

消费者选择行为下的电商战略性缺货问题研究^①

王夏阳, 张 斌*

(中山大学岭南学院, 广州 510275)

摘要: 随着互联网经济的日益普及,国内电商企业开展“双十一”等大型促销活动十分活跃,与此同时,促销期产品缺货、电商企业临时取消订单等问题也日益引起了关注. 由于产品可得性会和价格共同影响消费者的购买选择,因而如何科学理性地管理缺货问题,成为值得深入研究的话题. 从消费者选择理论出发,研究了中国电商企业的折扣定价与市场需求转移机制,并在考虑运营能力的现实约束前提下深入分析了中国电商企业战略性缺货策略的形成机理与演化路径. 研究结果表明,当产品的单位运营成本增加幅度超过某一阈值点时,企业就有可能不再满足所有顾客的订货需求;并且较之事后调整型的订单取消与临时缺货,事先有考虑的战略性缺货策略会更加有利于电商企业. 在网络购物越来越普及的今天,研究结果对正确理解互联网企业的运营机制,推进我国电商行业的良性发展具有重要的启示.

关键词: 需求转移; 消费者选择; 战略性缺货; 折扣定价

中图分类号: F274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2019)10-0009-15

0 引 言

近些年网上购物逐渐受到消费者的青睐,电商企业之间的竞争也愈演愈烈. 除了采取传统的过季抛售、“大甩卖”等手段,越来越多的电商企业开始利用节假日的契机,展开大型的定期促销活动. 定期促销会吸引一批对价格折扣敏感的消费者,他们受到高强度促销力度的刺激,往往临时选择下单购买产品,这类消费者已经成为电商企业进行大型促销活动的重要目标群体. 百度百科的资料显示,2012年淘宝网“双十一”购物狂欢节吸引了2.13亿独立用户访问,全网总销售额达到191亿元,2018年这一数据则更是增加到3143亿元. 美国市场研究公司ComScore也发布报告称,2012年11月23日的“黑色星期五”,全美电子商务零售额为10.42亿美元,成为当年全美网购开支最高的一天. 然而,以上这些销售数据的

构成中,除了上述受促销影响临时加入的价格敏感型消费者之外,还有一类消费者更应该受到商家和学术界的关注. 这类消费者经常网购,是电商企业的固有消费群体. 然而,在面对即将到来的促销活动时,他们会根据企业的政策调整自己的购买行为,权衡是否即刻购买还是等待在即将到来的折扣期购买. 这一类型的消费者被称为策略型消费者(strategic consumer),他们会策略性地权衡商品的打折情况以及获得降价产品的可能性,从自身收益最大化出发,决定购买产品的合适时机. 有研究表明,在制定折扣政策时,忽视策略型消费者的存在将会使企业遭受利润损失^[1-2]. 不难看出,电商企业的大型促销活动将导致市场需求的转移,即一方面会吸引大量的价格敏感型消费者临时购买,另一方面也导致了一部分策略型消费者从正价期转移到折扣期购买. 然而,虽然企业促销时通常会考虑价格本身的需求影响效

① 收稿日期: 2016-07-29; 修订日期: 2019-02-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71472191; 71672199).

通讯作者: 张 斌(1979—), 男, 陕西蒲城人, 博士, 教授. Email: zhangb38@mail.sysu.edu.cn

应,但是却容易忽视策略型消费者的需求转移。虽然一些研究已经开始考虑促销时策略型消费者的行为,但这些研究通常假设消费者均为策略型消费者。因而,本文对电商定期促销问题的研究将同时考虑这两类消费者。

一个不容忽视的问题是,尽管大型定期促销活动为电商企业带来了可观的订单量,但随之而来的配送量急剧增长却会给企业的运营能力带来巨大的压力。企业日常的销量相对稳定,面对业务量的陡然增加,其运力可能根本无法匹配。以2012年淘宝“双十一”带来的191亿元销量为例,它直接产生了8000多万份订单,使电商企业面临严重的“爆仓”问题。为了缓解这种情况,电商企业需要对这些激增的订单快速响应。然而,要在短时间内消化掉如此庞大的订单量,需要电商企业在物流配送等方面临时扩充产能,增加人力、设备的投入,这势必大幅增加企业的成本。例如,来自天津日报2013年10月17日的报道指出,2013年10月8日,当当网CEO就特别强调,在2013年“双十一”期间,所有物流配送环节将至少增加50%资源投入,运力提升100%以上,以缓解可能的配送压力。与此同时,电商企业的大型促销活动中,消费者投诉下单成功又缺货的案例也时有发生。事实上,近年来随着电商库存信息系统的实时更新越来越可靠,这类投诉越来越少见,但是“双十一”要“抢”购却成为了更为普遍的现象。2018年“双十一”期间,有关物流爆仓、产品缺货等问题的报道虽然仍是热点话题,但是消费者已经对缺货这一事实坦然接受,热衷于“双十一”购物的消费者会在活动期间尽早准备以提高下单成功率。随着电商企业与上游供应商一体化合作的深入,对于一般产品而言,由于供应不足所导致的缺货现象越来越少见,缺货更多地已成为企业有意为之的战略性运营策略。因而,在信息公开的情况下如何更为科学理性地管理缺货问题成为电商企业需要关注的关键问题。本文认为研究战略性缺货问题非常重要,可以有助于理解不同电商企业战略性决策行为的结果差异。综上所述,对于国内互联网经济中出现的电商促销期战略性缺货这一独特的经济现象,本文将从市场需求转移、运营能力约束与电商企业的折扣定价视角作出更为合理的诠释。

1 文献综述

策略型消费者基于对产品价值估值、质量水平、可得性等方面的认知,策略性地进行是否购买以及何时购买的决策,这一行为被称为顾客策略行为^[3]。消费者的这种策略性选择行为会直接导致产品的市场需求在不同竞争对手之间形成差异,也会导致企业的固有需求在不同时期之间发生转移。近期一些研究采用实验的方法,探究网络服务等消费者口碑传播对消费者态度转变的一般影响,但并未上升到定量层面的分析^[4]。对有关消费者的认知对市场需求份额影响的研究,现有文献绝大部分集中在消费者对产品价值的认知差异方面,也有一部分文献考虑了消费者对产品质量的认知差异^[3,5-7]。现有的研究通常对这些认知差异假设为均匀分布。例如,在基于策略型消费者的定价问题研究中,通常假设消费者对产品的估值服从均匀分布^[3,5-6];在消费者对质量认知的差异方面,Parlakturk^[7]假设消费者对产品质量的认知是异质的,且服从均匀分布,并认为不同的质量认知决定了消费者是否购买、购买产品的种类和购买时机,进而导致了市场需求的转移。在消费者对产品可得性的认知方面,一些研究认为,当消费者能够通过多种渠道了解零售商的实际库存情况时,他们能够较好地估测产品在未来一段时间的可得性,进而做出正确的购买判断^[2,5,8-11]。也有一些研究考虑了消费者的跨期学习行为对产品可得性预期的影响。这些研究认为,当策略型消费者无法直接获得零售商的库存信息时,他们就必须经历多次重复的学习过程,进而不断更新其估测的产品可得性,直至与零售商真实的库存情况一致^[9,12-15]。不过,尽管这些研究已考虑了消费者对产品可得性的认知与企业定价、库存决策的关系,但这些研究通常没有把策略型消费者对产品可得性的认知差异纳入研究视野。

在传统的零售供应链研究中,库存不足往往是供应链低效的表现^[16-18]。随着在线零售业的发展,库存不足在在线零售的场景下带给消费者的影响与传统实体零售场景下的影响存在差异。

库存不足在信息充分披露、价格促销等情景下反而有可能会激发消费者的购买热情^[19]。但是,当前有关零售供应链的研究多采用实证或实验方法,通常仅限于探究既定缺货策略下消费者的行为,而没有指明电商企业这一故意缺货策略的形成机理,也没有考虑企业如何基于这一消费者行为特征制定其缺货策略。在传统的库存管理研究中,库存有限通常是供应商地理位置、生产提前期、产能约束等诸多因素所致的自然结果。然而,经济学领域的研究指出,库存不足会成为企业故意为之的一种策略,诱导消费者在产品价值不确定的时候进行购买^[20]。随着学术界对策略型消费者的认识不断加强,有关“故意缺货型库存不足”的研究近年来在经济管理的交叉研究领域开始出现,并通常与定价问题相关联。有关策略型消费者的研究认为,导致消费者提前购买的一个因素是消费者对于库存短缺的预期^[2,9,21]。其中,Zhang 和 Cooper^[21]的研究表明,当企业采取动态定价策略,并在清仓期实施限量配给策略时,并不能增加自身的收益;当产品的价格提前公布,并固定不变时,企业可以通过实施限额配给策略来控制不同时期的产品可得性,进而引导消费者的购买行为,提高企业的收益,但是利润的增加幅度甚微。Liu 和 van Ryzin^[9]的研究则认为企业采取故意创造缺货、鼓励策略型消费者提前购买的策略十分有益。然而,在这些研究中,均未涉及在线购买这一类型消费者的特征,企业决策的核心均为价格与库存,可得性仅为决策中需要考虑的一个要素,并由事先设定的库存量和实现了的市场需求来共同决定。

梳理需求转移相关文献可以发现,现有研究关注了消费者对产品价值、质量水平的认知差异而导致的市场需求转移或市场分割情况,并结合产品定价与库存策略有了拓展性研究。然而对于影响消费者选择购买时机的产品可得性,当前的研究通常假设策略型消费者对产品可得性的认知是同质的^[5,8-15,22],极少考虑由于消费者对产品可得性的认知不同而导致的市场需求转移。然而现实的情况恰恰在于,消费者会因对产品可得性认知的不同而改变购买决策,进而影响市场需求。尤其是在大型促销期集中配送的背景下,消费者

对于产品可得性的担忧会更加明显,在促销中是否真的能拿到打折的商品会受到消费者的重点关注。因此不同于现有的研究,本文将把消费者对产品可得性的认知差异纳入研究视野,进而考虑这种可得性的认知差异导致的市场需求转移现象。

就现有文献来看,虽然有关零售供应链的研究中已经开始逐渐关注故意缺货策略下的消费者行为^[19],但在库存优化研究领域,当前有关产品缺货策略的研究,几乎都立足于企业真实存在库存不足的背景,考虑通过事先设定的库存策略和确实存在的缺货来影响消费者的购买选择行为,进一步达到提升企业利润的目的^[2,9,21,23]。然而,在本文研究的电商企业对一般产品进行定期大型促销的情境下,促销活动中很多品类的产品通常供应源充足,可以随时供应,电商企业甚至无需持有库存,即企业不会出现由于库存供应不足而导致的缺货。但是,激增的物流配送运营成本却会成为电商企业是否接受消费者购买订单的主要权衡要素,此时存在的缺货成为完全的战略性的行为,本文将之界定为战略性缺货(strategic rationing)。值得指出的是,那些为了吸引消费者流量而在促销期故意释放虚假信息、肆意吹嘘、欺诈顾客的噱头行为不在探讨之列,那种噱头式促销导致的缺货与本文所研究的战略性缺货截然不同。采取战略性缺货策略的企业在特定的促销期会提前告知消费者相关信息,如该产品属于促销产品品类或型号、促销期产品会有一定的折扣、产品的销售可能会很火爆等。策略型消费者会理性地预期该产品会出现缺货的可能性,而企业在实际买卖过程中将会有步骤、有节奏地向市场供应产品。令人遗憾的是,当前的相关研究鲜有涉猎这一内容,不仅没有从战略的层面分析故意缺货问题,而且通常简单地假设单位运营成本固定不变且一定低于产品的价格,从而在决策优化中忽略了运营能力约束的影响。因而,本文将从消费者选择理论出发,通过建立解析模型来研究中国电商企业的折扣定价与市场需求转移机制,并在考虑运营能力的现实约束前提下深入分析中国电商企业战略性缺货策略的形成机理及其演化路径。

2 折扣定价下的市场需求转移机制

2.1 问题的描述

研究电商企业销售一般性产品的情况. 这类产品日常价格相对稳定,且拥有稳定的、充足的供货源,因而不考虑由于库存供应不足而引致的缺货. 在现实的网购活动中,电商企业的这类产品最为常见,它们拥有较为固定的客户群体. 这些顾客会经常关注网站上该产品的销售情况,且对产品有较强的刚性需求,不论该产品是否降价,该群体都一定会购买,但会策略性地选择不同的购买时机,即这类消费者均为策略型消费者. 与此同时,电商企业对该产品进行定期促销时,还会吸引一部分原本不关注该产品的消费群体临时购买. 这部分消费者对价格敏感,是该产品的潜在消费群体.

典型的销售周期拥有两个阶段:正价销售阶段和大型促销阶段. 产品的日常销售价格为公开信息,电商企业宣告进行大型促销活动时,会首先预告产品的折扣幅度. 电商在正价销售期提前预告其促销的时间以及相应的促销折扣幅度在实际销售过程中是很常见的. 例如,天猫的商家在进行“双十一”、圣诞节等大型促销活动前,会提前约半个月持续宣传打折活动,预告其销售产品的打折力度. 固定的消费群体从一开始就进入市场,根据个人的经验,分别估测该产品在促销期内的可得性,进而决定自己购买的时机. 对于正价期购买的顾客,企业会全部满足其需求. 对于促销期间下单的顾客,由于存在运营成本激增的可能,企业根据对需求的估计,进行综合权衡,可能会选择性地满足一部分顾客的需求.

本文所涉及的符号定义如下:

N : 对产品具有刚性需求的固定客户群体的大小,是个常数. 假设这些消费者均为策略型消费者,并且风险中立.

D_i : 第 i 类 ($i = 1, 2, 3$) 消费者的需求量. 其中 D_1 代表固定客户群体中选择在产品正价期购买的策略型消费者的需求量; D_2 代表固定客户群中会选择在产品折扣期购买的策略型消费者的需求量; D_3 表示因产品降价所吸引的专门寻求价格折扣的消费群体的需求量.

U_j : 表示消费者在第 j 阶段 ($j = 1, 2$) 购买产品的消费者剩余. 其中 $j = 1$ 代表正价销售期; $j = 2$ 代表大型促销期.

Π_j : 表示在第 j 阶段 ($j = 1, 2$) 时,电商企业的利润.

v : 消费者对所购买到的产品的估值.

p : 产品在正常销售期的单位售价,且 $v > p$.

c_1 : 产品正常销售期的单位运营成本(含生产成本).

c_2 : 产品打折促销期的单位运营成本(含生产成本).

δ : 促销期价格占产品正常期销售价的百分比,即折扣率,反映了折扣幅度, $\delta \in [0, 1]$.

f : 打折期间的产品满足率,即商家所能够满足的顾客需求的比例. 并且, $f \in [0, 1]$. 当 $f < 1$ 时,意味着电商企业不会满足所有市场需求,消费者需要面临可能缺货的现实. 本文将库存信息透明情况下的这种企业刻意为之的缺货行为称为“战略性缺货”.

ξ : 固定消费群体对促销期产品可得性的估计,由于消费群体中每个人的经验不同,对于缺货情况的估计也会不同. 对于整个消费群体而言,假设 ξ 服从 $[0, 1]$ 上的均匀分布^[9-11, 24].

其中, δ 、 f 是决策变量(内生变量或因变量); v 、 p 、 c_1 、 c_2 、 ξ 是外生变量(自变量).

企业和消费者的决策过程可以描述如下.

1) 在促销活动开始之前,电商企业公布产品的折扣幅度,策略型消费者会根据对产品可得性的预期和折扣幅度决定在正价期还是折扣期购买.

2) 电商企业根据对固有消费群体的需求转移情况的了解和对潜在消费群体的需求的估测,确定产品满足率与折扣幅度之间的对应关系,进而确定最优折扣率和初始最优产品满足率;

3) 促销活动开始,消费需求实现,电商企业根据真实需求状况动态调整产品的满足率.

2.2 基于消费者选择行为的市场需求转移分析

在进入市场后,对产品具有刚性需求的策略型消费者面临两种选择:其一,在产品正价销售期购买,消费者需要支付较高的价格,但可以保证一定能获得该产品,其消费者剩余为 $U_1 = v - p$;其二,在产品进行大型促销时再购买,消费者可以享

受较大的折扣,但面临着商家在网站上显示“缺货”的信息、不能获得该产品的风险,此时的消费者剩余为 $U_2 = v\xi - \delta p$. 当 $U_1 < U_2$ 时,消费者会选择在促销时再购买该产品,反之则选择在正价销售阶段购买. 由于 ξ 服从 $[0, 1]$ 上的均匀分布,因而可以得到引理 1.

引理 1 存在一个唯一关键的临界值 $\hat{\xi} = 1 - \frac{(1-\delta)p}{v}$, 使得当对产品具有刚性需求的策略型

消费者对产品可得性的预期满足 $0 \leq \xi < \hat{\xi}$ 时,消费者会选择立即购买,否则会推延至产品促销期间购买.

假设每个策略型消费者对产品均具有 1 单位的刚性需求,因此, $D_1 = \left[1 - \frac{(1-\delta)p}{v}\right]N$, $D_2 = \frac{(1-\delta)p}{v}N$. 引理 1 表明,消费者对于产品可得性的期望越大,他们从推迟购买中获得消费者剩余就越多,则固定消费群体中会有更多的消费者选择推迟购买,进而将有更多的需求被转移到促销期. 引理 1 的结论同时也表明,产品的折扣幅度越大 (δ 越小),选择在促销期购买的消费者的消费者剩余会越大,这将鼓励此类消费者更多地选择在促销期购买.

专门寻求低价折扣的消费群体对产品并没有刚性需求,但对产品的价格折扣敏感. 他们在产品正价销售时并不会关注该产品,然而当产品进行大型促销活动时,会考虑进入购买,并且折扣幅度越大,购买量越多. 这一潜在消费群体的需求函数可以表示为 $D_3 = (1-\delta)K$. 其中 K 表示潜在客户需求量对促销产品的敏感程度,且 $K > 0$. 本文认为潜在客户不是零售商的长期顾客,因此零售商无法准确估测该类顾客对折扣促销产品的敏感程度. 也就是说,在此类消费者的真实需求实现之前,电商企业对 K 的估计有可能存在偏差,需要等到消费真正实现后才了解. 这一假设与现实情况完全吻合: 在进行大型促销时,电商企业往往不能准确估计激增的需求量,应对不足,才造成“爆仓”事件频频发生. 这一假设同时也说明了另一个事实,对 K 取值的预期将影响电商企业促销活动时的初始决策,以及在促销

期需求实现时是否需要进行产品满足率的调整.

3 预估运营能力充足时的折扣定价与缺货调整

3.1 预估运营能力充足时电商企业的初始决策

如前所述,假设电商企业具有稳定的、充足的供应源,能够满足正价销售期及促销期的全部需求,不会出现因库存不足而导致的缺货情况,因而本文涉及的缺货均为战略性缺货. 电商企业宣告进行大型促销活动,会首先预告产品的折扣幅度. 促销期的折扣幅度 δ 一方面会直接吸引潜在消费者购买,促使总销量增长;另一方面也与消费者对产品可得性的预期共同决定了固定消费群体的需求转移. 以上这些变化给企业在促销期的物流配送带来繁重的压力,甚至会导致企业的单位运营成本发生较大的变化. 而固定消费群体的需求转移将减少产品的边际收入,同时也加剧了促销期由于需求量激增而致的成本压力. 因此,电商企业在决策时必须在销量增加与由此带来的运营成本增加之间权衡考虑,制定适宜的折扣幅度 δ 和产品的满足率 f ,以获得尽可能高的利润. 进一步地,假设 $p > c_1$,即产品的正常价格必须足够高,以保证企业可以在不亏本的情况下考虑促销.

首先考虑零售商认为促销期产品的单位运营成本不变时的基础模型,然后讨论促销期实际单位运营成本上升的拓展模型.

由于正价销售阶段的需求函数 D_1 已知,因此,电商企业在产品正价期的利润为

$$\Pi_1 = (p - c_1) \left[1 - \frac{(1-\delta)p}{v}\right]N$$

电商企业促销期间的需求为 $D_2 + D_3$. 假设在大型促销情况下,当 $\max(D_2 + D_3) \leq M$,即促销期的产品总需求峰值没有超过电商企业的运营能力限制时,企业的配送能力依然充足,产品的单位运营成本保持不变,此时 $c_2 = c_1$,则第二阶段的利润可以表示为

$$\Pi_2 = (\delta p - c_1) \left[\frac{(1-\delta)p}{v}N + (1-\delta)K\right]f$$

两阶段的总利润为 $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2$.

如前所述,产品的折扣率是公开信息,电商企

业了解消费者的消费选择过程,因而这一问题实际上是存在企业承诺条件下的零售商决策问题^[22]. 电商企业在决策时首先将折扣率视为已知,进行满足率的最优决策. 然后,再根据满足率与折扣率之间的一一对应关系,最终确定产品的折扣率和初始的最优满足率.

容易看出,当 $\delta \in [0, \hat{\delta}]$ 时, $\Pi_2 \leq 0$. 其中,临界点 $\hat{\delta} = \frac{c_1}{p}$ 为无利可图点. 由于零售商不会进行亏本促销,此时最优满足率的决策为 $f^* = 0$,进而 $\Pi_2 = 0$. 显然, Π_1 是 δ 的增函数. 因此, δ 在 $[0, \hat{\delta}]$ 范围内,零售商最优决策为 $\delta^* = \hat{\delta}, f^* = 0$. 此时

$$\Pi_{\delta \in [0, \hat{\delta}]}^* = (p - c_1)N - \frac{(p - c_1)^2}{v}N$$

当 $\delta \in (\hat{\delta}, 1]$ 时,由于折扣率视为既定,容易看出,两阶段的总利润 $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2$ 是关于产品满足率 f 的增函数. 因而,当 $f^* = 1$ 时,零售商的利润达到最大. 这说明在单位运营成本维持不变的情况下,电商企业的最优决策是尽可能满足所有顾客的需求. 在这种情况下,企业不需要考虑战略性缺货问题. 进一步可以证明, $\Pi''(\delta) < 0$,因而当 $\delta \in (\hat{\delta}, 1]$ 时存在最优解 δ^* 使得企业的总利润最大. 由于 $p > c_1$,由零售商利润函数的一阶条件,可以求出最优折扣率为 $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$.

此时

$$\Pi_{\delta \in (\hat{\delta}, 1]}^* = (p - c_1)N + \frac{1}{2} \frac{vK^2 (p - c_1)^2}{2p^2N + 2pvK}$$

显然, $\Pi_{\delta \in (\hat{\delta}, 1]}^* \geq (p - c_1)N > \Pi_{\delta \in [0, \hat{\delta}]}^*$. 因而,零售商的最优决策是

$$f^* = 1, \delta^* = \frac{2p^2N + (p + c_1)vK}{2p^2N + 2pvK}$$

此时, $\Pi^* = \Pi_{\delta \in (\hat{\delta}, 1]}^*$.

由以上分析,可以得出命题 1.

命题 1 当促销期的产品总需求未超过电商企业的运营能力限制时,倘若产品的单位运营成本保持不变,企业不会考虑采取战略性缺货策略,即 $f^* = 1$; 企业会根据对潜在市场消费增量的估计制定最优的折扣率 $\delta^* \in [0, 1]$, 且 $\Pi^* > (p - c_1)N$.

进一步分析 K 的变化对零售商最优总利润水

平的影响.

将 Π^* 对 K 求导可知, $\frac{d\Pi^*(K)}{dK} > 0$. 这意味着,随着 K 的增加,电商企业的最优两阶段总利润也会增加. 然而,这一结论的前提是促销期的产品总需求没有超过电商企业的运营能力限制,即 $\max(D_2 + D_3) \leq M$. 此时, $K \leq \hat{K}$, 其中 $\hat{K} = M - \frac{pN}{v}$. 因而,可以得到推论 1.

推论 1 当 $K \leq \hat{K}$ 时,随着 K 增加,电商企业的预期最优两阶段总利润 Π^* 也会随之增加.

以上分析表明,如果促销期运营能力充足,产品的单位运营成本保持不变,则电商企业会保持充分供应. 并且,对电商企业而言,促销总是会带来更多的利润. 这一结论也符合多数企业的预期,在不超出运营能力限制的情况下,企业的促销效果越显著,被促销期折扣临时吸引的消费者越多,企业的盈利也越多.

然而,由于对潜在客户需求量的预测可能存在误差,当 $K > \hat{K}$ 时, $\max(D_2 + D_3) > M$, 产品的单位运营成本可能会上升,企业的最优决策也可能会有所变化,下面将进一步讨论这种情况.

3.2 实际运营能力不足时电商企业的缺货调整机制

主要考虑具有一定实力,自建物流的电商企业. 在促销阶段,商品的配送量陡增,当需求超过企业当前运营能力限制时,电商企业需要通过紧急增加配送车辆、临时招募更多配送员等方式来应对庞大的订单量. 此时,单位运营成本会高于正价销售期,且随着产品满足率的增加而增加. 因而, $\max(D_2 + D_3) > M$ 时,产品的单位运营成本可能会增加. 记单位运营成本激增的临界点为 $\bar{\delta} = 1 - \frac{vM}{pN + vK}$. 当 $\delta > \bar{\delta}$ 时, $D_2 + D_3 \leq M$, 产品的单位运营成本不会增加. 当 $\delta \leq \bar{\delta}$ 时,产品的单位运营成本会增加. 此时,其成本函数可以表示为线性函数 $c_2 = c_1 + af$, 其中 a 为大于零的系数,反映了促销期单位运营成本的增加程度.

如前所述,由于电商企业在促销活动开始之初对市场反应的估测可能存在偏差,因而会存在企业认为 $K \leq \hat{K}$, 并做出如前所述的决策,然而实

际需求实现时却并非如此的情形. 此时, $K > \hat{K}$, 市场反应超出预期, 导致产品的单位运营成本可能激增. 可以证明, 当 $\delta^* = \bar{\delta}$ 时, $K = K_1 = \frac{2p}{p - c_1}M$. 因而, 如果 $\delta^* > \bar{\delta}$, 即 $\hat{K} < K \leq K_1$ 时, 市场反应虽然超出了预期, 但是企业的运营能力仍然可以应对, 其最优决策不变; 如果 $\delta^* \leq \bar{\delta}$, 即 $K > K_1$ 时, 产品的单位运营成本函数将发生改变, 因而原有的决策组合 $(\delta^*, 1)$ 可能不再是最优决策组合, 电商企业需要在市场信息更新之后对初始的最优决策进行动态调整.

然而, 由于 δ^* 已经公布并实施, 企业此时面临的问题实际上是 δ^* 既定情况下调整最优产品满足率的单一变量优化问题. 用下标 j 表示需求实现后决策调整时的情形, 则两阶段的利润分别为

$$\begin{aligned} \Pi_{1j} &= (p - c_1) \left[1 - \frac{(1 - \delta^*)p}{v} \right] N, \\ \Pi_{2j} &= (\delta^* p - c_1 - af) \times \\ &\quad \left[\frac{(1 - \delta^*)p}{v} N + (1 - \delta^*) K \right] f \end{aligned}$$

两阶段的总利润为 $\Pi_j = \Pi_{1j} + \Pi_{2j}$.

容易证明

$$\begin{aligned} \Pi_j' &= (\delta^* p - c_1 - 2af) G, \\ \Pi_j'' &< 0 \end{aligned}$$

其中 $G = (1 - \delta^*) \left(\frac{pN}{v} + K \right) > 0$.

由一阶条件 $\Pi_j' = 0$, 可以得出

$$f_j^* = \frac{(p - c_1)(2pN + vK)}{4a(pN + vK)}$$

因而, 利润 Π_j 是凹函数. 可以证明, $a < \hat{a}$ 时, $f_j^* \geq 1$. 其中, $\hat{a} = \frac{(p - c_1)(2pN + vK)}{4(pN + vK)}$. 因而, 当 $a < \hat{a}$ 时, $f_j = 1$ 是最优解, 此时的两阶段最优利润为

$$\begin{aligned} \Pi_j^{(1)} &= (p - c_1) N + \frac{1}{2} \frac{vK^2 (p - c_1)^2}{2p^2 N + 2pvK} - \\ &\quad \frac{a(p - c_1) K}{2p} \end{aligned}$$

当 $a \geq \hat{a}$ 时, $f_j = f_j^*$ 为最优解, 且 $f_j^* < 1, \Pi_j^* > \Pi_j^{(1)}$.

由以上分析, 可以得出命题 2.

命题 2 当 $\hat{K} < K \leq K_1$ 时, 市场反应虽然超出了预期, 但是电商企业的运营能力仍然可以应对, 产品的单位运营成本不会增加, 企业的最优决策不变, 不会采取战略性缺货策略; 当 $K > K_1$ 时, 促销期的产品总需求超过电商企业的运营能力限制, 产品的单位运营成本将增加, 事先未估计到这一情形的企业会根据单位成本的增幅来调整产品的最优满足率决策: 当 $a < \hat{a}$ 时, 企业的决策保持不变, 不会采取战略性缺货, 此时的两阶段最优利润为 $\Pi_j^{(1)}$; 当 $a \geq \hat{a}$ 时, 电商企业采取战略性缺货将有助于改进业绩, 此时的产品最优满足率为 f_j^* , 两阶段最优利润 $\Pi_j^* > \Pi_j^{(1)}$.

容易证明, $\frac{df_j^*}{da} < 0$. 继而可以证明, $\frac{d\Pi_j^*}{da} < 0, \frac{d\Pi_j^{(1)}}{da} < 0, \frac{d(\Pi_j^* - \Pi_j^{(1)})}{da} \geq 0$. 并且当 $a > \bar{a}$,

其中 $\bar{a} = \frac{(p - c_1)(2pN + vK)^2}{pN(pN + vK)}$ 时, $\Pi_j^* < (p - c_1) N$.

因而, 可以得到命题 3.

命题 3 当 $K > K_1$ 时, 促销期产品的单位运营成本将增加, 并且随着 a 增加, 无论电商企业是否适时采取事后调整型的战略性缺货, 其最优利润均会逐渐降低. 不过, 当 $a \geq \hat{a}$ 时, 采取战略性缺货的电商企业的利润降低速度低于不采取战略性缺货时的利润降低速度; 并且, 随着 a 增加, 电商企业的战略性缺货程度也会加剧. 当 $a > \bar{a}$ 时, 即使采取战略性缺货, 电商企业的最优利润也将低于不采取促销活动时的利润, 即 $\Pi_j^* < (p - c_1) N$.

在现实中, 为了应对来自竞争对手的压力、迎合消费者的网购习惯等原因, 电商企业通常会热衷于开展定期促销活动. 然而, 当企业的促销效果过于显著, 吸引了比预期更多的折扣搜索型潜在消费者时, 很容易导致促销期需求超出运营能力的情形. 由前文的分析可知, 当由于需求激增所致的产品单位运营成本增加幅度较高时, 企业的利润将受到严重侵蚀. 命题 2 和命题 3 的结果表明, 即使电商企业事先对爆仓的严重后果估计不足, 在发生爆仓乃至运营成本增加的情形时仍然可以适时采取战略性缺货策略改进绩效. 但是, 运营成本的增加必然会对企业的利润带来负面影响, 如果促销活动之初未考虑到运营成本增

加,即使事后采取了战略性缺货,却仍然无法保证电商企业的促销活动在任何情形下都可以获益.

以上分析是基于电商企业在促销活动之初未预期到会发生运营能力不足,而在事后做出调整,适时采取战略性缺货的情形.然而,如果电商企业在开展促销活动之前就事先估测到了运营能力可能不足的话,那么零售商有可能会在事前就做出战略性缺货的决策.这种事先考虑型的战略性缺货决策对零售商的绩效是否会带来更为积极的影响,则是下面要分析的重点.

4 预估运营能力不足时的折扣定价与战略性缺货策略

4.1 预估运营能力不足时电商企业的决策过程分析

为了区别于电商企业决策时认为单位运营成本不变的情形,本文用下标 b 表示电商企业在决策时就已经考虑到可能会发生运营能力不足而导致单位运营成本增加的情形.零售商意识到当折扣率低于单位成本激增的临界点,即 $\delta \leq \bar{\delta}$ 时, $D_2 + D_3 > M$, 产品的单位运营成本会增加,且 $c_2 = c_1 + af$. 假设电商企业不会因未满足的需求而受到惩罚,则促销期产品单位运营成本增加时电商企业第二阶段的利润为

$$\Pi_{2b} = (\delta p - c_1 - af) \times \left[\frac{(1 - \delta) p N}{v} + (1 - \delta) K \right] f$$

两阶段的总利润 $\Pi_b = \Pi_1 + \Pi_{2b}$.

令 $\bar{\delta} = \hat{\delta}$, 可以推出 $K = \frac{p}{p - c} M - \frac{p}{v} N$. 记为 \tilde{K} , 容易看出, $\tilde{K} < \hat{K}$, 因而如果 $K \leq \tilde{K}$, 则电商企业的运营能力充足, 不会发生单位运营成本的增加. 并且, 如果 $K \leq \tilde{K}$, 则 $\bar{\delta} \leq \hat{\delta}$, 这意味着潜在客户需求量对促销产品的敏感程度较低, 此时只有促销期的折扣幅度低于无利可图点 $\hat{\delta}$ 时, 促销期的总需求才会超出电商企业的运营能力. 由于企业不会亏本经营, 产品的最优折扣幅度一定不会低于无利可图点, 因此, 如果 $\bar{\delta} \leq \hat{\delta}$, 产品的最优折扣幅度也不会低于单位成本激增临界点, 因而一定不

会发生运营成本激增的情形. 此时, 电商企业的最优决策等同于促销期单位运营成本不变时的决策, 不会采取战略性缺货.

如果 $K > \tilde{K}$, 即 $\bar{\delta} > \hat{\delta}$, 促销期的总需求有可能会超出电商企业的运营能力. 然而, 促销期是否会增加单位运营成本, 取决于电商企业所制定的折扣率 δ 、成本激增临界点 $\bar{\delta}$ 、无利可图临界点 $\hat{\delta}$ 等关键点之间的大小关系, 在 δ 的不同取值范围内利润存在差异. 因而, 此时零售商的决策过程要复杂得多, 需要对 $\delta \in [0, \hat{\delta}]$, $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 和 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$ 几种情形分别进行讨论, 找出不同情形下的局部最优解. 然后, 电商企业需要结合利润函数的性质, 比较这几种情形下的局部最优利润, 以确定全局最优解.

4.1.1 $\delta \in [0, \hat{\delta}]$ 时的局部最优决策

由于 $\delta \in [0, \hat{\delta}]$ 时, $\Pi_{2b} \leq 0$, 零售商任何时候都不会亏本销售, 此时最优满足率的决策为 $f_b = 0$, $\Pi_{2b} = 0$. 容易看出, $\Pi_1 = (p - c_1) \left[1 - \frac{(1 - \delta)p}{v} \right] N$ 是 δ 的增函数. 因此, $\delta \in [0, \hat{\delta}]$ 上电商企业的局部最优决策为 $\delta_b = \hat{\delta}$, $f_b = 0$. 此时

$$\Pi_b = \Pi_{\delta_b \in [0, \hat{\delta}]}^* = (p - c_1) N - \frac{(p - c_1)^2}{v} N$$

显然, 此时的局部最优利润低于零售商不采取促销活动时的利润, 此时的决策也一定不是零售商的全局最优决策.

4.1.2 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$ 时的局部最优决策

由于 $\delta > \bar{\delta}$ 时, 单位运营成本不会增加. 因而, 当 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$ 时, 类似于 4.1.1 的分析, $f_b = 0$. 并且, $\Pi'(\delta) < 0$. 根据一阶条件, 可以得到

$$\delta^* = \frac{2p^2 N + (p + c_1) v K}{2p^2 N + 2pvK}$$

由于 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$, 因而电商企业的局部最优决策为 $\delta_b = \max\{\bar{\delta}, \delta^*\}$, 需要进一步判断 δ^* 和 $\bar{\delta}$ 的大小.

当 $K > K_1$ 时, $\delta^* \leq \bar{\delta}$, 零售商的局部最优决策为 $f_b = 1, \delta_b = \bar{\delta}$. 此时, 局部最优利润

$$\Pi_b = \Pi_{\delta_b \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]}^{(1)*} = (p - c_1)N + \frac{pvM - (p^2N + cvK)M}{pN + vK}$$

当 $K \leq K_1$ 时, $\delta^* > \bar{\delta}$, 电商企业的局部最优决策为 $f_b = 1, \delta_b = \delta^*$. 此时, 局部最优利润

$$\Pi_b = \Pi_{\delta_b \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]}^{(2)*} = (p - c_1)N + \frac{1}{2} \frac{vK^2 (p - c_1)^2}{2p^2N + 2pvK}$$

4.1.3 $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 时的局部最优决策

当 $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 时, 产品的单位运营成本一定会增加. 此时, 两阶段的总利润为 $\Pi_b = \Pi_1 + \Pi_{2b}$. 由于消费者决策时折扣率为公开信息, 记为既定值 δ_0 , 因而在这一利润函数中 $\delta = \delta_0$, 可以证明

$$\Pi_b''(f)|_{\delta=\delta_0} = -2a(1 - \delta_0) \left(\frac{pN}{v} + K \right) < 0$$

由于 δ_0 可以为其可行区间内的任意值, 为了便于分析, 此处用 δ 来表示. 根据一阶条件可知, $\delta p - c_1 - 2af = 0$. 记临界值 $\delta_1 = \frac{2a + c_1}{p}$, 此时 $f = 1$. 显然, 当 $\delta \leq \delta_1$ 时, $f \leq 1$, f 是 δ 的增函数, 且二者之间存在一一对应的关系, 即 $f = \frac{\delta p - c_1}{2a}$. 当 $\delta > \delta_1$ 时, $f = 1$.

可以证明, 当 $a \leq a_0, a_0 = \frac{p - c}{2} - \frac{pM}{2(pN + vK)}$ 时, $\bar{\delta} \geq \delta_1$. 因此, 在 $\delta \in (\hat{\delta}, \delta_1]$ 的区间内, $f \leq 1$, 零售商的最优产品满足率与折扣率之间存在一一对应的关系, 即 $\delta p - c_1 - 2af = 0$, 且 $f \in (0, 1]$. 将此关系式代入总利润中, 可以得到关于满足率的利润 $\Pi_b(f)$, 因而可以将零售商总利润最大化问题, 从两变量的优化问题简化为单一变量的优化问题. 在 $\delta \in (\delta_1, \bar{\delta}]$ 的区间内, 由于 $f = 1$, 零售商此时将在 $f = 1$ 这一前提下进行最优折扣率的决策. 因而, 如果 $a \leq a_0$, 电商企业的决策需要进一步讨论 $\delta \in (\hat{\delta}, \delta_1]$ 和 $\delta \in (\delta_1, \bar{\delta}]$ 的情形.

类似地, 当 $a > a_0$ 时, $\bar{\delta} < \delta_1$. 因此, 如果 $a > a_0$, 则在 $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 的区间内, $f \leq 1$, 零售商的最

优产品满足率与折扣率之间存在一一对应的关系, 零售商的总利润最大化问题也可以从两变量的优化问题简化为单一变量的优化问题. 对于 a 取值不同的情形下的局部最优、全局最优的决策过程, 下文将进行详细解释. 因而, 根据以上分析, 可以得到命题 4.

命题 4 当 $K \leq \tilde{K}$ 时, 促销期的产品总需求不会超过电商企业的运营能力限制, 电商企业的最优决策等同于促销期单位运营成本不变时的最优决策. 当 $K > \tilde{K}$ 时, 如果电商企业事先预估到促销期的产品总需求可能会超过运营能力限制, 就会出现以下两种情况: 1) 当 $a \leq a_0$ 时, 电商企业的最优决策需要比较 $\delta \in [0, \hat{\delta}], \delta \in (\hat{\delta}, \delta_1], \delta \in (\delta_1, \bar{\delta}]$ 和 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$ 时的局部最优利润, 其最大值为全局最优解; 2) 当 $a > a_0$ 时, 电商企业的最优决策仅需要比较 $\delta \in [0, \hat{\delta}], \delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 和 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$ 时的局部最优利润, 其最大值为全局最优解.

4.2 不同 a 值情形下电商企业的全局最优决策

4.2.1 $a \leq a_0$ 时电商企业的全局最优决策

首先讨论 $\delta \in (\hat{\delta}, \delta_1]$ 时的局部最优决策.

如前所述, 当 $\delta \in (\hat{\delta}, \delta_1]$, 且 $a \leq a_0$ 时, 电商企业的最优产品满足率与折扣率之间存在一一对应的关系. 类似于前面的分析, 总利润函数转化为 $\Pi_b(f)$, 企业的利润最大化问题简化为 1 个单一变量的优化问题. 此时

$$\Pi_b(f) = \left[-3af^2 + (p - c_1)f + (p - c_1) \frac{pN}{pN + vK} \right] \times \frac{2a(pN + vK)}{pv}$$

显然, 企业总利润的一阶条件存在唯一的可行解

$$f_{12}^* = \frac{(p - c_1) + \sqrt{\Delta}}{6a}$$

其中 $\Delta = (p - c_1) \left(p - c_1 + 12a \frac{pN}{pN + vK} \right)$.

由于 $f \in (0, 1]$, 进一步可以证明, $\lim_{f \rightarrow 0} \Pi_b'(f) > 0$. 且当 $a > \tilde{a}$ 时, $\lim_{f \rightarrow 1} \Pi_b'(f) \leq 0$,

其中 $\tilde{a} = \frac{(p-c_1)(2pN+vK)}{3(pN+vK)}$. 因而, 当 $a > \tilde{a}$ 时, 利润曲线 Π_b 是拟凹的. 此时, 由一阶条件 $\Pi'_b(f) = 0$ 得到的上述可行解 f_{b2}^* 即为局部最优解. 并且, 由企业的最优产品满足率与折扣率之间的一一对应关系可知, $\delta_{b2}^* = \frac{p+2c_1+\sqrt{\Delta}}{3p}$. 由以上分析可知, 当 $a > \tilde{a}$ 时, 存在该两阶段利润的局部最优解 $f_b = f_{b2}^*$, $\delta_b = \delta_{b2}^*$. 由于 $a > \tilde{a}$, 容易证明, $\frac{(1+\sqrt{5})(p-c)}{6a} < f_{b2}^* < 1$. 此时, 零售商的局部最优利润为

$$\Pi_{b, \delta_b \in [\hat{\delta}_1, \bar{\delta}_1]}^{2*} = (p-c_1)N + \frac{1}{9pv} [(p-c)^2(vK-6pN) + (4pN+vK)(p-c_1)\sqrt{\Delta} - 12a(p-a)]$$

可以证明, 当 $a \leq \tilde{a}$ 时, $\lim_{f \rightarrow 1} \Pi'_b(f) > 0$. 由于 $\lim_{f \rightarrow 0} \Pi'_b(f) > 0$, 因而, 当 $a \leq \tilde{a}$, 且 $\delta \in (\hat{\delta}, \delta_1]$ 时, 局部最优解组合为边界解, $f_b = 1, \delta_b = \delta_1$.

接下来, 讨论 $\delta \in (\delta_1, \bar{\delta}]$ 时的局部最优决策.

当 $\delta \in (\delta_1, \bar{\delta}]$, 且 $a \leq a_0$ 时, 企业的最优决策为 $f_b = 1$. 可以证明, $\Pi'_b(\delta) < 0$. 由利润的一阶条件, 可以求出 $\delta_b^* = \frac{2p^2N + (p+c_1)vK}{2p^2N + 2pvK} + \frac{a}{2p}$.

继而, 可以推出当 $\delta_b^* = \bar{\delta}$ 时, $a = a_1 = \frac{(p-c_1)vK - 2pvM}{pN + vK}$. 因而, 如果 $a > a_1$, 则 $\delta_b^* > \bar{\delta}$, 局部最优解为边界解, 即 $\delta_b = \bar{\delta}, f_b = 1$. 此时, 局部最优利润为 $\Pi_{b, \delta_b \in [\delta_1, \bar{\delta}]}^{(1)*} = (p-c_1)N + \frac{(p-c_1-a)vK - (ap+v)N}{pN+vK}M$. 如果 $a \leq a_1$, 则

$\delta_b^* \leq \bar{\delta}$, 局部最优解组合为 $\delta_b = \max(\delta_b^*, \delta_1)$, $f_b = 1$. 当 $\delta_b = \delta_b^*$ 时, 局部最优利润为

$$\Pi_{b, \delta_b \in [\delta_1, \bar{\delta}]}^{(2)*} = (p-c_1)N + \frac{[(p-c_1-a)vK - apN]^2}{4pv(pN+vK)}$$

可以证明, $a \leq a_0$ 时, $a > a_1$ 与 $a > \tilde{a}$ 不能同时成立. 进一步地, 可以证明产品满足率为 1 时,

$\lim_{\delta \rightarrow \bar{\delta}} \Pi > \lim_{\delta \rightarrow \bar{\delta}} \Pi_b$; $\tilde{a} < a_1$ 时, $\delta^* \leq \bar{\delta}$; $\Pi_{b, \delta_b \in [\delta_1, \bar{\delta}]}^{(2)*} > \Pi_{\delta_b \in (\bar{\delta}, 1]}^{(1)*}$. 由于 $\delta \in [0, \hat{\delta}]$, $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 和 $\delta \in (\bar{\delta}, 1]$ 时, 总利润均为连续函数, 且 $\delta_b^* > \delta^*$.

综合以上分析结果, 可以对 $a < a_0$ 时的全局最优解做出推断, 进而得到命题 5.

命题 5 当 $K > \bar{K}$ 时, 促销期的产品总需求可能会超过电商企业的运营能力限制. 如果企业事先预估到了这种情形, 则 $a \leq a_0$ 时:

1) 如果 $\tilde{a} \leq a \leq a_1$, 当 $\delta_b^* \leq \delta_1$ 时, 电商企业的最优利润为 $\Pi_b^* = \max(\Pi_{b, \delta_b \in [\hat{\delta}, \delta_1]}^*, \Pi_{\delta_b \in (\bar{\delta}, 1]}^{(1)*})$, 最优策略组合为 $(\delta_{b2}^*, f_{b2}^*)$ 或 $(\bar{\delta}, 1)$; 当 $\delta_b^* > \delta_1$ 时, 电商企业的最优利润为 $\Pi_b^* = \max(\Pi_{b, \delta_b \in [\hat{\delta}, \delta_1]}^*, \Pi_{b, \delta_b \in (\delta_1, \bar{\delta})}^{(2)*})$, 最优策略组合为 $(\delta_{b2}^*, f_{b2}^*)$ 或 $(\delta_b^*, 1)$;

2) 如果 $a_1 < a \leq \tilde{a}$, 电商企业的最优利润为 $\Pi_b^* = \Pi_{\delta_b \in (\bar{\delta}, 1]}^{(1)*}$, 最优策略组合为 $(\max(\bar{\delta}, \delta^*), 1)$;

3) 如果 $a \leq \tilde{a}$, 且 $a \leq a_1$, 电商企业的最优利润为 $\Pi_b^* = \Pi_{b, \delta_b \in (\delta_1, \bar{\delta})}^{(2)*}$, 最优策略组合为 $(\delta_b^*, 1)$.

为了展示以上决策过程中两阶段利润与促销期折扣率之间的关系, 本文分别取 $N = 1\ 000, K = 10\ 000, v = 35, p = 30, c_1 = 5, M = 900, a = 11; N = 1\ 000, K = 2\ 200, v = 40, p = 30, c_1 = 5, M = 800, a = 3; N = 1\ 000, K = 2\ 200, v = 40, p = 30, c_1 = 5, M = 800, a = 0.5$, 分别进行数值分析, 结果如图 1 ~ 图 3 所示. 可以看出, 数值实验的结果与理论分析的结果完全一致.

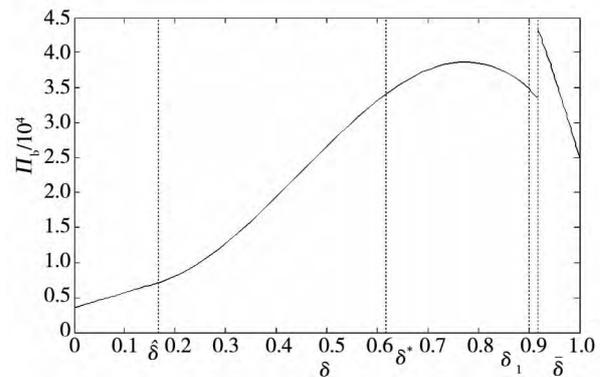


图 1 $a \leq \tilde{a}, a \leq a_1, K > \bar{K}$ 时两阶段利润 Π_b 与 δ 之间的关系
Fig. 1 Relationship between Π_b and δ when $a \leq \tilde{a}, a \leq a_1, K > \bar{K}$

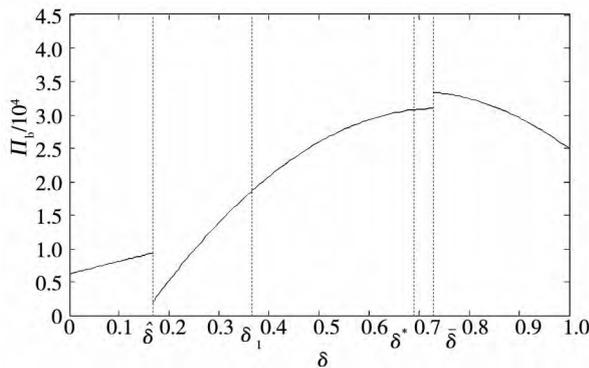


图 2 $a \leq \bar{a}, a > a_1, K > K_1$ 时两阶段利润 Π_b 与 δ 之间的关系
Fig. 2 Relationship between Π_b and δ when $a \leq \bar{a}, a > a_1, K > K_1$

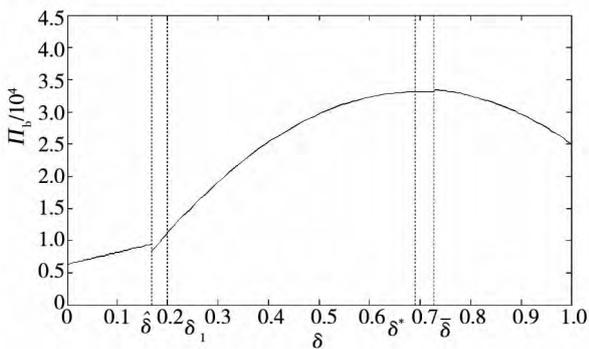


图 3 $a > \bar{a}, a \leq a_1, K > K_1$ 时两阶段利润 Π_b 与 δ 之间的关系
Fig. 3 Relationship between Π_b and δ when $a > \bar{a}, a \leq a_1, K > K_1$

4.2.2 $a > a_0$ 时电商企业的全局最优决策

当 $a > a_0$ 时, $\bar{\delta} < \delta_1$. 因此, 如果 $a > a_0$, 则在 $\delta \in (\hat{\delta}, \bar{\delta}]$ 的区间内, $f \leq 1$, 零售商的最优产品满足率与折扣率之间存在一一对应的关系, 即 $\delta p - c_1 - 2af = 0$. 并且, $f \in (0, \bar{f}]$, 其中

$$\bar{f} = \frac{\bar{\delta}p - c_1}{2a} = \frac{p - c}{2a} - \frac{pvM}{2a(pN + vK)}$$

将此关系式代入总利润中, 可以得到关于满足率的函数 $\Pi_b(f)$, 因而可以将零售商总利润最大化问题从两变量的优化问题简化为单一变量的优化问题. 此时

$$\Pi_b(f) = \frac{[-3af^2 + (p - c_1)f + (p - c_1) \frac{pN}{pN + vK}] \times 2a(pN + vK)}{pv}$$

容易看出, 该一阶条件存在唯一的可行解, 因而该函数是单峰的. 进一步可以证明, $\lim_{f \rightarrow 0} \Pi_b(f) > 0$,

$\lim_{f \rightarrow \bar{f}} \Pi_b(f) > 0$. 因而, 局部最优解组合为边界解,

其中 $f_b = \bar{f}, \delta_b = \bar{\delta}$. 此时

$$\Pi_{b, \delta_b \in [\hat{\delta}, \bar{\delta}]}^* = (p - c_1)N - \frac{(p - c_1)pM}{v(pN + vK)}N + \frac{aM\bar{f}^2}{v}$$

电商企业比较以上 3 种情形下的局部最优利润, 可以得到全局最优解. 显然, $\delta \leq \bar{\delta}$ 及 $\delta > \bar{\delta}$ 时, 总利润函数均为连续函数. 根据以上分析, 可以得到命题 6.

命题 6 当 $K > \bar{K}$ 时, 促销期的产品总需求可能会超过电商企业的运营能力限制. 如果企业事先预估到了这种情形, 则 $a > a_0$ 时, 电商企业的最优策略组合为 $(\bar{\delta}, \bar{f})$ 或 $(\max(\bar{\delta}, \delta^*), 1)$, 最优利润 $\Pi_b^* = \max(\Pi_{b, \delta_b \in [\hat{\delta}, \bar{\delta}]}^*, \Pi_{\delta_b \in (\bar{\delta}, 1]}^*)$.

根据命题 5 和命题 6 以及第 4 节的分析, 可以得到推论 2.

推论 2 虽然均考虑了战略性缺货策略, 然而, 与实际需求超出运营能力限制时临时调整产品供给率的情况相比, 事先考虑到需求会超出运营能力的电商企业会做出更有利的决策, 即 $\Pi_b^* > \Pi_j^*$.

命题 5 和命题 6 的分析表明, 如果 $\bar{a} \leq a_1$, 当 $a \leq \bar{a}$ 时, 事先有考虑的电商企业会通过提高 δ 至 δ_b^* 来调节需求的转移, 减少刚性需求向促销期转移并控制潜在消费群体的进入, 使得促销期超出运营能力的消费需求有限. 这种情况下超过运营能力限制时的产品运营成本的增幅不大, 电商企业可以不采取战略性缺货. 当 $\bar{a} \leq a \leq a_1$ 时, 由于超过运营能力限制时产品单位运营成本的增幅较快, 电商企业一方面会考虑通过提高 δ 至 δ_b^* 或 $\bar{\delta}$ 来调节需求的转移, 使促销期超出运营能力的消费需求有限甚至避免这一情况的发生, 从而不必采取战略性缺货; 另一方面也会考虑提高 δ 至 δ_{b2}^* 来调节需求的转移, 同时采取战略性缺货来减少成本增加对利润的侵蚀. 此时, 电商企业需要比较这两种策略下的利润值大小, 选择利润更高时的策略作为最优决策. 当 $a_1 \leq a \leq a_0$ 时, 超过能力限制时产品运营成本的增幅进一步提高, 事先有考虑的电商企业会通过进一步提高 δ 来调节

需求的转移,避免促销期消费需求超出运营能力的情况发生,此时当然也就不会采取战略性缺货.

类似地,如果 $a_1 \leq \tilde{a}$, 当 $a \leq a_1$ 时, 事先有考虑的电商企业会通过提高 δ 至 δ_b^* 来调节需求的转移, 使得促销期超出运营能力的消费需求有限, 零售商可以不采取战略性缺货. 当 $a_1 \leq a \leq \tilde{a}$ 时, 超过能力限制时产品运营成本的增幅较高, 事先有考虑的电商企业会通过进一步提高 δ 至 $\bar{\delta}$ 或更高来调节需求的转移, 从而避免促销期消费需求超出运营能力的情况发生, 此时不必采取战略性缺货. 当 $\tilde{a} \leq a \leq a_0$ 时, 产品运营成本的增幅进一步增加, 事先有考虑的电商企业既可能会通过提高 δ 来调节需求的转移, 使产品的单位运营成本不增加, 也有可能在产品单位运营成本增加时采取战略性缺货.

当 $a > a_0$ 时, 由于超过能力限制时产品运营成本的增幅相对很高, 事先有考虑的电商企业既可能会通过进一步提高 δ 至 $\bar{\delta}$ 或更高来调节需求的转移, 避免促销期消费需求超出运营能力的情况发生, 从而不必采取战略性缺货; 也有可能提高 δ 至 $\bar{\delta}$ 来调节需求的转移, 同时采取战略性缺货来减少成本增加对利润的侵蚀. 此时, 电商企业需要比较这两种策略下的利润值大小, 选择利润更高时的策略作为最优决策.

将 $a > a_0$ 时的局部最优决策与 $\tilde{a} \leq a \leq a_0$ 时的战略性缺货策略比较, 由于 $f_{b2}^* > \frac{(1+\sqrt{5})(p-c)}{6a}$, 容易看出, $f_{b2}^* > \bar{f}$. 即当 $a > a_0$ 时, 与 $a \leq a_0$ 时相比, 如果电商企业采取战略性缺货策略, 其战略性缺货的程度会加剧.

根据以上分析, 可以得到命题 7.

命题 7 当 $K > \tilde{K}$ 时, 促销期的产品总需求可能会超过电商企业的运营能力限制. 如果企业事先预估到了这种情形, 则 $a \leq \tilde{a}$ 时, 电商企业一定不会“故意缺货”, 即产品满足率为 1; 当 $a > \tilde{a}$ 时, 电商企业会综合权衡成本与收益, 相机采取战略性缺货策略: 当 $\tilde{a} \leq a \leq a_0$ 时, 电商企业战略性缺货时的产品满足率为 f_{b2}^* ; 当 $a > a_0$ 时, 电商企业采取战略性缺货时其缺货程度会更高, 此时的

产品满足率为 \bar{f} , 且 $\bar{f} \leq f_{b2}^*$.

接下来分析 K 的变化对最优利润的影响. 根据包络定理可知, $\frac{d\Pi_b^*}{dK} > 0$, $\frac{d\Pi_b^*}{da} < 0$. 这意味着, 如果促销期电商企业的最优折扣价格导致了产品需求超出了运营能力限制并导致单位运营成本增加时, 则随着 K 的增加, 电商企业的最优两阶段总利润会增加; 随着 a 的增加, 电商企业的最优两阶段总利润会降低. 因而, 可以得到命题 8.

命题 8 当 $K > \tilde{K}$ 且产品的单位运营成本增加时, 随着 K 的增加, 电商企业的最优两阶段总利润 Π_b^* 会增加; 随着 a 的增加, 电商企业的最优两阶段总利润 Π_b^* 会降低.

总而言之, 由于电商企业面临的消费群体具有寻求低价折扣的特点和基于产品可得性的顾客策略行为, 同时电商企业还面临促销期运营能力不足的压力, 因而他们会谨慎地运用战略性缺货策略, 在决策时综合权衡促销期需求增加带来的收入增加和随之而来的运营成本增加带来的收益损失. 以上分析表明, 当电商企业进行大型促销时, 由于促销效果存在差异, 并且企业的运营能力超出限制时会导致产品的单位运营成本增加, 电商企业会考虑在成本增加幅度高到一定程度时采取战略性缺货策略. 但是, 无论采取哪种折扣率和订单满足率策略, 在其他条件不变的情况下, 企业的促销效果越明显将越有利于企业盈利的增加, 而运营成本的增加则始终会侵蚀企业的盈利. 因而, 满意的促销效果是电商企业始终追求的目标, 但是为了应对由此带来的运营成本增加而对利润的侵蚀问题, 企业会考虑适当地运用战略性缺货策略, 尤其是在大型定期促销活动开始之前就开始未雨绸缪, 提前布局.

5 结束语

综合前文的分析, 本文的主要结论可以概括如下: 1) 无论电商企业在促销活动之初的决策中是否考虑到运营能力不足的情况, 如果促销期产品的单位运营成本实际上增加了, 则当其增加幅

度超过某一阈值点时,企业就有可能不再满足所有顾客的订货需求,战略性缺货会是一种更好的选择,可以改进电商企业的绩效;2) 虽然事先认为运营能力充足的电商企业可以在没法满足激增的网购需求时适时调整缺货策略,但是当运营成本的增加幅度高到一定程度时,事后调整型的战略性缺货不能保证电商企业的促销活动一定能获得比不促销更好的盈利;3) 如果事先对促销期运营能力不足问题有考虑的电商企业在促销活动之初的决策中全面评估成本对利润的侵蚀可能的话,这种事先考虑型的战略性缺货可以使得即使在促销期运营成本的增加幅度很高的情况下,促销活动仍然有利可图;4) 无论促销期产品的实际单位运营成本是否增加,事先对促销期运营能力不足问题有考虑的电商企业会更加谨慎地评估是否采取战略性缺货,并且较之事后调整型的电商企业的决策,事先有考虑的零售商的战略性缺货策略会更加有利可图。

进一步地对事先是否考虑到单位运营成本增加的两种情况下的策略组合及电商企业的绩效进行对比需要分几种情形讨论。为了方便讨论,对预期促销期运营能力充足,即事先未考虑到单位运营成本增加事后考虑政策调整的情形简称为情形一,对事先考虑到促销期单位运营成本增加的情形简称为情形二。由上文分析可知,如果 $a_1 \leq \bar{a}$, 当 $a \leq a_1$ 时,情形一和情形二下的策略组合分别为 $(\delta^*, 1)$ 、 $(\delta_b^*, 1)$; 当 $a_1 \leq a \leq \hat{a}$ 时,两种情形下的策略组合分别为 $(\delta^*, 1)$ 、 $(\delta_b^*, 1)$; 当 $\hat{a} \leq a \leq \bar{a}$ 时,两种情形下的策略组合分别为 (δ^*, f_j^*) 、 $(\max(\bar{\delta}, \delta^*), 1)$; 当 $\bar{a} \leq a \leq a_0$ 时,两种情形下的策略组合分别为 (δ^*, f_j^*) 、 $(\delta_{b2}^*, f_{b2}^*)$ 或 $(\bar{\delta}, 1)$ 或 $(\delta_b^*, 1)$; 当 $a > a_0$ 时,两种情形下的策略组合分别为 (δ^*, f_j^*) 、 $(\bar{\delta}, f)$ 或 $(\max(\bar{\delta}, \delta^*), 1)$ 。类似地,如果 $a_1 > \bar{a}$, 当 $a < \hat{a}$ 时,情形一和情形二下的策略组合分别为 $(\delta^*, 1)$ 、 $(\delta_b^*, 1)$; 当 $\hat{a} \leq a \leq \bar{a}$

时,两种情形下的策略组合分别为 (δ^*, f_j^*) 、 $(\delta_b^*, 1)$; 当 $\bar{a} \leq a \leq a_1$ 时,两种情形下的策略组合分别为 (δ^*, f_j^*) 、 $(\delta_{b2}^*, f_{b2}^*)$ 或 $(\bar{\delta}, 1)$ 或 $(\delta_b^*, 1)$; 当 $a > a_0$ 时,两种情形下的策略组合分别为 (δ^*, f_j^*) 、 $(\bar{\delta}, f)$ 或 $(\max(\bar{\delta}, \delta^*), 1)$ 。很明显,与事先考虑到战略性缺货问题的情形相比较,随着 a 的增加,事先没有考虑到战略性缺货问题,而在需求实现时调整产品供给策略的电商企业更容易采取战略性缺货。

综上所述,战略性缺货是当前互联网经济中的正常现象,是理性的消费者追求效用最大化,企业追求利润最大化的自然结果,因而也必然会成为互联网经济中在线零售企业经营决策的一种常态,对这一现象形成机理的全面理解有助于我们更好地理解电商企业的行为。然而,虽然战略性缺货在改进电商企业绩效方面有积极的作用,但这一策略对消费者未来的心理预期可能会带来不利影响,一些情况下甚至会影响到企业的品牌吸引力。如果电商企业为了吸引订单量而大幅度增加促销力度,但对于接下来的运营能力不做全面评估的话,一旦发生订单激增、运力不足时就采用战略性缺货,其结果往往是适得其反,顾客也会怨声载道。由于缺乏事先的战略部署,网站上频繁出现的“缺货”提示会使得消费者不胜其烦;特别是消费者即将下单成功却被通知因为缺货无法订购,很容易引致消费者的强烈不满,给消费者带来非常不好的购物体验,这对于消费者未来在该电商企业购物形成负面的心理预期。本文认为这是个非常重要的研究话题,可以从多周期的视角来纵向解释不同电商企业战略性决策行为的结果差异。不过,本文的研究仅考虑了大型促销活动的单周期决策问题,未来的研究则可以拓展到进一步考虑电商企业在多次促销活动中运用战略性缺货时对消费者心理预期乃至消费者重复购买决策的影响。未来的研究还可以考虑进一步放宽假设条件,探讨在消费者需求不确定的条件下电商企业的战略性缺货对其运营绩效的影响。

参 考 文 献:

- [1] Levin Y, McGill J, Nediak M. Optimal dynamic pricing of perishable items by a monopolist facing strategic consumers [J].

- Production and Operations Management, 2010, 19(1): 40–60.
- [2] Aviv Y, Pazgal A. Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking consumers [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(3): 339–359.
- [3] Lazear E P. Retail pricing and clearance sales [J]. American Economic Review, 1986, 76(1): 14–32.
- [4] 张哲宇, 罗彪, 梁樑. 网络环境下的消费者态度转变——基于在线口碑信息框架交互作用的实验研究 [J]. 管理科学学报, 2018, 21(11): 18–34.
Zhang Zheyu, Luo Biao, Liang Liang. Consumers' attitude change in network environment: An experimental study of the interaction of information frame of OWom [J]. Journal of Management Sciences of China, 2018, 21(11): 18–34. (in Chinese)
- [5] Cachon G, Swinney R. Purchasing, pricing, and quick response in the presence of strategic consumers [J]. Management Science, 2009, 55(3): 497–511.
- [6] Jerath K, Kim S, Swinney R. Product quality in a distribution channel with inventory risk [J]. Marketing Science, 2017, 36(5): 747–761.
- [7] Parlaktürk A. The value of product variety when selling to strategic consumers [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2012, 14(3): 371–385.
- [8] Jerath K, Netessine S, Veeraraghavan S. Revenue management with strategic customers: Last-minute selling and opaque selling [J]. Management Science, 2010, 56(3): 430–448.
- [9] Liu Q, van Ryzin G. Strategic capacity rationing to induce early purchases [J]. Management Science, 2008, 54(6): 1115–1131.
- [10] Elmaghraby W, Gulcu A, Keskinocak P. Designing optimal preannounced markdowns in the presence of rational customers with multiunit demands [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(1): 126–148.
- [11] Su X. Intertemporal pricing with strategic customer behavior [J]. Management Science, 2007, 53(5): 726–741.
- [12] Gallego G, Phillips R, Sahin O. Strategic management of distressed inventory [J]. Production and Operations Management, 2008, 17(4): 402–415.
- [13] Ovchinnikov A, Milner J. Strategic response to wait-or-buy: Revenue management through last-minute deals in the presence of customer learning [R]. Toronto: University of Toronto, 2005.
- [14] Shen Z, Su X. Customer behavior modeling in revenue management and auctions [J]. Production and Operations Management, 2007, 16(6): 713–728.
- [15] Liu Q, van Ryzin G. Strategic capacity rationing when customers learn [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2011, 13(1): 89–107.
- [16] Raman A, DeHoratius N, Ton Z. Execution: The missing link in retail operation [J]. California Management Review, 2001, 43(3): 136–151.
- [17] DeHoratius N, Raman A. Inventory record inaccuracy: An empirical analysis [J]. Management Science, 2008, 54(4): 627–641.
- [18] Ettouzani Y, Yates N, Mena C. Examining retail on shelf availability: Promotional impact and a call for research [J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2012, 42(3): 213–243.
- [19] Peikofer S, Esper T, Howlett E. Hurry! Sale ends soon: The impact of limited inventory availability disclosure on consumer responses to online stockouts [J]. Journal of Business Logistics, 2016, 37(3): 231–246.
- [20] DeGraba P. Buying frenzies and seller-induced excess demand [J]. RAND Journal of Economics, 1995, 26(2): 331–342.
- [21] Zhang D, Cooper W. Managing clearance sales in the presence of strategic customers [J]. Production and Operations Management, 2008, 17(4): 416–431.
- [22] Su X, Zhang F. Strategic customer behavior, commitment, and supply chain performance [J]. Management Science,

2008, 54(10): 1759–1773.

[23] 刘晓峰, 黄 沛. 基于策略型消费者的最优动态定价与库存决策 [J]. 管理科学学报, 2009, 12(5): 18–26.

Liu Xiaofeng, Huang Pei. Optimal dynamic pricing and inventory policy under strategic customers [J]. Journal of Management Sciences of China, 2010, 12(5): 78–96. (in Chinese)

[24] Besanko D, Winston W L. Optimal price skimming by a monopolist facing rational customers [J]. Management Science, 1990, 36(5): 555–567.

Online retailers' strategic rationing based on consumer choice behavior

WANG Xia-yang, ZHANG Bin*

Lingnan(University) College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Abstract: With the development of e-commerce, online retailers' Double-Eleven Day and other large-scale promotional activities are very popular in recent years. The complaints of out of stock of products and cancelled orders that follow have also attracted increasing attention in recent days. Since price and product availability affect a consumer's purchase choice jointly, how to manage online retailer's stock-out level rationally has become a hot topic deserving to be further investigated. This paper firstly studies the online retailers' discount pricing and the shift of market demand during promotions based on consumer choice theory. Then the rationale and evolution path of online retailers' strategic rationing decision are analyzed with consideration of capacity constraint. This paper shows that the ex post strategic rationing outperforms the fully fulfilled strategy when the unit operating cost increases and exceeds a certain threshold point. The ex ante strategic rationing is more profitable than the ex post strategic rationing. With more and more popularity of online purchasing, our study facilitates the understanding of the operations management of internet business and also helps to achieve the healthy development of e-commerce in China

Key words: shift of demand; consumer choice; strategic rationing; discount pricing