

基于激励削弱与惩罚遏制的零售商串谋约束

吴赐联¹, 林 晶², 王 健³

(1. 福建江夏学院会计学院, 福建 福州 350108; 2. 福建江夏学院数理教研部, 福建 福州 350108;
3. 福州大学经济与管理学院, 福建 福州 350108)

摘要: 考虑零售商串谋时的制造商渠道决策问题, 基于 Bertrand 竞争市场, 分析实体渠道和双渠道情形下, 零售商串谋的市场条件和内生动力, 以及串谋对供应链的影响, 构建供应链惩罚协调契约模型, 研究制造商对零售商串谋动机的激励削弱与惩罚遏制策略. 研究表明, 串谋时规模较小的零售商的利润将被实力雄厚的零售商吞噬, 因此串谋并非零售商限制竞争的严格占优策略. 架设直销渠道是制造商应对零售商串谋的有效方式, 协调契约可作为规范零售商竞争行为的补充选择, 但获得利润激励的零售商仍可能串谋, 进而将惩罚因子作为内生变量嵌入协调契约中, 通过渠道策略与激励惩罚双重机制遏制零售商串谋.

关键词: 零售商串谋; 激励契约; 惩罚策略; 买方势力

中图分类号: C931.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2022)05-0689-12

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2022.05.009

Retailer collusion constraint based on incentive weakening and punishment containment

Wu Cilian¹, Lin Jing², Wang Jian³

(1. School of Accounting, Fujian Jiangxia University, Fuzhou 350108, China;
2. Department of Mathematics and Physics, Fujian Jiangxia University, Fuzhou 350108, China;
3. School of Economics & Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Considering the manufacturer channel decision problem under the retailers' collusion behavior, based on the Bertrand competitive market, this paper analyzes the market conditions and endogenous motivation of retailers' collusion in the physical channel and dual-channel situations, and the impact of the collusion on the supply chain. Constructed a supply chain punishment coordination contract model to study how manufacturers use incentive and punishment strategies to weaken retailers' motives for collusion. The research shows that when retailers collude, the profit of smaller retailers will be swallowed by powerful retailers, so collusion is not a strictly dominant strategy for retailers to limit competition. Setting up direct selling channel is an effective way for manufacturers to deal with retailers' collusion, coordinating contract can be used as a supplementary choice to regulate retailers' competitive behavior. However, retailers who obtain profit incentives may still collude. Furthermore, the punishment factor is embedded as an endogenous variable in the coordination contract, and the retailer collusion is restrained by the dual mechanism of channel strategy and incentive punishment.

Key words: retailer's collusion; incentive contract; punishment strategy; buyer power

收稿日期: 2020-06-09; 修订日期: 2022-06-28.

基金项目: 福建省社科基地重大资助项目(FJ2020JDZ070); 福建省创新战略研究计划资助项目(2021R0086); 福建省社会科学基金重点资助项目(FJ2022A010)

1 引言

在复杂多变市场环境中, 串谋成为企业抵御激烈商业竞争共同获取高额利润的常见行为. 2008年, 英国公平贸易局针对国内大型超市涉嫌串谋操纵家庭用品和食品价格展开调查. 2019年, 欧盟委员会对汽车零部件供应商 Autoliv 和 Trina Motors 参与汽车安全设备串谋定价行为处以 4.17 亿美元罚款. 近年来, 中国政府也加强对商业行为的检查力度. 国家发改委发起涉嫌操纵上海黄金饰品零售价格的调查, 触及 13 家珠宝零售商以及上海黄金饰品行业协会.

串谋行为限制或扭曲了市场竞争, 以损失社会整体效益为代价获取非法利润^[1], 作为现代产业组织理论的一个重要的问题聚焦了众多学者的研究目光. 根据同一生产经营阶段上企业之间是否从事同样经济活动, 串谋分为横向串谋和纵向串谋. 本文研究零售商的串谋行为属于供应链的横向串谋, 此领域目前的研究主要基于以下三个视角: 一是企业“点”视角, 通过量化市场份额、产品差异、成本差异等指标, 研究横向串谋的动因、内部惩罚等问题. 产业组织主流观点认为市场份额扩大会激励企业维持合谋, 产品差异可增加企业串谋的难度. Ghosh^[2]指出市场份额较大的零售商串谋下利润最高. Wang 等^[3]的研究支持了这一观点. 范小军等^[4]认为如果零售商之间存在合谋, 横向产品差异化程度越大对制造商越有利, 而对零售商有负面效应. Zhao 等^[5]指出只有当制造商之间的成本差异相对较小时才会发生横向串通. 而学者们对行业集中度和产品同质化促进或稳定了串谋这一观点存在争议. 刘丰波等^[6]使用经验研究方法分析表明在纵向差异产品下价格领导制便利了中国白酒企业序贯提价合谋行为. Cunha 等^[7]认为当企业不履行企业社会责任时, 产品差异将提高合谋的可持续性.

二是供应链“线”视角, 探讨供应链成员的交互作用、权力结构、供应链结构等因素对横向串谋决策及其稳定性的影响. 现有研究表明企业之间频繁的互动将促进串谋^[8,9], 这是互动的频率减少了叛变带来的收益所致^[10]. 而垂直合并将对下游企业串谋稳定性产生对立的影响, 一方面它增加了合谋的总利润, 增加了合谋的风险. 另一方面, 垂直合并后的企业在偏离阶段和非合作均衡中可获取较高的利润, 这可能会损害共谋^[11]. 供应链成员的权力禀赋决定了其支配地位, 进而改变其串谋决策主导性. Huang 等^[12]认为零售商横向串谋是否获益取决于其权力结构和替代性. Kim^[13]的研究表明当制造商都不占主导地位时价格合谋更容易发生, 而强势制造商更适合卡特尔头目. 随着供应链日趋复杂, 供应链结构对横向串谋影响受到学者们的高度关注. Reisinger 等^[14]发现制造商通过独立零售商销售比通过共同零售商销售更容易串谋.

为了规避反垄断机构的严厉制裁, 串谋行为往往具有隐匿性. 鉴于此, 学者们又试图从供应链“线”视角探讨横向串谋的纵向制衡问题. 林菡密等^[15]提出阻挠串谋的最小保留价格最能有效阻止销售方串谋行为并确保采购方一定收益. Overvest^[16]指出制造商通过限制最低转售价格可以在一定程度降低零售商串谋的稳定性. 相比之下, 刘军等^[17]认为只有当上、下游横向双重竞争较为激烈时, 制造商对零售商的合谋定价采取防范措施才能使其得到更大利润. 否则制造商得到较低的利润甚至亏损. 在动态的框架下, Zheng 等^[18]考察了重复博弈中制造商渠道策略与下游零售商共谋之间的关系, 发现当贴现率较高时制造商通过直销可阻止零售商串谋, 而当贴现率较低时这种约束效果较差, 甚至自己的情况更糟. 周香芸等^[19]研究了评级机构串谋激励约束机制, 研究表明监管者在经济周期分离下采用双评级激励机制, 在一定条件下能防止评级机构“虚高”评级信息和“以级定费”串谋; 在经济周期未分离情况下, 双评级激励机制和约束机制对评级机构串谋监管失效. 任玉珑等^[20]设计了在发电市场中政府的经济性与社会性两种规制模式的防范电力企业合谋机制.

三是市场“面”视角, 研究市场进入壁垒、市场竞争模式、信息对称等因素与横向串谋的关系. 已有研究表明, 市场进入壁垒越高, 潜在进入者对现有在位者的威胁越低, 串谋关系越持久^[21]. 需求扰动、成本和技术不对称决定产品市场竞争模式^[22], 而产品市场竞争模式在串谋行为中也扮演着重要角色. Bian 等^[22]认为制造商之间串谋与否取决于其专有零售商之间的竞争模式和贴现因子. Collie^[23]认为古诺竞争比伯川德竞争的合谋更容易维持, 何慧爽^[24]修正了这一认识, 指出在合谋成本的临界值之上伯川德竞争比古诺竞争的合谋更容易维持. Tigran 等^[25]指出虚拟交易在价格竞争比数量竞争中发现更多的串谋. Christopher 等^[26]检验了一个无约束力的价格上限是否可以作为一个焦点价格来维持隐性共谋. Andreoli-Versbach 等^[27]研究发现

意大利汽油市场领导者采用每日意大利企业水平价格和每周欧盟平均价格粘性定价政策强化了汽油市场的隐性串谋。由此可见, 价格领先促进了企业间信息交流, 降低协调市场定价的不确定性, 从而促进隐性串谋行为的产生。

上述研究中提出的横向串谋的防范措施仅在一定条件下具有效力, 难以完全遏制渠道成员横向串谋的动机。基于此, 本文首先揭示零售商串谋的内生动力, 从纵向限制的角度阐明制造商渠道策略对零售商串谋决策的影响机理, 进而通过激励策略和惩罚策略的有机结合, 实现零售商横向串谋的纵向约束, 即不再局限于串谋对供应链的影响问题以及供应链的协调问题, 而是把这两个问题融合考虑。

2 零售商串谋行为的渠道决策模型

2.1 问题描述与模型构建

建立一个制造商和两个零售商组成的分销渠道。假设制造商可以通过实体渠道或者双渠道两种模式销售产品。在实体销售模式下, 制造商将产品批发给两个零售商, 零售商再将产品销售给消费者。在双渠道模式下, 制造商保留实体渠道同时通过线上渠道直销。两个零售商提供差异的线下服务。

假设潜在市场需求为 1, 在实体渠道中, 两个零售商的市场份额分别为 ρ 和 $1 - \rho$ 。在双渠道中, 线上渠道的市场份额为 $1 - \alpha$, 零售渠道的市场份额为 α , 两个零售商的市场份额分别为 $\alpha\rho$ 和 $\alpha(1 - \rho)$, 其中 $0 \leq \alpha, \rho \leq 1$ 。m 表示制造商, i 表示第 i 个零售商 ($i = 1, 2$)。制造商给零售商 i 的批发价格为 w_i ; 零售商 i 的零售价格为 P_i , 服务水平为 S_i , 相应的服务成本为 $S_i^2/2$ 。 θ 表示消费者对服务水平的敏感度 ($0 \leq \theta \leq 1$); 制造商的线上渠道架构成本 C_d , 线上直销价格为 P_d , 制造商的线上渠道服务水平标准化为 0。 γ 表示各个零售终端的替代参数 (实体销售模式 $0 \leq \gamma < 1$, 双渠道模式 $0 \leq \gamma < 1/2$)。为了确保双渠道模式架构具有现实意义, 上述参数取值范围应满足制造商的线上直销价格大于批发价格, 以避免零售商直接从线上渠道进货。

基于以上假设, 当制造商采用实体销售模式时, 两个零售商的市场需求分别为

$$Q_i = (2 - i)\rho + (i - 1)(1 - \rho) - (P_i - \gamma P_{3-i}) + \theta(S_i - \gamma S_{3-i}), \quad i = 1, 2. \quad (1)$$

当制造商选择双渠道模式时, 借鉴文献[28, 29], 两个零售商和线上渠道的市场需求分别为

$$Q_i = ((2 - i)\rho + (i - 1)(1 - \rho))\alpha - (P_i - \gamma(P_{3-i} + P_d)) + \theta(S_i - \gamma S_{3-i}), \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

$$Q_d = (1 - \rho)\alpha - P_d + \gamma((P_1 - \theta S_1) + (P_2 - \theta S_2)). \quad (3)$$

本文考虑以 Bertrand 竞争市场中零售商和制造商战略决策的多阶段博弈模型。首先制造商选择分销渠道并提供产品批发价格; 其次零售商决定是否接受批发价格; 第三阶段零售商选择是否串谋; 若零售商决定串谋则以双方联合利润最大化确定零售价格和服务水平; 若未达成串谋则零售商以各自利润最大化进行决策。制造商根据零售商竞争和冲突的结果确定最优销售渠道和批发价格, 考虑到零售商串谋的可能性, 制造商设计收益补偿和激励合同, 从事前约束、事后惩罚两个方面规范零售商的市场竞争行为。

2.2 实体渠道零售商串谋行为的渠道决策

2.2.1 集中决策

首先考虑实体销售模式集中决策, 并以此作为基准与价格竞争市场中分散式供应链成员的最优决策进行对比, 分析零售商串谋的市场条件以及对渠道成员决策的影响。

在实体销售模式下, 制造商利润、零售商 i 利润、供应链总利润的利润分别为

$$\Pi_m = w_1 Q_1 + w_2 Q_2, \quad (4)$$

$$\Pi_i = (P_i - w_i)Q_i - S_i^2/2, \quad i = 1, 2, \quad (5)$$

$$\Pi = \sum_{i=1}^2 (P_i Q_i - S_i^2/2). \quad (6)$$

用上标 R 表示采用价格为策略的实体销售模式集中决策. 由式(6)得 Π 关于 (P_1, P_2, S_1, S_2) 的 Hesse 矩阵负定, 由一阶条件 $\frac{\partial \Pi}{\partial P_i} = 0$ 和 $\frac{\partial \Pi}{\partial S_i} = 0, i = 1, 2$, 可得集中决策下供应链上下游的最优决策.

记 $\lambda_1 = \rho(2 - \theta^2) - \gamma\theta^2(1 - \rho)$, $\lambda_2 = (1 - \rho)(2 - \theta^2) - \rho\gamma\theta^2$, 零售商最优策略为

$$P_i^R = (\lambda_i + \gamma\lambda_{3-i})(2\rho - 1)/((1 - \gamma^2)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)), S_i^R = \theta\lambda_i(2\rho - 1)/(\lambda_1^2 - \lambda_2^2), i = 1, 2.$$

供应链总利润为

$$\Pi^R = (2 - \theta^2 - \gamma^2\theta^2)(2\rho - 1)/(2(1 - \gamma^2)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)) - \rho(1 - \rho)/((1 + \gamma)(\lambda_1 + \lambda_2)).$$

2.2.2 实体销售模式 Bertrand 竞争的渠道决策

在实体销售模式下, 用上标 RN 表示零售商进行 Bertrand 竞争的市场情形. 采用逆向递推法可得制造商的最优批发价格为

$$w_1^{RN} = (\gamma + \rho - \gamma\rho)/(2 - 2\gamma^2), w_2^{RN} = (1 - \rho + \gamma\rho)/(2 - 2\gamma^2).$$

记 $\mu_1 = \rho(2 - \theta^2) + \gamma(1 - \rho)(1 - \theta^2)$, $\mu_2 = (1 - \rho)(2 - \theta^2) + \rho\gamma(1 - \theta^2)$, 零售商的最优策略为

$$P_i^{RN} = \mu_i(2\rho - 1)/(\mu_1^2 - \mu_2^2) + w_i^{RN}, S_i^{RN} = \theta(P_i^{RN} - w_i^{RN}), i = 1, 2.$$

制造商和零售商的均衡利润分别为

$$\Pi_m^{RN} = (2 - \theta^2 + \gamma^2(1 - \theta^2))(2\rho - 1)/(4(1 - \gamma^2)(\mu_1^2 - \mu_2^2)) - \rho(1 - \rho)/(2(1 + \gamma)(\mu_1 + \mu_2)),$$

$$\Pi_i^{RN} = (2 - \theta^2)(2\rho - 1)^2\mu_i^2/(2(\mu_1^2 - \mu_2^2)^2), i = 1, 2.$$

2.2.3 实体渠道零售商串谋的渠道决策

在实体销售模式下, 用上标 RC 表示零售商串谋的市场情形. 参考文献[18] 串谋模型的假设, 本文假设零售商串谋以联合利润最大化为目标协同定价和服务决策. 两个零售商的联合利润为

$$\Pi^{RC} = \sum_{i=1}^2 ((P_i - w_i)Q_i^R - S_i^2/2). \quad (7)$$

采用逆向递推法可得制造商的最优批发价格和均衡利润分别为

$$w_i^{RC} = w_i^{RN}, i = 1, 2,$$

$$\Pi_m^{RC} = (2\rho - 1)/(4(1 - \gamma^2)(\lambda_1 - \lambda_2)) - \rho(1 - \rho)/(2(1 + \gamma)(\lambda_1 + \lambda_2)).$$

零售商的最优策略和均衡利润为

$$P_i^{RC} = P_i^R/2 + w_i^{RC}, S_i^{RC} = S_i^R/2, i = 1, 2,$$

$$\Pi_i^{RC} = \lambda_i w_i^{RC}(2\rho - 1)/(4(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)), i = 1, 2.$$

2.3 双渠道模式零售商串谋行为的渠道决策

在双渠道模式下, 制造商、零售商以及供应链总利润的分别为

$$\Pi_m = P_d Q_d + w_1 Q_1 + w_2 Q_2 - C_d, \quad (8)$$

$$\Pi_i = (P_i - w_i)Q_i - S_i^2/2, i = 1, 2, \quad (9)$$

$$\Pi = P_d Q_d - C_d + \sum_{i=1}^2 (P_i Q_i - S_i^2/2). \quad (10)$$

2.3.1 集中决策

本节考察双渠道模式下零售商串谋的市场条件和对供应链的影响, 设计供应链协调合同并提出制造商对零售商串谋惩罚机制. 用上标 H 表示在双渠道模式下集中式决策.

集中决策下制造商的最优直销价格为

$$P_d^H = (1 - \alpha - \gamma + 2\alpha\gamma)/(2 - 2\gamma - 4\gamma^2).$$

记 $\nu_1 = (\gamma + \alpha\rho(1 - 2\gamma))/(2 - 2\gamma - 4\gamma^2)$, $\nu_2 = (\gamma + \alpha(1 - \rho)(1 - 2\gamma))/(2 - 2\gamma - 4\gamma^2)$, 零售商的最优策略分别为

$$P_i^H = \nu_i + \alpha\lambda_i\theta^2(2\rho - 1)/(2(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)), S_i^H = \alpha S_i^R, i = 1, 2.$$

供应链总利润为

$$\begin{aligned} \Pi^H = & \frac{\alpha^2(\rho^2 + (1 - \rho)^2)}{2(1 + \gamma)(2 - \theta^2 - \gamma\theta^2)} + \frac{(1 - \alpha)((1 - \alpha)(1 - \gamma) + 2\alpha\gamma)}{4(1 - \gamma - 2\gamma^2)} + \\ & \frac{\alpha^2\gamma(4 - 4\theta^2 + \gamma(1 + \gamma)\theta^4)}{4(1 - \gamma - 2\gamma^2)((2 - \theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4)} - C_d. \end{aligned}$$

2.3.2 双渠道模式 Bertrand 竞争的渠道决策

用上标 HN 表示双渠道零售商进行价格竞争的市场情形.

若零售商未串谋, 采用逆向归纳法可得制造商最优策略和均衡利润分别为

$$P_d^{HN} = P_d^H, w_i^{HN} = \nu_i, i = 1, 2.$$

$$\begin{aligned} \Pi_m^{HN} = & \frac{\alpha^2((2 - \theta^2 + \gamma^2(1 - \theta^2)) - 2\rho(1 - \rho)(1 - \gamma)(2 - \theta^2 - \gamma(1 - \theta^2)))}{4(1 - \gamma^2)((2 - \theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4)} + \\ & \frac{(P_d^H)^2(1 - \gamma - 2\gamma^2)}{(1 - \gamma)} - C_d. \end{aligned}$$

零售商的最优策略和均衡利润分别为

$$P_i^{HN} = \alpha\mu_i(2\rho - 1)/(2(\mu_1^2 - \mu_2^2)) + \nu_i, S_i^{HN} = \theta(P_i^{HN} - \nu_i), i = 1, 2,$$

$$\Pi_i^{HN} = \alpha^2\mu_i^2(2\rho - 1)^2(2 - \theta^2)/(8(\mu_1^2 - \mu_2^2)^2), i = 1, 2.$$

供应链总利润为 $\Pi^{HN} = \Pi_1^{HN} + \Pi_2^{HN} + \Pi_m^{HN}$.

2.4 双渠道模式零售商串谋的渠道决策

上标 HC 表示双渠道零售商之间串谋的情形. 两个零售商的联合利润为

$$\Pi^{HC} = \sum_{i=1}^2 ((P_i - w_i)Q_i - S_i^2/2). \quad (11)$$

若零售商串谋, 则制造商的最优策略和均衡利润分别为

$$P_d^{HC} = P_d^H, w_i^{HC} = \nu_i, i = 1, 2,$$

$$\begin{aligned} \Pi_m^{HC} = & \frac{\alpha^2((2 - \theta^2 - \gamma^2\theta^2) - 2\rho(1 - \rho)(2 - \theta^2 - \gamma^2\theta^2 - 2\gamma(1 - \theta^2)))}{8(1 - \gamma)(4 - 4\theta^2 + (1 - \gamma^2)\theta^4)} + \\ & \frac{(P_d^H)^2(1 - \gamma - 2\gamma^2)}{(1 - \gamma)} - C_d. \end{aligned}$$

零售商的最优策略和均衡利润分别为

$$P_i^{HC} = \alpha(\lambda_i + \gamma\lambda_{3-i})(2\rho - 1)/(2(1 - \gamma^2)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)) + \nu_i,$$

$$S_i^{HC} = \alpha\theta\lambda_i(2\rho - 1)/(2(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)),$$

$$\Pi_i^{HC} = \alpha^2w_i^{RN}\lambda_i(2\rho - 1)/(4(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)), i = 1, 2.$$

供应链总利润为 $\Pi^{HC} = \Pi_1^{HC} + \Pi_2^{HC} + \Pi_m^{HC}$.

3 零售商串谋选择与制造商的渠道决策

零售商是否选择串谋取决于串谋能否带来更高的利润,本节基于第 2 节和第 3 节的结论探讨零售商串谋的市场背景、内生动力、串谋对供应链的影响,并分析制造商渠道策略对零售商串谋选择的影响机理.

结论 1 1) 无论制造商采用何种销售渠道模式,当两个零售商的市场份额满足 $1 - \bar{\rho} = \underline{\rho} < \rho < \bar{\rho}$ 时,选择串谋,串谋导致零售价格提高同时服务水平降低,其中

$$\bar{\rho} = \frac{2(2 - \theta^2)(2 - \theta^2 - \theta^2\gamma^2) + \gamma^2}{(1 - \gamma)(2 - \theta^2 + \gamma\theta^2)(2 - \theta^2 - \gamma + \gamma\theta^2)} - \frac{(2 - \theta^2 + \gamma - \gamma\theta^2)\sqrt{2(2 - \theta^2)(2 - \theta^2 - \theta^2\gamma^2) + \gamma^2}}{(1 - \gamma)(2 - \theta^2 + \gamma\theta^2)(2 - \theta^2 - \gamma + \gamma\theta^2)}.$$

2) 零售商的串谋动机随其市场份额及实体市场份额的扩大而增强.

结论 1 的证明过程见附录. 结论 1 表明当制造商的产品经由多个零售商分销时,零售商为了避免价格和竞争的激烈竞争可能通过串谋操纵零售市场,从而更有力对抗上游制造商并形成市场壁垒阻止小型零售商进入. 但串谋不是零售商严格占优策略,而是不稳定的平衡. 串谋以零售商联合利润最大化为目标,但利润增量的分配关于零售商的市场份额单调递增. 对于小型零售商而言,因其市场份额较小,串谋产生的利润增量不足以弥补串谋决策下更高的零售价格和更低的服务水平所带来的需求冲击. 因此,仅当零售商之间市场份额具有可比性时才能形成默契串谋. 否则,零售市场由几个强大的零售商主导时,串谋后规模较小的零售商的利润将被实力雄厚的零售商所吞噬.

结论 2 1) 串谋后零售价格的涨幅关于实体市场份额和零售终端替代率单调递增;服务水平的降幅关于实体市场份额单调递增,关于该零售商的市场份额单调递减.

2) 零售商串谋挤压了制造商和供应链的利润,挤压的程度与实体市场份额和零售终端替代率正相关.

结论 2 的证明过程见附录. 结论 2 表明若实体市场份额越大,零售商串谋价格涨幅越大,服务水平降幅也越大,因此利润的增量也越大,可见实体市场容量增大将对零售商的串谋动机产生正向刺激作用. 虽然串谋可为零售商带来高于彼此价格竞争时的利润,但这部分超额利润不足以弥补制造商的利润损失,以致整个供应链的利润下降. 结论 1 1) 表明串谋决策下实体价格上涨且服务水平下降,制造商引入直销渠道可对零售商构成分割市场份额的威胁,这是缓解下游串谋造成不利影响的有效方法,并且缓解的作用随着直销渠道对实体渠道替代率的提升而增强. 但制造商引入在线直销渠道增加了销售成本,还可能导致渠道之间的冲突. 因此,制造商采用何种渠道策略有助于削弱零售商串通动机值得深入研究. 比较第 2 节与第 3 节制造商在两种渠道决策下的均衡利润可得如下结论.

结论 3 1) 当且仅当 $C < \bar{C}$ 时双渠道模式是制造商占优决策,且 $\frac{\partial \bar{C}}{\partial \theta} < 0$, 其中

$$\bar{C} = \frac{(1 - \gamma - \alpha + 2\gamma\alpha)^2}{4(1 - \gamma^2)(1 - 2\gamma)} - \frac{(1 - \alpha^2)2\gamma\rho(1 - \rho)(3 - 2\theta^2) + (1 - 2\rho + \rho^2)(2 - \theta^2 + \gamma^2(1 - \theta^2))}{4(1 - \gamma^2)((2 - \theta^2)^2 - \gamma^2(1 - \theta^2)^2)}.$$

2) 双渠道模式下零售商的服务水平低于实体模式.

结论 3 表明制造商的渠道决策与实体市场份额,渠道终端的替代率以及消费者的服务敏感度相关. 当线上渠道成本低于临界值时,双渠道模式为制造商的占优渠道策略. 若零售商串谋,为了减少对实体渠道的依赖,制造商可接受高于零售商价格竞争时的线上渠道成本临界值. 当消费者对服务水平敏感时,线上渠道架设成本临界值更低,这将促使制造商提高直销效率. 由结论 2 中的 2) 可得,制造商引入直销渠道分割了市场份额可以防止零售商串通,凭直觉判断,零售商为应对渠道竞争或将提高服务水平以赢得消费者青睐. 然而结论 3 中的 2) 显示了相反的结果,即在双渠道模式下零售商降低了服务水平. 事实上,上述结论显示无论零售商串谋与否,制造商引入直销渠道后零售商的单位销售利润下降 ($P_i^{\text{HN}} - w_i^{\text{HN}} < P_i^{\text{RN}} - w_i^{\text{RN}}$ 且 $P_i^{\text{HC}} - w_i^{\text{HC}} < P_i^{\text{RC}} - w_i^{\text{RC}}$), 故零售商只能通过降低服务水平以压缩成本.

上述的结论表明在合适的市场背景下零售商可能串谋. 以下基于实体模式和双渠道模式考虑两种不同的扩展, 旨在探究制造商的渠道策略对规范零售商竞争行为是否可行? 若可行, 制造商应如何削弱零售商串谋动机? 若不可行, 制造商应预设何种惩罚措施防止零售商串谋?

4 实体销售模式下的协调机制与串谋惩罚

4.1 实体销售模式下的两阶段补偿合同

两阶段补偿合同是为了激励各方偏离个体最优方案, 在交易双方之间发生的额外资金转移实现全局最优方案. 假设制造商提供两阶段补偿合同 $T(d_i, c_i)$, 其中 d_i 为制造商为零售商 i 的提供批发价格折扣系数, c_i 为零售商 i 向制造商的补偿费用, b_i 表示零售商 i 的买方势力 ($b_i > 0$ 且 $b_1 + b_2 < 1$). 用上标 RT 表示实体模式下的两阶段补偿合同模型.

在实体销售模式下, 合同 $T(d_i, c_i)$ 下制造商和零售商 i 的利润分别为

$$\Pi_m = d_1 w_1 Q_1 + d_2 w_2 Q_2 + c_1 + c_2, \quad (12)$$

$$\Pi_i = (P_i - d_i w_i) Q_i - S_i^2/2 - c_i, \quad i = 1, 2. \quad (13)$$

结论 4 在实体销售模式下, 制造商为两个零售商提供的批发价格折扣和补偿费用分别为

$$d_i^{\text{RT}} = \gamma(2\rho - 1)(2 - \theta^2)/(w_i^{\text{RN}}(1 - \gamma)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)) - 2\gamma/(\lambda_1 + \lambda_2), \quad c_i^{\text{RT}} = \Delta\Pi_i^{\text{RT-RN}} - b_i\Delta\Pi^{\text{RT-RN}},$$

两阶段补偿合同 $T(d_i^{\text{RT}}, c_i^{\text{RT}})$ 可协调供应链, 其中

$$\Delta\Pi_i^{\text{RT-RN}} = \Pi_i^{\text{RT}} - \Pi_i^{\text{RN}}, \quad \Delta\Pi^{\text{RT-RN}} = \Pi^{\text{RT}} - \Pi^{\text{RN}}, \quad i = 1, 2.$$

由结论 4 可见, 两阶段补偿合同下供应链成员根据买方势力分享供应链利润的增量, 提出了通过差异化转移支付激励零售商的方式. (结论 4 的证明见附录)

4.2 实体销售模式下的联合议价合同

联合议价合同也是供应链利润分享的一种机制. 与两阶段补偿合同不同的是, 联合议价合同中供应链成员是通过博弈批发价格来分配供应链总利润. 用上标 RJ 表示在实体销售模式下的联合议价合同模型 $J(w_1, w_2)$.

制造商与两个买方势力为 b_i 的零售商 i 的博弈模型 $J(w_1, w_2)$ 可表示为

$$\text{Max}_{w_1, w_2} (\Pi_m)^{1-b_1-b_2} (\Pi_1)^{b_1} (\Pi_2)^{b_2}. \quad (14)$$

结论 5 在实体模式下, 制造商给予零售商 i 批发价格为

$$w_i^{\text{RJ}} = w_i^{\text{RN}} - \frac{b_i((2 - \theta^2 - \gamma^2\theta^2) - 2\rho(1 - \rho)(2 - \theta^2 - \gamma^2\theta^2 - 2\gamma(1 - \theta^2)))}{2(1 - \gamma^2)(\rho(2 - \theta^2) - \gamma\theta^2(1 - \rho))},$$

联合议价合同 $J(w_1^{\text{RJ}}, w_2^{\text{RJ}})$ 可协调供应链, 其中 b_i 为零售商 i 的买方势力, $i = 1, 2$.

结论 5 的证明过程见附录. 结论 5 表明联合议价合同下供应链成员根据其买方势力分享了集中式供应链总利润, 提出了利用不同的批发价格激励零售商的方式.

4.3 实体销售模式下零售商的串谋惩罚

根据结论 4 和结论 5, 零售商比较协调契约与串谋的利润来确定其最优反应. 由上节分析可得, 当零售商的买方势力小于临界值时 (合同 T 中 $b_i < (\Pi_i^{\text{RC}} - \Pi_i^{\text{RN}})/(\Pi^{\text{R}} - \Pi^{\text{RN}})$ 或合同 J 中 $b_i < \Pi_i^{\text{RC}}/\Pi^{\text{R}}$), 他们更喜欢串谋. 因为串谋产生的利润比协调契约更具吸引力. 由此可见, 制造商必须采取有效的惩罚策略规避零售商串谋所带来的风险. 本节研究串谋惩罚的效力, 并通过串谋惩罚的影响分析结论 4 和结论 5 的稳健性.

制造商对零售商的串谋惩罚力度应确保零售商受到惩罚后的利润低于协调契约下的利润, 即 $\Pi_i^{\Omega} \geq \Pi_i^{\text{RC}} - k_i^{\Omega}(\Pi_i^{\text{RC}} - \Pi_i^{\text{RN}})$ ($\Omega = \text{RT}, \text{RJ}$), 其中 k_i^{Ω} 为制造商对零售商 i 的惩罚系数, 从而可得如下结论.

结论 6 在实体销售模式下:

1) 两阶段补偿合同 $T(d_i^{\text{RT}}, c_i^{\text{RT}})$ 下制造商设置惩罚系数 k_i^{RT} 满足 $k_i^{\text{RT}} \geq \underline{k}_i^{\text{RT}}$ 时, 零售商将放弃串谋, 其中 $\underline{k}_i^{\text{RT}} = 1 - b_i(\Pi^{\text{R}} - \Pi^{\text{RN}})/(\Pi_i^{\text{RC}} - \Pi_i^{\text{RN}})$, $i = 1, 2$.

2) 联合议价合同 $J(w_1^{\text{RJ}}, w_2^{\text{RJ}})$ 下制造商设置惩罚系数 k_i^{RJ} 满足 $k_i^{\text{RJ}} \geq \underline{k}_i^{\text{RJ}}$ 时, 零售商将放弃串谋, 其中 $\underline{k}_i^{\text{RJ}} = 1 - (b_i\Pi^{\text{R}} - \Pi_i^{\text{RN}})/(\Pi_i^{\text{RC}} - \Pi_i^{\text{RN}})$, $i = 1, 2$.

结论 6 的证明过程见附录. 至此本文从两个角度揭示了两种协调合同对减轻串谋风险的影响, 一方面, 当制造商在整个供应链中处于主导地位时, 通过限制零售商的买方势力可以很好地实现协调合同. 另一方面, 确定了惩罚临界值, 对制约零售商的串谋行为起关键作用, 即当惩罚系数 (在临界值范围内) 作为内生变量嵌入到协调契约中, 两个零售商决定放弃串谋.

5 双渠道模式下的协调机制与串谋惩罚

尽管制造商开辟线上直销渠道可减轻串谋不利影响, 但双渠道模式下的渠道冲突问题不可避免, 特别是对于适合在线销售的产品, 线上渠道对实体渠道的蚕食将更加显著. 与第 5 节类似, 本节探讨如何利用上述两种合同应对渠道冲突, 并分析不同协调合同对零售商串谋动机的支撑强度的影响.

5.1 双渠道模式下的两阶段补偿合同与串谋惩罚

在双渠道模式下, 两阶段补偿合同 $T(d_i^{\text{HT}}, c_i^{\text{HT}})$ 下制造商利润和零售商 i 的利润分别为

$$\Pi_m^{\text{HT}} = P_d Q_d + d_1^{\text{HT}} w_1 Q_1 + d_2^{\text{HT}} w_2 Q_2 + c_1^{\text{HT}} + c_2^{\text{HT}} - C_d, \quad (15)$$

$$\Pi_i^{\text{HT}} = (P_i - d_i^{\text{HT}} w_i) Q_i - S_i^2/2 - c_i^{\text{HT}}, \quad i = 1, 2. \quad (16)$$

结论 7 在双渠道模式下, 有

1) 制造商为两个零售商提供的补偿费用和批发价格折扣分别为

$$\begin{aligned} c_i^{\text{HT}} &= \Delta \Pi_i^{\text{HT-HN}} - b_i \Delta \Pi^{\text{HT-HN}}, \quad i = 1, 2, \\ d_1^{\text{HT}} &= \frac{\gamma(1+\gamma)(2-\theta^2)(2-\theta^2+\theta^2(\gamma+\alpha-2\alpha\gamma))}{(\gamma+\alpha\rho(1-2\gamma))((2-\theta^2)^2-\gamma^2\theta^4)} - \frac{2\gamma}{2-\theta^2-\gamma\theta^2}, \\ d_2^{\text{HT}} &= \frac{\gamma(1+\gamma)(2-\theta^2)(2-\theta^2+(\gamma+\alpha-2\alpha\gamma)\theta^2)}{(\gamma+\alpha(1-\rho)(1-2\gamma))((2-\theta^2)^2-\gamma^2\theta^4)} - \frac{2\gamma}{2-\theta^2-\gamma\theta^2}, \end{aligned}$$

两阶段补偿合同 $T(d_i^{\text{HT}}, c_i^{\text{HT}})$ 可协调供应链, 其中 $\Delta \Pi_i^{\text{HT-HN}} = \Pi_i^{\text{HT}} - \Pi_i^{\text{HN}}$, $\Delta \Pi^{\text{HT-HN}} = \Pi^{\text{HT}} - \Pi^{\text{HN}}$.

2) 在合同 $(d_i^{\text{HT}}, c_i^{\text{HT}})$ 下制造商设置惩罚系数 k_i^{HT} 满足 $k_i^{\text{HT}} \geq \underline{k}_i^{\text{HT}} = 1 - (\lambda_i(\Pi^{\text{H}} - \Pi^{\text{HN}}))/(\Pi_i^{\text{HC}} - \Pi_i^{\text{HN}})$, $i = 1, 2$ 时, 零售商放弃串谋.

5.2 双渠道模式下的联合议价合同与串谋惩罚

在双渠道供应链中, 制造商和两个零售商联合议价博弈模型 $J(w_1, w_2)$ 可表示为

$$\text{Max}_{w_1, w_2} (\Pi_m)^{1-b_1-b_2} (\Pi_1)^{b_1} (\Pi_2)^{b_2}. \quad (17)$$

结论 8 在双渠道模式下,

1) 制造商给两个零售商提供的批发价格分别为

$$\begin{aligned} w_i^{\text{HJ}} &= \nu_i + (b_i C_d (\lambda_1^2 - \lambda_2^2)) / (\alpha \lambda_i (2\rho - 1)) - \\ &\quad [b_i ((1 - \gamma - 2\alpha + 4\alpha\gamma)((2 - \theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4) + 8(1 - \rho + \rho^2) + \alpha^2(1 - 2\gamma) \times \end{aligned}$$

$$(\theta^4(1-\gamma-2\gamma^2)-2\theta^2(3-\gamma-2\rho(1-\rho)(1-\gamma)))/[4\alpha\lambda_i(1-\gamma-2\gamma^2)].$$

联合议价合同 $J(w_1^{HJ}, w_2^{HJ})$ 可协调供应链。

2) 在合同 $J(w_1^{HJ}, w_2^{HJ})$ 下, 制造商设置惩罚系数 k_i^{HJ} 满足 $k_i^{HJ} \geq \underline{k}_i^{HJ} = 1 - \frac{(b_i \Pi_i^H - \Pi_i^{HN})}{\Pi_i^{HC} - \Pi_i^{HN}}$ 时, 零售商放弃串谋, $i = 1, 2$ 。

6 两种激励惩罚合同对零售商串谋约束的比较

结论 9 无论制造商采用何种销售模式, 若 $\Pi_i^{xN}/\Pi^x \leq b_i \leq \Pi_i^{xN}/\Pi^{xN}$, 则合同 T 是制造商约束零售商串谋行为的占优策略; 若 $b_i > \Pi_i^{xN}/\Pi^{xN}$, 则合同 J 是制造商的占优策略, $i = 1, 2; x = R, H$ 。

结论 9 的证明过程见附录。结论 9 表明尽管两阶段补偿合同和联合议价合同都可实现对零售商的有效激励, 但两种合同对零售商串谋行为的约束作用不同。当零售商买方势力较弱时, 两阶段补偿合同 T 中仅需对零售商预设较小的串谋惩罚力度即可达到威慑效果, 从而两阶段补偿合同比联合议价合同对下游串谋行为有更强的约束。反之亦然。

7 结束语

在零售市场中, 零售商通过价格卡特尔减少竞争以谋求高额利润。虽然执法部门的处罚可以惩治这种不正当的市场行为。若处罚力度不够或达不到威慑效果, 而过于严厉的惩罚又会限制经济活动。因此, 作为惩罚手段的补充, 本文从供应链运营视角提出解决方案, 以减轻零售商串谋所带来的负面影响。本文通过分析零售商串谋的市场背景、内生动力以及串谋对供应链的影响, 阐明制造商渠道策略对零售商串谋动机的约束机制, 探讨了协调契约对削弱下游零售商串谋的有效性问题, 在协调契约中引入惩罚因子, 旨在通过战略性渠道策略与激励和惩罚相结合双重机制遏制零售商串谋, 进一步对比了不同契约对零售商串谋的限制强度。本研究结论可以为制造商的渠道选择和协调决策提供有用的决策支持和操作指南。

本文可以在以下几个方面进行扩展。后续的研究可以考虑制造商通过多个不同性质的竞争性平台同时销售多种产品; 可以引入制造商之间的竞争, 如品牌差异、环保属性表达其产品之间的竞争关系; 另外, 本文基于对称的服务水平信息, 分析信息不对称对制造商决策的影响亦可作为一个扩展研究方向。

参考文献:

- [1] Kühn K U, Carmen M, Benny M. Fighting collusion by regulating communication between firms. *Economic Policy*, 2001, 16(32): 167-204.
- [2] Ghosh S K. Optimal pricing strategy of a two-echelon supply chain consisting of one manufacturer and two retailers with price and service sensitive demand. *International Journal of Applied and Computational Mathematics*, 2018, 4(1): 1-11.
- [3] Wang Q F, Hong X P, Gong Y M, et al. Collusion or not: The optimal choice of competing retailers in a closed-loop supply chain. *International Journal of Production Economics*, 2020, 225(7): 107580.
- [4] 范小军, 陈宏民. 零售商合谋模式下的渠道定价策略. *科研管理*, 2009, 30(6): 113-119.
Fan X J, Chen H M. Channel pricing strategy under the mode of retailer collusion. *Science Research Management*, 2009, 30(6): 113-119. (in Chinese)
- [5] Zhao J, Zhou Y W, Cao Z H, et al. The shelf space and pricing strategies for a retailer-dominated supply chain with consignment based revenue sharing contracts. *European Journal of Operational Research*, 2020, 280(3): 926-939.
- [6] 刘丰波, 吴绪亮. 基于价格领导制的默契合谋与反垄断规制: 来自中国白酒市场的证据. *中国工业经济*, 2016(4): 75-92.
Liu F B, Wu X L. Tacit collusion and antitrust regulation based on price leadership: An empirical evidence from China's domestic liquor market. *China Industrial Economics*, 2016(4): 75-92. (in Chinese)
- [7] Cunha M, Mota F. Coordinated effects of corporate social responsibility. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 2020, 20(4): 617-641.

- [8] Bigoni M, Potters J, Spagnolo G. Frequency of interaction, communication and collusion: An experiment. *Economic Theory*, 2019, 68(4): 827–844.
- [9] Fonseca M A, Normann H T. Explicit vs. tacit collusion: The impact of communication in oligopoly experiments. *European Economic Review*, 2012, 56(8): 1759–1772.
- [10] Cooper D J, Kühn K U. Communication, renegotiation, and the scope for collusion. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2014, 6(2): 247–278.
- [11] Sara B, David E. Vertical integration and downstream collusion. *International Journal of Industrial Organization*, 2017, 53: 99–113.
- [12] Huang H, Ke H, Wang L. Equilibrium analysis of pricing competition and cooperation in supply chain with one common manufacturer and duopoly retailers. *International Journal of Production Economics*, 2016, 178: 12–21.
- [13] Kim H S. Collusive pricing and product differentiation in distribution channels. *Yonsei Business Review*, 2016, 53(2): 215–242.
- [14] Reisinger M, Thomes T P. Manufacturer collusion: strategic implications of the channel structure. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2017, 26(4): 923–954.
- [15] 林菡密, 孙绍荣. 重复采购竞拍中两种卡特尔串谋机制稳定性的边界条件研究. *运筹与管理*, 2017, 26(12): 104–111.
Lin H M, Sun S R. Research on stability boundary of two Cartel collusion mechanism in repeated procurement auction. *Operations Research and Management Science*, 2017, 26(12): 104–111. (in Chinese)
- [16] Overvest B M. A note on collusion and resale price maintenance. *European Journal of Law & Economics*, 2012, 34(1): 235–239.
- [17] 刘 军, 谭德庆, 唐毅青. 分销渠道中的零售商合谋与防范研究. *西南交通大学学报(社会科学版)*, 2012, 13(5): 1–8.
Liu J, Tan D Q, Tang Y Q. Study on retailer collusion and its prevention in distribution channels. *Journal of Southwest Jiaotong University(Social Sciences)*, 2012, 13(5): 1–8. (in Chinese)
- [18] Zheng X N, Sun L P, Tsay A A. Distribution channel strategies and retailer collusion in a supply chain with multiple retailers. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2018, 35(3): 1–27.
- [19] 周香芸, 田益祥. 经济周期分离下评级机构串谋激励约束机制研究. *系统工程学报*, 2020, 35(2): 210–221.
Zhou X Y, Tian Y X. Study on collusion incentive and constraint mechanisms on credit rating agencies under the separation of economic cycles. *Journal of Systems Engineering*, 2020, 35(2): 210–221. (in Chinese)
- [20] 任玉珑, 杨菲菲. 防范发电市场中双重规制合谋的机制设计. *系统工程学报*, 2012, 27(6): 751–758.
Ren Y L, Yang F F. Prevention mechanism design against double regulation collusion behaviors in power generation markets. *Journal of Systems Engineering*, 2012, 27(6): 751–758. (in Chinese)
- [21] Idisi P O, Ogbu I J, Luka A. A review of non-collusion oligopoly as it patterns to Nigeria. *International Journal of Management and Commerce Innovations*, 2019, 6(2): 1–13.
- [22] Bian J S, Lai K K, Hua Z S, et al. Bertrand vs. Cournot competition in distribution channels with upstream collusion. *International Journal of Production Economics*, 2018, 204: 278–289.
- [23] Collie D R. Collusion in differentiated duopolies with quadratic costs. *Bulletin of Economic Research*, 2006, 58(2): 151–159.
- [24] 何慧爽. 产品差异化、竞争类型与合谋稳定性分析. *经济数学*, 2010, 27(2): 17–22.
He H S. Product differentiation, competition type and the stability of collusion. *Journal of Quantitative Economics*, 2010, 27(2): 17–22. (in Chinese)
- [25] Tigran M, Hossain Z, Nick C. Collusion in Bertrand vs. Cournot competition: A virtual bargaining approach. *Management Science*, 2017, 64(12): 5599–5609.
- [26] Christopher R K, Victor S. Price ceilings as focal points for tacit collusion: evidence from credit cards. *The American Economic Review*. 2003, 93(5): 1703–1729.
- [27] Andreoli-Versbach P, Franck J U. Endogenous price commitment, sticky and leadership pricing: evidence from the Italian petrol market. *International Journal of Industrial Organization*, 2015, 40: 32–48.
- [28] 司凤山, 王 晶, 戴道明. 考虑服务质量和延迟决策的双渠道供应链演化博弈分析. *山东大学学报(理学版)*, 2020, 55(1): 86–93.
Si F S, Wang J, Dai D M. Evolutionary game analysis of dual-channel supply chain considering service quality and delay decision. *Journal of Shandong University (Natural Science)*, 2020, 55(1): 86–93. (in Chinese)
- [29] Li Q H, Li B. Dual-channel supply chain equilibrium problems regarding retail services and fairness concerns. *Applied Mathematical Modelling*, 2016, 40(15/16): 7349–7367.

作者简介:

吴赐联(1981—), 男, 福建漳州人, 博士, 教授, 研究方向: 技术创新管理, Email: wucilian05@163.com;

林 晶(1982—), 女, 福建福州人, 博士, 副教授, 研究方向: 供应链管理, Email: linjingxd2005@163.com;

王 健(1959—), 男, 福建福州人, 博士, 教授, 研究方向: 物流管理, Email: missingswallow@163.com.

附录

结论 1 证明 仅给出混合销售模式下的证明, 实体销售模式的情形同理可证.

1) 联立 $\Pi_i^{\text{HC}} > \Pi_i^{\text{HN}}$, $i = 1, 2$, 解得 $\underline{\rho} < \rho < \bar{\rho}$. 对于 $\forall \alpha, \theta \in (0, 1), \forall \rho \in [\underline{\rho}, \bar{\rho}]$, 都有 $P_i^{\text{HC}} > P_i^{\text{HN}}, S_i^{\text{HC}} < S_i^{\text{HN}}, i = 1, 2$.

2) 由结论 1 得当 $\underline{\rho} < \rho < \bar{\rho}$ 时, $\Pi_1^{\text{HC}} - \Pi_1^{\text{HN}} > 0$, 故 $\frac{\partial(\Pi_1^{\text{HC}} - \Pi_1^{\text{HN}})}{\partial \alpha} = \frac{2(\Pi_1^{\text{HC}} - \Pi_1^{\text{HN}})}{\alpha} > 0$, 表明实体零售渠道的市场份额越大, 串谋的利润增量也越大. 由于 $\frac{\partial(\Pi_1^{\text{HC}} - \Pi_1^{\text{HN}})}{\partial \rho} = \frac{\alpha^2(A\gamma(1-\rho)+B)}{[(2-\theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4]^2} > 0$, 因此零售商自身市场份额越大, 串谋的利润增量也越大, 其中 $A = \frac{1-\theta^2+\gamma\theta^2}{(1-\gamma^2)[(2-\theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4]} - \frac{(2-3\theta^2+\theta^4)[2-\theta^2-\gamma(1-\theta^2)]}{[(2-\theta^2)^2 - \gamma^2(1-\theta^2)^2]^2}$, $B = \frac{[(2-\theta^2)-\gamma\rho(1-\theta^2)]}{(1-\gamma^2)[(2-\theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4]} - \frac{(2-\theta^2)^2[(2-\theta^2)-\gamma\rho(1-\theta^2)]}{[(2-\theta^2)^2 - \gamma^2(1-\theta^2)^2]^2}$. 证毕.

结论 2 证明 仅给出混合销售模式下的证明, 实体销售模式的情形同理可证.

1) $\frac{\partial(P_i^{\text{HC}} - P_i^{\text{HN}})}{\partial \alpha} = \frac{(P_i^{\text{HC}} - P_i^{\text{HN}})}{\alpha} > 0$, $\frac{\partial(P_i^{\text{HC}} - P_i^{\text{HN}})}{\partial \gamma} > 0$, $\frac{\partial(S_i^{\text{HN}} - S_i^{\text{HC}})}{\partial \alpha} = \frac{S_i^{\text{HN}} - S_i^{\text{HC}}}{\alpha} > 0, i = 1, 2$;

$$\frac{\partial(S_1^{\text{HN}} - S_1^{\text{HC}})}{\partial \rho} = \frac{\partial(S_2^{\text{HN}} - S_2^{\text{HC}})}{\partial(1-\rho)} = \frac{-\alpha\gamma\theta}{2(2-\theta^2-\gamma\theta^2)(2-\theta^2+\gamma(1-\theta^2))} < 0.$$

2) 对于 $\forall \alpha, \theta \in (0, 1), \forall \rho \in [\underline{\rho}, \bar{\rho}]$, 有

$$\Pi_m^{\text{HC}} < \Pi_m^{\text{HN}}, \Pi^{\text{HC}} < \Pi^{\text{HN}}, \frac{\partial(\Pi_m^{\text{HN}} - \Pi_m^{\text{HC}})}{\partial \gamma} > 0, \frac{\partial(\Pi^{\text{HN}} - \Pi^{\text{HC}})}{\partial \gamma} > 0,$$

$$\frac{\partial(\Pi_m^{\text{HN}} - \Pi_m^{\text{HC}})}{\partial \alpha} = \frac{\alpha\gamma(2\rho(1-\rho)((2-\theta^2)^2 + \gamma^2(2-6\theta^2+\theta^4)) + \gamma(1-\theta^2)(1-2\rho+2\rho^2)(6-3\theta^2-\gamma^2\theta^2))}{2(1-\gamma^2)((2-\theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4)((2-\theta^2)^2 - \gamma^2(1-\theta^2)^2)} > 0.$$

证毕.

结论 4 证明 将零售商未串谋时制造商的最优决策($w_1^{\text{RN}}, w_2^{\text{RN}}$)代入式(13)可得零售商 i 的利润为

$$\begin{aligned} \Pi_1^{\text{RT}} &= (P_1 - d_1^{\text{RT}} w_1^{\text{RN}})(\rho - P_1 + \theta S_1 + \gamma(P_2 - \theta S_2)) - S_1^2/2 - c_1^{\text{RT}}, \\ \Pi_2^{\text{RT}} &= (P_2 - d_2^{\text{RT}} w_2^{\text{RN}})(1 - \rho - P_2 + \theta S_2 + \gamma(P_1 - \theta S_1)) - S_2^2/2 - c_2^{\text{RT}}. \end{aligned}$$

易得 Π_i^{RT} 关于 (P_i, S_i) 的 Hesse 矩阵负定, 所以零售商存在唯一的最优决策 $(P_i^{\text{RT}}, S_i^{\text{RT}})$, 将 $\frac{\partial \Pi_i^{\text{RT}}}{\partial P_i} = 0$ 和 $\frac{\partial \Pi_i^{\text{RT}}}{\partial S_i} = 0$ 联立, 解得

$$P_i^{\text{RT}} = (\mu_i + d_i w_i^{\text{RN}}(1-\theta^2)(2-\theta^2+\gamma^2\theta^2) + \gamma d_{3-i} w_{3-i}^{\text{RN}}(2\rho-1))/(\mu_1^2 - \mu_2^2), \quad (18)$$

$$S_i^{\text{RT}} = \theta P_i^{\text{RT}}, i = 1, 2. \quad (19)$$

当 $P_i^{\text{RT}} = P_i^{\text{R}} (i = 1, 2)$ 时供应链协调, 可得 d_i^{RT} 和对应的批发价格 w_i^{RT} 分别为

$$d_i^{\text{RT}} = \gamma(2-\theta^2)/(w_i^{\text{RN}}(1-\gamma)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)) - 2\gamma/(\lambda_1 + \lambda_2),$$

$$w_1^{\text{RT}} = \frac{\gamma(2\rho-1)(2-\theta^2-\gamma^2\theta^2)}{(1-\gamma^2)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)} - \frac{\gamma\rho}{(1+\gamma)(\lambda_1 + \lambda_2)},$$

$$w_2^{\text{RT}} = \frac{\gamma(2\rho-1)(2-\theta^2-\gamma^2\theta^2)}{(1-\gamma^2)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)} - \frac{\gamma(1-\rho)}{(1+\gamma)(\lambda_1 + \lambda_2)}.$$

将 d_i^{RT} 分别代入 S_1^{RT} 和 S_2^{RT} 中, 显然 $S_i^{\text{RT}} = S_i^{\text{R}}$, 从而契约 T 可协调供应链.

将 $(w_i^{\text{RT}}, P_i^{\text{RT}}, S_i^{\text{RT}})$ 分别代入式(18)和式(19), 可得契约 T 下两个零售商和制造商的利润分别为

$$\Pi_i^{\text{RT}} = \frac{(2-\theta^2)\lambda_i^2}{(2(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)^2)} - c_i^{\text{RT}}, \quad (20)$$

$$\Pi_m^{\text{RT}} = \frac{\gamma^2(4-8\theta^2+3\theta^4+\gamma^2\theta^4)}{(1-\gamma^2)((2-\theta^2)^2 - \gamma^2\theta^4)^2} + \frac{2\gamma\rho(1-\rho)}{(1+\gamma)(2-\theta^2-\gamma\theta^2)^2} + c_1^{\text{RT}} + c_2^{\text{RT}}. \quad (21)$$

下面确定零售商 i 对制造商的最优补偿费用 c_i^{RT} . 将制造商和零售商在契约 T 第一阶段后的利润与零售商未串谋时分散决策下的均衡利润的差分别记为

$$\Delta \Pi_m^{\text{RT-RN}} = \sum_{i=1}^2 (w_i^{\text{RT}} Q_i^{\text{RT}}) - \sum_{i=1}^2 (w_i^{\text{RN}} Q_i^{\text{RN}}),$$

$$\Delta \Pi_i^{\text{RT-RN}} = ((P_i^{\text{RT}} - w_i^{\text{RT}}) Q_i^{\text{RT}} - (S_i^{\text{RT}})^2/2) - ((P_i^{\text{RN}} - w_i^{\text{RN}}) Q_i^{\text{RN}} - (S_i^{\text{RN}})^2/2), i = 1, 2.$$

供应链总利润的差为

$$\Delta \Pi^{\text{RT-RN}} = \Delta \Pi_{\text{m}}^{\text{RT-RN}} + \sum_{i=1}^2 \Delta \Pi_i^{\text{RT-RN}} = \Pi^{\text{R}} - \Pi^{\text{RN}}.$$

当渠道成员利润均获得帕累托改善才能达成契约, 因此零售商 i 的参与约束为 $\Pi_i^{\text{RT}} \geq \Pi_i^{\text{RN}}$, $i = 1, 2$, 即

$$c_i^{\text{RT}} \leq \bar{c}_i^{\text{RT}} = (2 - \theta^2)(2\rho - 1)(\lambda_i^2 / (2(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)^2) - \mu_i^2 / (8(\mu_1^2 - \mu_2^2)^2)).$$

制造商的参与约束为 $\Pi_{\text{m}}^{\text{RT}} \geq \Pi_{\text{m}}^{\text{RN}}$, 即 $c_i^{\text{RT}} \geq \underline{c}_i^{\text{RT}} = w_i^{\text{RN}} Q_i^{\text{RN}} - w_i^{\text{RT}} Q_i^{\text{RT}}$, $i = 1, 2$. 契约 T 的第二阶段, 由供应链成员谈判确定供应链协调的剩余利润的分配. 谈判模型可以表示为

$$\max_{c_i^{\text{RT}} \leq \bar{c}_i^{\text{RT}}, c_i^{\text{RT}} \geq \underline{c}_i^{\text{RT}}} (\Delta \Pi_{\text{m}}^{\text{RT-RN}} + c_1^{\text{RT}} + c_2^{\text{RT}})^{1-b_1-b_2} (\Delta \Pi_1^{\text{RT-RN}} - c_1^{\text{RT}})^{b_1} (\Delta \Pi_2^{\text{RT-RN}} - c_2^{\text{RT}})^{b_2}. \quad (22)$$

式(22)关于 $(c_1^{\text{RT}}, c_2^{\text{RT}})$ 的 Hesse 矩阵 $\mathbf{H}$ 负定, 即博弈模型存在唯一最优的补偿费用, 求解式(22)最大化的一阶条件可得

$$(1 - b_1 - b_2)(\Delta \Pi_i^{\text{RT-RN}} - c_i^{\text{RT}}) - b_i(\Delta \Pi_{\text{m}}^{\text{RT-RN}} + c_1^{\text{RT}} + c_2^{\text{RT}}) = 0, \quad i = 1, 2. \quad (23)$$

由式(23)可解得零售商 i 给予制造商的最优补偿费用为 $c_i^{\text{RT}} = \Delta \Pi_i^{\text{RT-RN}} - b_i \Delta \Pi^{\text{RT-RN}}$. 因此契约 T $(d_i^{\text{RT}}, c_i^{\text{RT}})$ 下零售商 i 的利润为 $\Pi_i^{\text{RT}} = \Pi_i^{\text{RT}} + b_i(\Pi^{\text{R}} - \Pi^{\text{RN}})$, $i = 1, 2$. 证毕.

结论 5 证明 若供应链协调, 则制造商和两个零售商的最优决策与集中决策一致. 将 $(P_1^{\text{R}}, P_2^{\text{R}}, S_1^{\text{R}}, S_2^{\text{R}})$ 分别代入式(4)和式(5)中, 制造商和零售商的利润可分别表示为

$$\Pi_{\text{m}}^{\text{RJ}} = (\lambda_1 w_1^{\text{RJ}} + \lambda_2 w_2^{\text{RJ}}) / (\lambda_1^2 - \lambda_2^2), \quad (24)$$

$$\Pi_i^{\text{RJ}} = \lambda_i(2\rho - 1) / (2(1 - \gamma^2)(\lambda_1^2 - \lambda_2^2)) + (w_i^{\text{RN}} - w_i^{\text{RJ}}) / (\lambda_1^2 - \lambda_2^2). \quad (25)$$

将式(24)和式(25)代入式(14), 可得式(15)关于 $(w_1^{\text{RJ}}, w_2^{\text{RJ}})$ 的 Hesse 矩阵负定, 求解式(14)的一阶条件可得

$$(1 - b_1 - b_2)\Pi_i^{\text{RJ}} \frac{\partial \Pi_{\text{m}}^{\text{RJ}}}{\partial w_i^{\text{RJ}}} + b_i \Pi_{\text{m}}^{\text{RJ}} \frac{\partial \Pi_i^{\text{RJ}}}{\partial w_i^{\text{RJ}}} = 0, \quad i = 1, 2. \quad (26)$$

由式(26)即可解得 $(w_1^{\text{RJ}}, w_2^{\text{RJ}})$, 从而契约 J 下制造商和两个零售商的利润分别为 $\Pi_{\text{m}}^{\text{RJ}} = (1 - b_1 - b_2)\Pi^{\text{R}}$, $\Pi_i^{\text{RJ}} = b_i \Pi^{\text{R}}$, $i = 1, 2$. 制造商和两个零售商愿意接受契约 J 的条件是在该契约下获得的利润不低于分散决策的情形. 因此, 当且仅当 $b_i \geq \Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{R}}$, $i = 1, 2$, 且 $b_1 + b_2 \leq \Pi_{\text{m}}^{\text{RN}} / \Pi^{\text{R}}$ 时才能达成契约 J $(w_1^{\text{RJ}}, w_2^{\text{RJ}})$. 证毕.

结论 6 证明 1) 当 $\Pi_i^{\text{RT}} \geq \Pi_i^{\text{RC}} - k_i^{\text{RT}}(\Pi_i^{\text{RC}} - \Pi_i^{\text{RN}})$ 时, 在契约 T 中零售商的利润高于串谋受到惩罚后的利润. 由结论 4 得 $\Pi_i^{\text{RT}} = \Pi_i^{\text{RN}} + b_i(\Pi^{\text{R}} - \Pi^{\text{RN}})$, 故当 $k_i^{\text{RT}} \geq \underline{k}_i^{\text{RT}} = 1 - b_i(\Pi^{\text{R}} - \Pi^{\text{RN}}) / (\Pi_i^{\text{RC}} - \Pi_i^{\text{RN}})$ 时零售商放弃串谋, $i = 1, 2$.

2) 证明方法与 1) 相同.

证毕.

结论 9 证明 仅给出实体销售模式的证明, 混合销售模式的情形同理可证.

比较结论 6 的 1) 和 2) 可得, 若 $\Pi_i^{\text{RN}} \geq b_i \Pi^{\text{RN}}$, 则 $\underline{k}_i^{\text{RT}} \leq \underline{k}_i^{\text{RJ}}$. 由此可见, 当 $b_i \leq \Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{RN}}$ 时契约 T 对零售商串谋的惩罚阈值小于契约 J, 因此协调契约 T 是制造商的占优协调策略.

若制造商可与零售商 i 达成契约 J, 则应满足 $b_i \geq \Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{R}}$ 且 $b_1 + b_2 \leq 1 - \Pi_{\text{m}}^{\text{RN}} / \Pi^{\text{R}}$, 当 $b_i \leq \Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{RN}}$ 时. 由于 $\Pi^{\text{RN}} < \Pi^{\text{R}}$, 因此 $b_1 + b_2 \leq (\Pi_1^{\text{RN}} + \Pi_2^{\text{RN}}) / \Pi^{\text{RN}} = 1 - \Pi_{\text{m}}^{\text{RN}} / \Pi^{\text{RN}} < 1 - \Pi_{\text{m}}^{\text{RN}} / \Pi^{\text{R}}$, 所以当 $\Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{R}} \leq b_i \leq \Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{RN}}$ 时契约 T 是制造商的占优协调策略.

反之, 若 $\Pi_i^{\text{RN}} < b_i \Pi^{\text{RN}}$, 则 $k_i^{\text{RT}} > k_i^{\text{RJ}}$, 可见当 $b_i > \Pi_i^{\text{RN}} / \Pi^{\text{RN}}$ 时契约 J 对零售商的串谋惩罚参数阈值小于契约 T, 说明契约 J 对零售商串谋约束更强, 从而协调契约 J 是实体销售模式的制造商占优激励策略. 证毕.