

マルチエージェントシステムを用いた店舗内人流分析

2020SC099 坪井佑樹

指導教員：河野浩之

1 はじめに

多くの人が生活に必要な食品や日用品を買うためにコンビニ、スーパーマーケットなど小売店に訪れている。商品をカゴに入れ、レジに向かい、商品をスキャンし会計を行う。そこで、しばしば発生するのがレジ前の行列である。レジ前の行列にはいくつかの問題を引き起こす。高需要期やピークタイムでは、顧客は長い行列に並ばなければならず、待ち時間が非常に長くなり顧客がストレスを感じることもある。また、レジ待ちの行列は店内のスペースを占拠してしまう。顧客が十分に並ぶためのスペースを空けなければならないため、商品棚を置くスペースが減ってしまうのである。急いでいる顧客が、商品のスキャンや支払い手続きでエラーやトラブルを引き起こす可能性が高まり、対応する手間がかかる点も問題である。

2 本研究の目的

本研究では、マルチエージェントシステムを用いることによってシミュレーションを構築し、客1人1人の条件を変化させていくことによって、行列が出来る要因を分析する。そして、行列や売り場での混雑の緩和に必要な条件を解明することを目的とする。マルチエージェントシステムとは、複数の自律したエージェントを配置し、エージェント同士の相互作用によって、群衆行動を再現するシステムである。

3 店舗内の混雑緩和に関する先行研究

行列が出来る原因として、待ち行列に注目して、待ち行列理論を用いてアプローチした研究が存在する。

増山ら [1] は、待ち行列理論を応用し、大規模施設（デパートや美術館など）の混雑現象を考察した。待ち行列理論から得られる知見として、特に店内客数は店内滞在時間の分布変動が大きいほど、来店客数は時間変化に対して「鈍感」になり、来店客数が急に増加しても、店内客数は緩やかにしか増加しないことを発見した。店が開店して間もない時間帯に訪れる客と、閉店間際に訪れる客では、店内に滞在する時間の分布がはっきりと異なることがあり、その分布は性別や年齢などの要因にも影響される可能性があるとしている。増山らは、これらの状況を分析することを課題として挙げている。

4 シミュレーションの提案手法

客を再現した動的エージェント、レジや商品棚などを再現した静的エージェントを定義する。定義した各エージェントを元に店舗内 MAP を構築しエージェントを配置する。「来客数」「歩行速度」「会計処理時間」を変数として定

義する。その後、シミュレーションを実行し、結果をグラフ出力し、グラフから得られた結果を分析する。

5 使用プラットフォーム

本研究では研究用で無償で利用でき、日本で幅広い分野で活用されている、構造計画研究所の「artisoc4」を使用する。表1にマルチエージェントシステムを実行するためのプラットフォームの一覧を示す。artisoc4は人間や生物をエージェントという仮想個体とみなし、エージェント1つ1つに行動ルールを与えることで人工的な社会を構築する。artisoc4はGUIによりモデルを簡単に構築することができる。

表1 マルチエージェントシミュレータ

名称	有償・無償	販売・配布
artisoc4	有償・無償	販売 (構造計画研究所)
Legion	有償	販売 (ユーデック株式会社)
Scenargie	有償	販売 (株式会社 STE)

6 客エージェントのルール

客エージェントを店内の入口から、10stepに一回の頻度で設定人数を満たすまで生成し続ける。これは客が店の入口から入店する様子を再現している。店内MAPを縦横格子状に仕切り、客エージェントは1stepごとに区切られた正方形のセル1マス前方に進む。客エージェントは棚や、壁を貫通せず、歩行可能セルのみを通る。客エージェントは予め入店する際に、購入する商品を決めておき、その商品を取り切ったあと、各レジへ向かう。シミュレーションでは、客エージェント1人1人が会計処理を順番に行っていく。1人が会計処理を行っている間に他の客エージェントがレジに到着した場合は、会計処理中の客エージェントが消滅するまでは会計処理を始めない。レジでは商品を1stepずつ精算し、完了した後、そのまま出口へ向かい退店する。客エージェントは入店し、退店するまでポテンシャル法を用いて最短距離で動く。ポテンシャル法は、目標位置と障害物に対してポテンシャルエネルギーを割り当て、エージェントがポテンシャルの勾配をたどりながら目標に向かうように制御を行う手法である。

7 artisoc シミュレーション実行画面

商品棚、レジ、入口をエージェントとしてMAPに設置する。また、歩行禁止エリア(壁)を配置し、それ以外の空間は歩行エリアとする。artisoc4によって店舗内の人流シ

シミュレーションした途中の様子を図1に示す。客エージェントは水色で表し、内部に客が目標としている商品のIDが表示されている。客エージェントが商品を手にとると商品IDが1つ減る。商品棚エージェントは橙色で表し、内部に商品のIDが表示されている。

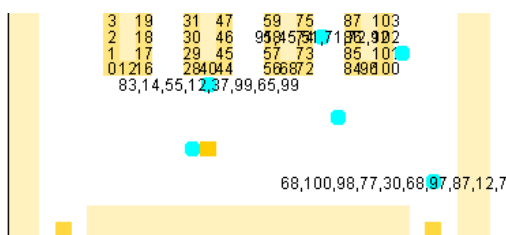


図1 店内シミュレーション MAP の一部

8 最大待ち人数の比較と考察

本研究では「会計処理時間」、「歩行速度」、「来客数」のうち1値を固定し、残りの2値の組み合わせごとに、それぞれ20回のシミュレーションを実行、「最大待ち人数」、「待ち時間の総数」を集計し、行列の様子を観察した。

歩行速度を0.75stepに固定を行い、最大待ち人数を比較した。同じ来客数の場合、会計処理時間を増加させると最大待ち人数は増加する。一方、同じ会計処理時間の場合、来客数を増加させても、最大待ち人数はあまり変化しないことが分かった。

次に、来客数を250人に固定を行い、最大待ち人数を比較した。同じ歩行速度の場合、会計処理時間を増加させると最大待ち人数は増加する。一方、同じ会計処理時間の場合、歩行速度を上げても最大待ち人数は上昇の幅がそれに比べて大きく変化しなかった。単純に歩行速度を上げただけでは最大待ち人数は変化せず、会計処理時間が最大待ち人数に大きく影響していることが分かった。

これらの分析から最大待ち人数には、会計処理時間が大きく影響を与えていることを発見した。この分析結果を元に、図2より、会計処理時間を15stepに固定を行い、最大待ち人数を比較した。来客数が200人で少ないときは歩行速度をあげることによって最大待ち人数は減っているが、来客数が250人300人になると歩行速度を上げても最大待ち人数は増加する場合があるなど、単純には減らないことが分かった。これらの分析から最大待ち人数には、会計処理時間が大きく影響を与えていることが明確になった。

9 待ち時間の総数の比較と考察

会計処理時間を15stepに固定を行い、待ち時間の総数を比較した。結果、同じ歩行速度の場合、来客数を増やすことによって待ち時間の総数は増加している。そして、同じ来客数の場合、歩行速度は待ち時間の総数には少々低下しているもののあまり影響してないことが分かった。

次に、歩行速度を0.75stepに固定を行い、待ち時間の総数を比較した。どの会計処理時間であっても、来客数を増

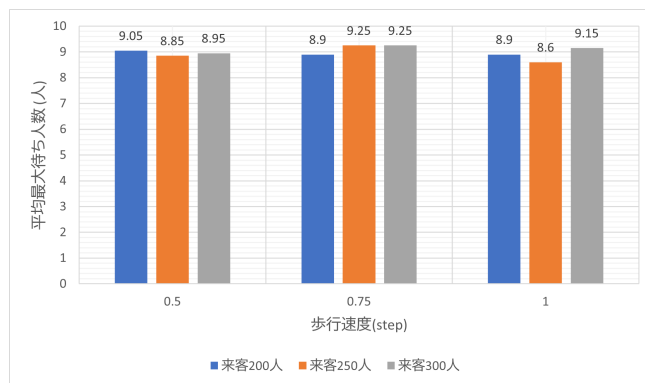


図2 会計処理時間15固定の最大待ち人数

やすことで待ち時間の総数は増加している。同じ来客数の場合、会計処理時間は待ち時間の総数に影響を及ぼさないことが分かった。

次に、来客数を250人に固定を行い、待ち時間の総数を比較した。同じ歩行速度の場合、会計処理時間は待ち時間の総数にあまり影響を及ぼさないことが分かった。また、同じ会計処理時間の場合、歩行速度を上げると待ち時間の総数は少々低下した。

分析結果から、同じ会計処理時間、同じ歩行速度の場合、来客数を増やすことで待ち時間の総数は増加した。来客数が増えれば全体の待ち時間の総数は増えることは明白だ。次に、同じ歩行速度、同じ来客数の場合、会計処理時間は待ち時間の総数にあまり影響しないことが分かった。そして、同じ会計処理時間、同じ来客数の場合、歩行速度が上がることで待ち時間の総数は少々低下することが分かった。分析する以前は、歩行速度を上げることで待ち人数の総数は減ると想定していたが、想定よりも待ち時間の総数は減らないことが判明した。特に、待ち時間の総数には、会計処理時間にはあまり影響を及ぼさないという結果が、「最大待ち人数の比較」の場合と比べて意外であった。

10 まとめ

分析から最大待ち人数には、会計処理時間が大きく影響を与えていることが明確に判明した。分析する以前は、歩行速度を上げることで待ち時間の総数は減ると想定していたが、僅かしか減らないことを発見した。特に、待ち時間の総数には、会計処理時間にはあまり影響を及ぼさないという分析結果が、「最大待ち人数の比較」の場合と比べて興味深い結果であった。分析した結果、行列現象の複雑さを再確認し、三要素が行列の発生現象に密接に関係していることが明らかとなった。

11 参考文献

- [1] 宇津宮 陽一, 奥田 隆史, “多段待ち行列モデルとなる店舗サービスのスタッフ配置に関する解析,” 情報処理学会研究報告, Vol.2017-MPS-113, No.14, June. 2017.