^c_dQ] - cdQ - w^c_mQ - g_dL_g(Q) - \beta_l(Q^* - Q) &= \\ \lambda[\Pi(Q) + g\mu_g + \beta Q^*] - g_d\mu_g - \beta_lQ^* \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \Pi_m^c(Q) &= (1 - \varphi_1)[(1 - \varphi_2)(pS_g(Q) + \\ vI_g(Q)) + w^c_dQ] + w^c_mQ - c_mQ - g_mL_g(Q) - \beta_m(Q^* - \\ - Q) &= \lambda[\Pi(Q) + g\mu_g + \beta Q^*] - g_m\mu_g - \beta_mQ^* \end{aligned} \quad (22)$$

显然, 此时零售商、分销商、制造商的期望利润函数依然是整个供应链系统期望利润函数的仿射函数, 因此, 经过调整之后的收益共享契约能够使得三级供应链协作。

综合 (1) 和 (2) 可得到: 当契约参数满足如下表达式 (13) 时, 此时收益共享契约能够使得三级供应链协作。

如果突发事件造成市场需求变化较小时, 原有的收益共享契约机制能够使得三级供应链协作; 当突发事件造成市场需求发生较大变化时, 则原来的收益共享契约无法使得供应链协作, 原因在于突发事件造成供应链成本的增加, 因此, 必须由供应链成员按照一定的规则共同来承担这个成本才能维系供应链的协作, 上述给出的调整之后的收益共享契约能够满足这一要求, 因此, 能够实现供应链的协作。

表 2 突发事件发生前后供应链系统的参数比较

	突发事件发生前需求满足 $N(100, 40^2)$			没有发生突发事件且需求满足 $N(80, 30^2)$	突发事件发生后需求满足 $N(80, 30^2)$	
	分散无契约	集中决策	收益共享契约	原收益共享契约	原契约	新契约
订购量	103	144	144	113	113	128
期望销售量	86	97	97	79	79	94
总利润	2167	2369	2369	2208	1865	2390

从表 2 可以看到, 三级供应链在应对突发事件时采用调整之后的收益共享契约可以提高供应链系统的订购量, 从而提高供应链系统的总利润。表 2 也表明, 如果突发事件造成的市场规模变化较小时, 仍然可以使用原有的收益共享契约来协调供应链; 但如果突发事件造成市场规模变化较大时, 则需要采用改进的收益共享契约来协调供应链, 此时供应链成员需要承担突发事件所造成的成本。

同样可知, 在应对突发事件的收益共享契约下, 供应链成员的利润不同程度的受到契约参数的影响。如保证收益共享契约的顺利实施, 则除了实现全局协调之外还需要保证契约式供应链中各节点企业的利润大于他们不采用契约时的利润, 即对于契约参数还需要进行限制取值。表 3 则描述不同的契约参数对供应链各成员利润的影响。

从表 3 可以看出, 当 $(\phi_1, \phi_2) = (0.55, 0.5)$, 能够保证收益共享契约在供应链成员之间顺利实施, 从而使得供应链协作; 当 (ϕ_1, ϕ_2) 的取值为其他数值时, 尽管此时供应链处于一种协作状态, 但只是代表系统利润在不同成员之间的分配, 并不能一定保证收益共享契约的顺利实施。

事实上, 在采取收益共享契约来协调供应链, 系

5 算例分析

假定某供应链由零售商、分销商与制造商组成, 他们之间缔结了收益共享契约。有关参数如表 1 所示。

表 1 成本参数

参数	v	c_r	c_d	c_m	g_r	g_d	g_m	w_d^d	w_m^d	p
取值	3	1	2	5	2	1	2	18	10	35

突发事件发生前市场需求满足正态分布 $N(100, 40^2)$, 突发事件发生后造成市场需求变为满足正态分布 $N(80, 30^2)$ 。假设对于零售商、分销商和制造商来说均有 $\alpha_l = \alpha_m = \beta_l = \beta_d = \beta_m = 1$ 。表 2 给出了在突发事件发生前后采用不同契约时供应链系统的各个参数(此时假定 $\phi_1 = 0.5, \phi_2 = 0.45$)。

系统的总利润得到提高之后, 由于制造商、分销商和零售商的利润份额已有三者的讨价还价能力和市场地位所决定, 这样供应链上各成员的分配利润都能得到有效的提高。

表 3 契约参数对供应链成员利润的影响

	ϕ_1	0.55	0.5	0.4	0.7	0.8	0.3
	ϕ_2	0.5	0.3	0.6	0.5	0.4	0.7
分散无契约	\prod_r^d	1076	1076	1076	1076	1076	1076
	\prod_d^d	604	604	604	604	604	604
	\prod_m^d	487	487	487	487	487	487
收益共享契约	\prod_r^d	1263.5	706.1	1542.2	1263.5	948.8	1820.8
	\prod_d^d	629	838.4	308.9	838.4	1200.6	113.9
	\prod_r^d	497.1	845.5	538.9	288.1	204.6	455.3

6 结语

在随机市场需求下, 本文对利用收益共享契约协调的三级供应链如何应对突发事件的问题进行了探讨。命题 2 表明若突发事件造成市场规模变化较小时, 原有的收益共享契约仍然能够实现供应链协调, 即供应链成员可以按照原来的方式进行运作; 若突发事件造成市场规模变化较大时, 则利用原来的契约无法使得此时的供应链协作, 本文对收益共享

契约进行了改进使之具有抗突发性。当然, 本文的研究是在风险中性和信息对称的前提下进行的, 因此, 在下一步的研究中应考虑更加复杂的情况。

参考文献:

- [1] Cachon G. P., Lariviere M. A.. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations [J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30-46.
- [2] Giannoccaro I., Potrandolfo P.. Supply chain coordination by revenue sharing contracts [J]. *International Journal of Production Economics*, 2004, 89(1): 131-139.
- [3] Qi X. T., Bard J. F., Yu G.. Supply chain coordination with demand disruption [J]. *Omega*, 2004, 32(4): 301-312.
- [4] 于辉, 陈剑, 于刚. 回购契约下供应链对突发事件的协调应对[J]. *系统工程理论与实践*, 2005, 25(8): 38-43.
- [5] Huang C. C., Qi X. T., Yu G.. Disruption management for supply chain coordination with exponential demand function [J]. *Acta Mathematica Scientia*, 2006, 26(4): 655-669.
- [6] Xiao T. J., Yu G.. Supply chain disruption management and evolutionarily stable strategies of retailers in the quantity-setting duopoly situation with homogeneous goods [J]. *European Journal of Operational Research*, 2006, 173(2): 648-668.
- [7] Xiao T. J., Qi X. T., Yu G.. Coordination of supply chain after demand disruptions when retailers compete [J]. *International Journal of Production Economics*, 2007, 109(12): 162-179.
- [8] Xiao T. J., Qi X. T.. Price competition, cost and demand disruptions and coordination of a supply chain with one manufacturer and two competing retailers [J]. *The International Journal of Management Science*, 2008, 36(5): 741-753.
- [9] Chen K. B., Xiao T. J.. Demand disruption and coordination of the supply chain with dominant retailer [J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 197(1): 225-234.
- [10] 于辉, 陈剑, 于刚. 协调供应链如何应对突发事件[J]. *系统工程理论与实践*, 2005, 25(7): 9-16.
- [11] 滕春贤, 胡引霞, 周艳山. 具有随机需求的供应链网络均衡应对突发事件[J]. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(3): 16-20.
- [12] 于辉, 陈剑, 于刚. 批发价契约下的供应链应对突发事件[J]. *系统工程理论与实践*, 2006, 26(8): 31-37.
- [13] 于辉, 陈剑. 需求依赖价格的供应链应对突发事件[J]. *系统工程理论与实践*, 2007, 27(3): 36-41.
- [14] 马成, 周永务. 期权契约下应对突发事件的供应链协调[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2009, 32(3): 430-434.
- [15] 孙亮, 马永红. 收益共享契约下供应链应对突发事件的协调研究[J]. *北京化工大学学报*, 2008, 35(3): 98-100.
- [16] 曹二保, 赖明勇. 利润共享合约下供应链对突发事件的协调应对[J]. *武汉科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 30(5): 557-560.
- [17] 张菊亮, 陈剑. 供应商管理库存应对突发事件[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(5): 71-76.
- [18] 王虹, 胡劲松. 三级供应链应对突发事件的协调机制研究[J]. *青岛大学学报(自然科学版)*, 2006, 19(3): 71-76.
- [19] 胡劲松, 王虹. 三级供应链应对突发事件的价格折扣契约研究[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(3): 103-107.

Three-Level Supply Chain Coordination under Disruption with Revenue-Sharing Contract

PANG Qing-hua

(Business School, Hohai University, Changzhou 213022, China)

Abstract: Revenue-sharing contract can coordinate a three-level supply chain composed of a single manufacturer, a single distributor and a single retailer who faces stochastic demand. The coordination may be impaired by an emergent event which results in demand disruption. An optimal strategy for supply chain to deal with the disruption is given and an improved revenue-sharing contract which has anti-disruption ability is proposed. It also analyzes the distribution of profit among the entities. Finally the paper gives an application by simulation.

Key words: supply chain coordination; supply chain contract; revenue-sharing contract; disruption management; anti-disruption ability