

MAS 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.

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

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行う必要がある。また近年、百貨店などの商業施設の売り上げが、少子高齢化や人口減少、インターネットショッピングへの移行などの要因により、年々減少している¹。そのため、集客や売り上げを意識して購買客の購買活動を分析するなどの施設運営面からの計画はより重要な課題となっている。既往研究²⁻⁵では、顧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ていたが、施設運営面からの検討は行われていなかった。

そこで、本研究では、商業施設の1フロアを対象として、施設運営の観点から、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)の配置計画を行う。まず、買い物時の消費者の購買行動を反映したマルチエージェントシステムを構築した。次に、購買客が入店してから目的の店舗を經由して退店するまでのシミュレーションを行い、滞在時間や目的店舗以外の前を通過した数を評価した。

本稿では、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

2.1. フロア構成

本研究では、対象空間を図1に示すように、30m×50mの商業施設の1フロアをシミュレーション対象フロアとして設定する。①~③、⑧~⑩は10m×7mの店舗で、④~⑦は5m×9mの店舗とする。出入口は下側に2箇所(出入口1と

出入口2)設けて入退店を行う。

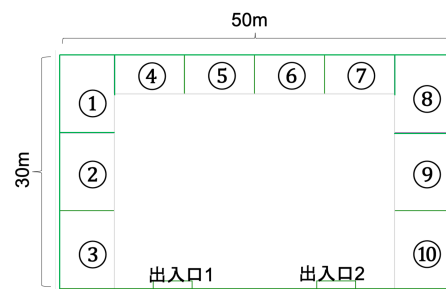


図1 シミュレーション対象フロア

2.2. テナント構成

本研究では、図1に示す10店舗の内、2店舗を核店舗、1店舗を休憩場所、その他7店舗を一般店舗とした3種類の店舗を配置する。これらの店舗を10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。紫の店舗が核店舗、黄色の店舗が休憩場所、緑の店舗が一般店舗である。

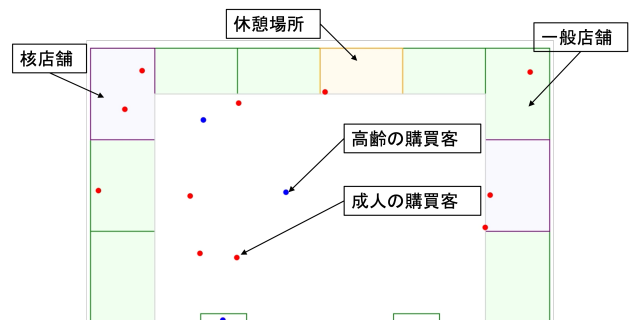


図2 シミュレーション実行中の画面

2.3. エージェント構成

本研究では、一回のシミュレーションにおける購買客の数は70人で、100ステップ(10秒)毎に1人が出入口1または2からランダムに入店する。実際の購買活動における計画購買にあたるものを、入店前に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、1~7番目に入店する購買客に、①~⑩のうちで核店舗と休憩場所を除く7店舗を数字順に割り当て、8~14番目に入店する購買客にも同様に割り当て、以後も均等に設定した。購買客は、遺伝子情報に基づいて配置された2つの核店舗と、購買客毎に割り当てた1つの一般店舗の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、2つの出口のうち近い方の出口から退店する。この行動中に休憩場所の近くを通過した際に、購買客の疲労度がある一定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に向かって行動を再開する。疲労度は式(1)に示すように、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。

$$\text{疲労度} = \frac{\text{初期の体力} - \text{現在の体力}}{\text{初期の体力}} \quad (1)$$

購買客は図2に示すように直径0.6mの円で示し、赤円●は成人の購買客、青円●は高齢の購買客を示す。成人の購買客の歩行速度は1.0m/step、体力の初期値は1000と設定し、高齢の購買客の歩行速度と体力の初期値をパラメータとした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ても途中で退店する。また、購買客の行動フローチャートを図3に示す。

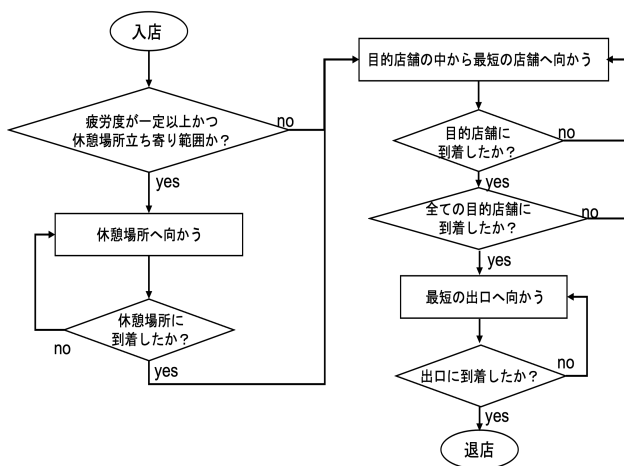


図3 購買客の行動フローチャート

3. 評価指標

核店舗と休憩場所の配置計画は、以下の3つの指標により評価する。

3.1. 滞在時間(EV1)

この評価指標は、購買客の滞在時間が長いことが売上の増加につながると考えて設定した。EV1は式(2)に示すように、入店してから退店するまでの全ての購買客の滞在時間を足し合わせ、一人あたりに平均したものである。

$$EV1 = (\sum_{i=1}^N A1_i) / N \quad (2)$$

A1: 購買客iが入店してから退店するまでの経過時間
N: 購買客の人数

3.2. 店舗前通過数(EV2)

この評価指標は、購買客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。EV2は式(3)に示すように、入店してから退店するまでに全ての購買客が店舗前の設定した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。なお、店舗前通過数をカウントする入店判断範囲は、図4に示す各テナント正面3mの水色の範囲と設定する。

$$EV2 = (\sum_{i=1}^N A2_i) / N \quad (3)$$

A2: 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

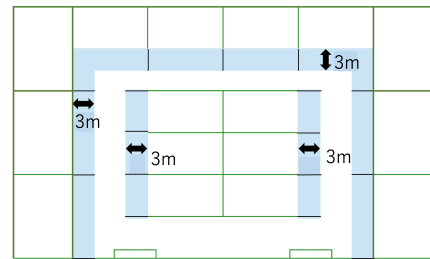


図4 店舗の入店判断範囲

3.3. 総合評価(EV)

総合評価EVは、滞在時間(EV1)と店舗前通過数(EV2)を式(4)で総合的に評価したものである。

$$EV = 100(EV1/K1 + EV2/K2) \quad (4)$$

K1: EV1のみを適応度として最適化した場合の最高評価値
K2: EV2のみを適応度として最適化した場合の最高評価値

4. 最適化実行結果

以下の5つのパラメーターを用いてGAを実行した。

- ①休憩行動: 購買客が休憩場所の近くを通過した際に休憩場所に立ち寄るかどうか
- ②エージェント(購買客)の種類: 成人か高齢者のいずれか

- ③体力：1step 進む毎に 1 減少する体力
 - ④歩行速度：1step 毎に進む距離(m)
 - ⑤立ち寄り疲労度：購買客が休憩場所の近くを通過した際に休憩するかどうかを判断する疲労度
- 各ケースのパラメーターの設定を表 1 に、実行結果の一部を図 5~10 に、評価毎の最適化結果を表 2 に示す。

表 1 ケース毎のパラメーターの初期設定

ケース	①	②	③	④	⑤
1	あり	成人	1000	1.0	70
2		高齢者	750	0.75	
3		高齢者	500	0.75	
4	なし	成人	1000	1.0	90
5		高齢者	750	0.75	
6	あり	成人	1000	1.0	50
7		高齢者	750	0.75	
8		成人	1000	1.0	
9		高齢者	750	0.75	

①休憩行動、②エージェント(購買客)の種類、③体力、④歩行速度、⑤立ち寄り疲労度

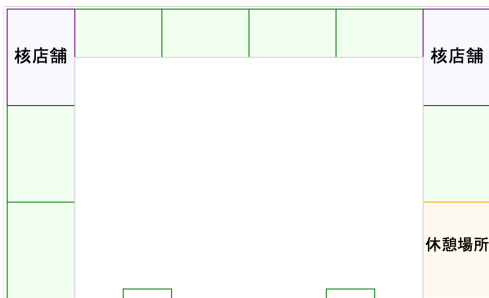


図 5 ケース 1, 6 を EV で評価したときの最適配置

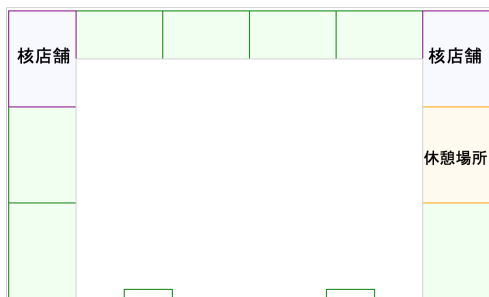


図 6 ケース 2 を EV で評価したときの最適配置



図 7 ケース 3, 4, 8, 9 を EV で評価したときの最適配置



図 8 ケース 5 を EV で評価したときの最適配置



図 9 ケース 7 を EV で評価したときの最適配置

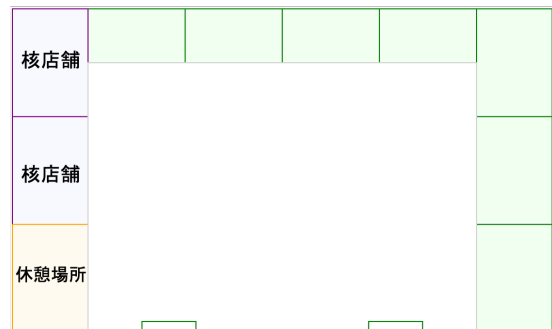


図 10 ケース 2, 3, 7, 9 を EV1 で評価したときの最適配置

表 2 評価毎の最適化結果

ケース	滞在時間 (step)	店舗前通過数
1	149.5	6.71
2	184.3	5.14
3	154	4.79
4	127.1	6.43
5	113.4	3.50
6	147.1	6.71
7	184.3	5.14
8	154.8	6.86
9	184.3	5.21

5. 考察

まず、体力を変化させたケース 1~3 の結果を見ると、体力の初期値が小さいほど、店舗前通過数の評価が低いことがわかる。またケース 3 では、半数の購買客が 1 店舗だけ入店して退店する購買行動をしていた。つまり、休憩行動を行えず体力が尽きて退店していることがわかる。滞在時間の評価 $EV1$ では、ケース 2 で $EV1$ の値が高くなっている。これは図 10 を見ると、2 つの核店舗が隣接しているため体力が尽きる前に経由できるからだと考えられる。また、休憩場所が出口付近にあり、ほとんどの購買客が休憩後に再び購買活動を行えることも要因として考えられる。

次に、ケース 1 とケース 4、ケース 2 とケース 5 の結果の比較から、休憩行動を行う場合と行わない場合を比較する。休憩場所に立ち寄ると体力が回復するため、滞在時間が長くなり、その分行動できる距離も大きくなるため、店舗前通過数の評価も大きくなる。そのため、休憩行動があるケースの方が $EV1$ 、 $EV2$ のどちらでも評価が高いことがわかる。また、休憩行動を行わず、高齢者のみとしてシミュレーションを行なった場合は、3 店舗全ての目的店舗を経由することができた購買客は存在せず、体力が尽きて目的店舗に向かう途中で退店していた。

次に、ケース 6 とケース 8、ケース 7 とケース 9 の結果の比較から、立ち寄り疲労度をパラメーターとして変化させた場合で比較する。ケース 6 とケース 8 の比較では、立ち寄り疲労度を 50 にしたケース 8 が、滞在時間 $EV1$ と店舗前通過数 $EV2$ のどちらの評価も高いことがわかる。これは休憩行動を行う基準を低くしたことで、より多くの購買客が休憩行動を行った結果と考えられる。ケース 8 の総合評価(EV)の最適結果では、全ての購買客が 3 つの目的店舗を経由することができる結果となった。

最後に、全てのケースを総合的に評価した EV を評価値とした場合の最適配置について考察を行う。今回の設定では、購買客が休憩行動を行った後に購買行動を再開することができる、本研究で設定した滞在時間と店舗前通過数の評価を高くすることができることがわかった。購買客が休憩行動を行うためには、図 5~10 で示すように、休憩場所と核店舗が隣接するように配置されること、または、図 5, 6, 10 で示すように、休憩場所を核店舗よりも出口近くに配置されることがより最適な配置となることがわかった。

6. まとめ

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をすることを目的として、既往研究の問題である心理的評価ではなく施設運営面からの評価である、経過時間と店舗前通過数を用いて、シミュレーションを行った。

本研究で実施したシミュレーション結果より、最適な核店舗と休憩場所の配置、および休憩行動が購買客の購買行動に与える影響に関して以下のことが明らかとなった。

- (1) 休憩しない設定では、体力が尽きると、購買活動を再開できない設定としたため、滞在時間と店舗前通過数の両者とも評価が低くなった。
- (2) 購買客が休憩するためには、休憩場所と核店舗が隣接すること、または休憩場所が核店舗よりも出口に近く配置される必要がある。
- (3) 高齢の購買客は成人の購買客に比べて体力の初期値を小さく設定したため、休憩した場合でも店舗前通過数の評価は小さく、非計画購買を促すことが困難であった。
- (4) 立ち寄り疲労度の設定を小さくする、つまり休憩行動を行う基準を低くすると、休憩行動を行う購買客数が増加し、滞在時間と店舗前通過数どちらの評価も高くなった。

本研究の課題は、フロアの規模が小さいため、核店舗と休憩場所の数や全体の店舗数が少なく、最適化結果の適応度の差が小さい場合が多かったことがある。今後は、実際の商業施設の核店舗の配置に適応可能なシステムを構築する予定である。

【参考文献】

1. 日本百貨店協会 HP :令和 2 年 12 月全国百貨店年間売上高概況, 2021.1.22.
(https://www.depart.or.jp/store_sale/files/202012zenkoku.pdf, 2021.9.30 閲覧)
2. 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.
3. 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.
4. 楠本達平, 谷明勲, 山邊友一郎:MAS と GA を用いたテナント配置の最適化, 計算工学講演会論文集, 第 20 巻, pp.1-4, 2015.6.
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.