

B-01

マルチエージェントモデルを用いたセルフレジ導入による レジサービスへの影響と解析

Impact and Analysis on Cashier Service by Introducing Self-registration Using Multiagent Model

平田 直也†
Naoya Hirata

中桐 齊之†
Nariyuki Nakagiri

1. はじめに

スーパーマーケットやコンビニエンスストアなどは、買い物をするために多くの人に利用されている。それらの店舗の中には、客が購入した商品を精算するためのレジが存在するが、その客が店舗に集中する時間帯等ではしばしば行列ができることがある。

そこで、近年、スーパーマーケットをはじめとして、レンタルDVDショップ、ファストフード店などではセルフレジを導入する店舗が増加してきている。ここで、セルフレジとは、レジにおける商品のスキャン、精算を客自身ですべて行うレジのことを指す。この導入による効果としては、従業員の雇用コストを削減できることやレジサービスの効率化、人の手による現金管理の手間の省略などがある[1]。

しかし、このセルフレジにおいては、客によっては、客自身で商品のスキャンを行うことに対して億劫に感じる客も存在し、既存の有人レジに好んで並ぶことがある。また、客自身がスキャンと清算を行うため、客がセルフレジの扱いが不慣れであるときは、他の客と比較して非常に多くの時間がかかってしまうこともある。したがって、セルフレジは、雇用コスト削減においては効果があるが、レジサービスの効率化という観点からは、その効果がわかりにくい。

こういった、店舗のレジにおける研究としては、従来の有人レジにおけるレジ周りの行動シミュレータの開発[2,3]や、その待ち行列に関する研究[4]などが存在する。しかし、近年、広まりつつあるセルフレジに関する研究は少なく、その効果については、まだ詳しく解析されていない。

そこで、本研究では、このセルフレジの待ち行列モデルを可視化し、その効果を解析できるシミュレータを開発することとした。また、その結果から、現在のセルフレジの課題を発見し、その解決策を提案できるのではないかと考えた。

2. セルフレジとは

セルフレジとは、一般的に4台のレジが1組となったレジサーバーのことを指し、1度に4人までの客の精算処理を行うことができる。複数のレジに対して1列で並び、空いたレジに随時客が入っていく。レジには店員が配置されておらず、レジに入った客が客自身で商品をスキャンし、精算を行い、その後の袋詰め等を全て自分で行う。ここで、セルフレジには、複数台のレジを監視する店員が基本的に1名常駐しているが、その店員が行う業務は「お買い上げシールを貼る」「機器トラブルのサポート」「年齢確認」などに限定され、作業量は少ない。ゆえに従業員は1名で十分であるため、従業員の雇用コストが少なく済む。人

件費削減においては非常に有効な手段と言えるシステムである。しかしながら、客が精算を行うため億劫に感じてセルフレジを避ける人や、セルフレジで非常に操作が遅い人が時折存在する。商品のスキャンに熟達した店員がいる有人レジと異なり、セルフレジにおいては、客自身のスキャン速度に依存してサービス時間が変化する。

レジ待機列の並び方には、2種類が存在する。1つ目は、レジ一つに対して1つの列を形成するM/M/1型モデルと呼ばれるもので、基本的なスーパーマーケット等の有人レジにおいて見られる列がある。もう一つは、複数のレジに対して1つの列を形成し、空いたレジから一人ずつ客が入っていくM/M/s型モデルと呼ばれるものである。こちらは、主にコンビニエンスストア等で見られ、通常、セルフレジはこの並び方を採用している。M/M/1型もM/M/s型も、客がレジへ到達する時間、レジ台数、サービスにかかる時間(商品のスキャン時間+精算にかかる時間)というパラメータを用いて、待ち行列としてモデルを構築することができる。店舗によっては、人が混み合う夕方など、時間帯によっては行列形成が積極的になるため、客の混雑度や稼働するレジ台数によって待ち行列の状態が変化することもある。

3. 先行研究

芹沢ら(2006)は、マルチエージェントを用いてレジにおける混雑解消法について提案した。M/M/1型の有人レジをMAP内に配置し、その中で客が持つ商品数が少ない客を専用としたレジを配置して客の混雑解消について研究した。レジ台数によって商品数が少ない客専用レジ台数を変化させ、客の平均待ち時間等を調べ、その時の最適な専用レジ台数を導き出した。[2]

三道家(2005)は、M/M/s型の待ち行列における最適窓口数について考察した。客自身の期待利益を最大とする意味での最適窓口数を求めるための数理モデルを展開し、その特徴について考察を行った。しかし、サービス率 μ が一定であり、セルフレジが苦手な客を考慮するとその通りではないため、その結果よりさらなる研究を試みた。[5]

4. モデル

本研究では客をエージェントとして動かすマルチエージェントモデルを構築することとした。

2次元の空間上にレジを設置し、その空間上で客(以下、エージェントと呼ぶ)を配置する。エージェントは、入店したとき、既に商品を選択し終えており、精算するためのレジを探して空間上を移動し、レジの選択、列に並び、商品をスキャンする、退店するといった行動を行う。具体的に、エージェントは次の①~⑤のどれかの行動をとる。

†兵庫県立大学, University of Hyogo

- 1 待ち行列の選択 エージェントは、入店後、すぐに、全てのレジに並んでいるエージェントの数を調べ、最も人数が少ないレジを目的地に設定する。そのレジに誰も並んでいないときは、レジの位置を、人が並んでいるときは、そのレジにできている待ち行列の最後尾の地点を目的地に設定する。
 - 2 移動 エージェントは、目的地に向かって移動を行う。このとき、エージェントが待機列に存在する場合は、前方の座標を常に参照し、エージェントがいれば停止、いなくなれば、前へ進むとする。
 - 3 待ち行列の移動 エージェントは、現在並んでいる待ち行列に隣接するすべてのレジに並んでいるエージェントの数を数え、隣接するレジの待ち行列が短かった場合、その列へと移動する。
 - 4 スキャンと精算 エージェントはレジに到着したとき、商品のスキャンと精算を行う。このとき、1ステップごとに自分の持っている商品数 C を1つ減らしていく。商品数が $C=0$ になった時点で、精算処理 (S ステップ) を行い、レジを出る。
 - 5 退店 レジを出たエージェントは、退店したとみなし、空間上からエージェントを削除する。
- これら①～⑤の行動を入店した全ての客エージェントが行い、時間(T)を1増加させる。

図1に、客エージェントの行動のフローチャートを示す。

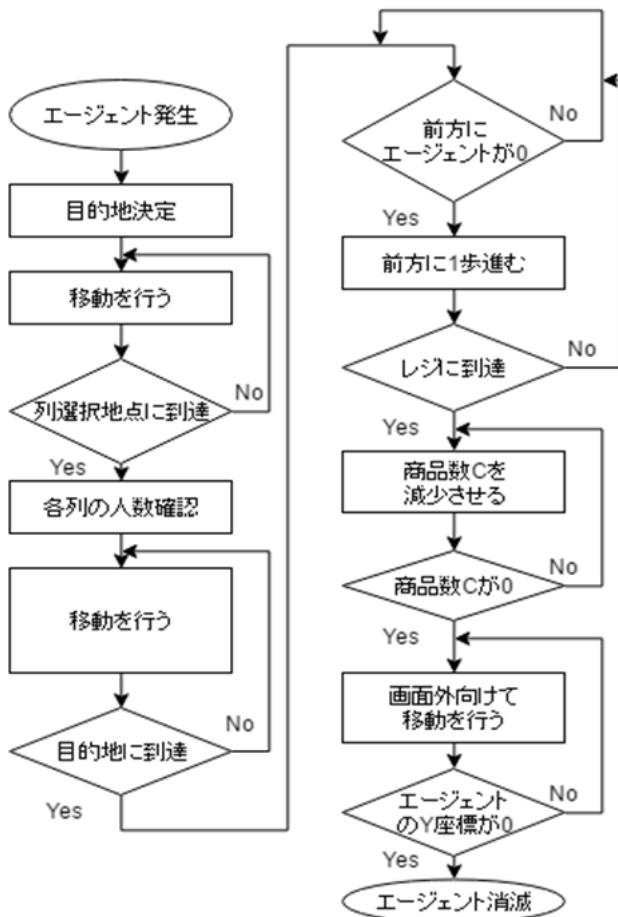


図1 エージェントの行動

ここで、エージェントには個性をもたせるため、以下の要素を持ったエージェントが出現することとした。A,B,Cの要素を持つ確率は、それぞれ $A=2\%$, $B=5\%$, $C=42\%$ とする。

- A. 商品数が極端に多い
- B. スキャンの速度が非常に遅い
- C. セルフレジを避けて有人レジを優先する

A はいわゆる爆買いをしていく外国人、B は年配の方などに対応している。

実装は、構造計画研究所が制作したマルチエージェントシミュレータ「*artisoc 4.0*」[5]を用いて行い、コンピュータを用いて、レジサービスについての客の行動をシミュレーション実験することとした。

5. シミュレーション実験

セルフレジの有無によってレジサービスにどのような影響が及ぼされるかを調べるため、シミュレーション実験を条件①②③④について行った。セルフレジは4台一組とした。具体的なレジ台数は以下のとおりである。

- ①セルフレジ無し、有人レジ8台 (合計8台)
- ②セルフレジ4台、有人レジ4台 (合計8台)
- ③セルフレジ8台、有人レジ無し (合計8台)
- ④セルフレジ4台、有人レジ7台 (合計11台)

条件④は、条件①と同じ従業員数で運営ができると想定して設定した。

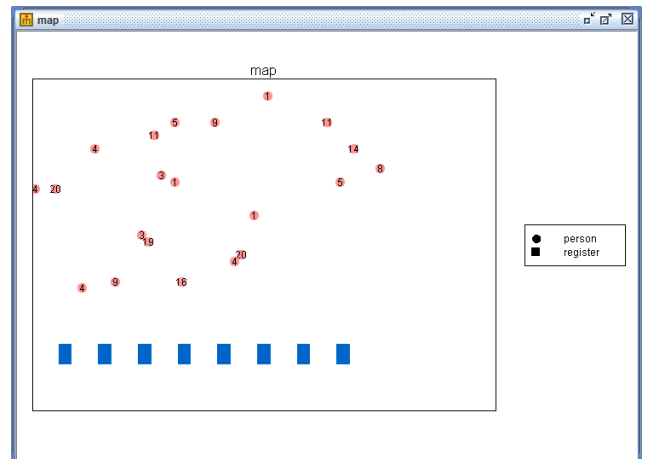


図2 シミュレーション画面(条件①)

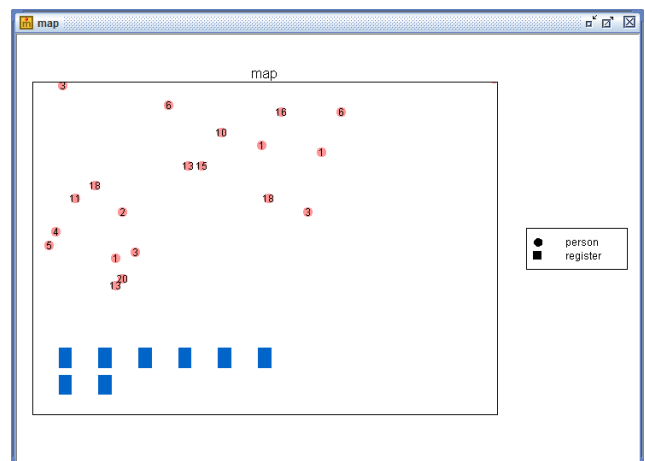


図3 シミュレーション画面(条件②)

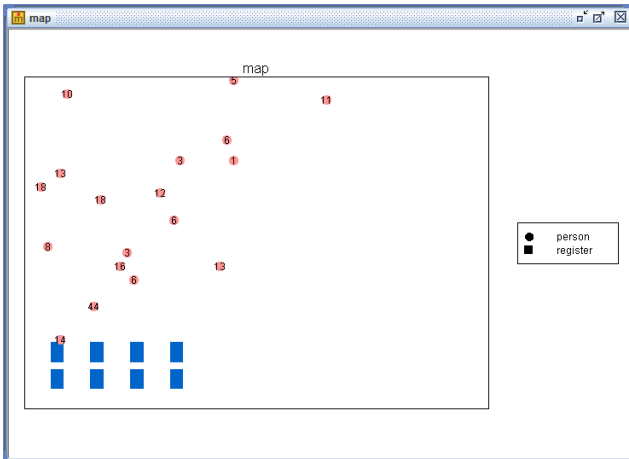


図4 シミュレーション画面(条件③)

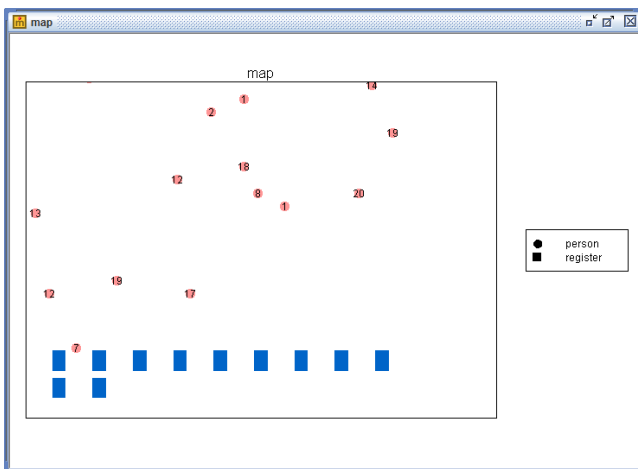


図5 シミュレーション画面(条件④)

シミュレーションは客エージェント 2000[人]が来店し、全ての客が退店を行うまでの時間(総ステップ数)を記録し、その際、列に並んでいる時間を待ち時間として計測した。

レジ台数を除く各パラメータは以下の通りとしてシミュレーションそれぞれ10回ずつ行った。

最小商品数 = 1 客総数 = 2000
 最大商品数 = 20 有人レジスキャン速度 = 1
 単位時間当たりの平均来客数 = 0.5

6. 結果

各条件での、結果についてグラフにまとめた。

図6より、合計レジ台数が同じ条件①②③について、すべての客が退店を行うまでの時間に大きな差は見られなかった。図7の一人当たりの待ち時間についても、特に有意差は見られなかった。

また、条件①と同じ従業員数で稼働できる条件④と比較すると、総ステップ数に差はあまりないものの、一人当たりの待ち時間は大幅に減少している。

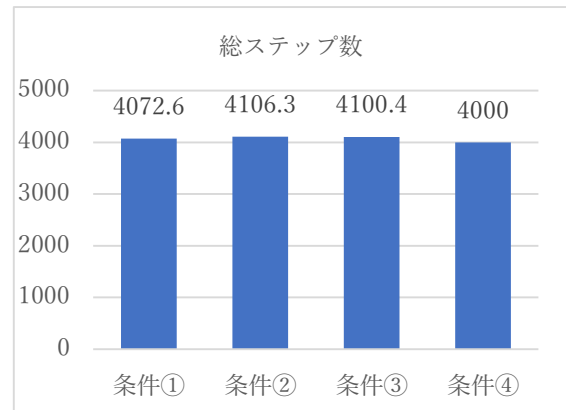


図6 すべての客が退店するまでの総ステップ数

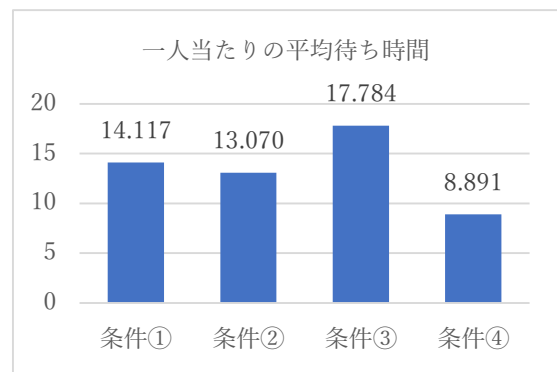


図7 一人当たりの平均待ち時間

次に、個性 C として設定した「セルフレジを避けて有人レジを優先する」確率を 0%にし、すべての客が偏りなくレジを選択するとして、条件②と同様のレジ配置で検証を行った(条件⑤)。この際、有人レジとセルフレジそれぞれでの待ち時間を計測し、グラフに表した。

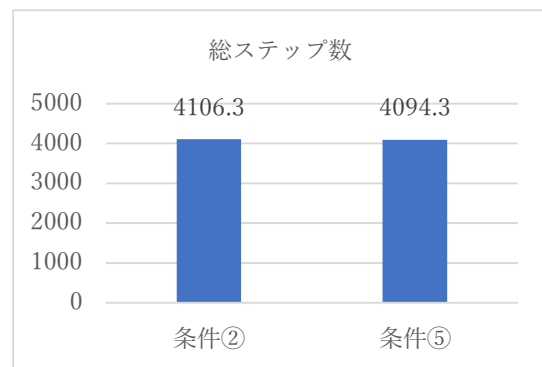


図8 すべての客が退店するまでの総ステップ数

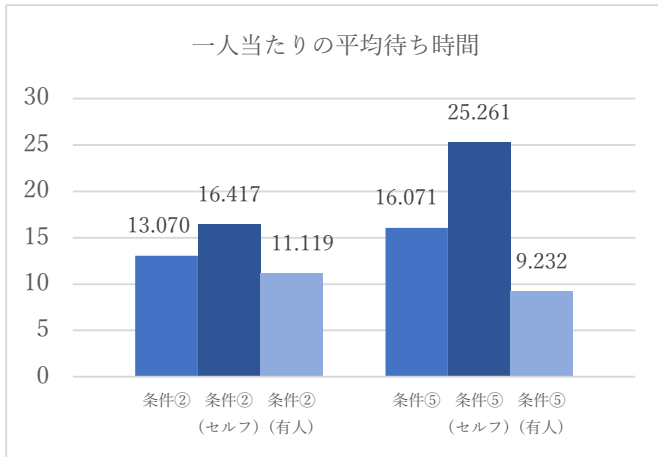


図9 一人当たりの平均待ち時間

図8,図9より、セルフレジを避ける客を0%にしたことによって、条件⑤において待ち時間が長くなっている。その内訳を見ると、セルフレジにおいて長い待ち時間が生まれていることがわかる。しかし、その分有人レジは空くため、待ち時間が短くなっている。

7. 考察

セルフレジは有人レジよりもレジサービスの処理能力が高いのか、また、効率的よくレジサービスを行うことができるにはどうすればいいのかを解析するため、本シミュレーションを行った。図6,7より、有人レジとセルフレジとでは処理能力に関してあまり大きな差は見られなかった。これはレジの違いではなく、レジサーバーの数によって処理能力が高まっていくためである。よって、レジサービスの効率という点においては有人レジもセルフレジも特に差異はないといえる。また、図8,9を見たとき、セルフレジを避ける客を0%にしたことにより、セルフレジにおいて行列が生じてしまい、全体的に見るとかえって待ち時間が長くなってしまった。これは条件②でセルフレジを避けていた42%の客が偏りなくレジを選択するようになり、その分セルフレジに客が集まってしまったのだと考える。

セルフレジは客の処理能力にあまり差は見られなかったが、言い換えると有人レジと同等の能力を有していることとなる。セルフレジは本来4台のセルフレジに対して1人の監視スタッフが常駐しているが、その一人分で4台分のレジサーバーを管理することができるため、同じ時間レジを稼働させていても、約3人分の人件費削減となる。また、有人レジをセルフレジに変えることで、同じレジ台数でも店内にスペースが生まれ、その場所を商品陳列や新たなレジ設置に用いることが可能となる。条件④では同じ従業員数でセルフレジと有人レジを混合して稼働させているが、従業員コストは変わらず客の処理能力が大幅に上昇しているため、店舗側の利点としてセルフレジは大いに有効であると考えられる。

8. 結論

本研究ではセルフレジのサービス効果について検証を行ったが、シミュレーション上では有人レジと同等の能力を有していることがわかった。また、人件費削減や店内レイアウトなど主に店舗側への利点を発見することができた。今後は時間条件で客の来店確率を変化させて繁忙時の状況を想定するなど、より現実的なシミュレーションの開発をしていく。

また、待ち行列におけるサービス時間や到着分布等による変化も重視しつつ、各データの精査を行っていく。

参考文献

- [1] 住友信託銀行,産業界の動き～小売業のコスト削減が期待されるセルフレジ,調査日報 2010年3月号
- [2] 芹沢 良,マルチエージェントを使用したレジにおける混雑解消法の検証,東京工科大学 メディア学部 2005年度卒業論文,2006年3月
- [3] 加藤 菜美絵,作業能力を考慮した人員配置問題を解くマルチエージェントモデルの構築,群馬大学社会情報学部社会情報学科 2006年度卒業論文,2007年4月
- [4] 森 雅俊,スーパーの食料品売り場のレジにおける待ち行列の解析,南山大学数理情報学部 数理科学科 2003年度卒業論文,2004年
- [5] 三道 弘明 ,M/M/sにおける最適窓口数に関する数値的検討,神戸学院大学経営学論集第2巻第1号,2005年9月
- [6] 「artisoc4.0」(構造計画研究所)
MAS コ ミ ュ ニ テ イ -
artisoc4.0,<http://mas.kke.co.jp/modules/tinyd0/index.php?id=13> (2016年12月10日アクセス)