

計画・非計画購買者を考慮した店舗内人流シミュレーション

Simulation of Planned/Unplanned Purchaser Flow using an Agent Model

山田 健司*¹
Kenji Yamada

阿部 武彦*¹
Takehiko Abe

木村 春彦*²
Haruhiko Kimura

*¹ 金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology

*² 金沢大学
Kanazawa University

This paper proposes a simulator of purchaser's flow in a supermarket using a multi-agent model (MA) that can deal with purchaser's characteristics such as "planned purchase" and "unplanned purchase". Arrangement of shelves in a supermarket, which is one of in-store promotion strategies, is extremely important, because many purchasers decide what to buy in a store, which is called "unplanned purchase" and thus the longer purchaser stays in a store, the more impulse buying occurs, which leads to increasing sales. However, it is not easy to experiment with several cases for determining the arrangement of shelves, because an experiment in an actual store requires a lot of money and a heavy load. Therefore we use MA to simulate the flow of purchasers in a store. Analyzing purchaser's flow using proposed simulator is useful for determining the ideal arrangement of shelves, which can increase the number of purchaser's steps in a store.

1. 序論

スーパーマーケットなどの小売店は、来店する買い物客に多くの商品を購入させるための働きかけをしている。例えば、POP 広告を用いて必要性を喚起する、買い忘れに注意を促して買い物客の購買意欲を促進するなどがある[加納 03]。一般に買い物客は店に在る時間が長くなるほどたくさん買う[Underhill 99]ため、買い物客の動きを誘導し滞留時間を高めることを考慮した店内レイアウトを考えることは重要である。しかし、買い物客の店内行動を予測することは困難であり、また実際の店内レイアウトを頻繁に変更しての実験は、陳列什器などの変更などでコストもかなり現実的でないという問題点がある。

そこで本研究は、店内の消費者行動を考慮したレイアウト決定問題にマルチエージェント(MA)を用いる。MA は、小売店の消費者行動のように消費者同士の相互作用により全体の挙動を分析する[森下 99]のに適している。MA を店内の消費者行動シミュレーションに応用した研究[野村 03]があるが、これは食品売場を主とした既存の配置の分析であり、本研究がねらいとする店内レイアウトと客動線との関係に注目したものではない。ここで客動線とは、購買しながら客が店内を歩いた軌跡のことを指す。本研究の目的は MA を用いて、店舗内人流シミュレータを構築することである。これを用いて、POP 広告の設置や、商品配置・店内レイアウトの変更が買い物客の店内の動きや滞留時間に与える変化を分析し、買い物客の店内での滞留時間を長くするような商品配置のレイアウト設計を考えるうえでの意思決定支援ツールとして利用することをねらいとする。

2. 購買者行動モデルの構築

本研究では2つの購買者行動を想定する。1 つは、計画購買者の行動である。これは、入店する前にどの売場へ向かい商品を購入するかが決まっいて、計画的に行動するものである[Abe 04]。もう 1 つは、非計画購買者の行動である。これは、これといって決まった商品を購入する計画がなく、店内の広い通路を歩いて売場を見ながら商品を購入していく。商品をよく見るために、ときおり立ち止まったりもする。両者においてはともに、値段や広告表示などの POP に購買意欲が刺激され、衝動買

いのように商品を購入したりする。また、客を避ける行動をとる。このような購買者の行動を特徴づける要素を以下に挙げる。

- (1) POP の効果に対する行動特性
POP により購買意欲を刺激され、計画や興味のない売場に立ち寄りたり衝動買いを起こす行動である。
- (2) 回避行動特性(視力)
周りに客がいた場合に客を避けるという行動である。

3. シミュレーションモデルの構築

対象とする購買者行動モデルをエージェントモデルにより実現する。シミュレーションモデルは、MAP、商品エージェント、計画購買者エージェント、非計画購買者エージェント、レジエージェントの5つの要素から構成されている。

3.1 MAP

MAP は一定の広さをもつ店内をコンピュータ上で表した 2 次元空間であり、正方形のセルの集合で表される。ここで POP の設置やレイアウト変更を行い、計画購買者エージェントや非計画購買者エージェントの滞留時間がどのように変わるのかを評価する。MAP には商品エージェント、計画購買者エージェント、非計画購買者エージェント、レジエージェント、分岐点が配置される(図 1)。なお MAP 上には商品棚や通路があり、配置された計画購買者エージェントや非計画購買者エージェントは MAP の通路上を移動する。

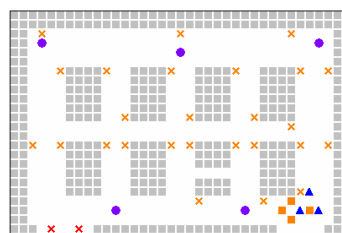


図 1 MAP の空間形状

▲: 計画購買者エージェント ■: 非計画購買者エージェント
×: 出口(レジ) ●: 分岐点 □: 商品棚 □: 通路

MAPのパラメータを以下に示す。

(1) ステップ

ステップは、本モデルの時間的変化を記述する最小の単位であり、1ステップの経過で計画購買者エージェントや非計画購買者エージェントが1単位の動きをする。

(2) 各購買者エージェント初期配置数

MAP上に初期に配置する各購買者エージェント数を表す。

(3) 各購買者エージェントの発生確率

1ステップごとに各購買者エージェントがMAP上に発生する確率を表す。

3.2 商品エージェント

1つの商品エージェントは、1種類の商品を表す。

(1) 扱う商品数

MAPに配置する商品エージェントの数を表す。

(2) 基本商品配置

基本となる商品配置を表す。

3.3 計画購買者エージェント

1つの計画購買者エージェントは計画購買者1人を表す。計画購買者エージェントは、2.で述べた購買者の行動特性を表すために、2つの状態をとるものとする。

(1) 入店前の状態

- 向かう売場の数とどの商品エージェントを購入するかを計画する行動計画状態

(2) 店内の状態(計画購買者)

- 計画にある商品エージェントの売場に向かう状態
- 計画にない商品エージェントの売場に向かう状態
- 到着して、次の商品エージェントの売場に向かう状態
- レジエージェントに向かう状態

次に、計画購買者エージェントの6つのパラメータを示す。

(1) 向かう売場の数

売場に向かう売場数を表す。この数に到達後、レジエージェントに向かう状態になる。

(2) 商品選択率

行動計画状態で商品エージェントが選択される確率を表す。

(3) 視力

2.購買者行動モデルでの(2)回避行動特性を表すものである。視力の範囲内に他の購買者エージェントがいれば、回避行動をとる。これは、店内にいる状態ならば常に行うものとする。

(4) POPの魅了度(計画購買者)

2.購買者行動モデルでの(1)POPの効果に対する行動特性を表すものである。POPの影響を受けるかどうかの閾値となる。

(5) POPの感受性

POPの影響を受ける度合いを表す。POPの感受性がPOPの魅了度より低ければ、計画にある商品エージェントの売場に向かう状態やレジエージェントに向かう状態から、計画にない商品エージェントの売場に向かう状態に変化する。

(6) 移動範囲

計画購買者エージェントの1ステップでの行動範囲を表す。

3.4 非計画購買者エージェント

1つの非計画購買者エージェントは非計画購買者1人を表す。非計画購買者エージェントは、2.で述べた購買者の行動特性を表すために、店内の状態(非計画購買者)をとるものとする。

これは、

- 始めにどの分岐点に向かうかを決定する状態
- 目標とした分岐点に移動する状態
- 次の分岐点を決定する状態
- 商品エージェントに立ち寄る状態
- レジエージェントに向かう状態

を指す。

次に、非計画購買者エージェントのパラメータを示す。

(1) 立ち止まる確率

店内の売場を見るために、立ち止まる確率を表す。

(2) 商品の魅力度

非計画購買者エージェントが商品に興味を持つ確率を表す。

(3) POPの魅了度(非計画購買者)

非計画購買者エージェントがPOPに引き寄せられるかどうかの閾値を表す。

(4) 視力

2.購買者行動モデルでの(2)回避行動特性を表すものである。視力の範囲内に他の購買者エージェントがいれば、回避行動をとる。これは、店内にいる状態ならば常に行うものとする。

(5) 分岐点訪問回数

店内を行動する際に何箇所の分岐点を廻るかを表す回数である。廻った回数により、店内を行動する状態か、レジエージェントに向かう状態かが決まる。

(6) 移動範囲

非計画購買者エージェントの1ステップでの行動範囲を表す。

(7) 商品エージェントに引き寄せられる確率

非計画購買者エージェントが商品エージェントに引き寄せられる確率の閾値を表す。

3.5 レジエージェント

1つのレジエージェントは、1つのレジを表す。店内における出口とするため、レジエージェントに到着した購買者エージェントはMAP上から削除される。

3.6 評価方法

計画購買者エージェントと非計画購買者エージェントが店に入ってから出までの行動回数を評価値として用いる。この行動回数をステップ数とする。

ステップ数は、多ければ多いほど各購買者の店内での滞留時間が長いことを意味する。店舗側からすると購買者の店内の滞留時間が長いことは、商品を多く買ってもらえる可能性が高くなることにつながるため、ステップ数は多いことが好ましい。

4. シミュレーション実験

ここでは、実験の目的、実験におけるパラメータ値の設定、シミュレーション手順、実験の種類、実験結果を示す。なお、シミュレータの構築には Windows XP と KK-MAS を用いた。

4.1 実験目的

ある商品配置を基本として、その商品配置を変えた場合、POP を設置した場合、レイアウトを変えた場合に各購買者エージェントの滞留時間がどのように変わるのかを調べる。

4.2 パラメータ値の設定

実験に際して、3. で説明したシミュレーションモデルのパラメータに設定した値を述べる。

(1) MAP のパラメータ設定値

MAP 上の計画購買者エージェント、非計画購買者エージェントは 1 ステップに 1 セルまで移動できる。本研究の MAP は縦 24 × 横 37 セルで構成される。

- 各購買者エージェントの 1 回の行動: 1 ステップ
- 各購買者エージェント初期配置数: 3 つ
- 各購買者エージェントの発生確率: 10%

(2) 商品エージェントのパラメータ設定値

- 扱う商品数: 26 個[中山 03]
野菜・果物 (2 個)、水物日記、パン、乳製品、菓子、惣菜、農海産物、鮮魚、調味料、肉、嗜好品飲料、練物日記、麺、冷凍食品、塩干、加工品、ケア用品、嗜好品食料、卵、アイス、キッチン、米、日用品、化粧品、ギフト
- 基本商品配置: 図 2 に記載



図 2 基本商品配置

(3) 計画購買者エージェントのパラメータ設定値

- 向かう売場の数: 1 ~ 5 箇所(ランダム)
- 商品選択率: 表 1 に記載[中山 03]
- POP の魅了度: 50%
- POP の感受性: 0 ~ 100%(ランダム)
- 視力: 自身を中心に 8 近傍 (1 セル分)
- 移動範囲: 上下左右の 4 方向 (1 セル分)
ただし、回避の際は 8 方向 (1 セル分)

表 1 商品選択率

	野菜・果物	水物日記	パン	乳製品	菓子	惣菜	農海産物	鮮魚	調味料
購買確率 (%)	14.1	8.9	7.7	7.3	6.0	5.8	5.4	5.1	5.1
	肉	嗜好品飲料	練物日記	麺	冷凍食品	塩干	加工品	ケア用品	
購買確率 (%)	5.0	4.1	4.0	3.4	3.4	3.1	2.6	2.4	
	嗜好品食料	卵	アイス	キッチン	米	日用品	化粧品	ギフト	
購買確率 (%)	1.9	1.3	1.1	0.9	0.5	0.4	0.3	0.1	

(4) 非計画購買者エージェントのパラメータ設定値

- 立ち止まる確率: 70%
- 商品の魅力度: 表 1 に記載
- POP の魅了度: 50%
- 視力: 自身を中心に 8 近傍 (1 セル分)
- 移動範囲: 上下左右の 4 方向 (1 セル分)
ただし、回避の際は 8 方向 (1 セル分)
- 商品エージェントに引き寄せられる確率:
商品の魅了度 + POP の魅了度

4.3 シミュレーション手順

始めに MAP 上に各購買者エージェントを 3 つずつ発生させておき、1 ステップごとに 10% の割合で各購買者エージェントを発生させる。各購買者エージェントを各々 100 に達するまで発生させ、そしてすべての購買者エージェントが削除された時点で 1 回のシミュレーションは終了する。この間、各購買者エージェントのステップ数を求め、シミュレーション終了時にそれらの総和を求める。本実験ではこれを 100 回試行して 100 回分の各購買者エージェントの平均ステップ数を求める。

4.4 実験の種類

基本、商品配置を変えた場合(配置 1, 配置 2), POP をつけた場合(POP1, POP2, 全体), レイアウトを変えた場合の 7 通りの実験を行った。

(1) 基本

図 2 の基本商品配置を用いた基本となる実験である。実験は、各エージェントにおけるパラメータ設定値を使用して、4.3 の手順で行う。ただし、POP は設置されていない。

(2) 配置 1

基本商品配置の野菜・果物を入り口付近にある日用品、化粧品、米の配置と入れ替えた実験である。購買確率の高い商品を入り口付近に配置した場合にステップ数に違いが出るかを調べるためである。

(3) 配置 2

基本商品配置の野菜・果物と塩干、嗜好品食料と入れ替えた実験である。購買確率の高い商品を入口奥に配置することで客は店の奥の売場に行きやすい人の流れになるのかを調べる。

(4) POP1

基本商品配置の乳製品と菓子の 2 箇所 に POP を設置した場合の実験である。

(5) POP2

基本商品配置の肉とパンの 2 箇所 に POP を設置した場合の実験である。

(6) POP 全体

基本配置の店内全体に POP を設置した場合の実験である。

(7) レイアウト

商品棚間の東西を貫く 4 つの通路を無くしたものである。

4.5 実験結果

7 つの実験結果を示す(表 2, 図 3)。

表 2 各購買者エージェントの実験ごとの平均ステップ数

実験の種類	実験の種類						
	基本	配置1	配置2	POP1	POP2	POP全体	レイアウト
エージェントの種類							
計画購買者エージェント	9115	8921	9241	9273	10201	9482	12691
非計画購買者エージェント	14658	14558	14769	15100	15439	15526	15043

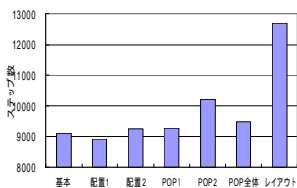


図3 計画購買者エージェントの実験結果

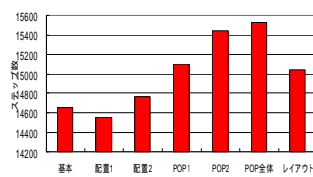


図4 非計画購買者エージェントの実験結果

両購買者エージェントにおいて配置 1 の実験では基本と比べてステップ数は少なくなり, 配置 2 では基本と比べてあまり変わらない結果になった. ただし配置 2 の計画購買者の動きは店内の奥の主通路を通る割合が増えたため奥の通路を通る人の流れになった.

計画購買者エージェントのステップ数は POP2 の場合とレイアウトにおいて基本よりも多くなった. 非計画購買者のステップ数は POP を付けた場合やレイアウトでは基本よりも多くなった. 配置を変えてのステップ数に変化はなかった. POP を設置した実験においては POP に引き寄せられて, POP 設置の売場へ寄り道していく人の動きを確認できた. また, レイアウト実験において店内の奥まで行っては手前に戻ってくる人の動きを確認できた. 例えば図 5 の ついた売場へ行く計画購買者エージェントの動線が図 6 のようになった.

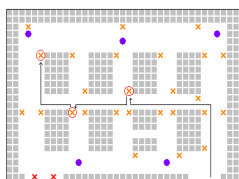


図5 基本実験のある計画購買者エージェントの動線

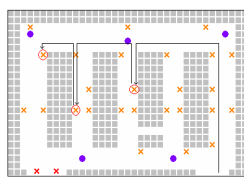


図6 レイアウト実験のある計画購買者エージェントの動線

5. 考察

配置 1 の購買確率の高い商品を出口から入口付近に配置した場合にステップ数が少なくなったのは, 基本配置の出口付近にあった場合は店内の左の通路まで行かなければならなかったのが, 配置 1 にすることで左の通路まで行く必要がなくなったためと考えられる. 一般に入口付近に購買確率の高い野菜や肉などを集中して配置すると売り上げが落ちるといわれている[加納 03]. 売り上げは客の店内の滞在時間に関連があるので滞在時間が減ったとも考えられる. 今回ステップ数を滞在時間と見立てているため, ステップ数が少なくなったこの結果は現実の現象を表すことができたと考えられる.

配置 2 における購買者エージェントの動きは入口の奥に購買確率の高い商品を配置したために基本に比べると入口奥に行く割合が増えたと考えられる. その結果, 奥の主通路を通る購買者エージェントが増え, 多くの購買者エージェントが店内奥の主通路を通る流れになったと考えられる. 主通路とは, 他の通路より広い通路の事を指す.

POP をつけることにより, 行く予定のない売場に寄り道をしていくためステップ数が増えたと考えられる. 特に POP2 の実験においては, 最後にパンの POP に誘われて, 隣の通路のパンの売場に向かうので同じ進行方向にある売場にひかれて寄り道をしていくよりもステップ数が増えるために, ステップ数が多くなったと考えられる. このときの人の動きは図7や図8のようになった. レイアウトを変えたことでステップ数が増えたのは, 例えば変更

前は横の通路に移動しやすいため動線が図 5 のようになっていたとすると変更後は横の通路へ移動しにくくなり, 店の奥に行ったら手前に戻ってきて売場に行くという図 6 の動線になったためだと考えられる. 縦の移動する回数が増えた分, ステップ数が増えたと考えられる.

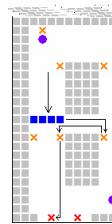


図7 レジ付近の購買者エージェントの動きその1

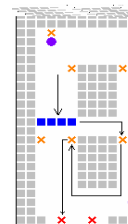


図8 レジ付近の購買者エージェントの動きその2

6. まとめ

スーパーマーケット内における買い物客の行動を再現するシミュレータを構築した. それにより POP の設置や店内レイアウトの変更などによる店内の購買者の流れや滞留時間の変化を確認することができた. その結果, POP の設置, レイアウトの変更により計画・非計画購買者エージェントの店内の滞留時間が延びることがわかった. POP の設置においては, レジに向かう客に対して POP で引き寄せて, 帰る前に新たに売場に行かせるようにすることで客動線をより長くすることができた.

客動線を長くするには, 店内の縦の行き来の移動を多くすることが効果的であり, 店内のレイアウトは縦に長くするようにすればよいことがわかった. また, POP 設置の売場へ寄り道していく動きやレイアウト実験において店内の奥まで行っては手前に戻ってくる購買者の動きを確認できた.

謝辞

KK-MAS を無償貸与して頂きました(株)構造計画研究所に深く感謝いたします. また本研究の一部は, 文部科学省科学研究費補助金(課題番号 17500164)の援助を受けている.

参考文献

- [Abe 04] Takehiko Abe, Kenji Yamada and Haruhiko Kimura : SIMULATION OF PURCHASE BEHAVIOR IN A STORE USING AN AGENT MODEL, The Fifth Asia-Pacific Industrial Engineering And Management Systems Conference (2004)
- [加納 03] 加納由紀子: 売れる「売場」はこうつくる, こう書房 (1998)
- [森下 99] 森下信, 山本英臣, 大高善光, 中野孝昭: セルラオートマトンによる小売店舗内購買シミュレーション, 日本計算工学会論文集 pp.149-154 (1999)
- [中山 03] 中山厚穂: POS データを活用した店舗内の売場配置の考察, オペレーションズ・リサーチ, Vol.48, No.2, pp.100-106 (2003)
- [野村 03] 野村耕太郎, 増田浩通, 新井健: エージェントベースドシミュレーションを用いたハイパーマーケットにおける食料品売り場の比較分析, 日本経営工学会秋季研究会大会予稿集, pp.140-143 (2003)
- [Underhill 99] Underhill: WHY WE BUY The Science of Shopping, obata, Inc. 1999 邦訳: 鈴木主税訳: なぜこの店で買ってしまうのか ショッピングの科学, 早川書房 (2001)