

非对称信息下政府补贴对双渠道订货决策的影响

李志国¹, 曾鑫钰²

(1. 重庆工商大学管理科学与工程学院, 重庆 400067;

2. 重庆工商大学工商管理学院, 重庆 400067)

摘要: 针对政府补贴和非对称信息下零售商的策略性订货决策, 建立由一个上游供应商和在位零售商、新进零售商组成的供应链模型, 采用信号博弈模型对比分析无政府补贴和有政府补贴两种情形下的订货量决策。研究表明, 政府补贴导致两个零售商的订货量混同均衡不复存在, 并且分离均衡也在市场需求波动较大的情况下才会出现。其次, 有意思的是, 市场需求波动不大的低市场状态下, 政府补贴低于某一阈值时两个零售商订货量均小于政府不补贴情形下的订货量。最后, 政府补贴会改变上游供应商泄露在位零售商订货量信息的动机, 当补贴较低时上游供应商不会泄露其订货信息。

关键词: 非对称信息; 政府补贴; 双渠道订货决策; 供应链管理

中图分类号: C934

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2022)06-0766-16

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2022.05.004

Impact of government subsidies on ordering decisions in dual channel under asymmetric information

Li Zhiguo¹, Zeng Xinyu²

(1. School of Management Science and Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

2. School of Business Administration, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: Considering the retailer's strategic ordering decision under government subsidies and asymmetric information, a supply chain model consisting of an upstream supplier, an incumbent retailer and an entrant retailer is established. The two retailers' order quantity decisions without and with government subsidies are analyzed by using the signaling game model. The results show that the pooling equilibrium of the signaling game no longer exists with government subsidy, and the separating equilibrium only appears when the market demand fluctuates greatly. Interestingly, in the low market with little fluctuation, the order quantity of two retailers with subsidy coefficient lower than a certain threshold is less than that without subsidy. Finally, government subsidy changes the motivation of the supplier to disclose the incumbent retailer's order quantity so that the supplier will not disclose when the subsidy coefficient is relatively low.

Key words: asymmetric information; government subsidy; ordering decision of dual channel; supply chain management

1 引言

由于企业全球化、产品生命周期缩短和快速变化的用户需求等原因,供应链管理面临越来越多的市场不确定性。这种不确定性往往造成供应链成员之间的信息不对称,最典型的信息不对称是对市场需求信息状况的了解不同。市场需求信息的不对称性会改变供应链成员之间的博弈地位,从而影响市场份额、预期利润甚至消费者福利。并且,供应链成员也存在利用信息优势或者泄露其他成员信息来获取更多收益的动机。因此不对称信息下的供应链管理成为产业界和学术界的热点话题^[1,2]。

各级政府对零售企业进行奖励或补贴具有稳定销售渠道、繁荣商贸和刺激消费等作用。国办发[2019]42号文件《关于加快发展流通促进商业消费的意见》强调要发挥财政资金引导作用¹,不少地方政府也通过商贸流通业发展引导资金或专项奖励,对农产品销售渠道、汽车4S店和家具卖场等零售行业进行奖励。例如陕西省商务厅2019年安排1亿元专项资金用于支持商贸流通产业发展²、北京市商务局2019年安排8.5亿元补贴商贸流通企业³;厦门市商务局将支持本市商贸流通产业发展的资金从2017年的6900万元⁴增长至2019年的9700万元⁵,两年增长了40%。再如重庆市渝北区对汽车4S店根据其销售额大小分别予以20万元或50万元一次性奖励以促进地区商贸业发展⁶、深圳市给予商贸物流企业300万元资助以促进地区商贸业发展⁷。政府对零售企业的补贴往往以其投资、销售额等为依据,通常反映了零售商对市场状况的判断。

在不确定性的市场需求信息和确定性的政府补贴情形下,零售商订货决策面临更多权衡,特别是在竞争性的双渠道之间。例如,对于掌握市场状态的在位零售商而言,高市场状态下政府补贴可能引导其作出更多订货的决策,而低市场情况下减少订货量意味着获得的政府补贴也相应降低;对于没有掌握市场信息的新进零售商而言,政府补贴可能改变其依据先验概率或市场信号的订货决策;供应商作为掌握零售商订货量信息的参与者,也存在动机泄露市场信息从而增加自身预期收益的可能。基于此,围绕政府补贴对不对称信息下的竞争性渠道订货决策可能产生的影响,本文主要探讨以下几个关键问题:政府补贴如何影响信息优势零售商和信息劣势零售商之间的订货决策博弈均衡?政府补贴能够促使零售商多订货从而刺激消费吗?政府补贴会改变上游供应商泄露信息优势零售商订货量的动机吗?

本文的研究主要与非对称信息信号博弈、政府补贴以及竞争性双渠道订货决策等三个领域密切相关。首先,现有非对称信息下信号博弈文献主要讨论供应链中信息优势成员与信息劣势成员之间的博弈均衡。Anand等^[3]利用信号博弈研究了市场状态信息不对称的两个零售商和一个上游供应商构成的批发价合同供应链中,供应商总是泄露在位零售商订货量给新进零售商情况下,在位零售商如何有效管理信息流。Kong等^[4]在此基础上表明收益共享合同可以有效地减少供应商泄露在位企业信息的动机且改变了信号博弈均衡解的存在条件。Yan等^[5]研究了具有市场信息和无信息的零售商之间的行动顺序,对于双方选择从供应商处进行团购还是单独购买决策的影响。Liu等^[6]研究了在采用不同的供应链合同时,供应商和在位企业之间存在“不泄露均衡”的条件。除将订货量作为信号外,Guo等^[7]研究了在消费者有公平关切的情况下,企业如何进行价格和质量决策以将其作为信号来反映企业成本效率。Jiang等^[8]研究了在早期和后期消费者之间能够进行信息共享时,企业如何将价格作为信号来反映其产品质量。第二,政府补贴相关的文献主要讨论最优的政府补贴方式和如何影响供应商决策。Liu等^[9]针对废弃电子设备回收的正式和非正式渠道下政府补贴影响,建立了一个基于质量的价格竞争模型,分析了政府补贴政策对两种回收渠道下质量水

¹http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-08/27/content_5424989.htm?utm_source=UfqNews

²<http://www.mofcom.gov.cn/article/h/zongzhi/201903/20190302845184.shtml>

³http://sw.beijing.gov.cn/zwxx/bmyjs/201912/t20191221_1400430.html

⁴http://xxgk.xm.gov.cn/swj/bmyjs/201808/t20180806_2086919.htm

⁵http://xxgk.xm.gov.cn/swj/bmyjs/201902/t20190215_2222016.htm

⁶<http://www.ybq.gov.cn/Item/28567.aspx>

⁷http://www.sz.gov.cn/stztgs/sztzgs/xxgk/q/tzgg_1/201911/t20191127_18892649.htm

平和价格优势的影响. 朱庆华等^[10]基于政府“以旧换新”补贴政策, 建立了新产品制造商和再制造商博弈模型, 分析了政府补贴下专利费用对再制造产品及其市场需求的影响. Yu 等^[11]探讨了不同类型的政府补贴计划对消费者福利、制造商利润以及市场需求的影响. Alizamir 等^[12]基于美国政府制定的两种农业补贴计划, 在考虑生产不确定情况下, 对比讨论了价格补贴和收入补贴对农民产量、消费者剩余及社会福利的影响. Huang 等^[13]针对不同成本水平的企业及其产品的价格、能源效率, 讨论了政府在双寡头竞争企业市场中对节能产品的最优补贴计划. Chen 等^[14]分析了不同的政府补贴方式对供应链中的制造商和零售商研发合作的创新努力水平及创新成本影响. 第三, 竞争性双渠道订货决策相关的文献主要讨论异质供应商选择和零售商渠道冲突等订货协调问题. Niu 等^[15]研究了下游制造商与上游供应商组成的竞合供应链中, 制造商增加另一个不可靠供应商订货渠道而导致渠道冲突下的供应链成员决策问题, 发现原渠道中断合作的威胁并不可信. Shen 等^[16]构建了由一个制造商、一个平台零售商和一个传统零售商组成的双渠道决策博弈模型, 刻画了两种渠道决策下各自的销售数量、定价及利润, 分析了双渠道零售决策下有关渠道的冲突和零售平台的选择. Chiang 等^[17]从消费者偏好的角度出发, 分析了双渠道供应链设计对于供应商的盈利能力和不同渠道下零售商的议价能力的影响. 赵静等^[18]基于制造商和零售商都开辟在线渠道的双渠道供应链上考虑三种定价策略, 进而分析制造商和零售商开辟在线渠道对最优定价策略和渠道成员利润的影响.

现有的国内外相关研究, 非对称信息下信号博弈文献较少考虑政府补贴这个需要权衡的新因素, 政府补贴文献中对供应链决策的影响较少考虑供应链成员存在的信息不对称情形, 竞争性双渠道订货决策文献中较少利用信号博弈来刻画供应链成员在市场状态信息上的异质性且较少考虑政府补贴的影响. 本文建立了非对称信息下由一个上游供应商和两个相互竞争的零售商组成的供应链信号博弈模型, 分别研究了政府无补贴和政府提供补贴两种情形下供应链渠道成员的订货决策均衡. 结果显示, 政府补贴改变了非对称信息下竞争性零售商订货决策分离均衡和混同均衡. 政府补贴系数低于某一阈值时一定条件下具有信息优势的在位零售商反而会减少订货量. 当政府补贴系数低于某一阈值时供应商不会泄露在位零售商订货信息, 而无政府补贴情形下供应商总是会泄露零售商订货信息.

2 最优订货决策信号博弈模型

2.1 问题描述与假设

考虑由一个上游供应商和两个相互竞争的零售商组成的供应链, 其中两个零售商分别向上游供应商订购一定数量的产品销售给终端市场. 两个零售商对于市场需求状态信息的了解是不对称的, 其中在位零售商比新进零售商更了解市场的需求信息. 为了便于解释, 用符号 i 和 e 分别表示在位零售商和新进零售商.

在位零售商和新进零售商的不对称信息体现在市场需求状态上. 假设供应链中两个供应商进行古诺竞争^[19], 市场需求函数为 $P = A_t - Q_t$, 其中 P 为市场出清价格; A_t 表示两种可能的市场状态($t = H, L$), $t = H$ 时表示高市场需求状态, $t = L$ 时则为低市场需求状态; Q_t 表示市场状态为 t 时的总销量, 而市场出清情况下总销量等于总订货量, 因此若在位零售商的订货量为 q_{it} , 新进零售商的订货量为 q_{et} , 那么 $Q_t = q_{it} + q_{et}$. 进一步地, 假设高市场需求状态 $A_t = A_H$ 以概率 p 出现, 低市场需求状态 $A_t = A_L$ 以概率 $1 - p$ 出现, 其中 $A_L < A_H$. 在位零售商具有信息优势准确掌握市场需求状态的真实情况, 新进零售商仅清楚市场需求的先验分布, 因而需要通过观察在位零售商的订货量来推断市场需求状态. 不对称市场需求信息情况下, 在位零售商具有信息优势, 可通过调整自己订货策略以混淆新进零售商对市场真实需求信息状态的判断, 进而影响新进零售商的订货决策.

政府补贴通常依据零售商的销售量, 即为每一件商品提供定额的补贴. 如引言所提及的政策和实践, 政府通过向零售商提供补贴来达到培育商贸流通产业发展或者刺激居民消费的目的. 假定整个供应链不存在缺货情况, 供应链中的所有参与成员均是风险中性的, 两个零售商以批发价合同 W 向上游供应商订货. 政府

补贴改变了古诺竞争情形下零售商的收益函数, 假设 λ 为政府的补贴系数, 在位零售商和新进零售商得到的政府补贴分别为 λq_{it} 和 λq_{et} , 因此

$$\pi_{it}^G = (A_t - q_{it} - q_{et} - w)q_{it} + \lambda q_{it}, \quad (1)$$

$$\pi_{et}^G = (A_t - q_{it} - q_{et} - w)q_{et} + \lambda q_{et}, \quad (2)$$

其中上标 G 表示有政府补贴. 当 $\lambda = 0$ 时, 即为无政府补贴情形下的收益函数, 用上标 N 表示.

由于政府补贴的存在, 在位零售商在进行订货决策时就需要在订货量作为市场信号和政府补贴之间权衡其自身收益. 例如, 如果市场真实需求状态是高类型的, 其通过向上游供应商订货 q_{iL} 以发送低类型需求状态来混淆新进零售商对市场需求判断的同时, 自身的收益也会因为政府补贴的减少而降低. 因此, 两个零售商的订货量决策表现为古诺竞争情形下市场需求状态的信号博弈.

模型中涉及到的变量和参数的符号意义说明如表 1 所示.

表 1 模型参数符号说明
Table 1 The parameters used in the model

参数符号	参数含义
w	批发价
P	市场出清价格
A_t	真实市场状态为 t 时的需求潜力, 其中 $t \in \{H, L\}$ 表示为市场需求信息为高需求/低需求
μ	市场需求状态的期望值 $pA_H + (1-p)A_L$
θ	市场需求状态波动, 即 $\frac{A_H}{A_L}$
A_d	新进零售商推断的市场需求状态
Q_t	市场状态为 t 时的总销量(即市场出清情况下的总订货量)
Q_H	高市场需求状态下的订货总量, 即 $Q_H = q_{iH} + q_{eH}$
Q_L	低市场需求状态下的订货总量, 即 $Q_L = q_{iL} + q_{eL}$
λ	政府补贴系数
q_{it}	在位零售商在市场状态为 t 时的订货量, $t \in \{H, L\}$
q_{et}	新进零售商在市场状态为 t 时的订货量, $t \in \{H, L\}$
π_{it}	在位零售商在市场状态为 t 时的收益, $t \in \{H, L\}$
π_{et}	新进零售商在市场状态为 t 时的收益, $t \in \{H, L\}$
π_{st}	上游供应商在市场状态为 t 时的收益, $t \in \{H, L\}$

为更好说明政府补贴对竞争性双渠道中零售商最优订货决策的影响, 首先讨论无政府补贴情形下零售商对称信息和非对称信息下各自的最优订货量, 然后对比政府提供补贴情形下对应的最优订货量. 不失一般性, 假设 $w = 0$. 同时为了便于区分解, 用上标 s 和 a 来表示对称信息和非对称信息.

2.2 无政府补贴情形

对称信息下在位零售商和新进零售商同时行动决策即古诺竞争的纳什博弈^[20,21], 增加上标 c 表示. 在位零售商和新进零售商均了解市场需求状态, 在位零售商和新进零售商在知晓准确的市场需求状态 A_t 后, 同时决策自己的订货量以最大化各自的利润. 在位零售商确定其订货量 q_{it}^{Nsc} , 新进零售商决策自己的订货量 q_{et}^{Nsc} , 最优化模型分别为

$$\text{Max}_{q_{it}^{Nsc}} (A_t - q_{it}^{Nsc} - q_{et}^{Nsc})q_{it}^{Nsc}, \quad (3)$$

$$\text{Max}_{q_{et}^{Nsc}} (A_t - q_{it}^{Nsc} - q_{et}^{Nsc})q_{et}^{Nsc}. \quad (4)$$

同时求解, 可获得对称信息下, 在位零售商和新进零售商同时行动决策顺序下各自的最优订货量为 $q_{it}^{Nsc*} = q_{et}^{Nsc*} = \frac{A_t}{3}$, 对应的利润 $\pi_{it}^{Nsc} = \pi_{et}^{Nsc} = \frac{A_t^2}{9}$.

对称信息下在位零售商和新进零售商的序贯行动决策即古诺竞争的斯坦伯格博弈, 增加上标 b 表示.

行动顺序如下: 首先, 在位零售商以领导者身份向供应商确定订货量 q_{it}^{Nsb} ; 然后, 新进零售商根据其观察到的在位零售商订货量决策自身的订货量 q_{et}^{Nsb} ; 最后, 市场出清, 各自收益实现. 对称信息下在位零售商作为序贯决策主者, 他知道新进零售商会根据其订货量来最优化自身订货量, 因此在位零售商根据市场需求状态 A_t 和新进零售商的最优反映 q_{et}^{Nsb*} 来极大化其收益函数并确定最优订货量, 最优化模型为

$$\max_{q_{it}^{Nsb}} (A_t - q_{it}^{Nsb} - q_{et}^{Nsb}) q_{it}^{Nsb}. \quad (5)$$

新进零售商作为序贯决策从者, 在观察到在位零售商的订货量后, 决策自己的订货量 q_{et}^{Nsb} 以最大化自身的收益, 最优化模型为

$$\max_{q_{et}^{Nsb}} (A_t - q_{it}^{Nsb} - q_{et}^{Nsb}) q_{et}^{Nsb}. \quad (6)$$

通过逆推法求解, 可以获得对称信息下在位零售商和新进零售商序贯行动决策博弈下各自的最优订货量分别为 $q_{it}^{Nsb*} = \frac{A_t}{2}$ 和 $q_{et}^{Nsb*} = \frac{A_t}{4}$, 及对应的收益分别为 $\pi_{it}^{Nsb} = \frac{A_t^2}{8}$ 和 $\pi_{et}^{Nsb} = \frac{A_t^2}{16}$.

非对称信息下在位零售商和新进零售商的订货决策对应两种纯策略完美贝叶斯纳什均衡^[22,23], 即政府不提供补贴情形下的分离均衡(用上标 S 表示)和混同均衡(用上标 P 表示). 非对称信息下在位零售商能够清楚的知晓市场真实需求状态 A_t , 新进零售商仅知晓需求状态的先验分布概率, 以获得的在位零售商订货量作为信号更新自身对市场状态的判断. 关于分离均衡和混同均衡有以下结论. 为简单起见, 定义 $D = \sqrt{(3A_H - A_L)(A_H - A_L)}$.

定理 1 分离均衡下在位零售商和新进零售商的订货量及其利润与市场状态和市场波动情况相关.

1) 在位零售商的订货量:

若市场需求状态为高类型, $q_{iH}^{NS*} = \frac{A_H}{2}$;

若市场需求状态为低类型, 当 $\theta \geq 3$ 时, $q_{iL}^{NS*} = \frac{A_L}{2}$, 当 $\theta < 3$ 时, $q_{iL}^{NS*} = \frac{2A_H - A_L - D}{2}$.

2) 新进零售商的订货量:

若市场需求状态为高类型, $q_{eH}^{NS*} = \frac{A_H}{4}$;

若市场需求状态为低类型, 当 $\theta \geq 3$ 时, $q_{eL}^{NS*} = \frac{A_L}{4}$, 当 $\theta < 3$ 时, $q_{eL}^{NS*} = \frac{3A_L - 2A_H + D}{4}$;

此时其信念结构为, 在位零售商订货量小于阈值 q_{iL}^{NS*} 时, 认为市场状态为低, 即 $\Pr\{A_d = A_H\} = 0$; 否则市场状态为高, 即 $\Pr\{A_d = A_H\} = 1$.

3) 在位零售商的利润:

若市场需求状态为高类型, $\pi_{iH}^{NS} = \frac{A_H^2}{8}$;

若市场需求状态为低类型, 当 $\theta \geq 3$ 时, $\pi_{iL}^{NS} = \frac{A_L^2}{8}$, 当 $\theta < 3$ 时, $\pi_{iL}^{NS} = \frac{4(A_H - A_L)D + 12A_H A_L - 4A_L^2 - 7A_H^2}{8}$.

4) 新进零售商的利润:

若市场需求状态为高类型, $\pi_{eH}^{NS} = \frac{A_H^2}{16}$;

若市场需求状态为低类型, 当 $\theta \geq 3$ 时, $\pi_{eL}^{NS} = \frac{A_L^2}{16}$, 当 $\theta < 3$ 时, $\pi_{eL}^{NS} = \frac{(A_L + D)^2 - 2(A_H - A_L)^2}{4}$.

政府不提供补贴情况下, 由于在位零售商与新进零售商在市场状态信息掌握上的是不对称的, 在位零售商无论是观察到市场状态是高还是低, 总是希望利用自身的订货量信号误导新进零售商认为市场状态是低^[24]. 但是当市场波动 $\theta \geq 3$ 的情况下会“自然”分离, 此时高市场状态和低市场状态差距太大、以至于高市场类型的在位零售商伪装为低市场类型付出的代价太大, 即通过发出低的订货量误导新进零售商少订货获得的价格优势难以弥补其低订货量带来的销量减少损失, 此时在位零售商高类型和低类型的订货量分别是斯坦伯格博弈的订货量即 $\frac{A_H}{2}$ 和 $\frac{A_L}{2}$. 然而当市场波动 $\theta < 3$ 的情况下, 假设在位零售商订货量为 $\frac{A_L}{2}$, 新进零售商难以区分这个订货量是在位零售商低市场类型的的真实订货量还是高市场类型的伪装订货量, 因此低市场类型时在位零售商必须调整订货量向新进零售商传达可靠的低市场信号, 即订货量

为 $q_{il}^{NS*} = \frac{2A_H - A_L - D}{2}$. 因为 $\frac{A_L}{2} < \frac{2A_H - A_L - D}{2}$ ($\theta < 3$), 此时在位零售商高市场类型伪装需付出的代价太大, 因而在位零售商向新进零售商传达了可靠的低市场类型信号, 市场得以分离.

定理2 混同均衡下在位零售商和新进零售商的订货量及其利润与市场状态期望值相关. 当 $\theta \leq \frac{3+2p-p^2}{1+4p-p^2}$ 时, 存在混同均衡:

- 1) 在位零售商的最优订货量 $q_i^{NP*} = \frac{A_L - \mu}{2}$.
- 2) 新进零售商的最优订货量 $q_e^{NP*} = \frac{3\mu - 2A_L}{4}$.

此时其信念结构是, 当在位零售商订货量小于下限阈值 $A_H - \frac{\mu}{2} - \frac{\sqrt{(A_H - \mu)(3A_H - \mu)}}{2}$ 时, 认为市场为低, 即 $\Pr\{A_d = A_H\} = 0$; 当在位零售商订货量大于上线阈值 q_i^{NP*} 时, 认为市场是高, 即 $\Pr\{A_d = A_H\} = 1$; 当在位零售商订货量在上下两个阈值之间(包括阈值)时, 认为市场是高的概率为先验概率 p , 即 $\Pr\{A_d = A_H\} = p$.

3) 若市场需求状态为高类型, 在位零售商的利润 $\pi_{ih}^{NP} = (A_L - \frac{\mu}{2})(4A_H - \frac{A_L}{2} - \frac{\mu}{4})$; 若市场需求状态为低类型, 在位零售商的利润 $\pi_{il}^{NP} = \frac{(A_L - \frac{\mu}{2})^2}{2}$.

- 4) 新进零售商的利润 $\pi_e^{NP} = \left(\frac{3\mu - 2A_L}{4}\right)^2$.

政府不提供补贴情况下, 无论市场状态是高还是低, 由于新进零售商只能观察到在位零售商的一个订货量, 其订货量要么依据先验概率要么依据在位零售商订货量进行信念更新, 两种情况下高市场状态概率越高其订货量就会增加从而侵蚀在位零售商的利润. 因此在位零售商更倾向于混同均衡, 而新进零售商更倾向于分离均衡. 当市场波动 $\theta > \frac{3+2p-p^2}{1+4p-p^2}$ 时的情况下, 高市场状态和低市场状态差距太大以至于高市场类型的在位零售商“混同”的代价太大, 在位零售商就会选择“分离”.

2.3 有政府补贴情形

对称信息下在位零售商和新进零售商同时行动决策与无政府补贴情形相同, 即古诺竞争的纳什博弈. 在位零售商和新进零售商均了解市场需求状态, 在位零售商和新进零售商在知晓准确的市场需求状态 A_t 和政府补贴系数 λ 后, 同时决策自己的订货量以最大化各自的利润. 其中, 在位零售商确定其订货量 q_{it}^{Gsc} , 新进零售商决策自己的订货量 q_{et}^{Gsc} , 最优化模型分别为

$$\max_{q_{it}^{Gsc}} (A_t - q_{it}^{Gsc} - q_{et}^{Gsc})q_{it}^{Gsc} + \lambda q_{it}^{Gsc}, \quad (7)$$

$$\max_{q_{et}^{Gsc}} (A_t - q_{it}^{Gsc} - q_{et}^{Gsc})q_{et}^{Gsc} + \lambda q_{et}^{Gsc}. \quad (8)$$

同时求解, 可获得政府提供补贴情形对称信息下, 在位零售商和新进零售商同时行动决策各自的最优订货量 $q_{it}^{Gsc*} = q_{et}^{Gsc*} = \frac{A_t + \lambda}{3}$, 对应的利润 $\pi_{it}^{Gsc} = \frac{(A_t + \lambda)^2}{9}$.

对称信息下在位零售商和新进零售商的序贯行动决策与与无政府补贴情形相同, 即古诺竞争的斯坦伯格博弈. 行动顺序如下: 首先, 在位零售商以领导者身份向供应商确定订货量 q_{it}^{Gsb} ; 然后, 新进零售商根据其观察到的在位零售商订货量决策自身的订货量 q_{et}^{Gsb} ; 最后, 市场出清, 各自收益实现. 对称信息下在位零售商作为序贯决策主者, 知道新进零售商会根据其订货量来最优化自身订货量, 因此在位零售商根据市场需求状态 A_t 、政府补贴系数 λ 和新进零售商的最优反映 q_{et}^{Gsb*} 来极大化其收益函数并确定最优订货量, 最优化模型为

$$\max_{q_{it}^{Gsb}} (A_t - q_{it}^{Gsb} - q_{et}^{Gsb})q_{it}^{Gsb} + \lambda q_{it}^{Gsb}. \quad (9)$$

新进零售商作为序贯决策从者, 在观察到在位零售商的订货量后, 结合政府补贴系数 λ 来决策自己的订货量 q_{et}^{Gsb} 以最大化自身的收益, 最优化模型为

$$\max_{q_{et}^{Gsb}} (A_t - q_{it}^{Gsb} - q_{et}^{Gsb})q_{et}^{Gsb} + \lambda q_{et}^{Gsb}. \quad (10)$$

通过逆推法求解可以获得政府提供补贴情形对称信息下, 在位零售商和新进零售商序贯行动决策各自的最优订货量分别为 $q_{it}^{Gsb*} = \frac{A_t + \lambda}{2}$ 和 $q_{et}^{Gsb*} = \frac{A_t + \lambda}{4}$, 及对应的收益分别为 $\pi_{it}^{Gsb} = \frac{(A_t + \lambda)^2}{8}$ 和 $\pi_{et}^{Gsb} = \frac{(A_t + \lambda)^2}{16}$.

非对称信息分离均衡中, 在位零售商根据不同市场状态确定相应的订货量, 并将订货量作为可信的市场状态信号传递给新进零售商. 作为纯策略完美贝叶斯纳什均衡, 其决策顺序如下: 1) “自然”赋予在位零售商市场需求状态类型. 2) 在位零售商观察到真实市场需求信息状态 A_t . 3) 在位零售商确定订货量 q_{it} . 4) 新进零售商通过供应商泄露或政府补贴公示等途径获得在位零售商的订货量信息, 依据该信号更新对市场状态的信念结构. 5) 新进零售商决策自己的订货量 q_{et} . 6) 需求信息状态向供应链各方成员揭晓, 市场出清.

对于新进零售商而言, 其在获得在位零售商订货信息后, 对市场状态判断的一个合理信念结构^[3,4]是, 如果 q_i 足够低(例如低于某一阈值 $\hat{q}_i$), 那么其应该推断市场需求为“低类型”; 如果 q_i 高于该阈值, 那么其应该推断需求状态为“高类型”. 因此, 新进零售商在观察到在位零售商的订货量信息 q_i 后, 通过决策 q_e 以极大化其收益, 最优化模型为

$$\text{Max}_{q_e} (A_d - q_i - q_e) q_e + \lambda q_e. \quad (11)$$

在位零售商考虑到新进零售商的信念结构及其获得订货量信息下的最优决策, 通过极大化他自身的收益确定其最优订货量 q_i , 最优化模型为

$$\text{Max}_{q_i} (A_t - q_i - q_e(q_i)) q_i + \lambda q_i. \quad (12)$$

分离均衡必须排除在位零售商可能采取“欺骗策略”调整自身订货量 q_{it} 隐瞒市场真实信息以混淆新进零售商对市场类型推断的可能, 最优订货策略如下. 为简单起见, 定义 $K = \sqrt{(A_H - A_L)(3A_H - A_L + 2\lambda)}$.

定理 3 在 $\theta \geq 3$ 情况下分离均衡存在, 在位零售商和新进零售商的订货量及对应利润如下:

1) 在位零售商的订货量为

$$q_{iH}^{GS*} = (A_H + \lambda)/2, \quad \text{若 } A_t = A_H,$$

$$q_{iL}^{GS*} = \begin{cases} (A_L + \lambda)/2, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < \lambda \leq (A_H - 3A_L)/2 \\ (2A_H - A_L + \lambda - K)/2, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < (A_H - 3A_L)/2 < \lambda. \end{cases}$$

2) 新进零售商的订货量为

$$q_{eH}^{GS*} = (A_H + \lambda)/4, \quad \text{若 } A_t = A_H,$$

$$q_{eL}^{GS*} = \begin{cases} (A_L + \lambda)/4, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < \lambda \leq (A_H - 3A_L)/2 \\ (3A_L - 2A_H + \lambda + K)/4, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < (A_H - 3A_L)/2 < \lambda. \end{cases}$$

此时其信念结构为

$$\Pr\{A_d = A_H\} = \begin{cases} 0, & q_i < q_{iL}^{GS*} \\ 1, & q_i \geq q_{iL}^{GS*}. \end{cases}$$

3) 在位零售商的利润为

$$\pi_{iH}^{GS} = (A_H + \lambda)^2/8, \quad \text{若 } A_t = A_H,$$

$$\pi_{iL}^{GS} = \begin{cases} (A_L + \lambda)^2/8, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < \lambda \leq (A_H - 3A_L)/2 \\ (2A_H - \lambda)^2 + (4A_L + \lambda)^2 + 8K(A_H - A_L) - \\ \quad 6[(A_H - 2A_L)^2 + 2A_H^2]/16, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < (A_H - 3A_L)/2 < \lambda. \end{cases}$$

4) 新进零售商的利润为

$$\pi_{eH}^{GS} = (A_H + \lambda)^2/16, \quad \text{若 } A_t = A_H,$$

$$\pi_{eL}^{GS} = \begin{cases} (A_L + \lambda)^2/16, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < \lambda \leq (A_H - 3A_L)/2 \\ (9A_L + 3\lambda - 4A_H + 6K) \times \\ (9A_L + 3\lambda - 6A_H + 6K)/12, & \text{若 } A_t = A_L, \text{ 且 } 0 < (A_H - 3A_L)/2 < \lambda. \end{cases}$$

非对称信息混同均衡中, 无论市场需求状态是高类型还是低类型, 在位零售商总是会选择相同的订货量 q_i^{GP} 以混淆新进零售商对于真实市场需求信息状态的判断, 从而隐蔽自己私有的市场信息状态. 其决策顺序如下: 1) “自然”赋予在位零售商市场需求状态类型; 2) 在位零售商观察到真实市场需求信息状态 A_t ; 3) 无论真实市场需求信息状态是 A_H 还是 A_L , 在位零售商均确定唯一一个订货量 q_{it} ; 4) 新进零售商通过供应商泄露或政府补贴公示等途径获得在位零售商的订货量信息, 但该信息无法用于更新其信念结构; 5) 新进零售商根据市场先验概率, 决策自己的订货量 q_{et} ; 6) 需求信息状态向供应链各方成员揭晓, 市场出清. 政府提供补贴情况下, 政府提供补贴对在位零售商和新进零售商订货的激励作用导致混同均衡不复存在. 证明见附录.

2.4 两种情形对比分析

在分离均衡中, 政府提供补贴情况下在位零售商的订货决策不仅受到市场状态和新进零售商订货量的影响, 他还需要权衡利用订货量作为市场信号误导新进零售订货决策带来的政府补贴变化. 由于政府补贴的存在“熨平”了低市场状态与高市场状态的部分差距, 因此市场波动不太大的时候分离均衡不再存在, 分离均衡的条件被推动到 $\theta \geq 3$ 情况下才存在. 此时, 当政府补贴标准不太高的时候 ($0 < \lambda \leq \frac{A_H - 3A_L}{2}$), 高市场类型的在位零售商伪装为低市场类型不仅损失销量并且损失政府补贴, 通过发出低的订货量误导新进零售商少订货付出的代价太大, 因此此时在位零售商高类型和低类型的订货量分别是斯坦伯格博弈的订货量即 $\frac{A_H + \lambda}{2}$ 和 $\frac{A_L + \lambda}{2}$; 而当政府补贴较高的时候, 在位零售商想要实现分离必须确定一个比 $\frac{A_L + \lambda}{2}$ 更小的订货量以便将自己与高类型“伪装”的低类型分离开来, 即 $\frac{2A_H - A_L + \lambda - K}{2}$.

在混同均衡中, 政府提供补贴导致完美贝叶斯均衡不再存在. 其原因在于市场波动较大的时候, 政府提供补贴对高市场状态起到“助推”作用, 在位零售商更愿意分离; 对低市场状态起到“稳定”作用, 补贴的存在会促使新进零售商更倾向于增加订货量. 政府提供补贴情况下在位零售商不管在高市场状态还是低市场状态的唯一订货决策不仅受到市场波动的影响, 也需要权衡这一订货量带来的政府补贴收益. 同时, 由于新进零售商无法从获得的在位零售商订货量中更新自身对市场状态的判断, 其订货决策不仅受到对市场状态的先验概率的影响, 同时受到了政府提供补贴的激励. 如果在位零售商的“混同均衡订货量”太高会传递市场处于高状态的确切信号, 而“混同均衡订货量”太低但又无法传递市场状态信息、新进零售商在政府提供补贴的激励下会倾向于增加订货量侵蚀在位零售商的市场份额.

关于政府提供补贴对零售商订货决策的影响有下列结论.

推论 1 无论在位零售商还是新进零售商, 政府提供补贴对高市场状态订货决策起到“助推”作用, 对低市场状态订货决策起到“稳定”作用. 政府提供补贴改变了分离均衡的条件, 分离均衡在 $\theta \geq 3$ 时才存在. 由于政府提供补贴对在位零售商和新进零售商订货的激励作用导致混同均衡不复存在.

推论 2 表明, 对在位零售商而言, 需要根据市场波动和补贴情况进行订货决策, 特别在商品淡旺季比较明显的情况下, 在淡旺季之间不宜采用相同订货量的订货决策. 在消费旺季应该增加订货量, 多订货不仅有利于增加市场份额从而获取更多利润, 同时也将获得的更多的政府补贴; 在消费淡季可以通过适当增加订货量来弥补价格降低的损失. 对新进零售商而言, 由于在 $\theta < 3$ 时即无分离均衡也无混同均衡, 不得不以先验概率决策订货. 在预期到新进零售商会面临这一困境的情况下, 在位零售商会以新进零售商依据先验

概率作出的订货量来再次优化自身的订货决策,从而形成非对称信息的静态博弈.

通过对不同情形下在位零售商利润的比较,关于政府提供补贴对零售商订货决策的影响有下列结论.

推论 2 政府提供补贴下,零售商的最优订货策略为

1) 当 $\theta < 3$ 时, 为非对称信息静态博弈订货量, 即在位零售商订货量为 $\frac{3(A_H - w + \lambda) - (\mu - w + \lambda)}{6}$, 新进零售订货量为 $\frac{\mu - w + \lambda}{3}$;

2) 当 $\theta \geq 3$ 时, 为分离均衡订货量, 订货量如定理 3 所述.

图 1 对在位零售商在 $\theta < 3$ 时的订货决策进行了数值模拟, 在位零售商和新进零售商订货量均与政府补贴线性正相关. 由于在位零售商掌握市场准确状态信息, 高市场状态和低市场状态情况下分别作出订货决策; 新进零售商只能根据市场状态的先验概率作出订货决策, 因此在低市场状态情况下, 其订货量甚至会超过在位零售商. 图 2 对在位零售商在 $\theta \geq 3$ 且低补贴($\lambda < \frac{A_H - 3A_L}{2}$)情形下的分离均衡订货决策进行了数值模拟, 无论高市场状态还是低市场状态情况下, 政府提供补贴对在位零售商的订货激励作用更大.

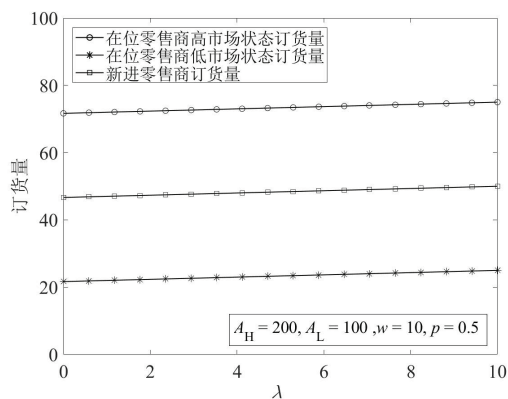


图 1 $\theta < 3$ 有补贴时静态均衡订货量

Fig. 1 Static equilibrium order quantity with subsidy and $\theta < 3$

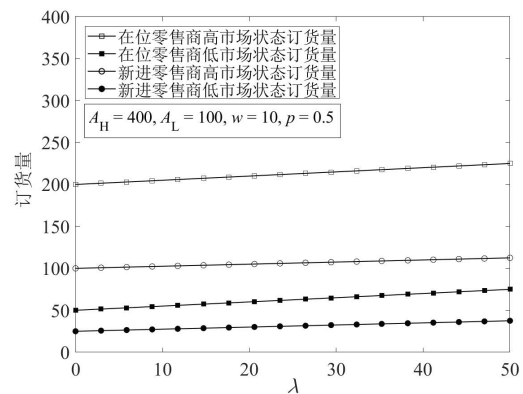


图 2 $\theta \geq 3$ 且低补贴时分离均衡订货量

Fig. 2 Separating equilibrium order quantity with low subsidy and $\theta \geq 3$

图 3 对在位零售商在 $\theta \geq 3$ 且高补贴情形下($\lambda \geq \frac{A_H - 3A_L}{2}$)的分离均衡订货决策进行了数值模拟, 该情形仅在低市场状态下出现, 并且政府提供补贴对新进零售商的订货激励作用大于对在位零售商的激励作用.

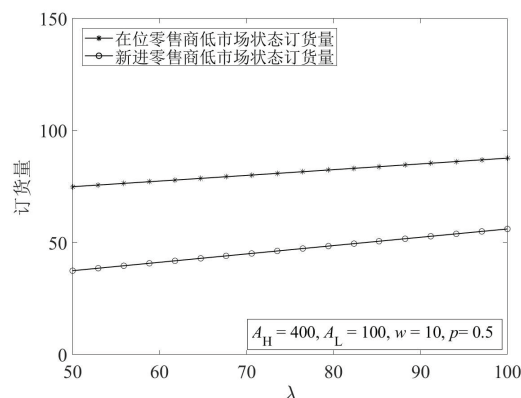


图 3 $\theta \geq 3$ 且高补贴时分离均衡订货量

Fig. 3 Separating equilibrium order quantity with high subsidy and $\theta \geq 3$

进一步对比分析在 $\theta < 3$ 时, 政府不提供补贴分离均衡和有补贴静态均衡的订货决策, 有下列结论.

推论 3 在市场波动不太大, 即 $\theta < 3$ 的情况下, 如果政府补贴 $\lambda < 6(A_H - A_L) - 3D + \mu$, 在位零售商在政府提供补贴的情况下, 其订货量小于政府不提供补贴情况下的订货量, 新进零售商的订货量也因此

而减少.

推论 3 表明, 在商品淡旺季差距不太的情形中, 淡季(即低市场状态)中政府补贴标准较低时在位零售商订货量比其在无政府补贴情况下的订货量要少. 图 4 对这一结论进行了数值模拟, 表明在一定条件下政府提供补贴对非对称信息下的零售商并不一定能达到激励其订货从而刺激消费的效果, 相反补贴不高的情况下零售商订货量甚至减少, 因而也降低了消费者福利.

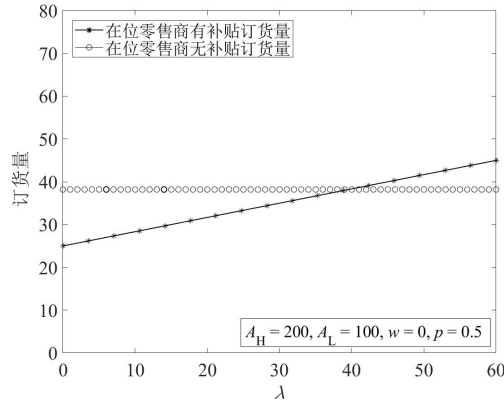


图 4 $\theta < 3$ 且 A_L 时无补贴和有补贴订货量比较

Fig. 4 Comparison of order quantity with subsidy and without subsidy under $\theta < 3$ and A_L

3 供应商是否泄露零售商订货量

在零售商订货量博弈均衡分析中, 作出了新进零售商通过供应商泄露获得在位零售商的订货量信息这一假设. 尽管新进零售商可以通过政府补贴公示等其它途径获得在位零售商的订货信息, 但为了与 Anand 等^[3]的结论进行对比, 本节讨论供应商是否会泄露在位零售商订货量. 给定批发价合同 W , 在位零售商和新进零售的订货总量是影响上游供应商收益函数的关键因素, 因此需要考虑泄漏和不泄漏两种情况下对自身利润的影响^[25,26].

3.1 无政府补贴情形供应商预期利润

当供应商选择不泄露信息时, 从供应商自身的预期看, 会认为新进零售商无法获得在位零售商的订货量, 只能依据先验概率去推断市场需求信息状态. 那么在位零售商和新进零售商会同时决策, 订货量博弈是古诺竞争下的不对称信息纳什博弈^[27,28]. 这种情况下在位零售商、新进零售商和上游供应商的利润函数分别为

$$\pi_{it}^{\text{Nac}} = (A_t - q_{it}^{\text{Nac}} - q_e^{\text{Nac}})q_{it} - wq_{it}^{\text{Nac}}, \quad (13)$$

$$\pi_e^{\text{Nac}} = p(A_H - q_{iH}^{\text{Nac}} - q_e^{\text{Nac}})q_e^{\text{Nac}} + (1-p)(A_L - q_{iL}^{\text{Nac}} - q_e^{\text{Nac}})q_e^{\text{Nac}} - wq_e^{\text{Nac}}, \quad (14)$$

$$\pi_{st}^{\text{Nac}} = w(q_e^{\text{Nac}} + q_{it}^{\text{Nac}}). \quad (15)$$

联立求解可以获得在位零售商和新进零售商的最优订货量分别为

$$q_{it}^{\text{Nac}*} = 3(A_t - w) - (\mu - w)/6, \quad q_e^{\text{Nac}*} = (\mu - w)/3.$$

供应商的利润为

$$\pi_{st}^{\text{Nac}} = w(3A_t + \mu - 4w)/6.$$

当供应商选择泄露信息时, 供应商事前并不掌握在位零售商可能通过订货量扭曲市场信号误导新进零售商的可能. 因此从供应商自身的预期看, 在位零售商和新进零售商序贯决策博弈是古诺竞争下的对称信

息斯坦伯格博弈^[3], 新进零售商可以根据供应商泄露的订货量信息来决定自身的订货量. 这种情况下在位零售商、新进零售商和供应商的利润函数分别为

$$\pi_{it}^{\text{Nsb}} = (A_t - q_{it}^{\text{Nsb}} - q_{et}^{\text{Nsb}})q_{it}^{\text{Nsb}} - wq_{it}^{\text{Nsb}}, \quad (16)$$

$$\pi_{et}^{\text{Nsb}} = (A_t - q_{it}^{\text{Nsb}} - q_{et}^{\text{Nsb}})q_{et}^{\text{Nsb}} - wq_{et}^{\text{Nsb}}, \quad (17)$$

$$\pi_{st}^{\text{Nsb}} = w(q_{it}^{\text{Nsb}} + q_{et}^{\text{Nsb}}). \quad (18)$$

通过逆推法可以获得供应商泄露在位零售商订货信息情况下新进零售商和在位零售商的最优订货量是 $q_{it}^{\text{Nsb}*} = q_e^{\text{Nac}*} = \frac{A_t - w}{2}$, 供应商的利润为

$$\pi_{st}^{\text{Nsb}} = 3w(A_t - w)/4.$$

3.2 有政府补贴情形供应商预期利润

政府提供补贴情形中, 给定批发价合同 $\mathbf{W}$ 下, 泄漏和不泄露两种情况下上游供应商收益函数也受到政府补贴的影响, 供应商预期下零售商的订货博弈顺序与政府不提供补贴相同.

当供应商选择不泄露信息时, 在位零售商、新进零售商和上游供应商的利润函数分别是

$$\pi_{it}^{\text{Gac}} = (A_t - q_{it} - q_e)q_{it} - wq_{it} + \lambda q_{it}, \quad (19)$$

$$\pi_{et}^{\text{Gac}} = (p(A_H - q_{iH} - q_e)q_e + (1-p)(A_L - q_{iL} - q_e)q_e) - wq_e + \lambda q_e, \quad (20)$$

$$\pi_{st}^{\text{Gac}} = w(q_e^{\text{Gac}*} + q_{it}^{\text{Gac}*}). \quad (21)$$

联立求解可以获得不对称信息下供应商不泄露在位零售商订货信息情况下新进零售商和在位零售商的最优订货量 $q_{et}^{\text{Gac}*}, q_{it}^{\text{Gac}*}$, 供应商的利润为

$$\pi_{st}^{\text{Gac}} = w(3A_t + \mu + 4(\lambda - w))/6.$$

当供应商选择泄露信息时, 在位零售商、新进零售商和供应商的利润函数分别是

$$\pi_{it}^{\text{Gab}} = (A_t - q_{it} - q_{et})q_{it} - wq_{it} + \lambda q_{it}, \quad (22)$$

$$\pi_{et}^{\text{Gab}} = (A_t - q_{it} - q_{et})q_{et} - wq_{et} + \lambda q_{et}, \quad (23)$$

$$\pi_s^{\text{Gab}} = w(q_{it}^{\text{Gab}*} + q_{et}^{\text{Gab}*}). \quad (24)$$

通过逆推法求解可以获得供应商泄露在位零售商订货信息情况下新进零售商和在位零售商的最优订货量 $q_{et}^{\text{Gab}*}$ 和 $q_{it}^{\text{Gab}*}$ 以及供应商的利润为

$$\pi_{st}^{\text{Gab}} = w(3A_t + 3(\lambda - w))/4.$$

3.3 供应商是否泄漏信息的影响

供应商是否泄漏在位零售商订货量, 取决于其泄漏时的预期利润和不泄露时的预期利润权衡, 通过对两种情况下的利润比较, 有下列结论.

推论 4 无政府补贴情形上游供应商总是有动机泄露在位零售商订货量信息. 但是有政府补贴情形, 当政府补贴系数 $\lambda \geq w + 2\mu - 3A_L$ 时, 供应商有动机泄露在位零售商订货量信息; 当政府补贴系数 $\lambda < w + 2\mu - 3A_L$ 时, 供应商不会去泄露在位零售商的订货量信息.

推论 4 表明, 政府补贴改变了上游供应商是否泄漏供应链信息的动机. 具体而言, 无政府补贴情形下, 与 Anand 等^[3]的结论一致, 上游供应商总会泄露在位零售商订货信息. 因为无论市场需求状态是高类型还是低类型, 供应商泄露在位零售商信息获得的预期利润均高于不泄露的预期利润. 而有政府补贴的情形下,

尽管上游供应商并没有直接获得政府补贴,但是政府补贴在一定程度上改变了上游零售商的信息泄露动机,与 Anand 等^[3]的结论不同,在政府给零售商提供的补贴标准 $0 < \lambda < w + 2\mu - 3A_L$ 时,供应商根据自身的预期利润权衡没有动机把在位零售商的信息泄露给新进零售商。

4 结束语

针对各级政府通过提供补贴来激活消费市场的政策实践,本文构建一个上游供应商和两个古诺竞争的不对称信息零售商组成的双渠道供应链,建立信号博弈模型探讨了无政府补贴和有政府补贴两种情形下零售商的订货决策,并拓展讨论了上游供应商是否泄漏供应链订货信息。通过比较均衡解,可知具有信息优势的在位零售商在市场波动大的情况下总是愿意选择分离均衡,然而处于信息劣势的新进零售商在市场波动不太大的情况下只能依据先验概率作出订货决策。各级政府制定商贸零售业补贴政策时,需要认识到政府提供补贴并不总是能激励零售商增加订货量从而刺激消费,在补贴不太高的情况下零售商甚至可能会减少订货量,并且补贴标准在阈值范围内上游供应商会选择不泄露在位零售商的信息。需要指出的是,本文的模型中把政府补贴作为模型的外生变量,也未考虑政府对上游供应商提供补贴的情形,放宽这些假设是值得进一步探讨的话题。

参考文献:

- [1] 苏治, 胡迪. 农户信贷违约都是主动违约吗: 非对称信息状态下的农户信贷违约机理. 管理世界, 2014, 33(9): 77–89.
Su Z, Hu D. Are all farmers' credit defaults active: The mechanism of farmers' credit default under asymmetric information. Management World, 2014, 33(9): 77–89. (in Chinese)
- [2] 李莉, 高洪利, 陈靖涵. 中国高科技企业信贷融资的信号博弈分析. 经济研究, 2015, 50(6): 162–174.
Li L, Gao H L, Chen J H. Signal game analysis of credit financing of chinese high-tech enterprises. Economic Research, 2015, 50(6): 162–174. (in Chinese)
- [3] Anand K S, Goyal M. Strategic information management under leakage in a supply chain. Management Science, 2009, 55(3): 438–452.
- [4] Kong G W, Rajagopalan S, Zhang H. Revenue sharing and information leakage in a supply chain. Management Science, 2013, 59(3): 556–572.
- [5] Yan Y C, Zhao R Q, Lan Y F. Asymmetric retailers with different moving sequences: Group buying vs. individual purchasing. European Journal of Operational Research, 2017, 261(3): 903–917.
- [6] Liu H, Jiang W, Feng G Z, Chinc K S. Information leakage and supply chain contracts. Omega: The International Journal of Management Science, 2020, 90: 305–483.
- [7] Guo X M, Jiang B J. Signaling through price and quality to consumers with fairness concerns. Journal of Marketing Research, 2016, 53(6): 988–1000.
- [8] Jiang B J, Yang B C. Quality and pricing decisions in a market with consumer information sharing. Management Science, 2019, 65(1): 272–285.
- [9] Liu H H, Lei M, Deng H H, et al. A dual channel, quality-based price competition model for the WEEE recycling market with government subsidy. Omega: The International Journal of Management Science, 2016, 59: 290–302.
- [10] 朱庆华, 夏西强, 李幻云. 政府补贴与专利费用下制造与再制造博弈模型. 系统工程学报, 2017, 32(1): 8–18.
Zhu Q H, Xia X Q, Li H Y. Game model of manufacturing and remanufacturing under government subsidies and patent costs. Journal of Systems Engineering, 2017, 32(1): 8–18. (in Chinese)
- [11] Yu J J, Tang C S, Shen Z J M. Improving consumer welfare and manufacturer profit via government subsidy programs: Subsidizing consumers or manufacturers. Manufacturing & Service Operations Management, 2018, 20(4): 752–766.
- [12] Alizamir S, Iravani F, Mamani H. An analysis of price vs. revenue protection: Government subsidies in the agriculture industry. Management Science, 2019, 65(1): 32–49.
- [13] Huang W X, Zhou W H, Chen J G, et al. The government's optimal subsidy scheme under manufacturers' competition of price and product energy efficiency. Omega: The International Journal of Management Science, 2019, 84: 70–101.

- [14] Chen J Y, Stan D, Pun H. The impact of government subsidy on supply chains' sustainability innovation. *Omega: The International Journal of Management Science*, 2019, 86: 42–58.
- [15] Niu B Z, Li J W, Zhang J, et al. Strategic analysis of dual sourcing and dual channel with an unreliable alternative supplier. *Production and Operations Management*, 2019, 28(3): 570–587.
- [16] Shen Y L, Willems Sean P, Yue D. Channel selection and contracting in the presence of a retail platform. *Production and Operations Management*, 2019, 28(5): 1173–1185.
- [17] Chiang W K, Chhajed D, James D H. Direct marketing, indirect profits: A strategic analysis of dual-channel supply-chain design. *Management Science*, 2003, 49(1): 1–20.
- [18] 赵 静, 朱 昆. 制造商和零售商同时开辟在线渠道下渠道竞争与定价决策. *系统工程学报*, 2018, 33(6): 834–844.
Zhao J, Zhu K. Manufacturers and retailers simultaneously open up online channels for channel competition and pricing decisions. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(6): 834–844. (in Chinese)
- [19] Wang J, Liu Z B, Zhao R Q. On the interaction between asymmetric demand signal and forecast accuracy information. *European Journal of Operational Research*, 2019, 277(3): 857–874.
- [20] Chen J X, Liang L, Yao D Q, et al. Price and quality decisions in dual-channel supply chains. *European Journal of Operational Research*, 2017, 259(3): 935–948.
- [21] Chaim F, Ariel P. Dynamic games with asymmetric information: A framework for empirical work. *The Quarterly Journal of Economics*, 2012, 127(4): 1611–1661.
- [22] Milgrom P, Roberts J. Limit pricing and entry under incomplete information: An equilibrium analysis. *Econometrica*, 1982, 50(2): 443–459.
- [23] Vives X. Duopoly information equilibrium: Cournot and bertrand. *Journal of Economic Theory*, 1984, 34(1): 71–94.
- [24] Li L. Cournot oligopoly with information sharing. *The RAND Journal of Economics*, 1985, 16(4): 521–536.
- [25] Dye R A, Sridhar S S. Investment implications of information acquisition and leakage. *Management Science*, 2003, 49(6): 767–783.
- [26] Wang K, Zhao R Q, Peng J. Trade credit contracting under asymmetric credit default risk: Screening, checking or insurance. *European Journal of Operational Research*, 2018, 266(2): 554–568.
- [27] Cho I K, Kreps D M. Signaling games and stable equilibria. *The Quarterly Journal of Economics*, 1987, 102(2): 179–221.
- [28] Daughety A F, Reinganum J F. Asymmetric information acquisition and behavior in role choice models: An endogenously generated signaling game. *International Economic Review*, 1994, 35(4): 795–819.

作者简介:

李志国(1977—), 男, 重庆人, 博士, 教授, 研究方向: 区域发展管理和产业链供应链管理, Email: lizhiguo@ctbu.edu.cn;

曾鑫钰(1996—), 女, 江西南昌人, 硕士生, 研究方向: 新零售和供应链管理, Email: 2018603011@ctbu.edu.cn.

附录

定理 3 证明

政府提供补贴情况下, 纯策略分离均衡存在的必要条件是在位零售商在高市场状态和低市场状态的最优订货量 q_{iH}^* 和 q_{iL}^* 必须满足以下不等式约束的最优化模型

$$\max_{q_{iH}} \pi_{iH} = (A_H - q_{iH}^* - q_{eH}^*(q_{iH})) q_{iH}^* + \lambda q_{iH}^*, \quad (25)$$

$$\max_{q_{iL}} \pi_{iL} = (A_L - q_{iL}^* - q_{eL}^*(q_{iL})) q_{iL}^* + \lambda q_{iL}^*, \quad (26)$$

约束条件为

$$(A_H - q_{iL}^* - q_{eL}^*(q_{iL})) q_{iL}^* + \lambda q_{iL}^* \leq (A_H - q_{iH}^* - q_{eH}^*(q_{iH})) q_{iH}^* + \lambda q_{iH}^*, \quad (27)$$

$$(A_L - q_{iH}^* - q_{eH}^*(q_{iH})) q_{iH}^* + \lambda q_{iH}^* \leq (A_L - q_{iL}^* - q_{eL}^*(q_{iL})) q_{iL}^* + \lambda q_{iL}^*. \quad (28)$$

其中

$$q_{eH}^* = \arg \max_{q_{iH}} ((A_H - q_{iH} - q_{eH})q_{eH} + \lambda q_{eH}) = \frac{A_H - q_{iH} + \lambda}{2}, \quad (29)$$

$$q_{eL}^* = \arg \max_{q_{iL}} ((A_L - q_{iL} - q_{eL})q_{eL} + \lambda q_{eL}) = \frac{A_L - q_{iL} + \lambda}{2}. \quad (30)$$

该模型中, 式(25)和式(26)是在位零售商对已知市场状态和新进零售商根据其自身信念结构最优化其订货量的最优反应, 式(29)和式(30)是新进零售商根据其信念结构对在位零售商最优订货量这一信息的最优反应, 并且新进零售商的信念结构与在位零售商对其信念结构的猜想同时发生. 以上条件构成了完美贝叶斯纳什均衡, 即分离均衡.

下面求解该不等式约束下的最优化模型. 注意到式(28)恒成立, 即只有高市场类型的在位零售商有动机伪装为低类型. 将式(29)和式(30)代入式(26)和式(27), 因此以上模型简化为

$$\begin{cases} \max_{q_{iL}} \pi_{iL} = \frac{(A_L - q_{iL} + \lambda)q_{iL}}{2} \\ \text{s.t} \\ \frac{(2A_H - A_L - q_{iL} + \lambda)q_{iL}}{2} \leq \frac{(A_H + \lambda)^2}{8}. \end{cases} \quad (31)$$

构造拉格朗日函数

$$L(q_{iL}, u) = \frac{(A_L - q_{iL} + \lambda)q_{iL}}{2} - u \left(\frac{(2A_H - A_L - q_{iL} + \lambda)q_{iL}}{2} - \frac{(A_H + \lambda)^2}{8} \right). \quad (32)$$

一阶 KKT 条件为

$$\frac{\partial L(q_{iL}, u)}{\partial q_{iL}} \leq 0, \frac{A_L - 2q_{iL} + \lambda}{2} - u \left(\frac{2A_H - A_L - 2q_{iL} + \lambda}{2} \right) + v_1 = 0, \quad (33)$$

松弛条件为 $q_{iL} \frac{\partial L(q_{iL}, u)}{\partial q_{iL}} = 0$; 以及

$$\frac{\partial L(q_{iL}, u)}{\partial u} \geq 0, \frac{4q_{iL}(2A_H - A_L - q_{iL} + \lambda) - (A_H + \lambda)^2}{8} + v_2 = 0, \quad (34)$$

松弛条件为 $u \frac{\partial L(q_{iL}, u)}{\partial u} = 0$.

对于 $u = 0$, 解得 $q_{iL}^* = \frac{A_L + \lambda}{2}$, $v_2 \geq 0$, $\lambda \leq \frac{A_H - 3A_L}{2}$.

对于 $u > 0$, 解得

$$q_{iL}^* = \frac{2A_H - A_L + \lambda - K}{2}, \quad (35)$$

其中 $K = \sqrt{(A_H - A_L)(3A_H - A_L + 2\lambda)}$.

进一步地, 需要考虑低类型的在位零售商是否会倾向于“一次性交易”的订货决策. 假设在分离均衡中低类型在位零售商决策订货量 q_{iL}^* (根据式(35))需要付出的成本过大, 那么低类型在位零售商则会决策其订货量为 q_{iL}^{OT*} (上标 OT 表示“一次性交易”), 即

$$q_{iL}^{OT*} = \arg \max_{q_{iL}^{OT*} > q_{iL}^*} \left(A_L - q_{iL}^{OT} - q_{eL}^{OT}(q_{iL}^{OT}) \right) q_{iL}^{OT} + \lambda q_{iL}^{OT*} = \left(\frac{2A_L - A_H + \lambda}{2} \right)^+, \quad (36)$$

其中 $q_{eL}^{OT*}(q_{iL}^{OT}) = \arg \max_{q_{eL}^{OT}} \left(A_H - q_{iL}^{OT} - q_{eL}^{OT} \right) q_{eL}^{OT} + \lambda q_{eL}^{OT} = \frac{A_H - q_{iL}^{OT} + \lambda}{2}$.

新进零售商对市场需求状态的推断是根据其信念结构(参考定理 3). 故对低类型在位零售商而言, 其极大化该非均衡收益为

$$\pi_{iL}^{OT} = \begin{cases} 0, & \text{若 } \lambda - A_H + 2A_L < 0 \\ \frac{(2A_L - A_H + \lambda)^2}{8}, & \text{若 } \lambda - A_H + 2A_L \geq 0. \end{cases}$$

其中为保证低类型在位零售商在选择“一次性交易”的订货量存在, 需要 $\frac{2A_L - A_H + \lambda}{2} \geq 0$.

具体地, 当 $\lambda - A_H + 2A_L < 0$ 时, 低类型在位零售商非均衡收益为零, 因此其总会选择“分离”. 当 $\lambda - A_H + 2A_L \geq 0$ 时, 假设低类型在位零售商在分离均衡下的收益(参见定理 3)总是会大于低类型在位零售商选择“一次性交易”下的收益, 即

$$\frac{(2A_H - \lambda)^2 + (4A_L + \lambda)^2 + 8K(A_H - A_L) - 6((A_H - 2A_L)^2 + 2A_H^2)}{16} \geq \frac{(2A_L - A_H + \lambda)^2}{8}. \quad (37)$$

不等式左侧是低类型在位零售商在分离均衡下的收益(参见定理3), 不等式右侧是低类型在位零售商选择“一次性交易”下的收益. 求解该不等式可得

$$\lambda \geq 3A_H - 4A_L. \quad (38)$$

当 $\lambda - A_H + 2A_L \geq 0$ 时, 式(38)总成立, 故假设成立.

因此, 低类型在位零售商总是会选择分离均衡中的最优订货量 q_{iL}^{GS*} 而不会选择“一次性交易”.

证毕.

不存在混同均衡证明

利用反证法, 可证明在政府提供补贴的情况下不存在混同均衡.

假设政府提供补贴情况下存在混同均衡, 新进零售商和在位零售商则需各自极大化自身的目标函数确定最优订货量

$$q_e^{GP*} = \arg \max_{q_{ep}} [p(A_H - q_i^{GP} - q_e^{GP}) + (1-p)(A_L - q_i^{GP} - q_e^{GP})] q_e^{GP} + \lambda q_e^{GP}, \quad (39)$$

求解可得 $q_e^{GP*} = \frac{\mu - q_i^{GP} + \lambda}{2}$.

市场需求信息状态为高类型时, 在位零售商的决策模型为

$$\max_{q_{iH}^{GP}} \pi_{iH}^{GP} = (A_H - q_{iH}^{GP} - q_e^{GP*}) q_{iH}^{GP} + \lambda q_{iH}^{GP}. \quad (40)$$

市场需求信息状态为低类型时, 在位零售商的决策模型为

$$\max_{q_{iL}^{GP}} \pi_{iL}^{GP} = (A_L - q_{iL}^{GP} - q_e^{GP*}) q_{iL}^{GP} + \lambda q_{iL}^{GP}. \quad (41)$$

根据式(26)~式(28), 可以分别得到高类型和低类型下在位零售商的最优订货量

$$q_{iH}^{GP*} = A_H + \frac{\lambda - \mu}{2},$$

$$q_{iL}^{GP*} = \left(A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} \right)^+.$$

要满足混同均衡的存在, q_i^{GP} 必须满足 $q_{ip} \leq \min(q_{iH}^{GP*}, q_{iL}^{GP*}) = q_{iL}^{GP*} = \left(A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} \right)^+$. 即, 混同均衡状态下在位零售商最优订货量的上限为 $q_{iL}^{GP*} = \left(A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} \right)^+$.

市场需求信息状态为高类型时, 在位零售商更愿意选择混同均衡下的订货量需满足

$$(A_H - q_i^{GP} - q_e^{GP}) q_i^{GP} + \lambda q_i^{GP} \geq \max_{q_{iH} > q_i^{GP*}} (A_H - q_{iH} - q_{eH}^*) q_{iH} + \lambda q_{iH}, \quad (42)$$

其中 $q_{eH}^* = \arg \max_{q_{eH}} (A_H - q_{iH} - q_{eH}) q_{eH} + \lambda q_{eH} = \frac{A_H - q_{iH} + \lambda}{2}$.

不等式(42)整理简化得

$$\left(A_H - \frac{q_i^{GP}}{2} - \frac{\mu}{2} - \frac{\lambda}{2} \right) q_i^{GP} + \lambda q_i^{GP} \geq \frac{(A_H + \lambda)^2}{8},$$

求解可得

$$q_i^{GP} \in \left[A_H + \frac{\lambda - \mu}{2} - \frac{\sqrt{(A_H - \mu)(3A_H + 2\lambda - \mu)}}{2}, A_H + \frac{\lambda - \mu}{2} + \frac{\sqrt{(A_H - \mu)(3A_H + 2\lambda - \mu)}}{2} \right],$$

$$q_{iHmin}^{GP} = A_H + \frac{\lambda - \mu}{2} - \frac{\sqrt{(A_H - \mu)(3A_H + 2\lambda - \mu)}}{2}.$$

同理, 市场需求信息状态为低类型时, 在位零售商选择混同均衡时其最优订货量需满足

$$(A_L - q_i^{GP} - q_e^{GP*}) q_i^{GP} + \lambda q_i^{GP} \geq \max_{q_{iL} > q_i^{GP*}} (A_L - q_{iL} - q_{eL}^*) q_{iL} + \lambda q_{iL}, \quad (43)$$

类似的, 求解可得

$$q_i^{GP} \in \left[A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} - \frac{\sqrt{(A_L - \mu)(3A_L + 2\lambda - \mu)}}{2}, A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} + \frac{\sqrt{(A_L - \mu)(3A_L + 2\lambda - \mu)}}{2} \right],$$

$q_{iLmin}^{GP} = A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} - \frac{\sqrt{(A_L - \mu)(3A_L + 2\lambda - \mu)}}{2}$ 为混同均衡状态下在位零售商的最优订货量下限.

为保证混同均衡存在,需满足 $q_{iLmin}^{GP} \leq q_{iL}^{GP*}$, 即

$$A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} - \frac{\sqrt{(A_L - \mu)(3A_L + 2\lambda - \mu)}}{2} \leq \left(A_L + \frac{\lambda - \mu}{2} \right)^+, \quad (44)$$

求解可得, $\lambda \leq \frac{\mu - 3A_L}{2}$.

根据定理3可知, 混同均衡状态存在的前提条件是 $\lambda < \frac{3A_H - A_L}{2}$, 而 $\frac{3A_H - A_L}{2} - \frac{\mu - 3A_L}{2} > 0$, 故混同均衡状态存在的范围为 $\lambda \leq \frac{\mu - 3A_L}{2}$.

需注意到, 在求解不等式(44)时, 还需满足 $q_{iL}^{GP*} = (A_L + \frac{\lambda - \mu}{2})^+ \geq 0$, 即 $\mu - 2A_L \leq \lambda$.

因此要满足混同均衡存在, 需同时满足 $\lambda \leq \frac{\mu - 3A_L}{2}$ 且 $\mu - 2A_L \leq \lambda$, 由于 $\mu - 2A_L > \frac{\mu - 3A_L}{2}$, 因此该约束条件无法同时成立, 故假设不成立. 证毕.

推论4证明

利用反证法, 可证明供应商在政府不提供补贴的情况下根据其预期利润权衡, 总是会泄露供应商的订货量.

当供应商选择不泄露信息时, 在位零售商和新进零售商即纳什博弈. 其最优订货量分别为

$$q_{it}^{Nac*} = \frac{3(A_t - w) - (\mu - w)}{6}, \quad q_e^{Nac*} = \frac{\mu - w}{3}.$$

当供应商选择泄露信息时, 供应商预期在位零售商和新进零售商进行序贯博弈. 首先假设在位零售商订货量为 $\tilde{q}_{it}$, 新进零售商作为序贯博弈的从者根据这一订货量决策最优订货量

$$q_{et}^{Nsb*}(\tilde{q}_{it}) = \arg \max_{q_{et}^{Nsb}} (A_t - \tilde{q}_{it} - q_{et}^{Nsb})q_{eS} - wq_{et}^{Nsb} = \frac{(A_t - w) - \tilde{q}_{it}}{2}. \quad (45)$$

假设政府不提供补贴情况下供应商不会泄露供应商的订货量, 必须同时满足高类型和低类型市场状态下其泄露的预期利润均小于其不泄露的预期利润. 即必须同时满足

$$w \left(\tilde{q}_{iH} + \frac{(A_H - w) - \tilde{q}_{iH}}{2} \right) < w \left(\frac{(3(A_H - w) - (\mu - w))}{6} + \frac{(\mu - w)}{3} \right), \quad (46)$$

$$w \left(\tilde{q}_{iL} + \frac{(A_L - w) - \tilde{q}_{iL}}{2} \right) < w \left(\frac{(3(A_L - w) - (\mu - w))}{6} + \frac{(\mu - w)}{3} \right). \quad (47)$$

其中不等式左边即供应商在泄露情况下的预期利润, 不等式右边即供应商在不泄露情况下的预期利润. 求解式(46)和式(47), 得到供应商不会泄露供应商的订货量的必要条件, 即 $\tilde{q}_{iH} < \frac{(\mu - w)}{3}$ 并且 $\tilde{q}_{iL} < \frac{(\mu - w)}{3}$. 而供应商泄露在位零售商订货量情况下在位零售商的最优订货量 $q_{iH}^{Nac*} = \frac{A_H - w}{2} > \frac{(\mu - w)}{3}$, 因此必要条件之一不满足, 从而假设不成立.

假设政府提供补贴情况下供应商不会泄露供应商的订货量, 必须同时满足高类型和低类型市场状态下其泄露的预期利润均小于其不泄露的预期利润. 即必须同时满足

$$\frac{w(3A_H + 3(\lambda - w))}{4} < \frac{w(3A_H + \mu + 4(\lambda - w))}{6}, \quad (48)$$

$$\frac{w(3A_L + 3(\lambda - w))}{4} < \frac{w(3A_L + \mu + 4(\lambda - w))}{6}. \quad (49)$$

其中不等式左边即供应商在泄露情况下的预期利润, 不等式右边即供应商在不泄露情况下的预期利润. 合并整理不等式得到 $\lambda < 2\mu + w - 3A_L$. 证毕.