買い上げ点数増加のための最適店舗レイアウト

2005MM008 秦由佳里　2005MM041 宮地裕子

指導教員：鈴木敦夫

1　はじめに

本論文では，あるホームセンターでの来店客の買い上げ点数が増加する店舗レイアウトの作成について考える．現在，研究対象とするホームセンターでは，オペレーションズ・リサーチを導入し，最適化の手法とデータ分析を用いて,売上や粗利を増加させようとしている．そのため，よく売れる商品の品揃えを自動的に求めたり，棚の最適配置を行っている．このホームセンターの部門や商品のレイアウトは，店舗ごとに店員やバイヤーが配置を考え，店舗の立場で並べ，商品が増えるとともに，部門や商品の配置を考える時間も増え，多くの人件費を必要としている．その際，レイアウトが決まっていれば，店員の作業時間が削減できる．また，来店目的の商品以外の商品にもっと目が届くレイアウトにし，なるべく商品の値段を下げずに，同時購入を増やし，こうすることで，利益率を今以上に多くする．さらに利益率を多くするため，本研究では，関連の強い商品同士の距離を近くすることで，より商品同士の関連を持たせ同時購入を促したい．

2　研究方針

2.1　アプローチ

本研究では，来店客が来店目的のアイテム（個々の商品）以外のアイテムに目が届くレイアウトにし，買い上げ点数を増加させることがねらいである．過去の研究 [1] では，パターンとパターンの関係を調べ配置をすることを目的としていたが，我々は，部門と部門，部門とパターン，パターンとパターンの関係を調べ，より細かく配置を考えレイアウトを作成する．関連が強いと思われる部門同士，パターン同士を近くに配置することで，来店目的のアイテム以外のアイテムに少しでも目が届き興味をもってもらえ買い上げ点数が増加できると考える．我々は，部門の配置をし，次にパターンの配置をする．部門の配置は，店内奥側と手前側を分けて考える．ある部門とその他の部門を同時購入した場合の回数を関連数とし，その関連数を店内の奥側と手前側それぞれ関連表にまとめ，関連数が大きい場合，その部門同士の距離が近くになるように配置をする．パターンの配置は，部門とパターンの関連とパターンとパターンの関連を調べ，配置をする．部門内の端の棚には，隣りの部門と隣りのパターンとの関連数が大きいパターンを配置し，また，それ以外の部門内では，向かいのパターンと隣りのパターンの関連数が大きいパターン同士を近くに配置する．こうすることで，レイアウトを作成し，買い上げ点数が増加するようにしていく．

2.2　データ

データは，ホームセンターから提供された 2008 年 2 月の 3 店舗分のレシートデータを用いた．1 店舗は，実際にレイアウトを作成し，もう 1 店舗は距離と関連数の関係について調べるために用いる．実際にレイアウトを作成する店舗のレイアウトは以下のとおりであり，数字は部門番号である．

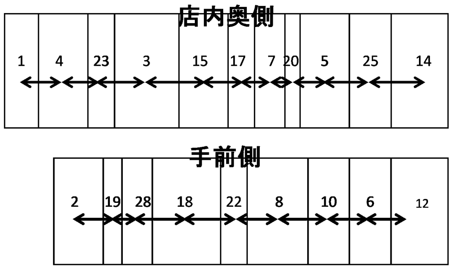

図 1　現在のレイアウト

本研究の目的は，部門同士，部門とパターン，パターン同士の関連を調べるため，同時購入した来店客のみのレシートデータを用い，1 点のみを購入した来店客のレシートデータは用いない．また，関連数をまとめた関連表の例は以下のとおりであり，同時購入 1 回につき 1 カウントする．例えば，部門 1 と部門 4 は，2042 回同時購入されていることがわかる．

表 1　関連表の例

	部門 1	部門 4	部門 23	部門 3
部門 1		2042	192	910
部門 4	2042		507	1909
部門 23	192	507		1269
部門 3	910	1909	1269	

また，本研究では，部門の配置を考える場合，部門間の距離の逆数を部門の関連数の重みとして用い，部門の中心から中心までを部門間の距離とし，1 スロットを 0.5 とする．

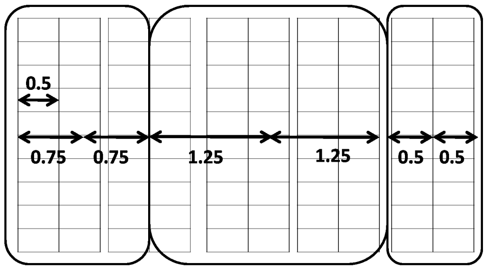

図 2　距離の例

3　部門の最適配置について

奥側と手前側の部門をそれぞれ並び変え，巡回セールスマン問題の考え方 [2] を用いた．その場合,
(A) 両端の部門を固定して並び変え配置する．
(B) 端を固定せずに並び変え配置する．
という２通りの場合を考える．(A) の場合は，ホームセンターの店内の端に配置する部門はだいたい決まっているということから，両端の部門を固定しその上で，隣りの部門との関連数が最大になるように並び変え配置し，(B) の場合，全ての部門をどの場所にも固定せず，隣りの部門との関連数が最大になるように並び変え配置する．

3.1　定式化

添字, 定数定義

i, j：部門 $(i \in N, j \in N)$
N：部門の添字集合
n：部門の個数
D_{ij}：部門 i と部門 j の関連数
M_{ij}：部門 i と隣り合う部門 j の距離の逆数

決定変数

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & ：部門\ i\ と部門\ j\ が隣り合う（i \to j\ のみ） \\ 0 & ：部門\ i\ と部門\ j\ が隣り合わない \end{cases}$$

非負変数

y_i：部分巡回路排除制約のためのダミー変数

目的関数

$$\max \quad \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} D_{ij} M_{ij} x_{ij} \tag{1}$$

目的関数の説明

隣り合う部門間の関連数が最大になる式

制約条件

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1 \quad i \in N \tag{2}$$

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 \quad j \in N \tag{3}$$

$$y_i - y_j + n x_{ij} \leq n - 1 \quad i, j \in N \setminus \{1\} \tag{4}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i, j \in N \tag{5}$$

$$y_i \geq 0 \quad i \in N \tag{6}$$

制約条件の説明

制約条件 (2)：ある部門 i にいずれかの部門 j を１つ配置させる．
制約条件 (3)：いずれかの部門 i にある部門 j を１つ配置させる．
制約条件 (4)：部分巡回路排除制約
制約条件 (6)：部分巡回ループを作らないための非負変数.

4　パターンの最適配置について

4.1　パターンの最適配置の説明

パターンの配置は大きく三段階に分けて行う．

一　１．現在部門内に含まれるパターンの中から，隣り合っている部門と関連数が最大となるパターンをその部門側の１スロットに配置する．
　　２．そのパターンの隣り同士の関連数が最大となるように並び変え，配置する.（４と同じ定式化）
二　３．部門内に残ったパターンを残りのスロット分に分ける.（以下，グループとよぶ）
　　４．分けられたパターンのグループを一の２と同様に隣り合うパターンの関連数が最大になるように並び変える.（２と同じ定式化）
三　５．残っているスロットに二の３のパターンのグループを一以外の向い合っているスロットに配置する場合，各グループ内のパターンの関連数が最大になるものを向かい合わせにし，配置する．

4.2　部門の境界のパターンの最適配置

4.2.1　定式化１

添字, 定数定義

p：パターン $(p \in P)$
P：パターンの添字集合
k：部門 $(k \in K)$
K：隣り合う部門の添字集合
T：１スロットのゴンドラ数
L_p：パターン p のゴンドラ数
B_{pk}：パターン p と部門 k の関連数

決定変数

$$z_{pk} = \begin{cases} 1 & ：パターン\ p\ と部門\ k\ が隣り合う \\ 0 & ：パターン\ p\ と部門\ k\ が隣り合わない \end{cases}$$

目的関数

$$\max \quad \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} B_{pk} z_{pk} \tag{7}$$

目的関数の説明

隣り合っている部門とパターン間の関連数が最大になる式

制約条件

$$\sum_{p \in P} L_p z_{pk} \leq T \quad k \in K \tag{8}$$

$$\sum_{k \in K} z_{pk} \leq 1 \quad p \in P \tag{9}$$

$$z_{pk} \in \{0, 1\} \quad p \in P, k \in K \tag{10}$$

制約条件の説明

制約条件 (8)：部門と隣り合うスロット数におさまるようにする制約
制約条件 (9)：片端だけに配置する制約

4.2.2　定式化２

添字, 定数定義

l, m：パターン ($l \in R$, $m \in R$)
R：パターンの添字集合
r：パターンの個数
U_{lm}：パターン l とパターン m の関連数

決定変数

$$x_{lm} = \begin{cases} 1 & \text{：パターン } l \text{ とパターン } m \text{ が隣り合う} \\ 0 & \text{：パターン } l \text{ とパターン } m \text{ が隣り合わない} \end{cases}$$

非負変数

y_l：部分巡回路排除制約のためのダミー変数

目的関数

$$\max \quad \sum_{l \in R} \sum_{m \in R} U_{lm} x_{lm} \tag{11}$$

目的関数の説明

隣り合うパターン間の関連数が最大になる式

制約条件

$$\sum_{m \in R} x_{lm} = 1 \quad l \in R \tag{12}$$

$$\sum_{l \in R} x_{lm} = 1 \quad m \in R \tag{13}$$

$$y_l - y_m + r x_{lm} \leq r - 1 \quad l, m \in R \setminus \{1\} \tag{14}$$

$$x_{lm} \in \{0, 1\} \quad l, m \in R \tag{15}$$

$$y_l \geq 0 \quad l \in R \tag{16}$$

制約条件の説明

制約条件 (12)：あるパターン l にいずれかのパターン m を隣りに配置させる制約
制約条件 (13)：いずれかのパターン l にあるパターン m を隣りに配置させる制約
制約条件 (14)：部分巡回路制約

4.3　パターンのグループ分けについて

4.3.1　定式化３

添字, 定数定義

f, g：パターン ($f \in F$, $g \in F$)
F：パターンの添字集合
C_{fg}:パターン f とパターン g の関連数
Q：スロットの本数（一に決定したスロットは除く）
S：1 スロットのゴンドラ数
q_f：パターン f のゴンドラ数

決定変数

$$x_{fg} = \begin{cases} 1 & \text{：パターン } f \text{ とパターン } g \text{ が隣り合う} \\ 0 & \text{：パターン } f \text{ とパターン } g \text{ が隣り合わない} \end{cases}$$

$$y_g = \begin{cases} 1 & \text{：パターン } g \text{ をスロットの中心とする} \\ 0 & \text{：パターン } g \text{ をスロットの中心としない} \end{cases}$$

目的関数

$$\max \quad \sum_{f \in F} \sum_{g \in f} C_{fg} x_{fg} \tag{17}$$

目的関数の説明

パターンのグループ分けをしたとき，各グループの中心とするパターンと他のパターンの関連数が最大になる式

制約条件

$$\sum_{g \in F} y_g = Q \tag{18}$$

$$\sum_{f \in F} q_f x_{fg} + q_g y_g \leq S \quad g \in F \tag{19}$$

$$\sum_{g \in F} x_{fg} = 1 - y_f \quad f \in F \tag{20}$$

$$x_{fg} \leq y_g \quad f, g \in F \tag{21}$$

$$x_{fg} \in \{0, 1\} \quad f, g \in F \tag{22}$$

$$y_g \in \{0, 1\} \quad g \in F \tag{23}$$

制約条件の説明

制約条件 (18)：中心のパターンの数を決める制約
制約条件 (19)：1 スロットのゴンドラ数にパターン数を合わせる制約
制約条件 (20)：中心のパターン y_f があれば x_{fg} は存在しない制約
制約条件 (21)：中心のパターン y_g がなければ x_{fg} は存在しない制約

4.3.2　定式化４

定式化２と同じなので，省略する．

4.4　スロットのパターンの最適配置

4.4.1　定式化５

添字, 定数定義

v, w：パターン ($v, w \in V$)

V：パターンの添字集合
E_{vw}：パターン v とパターン w の関連数
a,b：パターンのグループ $(a,b \in A)$
A ：パターンのグループの添字集合
G：注目している部門のスロットが向かい合う数

決定変数

$$x_{ab} = \begin{cases} 1 & :\text{向かい合うスロットに配置する} \\ 0 & :\text{向かい合うスロットに配置しない} \end{cases}$$

目的関数

$$\max \quad \sum_{a\in A}\sum_{b\in A}(\sum_{v\in V}\sum_{w\in V} E_{vw})x_{ab} \qquad (24)$$

目的関数の説明

向かい合うスロット間の関連数が最大になる式

制約条件

$$\sum_{a\in A}\sum_{b\in A} x_{ab} = 2G \qquad (25)$$

$$x_{ab} = x_{ba} \quad a,b \in A \qquad (26)$$

$$\sum_{b\in A} x_{ab} \le 1 \quad a \in A \qquad (27)$$

$$x_{ab} \in \{0,1\} \quad a,b \in A \qquad (28)$$

制約条件の説明

制約条件 (25)：向かい合う数を一致させる制約
制約条件 (26)：向かい合う一つの通路を２つ挟んだスロットにパターンのグループを１つずつ配置する制約
制約条件 (27)：一つの通路を挟んだ二つのスロットに配置された場合，他のスロットには配置されない制約

5 実行結果

5.1 部門の配置の実行結果（(A) 両端の部門固定）

図 3 部門のレイアウト

5.2 パターンの配置の実行結果の例（部門 22）

22部門								
ティッシュペーパー		女性ヘアケア	介護用品		ウェットティッシュ	制度品 資生堂		基礎化粧品
ティッシュペーパー		シャンプー	介護用品		ウェットティッシュ	制度品 資生堂		季節化粧
トイレットペーパー	通	シャンプー	介護用品	通	子供用オムツ	制度品 カネボウ	通	ハミガキ
トイレットペーパー		シャンプー	大人おむつ		子供用オムツ	制度品 カネボウ		ハミガキ
トイレットペーパー		シャンプー	大人おむつ		子供用オムツ	化粧小物		ハミガキ
トイレットペーパー		シャンプー	大人おむつ		子供用オムツ	化粧小物		ハミガキ
石鹸		シャンプー	ポータブルトイレ		幼児安全	毛染め		入浴剤
石鹸	路	生理用品	ポータブルトイレ	路		毛染め	路	入浴剤
石鹸		生理用品				毛染め		救急用品
カミソリ		生理用品						救急用品

図 4 部門 22 のレイアウト

6 考察

6.1 部門の配置の考察（(A) 両端の部門固定）

現状と変わらない部門の並びは，奥側が部門 23 と部門 3，部門 7 と部門 20 などとなり，手前側が部門 19 と部門 28，部門 28 と部門 18，部門 22 と部門 8 などとなり，経験をもとに配置された並びと変わらない部門も多く，これらの部門は実際に関連が強いと考えられる．また，現状と比較して，総和の増加率は，奥側が 63 %，手前側が 12 %となり，奥側は手前側より，増加率が大きく上がっているので，奥側をより改善すると，より買い上げ点数増加につながると考えられる．

6.2 パターンの配置の考察 (部門 22)

部門 22 のハミガキ歯ブラシ＆洗口液とボディ＆石鹸＆洗顔は，実際では近くに配置しているが，隣りの部門に引っ張られ離れた配置となったので，手作業で端に配置させないようにする必要性があると思われる．また，部門 22 の左端のスロットには，元々，部門 8 に分類されていた (現状のレイアウトでは部門 22 内に配置されている) ティッシュペーパーとトイレットペーパーが配置され，これは部門 8 のすぐ隣りの配置となり，予想通り部門 8 との関連は強いと考えられる．

7 おわりに

本論文をまとめると，ホームセンターにおける買い上げ点数を増加させることが目的であった．レイアウトを作成するにあたり，部門の配置は，店内奥側，手前側に分けて配置を考え，また，パターンの配置を３段階に分けて定式化を実行したが，部門の配置は分けずに配置し，パターンの配置は，１段階にすることで，より最適なレイアウトを作成し，より簡単にレイアウトを作成する方法があるかもしれない．これは，今後の課題と考えられる．

参考文献

[1] 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，2007 年度南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文.

[2] 森雅夫，宮沢政清，生田誠三，森戸晋，山田善靖：オペレーションズリサーチ II，朝倉書店，1989.