

コンビニエンスストアにおける仕入量の最適化

2003MM086 大岩隆士 2003MM123 長江勇介

指導教員: 伏見正則

1 はじめに

現在コンビニエンスストアは、全国様々な場所に配置されているが、売上を上げるために、設置場所、商品構成、在庫管理など様々な問題がある。そして、その店舗ごとに商品構成は様々であり、顧客のニーズに応えるために多くの商品を取り扱っている。その理由は、「コンビニに来れば、何でもある。」という顧客の期待感からである。よって、あまり売上が期待できない商品も店頭に並べ、顧客の満足度を下げないようにすることが必要である。そこで、本研究でいかにして売상을伸ばすかを、売場面積と商品の種類・量から考えていく。また、売上が天気や曜日、気温によって、どのように変化するかを解析し、最適な仕入量を考えていく。

2 データについて

データは、コンビニエンスストアから提供された日別販売表を用いた。商品の分類情報からその商品の分類状況がわかる。また店舗の Gondra 数については、店舗を回り、分類ごとに調べた。標準 Gondra 数とは、売上に関係なく最低限割り当てなければならない Gondra 数である。しかし、指定されている数値はなかったため任意に定めることにする。データは2006年6月のものを用いた。

3 商品の最適構成 (売上最大化問題)

3.1 店舗全体での商品の最適構成

3.1.1 問題の定義

売上の大きい商品を多くの Gondra で陳列すれば、売上が増えるものではない。あまり売上が期待できないが、いざというときに必要なものを陳列することも必要になってくる。そこでバランスの取れた売り場作りを目指し、商品の最適構成を考えていく。

3.1.2 研究方法

今回扱うコンビニエンスストアの商品は、10個のグループに分類され、その中で26個の大分類、111個の中分類と細かく区切られている。コンビニの Gondra 数は日々変化するものではないため、5割増減の範囲内で変化するものとし、線形計画法で問題を解いていく。また、ペットボトルなどの飲料、おにぎりなど冷却が必要な商品は、売り場面積が固定されているので除いて考えることにする。

3.1.3 定式化

- 記号の定義

I : グループの集合

J : 大分類の集合

K : 中分類の集合

i : グループ番号

j : 大分類番号

k : 中分類番号

A_{ijk} : グループ i 大分類 j 中分類 k に Gondra を 1 本割り当てた場合の売上

x_{ijk} : グループ i 大分類 j 中分類 k に Gondra を割り当てる本数

G_{ijk} : グループ i 大分類 j 中分類 k に現在割り当てられている Gondra 数

h_{ijk} : 標準 Gondra 数

r : 店舗全体の総 Gondra 数

- 定式化

$$\max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} A_{ijk} x_{ijk} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk} = r \quad (2)$$

$$x_{ijk} \geq h_{ijk} \quad (3)$$

$$0.5G_{ijk} \leq x_{ijk} \leq 1.5G_{ijk} \quad (4)$$

3.1.4 実行結果

今回対象としている 1 店舗のみのデータで実行した結果、月の総売上が 55,282,000 円から 66,279,250 円へ約 20% 上昇する結果となった。線形計画問題で問題を解いたため、毎日の需要が多いパンやカップラーメンなどの割り当てが増加し、たまにしか売れない化粧品や文房具といった雑貨が減少した。

3.1.5 考察

今回の研究では、売上を最大とする Gondra 構成を行ったが、売上の多い商品の割り当てを増やし、売上の少ない商品の割り当てを減らすことになった。また、ほとんどのコンビニエンスストアでは、それぞれの商品分類に割り当てる Gondra 数がほぼ一定であるため、その割り当てを変化させたときのデータが揃わなかった。そこで、1 次式による線形計画問題として解いたが、実際には、Gondra 数を増やせば、それに比例して売上が上がるというものではないので、変化させる範囲を指定することで、極端な割り振りをしないようにした。これによって、顧客の満足度を損なわず、売上を増加させることができた。しかし、パンなどは毎日の売上数は多いが、賞味期限が短いことを考えると、単純に割り当てを増やすと、廃棄する量が増え、逆に損失を増やしてしまう可能性があるだろうと思われる。

3.2 小分類での商品の最適構成

3.2.1 問題の定義

これまででは、店舗全体で中分類までの商品の最適構成を行ってきた。店舗全体の商品構成としては、中分類までで十分かもしれないが、店側としても顧客としても見ている物は、中分類というまとまりではなく個々の商品である。そのため中分類の Gondra 数よりも個々の商品の Gondra 数の割り当ての方が必要であると考えられる。そこで個々の商品で、店舗全体のときと同様に商品の最適構成を考えていく。

店舗全体の商品の数が膨大であるので、今回の研究ではグループの中で毎日の売上、粗利ともに高いと思われるパンに絞って最適構成を解いていくことにする。

3.2.2 定式化

- 記号の定義

J_p : パンの大分類の集合

K_p : パンの中分類の集合

L_p : パンの小分類の集合

j_p : パンの大分類番号

k_p : パンの中分類番号

l_p : パンの小分類番号

$A_{p(jkl)}$: パンの大分類 j_p 中分類 k_p 小分類 l_p に Gondra を 1 本割り当てた場合の売上

$x_{p(jkl)}$: パンの大分類 j_p 中分類 k_p 小分類 l_p に Gondra を割り当てる本数

$G_{p(jkl)}$: パンの大分類 j_p 中分類 k_p 小分類 l_p に現在割り当てられている Gondra 数

$h_{p(jkl)}$: パンの標準 Gondra 数

r_p : パンに現在割り当てられている総 Gondra 数

- 定式化

$$\max \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} A_{p(jkl)} x_{p(jkl)} \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} x_{p(jkl)} = r_p \quad (6)$$

$$x_{p(jkl)} \geq h_{p(jkl)} \quad (7)$$

$$0.5G_{p(jkl)} \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} x_{p(jkl)} \leq 1.5G_{p(jkl)} \quad (8)$$

3.2.3 実行結果

パンの月の総売上が1,107,049円から1,359,141円へ約25万円増加し、約23%上昇する結果となった。店舗全体で商品の最適構成を解いたときと同様、線形計画問題で問題を解いたため、毎日の需要が多い商品の割り当てが増加し、売上の少ない商品の割り当てが減少した。

3.2.4 考察

店舗全体の時と同じように、売上を最大とする Gondra 構成を行ったが、売上の多い商品の割り当てが増加し、

売上の少ない商品の割り当てを減らす結果となった。店舗全体での商品の構成では、もともと割り当てられている Gondra 数の差もあるため、実行結果ではある程度の差が生じた。そのため、パンの場合でも売上の多い商品と少ない商品で Gondra 数の差が大きく出ると予測したが、もともと割り当てられている Gondra 数の差が少なかったため、それほど大きな差はみられなかった。売上の大きい商品の割り当てが増加し、そうでない商品の割り当てが減少する結果になったが、全体的にバランスの取れた結果が得られた。また、顧客の満足度を下げることなく、Gondra を割り当てることができた。しかし、パンは毎日の売上数は多いが、賞味期限が短いことを考えると、単純に割り当てを増やしてしまうと、廃棄する量が増え、逆に損失を増やしてしまう可能性があると考えられる。

4 商品の最適構成（粗利最大化問題）

4.1 問題の定義

売上を伸ばすことは確かに大切なことだが、店主としては売上よりも利益を大きくしていきたいと思っている。そこで、利益を最大とする商品の最適構成を考えていく。また、精度を良くするために中分類ではなく個々の商品で最適構成を行っていく。しかし、店舗全体では商品の数が多いため、毎日売上の多いパンで最適構成を考えていくことにする。

4.2 定式化

- 記号の定義

J_p : パンの大分類の集合

K_p : パンの中分類の集合

L_p : パンの小分類の集合

j_p : パンの大分類番号

k_p : パンの中分類番号

l_p : パンの小分類番号

$D_{p(jkl)}$: パンの大分類 j_p 中分類 k_p 小分類 l_p に Gondra を 1 本割り当てた場合の粗利

$y_{p(jkl)}$: パンの大分類 j_p 中分類 k_p 小分類 l_p に Gondra を割り当てる本数

$G_{p(jkl)}$: パンの大分類 j_p 中分類 k_p 小分類 l_p に現在割り当てられている Gondra 数

$h_{p(jkl)}$: パンの標準 Gondra 数

r_p : パンに現在割り当てられている総 Gondra 数

- 定式化

$$\max \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} D_{p(jkl)} y_{p(jkl)} \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} y_{p(jkl)} = r_p \quad (10)$$

$$y_{p(jkl)} \geq h_{p(jkl)} \quad (11)$$

$$0.5G_{p(jkl)} \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} y_{p(jkl)} \leq 1.5G_{p(jkl)} \quad (12)$$

4.3 実行結果

商品の最適構成した結果、利益は270,371円から350,183円へ約30%上昇する結果となった。

4.4 考察

売上による最適構成と利益による最適構成を比較すると、ゴンドラの割り当てに変化があった。売上の方は単純に売価や販売数の高い商品の割り当てが増加するのに対して、利益の方は売価ではなく利益率のよい商品の割り当てを増やし、販売数の多い商品でも廃棄されたときの損失を考慮するため違いが表れた。しかし、制約条件により範囲が定められているため、大幅な変化はせず顧客満足度はほとんど下げずに求めることができた。

5 商品の最適発注量

5.1 発注量の最適化

5.1.1 問題の定義

パンなどのデイリー商品は賞味期限が短く、毎日売上のある商品のため、廃棄や機会損失を考えなければならない。そのため、ウィークリー商品よりも発注量を決めることが難しい。商品の最適構成で、パンのゴンドラ数が増加することにより、売上や粗利が伸びることがわかった。しかし、単にゴンドラ数を多くするだけでは、廃棄による損失が大きくなってしまふ。そこで、廃棄による損失と機会損失を考慮し、パンの最適発注量を考えていく。

5.1.2 研究方法

1ヶ月間のパンのデータから、廃棄による損失や機会損失を考慮して、新聞売り子問題を用いてパンの最適発注量を考えていく。

5.1.3 定式化

- 記号の定義

- a : パン1個の利益
- b : パン1個の廃棄損失
- c : パン1個の機会損失
- x : 発注量
- y : 需要量
- $p(y)$: 需要分布
- $e(x, y)$: 利益
- $E(x, y)$: 期待利得

- 定式化

発注量が x 需要量が y のときの利益 $e(x, y)$ は

$$e(x, y) = \begin{cases} ay - b(x - y) & (x \geq y) \\ ax + c(y - x) & (x \leq y) \end{cases} \quad (13)$$

となり、このときの期待利得 $E(x, y)$ は

$$E(x) = \sum_{y=0}^{x-1} \{ay - b(x - y)\}p(y)$$

$$+ \sum_{y=x} \{ax - c(y - x)\}p(y) \quad (14)$$

となる。また $E(x, y)$ を最大にする経済発注量 x_{opt} は

$$\begin{cases} \sum_{y=0}^{x-1} p(y) \leq \frac{a+c}{a+b+c} \\ \sum_{y=0}^x p(y) \geq \frac{a+c}{a+b+c} \end{cases} \quad (15)$$

の解である。

5.1.4 実行結果

今回対象としている1店舗のみのデータで実行した結果、1ヶ月のパンの総利益が270,371円から304,556円へ約16%上昇する結果となった。

5.1.5 考察

この研究からパンの総利益が約16%増加がした。廃棄による損失は原価をかけた分を引き、機会損失は利益をかけた分を引いているため全体的に見ると、発注量はできるだけ廃棄を出さないように1500個くらい減少する結果となった。

この最適化で、廃棄による損失はほとんどなくなったが、機会損失が増えてしまった。これは商品が欠品した時に、客が他の商品を購入した、または買わずに帰ってしまった時のデータを揃えることができなかったことが原因だと思われる。そのため粗利は増加したが機会損失が増加したために、店舗としては品揃えがあまりよくなり、顧客の満足度を下げている。そこで、今回求めた最適発注量よりも少し多めに発注しなければならないだろう。

5.2 売上の統計的分析

5.2.1 問題の定義

毎日決まった数量を仕入れていては、売れ残りや不足による損失がとても多くなってしまふ。そこで、天気や曜日や気温による売上の変化を解析していく。また、その求めた結果や相関を発注量に適応させていこうというものである。

5.2.2 研究方法

天気、曜日、気温がどのようなとき、その日の売上がどれだけあるかを調べ、その変化を回帰分析する。また、天気と曜日は数量化理論I類のダミー変数を用いて計算する。

5.2.3 ダミー変数

最高気温や最低気温、売上是量的なデータのため回帰分析をするにも、そのままのデータで使用できる。しかし、天気や曜日といった質的なデータは、分析の目的に合うように操作的に最適な数量や評点を与えて、量的な変数に変換し分析を行う必要がある。そこでダミー変数を使い、天気や曜日を変換していく。

5.2.4 記号の定義

- i : 日付(個体)
 j : 天気, 曜日, 気温(アイテム)
 k : 雨・晴・曇, 月～日曜日, 温度(カテゴリー)
 a_{jk} : アイテム j に反応したカテゴリーに対する係数
 $\delta_i(jk)$: ダミー変数
 y_i : 観測値
 Y_i : 予測値

$$\delta_i(jk) = \begin{cases} 1 & \text{個体}i\text{がアイテム}j\text{のカテゴリー}k\text{に} \\ & \text{反応するとき} \\ 0 & \text{その他のとき} \end{cases} \quad (16)$$

例えば, 表1で日付1での曜日(アイテム)の場合は, 木曜日(カテゴリー)が1となり, それ以外の曜日は0になる.

5.3 実行結果

ダミー変数を用いて重回帰分析を行うときには, 変数から1個ずつカテゴリーを消去して分析を行う.

表1: 曜日と売上の回帰分析

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	2036.75	75.23	27.073	0.2
月	-281.75	106.39	-2.648	0.014368
火	-412.75	106.39	-3.879	0.000759
水	-348.75	106.39	-3.278	0.003301
木	-315.75	100.93	-3.128	0.004720
金	-170.15	100.93	-1.686	0.105366
土	206.75	106.39	1.943	0.064325
$R^2=0.7135$		$n=20$	s.e.=142.9	

表2: 天気と売上の回帰分析

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	1915.70	72.835	26.302	2e-16
晴	-197.336	100.635	-1.961	0.0603
曇	-2.033	105.826	-0.019	0.9848
$R^2=0.158$		$n=27$	s.e.=230.3	

表3: 気温と売上の回帰分析

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	2343.92	359.91	6.512	4.66e-07
最高	-18.25	13.01	-1.403	0.172
$R^2=0.06566$		$n=28$	s.e.=238.2	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	1922.833	390.507	4.924	3.41e-05
最低	-4.338	21.006	-0.206	0.838
$R^2=0.00152$		$n=28$	s.e.=246.3	

5.4 考察

1ヶ月間, 日ごとに曜日, 天気, 気温による関係性を調べてみたが, 実行結果から, このうち曜日と売上の決定係数が0.7135と一番高く, 影響が強いことがわかった. やはり, 平日と比べると土・日曜日の売上は高くなっており, 月・火曜日といった週始めには売上が下がるという傾向があった. しかし, 天気, 最高気温・最低気温による売上の決定係数は, それぞれ0.158, 0.06566, 0.00152と曜日による影響の方が強いいためか, 値が小さかった.

また, 分類ごとの関係性も調べてみたところ, いろいろな分類ごとで, 曜日に強く影響を受けるもの, 曜日には関係なく天気によって左右されるものと, 商品によって何に影響を受けるかは様々であった. その中では, スナック菓子やチョコレートなどの菓子類や耐ハイの決定係数が0.6561, 0.5606と曜日による影響を強く受けていた. これは, 酒類とともに買われるおつまみやお菓子を週末に買う人が増加することが要因だと考えられる.

店舗全体の売上と曜日の分析から, 相関係数0.8337, 決定係数0.7135という値から, 売上と曜日の間には, やや強い正の相関があることが分かる. また, 売上と天気の分析によって求めた相関係数, 決定係数から, 売上と天気の間には, 相関がほとんどないと言える. また, 売上と気温での分析も, 相関係数0.06566と決定係数0.03733から, ほぼ相関がないと言える.

6 終わりに

本研究では, 商品の最適構成, 最適発注量について取り組んできたが, いずれの場合も売上や利益を伸ばすことができた. また, 顧客満足度も来客数を左右する大事なものであるため, 品揃えよい店作りも考えていかなければいけなかった.

今回の研究で, その日の状態(曜日・天気・気温)は, 商品の売れ行きを左右する要因の一つであることがわかったので, これも考慮して最適発注量を考えることで, さらに売上や利益の向上に繋がるのではないかと考えられる. また, 今回は短期間でのデータを扱い研究を進めてきたが, これをもっと長期間でのデータで行えば, より良い解を求めることができると考えられる. そして, 本研究で求めた結果が, 現場の向上に繋がれば幸いである.

参考文献

- [1] 小和田正, 沢木勝茂, 加藤豊: 「OR入門」, 実教出版(1984.5).
- [2] 田中豊, 脇本和昌: 「多変量統計解析法」, 現代数学社(1983.5).
- [3] 白旗慎吾: 「統計解析入門」, 共立出版(1992.5).
- [4] 倉地あすか, 武田真由美, 「ホームセンターにおける商品の最適構成について」: 南山大学卒業論文(2005).
- [5] 東原史浩, 斎藤篤志, 「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).