

買い上げ点数増加のための最適店舗レイアウト

2004MM040 近藤健太 2004MM042 車谷泰典 2004MM048 三宅誠司

指導教員: 鈴木敦夫

1 はじめに

1.1 ホームセンターの現状

現在のホームセンターは、全国各地で営業しており、業界の枠を超えた激しい消費者獲得競争が行われている。ホームセンターで取り扱っている商品は、工具や木材だけでなく、シャンプーやボディソープ類、ペット用品など幅広い。業界で生き残るためには、他店よりもよい商品を揃え、安い値段で商品を販売していくことが一番良い策だと考えられる。しかし、これらの策だけでは原材料費の値上げや輸送費といった問題にうまく対応できず、製造元に無理な要求をするといった厳しい手段をとらざるを得なくなる。

1.2 来店客の現状

来店客の多くは、あらかじめ購入しようとする商品を決めて来店している。つまり、来店目的の売場で商品を手にとるとそのままレジに向かってしまうのである。だから、来店客が来店目的以外の商品に目が届きにくく、他の商品に購買意欲をわかせることができていないというのが現状である。

1.3 現在のホームセンターのレイアウト

本研究対象のホームセンターは棚(以下、ホームセンターでは Gondola とよぶ)の大きさ等によって割り当てられたブロックに商品を配置しているのが現状で、来店客の立場ではなく店舗の立場で考えたレイアウトである。一度商品をホームセンター内に配置してしまうと、次に商品を動かすのは非常に大変である。そのためにも、商品同士の関連性を分析していかなければいけない。そうすれば、来店客の購買意欲もわき、商品の買い上げ点数を増加できると考えられる。

2 研究方針

2.1 アプローチ

今回は、来店客が本来購入しようとしている商品以外に、来店客の購買意欲をわかせることがねらいである。そのためには、他の商品に目が行き届くようなホームセンターのレイアウトを考える必要がある。現在の商品のレイアウトはただ単に似ている商品同士を近くに配置しているだけのものが多いが、これらは本当に正しい並びになっているかというところではない。そこで、我々はレシートデータで来店客が実際に購入した商品と商品の関連性を分析し、関連数が多い商品同士をうまく配置することにより、買い上げ点数が増加できると考える。どのパターンが結び付いているかの分析の方法としては、メディアン問題とクラスター分析を用いる。結果としてパターンはいくつかのグループに分けられ、構成されたグループ同士は関連性が強いといえる。そこで、そのグルー

プのパターンがどの部門に属しているのか、また、どこに現在配置されているかも調べることができる。メディアン問題はOR、クラスター分析は統計の手法として用いられている。今回はOR、統計といった異なる分野による手法をそれぞれ行った結果、商品の関連性が一層明確になるのではないかと考えた。

レイアウト作成においては、隣の部門、パターンとの関連数に着目し、関連数が最大になるようにした。そして、今回の研究では1つの部門に絞り、パターンとの並べ替えをおこない、買い上げ点数が増加するようにしていく。

2.2 データ

研究対象としたある店舗では、約500種類のパターンが陳列され各ブロックの棚に商品が分けられている。提供されたレシートデータは2007年4月分である。データより、3分の2以上の来店客は商品を複数個購入していることがいえる。また、ホームセンターでは来店客は商品を1点しか購入しないというイメージがあるが、そうではないということがいえる。今回はパターン同士の関連性を調べたいので、1点のみ購入した来店客のレシートデータは削除し、複数の商品を購入した来店客のレシートデータのみで考えた。パターンには8桁の Gondola パターン No. があるので、それを分かりやすくするために1~511までの番号をつけた。

3 メディアン問題

3.1 添字,定数の定義

- r_{ij} : パターンを同時に購入した数
- p : パターンを置く個数

3.2 決定変数

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{パターン}i\text{がパターン}j\text{と結び付く} \\ 0 & \text{パターン}i\text{がパターン}j\text{と結び付かない} \end{cases}$$
$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{パターン}j\text{を置く} \\ 0 & \text{パターン}j\text{を置かない} \end{cases}$$

3.3 定式化

目的関数

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

目的関数の説明

関連数を最大とする

制約条件

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, n, \quad (6)$$

制約条件の説明

制約条件(2)：i行の和はすべて1にする。

制約条件(3)：中心となるパターンを決める。

制約条件(4)：pを置いたところでないとx_{ij}を配置することができない。

3.4 実行結果

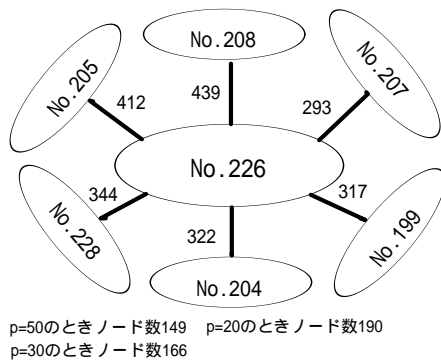


図 1: パターン226

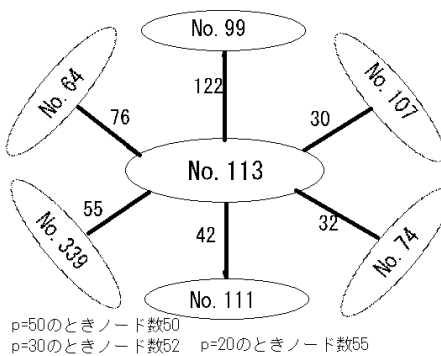


図 2: パターン113

中心となるメディアにノードが集中しているほど来店客は同時に購入しているパターンが多いといえる。パターン226とパターン208，パターン226とパターン205の組み合わせが唯一関連数が400を超えている。これらは、消耗品であるためよく来店客に購入されやすいパターンといえる。また、他にパターン226と同時に購入された他の

パターンの上位に挙げられるのはパターン228，パターン204，パターン199，パターン207，パターン198，パターン213，パターン229で我々が日常生活していくなかで必要不可欠な物ばかりである。そして、お互い共通していることは全て消耗品である。洗剤系のパターンは隣のゴンドラに置いたりしているので関連数が400以上になっていると考えられる。パターン113は一家に必ず一つ置いてあるものであり、専門職の人からもたくさん購入してもらえる。パターン64とパターン339はパターン113と異なる部門に属しているのをこれらを近くに配置すれば買い上げ点数が更に増えるのではないかと思う。

他に関連数が多かったパターンの組み合わせはパターン273とパターン270，パターン287とパターン288であった。同じ動物のペット用品は来店客に購入してもらえる傾向が強いといえる。また、近年動物を飼っている人が増えているので、ホームセンターも来店客のニーズに応えるようなペット用品をきちんと揃える必要がある。これらのパターンはあらかじめ買い溜めする人もたくさんいると考えられるので関連数が大幅に伸びる。どのメディアが中心になったときでも、大よそ、その中心とよく似たパターンが同時に多く購入されている。

他に中心となったパターンはパターン263，パターン287，パターン9，パターン360といったものも挙げられる。これらはノード数がとても少ないが全てパターンが属している部門のみで構成されている。中心になるパターンと結び付いているノード数が少ないほど、同じ部門内同士で構成される傾向があり、結びつきも強いということが考えられる。

パターン322はp=50のとき、メディアンになっていたが、p=30，20のときはパターン226のグループに入っていた。このように、pの数を増やしたり、減らしたりするとパターンが移動するのが分かる。パターン322はパソコン関連の商品と同時に購入されやすいイメージがあるが、パターン226といった全く想像もつかないグループに属している。だから、実際にpの数を変化させて、パターンがどのグループに属しているのかということを確認すると精度の高い分析ができると思う。

3.5 予想もしない組み合わせ

表 1: パターン226と予想もしない組み合わせ

パターンNo	関連数
パターン161	27
パターン192	23
パターン331	19
パターン97	12
パターン193	9
パターン96	7
パターン292	7
パターン188	6
パターン195	6

表 2: パターン273と予想もしない組み合わせ

パターンNo	関連数
パターン63	3
パターン90	3
パターン420	3
パターン48	2
パターン143	2

表1はパターン226が中心のとき、結び付いているパターンにはパターン161, パターン192, パターン331などがあり、パターン226となかなか接点、共通点がないのにたくさん購入されている。また、レイアウトから見てもパターン226と他のパターンはお互い近いところに配置されていない。遠い所に配置されていても、関連数が多いのは興味深い。表2のパターン273も同様である。

パターン113はブロック4に配置されていて、パターン157はブロック3に配置されている。パターン476とパターン196は両方ともブロック3に配置されている、パターン235はブロック2にパターン154はブロック3に配置されている。これらの予想もつかない組み合わせは、お互い近い位置に配置されていないことが分かる。ホームセンターの方もパターン同士に接点、共通があるものは近くに配置しているようだ。しかし、来店客が隠れた組み合わせを複数個購入するには何らかの意図があると考えられる。このような来店客の心理、購買意欲をわくようなレイアウト作成を追求していかなければいけないと思う。

3.6 考察

これらより、読み取れたことは3つある。

- 1つめは、大きく分けてパターン226, パターン113, パターン476, パターン235を中心とした4つのグループに分けられる。これらのグループはホームセンターにおいて重要なアイテムだと考えられる。そして、これらは各部門の代表的なパターンと言ってもよいだろう。複数個来店客に商品を購入してもらえるには、これらのパターンをうまく配置させること大切である。そうすれば商品の買い上げ点数は一層増加すると考える。
- 2つめは、パターン226が一番ノード数が多かった。これは、パターン226が消耗品であるため他の商品と同時に購入されることが多いと考えられる。ほぼ全てに言えることだが、中心にくるメディアンは消耗品であるものが多い。だから、来店客は買い溜めをするといった現象が起こり、関連数が比較的増えるのではないかと考えられる。
- 3つめは、メディアンが30, 20の時、自分自身の1つにしかノードがでているものはなかったが、メディアンの数を50のときには9パターンあった。これらは、他のパターンとの関連数が少ないため、単独で成り立つ方が良いという結果になっている。つまり、他のパターンとあまり接点がないと考えられる。

4 クラスタ分析

4.1 目的

クラスタ分析を行い、511種類あるパターンを結び付きがあると思われるいくつかのグループに分ける。最適な店舗レイアウトを作成する為に、分析によって作成されたグループを参考にするのが目的である。この分析を行うことで、既存のグループ分けが正しいか判断する材料にもなる。

4.2 アプローチ

今回の研究対象で分析に与えられている情報は、関連表のみである。この関連表の各数値は、来店客がどのパターンとどのパターンを同時に購入したかを表している。これはパターン同士の関係を表しているのので、この表を類似度行列と考えることができる。本来、数値が0に近いほど類似しているといえる。しかし、今回の関連表では、数値が大きいほど結び付きが強いことを表している。この矛盾点を、表中の最大数値から各数値を減算するという標準化処理で解決していく。また、メディアン問題とのリンクや、グループ数を変えることでグループの特徴がどう変化するか調査する為、k-mean法を用いる。今回はグループ数を25, 50, 100の3通りで比較する。グループ数を25に選択した理由は、実際に使われている部門数が25だからである。グループ数50と100は、その倍に変化させたらどうなるかを調べるためである。また、パターン同士の分析だけでなく、部門同士の分析も行う。部門間分析も行うことによって、大まかな配置を考える手段となる。今回はグループ数25と部門分析の結果を以下に示す。分析は、統計ソフトRを使用する。

4.3 標準化について

先程記述した、表中の最大数値とは439のことである。したがって『439 - 各数値』を計算し、類似度行列を作成する。この処理を行うことによって、関連があるものにより0に近い数値となり、矛盾点を解決できる。ただし、対角数値は0のままとする。

4.4 結果

標準化処理のもとで階層的クラスタ分析を行った結果は、以下ようになる。

表 3: 代表的なグループ例(グループ数: 25)

パターン番号	グループ番号	部門番号
全141パターン	1	
全132パターン	2	
パターン270	19	部門12
パターン272	19	部門12
パターン344	24	部門15
パターン345	24	部門15
パターン346	24	部門15
他4パターン	24	

4.5 グループ数25の考察

樹形図をもとに結果を分析していく。階層的クラスター分析では、クラスターの数を指定して樹形図を切断すると、個体がどのクラスターに属するかが決定する。グループ数を25にしたときの結果は、次のようになる。大まかに分けると、グループ1~7の多数パターンで構成するものと、グループ8~25の少数パターンで構成するものになった。グループ8~25にみられる傾向は、用途に関連があると思われるパターンで構成していたことである。

4.5.1 グループ15について

例えば、部門10を中心にしたグループ15が挙げられる。これは、生活場面ごとに区分された現在のレイアウトによるものだと考えられる。現在のレイアウトでは、部門10の殆どは同じ場所に配置されているため、これらを目的買いとする来店客が同時に購入したと思われる。そうすることで、店舗側は、来店客について買いを促すといった効果が表れている。来店客側のメリットは、関連している商品が近くに陳列されているため、用途がイメージしやすく、何よりショートタイムショッピングを可能にしてくれることである。また、他部門のパターン370や469について注目してみる。部門20のパターン469は、部門10と他部門であるが、用途を考慮して同じゴンドラに陳列されている為、来店客が同時に購入しやすい環境である。しかし、部門15のパターン370は、部門10と隣接していないにもかかわらず、同じグループに属された。離れたゴンドラで陳列されていても、来店客の購買目的の商品があれば、そこに足を運ぶことは確かである。したがって、これを考慮して部門15を部門10の近くに配置を変更すれば、来店客が同時に購入する確率は、より高くなるのではないかと考えられる。こうした要因が、グループ15を構成した理由であると考えられる。

4.5.2 グループ19~23について

次に、グループ19~23を注目してみる。これらのグループは、部門12のみで構成されている。現在のレイアウトでは、部門12は、比較的入口に近い位置に配置されている。隣接する部門は、部門10や部門18であるが、同時に購入される傾向は少ない。グループ19,21,22,23が独自のグループを構成していることから、これらの商品を購入目的とする来店客は多いと考えられる。これらの商品は、コンビニエンスストアやドラッグストアなどと競合する商品である。品目を増加させるなどの対策をすれば、これらを購入目的とする来店客の来店頻度が増え、店舗としての信頼も得られるのではないだろうか。

4.5.3 グループ6,24について

また、グループ6,24を見てみる。グループ6は、部門2,3,4,6,15で構成されている。現在のレイアウトでは、部門2,3,4,15は隣接配置されている。これらの部門は、ある部門のパターンと他部門のパターンと一緒に陳列されている。逆に、部門4のように同じ部門でもゴンドラが離れているものもある。これは、店舗側が部門の域を超えて、用途に合わせた配置を行ったからである。すなわち、店舗

側の都合による配置ではなく、来店客が商品を使う場面を考慮した、来店者立場に立った配置である。グループ24は、部門15のみで構成されている。このことから、グループ6,24のようなホームセンターの重要なアイテムを同時に購入する来店客は、多いということが分かる。やはり来店客は、専門性の強い商品を取り揃えているホームセンターにおいて、購入目的以外の商品をあまり購入していないということが、こうした結果からも見てとれた。最寄品と買回り品を同時に購入するといったような、ワンストップショッピングは少ない傾向にあると思われる。

4.6 部門間分析

標準化処理を行い、クラスターの数を6に指定して部門間のクラスター分析を行った結果は以下のようなになる。

表 4: 部門間分析

部門番号	グループ番号
部門3	3
部門4	3
部門6	3
部門23	3
部門5	4
部門14	4
部門19	4
部門8	5
部門18	5

特徴のあるグループについて考えていくとする。まず、グループ3について見ていくと、部門3,4,6,23などのパターンで構成されている。現在のレイアウトを見ると、部門3,4,23は隣接に配置されている。また、パターン同士の分析でみられた部門3,4,6が同時に購入されるという傾向も表れていた。次に、グループ4について見ていくと、部門5,14で構成されていた。現在のレイアウトを見ると、これらの部門は比較的近くに配置されている。特に、用途も比較的似ているため部門5,14は隣接されている。最後に、グループ5については、部門8と18は同じ最寄品で隣接配置されており、売場スペースも十分確保されている。よって、大まかな傾向ではあるが、生活場面ごとに区分されている現在のレイアウトに沿ったグルーピングとなっていることが分かる。したがって、現在の部門配置は正しいと言える。

5 最適店舗レイアウト

5.1 アプローチ

現在、ホームセンターのパターンは部門ごとに配置されているのが主である。部門は、おおよそ用途によって分けられているため、まとめられて配置されている。そこで今回は、部門の位置は変えずに、部門内のパターン配置だけを考える。このとき、隣接する部門とパターンの関連や同じゴンドラに陳列されているパターン同士の関連を基にレイアウトを作成する。すなわち、来店客が店内を周遊する時、通路側に最も購入されやすいとされ

る商品が陳列されていれば，来店客をその Gondola に誘導できる．さらに，部門は異なるが関連の強いと思われる商品を近くに陳列することによって，来店客の動線距離を伸ばすことができ，買い上げ点数の増加を誘発できる．また，各パターンの Gondola 数は考慮する．

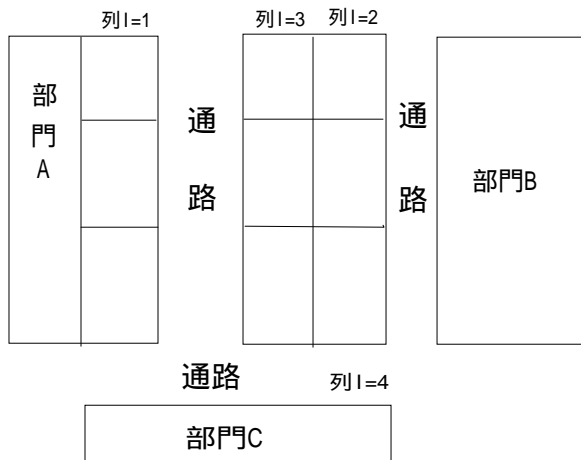


図 3: モデル図

上図のようなレイアウトがあるとする．このとき行うことは

- 部門内のパターン同士の関係を見る
- 隣に存在する部門との関係を見る
- 部門内で通路を挟んだ向かい合う棚と関係を見る

上記の3つの考え方をういて，最適店舗レイアウトを考える．今回の場合は， $\cdot \cdot \cdot$ には，部門Aと結び付きが強く，パターン間の結び付きも強いものを置く． $\cdot \cdot \cdot$ には対面している $\cdot \cdot \cdot$ と関連の強いものを置き，パターン間の結び付きも強いものを置く． $\cdot \cdot \cdot$ には，部門Bと結び付きが強く，パターン間の結び付きも強いものを置く．さらに， $\cdot \cdot \cdot$ には，部門Cとの結び付きが強いものを置くこととする．しかし，列 $l = 1$ の棚と列 $l = 2$ の棚，列 $l = 2$ の棚と列 $l = 3$ の棚間では関連性は考えない．

511種類のパターン同士の関連数，各パターンと部門1~30までの関連数のデータを基に定式化し，最適化ソフトウェアWhat's best!9.0で解いた．

5.2 記号の定義

5.2.1 添字,定数の定義

- i, j : パターン ($i, j = 1, 2, \dots, 11$)
- l : 列 ($l = 1, 2, 3, 4$)
- c_{ij} : パターン i とパターン j の関連数
- d_{il} : パターン i と列 l の関連数
- g_i : パターン i に必要な Gondola 数
- t_l : 列 l の Gondola 数

5.2.2 決定変数

$$x_{il} = \begin{cases} 1 & \text{パターン}i\text{が列}l\text{に配置される} \\ 0 & \text{パターン}i\text{が列}l\text{に配置されない} \end{cases}$$

$$y_{ijl} = \begin{cases} 1 & \text{列}l\text{についてパターン}i\text{とパターン}j\text{に隣接することが望ましい} \\ 0 & \text{列}l\text{についてパターン}i\text{とパターン}j\text{に隣接することが望ましくない} \end{cases}$$

5.3 定式化

目的関数

$$\max \sum_{i=1}^{11} \sum_{l=1}^2 d_{il} x_{il} + \sum_{i=1}^{11} d_{i4} x_{i4} + \sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{11} c_{ij} x_{j1} x_{i3} + \sum_{l=1}^4 \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} c_{ij} y_{ijl} \quad (7)$$

目的関数は部門間，パターン間での関連数の総和である

制約条件

$$\sum_{l=1}^3 x_{il} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, 11 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{11} x_{il} x_{i4} = 1 \quad l = 1, 2, 3 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{11} g_i x_{il} = t_l \quad l = 1, 2, 3 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^{11} x_{i4} = t_4 \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^{11} y_{ijl} = x_{il} \quad i = 1, 2, \dots, 11 \quad l = 1, 2, 3 \quad (12)$$

$$y_{ijl} \leq x_{il} - x_{il} x_{i4}$$

$$i = 1, 2, \dots, 11 \quad j = 1, 2, \dots, 11 \quad l = 1, 2, 3 \quad (13)$$

制約条件の説明

- 制約条件(8): 1つのパターン i は1つの列に配置される
 制約条件(9): 列 $l = 1 \sim 3$ に属するのは1つのパターンしかない
 制約条件(10): 1列の棚に並べなければならない Gondola 数
 制約条件(11): 列 $l = 4$ の棚数
 制約条件(12): 選ばれた列にパターンを置く
 制約条件(13): 選ばれたパターン同士で関連をみる
 上で示した定式化は0-1非線形整数計画法である．

5.4 実行結果

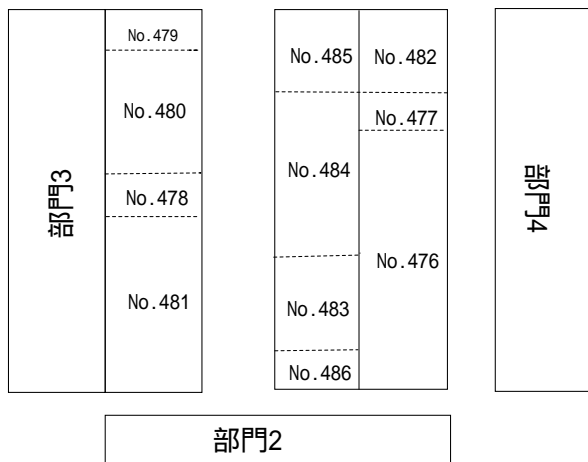


図 4: 変更前部門23のレイアウト図

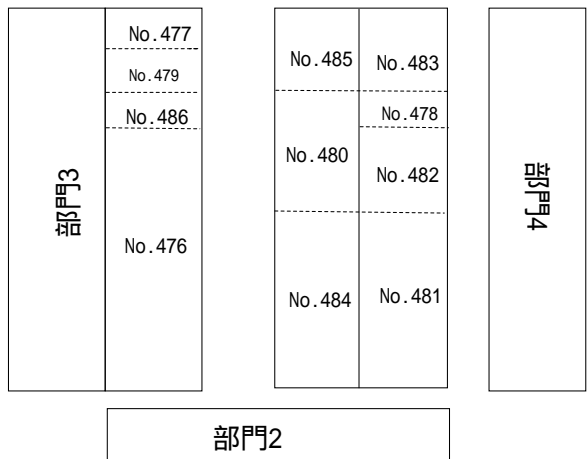


図 5: 変更後部門23のレイアウト図

部門23について上の定式化に基づいて11パターンの配置を行った。図3のモデル図より、部門Aは部門3、部門Bは部門4、部門Cは部門2のことを表している。部門23のパターン変更前のパターン間の関連数は57で部門間、棚間の関連数は658で総関連数は715であった。それに対して、変更後のパターン間の関連数は92、部門間と棚間の関連数は790で総関連数は882であった。結果として変更後の方が変更前と比較して関連数が大きくなった。パターンの配置を変更した結果、部門2と部門3の両方の部門と関連があるのはパターン476、部門2と通路をはさんだ棚(パターン476,パターン477,パターン479,パターン486)と関連があるのはパターン484,パターン480,パターン485,部門2と部門4と関連があるのはパターン481であった。また、パターン476と関連があるのはパターン477,パターン484と関連があるのはパターン480,パターン481と関連があるのはパターン478という結果になった。以下、関連があるパターンは隣に配置してレイアウトを作成し

ていく。

5.5 考察

今回の棚では下の方に配置されているパターン(パターン476,パターン484,パターン481)ほど来店客にたくさん購入されていると考えられる。上の方に配置されているパターン(パターン486,パターン485,パターン483)はあまり売れていないものと考えてよい。現在のレイアウトでは、パターン476は下の方に配置されており、部門4側に結び付いている。だから、パターン476は部門3側に結び付ける必要がある。棚の上の方に配置されているものは現在のレイアウトと解く前と比較してほとんど同じパターンが配置されている。しかし、パターン483はパターン484より売れていないので下の位置に配置するのは間違いであるとする。よって、実行後のパターン483は部門4側の一番上に配置しなければいけない。また、変更前と変更後では総関連数は167も差があったので、変更後のレイアウトを実践すれば商品の買い上げ点数が増加できると思う。

6 おわりに

今回は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。本研究では、メディアン問題とクラスター分析の結果を基にレイアウトを作成したわけではない。だから、メディアン問題やクラスター分析の結果を全て活かせることができれば、一層買い上げ点数は増加できると考えられる。そして、レイアウトを作成したのは現在配置されている部門内でパターンを変更しただけである。今後の課題としては、全体のパターンのレイアウトを考えることが残っている。部門8や部門18のような棚の数が多いところではパターンを並び替えるのはとても複雑であり、時間もかかってしまう。しかし、まだ来店客の視点に立ったレイアウトを実践しているホームセンターはほとんどないことから、一日でも早く実践してもらえよう願う。

参考文献

- [1] 福島雅夫: 数理計画入門, 朝倉書店, 1996.
- [2] 小和田正, 澤木勝茂, 加藤豊: OR入門, 実教出版株式会社, 1984.
- [3] 倉知あすか, 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, 2005年度南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文.
- [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I, 朝倉書店, 1991.
- [5] 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.
- [6] 永田靖, 棟近雅彦: 多変量解析法入門, サイエンス社, 2001.