

文章编号: 1003-207(2014)09-0090-08

# TPLSPs 竞争模式下的物流合同

王 勇, 张小娟

(重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400044)

**摘 要:** 本文研究了一个客户企业与两个竞争的第三方物流服务提供商(TPLSP)、且两个 TPLSPs 的努力水平同时影响市场需求的模型。利用博弈理论,研究了存在两个 TPLSP 竞争时,系统集中决策、独立决策两种情况下,客户企业与 TPLSPs 的最优决策。探讨了 TPLSPs 的最优努力水平与其市场占有率、服务价格、服务成本之间的动态关系,为了协调该模型,给出了客户企业与两个 TPLSPs 之间的收入共享与成本共担的组合合同,讨论了合同使得系统达到协调的条件;由系统协调条件可以看出,市场占有率越高的 TPLSP 越容易接受 TPLSP 分配客户企业收益比重较小的合同;证明了竞争能提高努力水平、提高客户订货量。

**关键词:** 物流合同; 博弈; 努力水平; 市场占有率

**中图分类号:** O227; O225 **文献标识码:** A

## 1 引言

在市场竞争激烈的今天,企业将非核心业务外包给第三方物流服务商(TPLSP)不仅能够帮助企业降低、节约成本。而且是提高资金运转效率的有效途径。但是,正如吴庆等<sup>[14]</sup>引言中描述的那样,TPLSP 与客户企业之间又存在一定的利润冲突,如何对 TPLSP 和客户企业进行协调,使 TPLSP 和客户企业的期望收益达到最优的同时,又能使社会整体效益达到最优型成为当今学术研究的一个重要课题。目前国内外已经有不少文献对客户企业与 TPLSP 之间的协调该问题从实迁研究和合同设计的角度两方面进行了研究,并取得了不少成果。

实证研究主要针对会对双方合作关系造成影响的因素而进行的,Stank 等<sup>[10]</sup>分析了运作环境的变化对双方合作关系形成造成的影响;Sheen 等<sup>[9]</sup>证明了当客户企业的人员规模、历史、收入和外包服务水平等情况不同时,对外包决策因素强调的重点也不同。对于合同研究方面虽然有一定的研究成果,例如 Lim 等<sup>[8]</sup>利用博弈论理论研究了当 TPLSP 提供服务的质量与成本是私人信息时,客户企业如何

设计合同才能激励 TPLSP 讲真话的问题;Alp 等<sup>[2]</sup>研究了一个制造商和一个通过竞标竞价筛选产生的运输商的运输合同参数设计问题,以最小化制造商的期望总成本;刘志学等<sup>[13]</sup>研究了在 TPLSP 的运载能力和努力水平均为非对称信息的条件下,服务需求方如何设计激励合同诱导 IPLSP 选择有利于其效用最大化行动的问题;Alp 等<sup>[2]</sup>和吴庆等<sup>[14]</sup>利用动态博弈理论,分别研究了协调第三方物流服务提供商与客户企业的共享节约合同,在物流服务水平影响市场需求的情况下,使得客户企业与 TPLSP 能够达到双赢的收益共享和服务成本共担组合的协调合同;给出了协调条件。

以上的文献中,总是假设客户企业与第三方物流提供者之间是一一对一的关系,但现实却往往并非如此。通常情况下,第三方物流存在着较大的竞争,如中邮、中储等一些有实力、业务量大的物流服务公司之间均存在较大的竞争,而众多实力较弱、业务单一的小规模物流服务公司之间的竞争,由于其可以承担的业务附加要求(如加工包装、供应链管理等)不高,其竞争也就更加激烈。所以,研究第三方物流存在竞争时各个公司的最优努力水平,以及相应客户企业的最优决策问题有重要的实际意义。与单个 TPLSP 的期望收益只与市场客户存货量和自身的服务成本有关不同,当市场中存在两个或多个 TPISP 的竞争时,市场需求量相对固定,总的服务量相对固定,则单个服务提供商的期望收益直接与其从客户企业接受到的实际作业量有关,而不是客

收稿日期: 2012-03-19; 修订日期: 2013-02-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70872123); 中央高校研究生科技创新基金资助项目(CDJXS10020001)

作者简介: 王勇(1957-), 男(汉族), 四川内江人, 重庆大学经济与工商管理学院, 教授, 博士生导师, 研究方向: 第四方物流、库存运输管理。

户企业的存货量。虽然单个 TPLSP 提高努力水平能一定程度上刺激消费,提高需求量,增加客户企业的期望收益。但是,对于存在竞争的 TPLSP 来说,除了降低服务成本、提高服务价格,提高自身的实际作业量(即服务占有率)也是增加其期望收益的重要途径之一。我们直观地认为提高自身的努力水平、降低服务价格有利于提高市场竞争力、提高市场占有率,从而增加收益。但是,由于存在竞争的另一个服务提供商,在不能确定提高努力水平、降低服务价格对提高其自身市场占有率的影响的情况下,冒然地提高努力水平,降低服务价格,也可能只是提高了总的需求量,增加客户企业或竞争对手的期望收益而已,而不能有效地提高该服务提供商的本公司的利润。显然,当存在竞争对手时,服务提供商的决策与一对一服务模式时的决策有很大的差别,而以往的文献却没有对存在 TPLSP 竞争的服务系统进行的研究。

Taylor 等<sup>[11]</sup>研究了有两个提供商从产品价格和产品运输频率的竞争的供应链模型。受 Taylor 等<sup>[11]</sup>启发,以及上面对存在竞争的 TPLSP 模式下客户企业与服务提供商之间关系的分析启示,本文将主要针对两个存在竞争的服务提供商为同一个客户企业提高服务、市场需求同时受两个服务商努力水平影响的模型进行研究,给出了 TPLSPs 竞争时客户企业与服务提供商的最优决策,分析了集中决策和分散决策时市场占有率对最优决策的影响,通过与单个 TPLSP 耐客户企业与服务商的最优决策进行比较,说明了单个 TPLSP 与存在 TPLSP 竞争情况下,整个系统决策(客户企业、两个 TPLSP)的差异,给出了具体分析。

客户企业与第三方物流服务提供者之间的关系与供应链上下游企业之间的关系有着很大的不同,对于客户企业来说,TPLSP 只是物流服务的提供者,虽说两者之间利益存在一定的冲突,但是 TPLSP 所承担风险要小很多。所以在研究客户企业和 TPLSP 之间问题时不能像研究供应链协调问题一样,有像回购、销售返利、数量弹性、线性数量折扣、收入共享等等,这么多的协调机制可以利用。在文献[3,4,6,5,11]中,针对供应链上下游企业间的各种协调问题,利用前面所述的机制或组合都有一定的研究成果。通过具体讨论可以发现一般单一的协调机制并不能够协调本文竞争 TPLSPs 模型,所以根据需要,在讨论了系统协调的必要性后,我们给出了一个客户企业同时向两个 TPLSP 收益共享与努

力成本共担的组合合同,并且给出了系统能够协调的条件。

总之,本文将对 TPLSP 竞争、市场需求同时受两个 TPLSP 努力水平影响模式下,客户企业与 TPLSPs 最优决策与协调问题进行研究。得到该模型下整个系统协调的条件;并且得出两个 TPLSP 的市场占有额与努力水平之间的关系;比较了有两个服务提供商与单个服务提供商时客户订货量,得出服务商之间的竞争有利于提高客户订购量的结论。对于协调合同问题,本文中主要研究收益共享、成本共担以及两者的组合合同在价格为动态时和 TPLSP 间存在竞争时的协调功能,并且得到合同达到协调时的必要条件。

本文的主要内容分为四部分,按如下结构分配:第一部分为引言介绍,第二部分主要是研究存在两个 TPLSP 竞争时,集中决策与分散决策不同情况下,服务商与客户企业的最优决策问题,给出了努力水平与市场占有率之间的联系,比较了单个与两个服务商来提高服务时,客户企业订购量,并由此证明了竞争对提高订购量有一定的作用;第三部分主要针对 TPLSPs 竞争模型下,使整个系统的收益达到最优的协调合同进行分析,给出了客户企业同时与两个 TPLSP 进行收益共享与努力成本的组合合同,并得到系统协调的条件;第四部分则是对本文结论的一个总结。

## 2 TPLSPs 竞争模式下最优决策

本章,考虑有两个的物流服务提供商(TPLSP)  $s_1, s_2$  为同一个的客户企业提供物流服务、两者的努力水平同时影响客户企业市场需求的模型,并假设 TPLSP 和客户企业都是理性的,且风险偏好都是中性的,双方信息是对称的,而客户企业是合同等制定者,也就是说客户企业在博弈过程中是博弈主导者。为了更好地表达 TPLSP 的收益与市场占有率的关系,我们对转移支付做了一些调整,假设客户企业对  $s_1, s_2$  的转移支付分别为:

$$T_1 = (c_{cf} + p_1)\theta S(q, e_1, e_2)$$

$$T_2 = (c_{cf} + p_2)(1 - \theta)S(q, e_1, e_2)$$

其中  $\theta$  为  $s_1$  所占的市场份额(即  $s_1$  的市场占有率);  $c_{cf}$  是客户企业为单位商品付给物流服务商的固定部分的物流费用。假设  $p$  为客户企业销售单位产品的价格;  $g$  为客户企业的存货量;  $c_l, l = 1, 2$  为 TPLSP  $l$  为客户企业服务的单位服务成本;  $p_l, l = 1, 2$  为 TPLSP 的单位服务价格;  $e_l, l = 1, 2$  为服务

提供商 2 的服务努力水平;  $c_l(e_l), l = 1, 2$  为 TPLSP 1 提高努力水平的成本, 且满足条件  $c_l(e_f = 1) = 0$ , 且有  $\frac{dc_l(e_l)}{de_l} > 0, \frac{d^2c_l(e_l)}{de_l^2} > 0, l = 1, 2$ , 即努力水平的成本随着努力水平的的提高而迅速增加。设市场需求  $\xi$  的密度函数和分布函数  $f(\xi), F(\xi)$ , 对于  $\forall \xi > 0, f(\xi) > 0$ , 且  $f(\xi)$  在  $(0, +\infty)$  是连续的, 有  $F(0) = 0$ 。  $c, v$  分别表示客户企业获取单位商品的成本与销售季节末单位商品的残值。假设  $y(e_1, e_2)$  表示  $s_1, s_2$  的努力水平对市场需求的影响系数; 受努力水平提高的影响市场的实际需求  $\xi' = y(e_1, e_2)\xi, \bar{F}(\xi) = 1 - F(\xi)$ ; 是 TPLSP  $s_1$  的市场占有份额。因为服务作业量的多少对 TPLSP 的利润有直接的影响, 所以  $\theta$  对  $s_1, s_2$  的期望利润有很大的影响。假设 TPLSP 仅仅为实际的需求进行服务, 其服务量与客户企业的存货量没有直接关系。努力水平与市场需求存在乘法模式的函数关系:  $\xi' = y(e_1, e_2)\xi$ 。

假设努力水平对市场需求的影响函数  $y(e_1, e_2)$  满足下列条件:

$$\frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1} > 0, \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_2} > 0;$$

$$\frac{\partial^2 y(e_1, e_2)}{\partial e_1^2} < 0, \frac{\partial^2 y(e_1, e_2)}{\partial e_2^2} < 0。$$

条件说明两个 TPLSP 努力水平的提高对需求有正的影响, 但其影响程度的增加幅度却随着努力水平的不断提高而越来越小。

### 2.1 系统集中决策模式

系统集中决策也就是说把两个 TPLSP 和客户企业看成是一个系统, 从系统最优决策的角度进行分析。

首先, 客户企业、TPLSP  $s_1, s_2$  的期望利润函数分别表示如下:

$$\Pi_c = pE(q - (q - y(e_1, e_2)\xi)^+) + v(E(q - y(e_1, e_2)\xi)^+) - cq - T_1 - T_2 \quad (1)$$

$$\Pi_1 = T_1 - c_1\theta E(q - (q - y(e_1, e_2)\xi)^+) - c_1(e_1) \quad (2)$$

$$\Pi_2 = T_2 - c_2(1-\theta)E(q - (q - y(e_1, e_2)\xi)^+) - c_2(e_2) \quad (3)$$

而系统的总期望利润为:

$$\Pi = \Pi_c + \Pi_1 + \Pi_2$$

设  $S(q, e_1, e_2) = E(q - (q - y(e_1, e_2)\xi)^+)$ , 则有

$$S(q, e_1, e_2) = q - y(e_1, e_2) \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} F(t) dt, \text{ 而 } E(q -$$

$y(e_1, e_2))^+ = q - S(q, e_1, e_2)$ , 则有:

$$\Pi = (p - v - c_1\theta - (1 - \theta)c_2)S(q, e_1, e_2) + (v - c)q - c_1(e_1) - c_2(e_2) \quad (4)$$

下面我们讨论系统最优决策情况下的  $q, e_1, e_2$ :

设  $M = p - v - c_1\theta - (1 - \theta)c_2$ , 式子(4)对  $q$  求一阶、二阶偏导数可以得到:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial q} = M \frac{\partial S(q, e_1, e_2)}{\partial q} + (v - c) = M(1 - F(\frac{q}{y(e_1, e_2)})) + (v - c)$$

$$\frac{\partial^2 \Pi}{\partial q^2} = M(-f(\frac{q}{y(e_1, e_2)})) \frac{1}{y(e_1, e_2)}$$

又因为  $f(\frac{q}{y(e_1, e_2)}) > 0$ , 所以有  $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial q^2} < 0$ ,

$\Pi$  有唯一最优解  $\bar{q}$ , 且  $\bar{q} = y(e_1, e_2)\bar{F}^{-1}(\frac{c-v}{M})$ 。

用式子(4)对  $e_1$  求一阶、二阶偏导数可以得到:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial e_1} = M \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1} \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} t dF(t) - \frac{dc_1(e_1)}{de_1}$$

$$\frac{\partial^2 \Pi}{\partial e_1^2} = M \frac{\partial^2 y(e_1, e_2)}{\partial e_1^2} \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} t dF(t) - (\frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1})^2 q^2$$

$$f(\frac{q}{y(e_1, e_2)})(y(e_1, e_2))^{-3} - \frac{d^2c_1(e_1)}{de_1^2}$$

由密度函数  $f(\xi)$  的性质可以得出:

$$- (\frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1})^2 q^2 f(\frac{q}{y(e_1, e_2)})(y(e_1, e_2))^{-3} < 0$$

而通过努力成本函数的性质有  $\frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1} < 0$ ,

$\frac{d^2c_1(e_1)}{de_1^2} < 0$ , 所以有  $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial e_1^2} < 0$ , 即  $\Pi$  在  $e_1$  的取值

范围内有唯一最优解  $\bar{e}_1$ , 且满足:

$$\frac{dc_1(\bar{e}_1)}{de_1} = M \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1} \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} t dF(t)$$

同理, 可以证明  $\Pi$  在  $e_2$  的取值范围内有唯一最优解  $\bar{e}_2$ , 且满足:

$$\frac{dc_2(\bar{e}_2)}{de_2} = M \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_2} \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} t dF(t)$$

$$\text{令 } T_0(q) = \int_0^q t dF(t), T_1(q) = \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1} T_0(q),$$

$$T_2(q) = \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_2} T_0(q), \text{ 则有:}$$

$$\frac{dc_1(\bar{e}_1)}{de_1} = MT_1 \frac{q}{y(e_1, e_2)}$$

$$\frac{dc_2(\bar{e}_2)}{de_2} = MT_2 (\frac{q}{y(e_1, e_2)})$$

设  $\bar{q}_0 = \bar{F}^{-1}(\frac{c-v}{M})$ , 则系统的最优存货决策为:

$$\bar{q} = y(\bar{e}_1, \bar{e}_2)\bar{q}_0$$

其中  $e_1, e_2$  满足:  $\frac{dc_1(\bar{e}_1)}{de_1} = MT_1(\bar{q}_0), \frac{dc_2(\bar{e}_2)}{de_2} = MT_2(\bar{q}_0)$ 。

从上面  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  的表达式可以看出, 当系统集中决策时, 虽然两个服务提供商的努力水平与其本身和竞争对手的服务成本、以及两者所占市场份额都有关系, 与两个服务提供商的服务价格没有关系, 并且一个服务商的努力对市场需求影响越大则其最优努力水平越高; 特别地, 当  $c_1 = c_2$  时, 努力水平百  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  与两个服务商所占市场份额没有关系, 也就是说当两个服务提供商的服务成本相同时, 两个服务商的最优服务水平不受市场占有率的影响。

系统的最优利润为:

$$\begin{aligned} \prod(\bar{q}, \bar{e}_1, \bar{e}_2) &= MS(\bar{q}, \bar{e}_1, \bar{e}_2) + (v-c)\bar{q} - c_1(\bar{e}_1) - \\ c_2(\bar{e}_2) &= My(\bar{e}_1, \bar{e}_2) \int_0^{\bar{q}_0} t dF(t) + (v-c)y(\bar{e}_1, \bar{e}_2)y(\bar{e}_1, \bar{e}_2)\bar{q}_0 - c_1(\bar{e}_1) - \\ - c_2(\bar{e}_2) &= My(\bar{e}_1, \bar{e}_2) T_0(\bar{q}_0) (v-c)y(\bar{e}_1, \bar{e}_2)\bar{q}_0 - c_1(\bar{e}_1) - \\ & c_2(\bar{e}_2) \end{aligned}$$

命题 1 系统集中决策时,

(1) 当  $e_1 = e_2$  时, 的大小对最优努力水平  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  没有直接影响; (2) 当  $c_1 > c_2$  时,  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  随着  $\theta$  的增加而减小; (3) 当  $c_1 < c_2$  时,  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  随着  $\theta$  的增加而增加。

证明略。

由该命题可以看出, 系统集中决策时, 当  $c_1 = c_2$ , 对需求影响更大的服务提供商的最优努力水平将更高, 因为每个服务提供商的最优努力水平只与其对市场需求的边际影响有关; 当两个服务提供商的服务成本不同时,  $\theta$  的大小对  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  有不同性质的影响。事实上, 当提高单位努力水平对需求的影响系数固定时, 在  $c_1 > c_2$  时, 即服务商  $s_1$  的服务成本高于服务商  $s_2$  的服务成本的情况下, 系统决策者反而提高服务成本高的  $s_1$  所占的市场份额的话, 我们就有充分的理由相信该市场必然不是一个完全竞争的市场机制, 而是有一个非竞争的机制在对市场进行分配, 从而会导致处于劣势的服务提供商  $s_2$  的积极性随之降低; 而处于优势的服务提供商  $s_1$  由于没有完全竞争的压力, 自然也会缺乏提供努力水平的积极性。命题中的结论 (2) 正是说明了这一点。相应地, 命题中的 (3) 则为我们说明了正常竞争条件下, 各个服务提供商的努力水平与市场占有率的关系: 如果服务成本小说明该 TPLSP 更有市场竞争力, 如果此时该 TPLSP 的市场份额增加, 就会刺

激各个 TPLSP 更有积极性参与竞争, 提供努力水平, 以争取更高的市场占有率。

命题 2 (1)  $\prod(\bar{q}, \bar{e}_1, \bar{e}_2) > \prod(\bar{q}, \bar{e}_1, e_2 = 1)$ ;

(2)  $\prod(\bar{q}, \bar{e}_1, \bar{e}_2) > \prod(\bar{q}, e_1 = 1, \bar{e}_2)$ ;

(3)  $\prod(\bar{q}, \bar{e}_1, \bar{e}_2) > \prod(\bar{q}, e_1 = 1, e_2 = 1)$ 。

证明: 由于  $\prod(q, e_1, e_2) = y(e_1, e_2)MT_0(\bar{q}_0) - c_1(e_1) - c_2(e_2)$ , 当  $e_1 = 1, e_2 = 1$  时,  $y(e_1, e_2) = 1$ ,  $\prod(q, e_1, e_2) = \prod(\bar{q}_0, e_1 = 1, e_2 = 1)$ , 由  $\frac{d^2 c_1(e_1)}{de_1^2} = MT_1(\bar{q}_0), \frac{dc_2(\bar{e}_2)}{de_2} = MT_2(\bar{q}_0)$ , 可以得到  $\prod(q, e_1, e_2)$  是关于  $e_1, e_2$  的凸函数; 又在一阶最优条件:  $\frac{dc_1(\bar{e}_1)}{de_1} = MT_1(\bar{q}_0), \frac{dc_2(\bar{e}_2)}{de_2} = MT_2(\bar{q}_0)$ , 所以,  $\prod(q, e_1, e_2)$  在  $e_1 \in [1, \bar{e}_1], e_2 \in [1, \bar{e}_2]$  上是递增的, 所以有 a), b), c) 成立。

上面命题说明, 系统集中决策时, 即使系统中的两个服务提供商只有其中一个努力提高服务水平, 系统就将得到更高的利润。

## 2.2 客户企业与服务商分别独立决策模式

一般情况下, 由于利润结构不同, TPLSP 与客户企业的独立决策与系统集中决策时的最优决策量将有很大不同。独立决策过程是一个双方博弈的过程: 首先双方商议决定固定部分的物流费用; 然后 TPLSP 选择单位服务价格和努力水平; 之后, 客户企业根据情况决定是否接受。重复该过程, 直到双方达成协议或合作结束为止。

通常情况下, 客户企业的期望利润可以表示如下:

$$\begin{aligned} \prod_c &= pS(q, e_1, e_2) + v(q - S(q, e_1, e_2)) - cq - \\ & (c_{cf} + p_1)\theta S(q, e_1, e_2) - (c_{cf} + p_2)(1 - \theta)S(q, e_1, e_2) = \\ & (p - u - c_{cf} - \theta p_1 - (1 - \theta)p_2)S(q, e_1, e_2) + (v - c)q \end{aligned}$$

设  $N = p - u - c_{cf} - \theta p_1 - (1 - \theta)p_2$ , 对上式对  $q$  求一阶、二阶偏导有:

$$\frac{\partial \prod_c}{\partial q} = (1 - F(\frac{q}{y(e_1, e_2)}))N + (v - c)$$

$$\frac{\partial^2 \prod_c}{\partial q^2} = -f(\frac{q}{y(e_1, e_2)}) \frac{N}{y(e_1, e_2)} < 0$$

所以, 有唯一最优解  $q^*$ , 且满足:  $q^* = y(e_1, e_2)\bar{F}^{-1}(\frac{c-v}{M})$ , 当  $e_1 = e_2 = 1$  时, 即物流公司不对服务水平做出任何努力时, 客户企业的最优存货决策量有

$$q_0^* = \bar{F}^{-1}\left(\frac{c-v}{M}\right).$$

另一方面, 由于  $\frac{\partial \Pi_c}{\partial e_1} = \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_1} \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} t dF(t) > 0$ ,  $\frac{\partial \Pi_c}{\partial e_2} = \frac{\partial y(e_1, e_2)}{\partial e_2} \int_0^{\frac{q}{y(e_1, e_2)}} t dF(t) > 0$ , 所以客户企业的利润随着两个 TPLSP 所提供服务的努力水平增加而递增。但是, 对于 TPLSP 来说, 提高努力水平时其服务成本也会快速增加, 虽然提高努力水平能刺激需求, 提高 TPLSP 的业务量从而得到更高收入, 但当其边际收入与边际成本相当时, 其将不再提供努力水平。

将第三方物流服务提供商  $s_1, s_2$  获得的支付  $T_1 = (c_{cf} + p_1)\theta S(q, e_1, e_2)$ ,  $T_2 = (e_{cf} + p_2)(1 - \theta)S(q, e_1, e_2)$  分别带入其收益函数(2), (3), 可以得到两个服务商的利润函数表达式分别为:

$$\Pi_1 = (c_{cf} + p_1)\theta S(q, e_1, e_2) - c_1\theta E(q - (q - y(e_1, e_2)\xi)^+) - c_1(e_1)$$

$$\Pi_2 = (c_{cf} + p_2)(1 - \theta)S(q, e_1, e_2) - c_2(1 - \theta)E(q - y(e_1, e_2)\xi)^+ - c_2(e_2)$$

分别对上面两式进行分析可以证明服务商  $s_1, s_2$  均有唯一最优的努力水平  $e_1^*, e_2^*$  满足式子:

$$\frac{dc_1(e_1^*)}{de_1} = (c_{cf} + p_1 - c_1)\theta T_1\left(\frac{q}{y(e_1^*, e_2^*)}\right)$$

$$\frac{dc_2(e_2^*)}{de_2} = (c_{cf} + p_2 - c_2)(1 - \theta)T_2\left(\frac{q}{y(e_1^*, e_2^*)}\right)$$

命题 3 服务提供商和客户企业独立决策时,

(1) 当服务成本  $c_1, c_2, p_1, p_2$  固定时, 随着的增加,  $e_1^*$  提高, 而  $e_2^*$  降低;

(2) 当服务成本  $c_1, c_2, \theta$  固定时,  $e_1^*, e_2^*$  将分别随着  $p_1, p_2$  的提高而提高;

证明略。

如果两个服务提供商提高单位努力水平对需求的影响固定, 服务提供商与客户企业都独立决策时, 服务商的努力水平将同时受服务价格和所占市场份额的双重影响。无论是服务价格的提高还是市场份额的增加, 都会使服务商更有提高努力水平的动力。另外, 与系统集中决策相似, 当一个服务提供商的努力水平对需求的边际影响较大时, 那么该 TPLSP 的最优努力水平也将提高。

命题 4 (1)  $q > q^*$ ;

(2)  $e_1^* < e_1$ ;

(3)  $e^* < e_2$ ;

(4)  $\Pi(\bar{q}, \bar{e}_1, \bar{e}_2) > \Pi(q^*, e_1^*, e_2^*)$ .

证明: 因为  $F(\xi)$  是关于  $\xi$  的增函数, 所以  $\bar{F}(\xi) = 1 - F(\xi)$  是关于  $\xi$  的减函数, 而其反函数  $\bar{F}^{-1}(\xi)$  也是减函数; 又从  $M = p - v - \theta c_1 - (1 - \theta)c_2, N = p - v - c_{cf} - \theta p_1 - (1 - \theta)p_2$  知道  $M - N = c_{cf} - \theta p_1 - (1 - \theta)p_2 - \theta c_1 - (1 - \theta)c_2 > 0$ , 有  $M > N$ , 所以  $\frac{c-v}{M} < \frac{c-v}{N}$ , 则有  $\bar{q} > q^*$ .

(2), (3), (4) 的证明比较简单, 这里就不再证明。

如果存货量不变, 当一个服务提供商的努力水平不变时, 另外一个提供商提供单位努力水平可以得到利润  $(c_{cf} + p_1 - e_1)\theta S(q, e_1, e_2)$ , 而系统得到  $(p - v - \theta c_1 - (1 - \theta)c_2)S(q, e_1, e_2)$  的利润, 由于我们假定  $v$  比较小, 比较两者可以得到  $[\theta(p - p_1 - c_{cf}) + (1 - \theta)(p - c_2) - v]S(q, e_1, e_2) > 0$ , 也就是说, 当存货量不变时, 虽然每个服务商承担了所有的努力成本但却只能得到由努力水平提高所带来的利润中的一部分, 所以就会导致其提高努力水平的积极性降低, 从而其总的系统利润也就降低了。

为了刺激服务商提高其努力水平, 通常可以采用服务成本共担, 收入共享等合同来激励 TPLSP, 而合同的选择不是本文的重点, 所以就不再对其进一步讨论。下面将讨论只有一个服务商  $s_1$  与存在两个服务商时, 客户企业存货量与服务商努力水平之间的关系。

只有单一的服务商  $s_1$  时, 客户企业和  $s_1$  的利润函数可以分别表达为:

$$\Pi_c = pS(q, e_1) + v(q - S(q, e_1)) - cq - T$$

$$\Pi_1 = T - c_1S(q, e_1) - c_1(e_1)$$

其中  $T = (c_{cf} + p_1)S(q, e_1)$ , 而系统总利润满足:

$$\Pi = \Pi_c + \Pi_1$$

从系统角度决策可以得到最优存货量:  $\bar{q}^1 = y(e_1)\bar{F}^{-1}\left(\frac{c-v}{p-v-c_1}\right)$ , 而最佳的努力水平满足:

$$\frac{dc_1(\bar{e}_1^1)}{de_1} = (p - v - c_1) \frac{dy(e_1)}{de_1} \int_0^{\frac{\bar{q}^1}{y(e_1)}} t dF(t)$$

如果  $c_1 > c_2$ , 则有  $\bar{q} > \bar{q}^1, \frac{dc_1(\bar{e}_1^1)}{de_1} < \frac{dc_1(\bar{e}_1)}{de_1}$ 。

也就是说, 当系统来决策时, 多一个服务提供商, 只要该服务商对提高努力水平做稍微努力, 那么有两个 TPLSP 时其系统最优存货量都较大, 而多出来的那部分, 可以理解为新加入市场竞争的 TPLSP 所能占有的市场份额; 而条件  $c_1 \geq e_2$ , 也就给出了

系统决策时,新的 TPLSP 进入市场时,能够瓜分市场的条件,即新加入者的服务成本最多等于已有服务提供者的成本水平,才可能有一定的市场。另外,系统中 TPLSP 存在竞争时,有利于提高 TPLSP 的努力水平;同时,只要新加入者的服务成本小于等于原有 TPLSP 的服务成本都会使得原 TPLSP 提高自己努力水平,以占有可能被新加入者占有的市场。

### 3 TPLSPs 竞争模型的协调

在这一节里,我们分析客户企业对两个不同的第三方物流服务商制订的协调合同有什么不同,吴庆等<sup>[14]</sup>知道,收入共享和服务成本共担组合合同可以协调一对一的客户企业与 TPLSP 之间的利益冲突问题。但针对服务成本、努力水平以及服务价格不同的 TPLSP,客户企业在制订协调合同时,也会有很大的区别。可以验证收入共享合同、服务成本共担合同同样在一对二的系统中也不能协调整个系统,下面针对存在两个 TPLSP 时,客户企业制定的协调机制进行分析,将给出客户企业同时与两个 TPLSP 收入共享与服务努力成本共担的组合合同,以实现客户企业与两个服务商系统协调的目的。

设第三方物流提供商  $s_1, s_2$  分别承担其服务努力成本的  $r_1, r_2$  比例,对于两个不同的 TPLSP  $s_1, s_2$  所承担的服务额为客户企业所带来的总收入(包括销售收益与未出售商品的总残值量),客户企业分别占  $\phi_1, \phi_2$  比例,则两个 TPLSP 分别可以从其服务的商品收益分得  $p\theta(1-\phi_1)S(q, e_1, e_2) + \alpha\theta(1-\phi_1)(q - S(q, e_1, e_2))$ ,  $p(1-\theta)(1-\phi_2)S(q, e_1, e_2) + v(1-\theta)(1-\phi_2)(q - S(q, e_1, e_2))$  单位的收益。那么转移支付  $T_1, T_2$  可以分别表示如下:

$$T_1 = (c_{ef} + p_1)\theta S(q, e_1, e_2) + (1-r_1)c_1(e_1) + p\theta(1-\phi_1)S(q, e_1, e_2) + \alpha\theta(1-\phi_1)(q - S(q, e_1, e_2))$$

$$T_2 = (c_{ef} + p_2)(1-\theta)S(q, e_1, e_2) + (1-r_2)c_2(e_2) + p(1-\theta)(1-\phi_2)S(q, e_1, e_2) + v(1-\theta)(1-\phi_2)(q - S(q, e_1, e_2))$$

则此时客户企业的利益可以表示为  $\pi_c = pS(q, e_1, e_2) + v(q - S(q, e_1, e_2)) - \alpha q - T_1 - T_2$ , 可以证明存在最优存货量  $q^{**} = y(e_1, e_2) \bar{F}^{-1} \left[ \frac{c - v(\theta\phi_1 + (1-\theta)\phi_2)}{(\theta\phi_1 + (1-\theta)\phi_2)(p-v) - c_{ef} - p_1\theta - (1-\theta)p_2} \right]$ 。而

$$\pi_1 = (c_{ef} + p_1 + (p-v)(1-\phi_1) - c_1)\theta S(q, e_1, e_2) - r_1 c_1(e_1) + \alpha\theta(1-\phi_1)q$$

可以证明服务提供商  $s_1$  此时最优努力水平  $e_1^{**}$  满足:

$$\frac{dc_1(e_1^{**})}{de_1} = \frac{(c_{ef} + p_1 + (p-v)(1-\phi_1) - c_1)\theta}{r_1} \cdot T_1 \left( \frac{q^2}{y(e_1, e_2)} \right)$$

同样地,我们可以得到服务提供商  $s_2$  的最优努力水平  $e_2^{**}$  满足:

$$\frac{dc_2(e_2^{**})}{de_2} = \frac{(c_{ef} + p_2 + (p-v)(1-\phi_2) - c_2)\theta}{r_2} \cdot T_2 \left( \frac{q^2}{y(e_1, e_2)} \right)$$

命题 5 (1) 如果服务价格  $p_1, p_2$  与商品价格  $p$  满足:

$$p_1\theta + p_2(1-\theta) = \frac{(p-v+c)[(1-(\theta\phi_1 + (1-\theta)\phi_2))]c - [c_1\theta + (1-\theta)c_2][\theta\phi_1 + (1-\theta)\phi_2]v + c}{c-v} - c_{ef}$$

当季节末商品残值  $v=0$  时,  $p_1\theta + p_2(1-\theta) = (p+c)[1-(\theta\phi_1 + (1-\theta)\phi_2)] + 1 - c_{ef}$ , 则有  $q^{**} = \bar{q}$ ;

(2) 如果  $\phi_i, r_i, i = 1, 2$  之间的关系满足:

$$\phi_1 = \frac{c_{ef} + p_1 - c_1 + p - v}{p - v} - \frac{Mr_1}{(p-v)\theta}, \phi_2 = \frac{c_{ef} + p_2 - c_2 + p - v}{p - v} - \frac{Mr_2}{(p-v)(1-\theta)}, \text{ 贝有 } e_1^{**} = \bar{e}_1, e_2^{**} = \bar{e}_2;$$

(3) 当(1),(2)中的协调条件同时满足时,则整个有 TPLSP 竞争的系统达到协调。

证明:比较组合合同下客户企业的最优订货量  $q^{**}$  与集中决策时系统的最优订货量  $\bar{q}$ , 可以得到 a); 而比较两个服务商在集中决策时的最优努力水平  $\bar{e}_1, \bar{e}_2$  与组合合同下两者的最优努力水平  $e_1^{**}, e_2^{**}$ , 容易得出(2); 而当(1),(2)同时成立时,组合合同达到协调系统的目的, TPLSPs 竞争模型下的客户企业与 TPLSPs 达到协调。具体比较过程略。

上面命题 a) 中的  $p_1\theta + p_2(1-\theta), 1-(\theta\phi_1 + (1-\theta)\phi_2)$  和  $c_1\theta + (1-\theta)c_2$  分别表示了两个 TPLSP 的平均单位服务价格、平均单位收益比例和单位服务成本,那么当商品价格、成本和单位固定服务支付固定时,则两个 TPLSP 的平均单位服务价格与平均单位收益比例成正比,与平均单位服务成本成反比。也就是说,当存在竞争的两个 TPLSP 时,为了使得系统集中决策与系统三方独立决策时,客户企业的订货量的达到协调,实现系统最大利润,那么就

必须满足条件:平均单位服务成本不变时,两个 TPLSP 的平均单位服务价格提高时,两个 TPLSP

的平均单位收益比例则增加。由(2)中  $\phi_i, r_i, i = 1, 2$  的关系我们可以看出,  $\phi_i$  与  $r_i, i = 1, 2$  成反比的关系, 则有  $1 - \phi_i$  与  $r_i, i = 1, 2, \phi_i$  与  $1 - r_i, i = 1, 2$  成正比, 也就是说满足协调条件时, 无论  $\phi_i, r_i, i = 1, 2$  大小如何变化, 无论客户企业还是两个 TPLSP, 当其占有更大收益比例时, 则必然也要承担更多的努力成本。也就保证了系统的每个参与者的实际收益在满足协调条件时不会有太大变动。由协调条件的关系式可以看出, 我们并不能保证满足  $\phi_i \in (0, 1), i = 1, 2$ , 除非满足:

$$\frac{\theta(c_{ef} + p_1 - c_1 + p - v)}{M} > r_1 > \frac{\theta(c_{ef} + p_1 - c_1)}{M}$$

$$\frac{(1-\theta)(c_{ef} + p_2 - c_2 + p - v)}{M} > r_1 > \frac{(1-\theta)(c_{ef} + p_2 - c_2)}{M}$$

另外, 与我们通常认为的服务商占市场份额越高越有讨价还价的能力不同, 从(2)的协调条件可以得到:  $\frac{\partial \phi_1}{\partial \theta} = \frac{(p^2 - pc_2)r_1}{p^2 \theta^2} > 0, \frac{\partial \phi_2}{\partial \theta} < 0$ , 也就是说, 在整个服务系统达到协调时, 服务市场占有率高的服务商比服务占有率低的服务商更容易接受客户企业占有收益比重大的合同, 这与我们常说的“薄利多销”原则相符。

#### 4 结语

在现实生活中, 一个客户企业往往不只面对单一的服务提供商, 而多个服务商之间必然存在竞争, 为了提高自己在市场上的竞争力、提高市场占有率, 提高企业的总体利润, 所以每个服务商必然会采取各种能提高市场占有率的合法竞争手段, 以提高利润。而在以往的研究中, 我们较少见到有针对客户企业面对竞争的 TPLSP 时的协调研究。为了降低研究复杂性, 而又不失对竞争 TPLSP 的研究意义, 本文针对单个客户企业面临两个竞争的 TPLSP 的情况进行分析。由文中结果可以看出, 无论是集中决策还是独立决策, 一个服务提供商的努力水平对市场随机需求边际影响越大, 则其最优努力水平越高。从系统集中决策的最优条件还可以看出, 当市场存在不公平竞争时, 不仅会使处于劣势的服务提供商(系统不扶持)工作积极性(提高努力水平)降低, 也会不利于提高系统扶持服务提供商的努力工作积极性(提高努力水平)。我们给出了双赢情况下系统协调达成的条件, 在分析努力水平达到协调的条件时, 我们得到“薄利多销”原则在我们本文中的应用, 也就是说市场占有率高达企业更能接受利润较少的合同(本文表现为占有收益的比重较小)。另

外, 我们分析了市场占有率与自身努力水平的关系, 以及客户企业的订货量与 TPLSP 努力水平之间的关系, 得出竞争能提高努力水平提高客户订货量的结论。

#### 参考文献:

- [1] Ha A Y, Li L, Ng S M. Price and delivery logistics competition in a supply chain[J]. Management Science, 2003, 49(9):1139-1153.
- [2] Alp O, Erkip N K, Gullu R. Outsourcing logistics: Designing transportation contracts between a manufacturer and a transporter[J]. Transportation Science, 2003, 37(1):23-39.
- [3] Bernstein F, Federgruen A. Pricing and replenishment strategies in a distribution system with competing retailers[J]. Operational Research, 2003, 51(3):409-426.
- [4] Bernstein F, Federgruen A. Decentralized supply chains with competing retailers under demand uncertainty [J]. Management Science, 2005, 51(1):18-29.
- [5] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations[J]. Management Science, 2005, 51(1):30-44.
- [6] Dana J D, Spier K E. Revenue sharing, demand uncertainty, and vertical control of competing firms [R]. Working paper, Northwestern University, 2000.
- [7] He Yong, Zhao Xuan, Zhao Lindu, et al. Coordinating a supply chain with effort and price dependent stochastic demand[J], Applied Mathematical Modelling, 2009, 33(6): 2777-2790.
- [8] Lim W S. A lemons market? An incentive scheme to induce truth-telling in third party logistics providers[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 125(3):519-525.
- [9] Sheen G J, Tai C T. A study on decision factors and third party selection criterion of logistics outsourcing-an exploratory study of direct selling industry[J]. Journal of American Academy of Business. 2006, 9(2):331-337.
- [10] Stank T P, Daugherty P J. The impact of operating environment on the formation of cooperative logistics relationships [J]. Transportation research Part E: Logistics and Transportation Reviews, 1997, 33(1):53-65.
- [11] Taylor T. Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects [J]. Management Science, 2002, 48(8):992-1007.
- [12] 但斌, 吴庆, 张旭梅, 等. 第三方物流服务提供商与客户企业的共享节约合同[J], 系统工程理论与实践, 2007, 2:46-53.
- [13] 刘志学, 许泽勇. 基于非对称信息理论的第三方物流合作博弈分析[J]. 中国管理科学, 2003, 11(5):85-88.

[14] 吴庆,但斌. 物流服务水平影响市场需求变化的 TPL 协调合同[J]. 管理科学学报,2008,11(5):64-75.

[15] 许明辉,于刚,张汉勤. 具备提供服务的供应链博弈分

析[J]. 管理科学学报,2006,9(2)18-27.

[16] 张菊亮,陈剑. 销售商的努力影响需求变化的供应链的合约[J]. 中国管理科学,2004,12(4):50-56.

### Logistics Coordination Contract under the Mode of Competing TPLSPs

WANG Yong, ZHANG Xiao-juan

(School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** In this paper, a model is proposed to study a system, which consists of one client enterprise and two competing third party logistics service providers(TPLSPs). Meanwhile, the effort level of two TPLSPs affect the stochastic demand simultaneously. Using the game theory, the optimal decisions are given, the dynamic relations are studied among the optimal effort level of two TPLSPs and their share of market, service price and unit cost, in the two cases of centralized decision-making and decentralized decision-making. In order to coordinate the model, a combined contract is introduced in which the client enterprise should share its revenue with both TPLSPs, and need to take part of the effort cost of both TPLSPs, discuss the conditions of the contract could coordinate the system. It can be found that heavier share of market, more easily the TPLSP accept a contract with a lower share of enterprise's revenue. Results prove that competition of TPLSPs can not only improve both TPLSPs's effort level, but also promote the enterprise's optimal order quantity.

**Key words:** logistics contract; game theory; effort; share of market.