

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

03601030 加藤 菜美絵

スーパーマーケットのレジにおいてレジ店員を効率よく配置することを目指し、従来研究をふまえ、解決策として「作業能力」に焦点をあて、最適な人員配置モデルを構築することを目的とする。まず、データ解析のための数量化Ⅰ類と人員配置問題の解法の2つの経営科学的アプローチからこの問題を解く。しかし経営科学的アプローチでは、1時間あたりのまとまった顧客数を用いるため、実際の店舗内の顧客の流れまでは解明することができず、実際にどのレジが混雑するのかというところまではわからない。そこで、マルチエージェントシミュレータを用いたアプローチからこの問題を解くためのモデルを構築する。

1. はじめに ～研究の背景と目的～

本研究の問いは、最適なレジ店員の配置はいかにして可能か？である。現場がかかえる問題点は、店員を効率よく配置することができず、顧客を待たせてしまったり、店員も明らかな人手不足により忙しかったり、逆に店員が多すぎて人員整理されてしまうなど、効率の悪い事が起きていることである。この原因は2つ考えられ、1つ目は、客数に影響を与えると考えられる要因（天候、広告の有無、近隣他店の広告の有無、特売日）などを考慮していない点が挙げられる。2つ目は、「個人の作業能力」を考慮して配置していない点が挙げられる。そこで客数に影響を与えると考えられる要因、「個人の作業能力」を考慮し、レジ店員を配置するマルチエージェントモデルを構築することを目的とする。人員配置問題に対する従来アプローチは、経営科学的アプローチとマルチエージェントアプローチの2つである。まず、経営科学的アプローチから解いてみる。

2. 人員配置問題への経営科学的アプローチ

2. 1. レジ店員の最適配置を求めるための経営科学的アプローチ

経営科学的アプローチから、1時間あたりの作業能力を考慮したレジ店員の配置を解くための方法は、次の2つである。

1つ目は、データ解析のための数量化Ⅰ類である。

2つ目は、人員配置問題の解法である。

2. 2. 経営科学的アプローチの問題点と限界

しかし、2. 1における経営科学的アプローチには次のような問題点と限界がある。

経営科学的アプローチの問題点は2つある。1つ目は、「1時間あたりの予想売上点数」と「作業能力」をどのように組み合わせるか「仮説稼働台数」を求めるかという点である。店員が客を待っている時間のカウントをどのようにするか？という課題があるためである。2つ目はExcelのソルバーの解での継続した労働時間の表示が出来ていないという点である。

例として、希望労働時間が6時間の人の労働時間帯が下の表のようになってしまい、まとまった時間の労働を可能にしていなかったため、効率がよくないという課題がある。

11～	12～	13～	14～	15～	16～	17～	18～	19～	20～	働く時間	希望時間
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	6	6

経営科学的アプローチの限界は、1時間あたりのまとまった顧客数を用いるため、実際にどのレジが混むか、顧客の流れについては、解明す

¹ 「仮説稼働台数」とは、過去のデータを基に、1時間ごとに求められ、この時間これだけのレジが稼働していれば、顧客に不満なくサービスを提供できる台数のことである。この場合のサービスとは、各レジに待ち行列ができない状態を指す。

ることができないと考えられることである。

これらの限界をこえるためには、1 つ目として、顧客の動線を解明することが必要になると予測される。2 つ目として、現実の顧客の行動にあわせて考える必要があるため、さまざまな行動ルールをもった顧客の種類を作り、行動を解明することが必要になると予測される。

そこで、マルチエージェントモデルが適していると考えられる。

2. 3. 従来研究と本研究との関係

経営科学的アプローチでは、この問題は解決することができなかったが、次のようなことがわかった。辻村(2000)では、「仮説稼働台数」の算出方法は今まで、売れる個数を現す「売上げ点数」から算出されてきたが、より正確な「仮説稼働台数」を求めるには、習熟度などをかみした、1 時間あたりの登録点数、1 時間あたりのサービスを提供できる客数を求めて考えることが必要であるという結果を出している。つまり「作業能力」を考慮した「仮説稼働台数」が必要であるといっている。このことから、従来研究の結果と本研究目的は矛盾していないと考えられる。

高井(2000)では、人員配置計画は日単位で行われている。しかし、私は 1 日の中にも、混雑する時間帯とそうでない時間帯とがあるので、日単位ではなく、時間単位で行うモデルを考える必要があると考えられる。

そこで、マルチエージェントを用いたモデルを構築する。

3. 人員配置問題を解くマルチエージェントモデルの構築

3. 1. マルチエージェントモデルとは何か

マルチエージェントモデルは、コンピュータの中に人工社会を作るための方法であり、同時にその社会を分析するための方法である。モデルの構成要素はエージェントと MAP である。エージェン

トとは、主体性を持ち自律的に行動するものである。MAP とは、エージェントが配置される環境で、エージェントはこの環境内を自らの価値基準に従って自分の行為を自由に選択し動き回る。

3. 2. マルチエージェントモデルを用いた従来研究

3. 2. 1. 商品数の違いに注目したレジにおける混雑解消モデル

芹沢(2005)の「マルチエージェントを利用したレジにおける混雑解消法の検証」である。芹沢は、客がレジまで商品を持って行き精算するタイプの店において、レジの混雑を解消する方法として、客の購入する商品の数によって並ぶ列を変えろという方法に焦点をあて、全部のレジの台数につきどのくらいの割合で商品数の少ない客専用レジを設けることが効率がよいかという研究をしている。

3. 2. 2. 店内レイアウトに注目した店舗内人流モデル

山田(2005)の「マルチエージェントを用いた店舗内人流シミュレーション」である。山田は、買い物客の購買行動に影響を与えろと考えられる要因として、商品配置や店内レイアウト、POP 広告に焦点をあてて、商品配置や店内レイアウトを変えた場合、POP 広告を設置した場合での買い物客の店内の動きや滞在時間の変化を分析するという研究をしている。

3. 2. 3. 分担作業の効率化に注目したモデル

細川(2001)の「作業効率におけるマルチエージェントモデルによるアプローチ」である。細川は、分担作業の効率化を図ることに焦点をあてて、企業の営業形態に着目し、今ある人的資源を最大限に生かし、営業活動において効率のよい分割作業を出来るようにすることを目的に研究している。

3. 2. 4. 消費者行動に基づいた売上予測モ

デル

徳田（2006）の「消費者行動に基づいた売上予測」である。徳田によると、小売業を取り組む影響にはさまざまな要因が挙げられるが、その中でも消費者行動の変化が最も大きい影響を及ぼすものであることが従来から指摘されてきた。そして、店舗内における消費者行動についての研究は行われている。しかし、消費者の行動から売上を予測する研究は見当たらないため、ここに焦点をあて、消費者行動からコンビニの売上を予測するシステムを提案する研究をしている。

3.3. マルチエージェントを用いた従来モデルと本モデルとの関係

レジの種類については、スーパーマーケットを題材とするため芹沢のモデルと同様、レジ 1 つ 1 つに対してそれぞれ列が発生する M/M/1 型のレジを置く。レジの台数は、芹沢のモデルでは数が変わるようにパラメータ設定されていたが、本モデルでは、作業能力による配置の変化に焦点をおくためレジの台数は 5 台と固定する。シミュレーション実験では、山田のモデルと同様、レジ店員の作業能力をすべて同じにした基本パターンと新しいレジ店員の配置を変えた 3 つのパターンによる出力値の比較を行う。評価方法については、細川のモデルでは、営業の作業効率において企業が客に不満を持たせないことを第一に考えるか、それとも自分の会社の効率を第一に考えるかのいうように、立場による視点から評価を変えていた。本モデルでも、細川のモデル同様、働く側の立場と客側の立場によって効率のよい配置が違ふことが予想されるので、働く側の立場による評価と客側の立場による評価を考える。働く側は、配置されるレジによるレジ待ち人数ができるだけ平等になることが配置されるレジによる不平等を解消する効率のよい配置と考える。また、客側の視点は、レジ待ち時間短く、いらいらしないことが

効率のよい配置と考える。人間らしさについては、徳田のモデルではエージェントの「満足度」は行動するごとに減っていくという人間らしさを設定に加えていた。本モデルでも、徳田のモデル同様、人間らしさをエージェントに加えるため、人間がいららす時間を心理学的研究に基づいて設定する。

下の表は、3.2 の従来研究と本研究との関係をまとめたものである。

従来モデル	レジの種類	シミュレーション実験	評価方法	人間らしさ	作業能力
芹沢のモデル	●	×	×	▲	なし
山田のモデル	なし	●	●	●	なし
細川のモデル	なし	×	▲	▲	なし
徳田のモデル	なし	▲	▲	×	なし
本研究	●	●	●	●	●

●採用する。 ▲一部採用する。 ×採用しない。

4. レジ店員の最適配置を解くマルチエージェントモデルの構築

マルチエージェントモデルのモデルの構成要素は、以下の通りである。

- ① MAP
- ② レジエージェント
- ③ 客エージェント
 - (i) 並んでいる人数が一番少ないレジに並ぶ客エージェント
 - (ii) 自分から一番近いレジに並ぶ客エージェント

①MAP
MAP とは、モデル上の店を表す。本研究では、客の待ち行列に注目するため、店内レイアウトは省いている。

②レジエージェント
レジエージェントに関しては、客エージェントに「待つ」というプログラムを組み込んでいるため、ただそこに存在するだけのエージェントであり、特別なプログラムは書かれていない。レジ店員の作業能力は、新しいレジ店員の場合は通常の 2~3

倍かかる。そのため、設定は新しいレジ店員を表現したレジエージェントには、通常の 3 倍レジの処理に時間がかかるものになっている。

③ 客エージェント

客エージェントの行動は、次のようになっている。

客のエージェントの発生 (入店)

客エージェントの発生場所は、すべての MAP 上から平等に発生するとは限らないと考える。なぜならば、現実の客の店内行動には次の 2 つの研究があるからである。1 つ目は野口 (2004) によると、世の中の人はおよそ 90% が右利きであることである。人間工学的に見ると右利きの人には左足を軸に反時計回り (左回り) に動く傾向がある。このため進行方向の左側に商品があるような動線が望まれる。つまり、入店から退店までおおよそ右回りができるような通路や動線をつくることが重要である。しかし店舗戦略として、スーパーマーケットでの買い物のように多くの商品を購入する場合は、利き腕の右手で商品をとったほうが便利のため、この動きとは逆になる。

よって、客エージェントは、MAP 上の右側から 90% 発生するかもしれないという推測ができる。2 つ目は、野口 (2004) によると、店舗内戦略として、店舗内レイアウトを次のようにしているからである。大部分の客は、非計画購買者であるため、店舗内戦略として、店内レイアウトは来店客の 80% 程度が主通路を歩くようにされている。このことをふまえると、主通路を通過する客がレジに向かう場合、MAP 上の右側から 80% 程度発生するかもしれないという予測もできる。よって、これらの現実の客の行動に対応できるように、客エージェントがどこから発生するかについては、さまざまな状況を想定して、パラメータにしておく。また、客エージェントが購買する商品数も、客エージェントが発生す

る際に 1 から 30 品でランダムに設定しておく。

客エージェントのレジ選び (目的地決定)

現実の客では、自分のいる位置から一番近いレジを選ぶ客と、レジ待ちの人数が一番少ないレジを選ぶ客の 2 種類にわかれる。よって、モデルの構成要素には、自分のいる位置から一番近いレジを選ぶ客、レジ待ち人数が一番少ないレジを選ぶ客の 2 種類を設定しておく。自分のいる位置からの距離が 2 台のレジで同じであった場合、レジ待ち人数が少ない方を選び、レジ待ち人数が同じであった場合、自分のいる位置から近い方を選ぶものとする。

客エージェントの移動 (移動)

現実の客のレジに向かう行動を表現するため、まずは前に進むことを目的とする。しかし、前にほかの客エージェントがいる場合には、左右に動く。左右に動く際には、自分が目的としたレジに近い方に動くものとする。

客エージェントのレジ整列 (目的地へ到着)

客エージェントは、各レジに 1 列に並ぶものとする。目的のレジに到着し、前に並んでいる客がいる場合は列の最後尾につき、並んでいる客がいない場合はレジ処理に入るものとする。

客エージェントのレジ処理 (レジ処理)

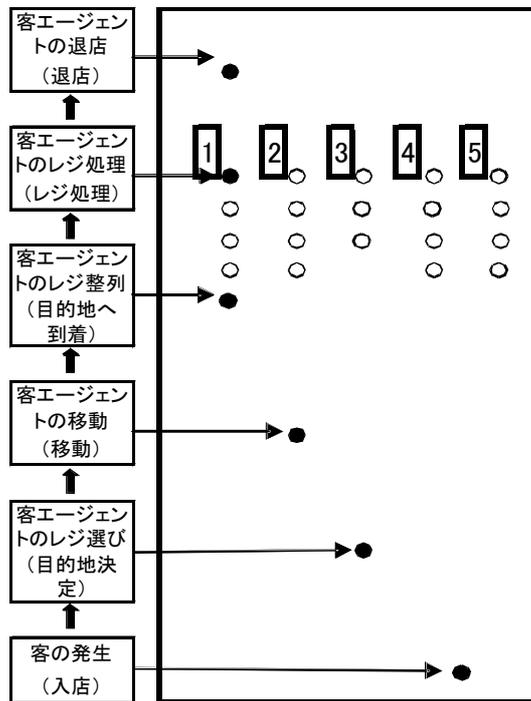
新しいレジ店員の場合は 1 ステップごとに 1 商品減り、普通のレジ店員の場合は 1 ステップごとに 3 商品減るように設定する。なお客が購買する商品数は、客エージェントが発生する際に 1 から 30 品でランダムに設定されている。レジ処理が一人終わり、レジから 1 歩進んだら、レジ処理を待っている客エージェントのレジ整列全体も 1 歩進むものとする。

客エージェントの退店 (退店)

客エージェントは、レジ処理が終わったら前に進んでいく。そして、画面から消去される。

下の図は、おおまかな客の行動フローチャート

と、MAP 上の詳しい客の行動である。



出力値は2つある。1つは、働く側の視点から効率がよい配置を考えるための「待ち人数」である。働く側にとっては、配置されるレジによるレジ待ち人数ができるだけ平等になることが配置されるレジによる不平等を解消する効率のよい配置であると考えられる。そのため評価方法で、配置パターンごとの各レジの「待ち人数」の比較を行うためである。2つ目は、客側の視点から効率がよい配置を考えるための「いらいらしている人の数」である。客側にとっては、「いらいらしている人の数」が少ないことが効率のよい配置と考える。そのため評価方法で、配置パターンごとの合計の「いらいらしている人の数」の比較を行うためである。

「いらいらしている人の数」²は、次のような心理学的研究に基づいている。野口（2004）によると、小売業の研究者パコ・アンダーヒルは、レジの待ち時間が90秒以内ならば来店客の時間感覚は

正確であるが、90秒をすぎると時間感覚が狂ってしまい、ひどく大きくなる。つまり2分待っているのに、「3、4分待っている」と感じる。と述べている。よって、現実の客は、待ち時間が90秒以上になると、いらいらしてするといえる。よって、「いらいらしている人の数」は、レジ待ち時間が90秒以上の人の数である。

ここで、本研究では時間をステップ数で計算する。よって、以下のような方法で、レジ処理を行う。

新人の場合（1ステップで1商品減る）

$$\text{蓄積商品数} = \text{並んでいる人の商品数}$$

普通の人の場合（1ステップで3商品減る）

$$k = \text{商品数}/3$$

$$\text{Int}(k) = k \text{ ならば } \text{蓄積商品数} = \text{蓄積商品数} + k$$

$$\text{Int}(k) = k \text{ でなければ } \text{蓄積商品数} = \text{蓄積商品数} + (k+1)$$

「スキャンの早さ」から1商品の処理時間を2秒とする。

$$90 \text{ 秒} \div 2 \text{ 秒} = 45 \text{ 商品}$$

上の計算より、90秒は、蓄積商品数が45品になったときである。よって、蓄積商品数が45品以上になると「いらいらしている人の数」に加える。

シミュレーション実験の実験設定は、レジ店員の能力を全員同じにした場合（基本）と、新しい店員を様々な位置に配置した場合（配置1~3）の計4つの配置パターンのシミュレーションを行う。

① 基本（レジ店員の能力を全員同じにした場合）

- ・すべてのレジ店員の作業能力を同じにする。（すべてのレジ店員が新しい店員ではない）
- ・並んでいる人数が一番少ないレジに並ぶ客エージェントの数：50人
- ・自分から一番近いレジに並ぶ客エージェントの数：50人

² 心理学的研究に基づくというアイデアは、大学院の入学試験のときに審査員の方からいただいたものである。

- ・客の発生終了条件：店内に客エージェントが 100 人、入店した時点
- ・シミュレーション終了条件：客エージェントが 100 人、退店した時点
- ・試行回数：100 回（図 4-2）

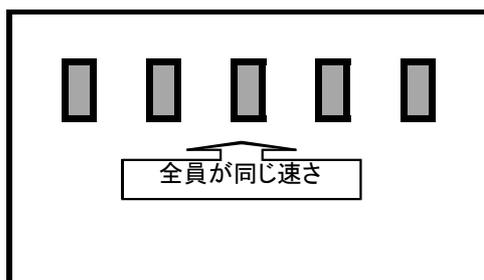


図 4-2 基本（レジ店員の能力を全員同じにした場合）

- ② 配置 1（新しい店員を 1 番左側に配置した場合）
- ③ 配置 2（新しい店員を真ん中に配置した場合）
- ④ 配置 3（新しい店員を 1 番右側に配置した場合）

評価方法は、2 つある。1 つ目は、働く側の視点から効率のよい配置を考えるための評価方法である。働く側にとっては、配置されるレジによるレジ待ち人数ができるだけ平等になることが配置されるレジによる不平等を解消する効率のよい配置であると考えられる。よって評価では、レジごとの「待ち人数」の数を比較して、レジごとに差がない配置パターンが働く側にとって効率のよい配置となる。2 つ目は、働く側の視点から効率のよい配置を考えるための評価方法である。客側にとっては、「いらいらしている人の数」の数が少ないことがいらいらしない効率のよい配置と考える。よって評価では、配置パターンごとの合計の「いらいらしている人の数」の数が少ない配置パターンが客側にとって効率のよい配置となる。

5. おわりに ～今後の課題～

今回の研究では、実際にマルチエージェントシ

ミュレータを用いてシミュレーション実験をすることができなかった。レジの店員の作業能力についても配置されるレジによる違いをわかりやすくするため、普通のレジ店員か新しいレジ店員かという単純なマルチエージェントモデルから混雑することを避け、他のレジ店員にとっても、客にとっても効率がよいかを検証するためのマルチエージェントモデルを構築した。

今後の課題は、さらに詳しいレジ店員一人一人の作業能力を考慮し、どの時間帯にどのレジ店員がどのレジをやることが効率がよいか、また、それらを考慮した労働時間表まで作ることである。

引用文献

1. 木暮至, 2004, 『現代経営管理の新展開』, 同分館出版株式会社
2. 芹沢良, 2006, 「マルチエージェントをしようとしたレジにおける混雑解消法の検証」, 平成 18 年度東京工科大学卒業論文
3. 高井英造・真鍋龍太郎, 2000, 『問題解決のためのオペレーションズ・リサーチ入門』, 日本評論社
4. 辻村大介, 2000, 「最適マンニング作成問題」, 平成 12 年度文教大学卒業論文
5. 徳田栄市, 2006, 「消費者行動に基づいた売上予測」, 平成 18 年度金沢工業大学卒業論文
6. ナイジェル・ギルバート/クラウス・G・トロイチュ, 2003, 『社会シミュレーションの技法』, 株式会社日本評論社
7. 野口智雄, 2004, 『店舗戦略ハンドブック 出店計画から売場戦略まで、売れるお店づくりのルール』, PHP 研究所
8. 細川裕司, 2001, 「作業効率におけるマルチエージェントモデルによるアプローチ」, 平成 13 年度東京理科大学卒業論文
9. 山田健司, 2004, 「マルチエージェントを用いた店舗内人流シミュレーション」, 平成 16 年度金沢工業大学卒業論文