

应用拍卖机制协调供应链^①

马俊¹, 张杰¹, 汪寿阳²

(1. 对外经济贸易大学国际商学院, 北京 100029

2. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100080)

摘要: 拍卖不仅是种价格确定机制, 也可以作为供应链的协调机制. 论文研究不完全信息的采购环境下, 通过应用合理的拍卖机制来协调买者与供应商之间的关系分析供应链的协调问题. 分析了当有 n 个供应商 1 个买者的独立私人值环境下且市场反需求函数为二次函数时, 批发价格拍卖、目录拍卖及二部合同拍卖 3 种机制为各方所产生的期望收入, 并证明了在拥有信息中介的二部合同拍卖机制下系统可以达到渠道协调.

关键词: 采购拍卖; 供应链协调; 独立私人值

中图分类号: F224.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2009)05-0001-09

0 引言

随着经济全球化的发展, 供应链管理变得越来越重要和复杂, 对于供应链而言, 有效的供应链协调是使得供应链生产和分配系统运作成功的重要因素之一. 供应链协调问题研究的是如何促使供应商和买者获得更高的渠道有效或渠道协调, 达到渠道协调则指获得了系统的最优绩效^[1]. 最近几年, 相当多的文献研究了可以应用不同的合同进行供应链的协调运作, 如文献 [1]~[6] 等.

采购拍卖这种市场机制可将买者 (采购商) 所需要的物品、服务或物品集合的相关信息传递给投标商 (供应商), 在投标商回应后, 由市场机制确定谁将赢得为采购商服务的权利. 拍卖这种机制使买者能够以相对低的搜索成本直接评估参与竞争的供应商. 对于供应商而言, 拍卖提供了一种公平、透明的竞争方式, 在过去 10 年中采购拍卖的发展势头迅猛^[7].

在逆向供应链的运作活动 (如采购) 中, 供应商之间的竞争普遍存在. 在日益激烈的竞争环境

下, 拍卖提供了简单而又稳健的需求分配机制, 这种机制不仅在理论上得到了很好的研究 (如 Vickery, Milgrom, Greenleaf 等^[8~10]), 而且在实践中也广泛应用^[11]. 此外, 虽然已有很多文献将拍卖与供应链结合研究^[12,13], 但是将拍卖与供应链协调问题结合起来的却极少. 因此, 基于这两种文献的相互融合、渗透应该是大有益处的. 一方面, 拍卖可以作为协调机制的主要部分, 有助于表现多个参与人竞争的特色; 另一方面, 渠道协调的概念要求拍卖设计建立新的有效性准则.

近几年, 开始出现对供应链中市场中介问题的研究. Wu^[14] 基于市场中介为什么存在、其运作的不同形式以及对供应链有效性的影响等方面对理论模型进行了全面评述, 提出了交易中介与信息中介的区别. 交易中介通过买、卖和持有存货来提供直接服务, 而信息中介则通过综合信息或对信息进行判断来降低信息的非对称性. 可以认为拍卖商是信息中介的一种形式. 与供应链协调密切相关的是通过对市场中介的要求, 能尽力确保

① 收稿日期: 2007-11-19; 修订日期: 2008-06-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70401004; 70571014); 教育部人文社会科学研究基金资助项目 (08JA630015); 对外经济贸易大学“211工程”三期重点学科建设资助项目 (33007).

作者简介: 马俊 (1970—), 女, 山东邹平人, 博士, 副教授. E-mail: jmm@anss.ac.cn

一定的交易量. 例如, Vickrey^[8]提出的不可能性理论指出, 设计这样一种机制(如拍卖)是不可能的: 同时满足激励相容性和事后帕累托有效性, 且不能使用补偿金. 但对信息中介来说, 他们可以做到努力阻止无利可图的交易发生, 从而消除对补偿金的需求^[14]. 本文也将证明, 为了在非对称信息下获得协调, 信息中介必须对交易负责, 并努力消除无效性.

国内也有很多学者分别在拍卖和供应链领域进行研究, 并取得了一批优秀成果, 拍卖方面的如文献[10]、[11]和[15]等; 关于供应链的成果则更多, 如文献[16]~[24], 其中文献[21]~[24]是关于供应链协调方面的研究. 但从拍卖的角度对供应链协调进行的研究还寥寥无几.

本文所研究的是在采购环境下如何实现供应链协调的问题, 供应链协调要求供应链的每一阶段都要考虑自身行为对其他阶段的影响. 但是, 一般地, 供应链成员之间是合作伙伴关系, 这样每个成员都努力追求自身利益的最大化, 往往与供应链系统的整体目标发生冲突, 从而导致供应链整体利益受损. 在采购环境下则表现为, 买者为了实现自身利益的最大化, 在确定订货合同时, 其订货量仅仅满足自身局部利益的最大化, 而不能达到整体利益的最大化, 从而使得采购供应链不能实现协调. 基于此, 本文在研究了特定条件下3种不同的拍卖机制对买者订货量及各参与方利润影响的基础上, 寻找可以实现采购供应链协调的机制, 证明了拥有完全信息的二部合同拍卖能够实现采购供应链的协调.

Jin和Wu虽然研究了批发价格拍卖、目录拍卖和二部合同拍卖3种不同的拍卖机制在供应链协调方面所起的作用, 但是该文的研究仅仅针对2个供应商1个买者的情形, 而且要求市场需求函数为线性函数^[25], 这在现实中具有很大的局限性, 因为市场需求函数有多种, 可以是凸函数也可以是凹函数. 在不同的情形下, 这3种拍卖机制的作用是怎样的? 这是非常值得探讨的问题. 本文在Jin和Wu的基础上展开研究, 将研究扩展到n个供应商1个买者的环境, 并考虑反市场需求为特殊凹函数——二次函数的情形, 而且买者的处理成本也是不对称的, 即信息的不对称性更强.

1 模型描述

假设市场中有n个供应商1个买者, 且供应商必须通过竞争来赢得买者的订单, 如图1所示. 设n个供应商的边际成本分别为 s_1, s_2, \dots, s_n , 不妨设 $s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_n$, $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$. 每个供应商准确地知道自己的边际成本, 但不知道其他供应商的边际成本, 通过市场中介或其他渠道可以获知其他供应商的边际成本服从一定的分布, 而且假设所有供应商的边际成本相互独立, 服从相同的分布函数, 不妨设边际成本 $s \sim F(s)$, $[s, \bar{s}]$, 其密度函数为 $f(s)$. 若 s_i 为第i阶次序统计量, 记 $f_{(i)}(s)$ 为 s_i 的密度函数.

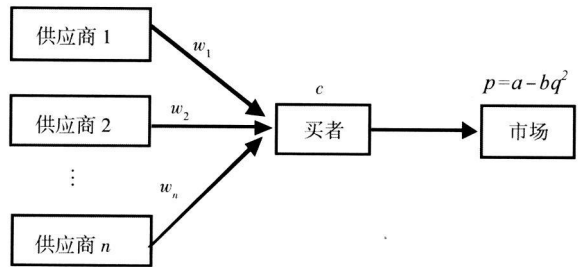


图1 n个供应商1个买者的合同环境

Fig. 1 Contracting environment with n suppliers and one buyer

假设买者的单件处理成本为c, 只有买者确切地知道c的值, 所有供应商和市场中介只知道买者的单件处理成本c是服从一定分布的随机变量, 假设 $c \sim G(c)$, $[c, \bar{c}]$, 其密度函数为 $g(c)$. 此外, 市场需求关于价格是敏感的, 本文考虑市场的反需求函数是凹函数的情形, 特别地假设价格是需求量的二次函数: $p = a - bq^2$, 其中, p为零售价格, q为需求量, a, b是参数, 且满足 $a > b > 0$ 为了确保市场的竞争性, 假设供应商边际成本的最大值满足如下条件

$$\bar{s} \leq m \left\{ (a - \bar{c}), \frac{2(a - \bar{c}) + \bar{c}}{3} \right\}$$

否则该供应商将被认为缺乏竞争性而被市场淘汰.

假设市场中介代表第3方做市商, 买者通过市场中介的信息, 也知道每个供应商的边际成本的分布函数. 假设买者和供应商均为风险中性.

首先建立系统最优解作为基准解, 为求得系

统最优解, 假设系统中存在中心代理, 且供应商和买者自愿提交其成本的真实信息. 一个渠道协调解需要确定哪个供应商将获胜、以及买者的订货数量. 中心代理将订单分配给拥有最小成本的供应商, 即 s_1 , 此时系统的最优决策问题是: 对于给定的买者单件处理成本 c 有

$$\max_q \pi_T(q, S, c)$$

其中

$$\begin{aligned} \pi_T(q, S, c) &= (p(q) - c - s_1)q \\ &= (a - c - bq^2 - s_1)q \end{aligned} \quad (1)$$

对上式应用一阶必要条件, 可得系统的最优解 (渠道协调解), 即最优订货量为

$$q^* = \sqrt{\frac{a - c - s_1}{3b}} \quad (2)$$

根据本文假设 $\bar{s} \leq a - \bar{c}$ 上式有意义.

将式 (2) 代入式 (1) 并求二重积分, 得系统的最大期望利润为

$$E[\pi_T^*] = \int_c^{\bar{c}} \int_s^{\bar{s}} \frac{2(a - c - s)^{3/2}}{3\sqrt{3b}} f_{(1)}(s)g(c) ds dc \quad (3)$$

其中 $f_{(1)}(s)$ 是最低成本的供应商 1 的边际成本的密度函数. 由于订货量由买者确定, 所以系统的期望订货量只需对 s 求积分, 得

$$E(q^*) = \int_s^{\bar{s}} \sqrt{\frac{a - c - s}{3b}} f_{(1)}(s) ds \quad (4)$$

如果在设定的采购机制下能够使买者确定的订货量达到系统的最优订货量, 从而使得系统的利润达到最大, 即是实现了采购供应链的渠道协调. 下面分别研究批发价格拍卖、目录拍卖和二部合同拍卖 3 种不同的机制对供应链各方利润的影响.

2 批发价格拍卖 (A1 wholesale price auction)

在以买者为中心的采购市场中, 最普遍采用的拍卖方式是批发价格拍卖, 也称为反向, 其程序如下:

- 1) 买者宣布其订货量 q 及其他订货要求;
- 2) 供应商通过降价拍卖对批发价格 w 进行投标, 批发价格由拍卖的结果所确定;

3) 订单合同由买者和获胜的供应商按照所宣布的订货量完成.

n 个供应商通过投标进行竞争, 出价最低者获胜, 因此, 竞争到最后只剩下两个最低成本的供应商: 1 和 2 其边际成本分别为 s_1 和 s_2 . 由于供应商 1 的投标价可以稍低于次低成本的供应商 2 的边际成本, 因此 1 将获胜.

因使用降价拍卖, 故最终拍卖结果将导致批发价格 $w(S) = s_2$, 即最低价格的供应商将以次低价格赢得拍卖. 注意: 从买者的角度考虑, c 是已知的, s_i 是已知密度函数的随机变量. 则买者的决策问题为

$$B_{A1} \max_q E[\pi_{BA1}(q, S, c)]$$

其中

$$\pi_{BA1}(q, S, c) = (a - bq^2 - c - s_2)q \quad (5)$$

由于是买者作出的决策, 所以其期望利润为

$$\begin{aligned} E[\pi_{BA1}(q, S, c)] &= \int_s^{\bar{s}} (a - c - bq^2 - s_2)q f_{(2)}(s) ds \\ &= (a - c - bq^2 - E(s_2))q \end{aligned}$$

故在批发价格拍卖 A1 下的最优订货量为

$$q_{A1}(S, c) = \sqrt{\frac{a - c - E(s_2)}{3b}} \quad (6)$$

将式 (6) 代入式 (5), 并对 s_2 求积分, 可得买者的最大期望利润为

$$E(\pi_{BA1}(S, c)) = \frac{2[a - c - E(s_2)]^{3/2}}{3\sqrt{3b}} \quad (7)$$

若获胜供应商的边际成本为 s , 则其期望利润为

$$\begin{aligned} E[\pi_{SA1}(s, c)] &= \int_c^{\bar{c}} \int_s^{\bar{s}} \sqrt{\frac{a - c - E(s_2)}{3b}} \times \\ &\quad (x - s)f_{(2)}(x)g(c) dx dc \end{aligned} \quad (8)$$

给定 $S = (s_1, s_2, \dots)$, 将式 (6) 代入系统的利润函数, 得

$$\pi_{TA1}(S, c) = (a - c - bq_{A1}^2 - s_1)q_{A1}$$

将上式对 c 和 s_1 求二重积分, 得到在批发价格拍卖下系统的期望利润为

$$\begin{aligned} E[\pi_{TA1}(S, c)] &= \int_c^{\bar{c}} \int_s^{\bar{s}} \frac{2(a - c - E(s_1)) + (E(s_2) - E(s_1))}{3} \times \\ &\quad \sqrt{\frac{a - c - E(s_2)}{3b}} g(c) dc \end{aligned} \quad (9)$$

可以证明在本文的假设条件下定理 1 成立

(见附录).

定理 1 如果供应商具有足够的竞争力, 其
 边际成本满足 $\frac{(a - \bar{c} - \underline{s})}{(a - \bar{c} - \bar{s})} \leq \left(\frac{E(s_2)}{E(s_1)} \right)^2$, 则与系统

最优解相比, 批发价格拍卖将导致: 1) 更低的期望
 订货量; 2) 更低的系统总期望利润。

定理 1之所以对供应商的边际成本增加这个
 条件, 与本文基本假设思路相同, 具有竞争力的供
 应商其边际成本不能相差太大. 可见, 由于 A1导
 致更低的订货量, 系统不能获得渠道协调. 显然的
 事实是, 由于供应商竞争的加剧, 买者的利润增加
 了. 没有渠道协调, 买者可以通过引进供应商的竞
 争来获得更多利润。

3 目录拍卖 (A2 catalog auction)

目录拍卖是在采购环境下另一种常用的拍卖
 方式. 在此方案下, 每个供应商通过在线目录公布
 商品的批发价格, 且为了回应竞争, 可修改其所公
 布的价格. 例如, Kephart研究了使用软件代理
 shopbots和 pricebots的电子目录销售的动态
 价格^[26].

可以认为, 目录拍卖是批发价格拍卖按述下
 方式的变形:

1) 供应商参加基于商品目录的降价批发价
 格拍卖来确定批发价格 w ;

2) 买者基于批发价格 w 来确定订货量 q .

由于在买者进行决策时, 批发价格已经确定,
 所以买者的决策问题现在变为

$$B_{A2} \quad \max_q \pi_{B_{A2}}(q, S, c)$$

其中

$$\pi_{B_{A2}}(q, S, c) = (a - bq^2 - c - s_2)q$$

求解买者的决策问题, 得到最优订货量为

$$q_{A2}(S, c) = \sqrt{\frac{a - c - s_2}{3b}} \quad (10)$$

将式 (10) 代入问题 B_{A2} , 并求期望得买者的最大
 期望利润为

$$E[\pi_{B_{A2}}(S, c)] = \int_{\underline{s}}^{\bar{s}} \frac{2(a - c - s)^{3/2}}{3\sqrt{3b}} \times f_{(2)}(s) ds \quad (11)$$

对于边际成本为 s 的供应商, 其期望利润为

$$E[\pi_{S_{A2}}(s, c)] =$$

$$\int_{\underline{s}}^{\bar{s}} \int_{\underline{s}}^s (x - s) \frac{(a - c - x)^{1/2}}{\sqrt{3b}} f_{(2)}(x) \times g(c) dx dc \quad (12)$$

易知系统的期望利润为

$$E[\pi_{T_{A2}}(S, c)] = \int_{\underline{s}}^{\bar{s}} \int_{\underline{s}}^s \frac{2(a - c - s_1) + (s_2 - s_1)}{3\sqrt{3b}} \sqrt{a - c - s_2} \times f_{(1)}(s_1) f_{(2)}(s_2) g(c) ds_1 ds_2 dc$$

定理 2 与系统最优解相比, 目录拍卖将导致:
 1 更低的期望订货量; 2 更低的系统期望利润。

证明 1) 根据式 (10) 可得目录拍卖下的期
 望订货量为

$$E[q_{A2}(S, c)] = \int_{\underline{s}}^{\bar{s}} \sqrt{\frac{a - c - s}{3b}} f_{(2)}(s) ds \quad (13)$$

比较式 (13) 与式 (4), 根据 s_1 与 s_2 的定义, 显然有
 $E[q_{A2}(S)] \leq E(q^*)$, 即结论 1 成立;

2) 由于系统的利润函数是连续可微的单峰
 函数, 仅有 1 个极值点, 且为极大值点, 根据单峰
 函数的性质, 在极值点的左侧, 函数是递增的. 结
 合本定理的 1) 可知, 目录拍卖下系统的期望利润
 低于系统的期望利润 (基准解), 即结论 2 亦
 成立。

定理 3 与批发价格拍卖相比, 目录拍卖导
 致: 1 更高的买者期望利润; 2 更低的供应商期望
 利润。

证明 1) 由于函数 $\frac{2(a - c - s)^{3/2}}{3\sqrt{3b}}$ 关于 s 是
 凸的, 利用凸函数的性质, 有式 (11) \geq 式 (7), 故
 结论 (1) 成立;

2) 由于函数 $\sqrt{\frac{a - c - s}{3b}}$ 关于 s 是凹的, 利用
 凹函数的性质, 可知目录拍卖下系统的期望订
 货量小于批发价格拍卖下系统的订货量. 类似于定
 理 2 的证明, 根据单峰函数的性质, 可得目录拍
 卖下系统的期望利润低于批发价格拍卖下系统的
 期望利润. 结合本定理的结论 1 知, 结论 2 显然
 成立。

根据定理 2 A2 拍卖下系统没有达到协调. 同
 时, 由定理 3 知, 由于竞争, 虽然买者的利润提高
 了, 但是供应商的利润却降低了, 这样可能使得供
 应商没有参与的积极性。

4 二部合同拍卖 (two-part contract auction)

定理 1 和定理 3 证明了, 以上两种市场机制都不能获得渠道协调. 由于这两种机制在采购中广为应用, 所以对其进行改进, 使之能够克服内在的无效性很有意义. 无效性的主要来源是信息的不对称, 在供应商竞争激烈的环境下信息的不对称性更加复杂. 关键问题是由于买者的利润与供应商的成本相关, 使得买者的行为更加保守, 从而订购数量更少. 完全信息下的二部合同能够获得渠道协调^[25]: 买者宣布一个订货量函数和补偿性支付, 前者将市场的需求转移给供应商, 而掩盖了其单件处理成本, 后者则榨取了买者的系统剩余. 在非对称情形下, 类似的二部合同机制将面临两大困难: (1) 由于不知道供应商的成本, 买者将不能事前计算出补偿性支付; (2) 买者为榨取附加收入有不如实汇报其处理成本的动机. Jin 和 Wu 提出了一种改进的二部合同方案, 其中的补偿性支付由供应商参加拍卖来确定, 通过引进信息中介, 可以减弱由于信息不对称所带来的逆向选择问题^[25].

本文的二部合同拍卖在 Jin 的基础上作了改进, 具体程序如下:

1) 买者宣布基于 w 的订货量函数:

$$q = \sqrt{\frac{\hat{k} - w}{b}}$$

其中 \hat{k} 由买者确定;

2) 供应商参加增价拍卖, 对于补偿性支付 L 进行投标 (L 为买者向供应商收取的);

3) 获胜的供应商确定批发价格 w^* ;

4) 订货量由所宣布的订货函数和批发价格 w^* 确定, 即

$$q^* = \sqrt{\frac{\hat{k} - w^*}{b}}$$

5) 交易发生在买者和获胜的供应商之间, 且最终的订货量为

$$q^* = \sqrt{\frac{\hat{k} - w^*}{b}} \text{ 在二部合同拍卖下, 买者提}$$

交的订货量是批发价格的函数, 这不同于批发价格拍卖中“买者提交的是明确的订货量”, 从而使买者在传递市场的需求信息时保持一定的灵活性. 因此, 供应商的最终交易是否发生将依赖于订货函数, 从而使得他们在做决策 (确定 L 和 w^*) 时可以通过求解确定的最优化问题而得以解决.

对于所提出的补偿性支付, 在现实中可以找到类似的例子. 首先, 基于供应商的补偿性支付所进行的拍卖, 类似于由大型零售商针对通道费 (或上架费) 而进行的拍卖, 这在零售行业中是常用的^[27]. 通道费利用货位稀缺所进行竞争的优势, 为零售商创造了产生附加收入的机会. 它也为零售商和供应商在引进新产品时提供了风险分享机制; 其次, 在公用工业的燃料采购合同中经常使用买者宣布订货函数的方法^[28].

下面研究在二部合同中具有信息中介的情形.

A3 具有信息中介的二部合同拍卖

首先考虑在 A3 机制下有个信息中介主持交易, 中介的关键作用是审核买者的处理成本 c , 并对买者强加限制, 使买者的零售价格仅仅包含他所支付的批发价格和单件处理成本. 买者通过补偿性支付来得到一部分系统剩余作为补偿. 供应商在补偿性支付拍卖 (确定获胜的供应商和补偿性支付的数量) 中进行竞争. 可以证明此方案能够阻止买者操纵零售价格, 并可将市场需求真实地传递给供应商, 而且在此方案下, 当本文假设条件满足时, 供应商将获得更高的期望利润.

下面将证明在本文环境下, 下述结论成立: 如果信息中介对零售价格强加限制, 如 $p = w + c$ 则二部合同拍卖将产生渠道协调^[25].

边际成本为 s 的供应商在买者宣布订货函数

后, 可计算出能获得的最大利润为 $\frac{2(\hat{k} - s_2)^{3/2}}{3\sqrt{3b}}$.

类似于 A1 和 A2 拍卖下的分析, 此结论显然成立. 由于在补偿性支付拍卖中失败的供应商将一无所获, 所以低成本的供应商必须提交不少于下式的补偿性支付

$$L(S, \hat{k}) = \frac{2(\hat{k} - s_2)^{3/2}}{3\sqrt{3b}}$$

根据二部合同拍卖的第 3 步骤, 获胜的供应商将通过求解决策问题来确定批发价格 w^* .

基于以上分析, 供应商 1 将赢得拍卖, 其最优问题是

$$S_{A3}: \max_w \pi_{S_{A3}}(w, S) = (w - s_1) \sqrt{\frac{\hat{k} - w}{b}} - L$$

该问题的解为

$$w_{A3} = \frac{2\hat{k} + s_1}{3}, \quad q_{A3} = \sqrt{\frac{\hat{k} - s_1}{3b}} \quad (14)$$

定理 4 与目录拍卖相比, 二部合同拍卖 A3 将产生: 1) 同等的买者期望利润; 2) 更高的供应商期望利润.

证明 1) 在 A3 下买者将真实地宣布其私人价值, 即 $\hat{k} = a - c$ 这是因为根据前文分析, 市场的真实需求为

$$q_{\text{真实}} = \sqrt{\frac{a - c - s_1}{3b}}$$

如果 $\hat{k} < a - c$ 则根据式 (14) 推导出的买者的最优订货量将小于市场的真实需求, 所订购的数量都可以销售一空, 但是同时也将导致缺货的机会损失; 如果 $\hat{k} > a - c$ 则根据式 (14) 推导出的买者的最优订货量将大于市场的真实需求, 从而导致供过于求的局面, 使其利润遭受损失. 因此, 有 $\hat{k} = a - c$ 从而

$$w_{A3} = \frac{2(a - c) + s_1}{3}$$

$$q_{A3} = \sqrt{\frac{a - c - s_1}{3b}}$$

故 A3 拍卖下买者的最优订货量即为系统的最优订货量, 系统获得了渠道协调. 由此可知

$$E(\pi_{T_{A3}}) \geq E(\pi_{T_{A1}})$$

即系统的总期望利润增加了.

买者的利润为

$$\begin{aligned} \pi_{R_{A3}}(S, c) &= (p - c - w)q + L \\ &= \frac{2(a - c - s_2)^{3/2}}{3\sqrt{3b}} \end{aligned}$$

上式与 A2 拍卖下买者的利润完全一样, 故结论 1) 得证.

2) 供应商 1 的利润为

$$\begin{aligned} \pi_{S_{A3}}(S, c) &= (w - s_1) \sqrt{\frac{a - c - w}{b}} - L \\ &= \frac{2[(a - c - s_1)^{3/2} - (a - c - s_2)^{3/2}]}{3\sqrt{3b}} \end{aligned}$$

因此, 对于边际成本为 s 的供应商 1, 其期望利润为

$$E(\pi_{S_{A3}}(s, c)) = \int_{s_1}^{\hat{k}} \int_{s_2}^{\hat{k}} \frac{2[(a - c - s)^{3/2} - (a - c - x)^{3/2}]}{3\sqrt{3b}} f_{(2)}(x)g(c) dx dc \quad (15)$$

由于

$$E(\pi_{T_{A2}}) < E(\pi_{T^*}) = E(\pi_{T_{A3}})$$

且

$$E(\pi_{R_{A2}}) = E(\pi_{R_{A3}})$$

故

$$E(\pi_{S_{A3}}) > E(\pi_{S_{A2}}).$$

将 A3 与 A1 相比, 可得如下定理.

定理 5 与批发价格拍卖 A1 相比, 拥有信息中介的二部合同拍卖 A3 将产生: 1) 更高的买者期望利润; 2) 当供应商的边际成本 s 满足 $s < E(s_2)$ 时, 供应商将获得更高的期望利润.

证明见附录.

Jin 和 Wu 证明了当有 2 个供应商 1 个买者, 且在二部合同拍卖下没有信息中介时, 买者具有操纵价格的动机, 他将不会真实地向供应商传递市场的需求函数, 这使得情形更为复杂, 此时对于是否能够获得渠道协调不能给出一般性的结论^[25]. 当推广到 n 个供应商的情形, 难度更大, 可作为本文的后续研究.

5 算 例

假设有 6 个供应商参与竞争, 供应商的边际成本服从 [5 30] 的均匀分布, 买者的单件处理成本 $c = 3$ 而其他参与人不知道该值, 只了解到 c 是服从 [2 4] 的均匀分布. 市场的需求函数为 $p = 50 - \frac{q^2}{3}$, 容易验证本例满足文中的假设. 应用次序统计量的相关结论, 可得一阶、二阶次序统计量的密度函数分别为

$$f_{(1)}(y) = \begin{cases} \frac{6}{25} \left(\frac{20-y}{25} \right)^5, & 5 \leq y \leq 30 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

及

$$f_{(2)}(y) = \begin{cases} \frac{6}{5} \left(\frac{y-5}{25} \right) \left(\frac{30-y}{25} \right)^4, & 5 \leq y \leq 30 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

经过计算得表 1 所列结果.

表 1 算例计算结果汇总表

Table 1 The results of numerical example

	系统基准	A1 拍卖	A2 拍卖	A3 拍卖
$E(q^*)$	6.2	5.9	5.8	6.2
$E(\pi_T)$	159.2	158.2	157.5	159.2
$E(\pi_B)$		137.2	137.9	137.9
$E(\pi_S)$		21.0	19.6	21.3

由表 1 可知, 批发价格拍卖 A1 和目录拍卖 A2 都不能实现采购供应链的渠道协调, 而拥有信息中介的二部合同拍卖 A3 则可以达到渠道协调, 从而使得 A3 拍卖下系统的期望利润与系统的最大期望利润(基准利润)相等. 此外, 由于供应商的激烈竞争, 买者将获得系统的绝大部分利润, 而供应商的利润则极低. 这与如下现实一致: 价值链中, 处于价值链高端的企业将获得高额利润而处于低端的企业则获得很低的利润. 本例中的计算结果与文中的理论推导一致, A1 拍卖下系统的利润高于 A2 的; A2 拍卖下买者的期望利润却增加了, 因此买者将更偏好于 A2, 但是这时供应商的利润却更低了. 由于实现了渠道协调, A3 拍卖在

保持买者最大利润的同时使得供应商的利润也增加了. 虽然本例中的各期望利润的数值变化较小, 但是如果产品的价值很高, 价值单位可能是万元甚至百万元, 则利润的增加就是相当可观的.

6 结束语

本文研究了采购环境下存在供应商竞争时的供应链协调问题. 由于线性市场需求函数是最理想化的情形, 实际中价格与需求之间的关系往往更加复杂. 本文在文献 [25] 的基础上拓展研究, 针对存在 n 个供应商 1 个买者的环境下, 当市场反需求函数为二次函数时, 分析了在信息更加不对称(买者的处理成本也不是共同知识)的情形下, 不同形式的市场机制对于各参与方的期望利润以及对系统的有效性都具有显著影响. 与文献 [25] 相比, 本文的证明过程更具有普遍性.

进一步研究的方向: 1) 由于本文只考虑了市场需求函数为二次函数的情形, 将其推广到更一般的情形值得研究; 2) 文中假设所有参与人都是风险中性的, 而现实世界中参与人的风险态度有多种, 因此针对参与人是风险厌恶或风险偏好进行研究具有重要的现实意义; 3) 对于二部合同机制, 应进一步研究在没有信息中介施加压力的情形下, 如何实现渠道协调问题.

参考文献:

[1] Tsay A A, Nahmias S, Agrawal N. Modeling supply chain contracts: A review [A]. In: Tayur S, Ganeshan R, Magazine M, eds. Quantitative Models for Supply Chain Management [M]. MA: Kluwer Academic Publishers, 1999.

[2] Cachon G P, Larivière M A. Supply chain coordination with revenue sharing contracts: Strengths and limitations [J]. Management Science, 2005, 51(1): 30-44.

[3] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts [A]. In: Steven Graves, Ton de Kok, eds. Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management [M]. North-Holland, 2004.

[4] Krishnan H, Kapuscinski R, Butz D. Coordinating contracts for decentralized supply chain with retailer promotional effort [J]. Management Science, 2004, 50(1): 48-63.

[5] Coibett J, Zhou D, Tang C. Designing supply contracts: Contract type and information asymmetric [J]. Management Science, 2004, 50(4): 550-559.

[6] Taylor T. Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects [J]. Management Science, 2002, 48(8): 992-1007.

[7] Kagnanam J, Parkes D. Auctions, bidding and exchange design [A]. In: Sinchi Levi D, Wu S D, Shen M, eds. Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: International Series of Operations Research and Management Science [M]. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 2004.

- [8] Vickrey W. Counterspeculation auctions and competitive sealed tenders[J]. *Journal of Finance*, 1961, 16(1): 8—37.
- [9] Milgrom P, Weber R. A theory of auctions and competitive bidding[J]. *Econometrica*, 1982, 50(5): 1089—1122.
- [10] Greenleaf E, Ma J, Qiu W H, *et al*. Notes on “Guarantees in auctions: The auction house as negotiator and managerial decision maker”[J]. *Management Science*, 2002, 48(12): 1660—1664.
- [11] 马俊, 汪寿阳, 黎建强. *eAuction网上拍卖的理论与实务*[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
Ma Jun, Wang Shouyang, Lai K K. *E-Auctions: Theory and Practice*[M]. Beijing: Science Press, 2003. (in Chinese)
- [12] Chen F R, Federguen A, Zheng Y S. Coordination mechanisms for a distribution system with one supplier and multiple retailers[J]. *Management Science*, 2001, 47(5): 693—708.
- [13] Chen R R, Roundy R O, Zhang R Q, *et al*. Efficient auction mechanisms for supply chain procurement[J]. *Management Science*, 2005, 51(3): 467—482.
- [14] Wu S D. Supply chain intermediary: A bargaining theoretic framework[A]. In: Sinchi Levi D, Wu S D, Shen M, eds. *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: International Series of Operations Research and Management Science*[M]. Norwell MA: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [15] 舒彤, 俞海, 汪寿阳, 等. *拍卖与在线拍卖*[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2007.
Shu Tong, Yu Hai, Wang Shouyang, *et al*. *Auctions and Online Auctions*[M]. Changsha: Hunan University Press, 2007. (in Chinese)
- [16] 李刚, 汪寿阳, 于刚, 等. *供应链中牛鞭效应与信息共享的研究*[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2006.
Li Gang, Wang Shouyang, Yu Gang, *et al*. *A Study on Bullwhip Effect and Information Sharing in Supply Chain*[M]. Changsha: Hunan University Press, 2006. (in Chinese)
- [17] Li J, Cheng Edw in T C, Wang S Y. Analysis of postponement strategy for perishable items by EOQ-based models[J]. *International Journal of Production Economics*, 2007, 107(1): 31—38.
- [18] Zhao Qihong, Wang Shouyang, Lai K K. A partition approach to the inventory/routing problem[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 177(2): 786—802.
- [19] Li Gang, Lin Yi, Wang Shouyang, *et al*. Enhancing agility by timely sharing of supply information[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2006, 11(5): 425—435.
- [20] Li Gang, Yan Hong, Wang Shouyang, *et al*. Comparative analysis on value of information sharing in supply chains[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2005, 10(1): 34—46.
- [21] 艾兴政, 唐小我, 倪得兵. 价格上涨环境下供应链的渠道协调机制研究[J]. *管理科学学报*, 2004, 7(5): 24—30.
Ai Xing-zheng, Tang Xiao-wu, Ni De-bing. Channel coordination under midlife returns and end-of-life returns in price increasing environment[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 7(5): 24—30. (in Chinese)
- [22] 邱若臻, 黄小原. 供应链渠道协调的收入共享契约模型[J]. *管理学报*, 2006, 3(2): 148—152.
Qiu Ruozhen, Huang Xiaoyuan. Models of revenue sharing contract for the coordination of supply chain channels[J]. *Chinese Journal of Management*, 2006, 3(2): 148—152. (in Chinese)
- [23] 刘春林, 何建敏, 施建军. 供应链的协作供应问题研究[J]. *管理科学学报*, 2002, 5(2): 29—33.
Liu Chunlin, He Jianmin, Shi Jianjun. Study of collaboration supply in supply chain[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2002, 5(5): 29—33. (in Chinese)
- [24] 徐经意, 杨德礼. 一种期权契约协调下供应链的交易成本和电子佣金分析[J]. *预测*, 2005, 24(6): 61—66.
Xu Jingyi, Yang Delu. Analysis of supply chain's transaction cost and commission coordination under a contract with options[J]. *Forecasting*, 2005, 24(6): 61—66. (in Chinese)
- [25] Mingzhou Jin, Wu S D. Coordinating Supplier Competition via Auctions[R]. Working Paper, Lehigh University, 2004.
- [26] Kephart J, Hanson J, Greenwald A. Dynamic pricing by software agents[J]. *Computer Networks*, 2000, 32(6): 731—752.
- [27] FTC Staff. Report on the FTC Workshop on Slotting Allowances and Other Market Practices in the Grocery Industry[R]. Federal Trade Commission, Feb. 2001.
- [28] Bonser J, Wu S D. Procurement planning to maintain both short-term adaptiveness and long-term perspective[J]. *Management Science*, 2001, 47(6): 769—786.

Coordinate supply chain via auction mechanisms

MA Jun¹, ZHANG Jie¹, WANG Shou-yang²

1 School of International Business, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China

2 Institute of Systems Science, Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

Abstract Auction is not only a price-determination mechanism, it could also serve as a coordination mechanism. This paper examines the problem of supply chain coordination under incomplete information settings. Three auction mechanisms are used to coordinate the buyer and the competing suppliers. Besides, it also examines how the three procurement auction mechanisms influence the players' payoffs with quadratic demand functions when there are n suppliers and 1 buyer under IPVCM environments. Finally, it is shown that the two-part contract auction with intermediaries can achieve channel coordination for the supply chain.

Key words procurement auction; supply chain coordination; independent private value

附录

定理 1 的证明

1) 比较式 (4) 和式 (6), 得到 $E(q^*) - E(q_{A1}) =$

$$\int_s^{\bar{s}} \left[\frac{a-c-s}{3b} f_{(1)}(s) - \frac{a-c-E(s_2)}{3b} \right] ds = \frac{1}{\sqrt{3b}} \int_s^{\bar{s}} \left[\sqrt{a-c-s} - \sqrt{a-c-E(s_2)} \right] f_{(1)}(s) ds$$

对被积函数应用微分中值定理, 可得

$\exists \eta$ 介于 s 于 $E(s_2)$ 之间, $s < \eta$

$$\sqrt{a-c-s} - \sqrt{a-c-E(s_2)} = \frac{E(s_2) - s}{2\sqrt{a-c-\eta}}$$

代入上式, 得

$$E(q^*) - E(q_{A1}) = \frac{1}{\sqrt{3b}} \int_s^{\bar{s}} \left[\frac{E(s_2) - s}{2\sqrt{a-c-\eta}} \right] f_{(1)}(s) ds - \frac{1}{\sqrt{3b}} \int_s^{\bar{s}} \left[\frac{s - E(s_2)}{2\sqrt{a-c-\eta}} \right] f_{(1)}(s) ds$$

根据函数 $\frac{1}{2\sqrt{a-c-\eta}}$ 关于变量 η 的递增性以及 η 的定义, 有

$$E(q^*) - E(q_{A1}) \geq \frac{1}{\sqrt{3b}} \int_s^{\bar{s}} \left[\frac{E(s_2) - s}{2\sqrt{a-c-s}} \right] f_{(1)}(s) ds \geq \frac{1}{\sqrt{3b}} \left[\frac{E(s_2)}{2\sqrt{a-c-s}} - \frac{E(s_1)}{2\sqrt{a-c-s}} \right]$$

只需证明上式右端非负即可, 根据模型的以下假设此结论显然成立

$$\frac{(a-c-s)}{(a-c-\bar{s})} \leq \left(\frac{E(s_2)}{E(s_1)} \right)^2$$

即结论 (1) 成立.

2) 由于系统的利润函数是连续可微的单峰函数, 仅有一个极大值点. 根据单峰函数的性质, 在极值点的左侧, 函数是递增的. 结合本定理的 (1) 可知, 批发价格拍卖 A1 下系统的期望利润低于系统的期望利润, 即结论 (2) 亦成立.

定理 5 的证明

1) 由于

$$E(\pi_{RA3}) = E(\pi_{RA2}) \geq E(\pi_{RA1})$$

故结论 (1) 得证.

2) 下面比较式 (8) 和式 (15). 令

$$K(s, c) = \frac{2(a-c-s)^{3/2}}{3\sqrt{3b}}$$

由于 $K(s, c)$ 是连续可导的函数, 所以根据微分中值定理, 有

$\exists \xi \in (s, x), s < \xi$

$$K(s, c) - K(x, c) = \tag{A-1}$$

$$\frac{1}{\sqrt{3b}} (a-c-\xi)^{1/2} (x-s)$$

因此式 (15) 可改写为

$$E(\pi_{SA3}(S, c)) = \int_s^{\bar{s}} \int_s^{\bar{s}} \frac{(a-c-\xi)^{1/2}}{\sqrt{3b}} (x-s) f_{(2)}(x) g(c) dx dc \tag{A-2}$$

其中 $\xi \in (s, x)$, 而 $x \in (s, \bar{s})$

根据 ξ 的定义, 由 (A-2) 式可知

$$E(\pi_{SA3}(S, c)) \geq \tag{下转第 35 页}$$