

# あるホームセンターにおける 広告レイアウトと価格による売上げへの影響

2006MI013 船江美幸 2006MI084 小西麻衣子

指導教員：田中豊

## 1 はじめに

本研究では、新聞折込広告のレイアウトと掲載商品の価格(目玉区分)による売上げへの影響度を調べることを目的とする。ただし、価格は商品ごとに異なり、かつ同一商品が広告に載る頻度は小さいため、価格の影響度の代わりに目玉区分の影響度を調べることにした。去年の研究で、広告サイズがB2のときではB3のときに比べ売上げが高くなることがわかった[1]。しかし目玉区分や広告のレイアウトは、未だ計量的に評価されていないのが現状である。そこで、それらの影響度を統計的に解析し、正確に把握することによって、より効果的な広告戦略を行うことができると考えた。

本研究では、店舗ごとの総売上げを用いた去年の研究と比べ、個々の商品レベルの細かい売上げを用いることによって、より詳しい解析が期待される。

## 2 データについて

データはある店舗における洗濯洗剤のデータを用いた。季節性にとらわれず、広告に掲載されている回数も多いという点から決定した。特に洗濯洗剤のうち液体洗剤、粉末洗剤、おしゃれ着洗剤、柔軟剤、漂白剤の5種類の小分類の商品の2006年度から2008年度の156週(各52週)の広告サイズと商品別の売上げ、目玉区分を用いた。

## 3 分析方法

影響度を調べたい要因のうち、レイアウトは様々なバリエーションがあるため、まずレイアウト以外の要因を説明変数とする重回帰分析を行い、第二段階として重回帰分析の残差を用いてレイアウトの影響の分析を行った。第二段階のレイアウトの分析に第一段階の重回帰分析がよく適合していることが前提になるため、第一段階で慎重にモデルの選択を行った。

## 4 重回帰分析

### 4.1 重回帰分析とは

重回帰分析とは、ある変数  $y$ (従属変数) と、それに影響を及ぼすと考えられる他の変数  $x_1, x_2, \dots, x_p$ (説明変数) に基づいて、

$$y_i = a_0 + a_1 x_{i1} + \dots + a_p x_{ip} + e_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

という線形回帰モデルを仮定して、回帰係数  $a_0, \dots, a_p$  を推定する。推定された回帰係数を用いて、説明変数  $x$  から従属変数  $y$  を予測する方法である。

### 4.2 重回帰分析で用いるデータ

#### 4.2.1 従属変数

従属変数には売上げ実績、跳ね上がり率、跳ね上がり率対数を用いた。

- 売上げ実績は、広告掲載期間である木曜日から月曜日までの5日間の売上げである。
- 跳ね上がり率は、広告掲載期間である木曜日から月曜日までの1日あたりの売上げを広告掲載期間外の火曜日、水曜日の1日あたりの売上げで割ったものである。これはよく売れる商品と売れない商品の差をなくして変動の影響を調べるために作成した。
- 重回帰分析を行う際に最適なモデルを模索するプロセスにおいて、跳ね上がり率の対数を取ったデータも作成し跳ね上がり率対数とした。

#### 4.2.2 説明変数

説明変数には、火曜水曜の売上げ、広告サイズ、目玉区分、商品名、季節グループを用いた。

- 火曜水曜の売上げは、広告掲載期間外の売上げである。この売上げが低いと、跳ね上がり率が高くなると考えられ、この売上げが高いと、広告掲載期間中の売上げも高いだろうと思われるため、より詳しく従属変数を説明するために用いた。特に跳ね上がり率対数を従属変数とした場合のみは、従属変数との条件を揃えるために、説明変数の火曜水曜の売上げも対数を取ったものに差し替えて利用した。
- 広告サイズ(B2, B3)は、B2を1, B3を0のダミー変数としている。広告サイズの係数が有意であれば、B2とB3で差があることがわかる。
- 目玉区分は超目玉、大目玉、指定なしの3分類としている。超目玉とはその週に価格をかなり安く設定し数量制限を実施しながら販売される事もある商品の区分であり、大目玉とは安くお買い得商品にしている商品の区分である。超目玉と大目玉では超目玉の方が安い区分である。目玉区分の係数が有意であれば、価格の変動で差が出る事がわかる。
- 商品名は、2006年度から2008年度までに掲載された洗濯洗剤のうち5種類の小分類の商品全てを変数の形で導入することで商品別の売上げや跳ね上がり率等の違いがわかる。
- 季節グループは、2006年度から2008年度までの3年間を24のグループに分けている。季節の影響をなくすために変数の形で導入することで売上げの違いがわかる。

## 5 最適モデルの選定

### 5.1 重回帰分析

それぞれの従属変数に対して重回帰分析を行い、説明変数のうち火曜水曜の売上げ、広告サイズ、目玉区分、決定係数を取り上げ各従属変数を比較する。売上げ実績は表 1、跳ね上がり率は表 2、跳ね上がり率対数は表 3 で示す。

表 1 売上げ実績  $R^2=0.7391$

|         | 回帰係数   | p 値                    |     |
|---------|--------|------------------------|-----|
| 火曜水曜売上げ | 2.816  | 0.00000242             | *** |
| 広告サイズ   | 4,707  | 0.0616                 |     |
| 目玉区分超目玉 | 24,670 | $1.69 \times 10^{-14}$ | *** |
| 目玉区分大目玉 | 2,617  | 0.2754                 |     |

表 2 跳ね上がり率  $R^2=0.4347$

|         | 回帰係数    | p 値                    |     |
|---------|---------|------------------------|-----|
| 火曜水曜売上げ | -0.0023 | $< 2 \times 10^{-16}$  | *** |
| 広告サイズ   | 1.1142  | 0.3288                 |     |
| 目玉区分超目玉 | 10.0924 | $3.45 \times 10^{-12}$ | *** |
| 目玉区分大目玉 | 2.2630  | 0.038                  | *   |

表 3 跳ね上がり率対数  $R^2=0.7651$

|                        | 回帰係数    | p 値                   |     |
|------------------------|---------|-----------------------|-----|
| $\log(\text{火曜水曜売上げ})$ | -0.8572 | $< 2 \times 10^{-16}$ | *** |
| 広告サイズ                  | 0.1362  | 0.068929              | .   |
| 目玉区分超目玉                | 1.0827  | $< 2 \times 10^{-16}$ | *** |
| 目玉区分大目玉                | 0.3953  | $5.17 \times 10^{-8}$ | *** |

3つのモデルの決定係数の順位は跳ね上がり率対数 > 売上げ実績 > 跳ね上がり率であったため、跳ね上がり率対数を従属変数とするモデルのあてはまりがよかったことがわかった。また説明変数の有意性も多くあらわれているのは跳ね上がり率対数を従属変数にした場合であることがわかった。

### 5.2 回帰診断

上記で示した3つのモデルの当てはまりのよさを比較するため R のパッケージ lm の回帰診断図を図 1 から図 3 に表す。図 1 に売上げ実績、図 2 に跳ね上がり率、図 3 に跳ね上がり率対数を従属変数とした。

3つのモデルのうち、跳ね上がり率対数を従属変数とするモデルが等分散性や正規性を比較すると予測値の大きさに関わらず分散が一定であり、QQ プロットにて正規性を見ても大きくはずれた値もないという意味で 1 番妥当なモデルであると判定できる。

### 5.3 商品ごとの残差の分散

3つのモデルに対して、各商品のごとの残差をプロットして図を図 4 に示す。縦軸は下から 50 音順に商品 94 種

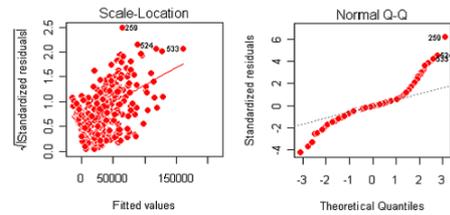


図 1 売上げ実績の回帰診断図

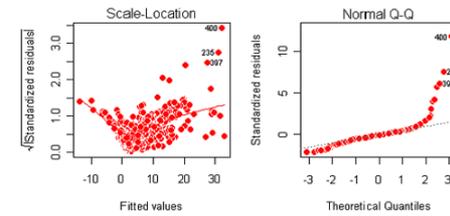


図 2 跳ね上がり率の回帰診断図

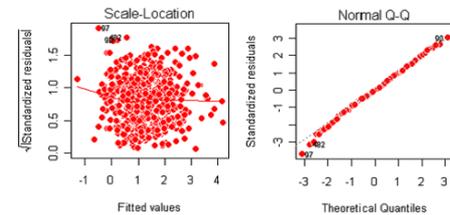


図 3 跳ね上がり率対数の回帰診断図

類を表し、横軸は各商品の残差の大きさを視覚的に表している。図 4 の左上が売上げ実績、右上が跳ね上がり率、左下が跳ね上がり率対数とする。

3つのモデルの中では跳ね上がり率対数を従属変数としたものの全商品の予測値との残差のばらつきが小さく、他2つの分析方法に比べて最適なモデルであるといえる。

### 5.4 偏残差プロット

計量的な説明変数が、どれくらい従属変数に影響をおよぼしているのか検討するために火曜水曜の売上げに対する偏残差プロットを行った。偏残差プロットは各説明変数  $x_j$  に対して  $(x_j, \hat{\beta}_j x_j + \hat{\epsilon})$  をプロットしたものである。単回帰をおこなって回帰直線を求めると、原点を通り、重回帰の  $x_j$  に対する回帰係数に等しい勾配をもち、重回帰と同じ残差をもった直線が得られる。単純に  $y$  と  $x_j$  との散布図を描く場合に比べて、ばらつきが小さくなっており、 $y$  と  $x_j$  とが線形的な関係であるかどうかの検討に利用することができる。3つのモデルに対する偏残差プロットを図 5 で表す。左上が売上げ実績、右上が跳ね上がり率、左下が跳ね上がり率対数のプロットである。

3つの従属変数の偏残差プロットを比べると線形関係がうまく表れているのが跳ね上がり率対数のモデルであることがわかる。

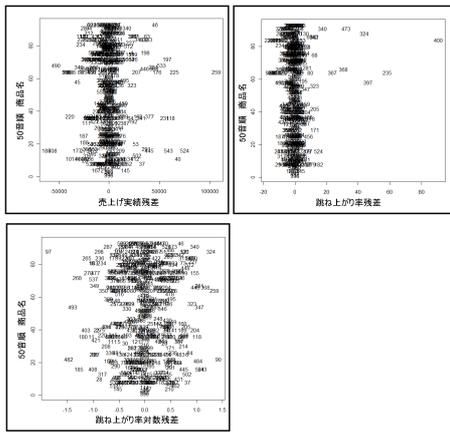


図 4 各モデルの商品ごとの残差

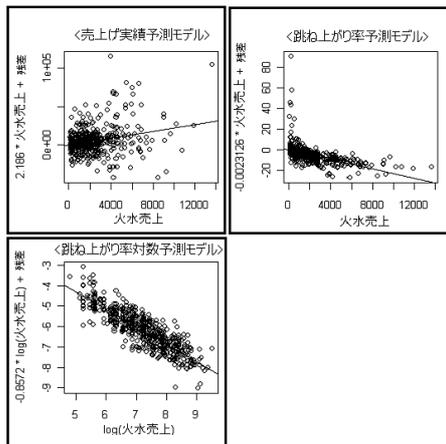


図 5 各モデルの偏残差プロット

### 5.5 最適モデル

$R^2$ , 残差の正規性, 予測値と残差のプロットおよび各商品ごとの残差プロットからみられる残差の等分散性, 偏残差プロットからみられる火曜水曜の売上げの効果の線形性の4つのどの観点においても1番あてはまりが良く分析に最適なモデルは跳ね上がり率対数モデルであるということがわかった。

広告サイズ B2 の回帰係数は表 3 より 0.1362 となり,  $\exp(0.1362)=1.146$  より広告サイズ B2 の売上げは B3 の 1.146 倍の効果が期待できることがわかった。また, 目玉区分超目玉の回帰係数は 1.0827 となり,  $\exp(1.0827)=2.953$  より超目玉の売上げは区分なしの売上げの 2.953 倍の効果が期待できる。そして目玉区分大目玉の回帰係数は 0.3953 となり,  $\exp(0.3953)=1.485$  より大目玉の売上げは区分なしの売上げの 1.485 倍の効果が期待できることがわかった。

## 6 レイアウトによる効果

重回帰分析の結果を総合的に判断し, 跳ね上がり率対数を最適モデルとした。このモデルで実際の紙面での広告レイアウトの影響を計ることができる変数を導入し分析を行った。重回帰分析で生じた残差は説明変数である火曜水曜売上げ, 広告サイズ, 目玉区分, 商品名, 季節グ

ループで説明できなかった部分であると考えられ, この残差を商品の掲載位置で説明できるのではないかと考えた。そこで 2006 年度から 2008 年度までに広告掲載された洗濯洗剤のうち, 商品を実際の紙面にて位置を確認した。このとき同じ条件の紙面での比較を行うため少数個の B3 を除き B2 の横型の広告のみを調査した。紙面を 24 分割, 18 分割, 12 分割で区分分けし, その掲載位置の番号を図 6 のように定め, データとした。

|       |    |    |    |       |    |    |       |    |
|-------|----|----|----|-------|----|----|-------|----|
| 24分割表 |    |    |    | 18分割表 |    |    | 12分割表 |    |
| 1     | 4  | 7  | 10 | 1     | 4  | 7  | 1     | 4  |
| 2     | 5  | 8  | 11 | 2     | 5  | 8  | 2     | 5  |
| 3     | 6  | 9  | 12 | 3     | 6  | 9  | 3     | 6  |
| 24分割裏 |    |    |    | 18分割裏 |    |    | 12分割裏 |    |
| 13    | 16 | 19 | 22 | 10    | 13 | 16 | 7     | 10 |
| 14    | 17 | 20 | 23 | 11    | 14 | 17 | 8     | 11 |
| 15    | 18 | 21 | 24 | 12    | 15 | 18 | 9     | 12 |

図 6 掲載位置番号

### 6.1 24 分割

24 分割の位置に見立てた関係図を図 7 で示す。24 箇所のデータの重回帰分析での残差の平均の正負の特徴をみると広告の表面に掲載された商品が多く正になっていると考えられる。これは残差が正になっている掲載位置に商品に掲載することでレイアウトを考慮していない売上げの跳ね上がり率の予測よりも高い跳ね上がり率が期待でき, 逆に残差が負の掲載位置に掲載することで予測よりも低い跳ね上がり率になると考えることができる。特に表面左上の位置にあるレイアウト 1 の残差の平均が正で強い有意性を表していること, 裏面左下の位置にあるレイアウト 15 の残差の平均が負で強い有意性を表していることがわかった。

|          |        |        |        |          |        |         |       |
|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|-------|
| <24分割表>  |        |        |        | <24分割裏>  |        |         |       |
| 0.201    | 0.366  | 0.031  | 0.061  | 0.009    | -0.053 | -0.046  | 0.348 |
| 0.431    | 0.530  | 0.437  | 0.618  | 0.386    | 0.507  | 0.443   | 0.423 |
| *30(10週) | 5(3週)  | 15(6週) | 18(6週) | 29(4週)   | 14(4週) | 10(3週)  | 6(2週) |
| 0.023    | 0.343  | 0.068  | -0.148 | -0.094   | -0.123 | -0.278  | 0.270 |
| 0.561    | 0.152  | 0.543  | 0.495  | 0.337    | 0.262  | 0.352   | 0.475 |
| 21(8週)   | *3(1週) | 15(4週) | 9(2週)  | 22(5週)   | 5(1週)  | *11(3週) | 7(1週) |
| 0.009    | 0.055  | 0.026  |        | -0.303   | 0.257  | -0.266  |       |
| 0.438    | 0.407  | 0.478  |        | 0.490    | 0.512  | 0.584   |       |
| 7(4週)    | 6(3週)  | 43(8週) |        | **25(5週) | 10(4週) | △18(6週) |       |

図 7 24 分割結果

### 6.2 18 分割

18 分割の位置に見立てた関係図を図 8 で示す。18 箇所の残差の平均の正負の特徴をみると広告の表面に掲載された商品が多く正になっていると考えられる。これは残差が正になっている掲載位置に商品に掲載することでレイアウトを考慮していない売上げの跳ね上がり率の予測よりも高い跳ね上がり率が期待でき, 逆に残差が負の掲載位置に掲載することで予測よりも低い跳ね上がり率になると考えることができる。特に表面左上の位置にあるレイアウト 1 の残差の平均が正で強い有意性を表していること, 裏面左下の位置にあるレイアウト 12 の残差の平均が負で強い有意性を表していることがわかった。

| <18分割 表> |        |        | <18分割 裏> |         |       |
|----------|--------|--------|----------|---------|-------|
| 0.201    | 0.115  | 0.061  | 0.009    | -0.050  | 0.348 |
| 0.431    | 0.471  | 0.618  | 0.386    | 0.471   | 0.423 |
| *30(10週) | 20(9週) | 18(6週) | 29(4週)   | 24(5週)  | 6(2週) |
| 0.034    | 0.104  | -0.148 | -0.094   | -0.229  | 0.270 |
| 0.550    | 0.520  | 0.495  | 0.337    | 0.326   | 0.475 |
| 22(8週)   | 17(5週) | 9(2週)  | 22(5週)   | *16(4週) | 7(1週) |
| -0.022   | 0.035  |        | -0.307   | -0.067  |       |
| 0.415    | 0.470  |        | 0.481    | 0.614   |       |
| 8(5週)    | 48(8週) |        | **26(5週) | 27(8週)  |       |

図 8 18 分割結果

### 6.3 結合 12 分割

2通りの分割方法共に各箇所標本数が少なく有意性が表われる箇所が少なかった。そこで24分割を元に、隣り合った2つの箇所を結合し、24分割を12分割として残差平均の正負の特徴や有意性などに変化が表れるかを調べた。12箇所に結合した残差の平均の正負の特徴をみると24分割、18分割と同様に広告の表面の残差の多くが正になっており、逆に裏面の残差の多くが負になった。実際の紙面の位置に見立てた関係図を図9に示す。各掲載位置の残差が0であるかの検定を行った結果有意となった箇所が2箇所にとどまっているのは、標本数が充分でない点と、24分割の隣り合う掲載位置を結合したことで隣同士が正の残差、負の残差であった2つの掲載位置を結合した点が考えられる。

| <12分割 表>  |         | <12分割 裏> |         |
|-----------|---------|----------|---------|
| 0.225     | 0.047   | -0.011   | 0.101   |
| 0.441     | 0.535   | 0.424    | 0.465   |
| **35(10週) | 33(10週) | 43(8週)   | 16(5週)  |
| 0.063     | -0.013  | -0.099   | -0.065  |
| 0.536     | 0.525   | 0.320    | 0.478   |
| 24(8週)    | 24(5週)  | 27(6週)   | 18(4週)  |
| 0.030     | 0.026   | -0.143   | -0.266  |
| 0.407     | 0.478   | 0.552    | 0.584   |
| 13(6週)    | 43(8週)  | 35(8週)   | △18(6週) |

図 9 12 分割結果

### 6.4 表裏分割

24分割、18分割、12分割で掲載位置の分析を行ったところ共通点として残差が正になる掲載位置が表面に多く、逆に負になる掲載位置が裏面に多いことが挙げられる。そこで表面と裏面それぞれの残差の平均が0であるかの検定と、表面、裏面の2分割で明確な差が出るかをt検定を用いて調べた。表面の残差の平均値は0.07となり、裏面の残差の平均値は-0.079となった。また、残差の平均の95%信頼区間は[0.0451, 0.254]となった。表面の平均値が0であるかの検定は172の標本数で有意に効いており、残差に正の傾向があることがいえる。また、裏面の残差の平均値が0であるかの検定は157の標本数で有意に効いており、残差に負の傾向があることがいえる。そして表裏の平均値の検定を行った結果は、p値が0.005となり強い有意性が出ていることから表裏の残差の平均には明らかな差があることがわかる。よって表面に掲載する場合と裏面に掲載する場合は商品の跳ね上がり率の増減が明らかに異なるということがいえる。

また、表面と裏面の残差の平均値の差を算出しそれを対数から実数に変換した値は表面と裏面に掲載したとき

の跳ね上がり率の実質的な比になる。残差の平均値の差は0.07-(-0.079)=0.149と求められるため、表面/裏面は $\exp(0.149)=1.160673$ となり表面に掲載すると裏面に掲載するよりも1.161倍の効果があると考えることができる。また、検定結果の95%信頼区間も同様の手順を踏むことで表面/裏面の比の95%信頼区間は[1.046倍, 1.290倍]である。95%信頼区間の下限が1倍以上である点から、表面に掲載することで裏面に掲載するよりも高い効果を期待することができるといえる。

また、表面の左上の位置と裏面の左下の位置のこれらの効果が強かった位置がそれぞれ表面、裏面と比べどのくらい効果があるかを調べた。表面の左上の位置の残差の平均値と表面の残差の平均値を比べると、1.140倍の効果があることがわかった。95%信頼区間は[0.979倍, 1.402倍]である。同じように裏面とも比べると、1.356倍の効果があることがわかった。95%信頼区間は[1.146倍, 1.603倍]である。また、裏面の左下の位置の残差の平均値と表面の残差の平均値を比べると、0.688倍の効果があることがわかった。95%信頼区間は[0.556倍, 0.853倍]である。同じように裏面とも比べると、0.799倍の効果があることがわかった。95%信頼区間は[0.740倍, 0.964倍]である。

このことから、広告を手にしたとき、1番に目に入る表面の左上は売上げに正の効果があることが統計的に立証された。また、目線より下の部分や、手に持つ部分である左下と右下の部分は、目が行き届きにくく売上げに負の効果があるのではないかと考えた。

## 7 おわりに

重回帰分析の結果を解析すると、広告サイズをB2にするとB3のときより売上げに1.1倍の効果が出ることがわかった。目玉区分超目玉は目玉区分なしのときの3.0倍、目玉区分大目玉は目玉区分なしのときの1.5倍の効果が出ることがそれぞれわかった。また実際の紙面での広告レイアウトの影響は24分割、18分割、12分割それぞれで表面の左上に正の効果がみられ、平均で裏の1.4倍の効果が出ることがわかった。また逆に裏面の左下に負の効果が見られ平均で表の0.7倍の効果が出ることがわかった。

さらに表裏の平均値の検定を行ったところ有意に効いており、表裏の残差の平均値には明らかな差があることがわかった。表面に掲載すると裏面に掲載するときより1.2倍の効果が出ることがわかった。

## 参考文献

- [1] 坂野智美, 森下香緒里: 『あるホームセンターにおける広告サイズによる売上・客数への影響』。南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文, 2009.
- [2] 白旗慎吾: 『統計解析入門』。共立出版株式会社, 東京, 1992.
- [3] 田中豊, 垂水共之: 『Windows版 統計解析ハンドブック 多変量解析』。共立出版株式会社, 東京, 1995.