

长期合作期望下的供应链非对称信息甄别研究^①

霍佳震, 张建军, 赵 晋

(同济大学经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 首先构建了一次交易供应链协调问题中基于一般性假设下非对称信息甄别的供应链次最优(Second-best)协调模型, 论证了系统最优协调不可得, 之后将供应链一次交易关系拓展至长期合作关系, 提出了关于供应链协调问题的“长期合作期望”这一研究立足点, 在此基础上通过考察两类具体子问题, 揭示了长期合作背景下供应链上下游企业之间的重复主从博弈对信息非对称时的供应链协调问题的影响; 若代理人(零售商)私有信息具有跨期关联、且事后不可验证, 则将造成信息甄别的棘轮效应; 若私有信息在事后有可能被识别, 则在委托人(制造商)的触发战略(Trigger Strategy)激励下供应链 Pareto 最优协调能否达到取决于事后被识别的概率、零售商的信息租金、对称信息下自身的收益以及无伙伴关系时的保留效用之间的数量关系. 论文给出了上述各个结论相应的定量分析与描述.

关键词: 供应链协调; 信息不对称; 信息甄别; 长期合作; 重复博弈; 棘轮效应; 触发战略

中图分类号: F715.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2008)03-0088-08

0 引言

在供应链管理的理论与实践普遍面临以下的系统性困难: 组织间的冲突与竞争; 不确定性以及信息障碍. 针对这些存在的困难, 目前主要采用合作、协调与激励的方法来解决, 在信息不完全、不对称及市场竞争日益激烈的情况下, 这种模式越来越受到大家的重视. 可以说关于供应链协调问题的研究是目前供应链管理研究领域的重大课题^[1].

由于企业、供应链的顾客需求进一步呈现出个性化、多样化, 导致产品生命周期急剧缩短、需求不确定性急剧增长, 基于 Newsvendor 模型对一次订购情形下单周期产品(或说季节性产品)供应链的协调问题逐渐成为研究的一个主要方向, 其中, 就信息不对称对供应链协调造成的障碍及此情形下的供应链协调机制设计问题展开的研究是其热点, 并取得了一些成果. 比如在信号博弈

模型层面, Cachon 与 Lariviere^[2]通过契约给供应商以固定支付来获取信息以实现非对称信息下的供应链协调; Lariviere^[3]发现限制零售商退货能够实现可信任的信息共享, 等. 在供应链中隐藏行动的道德风险方面, Priest^[4]研究了质量保修合同中的道德风险; 李丽君、黄小原和庄新田^[5]考查了在供应商的质量预防投入成本和销售商的质量评价投入成本均为不可观测的信息的情况下供应商和销售商都可能会发生签约后道德风险的问题, 等.

相关的研究目前在信息甄别方面占了更大的比例: Charles 与 Xavier^[6]、Charles^[7]以及 Charles、Zhou 与 Tang^[8]针对成本信息不对称时的库存策略、数量折扣策略以及契约设计问题进行了研究; Lau A. H. 与 Lau H. S. 讨论了市场需求信息不对称时的供应链库存策略^[9]; Gang Hao 基于一种以中间商为核心的“泛”两阶段供应链讨论了设计

① 收稿日期: 2007-03-10; 修订日期: 2008-04-03.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70772077); 上海市科委青年科技启明星计划项目(07QB14046); 上海市重点学科建设项目(B310).

作者简介: 霍佳震(1962—), 男, 安徽芜湖人, 博士, 教授, 博士生导师, Email: huojiazhen@163.com.

合同的机制、合同的类型以及有关其他各成员的信息的问题^[10];Lutze 研究了需求信息不对称时的交货期承诺契约,发现对最小可能的买方的服务水平进行交货期承诺是有效率的,而对高水平买方的交货期承诺比最优承诺期短^[11].国内学者中索寒生、金以慧研究了零售商具有成本私有信息时上游供应商的最优回购契约^[12];姬小利、王宁生针对 VMI 且供应商的定价方式为数量折扣的情形,讨论了为实现系统协调、具体应采用什么样的折扣方案,之后对供应商不知道零售商对产品的售价、只知道售价的具体分布函数的信息非对称情形下的博弈进行了分析^[13];郭琼、杨德礼将供应链中交易的产品标的为相应的金融产品,假设了零售商拥有一个一般私有信息变量,讨论了期权合同方式的协调作用^[14];等等.

总的来说,关于信息不对称环境下的供应链协调问题还没有形成非常成熟的体系,如目前关于逆向选择、信息甄别的研究多是基于某一特定具体信息的非对称情形进行讨论.同时,值得注意的是,在当前的研究中还存在着一个不足,即囿于短周期、季节性产品一次订货的基本特点,因此无论供应链中信息结构是完全的还是非完全、非对称的,现有研究基本上都集中在一次性的供应链伙伴合作关系的前提之下,而事实上,实践中更常见的情况是,固然供应链中某种特定具体产品的交易行为是一次性的,但是供应链成员之间的伙伴合作关系却经常是稳定的、长期存在的.因此,针对这些实际问题,本文将进一步贴近实践,尝试从以下方向展开研究:首先在较宽松的一般性的假设前提下分析私有信息带来的逆向选择及其甄别对供应链 Pareto 最优协调的负面影响,其后将一次性供应链合作关系拓展至供应链成员之间具有长期合作关系(期望)的情形,在对这种长期关系的具体属性进行界定的基础上,具体针对包含事后不可验证的跨期关联私有信息以及事后可验证的私有信息等两种情形下的信息甄别、逆向选择问题进行探讨.

1 模型假设与一般描述

考虑一个单产品一次订购的两阶段供应链,上下游分别为制造商和零售商,零售商在销售季

节开始之前向供应商以批发价订货.不失一般性,设决策双方均为风险中性,其决策函数为期望收益最大化.

在对称信息状态下,零售商的唯一决策变量是其采购批量 Q :对于零售商而言,其面临的问题就是根据市场需求预测分布、产品进价以及售价等因素来确定自身的期望收益 $E\Pi_R$,进而通过最大化期望收益得到其最优订货批量 $Q_R^* = \arg \max_{Q>0} E\Pi_R$ (最优批量的存在性与唯一性证明见参考文献[15]).此时,制造商获得相应的收益 $E\Pi_S(Q_R^*)$.

为改变在交易中的被动情形,制造商考虑对零售商施加激励 $I(i_1, i_2, \dots, i_n)$ (I 可以是回购策略、数量折扣策略等等, $i_k (k = 1, 2, \dots, n)$ 是相应激励策略所选定的激励变量) 以使得零售商在此激励下的采购批量上升,从而提高制造商自身的收益.此时从委托-代理的角度看,制造商可以看成是委托人,而零售商则是代理人.若记 $E\Pi_{S,I}$ 、 $E\Pi_{R,I}$ 分别为存在激励时制造商和零售商的期望收益、 $Q_{R,I}^* = \arg \max_{Q>0} E\Pi_{R,I}$ 为零售商相应的最优订购批量,则根据 Myerson 的显示原理^[16] 知制造商的决策问题为

$$\begin{aligned} & \max_I E\Pi_{S,I} \\ & \text{s. t. } \begin{cases} E\Pi_{R,I} \geq E\Pi_R & (IR) \\ E\Pi_{R,I}(Q_{R,I}^*) = \max_{Q>0} E\Pi_{R,I}(Q) & (IC) \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中:第一个约束 IR 为代理人个人理性约束(或说参与约束, Individual Rationality),即接受激励的收益不能低于不接受激励时的期望收益(或保留效应).需要强调的是,若二者是初次合作,则处于主导地位的供应商可以使零售商仅获得保留效应^[15];第二个约束 IC 为代理人激励相容约束(Incentive Compatible),即在激励下代理人总是选择使自己的期望收益最大化的决策,此处表现为零售商选择其最优采购批量.

2 含非对称信息甄别的供应链协调模型

由于供应链各成员企业是独立的利益主体,

因此供应链上源于主观和客观因素的私有信息是普遍存在的. 为讨论方便, 本文给出以下概念约定:

非对称信息 (Asymmetric Information): 本文基于委托 - 代理的角度把信息不对称 (私有信息) 的概念界定为: 影响代理人决策从而影响委托人期望效用的、代理人拥有而委托人不拥有的私有信息.

供应链 Pareto 最优协调策略: 称制造商的激励策略 $I^* (i_1^*, i_2^*, \dots, i_n^*)$ 为供应链 Pareto 最优协调策略, 当且仅当 I^* 满足 (1), 且此时相应的采购批量实现了供应链总期望收益的最大化.

在供应链成员就季节性产品进行一次性合作时, 本文针对事前非对称信息的甄别问题提出以下命题:

命题 1 若供应链中代理人 (零售商) 拥有私有信息 λ , 则: (1) 供应链 Pareto 最优协调策略 I^* 不存在; (2) 制造商将不得不向零售商支付信息租金以获取该信息.

证明

此时代理人 (零售商) 拥有与其订购批量决策有关的私有信息 λ . 假设委托人 (制造商) 不知道 λ 的真实值, 只知道其作为随机变量的先验分布信息 $\lambda \in \Lambda, \Lambda$ 为零售商的类型空间. 记 $\mathfrak{N} = \{(\lambda, I(\lambda)) \mid \lambda \in \Lambda\}$ 其中, 为此信息不对称情形下制造商的激励配置集 $I(\lambda) = (i_1(\lambda), i_2(\lambda), \dots, i_n(\lambda))$.

零售商将具有说谎的冲动, 若虚假的 λ (记为 $\hat{\lambda}$) 带来的收益 $E\Pi_R(\hat{\lambda})$ 比披露真实值时更大的话——本文关心的是这样的虚假值 $\hat{\lambda}_0 (\hat{\lambda}_0 \neq \lambda)$ 总是存在的, 即便只有一个, 因此这一假设是自然的. 从而制造商的决策函数将被迫改变为

$$\begin{aligned} & \max_{\mathfrak{N}} E_{\lambda} (E\Pi_{S,I}(\lambda \mid \lambda)) \\ \text{s. t. } & \begin{cases} E\Pi_{R,I}(\lambda \mid \lambda) = \max_{Q, \hat{\lambda}} E\Pi_{R,I}(\hat{\lambda} \mid \lambda) & (IC) \\ E\Pi_{R,I}(\lambda \mid \lambda) \geq \bar{U}_R & (IR) \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $E\Pi_{R,I}(\hat{\lambda} \mid \lambda)$ 表示零售商在私有信息的真实值为 λ 、并声称其为 $\hat{\lambda}$ 时所获得的激励相容的期望收益; 期望算子 E_{λ} 表示对随机收益函数 $E\Pi_{S,I}(\lambda \mid \lambda)$ 关于 λ 求期望值. 此处 IC 条件称之

为信息显示机制, 其作用在于: 对于任意的信息值 λ 它都能使得零售商在说真话时才能获得自己的最大期望收益.

对于任一给定的 λ , 类似于 1, 零售商具有最优订购批量 $Q_{R,I}^*(\lambda) = \arg \max_{Q>0} E\Pi_{R,I}(\lambda)$, 从而 IC 条件中的 Q 应取值为 $Q_{R,I}^*(\lambda)$.

在非对称信息情形下, 处于信息劣势的制造商将提出一个合同菜单 $\mathfrak{N} = \{(\lambda, I(\lambda)) \mid \lambda \in \Lambda\}$ 供零售商斟酌、选择, 对零售商所声称的信息值 λ , 根据合同菜单, 制造商将给出相应的激励 $I(\lambda)$. 式 (2) 的含义在于, 制造商希望找到一个适当的合同菜单以激励零售商说出信息 λ 的真实值, 并在此基础上能够实现自身收益的最大化.

由 IC 条件可知:

$$\begin{aligned} E\Pi_{R,I}(\lambda \mid \lambda) &= \max_{\hat{\lambda}} E\Pi_{R,I}(\hat{\lambda} \mid \lambda) \geq \\ E\Pi_{R,I}(\hat{\lambda}_0 \mid \lambda) &> E\Pi_{R,I} \end{aligned} \quad (3)$$

即此时零售商的期望收益总要严格大于信息对称时. 这说明为了使得零售商说实话, 制造商不得不比信息对称情形下付出额外的转移支付 (式 (3) 左右两端两项的差值) 作为信息激励成本, 称这类激励成本为信息租金. 至此, 命题 1 的 (2) 得证.

(1) 是显然的, 采用反证法给出证明:

设 Pareto 最优系统收益能够达到, 则 $I^* = I^*(\lambda) (\forall \lambda \in \Lambda)$ 存在

$$\begin{aligned} \Rightarrow i_k^* &= i_k(\lambda) (1 \leq k \leq n), \forall \lambda \in \Lambda \\ \Rightarrow i_k^* &\equiv i_k^* (1 \leq k \leq n) \end{aligned}$$

这说明制造商给出的激励合同菜单与非对称信息 λ 无关, 这与 (2) 中的 IC 条件矛盾, 即无法保证零售商说真话. 从而命题 1 的 (1) 得证.

命题 1 说明, 由于非对称信息的存在, 制造商会给出一个从供应链整体收益来看是次最优 (second-best) 的激励, 这使得供应链的总期望收益无法获得其在集中决策模式下的最大值, 即因为产生了无谓的代理成本而无法实现 Pareto 最优协调. 命题 1 从一个侧面说明了信息共享障碍在供应链中的危害性以及消除的必要性和困难性.

3 长期合作期望下的信息甄别

在上面的讨论中, 给定一个信息甄别问题, 委托人(制造商) 决策的前提是以最小的代理成本、最少的信息租金从代理人(零售商) 处获得其私人信息. 考虑到供应链合作伙伴关系的长期性, 有必要分析这种重复博弈的关系对代理人私有信息以及委托人的激励模式的影响. 本文首先对季节性产品供应链长期合作关系的有关属性进行刻画与界定:

1) 就不同的季节(时期) 而言, 供应链双方交易的产品是不同的; 任一期产品的交易关系是一次性的; 交易双方的多时期伙伴合作关系是单期关系的重复;

2) 就供应链中制造商向零售商提供的激励而言, 由于交易产品的季节性特点, 该激励通常不会是一种覆盖多个时期的长期合同, 而是体现为一系列短期激励合同的集合;

3) 就零售商私有信息在时间上的关联而言, 存在两种情形: ① 跨期相关, 即该类型私有信息存在着跨期的影响(如风险偏好、库存成本等信息); ② 相互独立, 即在所有的时期该信息类型不存在相关性(如产品的需求信息等);

4) 就私有信息的事后评估而言, 包括事后不可验证与事后可验证, 前者指任一期交易后私有信息是否被披露不能被验证, 后者则表示有可能.

在此基础上本文对以下问题进行具体分析:

3.1 事后不可验证: 跨期关联信息甄别的棘轮效应

先同样界定一个概念:

完全分离均衡: 若在某激励配置集 $\{ \mathcal{N} = (\lambda, I(\lambda)) \mid \lambda \in \Lambda \}$ 下, $I(\lambda_1) \neq I(\lambda_2) (\forall \lambda_1 \neq \lambda_2)$, 即不同的代理人在配置集下有不同的选择, 则说完全分离均衡存在.

对于长期合作关系下在各个时期具有相互独立性的非对称信息, 若本期非对称信息在未来时期无法验证, 则委托人(制造商) 唯有采用 2 中的信息显示机制, 以牺牲一定的收益来实现供应链次优协调, 因此, 此时的长期合作与博弈的关系体

现为单期交易的简单重复, 本文在此不赘述.

对于长期合作关系下具有跨期关联的非对称信息, 由于其具有跨期关联性, 信息披露对未来时期的影响将使激励问题比一次性交易情形更加复杂, 特别的, 在事后不可验证的情形下, 本文有以下结论:

命题 2 (信息甄别的棘轮效应) 供应链长期合作的重复主从博弈情形下, 对于事后不可验证的非对称信息, 在博弈的第一阶段不存在完全分离均衡, 即命题 1 中的非对称信息甄别机制是无效的.

证明

已知生产、经营季节性产品的供应链中制造商与零售商具有长期合作关系, 双方在各个销售季节的博弈情形与条件是类似的, 即双方具有简单重复主从博弈关系下. 此时零售商拥有私有的跨期关联信息 λ , 制造商具有 λ 的先验分布信息 Λ , Λ 为有限集或连续集. 其它与 2 类似.

以整数 $k (1 \leq k \leq n)$ 记 n 个合作季节(时期) 各自的序号, 则类似 2, 若在时期 1 制造商给出 IC 条件以使得零售商披露 λ 的真实值: $E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\lambda \mid \lambda) = \max_{\hat{\lambda}} E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\hat{\lambda} \mid \lambda)$ (注: 上标表示所处时期), 则从第二个时期开始, 供应链双方将不存在信息不对称, 因此, 从 1 的讨论可知, 在后面时期中, 主导型制造商将通过适当的激励使得零售商仅取得其保留效应. 不失一般性, 设零售商对于保留效应的贴现因子 $\delta = 1$. 从而首期说真话时零售商所能获得的总收益(记为 $E\Pi_R(T)$) 为

$$E\Pi_R(T) = \left(\max_{\hat{\lambda}} E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\hat{\lambda} \mid \lambda) \right) + \underline{U}^{(2)} + \underline{U}^{(3)} + \dots + \underline{U}^{(n)} = r + \sum_{k=1}^n \underline{U}^{(k)} \quad (4)$$

其中, $\underline{U}^{(k)}$ 为零售商第 k 个时期的保留效应, r 为其信息租金.

注意到 Λ 中至少有一个 $\hat{\lambda}_0 \neq \lambda$ 能使得 $E\Pi_{R,I_k}^{(k)}(\hat{\lambda}_0) > E\Pi_{R,I_k}^{(k)}(\lambda) = \underline{U}^{(k)}$, 因此, 若零售商谎称 $\lambda = \hat{\lambda}_0$, 则其能获得的期望收益(记为 $E\Pi_R(L)$) 为

$$E\Pi_R(L) = E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\hat{\lambda}_0 \mid \lambda) + E\Pi_{R,I_2}^{(2)}(\hat{\lambda}_0) + \dots + E\Pi_{R,I_n}^{(n)}(\hat{\lambda}_0) \quad (5)$$

其中, $E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\hat{\lambda}_0 | \lambda)$ 是零售商在第一时期制造商给出形如 2 中的显示机制之后谎称真实值为 $\hat{\lambda}_0$ 时的期望收益. 由于该显示机制使得零售商在说真话时才能够获得最大收益, 因此, 谎称 $\hat{\lambda}_0$ 将导致零售商第一时期的收益下降, 即 $E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\hat{\lambda}_0 | \lambda) < E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\lambda | \lambda)$. 记 $\Delta u^{(1)} = E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\lambda | \lambda) - E\Pi_{R,I_1}^{(1)}(\hat{\lambda}_0 | \lambda)$, $\Delta u^{(k)} = E\Pi_{R,I_k}^{(k)}(\hat{\lambda}_0) - \underline{U}^{(k)}$, 则由式(4)、(5)有

$$E\Pi_R(L) - E\Pi_R(T) = \sum_{k=2}^n \Delta u^{(k)} - \Delta u^{(1)} \tag{6}$$

显然 $\lim_{n \rightarrow +\infty} \sum_{k=2}^n \Delta u^{(k)} - \Delta u^{(1)} > 0$, 因此可以断言: 具有足够长时期的合作期望下制造商给出的显示机制将不但不能使得零售商披露其真实值, 反而会刺激其说谎的冲动.

命题 2 揭示了长期合作关系中非对称信息甄别问题的棘轮效应: 由于信息隐匿可以给信息拥有者带来信息租金, 因此甄别非对称信息将给委托人带来损失, 而要在甄别信息的同时实现供应链利润的最大化则面临更大的困难; 更进一步的, 考虑到信息披露对代理人未来收益的影响, 棘轮效应的影响将使得供应链最优协调成为一个系统性难题. 因此克服棘轮效应的影响具有重大意义. 一般地说, 可以提出以下思路来消除或缓解信息甄别的棘轮效应:

1) 全局信息显示机制. 即将 2 中式(2) 所示激励相容条件从第一期拓展至所有时期: $\sum E\Pi_{R,I}(\lambda | \lambda) = \max_{\hat{\lambda}} \sum E\Pi_{R,I}(\hat{\lambda} | \lambda)$, 但是这将带来的问题是零售商全局收益函数难以确定, 同时代理成本过高, 因此存在着实用性的疑虑;

2) 引入多代理人竞争机制. 如拍卖机制. 引入类型相关的多个代理人、通过代理人之间的竞争来揭示代理人私有信息, 委托人可能攫取几乎全部理论收益.

3) 引入充足统计量(Sufficient Statistic). 当代理人(零售商)具有私有信息 λ , 委托人(制造商)通过寻找事后可观察的、与 λ 具有一定相关性的某个随机变量 μ 来对代理人进行威慑, 有利

于信息的披露.

3.2 事后可验证: 重复博弈的非对称信息甄别

与一次性合作关系不同, 在供应链双方具有长期合作期望时, 由于非对称信息的事后可验证性, 因此披露非对称信息将变得容易, 此时供应链的最优协调将更可能达到. 本文考虑委托人(制造商)不再采用 2 中的次优激励(信息显示机制), 而是改为采用“触发战略”(Trigger Strategy)来进行激励的供应链协调过程: 假定处于主导地位的制造商对零售商采用触发战略来披露其私有信息, 即一旦在未来时期发现零售商没有披露其私有信息, 则终止双方的合作关系. 另设: 代理人(零售商)在任一时期不披露其私有信息(即说假话)的行为只可能在下一时期被发现, 被发现概率为 $(1 - \theta)$ ($0 < \theta < 1$).

为简化问题, 本文假设整体博弈是单一博弈的简单重复, 对称信息(即真实披露私有信息)下零售商能得到相类似的效用 U , 任一期的信息租金为 r , 任一期不与制造商合作时零售商的保留效用为 $\underline{U} < U$, 则:

命题 3 设制造商与零售商之间有 n ($n \gg 1$) 期合作期望, 若信息租金 $r \leq \frac{1 - \theta}{\theta}(U - \underline{U})$, 则零售商将始终披露其私有信息; 否则, 必存在时期 $m < n$, 使得零售商在 m 时期之前将选择披露其私有信息的真实值, 之后将选择报告虚假值.

证明

采用逆向归纳法考察一个 n ($n \gg 1$) 期重复主从博弈:

记 $E\Pi_R^{(k)}(T)$ 、 $E\Pi_R^{(k)}(F)$ 分别为零售商在第 k 时期说真话与假话时本时期 k 及后续时期 $k + 1, \dots, n$ 的期望收益之和. 则

在合作的最后一期, 毫无疑问零售商将选择说假话, 因为 $E\Pi_R^{(n)}(T) = U < E\Pi_R^{(n)}(F) = U + r$.

类似地, 在时期 $n - 1$, $E\Pi_R^{(n-1)}(T) = U + E\Pi_R^{(n)}(F)$,

$$E\Pi_R^{(n-1)}(F) = (U + r) + (\theta E\Pi_R^{(n)}(F) + (1 - \theta) U)$$

在时期 $n - 2$, $E\Pi_R^{(n-2)}(T) = U + \max\{E\Pi_R^{(n-1)}(F), E\Pi_R^{(n-1)}(T)\}$,

$$E\Pi_R^{(n-2)}(F) = (U+r) + (\theta \max\{E\Pi_R^{(n-1)}(F), E\Pi_R^{(n-1)}(T)\} + (1-\theta)\underline{U})$$

.....

在任意时期 $k < n$, 有通项公式

$$E\Pi_R^{(k)}(T) = U + \max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\},$$

$$E\Pi_R^{(k)}(F) = (U+r) + (\theta \max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\} + (1-\theta)\underline{U})$$

先证明命题3的前半部分

记在时期 $k (k < n)$ 说真话与说假话的收益之差为 $\Delta\pi^{(k)}$, 则由通项公式有

$$\begin{aligned} \Delta\pi^{(k)} &= E\Pi_R^{(k)}(T) - E\Pi_R^{(k)}(F) \\ &= (1-\theta)(\max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\} - \underline{U}) - r \\ &< (1-\theta)(\max\{E\Pi_R^{(k)}(F), E\Pi_R^{(k)}(T)\} - \underline{U}) - r \\ &= E\Pi_R^{(k-1)}(T) - E\Pi_R^{(k-1)}(F) \\ &= \Delta\pi^{(k-1)} \end{aligned}$$

即收益差值数列 $\{\Delta\pi^{(k)}\}_{k=1}^{n-1}$ 为单调递减数列, 从而

$$r \leq \frac{1-\theta}{\theta}(U-\underline{U}) \Rightarrow \Delta\pi^{(n-1)} \geq 0$$

$$\Rightarrow \Delta\pi^{(k)} \geq 0 (1 \leq k \leq n)$$

从而在任一时期说真话都是零售商的最优选择, 至此命题前半部分得证.

后半部分是容易证明的:

断言: 若零售商在 k 时期选择了说假话, 则在后续时期只要还继续合作它就将一直说假话.

这是因为, 若零售商在 k 时期选择了说假话, 即有 $E\Pi_R^{(k)}(T) < E\Pi_R^{(k)}(F)$, 则

$$U + \max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\} < (U+r) + (\theta \max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\} + (1-\theta)\underline{U})$$

$$\Rightarrow \max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\} < \frac{r}{1-\theta} + \underline{U}$$

$$\text{又 } \max\{E\Pi_R^{(k+2)}(F), E\Pi_R^{(k+2)}(T)\} < \max\{E\Pi_R^{(k+1)}(F), E\Pi_R^{(k+1)}(T)\}$$

$$\begin{aligned} \text{从而 } \max\{E\Pi_R^{(k+2)}(F), E\Pi_R^{(k+2)}(T)\} &< \frac{r}{1-\theta} + \underline{U} \\ \Rightarrow U + \max\{E\Pi_R^{(k+2)}(F), E\Pi_R^{(k+2)}(T)\} &< (U+r) + (\theta \max\{E\Pi_R^{(k+2)}(F), E\Pi_R^{(k+2)}(T)\} + (1-\theta)\underline{U}) \\ \Rightarrow E\Pi_R^{(k+1)}(T) &< E\Pi_R^{(k+1)}(F) \end{aligned}$$

即在 $k+1$ 时期零售商将选择说假话, 由此, 其后续时期仍然会继续说假话.

由于 $r > \frac{1-\theta}{\theta}(U-\underline{U})$, 则至少在时期 $(n-1)$

零售商将说假话, 因此由逆向归纳可知命题3的后半部分亦为真. 至此, 命题3得证.

命题3说明, 在具有长期合作期望的简单重复博弈过程中, 主导型制造商通过采用触发战略无成本地使得零售商披露其私有信息的真实值、进而实现供应链最优协调是可能的, 并取决于事后被识别的概率、信息租金、零售商合作时的单期收益以及不合作时的保留效应之间的平衡关系.

4 研究总结与展望

在具体问题的层面, 本文首先将信息甄别问题置于要求较弱的一般性假设之下, 通过分析发现, 由于事前信息不对称现象的存在, 将使得供应链与决策各方的期望收益都无法达到 Pareto 最优. 继而, 本文注意到了实践中供应链协调过程存在的长期性, 对其属性作出了具体的界定, 在此基础上, 本文研究得出了两个重要的结论: 若供应链各方具有长期合作关系(期望), 则不可验证的、具有跨期联系的非对称信息将使委托方(制造商)难以给出足以实现完全分离均衡的激励, 这将导致供应链失调状态的进一步加剧, 即出现了棘轮效应; 同时, 在私有信息可能被验证时, 本文证明了制造商通过采用触发战略有可能实现供应链最优协调, 并给出了确定私有信息能否被披露的临界点的具体定量公式, 即信息租金与事后被识别的概率、零售商合作时的单期收益以及不合作时的保留效应之间的平衡关系.

在后续正在展开的研究中, 我们将试图在廓清具体问题的基础上建立相应的框架, 如: 对于供应链协调问题中信息甄别的棘轮效应, 如何设计协调策略进行应对? 这是一个下一步需要探讨的重要问题. 另外, 如果披露私有信息对零售商有利, 将如何进行信息传递? 从建立声誉考虑, 长期合作关系对决策者的行为具有什么样的隐性激励

Study on asymmetric information screening in supply chain with long-term cooperation prospect

HUO Jia-zhen, ZHANG Jian-jun, ZHAO Jin

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China

Abstract: This thesis firstly studies one-off supply chain cooperation involving screening asymmetric information of common hypothesis, and constructs a Second-Best coordination model to prove that it is impossible to realize the absolute optimal coordination in such an occasion. Then, extending the one-off relationship to a long-term cooperation, the thesis reveals that repeated Stackelberg Games between the upper and the lower have an influence on supply chain coordination with asymmetric-information in a long-term background. If the agent's (retailer's) private information of one season is associated with that of other seasons, and cannot be testified in the next season, ratchet effect will be resulted in information screening. However, if the private information is likely to be identified, whether the supply chain, with an incentive of the principal's (manufacturer's) trigger strategy, can be optimally coordinated depends on the probability of the private information being identified, retailer's information rent, his income in symmetric information background and reservation utility when there is no cooperation. This thesis provides corresponding quantitative descriptions for all these conclusions respectively.

Key words: supply chain coordination; information asymmetry; information screening; long-term cooperation; repeated games; ratchet effects; trigger strategy

~~~~~  
(上接第 52 页)

## Interval PCA based on empirical correlation matrix

*GUO Jun-peng, LI Wen-hua*

School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China

**Abstracts:** A methodology of principal component analysis (PCA) for interval data is proposed. Empirical descriptive statistics for interval data is first studied including mean and the variance of univarible and the covariance and correlation coefficient of bivarible. Based on the empirical correlation matrix, an arithmetic of PCA for interval data is put forward which gives interval principal values. An example is illustrated. It indicates that the given method is simple and can overcome the shortcoming of the existing methods of PCA for interval data.

**Key words:** principal component analysis; interval; correlation matrix