

# 店舗内における客の移動距離を考慮した商品配置の提案

## ～ K電気k支店を例として～

近江 明成 (沼田 一道 准教授, 田中 健一 助教)

### 1. はじめに

#### 1.1 本研究の背景

近年, 大型小売店舗の進出が著しい[1]. 特に電化製品は, 郊外・都心ともに, 広大なスペースあるいは多数の店舗郡からなる大型電気店が集客を競い合っている. 大型小売店は網羅的な品揃えによる利便性, 大量取扱い効果による低価格性で成長を続けてきたが, 客の立場からすると店内での購買行動に時間がかかるという面もある. 実際, 商品AとBを買う場合, Aを買ってからBの売場まで長い距離を移動しなければならないということもある. また, 求めている商品の売場が中々見付からないという場合もある.

#### 1.2 本研究のねらいと目的

大型小売店舗の場合, 売場における商品カテゴリの配置が各商品の目に付き易さに与える影響は大きい. また, 配置を工夫することで店内での客の移動時間を短縮することが出来る. 商品を探しやすく移動の負担の少ない商品配置は, 店の魅力を向上させ店の良さをアピールすることができると考えられる. 例えば, 単品購入頻度の高い商品であれば, 出入口・レジ付近に置くことが移動時間の軽減に繋がる. 同時購入頻度の高い2つの商品であれば, 互いに近くに置くことで移動時間の軽減が期待できる. しかし, 購入頻度の高い全ての商品を出入口・レジ付近に置くことは出来ないし, 同時購入頻度の高い商品同士の全ての組み合わせを近隣に置くことも不可能である.

本研究では, 購入レシートの控え(ジャーナル)から単品購入頻度と同時購入頻度を推定し, 平均的な客の期待移動距離を最小化する商品配置を求める問題を考える. 以下では, 問題を定式化し, 求解方法を提案・実行し, 実際の配置と比較・考察する.

### 2. K電気k支店の現状と問題設定

全国に約230店展開するK電気は, 2008年3月に全県出店を達成する. k支店では, 休日になると人の混雑が激しくなる. さらに, 商品の種類が多いために, 売場の分かりにくさが問題となっている.

k支店は約2400平方メートルの売場2フロアからなり, それぞれ25~30種類程度のカテゴリを扱っている. 作業を進める上で以下のような前提を置く.

- ・ 商品カテゴリ数は類似のものをまとめて各フロアとも24個とする.
- ・ 各フロアを  $10 \times 10$  のマス目に分割し, 各マス目に商品1カテゴリを配置するものとする. 出入口とレジを除く74個のマス目は通路である.
- ・ 出入口とレジは固定する.
- ・ フロアごとの受け持ちカテゴリ(各24個)は固定とする.
- ・ どの商品をどのマス目へ置くことも許されるものとする(商品の大きさは考えない).
- ・ 単品/同時購入頻度は2007年の1月~10月分の計6000人分のデータから推定する.

### 3. 二次割当問題(QAP: Quadratic Assignment Problem)への定式化

本研究では, 平均的な客の期待移動距離を最小にする商品配置を求める問題を二次割当問題として定式化する. 二次割当問題とは,  $n$ 個の要素を  $n$ 個の場所に置くとして, 各2要素間の結びつきの強さとそれらが置かれた場所間の距離の積の和(全ての2要素の組について)が最小となる様な配置を求める問題である[2].

客の購買行動は、出入口から入り希望商品売り場へ行き、商品を持ってレジへ行き、支払いを済ませて出入口へ戻るという一連の動きである。ただし、レジから出入口への移動はすべての客に共通であり、商品配置には依らないので、目的関数から除外する。

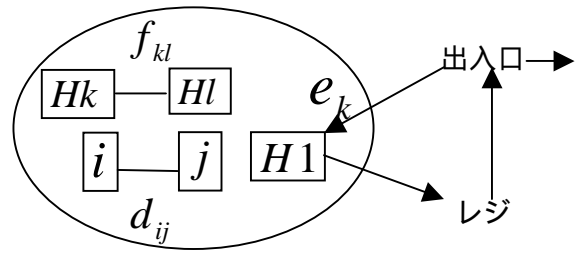


図1：購買行動パターン

ここで、定式化のための記号を導入する。まず、カテゴリ  $H_i$  の商品を単独で買う頻度を  $e_k$ 、二つの商品カテゴリ  $H_k$  と  $H_l$  を同時に購入する頻度を  $f_{kl}$  とする。後者の場合、 $k \rightarrow l$  と  $l \rightarrow k$  は同じ割合で出現するものとする。2つ以上の商品を買う場合もあるが、2商品の組に分解して  $f_{kl}$  に繰り返す。つぎに、配置場  $P_i$  と  $P_j$  間の距離を  $d_{ij}$  とする。ただし、出入口を 0、レジを  $m+1$  で表す。最後に、カテゴリ  $H_k$  を場所  $P_i$  におくか否かを 0-1 変数  $x_{ik}$  で表す。 $x_{jl}$  も同様である。カテゴリ  $H_k$  と  $H_l$  の商品を同時購入する場合の移動距離はそれらが置かれた場所  $P_i$  と  $P_j$  間の距離  $d_{ij}$  であり、 $i, j, d_{ij}, x_{ik}, x_{jl}$  で与えられる。これに  $f_{kl}$  を乗じたものがカテゴリ  $H_k$  と  $H_l$  の同時購入による期待移動距離である。

以上の記号を用いると、平均的な客の期待移動距離を最小にする商品配置を決定する問題は以下のように定式化される。

$$\begin{aligned}
 \text{(QAP)} \quad & \min \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n (d_{0i} + d_{i25}) \cdot e_k \cdot x_{ki} & (4.1) \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n (d_{ij} + \frac{d_{0i} + d_{0j}}{2} + \frac{d_{i25} + d_{j25}}{2}) \cdot f_{kl} \cdot x_{ik} \cdot x_{jl} & (4.2) \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n x_{ik} = 1 \quad (k = 1 \cdots n) & (4.3) \\
 & \sum_{k=1}^n x_{ik} = 1 \quad (i = 1 \cdots n) & (4.4) \\
 & x_{ik} \in \{0, 1\} & (4.5)
 \end{aligned}$$

(4.1)式の第1項は単品購入による重みつき移動距離の総和である。0と25はそれぞれ出入口とレジを表している。第2項は同時購入による重みつき移動距離の総和である。両者の和を最小化する。制約条件(4.2)式は商品カテゴリ  $k$  を必ずどこか1つの場所に置くことを、(4.3)式はどの場所  $i$  にもある商品カテゴリが置かれることを表す。(4.4)式は決定変数を示し、商品  $k$  を場所  $i$  に置くと  $x_{ik} = 1$ 、そうでなければ  $x_{ik} = 0$  と定める。

$d_{ij}$  の求め方は、各々の配置場所間においてマンハッタン距離を用いて求める。マンハッタン距離と言うのは図2に示した様に左下の場所から右上の場所に行く場合、どちらのルートを通っても同じ距離になることである。そして、マス目を斜めに進むことはできない。よって、どのようなルートを通っても同じ距離になるのがマンハッタン距離である。

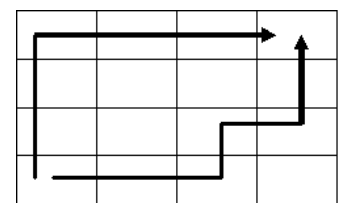


図2：マンハッタン距離

$f_{kl}$  の求め方は、レシートの控えの情報を元にデータを取り、取ったデータを数値にして求める。そして、数値にするために、 $n$ 個の商品を購入したのに対して  $n!$  通りの購買行動パターンがあるため、 $n!$  通りの購買行動パターンでの確率を全て計算して求める。

## 4. 解法

局所探索法を用いて、本研究の目的である良い商品配置を求める。まず、距離の行列と頻度の行列のデータをそれぞれ作成しておく。次に作成した2つの行列のデータをDelphiで作ったプログラムに読み込ませる。最後に結果を出力させ、元の商品配置とどの様に値が変わったのかを調べる。

## 5. 数値実験

### 5.1 実験概要

良い商品配置を求めるために、本研究で作成したプログラムを用い数値実験を行う。距離の行列と頻度の行列を用意した。さらに、 $S_n = 24$ 、 $H_n = 24$ に、出入口とレジを入れた $26 \times 26$ の行列を $2F \cdot 3F$ の2つを用意した。用意した行列をプログラムに読み込ませ、計算結果を求める。数値実験の計算結果を、元の商品配置と求めた商品配置についてそれぞれ比較する。

### 6.2 実験結果・考察

実験結果を以下の図表で示す。尚、図の白い部分は通路を表している。本研究では、表1・表2の右斜め半分の数値しか使用しないため、半分の部分しか数値を表示していない。表の空白の部分は0を示している。

	H1		H2		H3		H4		
									H5
H6		H7		H8		H9		H10	
			H11		H12		H13		
H14									
	H15		H16		H17		H18		レジ
			H19		H20		H21		
	H22		H23			H24			出入口

図3: 元の商品配置(2F)

	H1			H2			H3	H4	
H5		H6		H7		H8		H9	H10
H11		H12					H13		
				H14		H15	レジ		H16
H17		H18							
H19		H20		H21		H22		H23	
				H24					出入口

図4: 元の商品配置(3F)

出入口	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	レジ														
出入口	161	51	124	20	362	99	323	75	73	232	66	39	100	72	48	42	36	62	42	46	47	73	422	370	4662														
H1		12																																					
H2			9	61	52	16	2	6	11	44	22	13	4	2	2	67					18	7			11	76													
H3				6	19	12	6	44	7																	45	164												
H4					7	5																					33												
H5						17	90	18	6	46	7	3	92	122							152	2		121	81	4	43	588											
H6							17	45		46	65	41	9	58							7	7	2	6	44	10	4	57	205										
H7								5	12	17			7	7											13			17	395										
H8									7	12	41		2	43	2														6	116									
H9										12	7		67	3							7	3		2	47				49	123									
H10											41	2	9	50	3	2					9	3	2	7					12	289									
H11												18	94	7		20	9	2	41	52	47	2	10	143					2	10	143								
H12												7	7			5	2			45	9		44	69							44	69							
H13														96						13	94	3	4	30	96					6	251								
H14															3					128	2	48	139	160						2	366								
H15																3	3															45	45						
H16																																	46						
H17																																	7	59					
H18																																	2	227					
H19																																	2	6	48				
H20																																	2	6	48				
H21																																	2	6	48				
H22																																		2	6	48			
H23																																			2	6	48		
H24																																				2	6	48	
レジ																																				2	6	48	
出入口																																					2	6	48

表1: 2Fの頻度表

	H16		H17		H15		H19		
									H23
H4		H2		H8		H9		H10	
				H11		H14		H13	
H20									
	H3		H22		H21		H5		レジ
				H6		H18		H7	
H12		H1				H24			出入口

図5: 提案する商品配置(2F)

出入口	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	レジ	出入口	
H1	147	24	26	61	118	41	127	32	584	36	30	193	189	118	128	147	90	193	5	196	26	340	106	85	409		
H2		15	22	17	7	3	14	16	34	4		4	14	30						9		26		2	207		
H3			23						9	7	7									7		9			46		
H4				3	3	2			13	3	7	3	11	13		4	2			7		11			64		
H5					7				50	33	13	3	15	13	9							5		41	125		
H6						40	47	29				3	50	4	50							6		9	167		
H7							2	4																3	46		
H8								36	32	3		4	36	64	41		4	4				9		41	207		
H9									32			34	80	55			2					9		41	195		
H10												10	35	11	9		9				5		36	2	588		
H11												42	41	41		2	3					11	3	4	86		
H12															2						12	2	5	9	32	49	
H13												5	5	5	8	2	2	2	2	2	2	14			178		
H14												29	29	5	3							17			307		
H15													2									2	5	41	207		
H16														3							3	25	3		241		
H17																									162		
H18																						5	2	107			
H19																									161		
H20																									5		
H21																										178	
H22																										2	38
H23																										3	268
H24																										19	139
レジ																										139	

表2: 3Fの頻度表

	H19			H6		H10	H16	
H2		H3		H8		H7		H15
H11		H4						
				H14		H1	レジ	H9
H17		H24						
H21		H23		H20		H12		H22
				H18				出入口

図6: 提案する商品配置(3F)

元の商品配置と提案する商品配置での総延移動距離の差は表3に示す通りである。表から読み取れるようになりに改善されている。

	2F	3F
元の商品配置(人・m)	113,118	83,197
提案する商品配置(人・m)	86,375	72,902
総延移動距離の差(人・m)	26,743	10,295

表3: 実験結果

表1, 表2, 図3 ~ 図6から単品購入頻度だけ

でなく、単品購入頻度・同時購入頻度の両方を踏まえた上で商品配置が改善されていることが読み取ることが出来る。2Fの方ではH23の頻度が一番高いが、H23は他の商品と一緒にも買われることが少ないために、出入口からもレジからも遠くない場所に配置されていることが見て考えられる。そしてその他の商品については、一緒にも買われることが多い商品同士は近くに配置されていると言える。さらに、3Fの方でも同様のことが言えるような配置になっていることが考えられる。しかし、ほとんど買われていなく、購入頻度の少ないものは出入口から最も遠い場所に配置されていることが読み取れる。これは、類似商品をまとめてしまったために、差が出てしまったのではないかと考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、単品購入頻度と同時購入頻度を求めてお客様の購買行動パターンに応じた良い商品配置を考え、二次割当問題として定式化の後、局所探索法を用いて新たな商品配置を提案した。そして、元の商品配置と比較し有用性を確認した。実験の結果、総延移動距離を改善させることが出来た。本研究で提案した商品配置によって、全てではないがお客様の購買行動パターンに応じた商品配置が出来たのではないかと考える。

(1) 本研究では、商品カテゴリ数を24として考えたが、より実用的なものとするにはもっと細かく種類を分けて考える必要がある。

(2) 本研究では、商品の大きさ関係なく統一して考えたが、より実用的なものとするには商品の大きさを考えて配置を考える必要がある。

### 【主要参考文献】

[1] 東洋経済新報社: 全国大型小売店総覧,

<http://www.toyokeizai.co.jp/data/databank/ogatakouri/index.html> アクセス日 2007/8/30

[2] QAPとは: 定義 アクセス日 2008/1/14

<http://mikilab.doshisha.ac.jp/dia/research/report/2006/0504/004/report20060504004.html>