

MAS と GA を用いた商業施設の核店舗及び休憩場所の最適配置に関する研究

Study on Layout Optimization of Anchor Store and Break Place in Commercial Facility Using Multi Agent System and GA

○高田 大輔^{*1}, 山邊 友一郎^{*2}, 谷 明勲^{*3}
Daisuke TAKADA^{*1}, Yuichiro YAMABE^{*2} and Akinori TANI^{*3}

*1 神戸大学大学院工学研究科 大学院生

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kobe University

*2 神戸大学大学院工学研究科 准教授 博士(工学)

Associate Professor, Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

*3 神戸大学名誉教授 博士(工学)

Professor Emeritus, Kobe University, Dr. Eng.

Summary: According to the Japan Shopping Center Association, the total number of shopping centers in Japan has decreased for three consecutive years.

In addition to planning from the viewpoints of structure, design, and evacuation, it is also important to consider the daily operation of the facility, such as purchasing activities, when planning commercial facilities in architectural planning.

Therefore, in this study, we consider the resting behavior of shoppers by incorporating the concept of physical fitness of shoppers and plan the layout of core stores (stores that play a central role in attracting customers) and resting areas for a single floor of a commercial facility. First, a multi-agent system was constructed to reflect consumers' purchasing behavior when shopping. Next, we conducted a simulation from the time shoppers enter a store to the time they leave the store via the target store, and evaluated the number of times they passed in front of stores other than the target store.

The purpose of this paper is to examine the optimal arrangement of the core store and rest area that can utilize the attractiveness of the core store and encourage unplanned purchases to other stores, and the effect of rest behavior on shoppers' purchasing behavior.

キーワード: マルチエージェントシステム; 遺伝的アルゴリズム; 商業施設; 核店舗; 休憩場所

Keywords: MAS; GA; commercial facility; anchor store; break place.

1. はじめに

日本ショッピングセンター (SC) 協会¹⁾によると、国内のショッピングセンターの総数は、1970年代から2010年代半ばまで増加傾向が続いていたが、2018年の3220施設をピークに減少に転じて以降、3年連続して減少している。近年、インターネットショッピングなどの効率性を重視する買い物が発展していることもあり、実店舗を持つ商業施設では難しい経営局面を迎えている。

一方で、実店舗を持つ商業施設においては、買物動線長が非計画購買個数に影響している²⁾。そのため、購買客を動線的にも時間的にもより長く施設内に滞在させることで非計画購買を誘発するような空間構成や店舗配置が重視される傾向にある³⁾。また、商業施設では、休憩場所として通路にベンチを置く場合もあるが、数が十分ではなく、混雑時には埋まっていることも多い。そのため、購買客同士の交流も促すことができるスペースとして休憩場所の配置を考える必要がある。つまり、建築計画において、商業施設の計画を行う際には、構造やデザイン、避難面からの計画に加えて、購買活動などの日常的な施設運営面からの検討も重要であると考えられる。

商業施設内の店舗配置に関する先行研究として、長澤ら⁴⁾は、買い物客の追跡及び観察調査を行い、目的地がある状態と目的地がない状態の二つの行動特性に分類してシミュレーションモデルを構築している。また、阿部ら⁵⁾は小売店舗内での買い物客を計画購買者と非計画購買者の二つの属性に分類し、商品やPOPの魅力度を設定しモデル化することで店舗内のレイアウトやPOPの配置によって買い物客の店舗滞在時間や動線が変化することを検証している。また、楠本ら⁶⁾は、計画購買と非計画購買を行う購買客でシミュレーションし、購買客の心理状況を踏まえた評価でテナントの最適配置を検討した。しかし、これらの研究では、シミュレーションの際に買い物客の行動特性として、買物目的の有無を考慮しているが、年齢や性別などの属性を考慮していなかった。そのため、本研究では、より現実に則したシミュレーションとなるように、年齢・性別によって異なる体力という概念を取り入れた。その上で、本研究では、商業施設の1フロアを対象として、購買客の体力という概念を取り入れることで休憩行動を考慮し、核店舗(商店街やショッピングセンターなどで顧客吸引の中心的な役割を果たす

店舗)と休憩場所の配置計画を行う。多くの購買客が訪れる核店舗と休憩場所の配置を変えることで、購買客の行動に大きな影響を与え、これらの配置計画を行う最適化システムをGA⁷⁾を用いて構築した。

本研究では、核店舗の集客力を利用し、それ以外の店舗への非計画購買を促すことができる核店舗と休憩場所の最適配置と休憩行動が購買客の購買行動に与える影響について検討することを目的とする。

2. システム概要

GA の設計変数は、核店舗と休憩場所の位置とした。遺伝子情報によって決定された核店舗・休憩場所配置の下で、MAS を用いて購買シミュレーションを実施する。購買客は共通の行動ルールに従って買い物行動を行うが、核店舗と休憩場所の位置に応じて、ルート選定や退店のタイミングなどが変化する。全ての購買客の購買行動に基づいて、非計画購買を誘発する店舗の前を通過した数を、目的関数として定義し、値が大きいほど高く評価する設定でGAによる最適化を実行した。

2.1. フロア構成

対象空間の店舗配置を図1に示す。シミュレーション対象フロアは、アウトレット施設などの低層の店舗配置を想定して、50m×80mの商業施設の1フロアと設定し、10m×5mの店舗をフロアの外側に22店舗、フロア中央に18店舗の計40店舗配置する。出入口は4箇所(上側に出入口1と出入口2、下側に出入口3と出入口4)設け、購買客が入退店を行う。

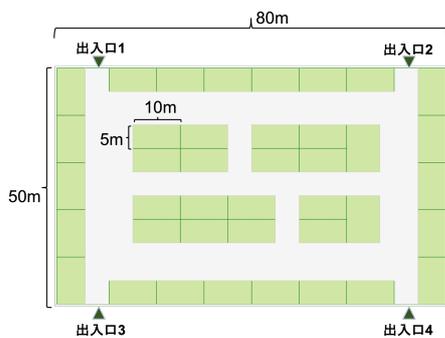


図1 対象空間の店舗配置

2.2. テナント構成

図1に示す40店舗の内、2店舗を核店舗、1~3店舗を休憩場所とし、その他の店舗を一般店舗とした3種類の店舗を配置する。核店舗の数は、複数の店舗同士の位置関係を最低限考察できるように2店舗とした。これらの店舗を40箇所の店舗位置に遺伝子情報に従って配置し、その後、複数の購買客が設定した行動ルールに基づいて購買活動を行う。

シミュレーション実行中の画面を図2に示す。図2中、

紫で示す場所に核店舗、黄色で示す場所に休憩場所、緑で示す場所に一般店舗を配置する。

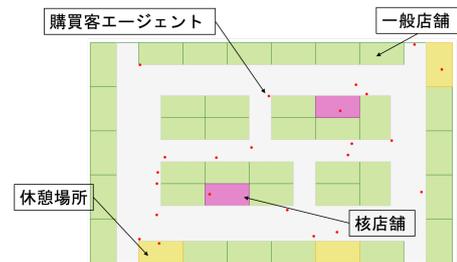


図2 シミュレーション実行中の画面

2.3. エージェント構成

1回のシミュレーションにおける購買客の総数を140人とする。一般店舗を35店舗、出入口を4つと設定したので、通過する通路に偏りが生じないようにしたため140人とした。これらのエージェントが100ステップ(10秒)毎に1人が出入口1~4から順番に入店する。実際の購買活動における計画購買にあたるものとして、2つの核店舗と1つの一般店舗を目的店舗としてあらかじめ購買客1人ずつに設定する。今回は、一般店舗には集客力の差はないものとし、購買客には核店舗と休憩場所を除く店舗を数字順に均等に割り当てた。購買客はその割り当てられた1つの一般店舗と、遺伝子情報に基づいて配置された2つの核店舗の3店舗の中で現在地から最も近い店舗から順に訪れ、その後、入店した出入口から退店する。この経路は、最短経路であるかは保証できないが、現在地から最も近い店舗を目指して行動しているので、自然な経路選択であると考えられる。この行動中に休憩場所の近くを通過した際に、購買客の疲労度が50%以上であれば休憩場所に立ち寄って休憩し、回復すれば元々の目的地向かって行動を再開する。疲労度は初期の体力と現在の体力の差を初期の体力で除したものとする。

購買客は図2に示すように直径0.6mの赤円●で示し、体力の初期値をパラメーターとしてシミュレーションを行う。体力は1step経過する毎に1減少し、休憩場所に到着すれば体力は初期値に戻る。体力が0になれば、3つの目的店舗に到着していなくても購買行動を途中で中断し、退店する。また、購買客の行動フローチャートを図3に示す。

2.4. 評価指標

核店舗と休憩場所の配置は以下の指標により評価する。
・店舗前通過数(EV)

$$EV = (\sum_{i=1}^N A1_i) / N \quad (1)$$

$A1_i$: 購買客*i*が入店してから退店するまでに入店判断範囲を通過した店舗数
 N : 購買客の人数

この評価指標は、購買者により多くの店舗の前を通過させてより多くの入店を促すことを目的として設定したものである。EV1は式(1)に示すように、購買客が入店して

から退店するまでに、各店舗前に設定した入店判断範囲を通過した回数を足し合わせ、一人あたりに平均したものである。

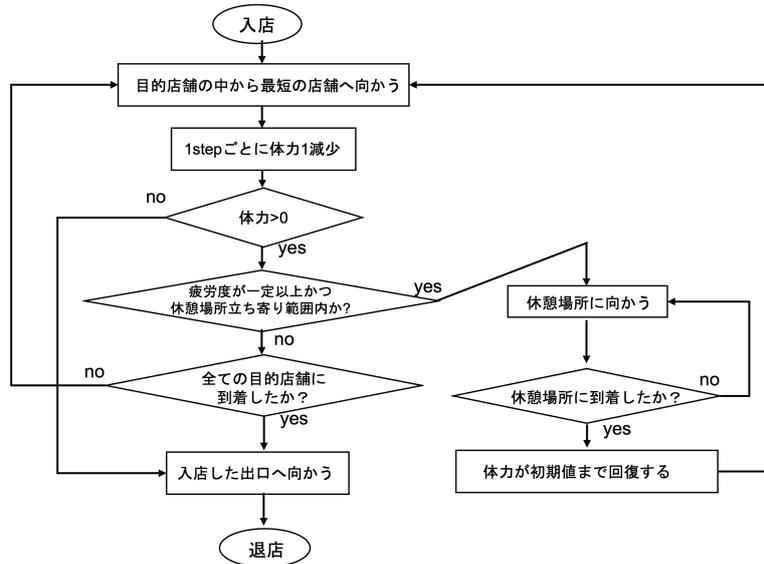


図3 購買客の行動フローチャート

3. 最適化実行結果

表1に示すように、異なるパラメータ条件の下でGAによる最適化を行ったのちにその結果を比較した。GAの設定は個体数100、世代数1000、突然変異率10%、交叉率100%とした。

表1 実行ケースの一覧

ケース	①初期体力	②休憩場所数
1	1800 (成人)	0
2		1
3		2
4		3
5	1400	0
6		1
7		2
8		3
9	1000 (高齢者)	0
10		1
11		2
12		3

①初期体力: 1step進む毎に1減少する体力。1000, 1400, 1800の3ケースで最適化を実行した。初期値力が1800であれば、休憩なしで3店舗経由することが可能で、1000であれば半数が2店舗経由し、もう半数が1店舗経由して退店することが可能な程度の設定とした。

②休憩場所数: フロア内に配置する休憩場所の総数。0~3までの4ケースで最適化を実行した。

3.1. 初期体力1800の最適化結果

初期体力1800では、通常の成人と同程度の買い回り行動を行うものとして設定した。

図4に示すように、休憩場所がある場合は、休憩場所の数に関わらず2つの核店舗は、フロアの真ん中を中心にして対称的に配置され、それぞれが出入口2と出入口3付近に配置された。対称的に配置されることで、フロアの対角線を最大限活用し、核店舗間を移動する購買客の動線が長くなるためと考えられる。

また、休憩場所は、ケース2~4に示すように、出入口付近に配置されることが多かった。これは、核店舗がフロアの中心部にあるため、購買客も中心部を通ることが原因と考えられる。もし、休憩場所が中心部にあると、購買客が通過できる一般店舗がなくなり、EVの評価が低くなるからである。

また、表2より、休憩場所数が少ないケースの方が評価は高くなっている。休憩する場合の方が滞在時間も長引くので評価は高くなると予想されたが、休憩場所が増加することで一般店舗の数が減少したためと考えられる。

表2 初期体力1800時の結果

休憩場所数	評価 (EV)	何店舗経由できたか		
		1店舗	2店舗	3店舗
0	27.0	0	13	127
1	25.3	0	10	130
2	25	0	14	126
3	24.8	0	0	140

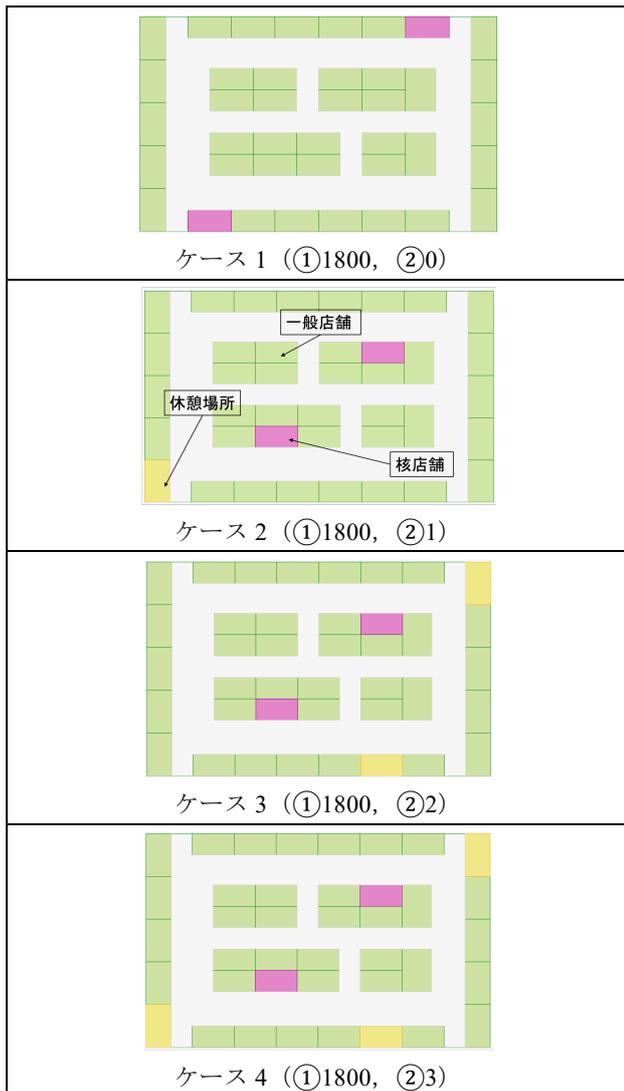


図4 ケース1~4の実行結果

3.2. 初期体力1400の最適化結果

図5に示すように、核店舗の配置は3.1と同様に、休憩場所の数に関わらず、フロアの真ん中を中心にして対称的に配置され、それぞれが出入口2と出入口3付近に配置されている。体力が少なくなっても核店舗の配置に影響がないことがわかる。

また、休憩場所の配置についても同様に出入口付近に配置されることが多かった。ただし、ケース7のように中心部に配置されるケースもあった。この休憩場所は休憩行動を行なった112人中70人が利用していることから、どの出入口から入店した購買客であっても、疲労した段階で立ち寄りやすい配置だったためと考えられる。

また、表2と表3を比較すると、全体的に表3のEVの評価が低くなっている。これは、初期体力が1400の方が、体力がなくなって途中で購買行動を中断した人数が多いためと考えられる。

以上から、休憩場所の数が増加すると一般店舗の数が減少するため評価は下がるが、一方で、購買客が通過し

にくい場所出入口付近に休憩場所が配置されたとしても、購買行動を中断する客が増加し、評価が下がると考えられる。

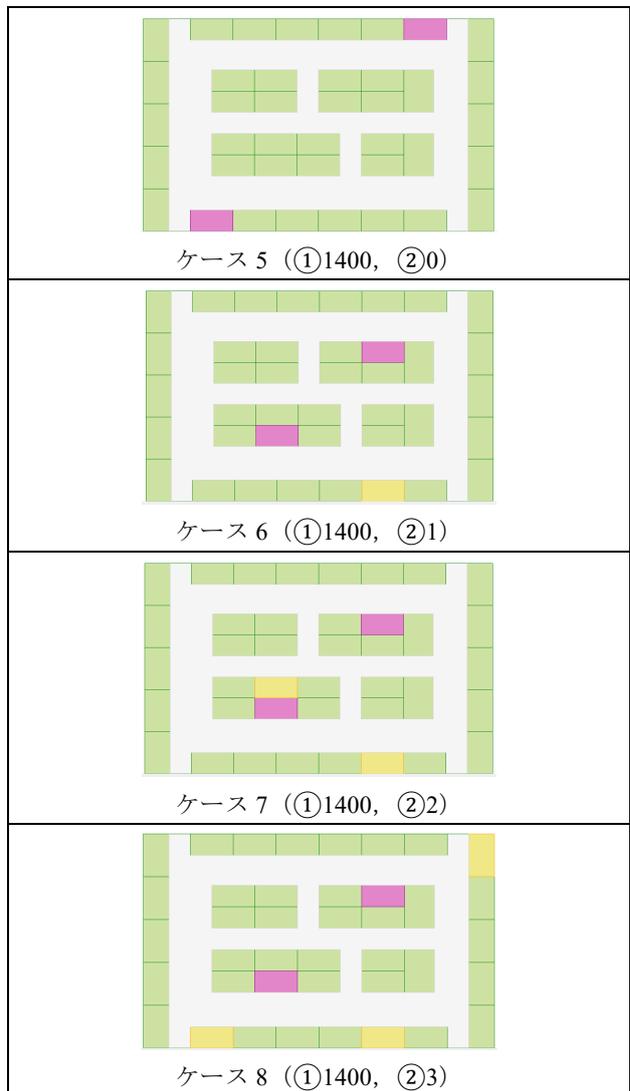


図5 ケース5~8の実行結果

表3 初期体力1400時の結果

休憩場所数	評価 (EV)	何店舗経由できたか(人数)		
		1店舗	2店舗	3店舗
0	25.8	4	69	67
1	24.9	13	42	85
2	24.6	0	15	125
3	24.3	0	14	126

3.3. 初期体力1000の最適化結果

図6より、核店舗の配置は3.1, 3.2節と同様に、フロア中央を中心に対称的に配置されている。体力がさらに少ない場合でも核店舗の配置に影響がないことがわかる。

また、休憩場所の配置も同様に、ケース11,12では出入口付近に配置され、ケース10,12では中央部でかつ核

店舗に隣接するように配置されている。これは 3.2 節と同様に、どの出入口から入店した購買客でも、疲労した段階で立ち寄りやすいような配置だったためと考えられる。ケース 12 の中心部にある二つの休憩場所は、休憩行動を行なった 138 人中 98 人が利用している。つまり、フロアの中心部にあり、かつ、核店舗に隣接する休憩場所は、体力が少ない購買客にとって立ち寄りやすく、中断なしに購買行動を継続できるため、EV の評価が高くなると考えられる。

また、表 2~4 を比較すると、初期体力の設定が小さくなるにつれて、全体的に EV の評価が低くなっている。また、表 2、表 3 では、休憩場所数が小さい方が EV の評価は高かったが、表 4 では休憩場所数が大きい方が EV の評価は高くなっている。これは、初期体力が 1800、1400 の時は、休憩してなくてもほとんどの購買客が 2~3 店舗経由して退館していたが、初期体力が 1000 の時は、1 店舗だけ経由して退館する購買客が大幅に増加したためと考えられる。

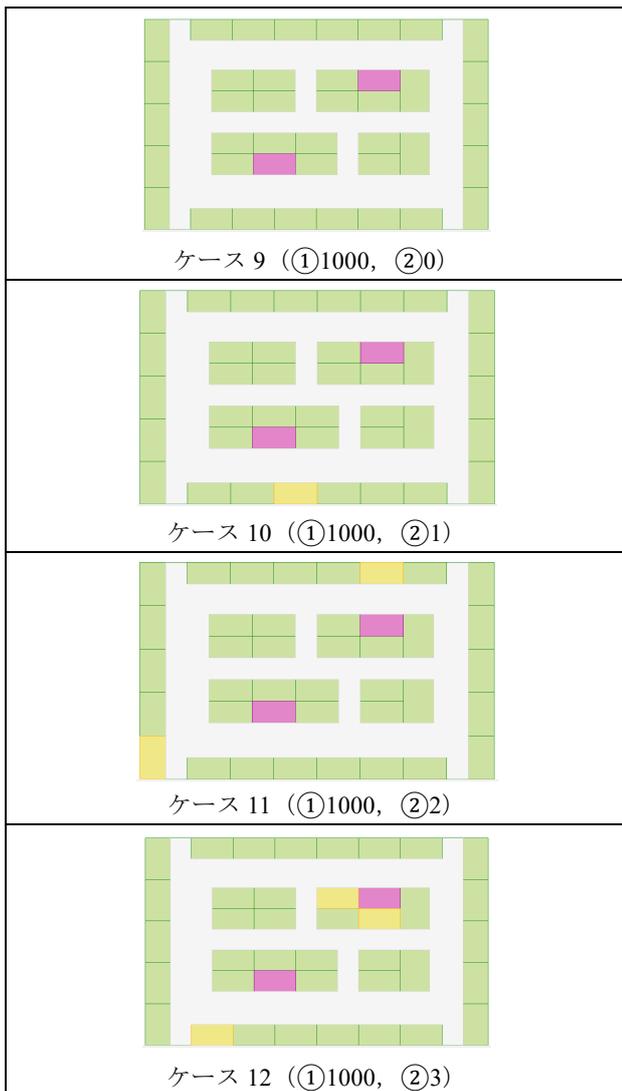


図 6 ケース 9~12 の実行結果

表 4 初期体力 1000 時の結果

休憩場所数	評価 (EV)	何店舗経由してきたか(人数)		
		1 店舗	2 店舗	3 店舗
0	19.9	71	68	1
1	21.9	54	60	26
2	22.8	37	75	28
3	23.3	11	61	68

4. 考察

4.1. 核店舗の配置について

図 4~6 に示すように、どの条件においても核店舗は、フロアの中心からみて対称的、かつ、各々が出入口 2 と出入口 3 付近に位置することが最適な配置だとわかった。これは、対称的に配置されることで、核店舗間を移動する購買客の動線が長くなり、より多くの店舗の前を通過させることができるためと考えられる。

次に、出入口 2 と 3 に配置された理由を考察する。核店舗が出入口 1、出入口 4 付近と出入口 2、出入口 3 付近に配置された場合で比較したものを図 7 に示す。左のフロアのように、核店舗が出入口 1 と出入口 4 付近に配置された場合は、店舗前通過数は 22 で青色の店舗を通過していない。それに対し、右のフロアのように核店舗が出入口 2 と出入口 3 付近に配置された場合は、EV は 28 で青色の店舗を通過していない。このように、同様の配置であっても、フロア中央部の配置が異なるため、購買客が通過しない店舗前の数にも差が現れた。そのため、核店舗は出入口付近であっても、出入口 2、3 付近のように隣接する店舗の多い配置の方が、購買客はより多くの店舗前を通過することがわかった。

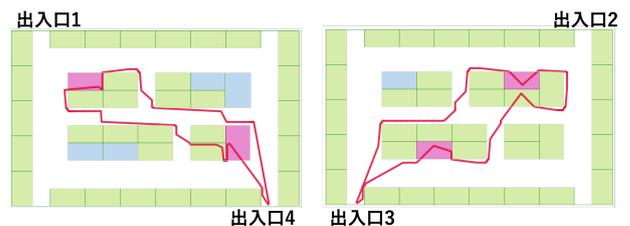


図 7 核店舗が出入口 1・4 付近(左)、出入口 2・3 付近(右)

4.2. 休憩場所の配置について

休憩場所は、ケース 2~4、6~8、11~12 に示すように、出入口付近に配置されることが多かった。これは、核店舗がフロアの中心部にあるため、休憩場所が中心部にあったら、購買客が通過するはずであった一般店舗がなくなり、店舗前通過数が減少してしまうことが原因だと考えられる。

その一方でケース 7、ケース 10、ケース 12 に示すように、初期体力が 1400、1000 と購買客の休憩が必要になる

につれて、フロアの中央に配置されるケースも多く見られた。特に、ケース7とケース12では核店舗と休憩場所が隣接するように配置された。これは、どの出入口から入店した購買客であっても、疲労した段階で立ち寄りやすく、購買行動を中断する購買客の人数を効率的に減らすことができるためと考えられる。

以上より、体力の多い通常の成人などをターゲットとする商業施設では、購買客が通過しにくい、出入口付近に配置する、または休憩場所を設置しないことで店舗前通過数を増加させることができ、また、体力の少ない高齢者などをターゲットとする商業施設では、フロアの中央付近、かつ、核店舗に隣接するように配置することで店舗前通過数を増加させられることがわかった。

4.3. 休憩場所の数について

表2~4に示すように、初期体力が小さいほど、EV値が低かった。これは、初期体力が小さいと、休憩を行わずに体力が尽きて退店している購買客、または、休憩しても目的店舗全てを経由できない購買客が増加するからだと考えられる。

また、表4より、休憩場所が3つの場合と0の場合を比較すると、店舗前通過数の平均は3.4の差がある。そのため、初期体力の小さい購買客をターゲットにする商業施設では、休憩場所が必要不可欠であることがわかる。

また表2、表3では、休憩場所が少ない方がEVの評価は高かったが、表4では休憩場所が多い方がEVの評価は高くなっている。これは、4.2節の考察を踏まえると、1800と1400の場合は休憩場所の数が増加することで一般店舗の数が減少し、通過可能な店舗の総数自体が減少していることが原因だと考えられる。また、1000の場合は、休憩場所が少ないほど多くの購買客が1店舗だけ経由して退館している、つまり、この場合は初期体力が少なく購買行動を途中で中断し、店舗前を通過することができないからと考えられる。

以上より、体力の多い通常の成人などをターゲットとする商業施設では、休憩場所は配置しない方が店舗前通過数を増加させることができ、体力の少ない高齢者などをターゲットとする商業施設では、休憩場所の数を増加させるほど店舗前通過数を増加させることができるとわかった。

5. まとめ

本研究では、核店舗と休憩場所の設置方法が、購買客の購買行動に与える影響を利用し、それ以外の店舗への非計画購買を促すことができる核店舗と休憩場所の最適配置と、休憩行動が購買客の購買行動に与える影響について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 核店舗は、フロアの中心からみて対称的に配置し、かつ、出入口付近の隣接する店舗の多い場所に配置することで、購買客の動線が長くなり、隣接する店舗前も通過するため、店舗前通過数が増加した。
- (2) 休憩場所は、成人をターゲットとする商業施設では、出入口付近に配置する、または、設置しないことで、通過可能な店舗の総数が増加するため、店舗前通過数が増加した。高齢者をターゲットとする商業施設では、休憩場所をフロアの中央付近、かつ、核店舗に隣接するように配置すること、また、休憩場所の数を増加させることで、購買行動を中断する人数が減少するため店舗前通過数が増加した。
- (3) 休憩行動が購買客の行動に与える影響については、成人は、体力があるため休憩を行わない場合が多く見られた。高齢者は、休憩を行うことで行動距離が増加し、店舗前通過数が増加するなどの効果はあったが、休憩した場合でも目的店舗全てを経由する前に体力がなくなって、退店してしまうこともあり、設定した行動ルールのもとでは、必ずしも非計画購買の促進につながらない結果もあった。

本研究では、購買客の体力と休憩行動という概念を取り入れてシミュレーションを行なった。今後は、フロア数を増やして縦動線を考慮し、実際の商業施設の店舗配置に適用可能なシステムへと拡張する予定である。

[参考文献]

- 1) 一般社団法人日本ショッピングセンター協会:「SC白書2022」(2022年6月27日閲覧)
URL:https://www.jcsc.or.jp/sc_hakusho_digital/2022/index_h5.html#16
- 2) 渡辺隆之:店舗内購買行動とマーケティング適応-小売業とメーカーの協働側面-,千倉書房,2000.1
- 3) 駅消費研究センター:エキシユーマー 特集「駅ビル内の回遊行動を考える」,Vol.37,2018.7
- 4) 長澤夏子,佐古崇,渡辺仁史:大規模商業施設計画のための買い物行動モデル,日本建築学会計画系論文集,第74巻 第646号,pp.2611-2616,2009.12.
- 5) 阿部武彦,山田健司,石井和克,中本義徳,木村春彦:マルチエージェントを用いた小売店レイアウト支援システム,電子情報通信学会総合大会講演論文集,p.89,2006.3.
- 6) 楠本達平,谷明勲,山邊友一郎:マルチエージェントとGAを用いた百貨店のテナント配置最適化に関する研究,第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(論文),pp.103-108,2014.12.
- 7) J. H. Holland: Adaptation in Natural and Artificial System, The Univ. Michigan Press,1975.