

店舗回遊路を考慮した最適レイアウト

2004MM096 大脇由佳 2005MM063 社本直也

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

ホームセンターは、競合店との消費者獲得競争を勝ち抜くために幅広い商品を取り扱っている。本研究では、ホームセンターの強みである工業用品などを活かし、売上を増加させることを目的とする。そのために、来店客が店舗内のどの通路を通りレジカウンターに到着するかという回遊路を考慮した店舗レイアウトを作成する。

本研究の研究対象となった M 店の 2 月の来店客は約 5 万 5 千人と非常に多いといえる。しかし、商品を 1 点しか購入しない来店客が約 35% も占めている。この結果から購入目的を決めて来店している顧客も多いと推測することができる。本研究では来店客に目的商品以外の商品（以下、その他の商品と呼ぶ）の購入を促す店舗レイアウト [3] を考えると同時に、数学的に最適である店舗レイアウトの作成を目指すこととする。

来店客の多くは魅力的な商品を見ることでその他の商品の購入を検討する。本研究では、常設の棚（以下、 gondola と呼ぶ）の陳列商品を魅力的に見せることで購入の検討を促す。また現在の配置特徴は、ホームセンター特有の商品を店内の奥側に配置している。このことを利用し、本研究では店内奥側からレジカウンターまでの来店客の回遊路を割り出し、その通路に関連の高い商品を配置することでより多くの商品を購入してもらうことのできる店舗レイアウトを提案する。

2 研究方針

本研究では来店客にその他の商品の購買意欲を湧かせることがねらいである。そのために、商品を複数購入する来店客を増加させるレイアウトを作成する。レイアウト作成にあたり、関連数と回遊データの 2 つを使用する。関連数とは、1ヶ月のレシートデータから同時購入回数を集計したものであり、商品同士の結びつきの強さを表す。また、回遊データとは店内奥側を出発地点としたときに来店客はどの通路を通りレジカウンターに到達するかを確率で表したものである。この 2 つの積和したものは期待値を表し、この期待値を最大にするため、オペレーションズリサーチの最適化の手法 [4][1][2] とデータ分析を用いた。

関連数とは 1 か月のレシートデータから商品の種類（以下、パターンと呼ぶ）の同時購入回数を集計したものである。これは商品同士の結びつきの強さを表し、関連数が大きいほど商品同士の結びつきは強いものとなる。本研究の関連数とは M 店の 2008 年の 2 月のレシートデータを集計したものである。来店客が目的商品を手にした場所からレジカウンターまでの回遊路を考慮することから、関連数は購入目的商品（店内奥側）とその他の商品（店内手前側）のパターンを区別して集計した。

さらに、目的商品（店内奥側の商品）は同時購入回数が少なすぎることから似た商品を小商品群に分類したもの

（以下、部門と呼ぶ）の単位で関連表を作成した。また、5 章の本研究の検証にサイドネット商品の関連数を使用することから、上記とは別にサイドネット商品の関連数も定義する。ではまず、サイドネット商品とは何かを述べる。パターンが配置されている gondola は複数の gondola が集まり一つの列（以下、スロットと呼ぶ）を作っている。このスロットのエンドの部分に商品を吊るす網がありこの網にかけることのできる商品をサイドネット商品と呼ぶ。このサイドネットの関連数は同じく M 店の 2008 年 2 月のレシートデータを集計しており、店内奥側の部門とサイドネット商品のパターンの関連数となっている。よって本研究で使用する関連数は以下のとおりである。

- 目的商品（店内奥側）の各部門とその他の商品（店内手前側）のパターンの関連数
- 目的商品の各部門とその他の商品の各部門の関連数
- 目的商品の各部門とサイドネット商品のパターンの関連数

2.1 回遊路とは

商品を 1 点しか購入しない来店客の行動は入店 → 購入目的商品 → レジカウンター → 退店という一連の流れがあり、店内を散策しないことが多い。これは、この来店客は購入目的の商品を探すことに重点を置いているため、目的としている商品以外は目に留めないことが多いからである。そこでその他の商品の購買促進を行うのは目的の商品を手にとった場所からレジカウンターまで行くまでの時間にする。

これは現場でも言われていることだが購入目的の商品を手にとることによって安心が生まれる。これにより、その他の商品を見るほどの心のゆとりが生まれる。よって、購買促進はこの時間を利用する。

図 1 は研究対象の M 店の店舗レイアウトである。これからわかるとおり、1,3,5,7,14,22,27 部門は店内奥側に配置されているがこの部門全て目的商品の部門である。よって、ホームセンターでは目的商品の部門を店内奥側に配置していることがわかる。

続いて本研究で考える回遊路について定義する。

本研究の回遊路とは、来店客が目的商品（店内奥側）を手にとった場所からレジカウンターまでの道のりで、どの通路をどれだけ来店客が通るかを見るものである。この結果から来店客が頻繁に通る通路とあまり通らない通路を明確に示すことができる。また、本研究では集計したデータの数が少ないため（詳しくは 2.2 の回遊データで後述する）店内奥側の通路をすべて別で考えると来店客が閲覧していない通路も存在してしまう。よって、目的商品（店内奥側）は通路別ではなく部門単位で考えることにする。結果、本研究の回遊路とは、目的商品（店内奥側）の部門から出てきた来店客がレジカウンターに向かうために

どの通路を通っているかを示しているものである。

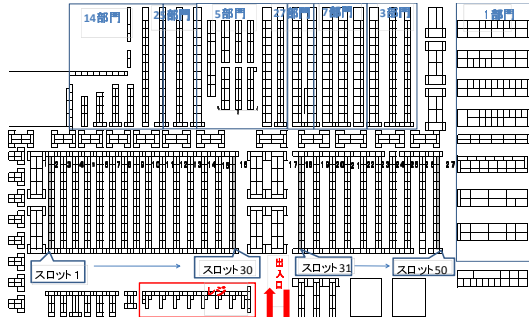


図1 M店 店舗レイアウト

2.2 回遊データ

本研究で使う回遊データを以下で定義する。本研究の回遊データはホームセンターのM店に実際に集計に行き、店内奥側で商品を手にとった来店客が手前側のどの通路を通りレジカウンターまでいくかを調査した。

日時 2008年8月下旬, 13:00~15:00

対象者 購買活動中の来店客 141人

調査内容 店内奥側から店内手前側のどの通路を選択するかを集計

しかし、集計したデータは店内奥側の通路から手前側の通路への回遊路を集計したものであり、本研究のデータの配置はスロットに行くものであることから、上記のデータを通路単位からスロット単位へと変換しなければならない。そこで、集計したデータをスロット単位に変換した。また、店内奥側の通路をすべて別々で考慮すると、集計時間が短く、データ数が少なすぎるために来店客が訪れなかった通路が存在してしまう。その為、店内奥側は単一の通路別ではなく部門の単位で考えるものとする。よって、集計したデータの店内奥側の通路別を部門単位に変換した。そして、最後に上記で変換したデータを確率で表記したものを回遊データと呼ぶ。この回遊データとは関連数と積和することで期待値を見いだすことができる。

3 商品棚の最適配置

関連数と回遊データを積和した期待値が最大となるその他の商品（店内手前側）のパターンの配置を考える。本研究では目的商品（店内奥側）の部門は固定とし、動かさないものとする。また、一つのスロットの中に入るパターンはすべて同じ部門となる制約や、同じ部門は隣同士に配置される制約などを条件に入れた上での最適配置を考える。そのため、定式化を2段階に分けることで最適配置を考える。

段階

1. その他の商品の部門を店内手前側のどのスロットに配置するかを考える。

これは、その他の商品の部門と購入目的商品のそれぞれの部門との関連数と回遊データの積和が最大となる配置。

2. 1の結果をもとにパターンを配置する。

これはその他の商品のパターンと目的商品の部門との関連数と回遊データの積和が最大となる配置。

本研究では、What's Best!を用いて実行した。

- 1段階目であるその他の商品の部門の配置を行う。

添字、定数の定義

H : その他の商品の部門

J : 購入目的商品の部門

K : その他の商品を配置するスロット

D_{hj} : 部門 $h \in H$ と部門 $j \in J$ との関連性

P_{jk} : 部門 $j \in J$ の場所とスロット $k \in K$ の回遊データ

S_h : $h \in H$ 部門に必要なスロット総数

決定変数

y_{hk} : 部門 $h \in H$ をスロット $k \in K$ に置くかどうか

$$y_{hk} = \begin{cases} 1: & \text{部門 } h \in H \text{ をスロット } k \in K \text{ に配置する} \\ 0: & \text{部門 } h \in H \text{ をスロット } k \in K \text{ に配置しない} \end{cases}$$

定式化

$$\text{Max } Z = \sum_{h \in H} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (D_{hj}/S_h) P_{jk} y_{hk} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{k \in K} y_{hk} = S_h \quad (h \in H) \quad (2)$$

$$\sum_{h \in H} y_{hk} \leq 1 \quad (k \in K) \quad (3)$$

$$y_{hk+1} \leq y_{hk} + y_{hk+2} \quad (k \in K, h \in H) \quad (4)$$

$$y_{hk+1} \leq y_{hk} + y_{hk+3} \quad (k \in K, h \in \{4, 6, 10, 15, 18, 22, 23, 28\}) \quad (5)$$

$$y_{hk+1} \leq y_{hk} + y_{hk+4} \quad (k \in K, h \in \{4, 6, 15, 18, 22, 23, 28\}) \quad (6)$$

$$y_{hk+1} \leq y_{hk} + y_{hk+5} \quad (k \in K, h \in \{4, 15, 18, 23, 28\}) \quad (7)$$

$$y_{hk+1} \leq y_{hk} + y_{hk+6} \quad (k \in K, h \in \{4, 18, 28\}) \quad (8)$$

$$y_{hk+1} \leq y_{hk} + y_{hk+7} \quad (k \in K, h = 4) \quad (9)$$

$$y_{h1} + y_{h50} \leq 1 \quad (h \in H) \quad (10)$$

$$y_{hk} \in \{0, 1\} \quad (h \in H, k \in K) \quad (11)$$

目的関数 (1) 買い上げ個数期待値の最大化

制約条件 (2) 部門に配置するスロット数の制約

制約条件 (3) 1つのスロットは1つのスロットに配置する制約

制約条件 (4) 同じ部門で2スロット連続で並ばせる制約

制約条件 (5) 同じ部門で3スロット連続で並ばせる制約

制約条件 (6) 同じ部門で 4 スロット連続で並ばせる制約
 制約条件 (7) 同じ部門で 5 スロット連続で並ばせる制約
 制約条件 (8) 同じ部門で 6 スロット連続で並ばせる制約
 制約条件 (9) 同じ部門で 7 スロット連続で並ばせる制約
 制約条件 (10) 両端スロットに同部門を配置させない制約
 上記で示した定式化は 0-1 整数計画法である。その他の商品の部門の関連数をそれぞれ配置に必要なスロットの総数で割ることで、1 スロット当たりの購入期待値を示した。これはその他の商品の部門の関連数をパターンの個数に関係なく均一に考えるために使用した。

配置方法の 2 段階目であるパターンの配置を行う。
 添字, 定数の定義

I : その他の商品のパターン

J : 購入目的商品の部門

K : その他の商品を配置するスロット

D_{ij} : パターン $i \in I$ と部門 $j \in J$ との関連性

P_{jk} : 部門 $j \in J$ の場所とスロット $k \in K$ の回遊データ

A_i : パターン $i \in I$ に必要な Gondola 数

M : 1 スロットに配置可能な Gondola 数

a_{ik} : パターン $i \in I$ の部門が $k \in K$ に配置される

$$a_{ik} = \begin{cases} 1: & \text{パターン } i \in I \text{ を } k \in K \text{ に配置できる} \\ 0: & \text{パターン } i \in I \text{ を } k \in K \text{ に配置できない} \end{cases}$$

決定変数

x_{ik} : パターン $i \in I$ をスロット $k \in K$ に置くかどうか

$$x_{ik} = \begin{cases} 1: & \text{パターン } i \in I \text{ を } k \in K \text{ に配置する} \\ 0: & \text{パターン } i \in I \text{ を } k \in K \text{ に配置しない} \end{cases}$$

定式化

$$\text{Max } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{ij} P_{jk} x_{ik} \quad (12)$$

$$\text{s.t } \sum_{i \in I} A_i x_{ik} \leq M \quad (k \in K) \quad (13)$$

$$\sum_{k \in K} x_{ik} \leq 1 \quad (i \in I) \quad (14)$$

$$x_{ik} \leq a_{ik} \quad (i \in I, k \in K) \quad (15)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad (i \in I, k \in K) \quad (16)$$

目的関数 (12) 買い上げ個数期待値の最大化

制約条件 (13) 1 つのスロットに配置する Gondola 数の制約

制約条件 (14) 1 つのパターンは 1 つのスロットに配置する制約

制約条件 (15) 1 段階目で配置されたスロットのみにパターンを配置する

この定式化も 0-1 整数計画問題であり, What's Best! を用いて解いた。今回は部門配置の実行結果より, 新しい定

数を使用することで, 部門配置の結果で配置された部門以外には配置されない制約式を新しく加えた。また, 関連数も店内手前側は部門からパターンに変更している。

4 季節による売り上げを考慮した配置

1. 4 部門 (工具小物) と 15 部門 (接着剤・塗料) 23 部門はどちらの配置も現状と変化がない
2. 6 部門 (カー用品) は 2 月と 8 月はほとんど変化がないが現状とは異なる
3. 10 部門 (文房具) が現状, 2 月, 8 月とすべて配置位置が異なる
4. 17 部門 (大きめのキッチン小物) と 18 部門 (行楽用品) もすべて配置位置が異なる

結果 1 4, 15, 23 部門は現状の配置のままがよいといえる。

結果 2 季節によらず需要のあるカー用品は現状よりもレジカウンターに近いスロットに移したほうがよいといえる。

結果 3 10 部門が工業用品を購入目的商品とする顧客に対してよりアピールをするスロットに配置することがよいといえる。

結果 4 17 部門と 18 部門は配置が決定されない部門である。

5 回遊路と売上の関連についての検証

本研究は, 回遊路に顧客が魅力的な商品を配置することが売上の増加に結びつくことを前提としている。

これを検証する最も確実な方法は, 店舗でレイアウトを配置して売上を比較することである。しかし, 店舗の全面改装は回遊路の検証のためのみに行う方法としては適切でない。

そこで, 配置総換えの検証に代わる検証方法を採用する。各スロットにすべての商品を配置するのではなく, サイドネット商品のみをおいてその商品の売り上げをみるという方法で効果を検証する。このサイドネット商品のみ配置換えする方法で検証することによって, 本研究の配置結果の効果を店舗の全面改装よりも簡易な方法で直接調べることができる。

ただし, 本研究の結果を検証するには以下の 3 種類の検証方法が考えられる。

検証法

1. すべてのサイドネット商品をすべてのスロットに配置する
2. 現在の部門配置との関連が最適なサイドネット商品を配置する
3. 最適配置後の部門配置との関連が最適なサイドネット商品を配置する

検証法 1 この検証法によって使用する回遊路に顧客が魅力的な商品を配置することが売上の増加に結びつくことを検証できる。検証法 1 は現状よりも回遊路に沿って顧客の求める商品が配置されるため, まずこの検証を行うことが望ましい。買上個数の期待値が最

大となる様に配置するため、スロットと商品が1対1対応するもの以外に制約条件がない。

検証法2 この検証法によって現状のその他の部門の部門配置内で回遊データに基づく代表商品の配置換えの検証を行うことができる。検証法2は3で行った配置の代表商品のみの縮小版とみなすことができるため、回遊データと関連表を考慮した配置の仕方を検証することができる。1の配置条件に加えて式(20)の現在決められているスロットのみにしか配置しない制約を設ける。

検証法3 検証法1で回遊路に関連の高い商品を置くことが有用であることを、検証法2で配置の仕方についての検証をした後にこの検証を行う。1の配置条件に加えて式(21)の最適配置で決定したスロットのみにしか配置しない制約を設ける。

3通りのサイドネット商品の配置を0-1整数計画法で決定する。

スロットと商品が1対1対応する制約はすべての配置決定モデルで必要である。しかし、現在の店舗レイアウトで用いられている部門配置に限定する制約を検証2を決定するモデルで、最適配置後の店舗レイアウトで用いられている部門配置に限定する制約を検証3を決定するモデルでそれぞれ設ける。

添字, 定数の定義

L : サイドネット商品

J : 購入目的商品の部門

K : サイドネット商品を配置するスロット

D_{lj} : サイドネット $l \in L$ と部門 $j \in J$ との関連性

P_{jk} : 部門 $j \in J$ とスロット $k \in K$ の回遊データ

a_{lk} : 商品 $l \in L$ の部門をスロット $k \in K$ に配置するか

$$a_{lk} = \begin{cases} 1: & l \in L \text{ を } k \in K \text{ に配置できる} \\ 0: & l \in L \text{ を } k \in K \text{ に配置できない} \end{cases}$$

b_{lk} : 現在の $l \in L$ の部門が $k \in K$ に配置されている

$$b_{lk} = \begin{cases} 1: & l \in L \text{ を } k \in K \text{ に配置できる} \\ 0: & l \in L \text{ を } k \in K \text{ に配置できない} \end{cases}$$

決定変数

z_{lk} : 商品 $l \in L$ をスロット $k \in K$ に置くかどうか

$$z_{lk} = \begin{cases} 1: & \text{商品 } l \in L \text{ をスロット } k \in K \text{ に配置する} \\ 0: & \text{商品 } l \in L \text{ をスロット } k \in K \text{ に配置しない} \end{cases}$$

定式化

$$\text{Max } Z = \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{lj} P_{jk} z_{lk} \quad (17)$$

$$\text{s.t } \sum_{l \in L} z_{lk} \leq 1 \quad (k \in K) \quad (18)$$

$$\sum_{k \in K} z_{lk} \leq 1 \quad (l \in L) \quad (19)$$

$$(\text{検証2の場合}) \quad z_{lk} \leq b_{lk} \quad (l \in L, k \in K) \quad (20)$$

$$(\text{検証3の場合}) \quad z_{lk} \leq a_{lk} \quad (l \in L, k \in K) \quad (21)$$

$$z_{lk} \in \{0, 1\} \quad (l \in L, k \in K) \quad (22)$$

目的関数 (17) 買い上げ個数期待値の最大化

制約条件 (18) 1つのスロットにはサイドネット商品を1つ配置する制約

制約条件 (19) 1つのサイドネット商品は1つのスロットに配置する制約

制約条件 (20) 部門が配置されているスロットのみにサイドネット商品を配置する制約

制約条件 (21) 部門配置で配置されたスロットのみにサイドネット商品を配置する制約

6 おわりに

本研究は、ホームセンターの売上向上のために顧客の経路(回遊路)に着目して最適配置を行った。

実践的な配置を検討するために、既存の店舗において顧客の行動観察に基づくデータを得た。また、ホームセンターにおける季節による特性を考慮するために異なる2種類の季節データを得た。

本研究で対象としているホームセンターM店において、2009年2月から5節で言及した検証法の実施を予定している。

顧客の動きに関する研究において、未だ量的コストの問題を明確に解決されていない。このことより現実的に顧客の買い回り行動をパラメータとして棚の配置を実施している小売店はほとんどない[5]。今回、店舗回遊路を考慮したレイアウトを決定するモデルを提示することができた。今後の課題としては、今後実施予定の店舗における検証実験を基にして今回提示したモデルの適合度を高めてゆく必要がある。今回行うM店における検討結果によっては、他店舗に本研究が応用できる。

参考文献

- [1] 福島雅夫:数理計画入門, 朝倉書店,1996.
- [2] F.S.Hillier, G.J.Lieberman: Introduction to Operations Research (EIGHTH EDITION), Mc Graw-Hill, 2005.
- [3] 近藤健太, 車谷泰典, 三宅誠司: 買い上げ点数増加のための最適店舗レイアウト, 南山大学数理情報学部数理工学科卒業論文 2007.
- [4] 森雅夫, 森戸晋, 鈴木久敏, 山本芳嗣:オペレーションズリサーチ 1, 朝倉書店,1991.
- [5] 豊嶋伊知郎, 小磯貴史, 吉田琢史, 服部加奈子, 今崎直樹: ユビキタス情報に基づく店舗内回遊モデル, 信学技報「人口知能と知識処理」, Vol.104, No.727, pp.61-66, (社) 情報処理学会,2003