コンビニエンスストアにおける効率的な商品の配置

2016SS062 齋藤郁弥

指導教員：福嶋雅夫

1　はじめに

現代ではコンビニエンスストアは生活に欠かすことはできないが，客でいっぱいの店舗を目にすることも少なくない．混雑をどのように緩和できるかを考えたとき，店舗を訪れる客の特性に合わせて商品を陳列することができれば客の店内での滞在時間を減らすことができると考えられる．本研究では，コンビニエンスストアの商品の陳列をどのようにすれば客の移動距離が総体的に少なくなるのかという問題を考察する．

2　方針

商品の陳列パターンをいくつか用意する．客ごとに買い物に必要な移動距離を求め，どの陳列パターンが客全体として移動距離を少なくできるかを調べる．

実際の客データから各々の客が何を求めて来店するかは事前に決まっているものとする．また，客が商品の位置を知らないとすると移動距離の計算ができないため，商品の位置は知っているものとする．レジは 1 つだけとする．

客が入店し目的の商品を取り，レジで支払いをすませて店を出る．そのとき客は最短距離で欲しい商品をピッキングすると仮定すれば巡回セールスマン問題として扱うことができる．そのための準備として商品の棚の位置の特定や棚の間の移動距離を求める．これらを求め準備ができた後，客 1 人に対し 1 つの巡回セールスマン問題を考える．

各陳列パターンに対して客ごとの移動距離を求め，得られた客の移動距離の分布をもとに陳列パターンの比較，評価を行う．関連文献として，倉庫における品物の配置方法を巡回セールスマン問題を用いて評価した柚木 [2] がある．

3　用語の定義

ある商品を陳列する 1 つの区間を棚と呼ぶ．棚には店全体での通し番号が付けられておりそれを棚番号と呼ぶ．

棚のまとまりを島と呼ぶ．島にも 2 種類あり，いくつかの島が平行に並んでいる島を標準的な島，標準的な島に対して垂直な島を特別な島と呼ぶ．また，標準的な島の中でも両端の島は特殊な形をしている．すべての標準的な島には番号が付いておりそれを島番号と呼ぶ．

両端の島を除いて，標準的な島には裏表がある．レジから見て右側を表側，左側を裏側と呼ぶ．ただし，レジから見て一番右側の標準的な島は裏側，一番左側は表側しか存在しない (図 1)．島の間の客が歩く場所を通路と呼ぶ．

4　棚の位置の特定

棚番号から，その棚が店内のどこにあるのかを知ることは重要である．棚の位置が特定できることで，ある商品をピッキングした後，つぎの商品の棚に移動する距離を求めることが可能になる．

4.1　記号の定義

以下のように定義する．

- $l \in \{1, 2, \dots, L\}$: 標準的な島の番号
- $m \in \{1, 2, \dots, M\}$: 標準的な島の裏表それぞれの棚における位置番号
- $s \in \{1, 2, \dots, S\}$: 特別な島にある棚の位置番号
- $k \in \{0, 1\}$: $k = 0$ は島の裏側，$k = 1$ は島の表側
- $a \in \{1, 2, \dots, 2(L-1)M + S\}$: 棚の通し番号

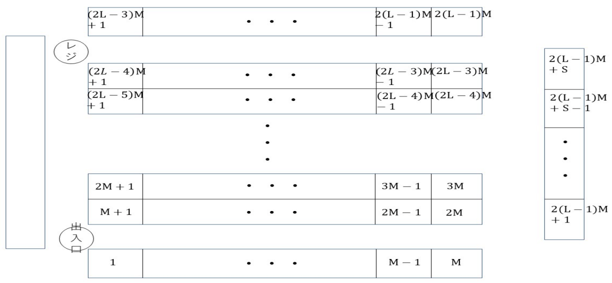

図 1　売り場の見取り図

これらの記号を用いて棚に通し番号を付ける (図 1)．

4.2　標準的な島にある棚の位置の特定

棚の通し番号 a が $a \leq 2(L-1)M$ を満たすとする．

Step1 $m = a(mod\ M)$ を求める．

Step2 $m = 0$ のとき $m = M$ とする．

Step3 $k = (a - m)/M(mod\ 2)$ を求める．

Step4 $l = 1 + ((a - m)/M + k)/2$ を求める．

このとき (l, k, m) は $a = 2(l-1)M - kM + m$ を満たし，通し番号が a の棚は島 l の棚の表側 $(k = 1)$ もしくは裏側 $(k = 0)$ の m 番目の位置にあることを示している．以下では標準的な島にある棚を $a(l, k, m)$ と表す．

4.3　特別な島にある棚の位置の特定

棚の通し番号 a が $a > 2(L-1)M$ を満たすとき，$m = a - 2(L-1)M$ とすれば，棚 a は特別な島の m 番目に位置することがわかる．以下では $a(m)$ と表す．

5　2 つの棚の間の距離

客がある標準的な島の棚の前に立っているとき，振り返ると隣の標準的な島の棚がある．したがって，2 つの標準的な島のあいだの通路を移動することで，それら 2 つの島の棚にある商品をピッキングできることに注意する．

d を通路間の距離，w を標準的な島にある隣り合う 2 つ

の棚の間の距離とする．そのとき，標準的な島にある 2 つの棚 $a(l,k,m)$ と $a(l',k',m')$ の間の移動距離は以下のように計算できる．

- 同じ通路上にあるとき，すなわち $(l=l',k=k')$ または $(l=l'+1,k=0,k'=1)$ または $(l'=l+1,k'=0,k=1)$ のとき $|m-m'|w$
- それ以外のとき, $\min\{m+m', 2M-(m+m')+2\}w+|l-l'-k+k'|d$

ここで，$\min\{m+m',2M-(m+m')+2\}w$ は異なる通路にある棚に移動するとき，島の手前 (レジ側) を回る場合と島の奥 (特別な島側) を回る場合を比べて距離が短い方を通ることを意味している．また，$|l-l'+k-k'|d$ は島の間の移動距離を表している．

特別な島の隣り合う 2 つの棚の間の距離を w' とする．特別な島は 1 つしかないため 2 つの棚 $a(m)$ と $a(m')$ の間の移動距離は $|m-m'|w'$ となる．

レジから見て一番右側の通路をレジ側から抜けたところに特別な島の一番右側の棚が位置するとする (図 1)．特別な島は 1 つしかないため，標準的な島の棚 $a(l,k,m)$ と特別な島の棚 $a(m')$ の間の移動距離は $(M-m+1)w+|(m'-1)w'-(l-k-1)d|$ となる．

6 商品ピッキング問題

ある客がピッキングする商品数を n とする．出入口を商品 0，レジを商品 $n+1$ と考え，$N=\{0,1,2,\ldots,n,n+1\}$ とする．商品 i から商品 j へ直接移動する場合の移動距離を c_{ij} とするとき，その客が購入するすべての商品 $i\in\{0,1,\ldots,n\}$ を最小移動距離でピッキング問題は巡回セールスマン問題として以下のように定式化される [1,3].

$$
\begin{aligned}
\text{最小化}\ & z=\sum_{i\in N}\sum_{j\in N\setminus\{i\}} c_{ij}x_{ij}\\
\text{制約条件}\ & \sum_{j\in N\setminus\{i\}} x_{ij}=1,\ i\in N\\
& \sum_{i\in N\setminus\{j\}} x_{ij}=1,\ j\in N\\
& x_{(n+1)0}=1\\
& y_i-y_j+(n+2)x_{ij}\le n+1,\\
& \qquad i\ne j,\ i,j=1,2,\ldots,n,n+1\\
& y_i\ge 0,\ i=1,2,\ldots,n,n+1\\
& x_{ij}\in\{0,1\},\ i\ne j,\ i,j=0,1,2,\ldots,n,n+1
\end{aligned}
$$

7 数値実験

実在のコンビニエンスストアの購入履歴から客 200 人分の購入商品のデータを集めた．各客に対する商品ピッキング問題を *Gurobi*[4] を用いて解き，その移動距離を求めた．

商品の陳列パターンとして以下の 3 つを考え，それぞれに対して移動距離ごとの客数の分布を求めた．購入商品数が 3 個以上の客 (82 人) に対する結果を図 2 に示す．

1. 購入数が多い順にレジ近くの棚に並べる陳列パターン
2. ランダムな陳列パターン
3. 実在する店舗の現在の陳列パターン

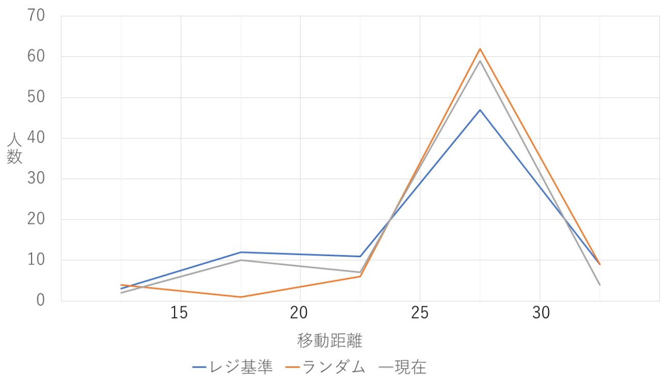

図 2 各陳列パターンに対する購入商品数 3 以上の客の移動距離の分布

8 考察

移動距離が大きい客の人数が少ないほど良い陳列パターンだといえる．図 2 において，まず人数が全体的に多い移動距離 25 ～ 30 に着目すると，陳列パターン 2,3 と比べ陳列パターン 1 では人数が 2 割ほど少ないことがわかる．次に移動距離 15 ～ 20 に着目すると，陳列パターン 2 より陳列パターン 1 と 3 のほうが人数が多いことがわかる．同様の傾向は商品購入数 2 以下の客にも認められた．このことから，現在の陳列パターンはランダムな陳列パターンより優れているが，これをレジ基準の陳列パターンにすることにより，さらに客の移動距離を減少できることがわかる．

9 おわりに

上で示した計算結果から，購入数が多い順に商品をレジ近くの棚に並べる陳列パターンが客の移動距離を減らすために効果的であることがわかった．今後は新たな陳列パターンとの比較や，実在する他の店舗に対する計算実験を行うことで，コンビニエンスストアにおける効率的な商品の配置について調べて行きたい．

参考文献

[1] 大野勝久，逆瀬川浩孝，中出康一，Excel で学ぶオペレーションズリサーチ，近代科学社，2015 年

[2] 柚木翔伍，倉庫における品物の効率的な配置，南山大学理工学部卒業論文，2017 年

[3] 沼田一道，汎用 MIP ソルバによる巡回セールスマン問題の求解：多項式オーダ本数の部分巡回路除去制約，オペレーションズ・リサーチ，Vol.56，pp.452-455，2011 年

[4] 久保幹雄，J.P. ペドロソ，村松正和，A. レイス，新しい数理最適化ー Python 言語と Gurobi で解くー，近代科学社，2016 年