うどん屋における在庫管理

2007MI014 浅井洸紀
指導教員：澤木勝茂

1　はじめに

うどん屋のうどんは陳腐化商品であるので，過剰在庫が起きたりしないように発注量を決めることが急務とされており，在庫が起きれば様々な費用がかかるので好ましくない．うどんは冷凍をすれば長持ちするが味は劣化するので，消費者の観点から考えるとあまり好ましくない．またうどん屋の商品はうどんメニューだけでなく，おにぎりやてんぷら，丼メニューなどがあるが今回取り上げるのは，1 番需要のあるうどんメニューにしぼり利益最大化モデル，コスト最小化モデル，定期発注法モデルについてそれぞれ最適発注量を求め考察する．また発注は店舗の現在の発注単位である 1 ロット=138 玉と今回仮定で用いる 1 ロット=69 玉の場合に分けて考える．なぜ，1 ロット=69 玉の場合について考えたのかというと，138 玉の場合はわずか 3 ロットの間でしか度数が変化しないので，考察しづらいからである．需要量のデータは 2010 年 7 月 1 日〜7 月 31 日までの 1ヶ月間のものを使用する．

2　累積度数分布表

うどんメニューの販売数の累積度数分布表を下記に示す．

表 1　累積度数分布表 (1 ロット=138 玉)

度数	販売数	日数	割合	累積
1	0〜138	4	12.90	12.90
2	138〜276	18	58.06	70.96
3	276〜414	9	29.04	100

表 2　累積度数分布表 (1 ロット=69 玉)

度数	販売数	日数	割合	累積
1	0〜69	0	0	0
2	69〜138	4	12.90	12.90
3	138〜207	13	41.94	54.84
4	207〜276	5	16.13	70.97
5	276〜345	5	16.13	87.10
6	345〜414	4	12.90	100

3　利益最大化モデル

新聞売り子の問題を用いて，利益最大化の面から最適発注量を考察する．

3.1　記号の定義

a:1 杯売れた時の利益，b:原価，c:品切れ損失
d:うどんの値引き価格，x:発注量，y:需要量
π:値引きして販売する確率，$p(y)$:需要分布
$E(x)$:期待利得，$e(x,y)$:利益
($b \geq \pi b + \pi d$ とする)

3.2　値引きを考慮したモデル

店員に値引き販売するモデルを考え，値引き販売した場合，完売すると仮定する．この場合の利益は

$$e(x,y) = \begin{cases} ay-(1-\pi)b(x-y)+\pi d(x-y) & x \geq y \\ ax - c(y-x) & x \leq y \end{cases} \tag{1}$$

よって期待利得 $E(x)$ は $p(y)$ をかけて和をとり，$E(x)$ を最大にする経済発注量 x_{opt} は

$$\begin{cases} E(x)-E(x-1) \geq 0 \\ E(x+1)-E(x) \leq 0 \end{cases} \tag{2}$$

の解である．よって経済発注量は

$$\begin{cases} \displaystyle\sum_{y=0}^{x-1} p(y) \leq \frac{a+c}{a+b+c-\pi b-\pi d} \\ \displaystyle\sum_{y=0}^{x} p(y) \geq \frac{a+c}{a+b+c-\pi b-\pi d} \end{cases} \tag{3}$$

3.3　数値代入と考察

モデルに数値を代入する．利益と原価に関しては重み付き平均で計算した値を使う．a=194.1055227, b=65.59003572 となる．c は利益の半分の値，利益の同等の値，利益の 2 倍の値に変化させ，d は 30，65，100 と変化させる．π は $0 \leq \pi \leq 1$ の範囲で 0.1 づつ変化させる．π=0 の時は店員に値引き販売しないモデル (基本モデル) となる．基本モデルは [1] の文献の新聞売り子の問題を参照．c の値が増加するほど最適発注量は増加し，期待利得は減少していった．基本モデルの期待利得の最大値は 138 玉の時で 50302.01983 であった．値引きを考慮したモデルでは，138 玉の時と 69 玉の時で共に，π=0.5, d=65 の場合が期待利得は最大となり，138 玉の時の方がより期待利得が大きく 57859.39157 であった．このことから，値引きを考慮したほうが値引きを考慮しない場合より，期待利得が高くなる結果となった．値引きして販売する確率，うどんの値引き価格は中間の値が 1 番経済的であった．

4　コスト最小化モデル

新聞売り子の問題を用いて，コスト最小化の面から最適発注量を考察する．基本モデルは [2] の文献を参照し，コスト最小化モデルは基本モデルから考察する．

4.1　記号の定義

b:原価，c:品切れ損失，d:うどんの値引き価格
x:発注量，y:需要量，π:値引きして販売する確率
$p(y)$:需要分布，$T(x)$:期待コスト，$t(x,y)$:コスト
($c \geq b$, $b \geq \pi d$, $c \geq \pi d$ とする)

4.2 基本モデル

基本モデルでのコストは

$$t(x,y) = \begin{cases} bx & x \geq y \\ bx + c(y-x) & x \leq y \end{cases} \quad (4)$$

期待コスト $T(x)$ は $p(y)$ をかけて和をとり，$T(x)$ を最小にする経済発注量 x_{opt} は

$$\begin{cases} T(x) - T(x-1) \leq 0 \\ T(x+1) - T(x) \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

の解である．よって経済発注量は

$$\begin{cases} \displaystyle\sum_{y=0}^{x-1} p(y) \leq \frac{c-b}{c} \\ \displaystyle\sum_{y=0}^{x} p(y) \geq \frac{c-b}{c} \end{cases} \quad (6)$$

4.3 値引きを考慮したモデル

基本モデルを参考に，店員に値引き販売するモデルを考え，値引き販売した場合，完売すると仮定する．この場合のコストは

$$t(x,y) = \begin{cases} (1-\pi)bx + \pi\{bx - d(x-y)\} & x \geq y \\ bx + c(y-x) & x \leq y \end{cases} \quad (7)$$

期待コスト $T(x)$ と $T(x)$ を最小にする経済発注量 x_{opt} はモデル 1 と同じような形なので省略し，経済発注量は

$$\begin{cases} \displaystyle\sum_{y=0}^{x-1} p(y) \leq \frac{c-b}{c-\pi d} \\ \displaystyle\sum_{y=0}^{x} p(y) \geq \frac{c-b}{c-\pi d} \end{cases} \quad (8)$$

4.4 数値代入と考察

利益最大化モデルと同じような条件で値を代入する．c の値が増加するほど最適発注量は増加し，期待コストは増加していき，138 玉の時のほうがコストが余計にかかった．このことから，在庫を抱える可能性が高く，余計に発注しなければ在庫不足が生じるのでコストがかかると考えられる．基本モデルでは，期待コストの最小値は 69 玉，c=97.05276135 の時で 19409.69528 であった．値引きを考慮したモデルでは，138 玉の時と 69 玉の時で共に，π=1，d=65 の時が期待コストは最小となり，69 玉の時のほうがより期待コストは小さく 17026.85543 であった．コスト面では，値引きは必ず行ったほうが店のためになることが分かる．

5 定期発注法モデル

発注する期日をあらかじめ決めて発注を行う管理方式を用いて，発注量を求めていく．

$$\text{発注量} = (\text{予測期間の需要予測量}) + (\text{その間の安全在庫量}) - (\text{現在の在庫量}) - (\text{現在の発注残}) \quad (9)$$

5.1 記号の定義

α:安全係数，σ:需要のバラツキ，X:需要予測量
Y:現在の在庫量，Z:現在の発注残

5.2 モデルの説明

定期発注法の概要は [3] の文献を参照．
・予測期間=発注サイクル＋リードタイム
・需要予測は過去のデータをもとに平均を出す．
・需要量は平日と休日では大きな開きがあるので，平日と休日に分けて発注量を求める．

$$\text{安全在庫} = (\text{安全係数}) \times \sqrt{(\text{予測期間})} \times (\text{需要のバラツキ}) \quad (10)$$

表 3 安全係数 α

α の値	2.33	1.95	1.65	1.28
不足の確率	1%	2.5%	5%	10%

σ は資料の標準偏差であるので，それぞれの標準偏差を出す．

5.3 数値代入と考察

X，安全在庫は平日と休日で異なるのでそれぞれの値を代入し，Y に関してはデータがないので，データを参考に在庫量を出す．ここで α=1.65，発注サイクル期間とリードタイムを 1 日，σ=34.37831411(平日)，62.30537698(休日)，Z はリードタイムが短いので Z=0 とする．発注量は 1 玉単位とする．発注量の考え方は [4] の文献の参照．発注量は平日は少なく休日は多かった．1 日の需要の平均に近い日もあれば，差はある日もあり全体的にバラけていた．在庫量は推定量で需要量は日によって値がバラけているので，発注量がバラけてしまったと考えられる．

6 おわりに

利益最大化モデルとコスト最小化モデルの結果を用いると，1 ロット=138 玉，π=0.5，d=65 の時が最も利益とコストに差があったので，店にとって最も良いことが分かる．今回の値引き販売モデルは，すべて完売するものとしてシミュレーションを行っているが，実際在庫があまりに多いと店員にすべて売ることは難しく，店員も買うか買わないかの選択肢があるので，この部分もモデルに組み込めば現実に近いモデルが構築できたと思う．

参考文献

[1] 小和田正、澤木勝茂、加藤豊：『OR 入門』．実教出版，1981.

[2] 東原史浩，斉藤篤志：『コンビニエンスストアにおけるおにぎりの最適発注量』．南山大学卒業論文，2003.

[3] 水野幸男：『OR による在庫管理入門』．日科技連，1961.

[4] 北原貞輔、児玉正憲：『OR による在庫管理システム』．九州大学出版会，1982.