

商品の最適価格決定問題について

M2009MM017 野々垣 壇

指導教員：鈴木 敦夫

1 はじめに

現在、各小売店は不況の中でより多くの顧客を獲得するために激しい価格競争を繰り広げている。ホームセンターではより多くの顧客を店に呼び込むために目玉となる商品をより安い価格で設定している。現状では定量的な手法を用いずにその商品の価格設定を行っている。また、他店との競合のために、商品の価格設定を低くし利益が少ない商品も多く存在する。これらの事情により、商品の適切な価格設定が行われていない可能性がある。

本研究では数理計画法の手法を適用して商品の最適価格決定を行う。最適化に際し、商品の価格に対するアンケート調査を行い、商品に対する価格の弾力性が求めた。この商品の弾力性を用いることによりより「価格決定を実行する判断基準」が作成可能であると考えた。

アンケート調査 [1] では回答者の各商品に対する価格の意識調査を行った。また、調査できる数に制限があるため、顧客が価格変化に敏感である日用消耗品の商品 25 アイテムを調査することにした。商品 25 アイテムを選定するにあたり、日用消耗品の中でもより販売数が多い商品を選んだ。アンケート調査で行う質問内容は PSM 分析 [3] を用いた。PSM 分析の質問内容は「高すぎて買わない」金額、「高いな」と思う金額、「安いな」と思う金額、「安すぎる」と思う金額の 4 つとなる。

商品の価格弾力性を求めるにあたりアンケート調査から得た結果から累積割合を求め、ロジスティック・モデルに当てはめ予測モデルを作成した。次に、回帰分析を用い商品の実販売数とアンケート調査の累計割合との関連を調べた。さらに、回帰分析で求めた結果からアンケートの予測モデルに当てはめ販売数の予測モデルを作成した。

そして、商品と同時に購入される割合を実販売のデータから作成した同時購入率 [2] と販売数の予測モデルを使用し最適化を行った。最適化に際し、商品単体での粗利益が最大となる価格決定と同時に購入も含めた粗利益が最大となる価格決定のモデルを作成し実行した。これらのモデルを実行した結果、2 つのモデルにおいて決定した価格に違いがある商品と無い商品があった。決定した価格に差異が無い場合は商品単体で粗利益を考え、価格に違い意がある場合は同時購入も含めた粗利益で考えたほうがよいと考えられる。

このように本研究では商品の価格決定を行う上での一つの判断基準を作成することができた。

2 アンケート

本研究では商品の価格弾力性を求めるためにアンケート会社に調査を依頼しデータをとることにした。アンケート調査の手法としては特定の協力者モニターに対し web アンケートをインターネット上で実施する。アンケート調査を実施した後、年齢や性別等の条件に合う協力者モニ

ターを抽出しデータを得る。しかし、調査内容を設定する必要があるため、以下では実際に調査を依頼したアンケートの内容について述べる。

2.1 アンケート調査の対象

2.1.1 アンケート対象商品

アンケートの対象商品を選定するに当たり、いくつか注意すべき点がある。

対象商品は日用品などの消耗品を中心に選定した。その理由として消耗品である日用品は価格弾力性が高く、売上が非常に多いアイテム群だからである。ホームセンターで取り扱っている主力の木材、大工用品などは価格弾力性が低いのでアンケートの対象商品からははずすことにした。また、アンケート調査を行える商品数が 25 品と限られているため同じ分類、設定価格帯の商品は掲載しない。そこで掲載する商品の選定には 0-1 整数計画法を用い最適化を行った。最適化では同時購入率が最大となる商品選定を行った。ここでの同時購入率とは商品とその商品と同時に購入された商品の期待値である。

まとめると以下が対象商品の条件となる。

- 商品数：25 品目
- 対象商品：日用消耗品
- 選定方法：同時購入されやすい商品

また、一度選定した商品をホームセンター側と修正した。修正した内容はプライベートブランドの変更、ホームセンター側の要望が高い商品に変更した。今回は、これらの商品についてアンケート調査を行う。

2.1.2 アンケート対象者

アンケート対象者の年齢層や性別は、普段から日用品等の価格変動に敏感だと思われる成人女性の回答を集めるのが最も好ましい。また、折込広告を配布している範囲が制限されているため、回答者の住んでいる地位も考慮する必要がある。

以下が対象者の条件となる。

- 性別：女性
- 対象年齢：30 代～50 代
- 地域：愛知県、岐阜県、三重県、静岡県

2.2 アンケート調査の質問内容

アンケート調査ではより多くの情報を得るために質問内容に PSM 分析を使用する。

2.2.1 PSM 分析

PSM (Price Sensitivity Measurement) 分析とは消費者 (調査回答者) の商品に対する価格感 (値頃感) を探る手法であり、PSM 分析を実行するに当たり 4 つの質問を対象

者に行う必要がある。今回の研究では以下の質問をアンケート調査を行う。

- 「高すぎて買わない」金額
- 「高いな」と思う金額
- 「安いな」と思う金額
- 「安すぎる」と思う金額

2.3 アンケート調査の回答項目

1つの設問に対し回答項目は10あり、回答項目に節2.4で説明した質問内容と合わせた内容が表1となる。

表1 質問の一覧

| | 回答項目 | | | | | |
|--------------|------|---|---|----|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | .. | 9 | 10 |
| 「高すぎて買わない」金額 | | | | .. | | |
| 「高いな」と思う金額 | | | | .. | | |
| 「安いな」と思う金額 | | | | .. | | |
| 「安すぎる」と思う金額 | | | | .. | | |

2.3.1 回答項目の価格帯の決定

回答項目の価格帯を決定するに当たり、定義化し以下に示した。

1. 販売売価と特売売価の差を4等分にした値を求める (販売売価は通常で販売される価格、特売売価は販売売価よりも安く販売する価格)
2. 上記で求めた値の一の位を五捨六入した値を価格をずらす価格にする (値が5以下の場合は五捨六入せず全て5にする)
3. 3番目の回答項目を販売売価とする
4. 3番目の回答項目を基礎とし、前後にずらした値を各回答項目とする
5. 10番目の回答項目は9番目の回答項目の価格帯以下とする

上記の定義をふまえて、まとめると表2となる。

表2 回答項目の価格帯の決定方法

| 回答項目 | 価格 |
|------|----------------------|
| 1 | 販売売価 + 2× ずらす価格 |
| 2 | 販売売価 + ずらす価格 |
| 3 | 販売売価 |
| : | : |
| 9 | 販売売価-6× ずらす価格 |
| 10 | (販売売価-6× ずらす価格)-1 以下 |

2.4 アンケート調査結果

25品目の商品を選定及び質問内容と回答項目を決定したアンケート調査を実施した結果、今回実施したアンケート調査では30代~50代女性800サンプルを入手でき、特に愛知県30代,40代からの回答者が多かった。

3 予測モデル

本研究は商品の最適価格決定であるため、価格帯でどれほ販売があるかを知りたかった。しかし、実データでは偏

りがあるために狭い範囲でしか分からなかった。そこで、アンケート調査のデータから予測モデルを作成する事により広い範囲での価格帯の販売数が求められると考えた。今回、作成した予測モデルは3つあり、それぞれ アンケートの予測モデル、販売数の回帰モデル、販売予測モデルとなる。そして、最適化に使用する予測モデルは販売予測モデルとなる。

3.1 アンケートの予測モデル

アンケート調査のデータをまとめた累積割合から各商品の価格弾力性を求めた。商品の価格弾力性を求めるにあたりアンケート調査から得た結果から累積割合を求め、非線形回帰分析を使用してロジスティック・モデルのパラメーターの推定を行った。ロジスティック・モデルのパラメーターの推定を行うことによりアンケート調査で行った価格帯以外の広い範囲の価格帯の予測が可能である。この予測を行うことにより今まで分からなかった価格帯別の傾向が分かると考えた。

使用する記号は以下の通りである。

y : 商品の累積割合

x : 商品の価格

a, b, c : ロジスティック・モデルのパラメーター

ロジスティック・モデルの式は以下となる。

$$y = \frac{a}{1 + b \times \exp(c \times x)} \quad (1)$$

3.2 販売数の回帰モデル

販売予測モデルを作成するため、3.1節で求めたアンケートの予測モデルと実販売数を関連付けることにより作成できると考えたそこで、関連付けるために販売数の回帰モデルを作成した。販売数の回帰モデルを作成するにあたり商品の価格帯別の販売数とアンケート調査で行った [「安いな」と思う金額] の累計割合を回帰分析を用い回帰式の傾きと切片のパラメータを推定した。今回使用した販売数のデータは全店の平均週販売数を使用した。

使用する記号は以下の通りである。

Y : 商品の販売数

X : 商品の累計割合

A : 回帰式の傾き

B : 回帰式の切片

回帰式は以下となる。

$$Y = AX + B \quad (2)$$

4 販売予測モデル

3.1節と3.2節で求めた、アンケートの予測モデルと販売数の回帰モデルのパラメータを使用して商品の販売予測モデルを作成した。ここでは販売数の回帰モデル内の

商品の累積割合 X とアンケートの予測モデル内の商品の累積割合 y は同じデータであるため, X を y に置換えた. これを行うことにより, 商品の予測販売数が求められると考えた.

使用する記号は以下の通りである.

- y : 商品の予測販売数
- x : 商品の決定価格
- a, b, c : ロジスティック・モデルのパラメーター
- A : 回帰式の傾き
- B : 回帰式の切片

作成したモデルは以下の式となる.

$$y = A \times \frac{a}{1 + b \times \exp(c \times x)} + B \quad (3)$$

今回は 20 品目の商品について販売予測モデルが作成できた. そして, この予測モデルを用いて商品の最適価格決定を行う.

5 最適価格決定

最適化するにあたり今回は 2 つの最適化モデルを作成した. それぞれ, 商品単体で考慮した最適化, 同時購入も考慮した最適化となる.

5.1 商品単体で粗利益が最大となるモデル

商品単体だけの粗利益が最大となる商品の価格決定を実行した. 実行する際に 3.3 節でもとめた販売予測モデルと各商品の標準原価と標準売価のデータを使用した. ここでの標準原価は商品の原価価格であり, 標準売価とは通常で販売される価格のことである. そして, 販売予測モデルを元にどの価格で販売すると最も粗利益が得られるかを求めた.

5.1.1 定式化

添字, 変数, 定数を定義する.

- I : アンケート調査した商品の添字集合
- x_i : $i \in I$ の設定価格
- CP_i : $i \in I$ の標準原価
- SP_i : $i \in I$ の標準売価
- a_i, b_i, c_i : $i \in I$ のロジスティック・モデルのパラメーター
- A_i : $i \in I$ の回帰式の傾き
- B_i : $i \in I$ の回帰式の切片

次にこれらの変数かつ定数を使って定式化する.

目的関数では, アンケート調査に掲載する商品 i の総粗利益を最大化にする.

式は, 次の通りである

$$\max (x_i - CP_i) \left(A_i \frac{a_i}{1 + b_i \exp(c_i x_i)} + B_i \right) \quad (4)$$

$i \in I$ の設定価格 x_i は $i \in I$ の標準売価 SP_i より高くないという制約式は次のようになる.

$$SP_i \geq x_i \quad (5)$$

定式化では価格を決定する商品の総粗利益を最大化にした. また, 価格を決定する上限は標準売価を超えないように設定し, 標準原価が標準売価よりも高い場合は独自の上限価格を設定した.

5.1.2 実行結果

このモデルを実行した結果, 大きく分けて 2 種類のケースに分類できた.

最初に, 設定価格が標準売価と同じ場合で, 計 13 品目がこれに当てはまり, 通常通りの標準売価で販売することにより利益が得られることが分かる.

最後に, 設定価格が売価よりも安い場合で, 計 7 品目がこれに当てはまり, 通常よりも安い値段で販売して販売数を増やすことによって利益が得られることが分かる.

5.2 同時購入も考慮した粗利益が最大となるモデル

このモデルは 4.1 節で求めた商品単体で総粗利益が最大となるモデルに新たな条件を加えたモデルとなる. 加えた条件は商品と同時に購入される商品の粗利益となり, この条件と商品単体での条件を合わせることで, 商品全体でみた価格決定が可能になると考えた. そのため, 他商品の標準原価・標準売価・同時購入率の新たな定数を加え最適化を実行した. また, 価格変動によって同時に購入される商品の販売数に変化があることを考慮して, 同時購入率の倍率も新たに加えた. この同時購入率の倍率は値が小さければ小さいほど同時購入される効果が少なくなることを表している. ここでの同時購入率には有る 1 店舗の年間の売上データから求めた.

5.2.1 定式化

添字, 変数, 定数を定義する.

- I : アンケート調査した商品の添字集合
- J : 商品の添字集合
- x_i : $i \in I$ の設定価格
- CP_i : $i \in I$ の標準原価
- SP_i : $i \in I$ の標準売価
- CP_j : $j \in J$ の標準原価
- SP_j : $j \in J$ の標準売価
- s_{ij} : $i \in I$ と同時に購入される $j \in J$ の同時購入率
- M : 同時購入率の倍率
- a_i, b_i, c_i : $i \in I$ のロジスティック・モデルのパラメーター
- A_i : $i \in I$ の回帰式の傾き
- B_i : $i \in I$ の回帰式の切片

次にこれらの変数かつ定数を使って定式化する.

目的関数では, アンケート調査に掲載する商品 i とその商品と同時に購入される商品の総粗利益を最大化にする. 式は, 次の通りである

$$\max ((x_i - CP_i) + M \sum_{j \in J} (SP_j - CP_j) s_{ij}) \quad (6)$$

$$(A_i \frac{a_i}{1 + b_i \exp(c_i x_i)} + B_i) \quad (7)$$

$i \in I$ の設定価格 x_i は $i \in I$ の標準売価 SP_i より高くないという制約式は次のようになる.

$$SP_i \geq x_i \quad (8)$$

定式化では価格を決定する商品と同時に購入される商品の総粗利益を最大化にした. また, 価格を決定する上限は標準売価を超えないように設定し, 標準原価が標準売価よりも高い場合は独自の上限価格を設定した. 実際の現場で顧客が同時に購入する商品とは割合が違う可能性がおおいにある. そこで, それに対応するために同時購入率の倍率を加えることで, 同時購入の頻度を調整し, 同時購入の効果がないと仮定した場合の最適化が可能とした. 今回, 3 種類のモデルを作成した. 作成したそれぞれのモデルは同時購入率の倍率が 1, 0.5, 0.2 である.

5.2.2 実行結果

3 種類のモデルの中には設定価格が標準原価よりも大きく下回っている結果となった. これは, 予測販売数が非常に大きいことから, 同時購入の粗利益が重視され結果, 設定価格が低い結果となったと考えられる. 特に大きく下回っている商品は表 3 の商品となる. また, どのモデルでも設定価格が同じ価格となった商品が表 4 の商品となった.

表 3 設定価格が標準原価よりも大きく下回った商品

| 商品名 | 同時購入率の倍率 | 標準原価 | 設定価格 |
|------------|----------|------|------|
| ティッシュ E | 1 | 250 | 129 |
| | 0.5 | 250 | 142 |
| | 0.2 | 250 | 167 |
| トイレトペーパー E | 1 | 525 | 336 |
| | 0.5 | 525 | 384 |
| | 0.2 | 525 | 474 |
| サララップ A | 1 | 125 | 69 |
| | 0.5 | 125 | 75 |
| | 0.2 | 125 | 85 |

表 4 設定価格が同じ商品

| 商品名 | 同時購入率の倍率 | 標準売価 | 設定価格 |
|----------|----------|------|------|
| トイレ用品 T | 1 | 398 | 398 |
| | 0.5 | 398 | 398 |
| | 0.2 | 398 | 398 |
| 台所用洗剤 K | 1 | 398 | 398 |
| | 0.5 | 398 | 398 |
| | 0.2 | 398 | 398 |
| アルミホイル T | 1 | 68 | 58 |
| | 0.5 | 68 | 58 |
| | 0.2 | 68 | 58 |

5.3 まとめ

5.1 節と 5.2 節で説明した 4 種類のモデルを実行した. 最適化を実行したのは全 20 品目となる. 他の 5 品目については実販売数などのデータが無かったために行わなかった. 実行の際に Excel 上の数値計画法最適化ソフトウェア What'sBest!8.0 を使用して解いた. そして, これらのモデルの実行結果を見比べると以下のことが分かった. 初めに, 商品単体で利益を考えた方が良い商品. これは計 3 品目の商品が当てはまり, 全てのモデルで設定価格が同じ結果となった. このことから, 同時購入の効果が無いことが分かり, 商品単体で利益を考えた方がいいことが分かる. 次に, 販売数を増やし同時購入を促したほうが良い商品. これは計 17 品目の商品が当てはまり, 5.1 節と 5.2 節での設定価格が違う結果となった. このことから, 価格を安くすることにより販売数を増やし, 同時購入の販売数も増やせば利益をあげられると考えられる. しかし, 価格を安くすることで販売数が増えるため, 極端に安い価格決定が行われることがある.

6 今後の考察

今回, 商品の価格決定の最適化という観点で研究を行い, 商品の販売予測モデルを用いて粗利益を最大化しようと試みた. 結果, 粗利益が最大となる価格決定を実行できた. また, 価格変更した方が利益が得られるであろう商品と価格変更しない方が利益が得られる商品の区別をつけることができた. その他にも, 商品単体で利益を考えるべきか, 同時購入も踏まえて利益を考えるべきかの有無も分かった. しかし, 最適化で決定された価格には現実的でない価格も多く含まれ, 実際の現場で使用することはできない. この現実的でない価格決定をされた商品の多くは他の商品に比べて価格が低い場合の販売数がとても多かったことが分かった. これは販売予測モデルの値が関係しているのだと思われる. このことから, 今後の研究に発展していくためには販売予測モデルの精度を高め必要がある.

また, 同時購入率の仕組みも考える必要がある. 今回使用した同時購入率の値は単純な割合に変化させたものであるため, 実際の現場で顧客が同時に購入する商品とは割合が違う可能性がおおいにある. そこで, それに対応するために同時購入の倍率を加えることで, 同時購入の頻度を調整した. しかし, 単純に値の減少であるために現場での商品の同時購入を表しきれていない. そのため, 同時購入の仕組みを解明することにより, これらを行えば現状での最適化よりも現実的な最適価格決定が得られると考える.

参考文献

- [1] 泉裕行・千田雄二・清水健吾:『ホームセンターの最適価格決定問題について』, 2007 年度南山大学数理情報学部数理学科学科卒業論文, 2007.
- [2] 野々垣壇:『折込広告の最適決定問題について-広告商品の最適選定-』, 2008 年度南山大学数理情報学部数理学科学科卒業論文, 2008.
- [3] 上田隆穂:『日本一わかりやすい価格決定戦略』, 明日香出版社, 東京, 2005.