文章编号: 1001-0920(2005)11-1265-04

订货提前期对服务水平决策的影响研究

刘 蕾[1,2], 唐小我[2]

(1. 西南交通大学 经济管理学院, 成都 610031; 2. 电子科技大学 管理学院, 成都 610054)

摘 要: 在服务水平的研究中, 考虑了顾客面临缺货时的选择行为, 引入顾客忍耐值, 并度量了与顾客等待时间相关的损失, 使建立的服务水平模型较传统模型更能真实地反映现实的购买行为. 在该模型基础上, 分析了订货提前期的变化对服务水平决策的影响, 得出了有别于传统模型的结论, 为企业在基于时间的竞争中作出恰当的服务水平决策提供了新的思路. 算例分析进一步验证了该模型的有效性.

关键词: 订货提前期; 服务水平; 顾客忍耐值; 库存

中图分类号: F273 **文献标识码**: A

Study of the Impact of Lead Time on Service Level Decision

LIU Lei[1,2], *TANG Xiao-wo*[2]

(1. School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. School of Management, University of Electronic Science and Technology, Chengdu 610054, China. Correspondent: LIU Lei, E-mail: liuleibox@163.com)

Abstract: A service level model is presented which reflects the actual purchasing behavior more realistically than traditional models. In the model, the customers' selection behavior facing stockout is considered, the concept of Customer Patience Value is introduced and the lost about customer waiting time is measured. Based on the model, the impact of ordering lead time's change on the service level decision is analyzed. A conclusion different from traditional models is produced. A new way is put forward for enterprises to lay down right service level decisions in time-based competition. A numerical example is given to illustrate the model.

Key words: Ordering lead time; Service level; Customer patience value; Inventory

1 引 言

20世纪90年代以来, 随着顾客消费水平的提高和企业之间竞争的日趋激烈, 顾客的需求不仅呈现出多样化和个性化的发展趋势, 而且对企业服务水平和交货时间的要求也越来越高. 因而, 企业更加关注服务水平和订货提前期的决策.

服务水平一直是库存管理研究的重要内容. 尽管前人对服务水平已经做了大量的研究, 但由于传统的服务水平模型大多简化了缺货时顾客等待的损失, 研究得到的结论通常是最优的服务水平与订货提前期的长短无关, 这显然与实际情形不符. 现实的情形是: 在订货提前期很短的情况下, 发生缺货时由于顾客等待到货的时间很短, 顾客愿意选择等待并且等待造成的损失较小, 从而完全可能使企业选择较高的缺货率即较低的服务水平. 在服务水平和交货时间都已成为竞争的核心要素时, 有必要研究订货提前期对服务水平决策的影响, 这种影响在某些行业中表现非常明显.

订货提前期的研究是近年来颇受关注的课题, 不少学者从不同的角度研究了订货提前期的决策. 文献[1]基于库存连续检查策略提出了提前期可控的库存模型, 在该模型中订货量已经确定, 提前期是

收稿日期: 2004-11-09; **修回日期**: 2005-04-25.

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(105149); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20030614011); 国家杰出青年科学基金项目(79725002).

作者简介: 刘蕾(1972—), 女, 重庆人, 讲师, 博士生, 从事供应链管理的研究; 唐小我(1955—), 男, 四川彭州人, 教授, 博士生导师, 从事管理经济分析、供应链管理等研究.

该模型唯一的决策变量 [2]在[1]的基础上将提前期和定货量都作为决策变量 [3]则进一步考虑了缺货的损失 [4, 5]在再订货点也成为决策变量的条件下, 分析了最优提前期的确定问题 [6～9]在提前期是随机变量的条件下, 讨论了库存优化问题 [10, 11]则重点分析了提前期的不确定性对安全库存的影响

然而, 上述研究都是在假定服务水平已知的前提下, 讨论订货提前期对库存水平和成本的影响及最优提前期的决策问题, 并没有探讨订货提前期与服务水平可能存在的关系 对此, 本文基于经典的库存控制策略 (q, r) 策略, 建立了考虑顾客需求时间价值的服务水平模型, 分析了提前期对服务水平的影响, 并通过算例分析进一步揭示了这种影响 研究表明, 只要顾客忍耐值 $K > 0$, 即只要缺货的损失与顾客等待的时间有关, 企业向上游订货的提前期的长短就会影响其服务水平的决策, 最优的服务水平将随着提前期 L 的延长而上升

2 考虑顾客需求时间价值的服务水平模型

考虑由供应商、零售商和顾客构成的单一产品供应链系统 鉴于 (q, r) 策略在实践应用和研究中的普遍性, 零售商的库存控制策略定为 (q, r) 策略 当库存量降到再订货点 R 时发出订货, 订货量为 q, 经过订货提前期 L 的时间间隔收到订货 为便于讨论, 假设顾客需求为单位需求, 并假设订货量 q 由于某种原因已经确定并且足够大, 能够满足在提前期内因缺货而等待的顾客需求

补给周期供给水平是最常用的度量服务水平的指标之一 与经典的报童模型一样, 本文选取此指标来讨论零售商服务水平的决策问题 用 p 表示服务水平, 定义为提前期内顾客需求不超过再订货点 R 的概率

假设顾客了解因为缺货需要等待时间, 当此时间超过某阈值时, 顾客选择取消购买行为, 否则选择等待到货 考虑到某些单一产品的特定顾客群对交货时间的要求没有太大的个体差异, 为便于讨论, 参照 Li[12] 考虑顾客期望效用时对顾客效用阈值的处理, 将不同顾客等待时间的阈值假设为相同, 并定义其为顾客等待的忍耐值(即是否接受等待的临界值), 简称顾客忍耐值, 用 K 表示 本文首先在缺货时顾客可选择是否等待到货的条件下讨论最优服务水平的选择问题

2 1 顾客等待的期望时间和顾客流失的期望值

设库存量降到再订货点 R 即发出订单的时刻为 0 时刻, 从 0 时刻开始观察顾客的到达 第 y 个顾客到达的时间 ξ_y 为随机变量, 记为 X. 假设 X 服从 $\Gamma(\lambda, y)$ 的伽玛分布, 其分布函数和密度函数分别为 $F(y, x)$ 和 $f(y, x)$, $x > 0$ y 个顾客到达所形成的顾客需求量用 D_y 表示, 假设顾客需求为单位需求, 则有 $D_y = y$.

若 $D_y \le R$, 因为仍有库存, 顾客的需求被立即满足; 若 $D_y > R$ 且第 y 个顾客到达的时间 $x < L$, 则没有可以满足顾客需求的库存 若第 y 个顾客等待零售商已发出的订单到货, 则需要等待的时间为 $L - x$, 当 $L - x \le K$, 即需要等待的时间在顾客可以忍耐的范围内时, 顾客选择等待

第 y 个顾客等待到货的期望时间用 $D(y)$ 表示, 则有

$$D(y) = \begin{cases} g(y), D_y > R; \\ 0, D_y \le R. \end{cases} \tag{1}$$

其中

$$g(y) = \int_{L-K}^{L} (L - x) f(y, x)\,\mathrm{d}x, D_y > R. \tag{2}$$

在一个库存补充周期内, 定义 E_t 为顾客等待的期望时间, 则有

$$E_t = \int_{R+1}^{\infty} g(y)\,\mathrm{d}y. \tag{3}$$

当 $L - x > K$, 即等待时间超过顾客等待的忍耐值时, 顾客选择离开, 这对于零售商来说意味着顾客需求的流失, 定义 E_c 为顾客需求流失的期望值, 则有

$$E_c = \int_{R+1}^{\infty} \int^{L-K} f(y, x)\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y. \tag{4}$$

2 2 零售商的期望成本构成

顾客面对缺货状态可能选择等待, 也可能选择离开并转向其他零售商 对于零售商而言, 在缺货状态下顾客无论等待还是流失都会形成缺货损失 当顾客流失时, 零售商的损失是少销售一单位产品的机会成本和由此增加的库存成本; 当顾客选择等待时, 浪费了顾客的时间, 增加了顾客对零售商的不满, 对零售商造成了声誉和未来销售机会等方面的损失 因而, 本模型中零售商的期望成本由订货成本、库存的持有成本、顾客等待以及顾客流失对零售商造成的期望损失构成, 即

$$TC = \frac{\lambda}{q}k + \left(\frac{q}{2} + R - \lambda L + E_c\right)h + \frac{\lambda}{q}cE_t + \frac{\lambda}{q}(r - u)E_c. \tag{5}$$

其中: TC 为单位时间内零售商的期望成本, k 为单次的订货成本, h 为单位时间单位库存持有成本, c 为单位顾客等待单位时间对零售商造成的损失, r 为零售商的单位产品零售价, u 为零售商的单位产品购买价, $r > u$.

2.3　零售商最优服务水平的选择

零售商以最小化期望成本 TC 为目标来选择再订货点, 并确定其库存水平和服务水平. 对零售商而言, 顾客不流失总比流失好, 因而有 $cK \le r - u + hq/\lambda$. 由式(5) 可得

$$\frac{\mathrm{d}TC}{\mathrm{d}R} = h + \frac{\lambda}{q} c \frac{\mathrm{d}E_t}{\mathrm{d}R} + \left(\frac{\lambda}{q}(r - u) + h\right)\frac{\mathrm{d}E_c}{\mathrm{d}R}, \tag{6}$$

其中

$$\frac{\mathrm{d}E_c}{\mathrm{d}R} = -\int^{L-K} f(R+1,x)\,\mathrm{d}x = -F(R+1, L-K), \tag{7}$$

$$\frac{\mathrm{d}E_t}{\mathrm{d}R} = -g(R+1) = KF(R+1,L-K) - \int_{L-K}^{L} F(R+1,x)\,\mathrm{d}x, \tag{8}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2TC}{\mathrm{d}R^2} = \frac{\lambda}{q} c \frac{\mathrm{d}^2E_t}{\mathrm{d}R^2} + \left(\frac{\lambda}{q}(r - u) + h\right)\frac{\mathrm{d}^2E_c}{\mathrm{d}R^2}. \tag{9}$$

由式(7) 和式(8) 得

$$\frac{\mathrm{d}^2TC}{\mathrm{d}R^2} = \frac{\lambda}{q}\left[cK - \left(r - u + \frac{hq}{\lambda}\right)\right] \times \frac{\mathrm{d}F(R+1,L-K)}{\mathrm{d}R} - \frac{c\lambda}{q}\frac{d\int_{L-K}^{L} F(R+1,x)\,\mathrm{d}x}{\mathrm{d}R}. \tag{10}$$

令 $F(y,x)$ 表示 $\xi_y \le x$ 的概率, 有 $\frac{\mathrm{d}F(y,x)}{\mathrm{d}y} < 0$, 故有

$$\frac{\mathrm{d}F(R+1,L-K)}{\mathrm{d}R} < 0,$$

$$\frac{\mathrm{d}\int_{L-K}^{L} F(R+1,x)\,\mathrm{d}x}{\mathrm{d}R} < 0.$$

因为 $cK \le r - u + hq/\lambda$, 所以 $\mathrm{d}^2TC/\mathrm{d}R^2 > 0$, 存在令零售商期望成本最小的库存水平. 由式(6) 解方程

$$cg(R+1) + \left(r - u + h\frac{q}{\lambda}\right) \times F(R+1,L-K) = h\frac{q}{\lambda}, \tag{11}$$

可求得最优的再订货点 R^* 和最优的服务水平

$$p^* = 1 - F(R^* + 1, L). \tag{12}$$

注意到, 当顾客等待的忍耐值为 0(达到 L) 时, 本模型转化为缺货状态下顾客需求完全流失(或完全不流失) 的服务水平模型. 本文的服务水平模型拓展了传统模型的决策区间, 能够处理缺货状态下顾客需求流失的多种可能, 并考虑了需求不完全流失这种更接近现实的情形.

3　提前期对最优服务水平的影响分析

在经典的顾客需求不流失的多周期需求模型中, 最优服务水平 p^* 由下式确定:

$$p^* = 1 - hq/\mu b. \tag{13}$$

其中: q 为订货批量, h 为单位时间单位库存持有成本, μ 为单位时间需求的均值, b 为使顾客需求不流失而付给顾客的单位折扣. 可见, 在传统的顾客需求不流失的多周期需求模型中, 最优服务水平与提前期的长短无关. 由式(11) 可知, 在本文建立的服务水平模型中, 由于考虑了顾客等待的时间价值, 最优的服务水平显然与提前期有关, 并有

$$\frac{\mathrm{d}p^*}{\mathrm{d}L} = -\frac{\mathrm{d}F(R^*+1,L)}{\mathrm{d}L} = -\frac{\partial F(R^*+1,L)}{\partial R^*}\frac{\mathrm{d}R^*}{\mathrm{d}L} - \frac{\partial F(R^*+1,L)}{\partial L}. \tag{14}$$

由式(11) 可得

$$\frac{\mathrm{d}R^*}{\mathrm{d}L} = -\frac{c\int_{L-K}^{L}\frac{\partial F(R^*+1,x)}{\partial x}\mathrm{d}x + \left(r - u + h\frac{q}{\lambda} - cK\right)\frac{\partial F(R^*+1,L-K)}{\partial L}}{c\int_{L-K}^{L}\frac{\partial F(R^*+1,x)}{\partial R^*}\mathrm{d}x + \left(r - u + h\frac{q}{\lambda} - cK\right)\frac{\partial F(R^*+1,L-K)}{\partial R^*}}. \tag{15}$$

因为顾客订单到达的时间 X 服从伽玛分布, 可以证明

$$\left|\frac{\partial F(R^*+1,x)}{\partial x}\right| > \left|\frac{\partial F(R^*+1,x)}{\partial R^*}\right|. \tag{16}$$

由式(15) 和式(16) 可得

$$\frac{\mathrm{d}R^*}{\mathrm{d}L} < \frac{\partial F(R^*+1,L)/\partial L}{\partial F(R^*+1,L)/\partial R^*}. \tag{17}$$

将式(17) 带入式(14) 可得 $\mathrm{d}p^*/\mathrm{d}L > 0$, 即最优的服务水平 p^* 将随着提前期 L 的延长而上升.

4　算例分析

假设某库存系统, $c = 0.2$, $hq = 0.04$, $r - u = 25$. 利用本文建立的模型, 分别改变参数 λ, 顾客忍耐值 K 和提前期 L 计算该库存系统最优的服务水平, 并分析提前期的变化以及其他参数的变化对最优服务水平的影响.

算例结果显示只要顾客忍耐值 $K > 0$, 即缺货的损失与顾客等待的时间有关, 企业向上游订货的提前期的长短就会影响其服务水平的决策.

由图 1 可见, 顾客忍耐程度的变化会影响服务水平的决策, 顾客忍耐值的降低会使最优的服务水平上升, 即顾客如果越不能忍耐等待到货而选择其他产品提供商, 企业越应该提高其服务水平.

由图 2 可见, 随着提前期的延长, 企业有必要提

高其服务水平; 而随着向上游订货的提前期的缩短, 企业可以降低其服务水平. 当参数 λ 不断增加时, 最优的服务水平将随之上升.

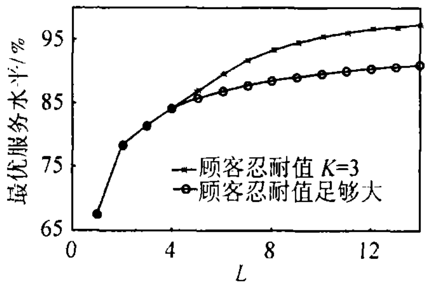

图 1 最优的服务水平随提前期的变化之一

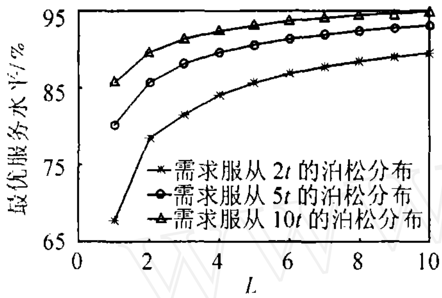

图 2 最优的服务水平随提前期的变化之二

5 结 论

随着市场竞争从传统的成本优先竞争模式向时间优先的竞争模式转变, 提前期和服务水平作为评价企业竞争能力的重要指标已受到顾客和企业管理者的广泛关注. 企业通过平衡供应过头损失和缺货损失来选择适当的服务水平. 传统的服务水平模型忽略了顾客面对缺货的选择行为或者简化地处理了顾客等待给企业造成的损失, 模型中的最优服务水平与提前期无关. 本文考虑了顾客需求的不完全流失和顾客等待的时间价值, 基于新的服务水平模型分析了订货提前期的变化对最优服务水平的影响. 算例分析证实了只要缺货的损失与顾客等待的时间有关, 则随着提前期的延长, 企业有必要提高其服务水平, 而随着向上游订货的提前期的缩短, 企业可以降低其服务水平.

参考文献(References)

[1] Ching Jong Liao, Chih Hsiung Shyu. An Analytical Determination of Lead Time with Normal Demand [J]. *Int J of Operations and Production Management*, 1991, 11(9): 72-78.

[2] Ben Daya M, Raouf A. Inventory Models Involving Lead-time as Decision Variable[J]. *J of the Operational Research Society*, 1994, 45(5): 579-582.

[3] Liang Yuh Ouyang, Hung Chi Chang. Lot Size Reorder Point Inventory Model with Controllable Lead Time and Set-up Cost[J]. *Int J of Systems Science*, 2002, 33(8): 632-635.

[4] Hariga M, Ben Daya M. Some Stochastic Inventory Models with Deterministic Variable Lead Time [J]. *European J of Operational Research*, 1999, 113(1): 42-51.

[5] Hariga M, Ben Daya M. Leadtime-reduction in a Stochastic Inventory System with Learning Consideration[J]. *Int J of Production Research*, 2003, 41(3): 571-579.

[6] John E Tyworth, Ram Ganeshan. Inventory Control Under Gamma Demand and Random Demand[J]. *J of Business Logistics*, 1996, 17(1): 291-304.

[7] Sridhar Bashyam, Michael C F. Optimization of (s, S) Inventory Systems with Random Lead Times and a Service Level Constraint [J]. *Management Science*, 1998, 44(12): 243-256.

[8] John E Tyworth, Ram Ganeshan. A Note on Solutions to the (Q, R) Inventory Model for Gamma Lead-time Demand[J]. *Int J of Physical Distribution and Logistics Management*, 2000, 30(6): 534-539.

[9] Wikner J. Continuous-time Dynamic Modelling of Variable Lead Times[J]. *Int J of Production Research*, 2003, 41(12): 2787-2798.

[10] Sunil Chopra, Gilles Reinhardt, Maqbool Dada. The Effect of Lead Time Uncertainty on Safety Stocks[J]. *Decision Sciences*, 2004, 34(11): 1-24.

[11] 林勇, 马士华. 基于提前期的通用件安全库存管理[J]. *系统工程*, 2003, 21(1): 71-75.
(Lin Y, Ma S H. A Study on Safety Stock Management of Component Commonality Based on Lead Time[J]. *Systems Engineering*, 2003, 21(1): 71-75.)

[12] Li L. The Role of Inventory in Delivery-time Competition [J]. *Management Science*, 1992, 38(2): 182-197.