

マーケティングにおける販売促進効果の マルチエージェントシミュレーション

伊藤宏明（岐阜工業高等専門学校電気情報工学科）

第1章 序論

近年、社会科学の分野において、人工市場や複雑系経済学と関連してマルチエージェント[1]の研究が様々に模索されている。

本研究は、マルチエージェントシミュレーションを用いて仮想的な市場を構築し、販売促進について評価する。販売促進の媒体は店頭告知の POP をモデル化したもので、利用回数や到達する消費者の数や質などの特性を有する。また、販売促進媒体は3種類あり、それぞれの媒体は同じ特性を有する。販売促進の媒体が市場の消費者の購買活動にどのような影響を与えるか観察し、評価することを目的とする。

第2章 販売促進効果のマルチエージェントシミュレーション

本研究ではマーケティングの要素のプロモーションに関してモデル化をしていく。市場の店舗が販売促進をすることでのどのように消費者に効果（販売促進効果）を与えるかを研究する。

株式会社構造計画研究所の汎用的マルチエージェントシミュレータ「artisoc」上で消費者エージェントと販売促進エージェントと市場上の店エージェントが存在する市場空間を構築する。

2.1 販売促進の対象製品

販売促進による消費者の購買行動への影響度は、対象となる製品のタイプによって異なる。本研究では、比較的安価で、購買頻度が高い製品を対象とする。これは、製品への販売促進による消費者の購買行動への影響をより見やすくするためである。このタイプの製品は消費者は積極的に情報を収集するよりも、本研究で取り扱う販売促進媒体から受動的に情報を受け取り、購買についてもあまり深く検討しなくなる。つまり購買行

動への消費者の関与度が低い場合には、低い価格や販売プロモーションの影響を受けやすくなる。

2.2 シミュレーションの設定

市場空間、市場上の店エージェント、販売促進媒体エージェント、消費者エージェントをシミュレーションの構成要素とする。市場空間とは、これらのエージェントが活動する空間である。市場上の店エージェントは、市場空間に存在する店であり、販売促進を行う。また、販売促進対象製品と同価格帯の製品も取り扱う。販売促進媒体エージェントは市場空間に出現することで消費者エージェントの一部の購買行動に影響を与える。消費者エージェントはそれらのエージェントの影響を受けて購買行動を起こす。

2.2.1 市場空間

市場空間として、図 2.1 の 21×11 枠の二次元格子空間を設定した。

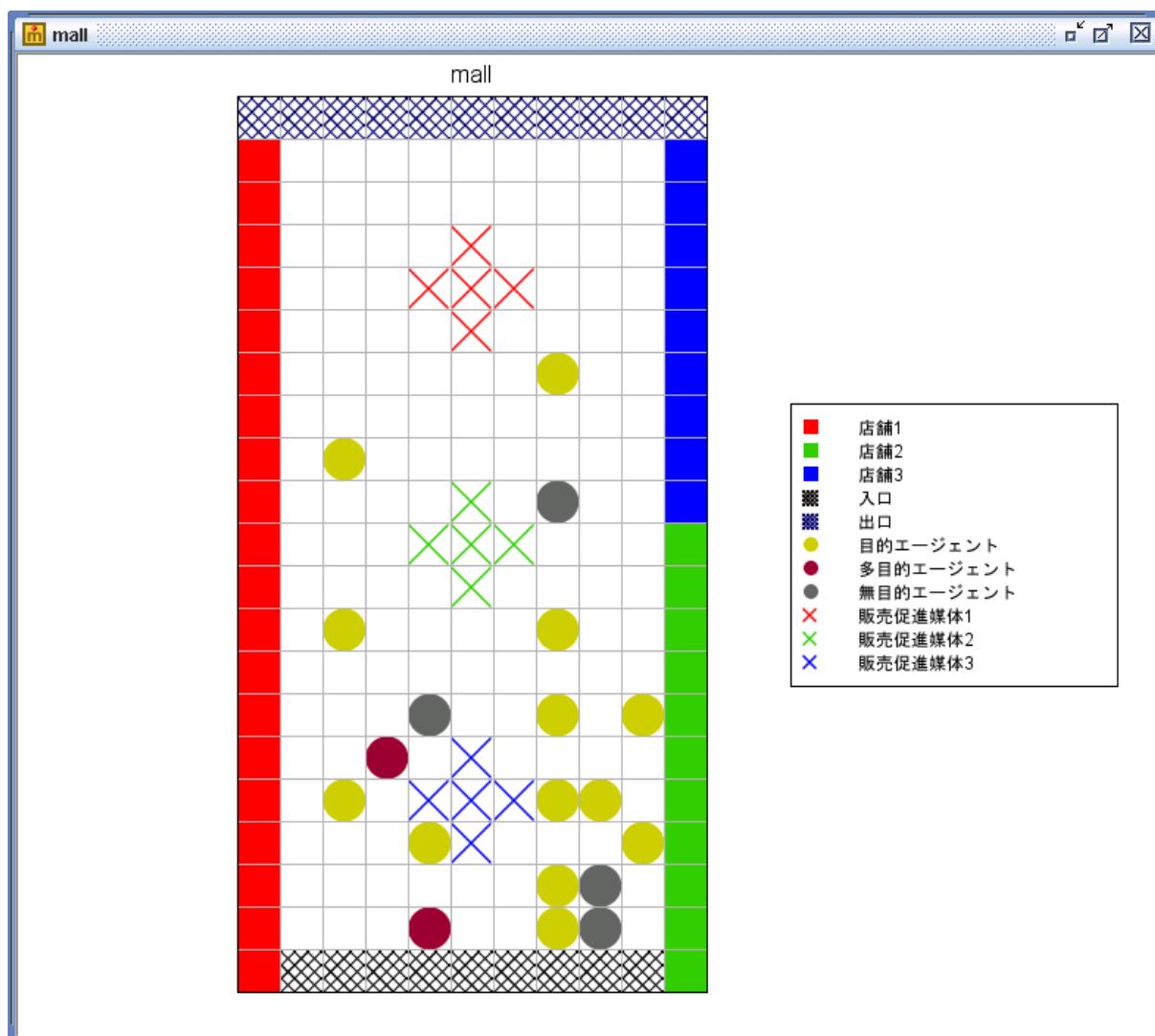


図 2.1 市場空間とエージェント

2.2.2 市場上の店エージェント

図 2.1 に示すように、市場に店が混在するように設置し、それぞれの店エージェントが市場空間に販売促進媒体エージェントを出現させる。また、店の数は 3 店舗とし、それぞれに立地条件が与えられる。シミュレーションを行う上で出口付近よりも入口付近の方にエージェントが集まりやすく、立地条件が良い。また、店舗の大きさが小さいよりも大きい方が立地条件は良いとみなす。この 2 つの要素により店舗 1、店舗 2、店舗 3 の順に立地条件の良さが決められ、立地条件が良いほうが、目的・多目的エージェントが目的の店舗として目指す店舗となり得やすいものとする。

2.2.3 販売促進媒体エージェント

販売促進媒体エージェントの種類は、市場上の店エージェントの種類に対応しているので3種類ある。販売促進媒体エージェントは販売促進対象製品の価格を下げ、販売促進を狙う。消費者エージェントの視野内に存在したときに製品を購入するかどうか判定するが、判定は1種類につき1回ずつである。たとえ2回以上視野に入ったとしても一度購入するかどうか判定した後は購入するかどうかの判定はしない。

販売促進媒体エージェントはその存在箇所に応じて宣伝費がかかる。宣伝費は、立地条件と同じように入口のほうがより高く、出口のほうは安い。宣伝費はシミュレーションの最後に利益から省かれる。

2.2.4 消費者エージェント

消費者エージェントは入口より市場空間に出現し、出口から姿を消す。市場空間を1ステップごとにランダムに移動する。消費者エージェントもいくつかの種類に区別する。本研究では3種類の消費者エージェントを用意した。それぞれの消費者エージェントを「目的エージェント」、「多目的エージェント」、「無目的エージェント」と呼ぶ。以下にそれぞれのエージェントの特性を示す。

(1) 目的エージェント

市場空間に最も多く出現する消費者エージェントである。このエージェントは、市場上で自分の視野内にある店の製品のみ購入することができる。目的を達成するとまっすぐ出口へ向かう。販売促進には関与しない。

(2) 多目的エージェント

市場空間に目的エージェントの次に多く出現する消費者エージェントである。このエージェントは自分の視野内に市場上の店エージェントがあるとき、その店の製品を購入することができ、他に販売促進媒体エージェントの影響を受ける。また、購買行動中に他の多目的・無目的エージェントが販売促進媒体エージェントの製品を持っている際にも購買行動に影響を受ける。影響を受けると購買意欲が増し、製品を購入するかどうかのルーレットで製品の購入が決められる。購買意欲が高いほど、製品を購入する確率が高くなる。本研究では、製品の購買確率の初期値は5%であると仮定する。また、このエージェントも目的を達成したらまっすぐに出口へ向かう。

(3) 無目的エージェント

市場空間に存在する消費者エージェントの中で、もっとも少ないエージェントである。このエージェントは自分の視野内に販売促進媒体エージェントがあるとき、影響を受ける。また、購買行動中に他の多目的・無目的エージェントが販売促進媒体エージェントの製品を持っている際にも購買行動に影響を受ける。製品の購入決定条件は多目的エージェントと同じものとする。特に目的がないエージェントなので、規定ステップ数を超えたら出口へ向かう。

目的・多目的・無目的エージェントの出現確率は図 2.2 に従う。これは買い物行動等消費者アンケート調査[4]に基づいている。

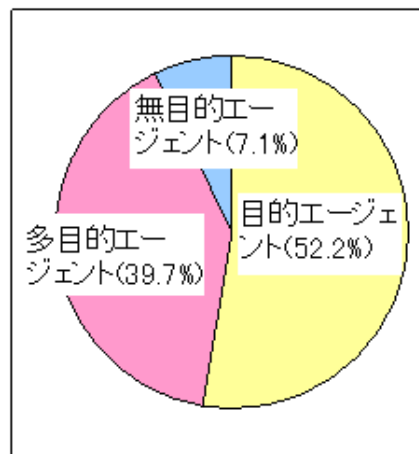


図 2.2 各消費者エージェントの出現確率

消費者エージェントの行動範囲、視野範囲例を図 2.3 に示す。消費者エージェントの視野の範囲は、1～4 の整数の中からランダムに与える。行動範囲は矢印の方向に 1 ステップで 1 枳分動けるものとする。

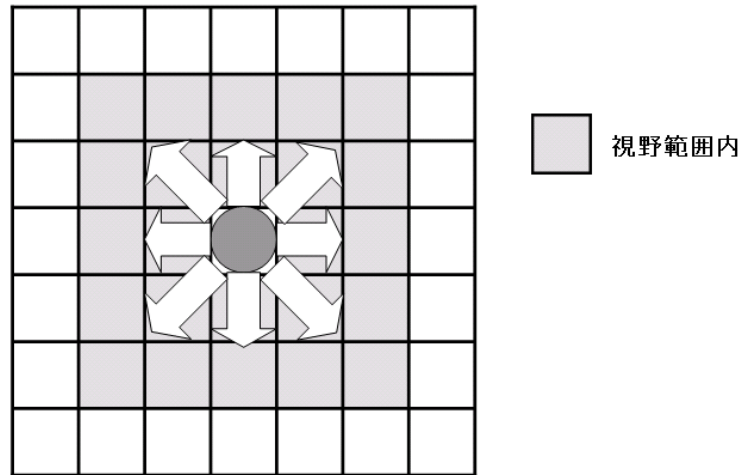


図 2.3 消費者エージェント (○) の視野と行動 (矢印) 範囲の例

消費者の市場空間での動作アルゴリズムは図 2.4.1、図 2.4.2、図 2.4.3 に示すとおりである。

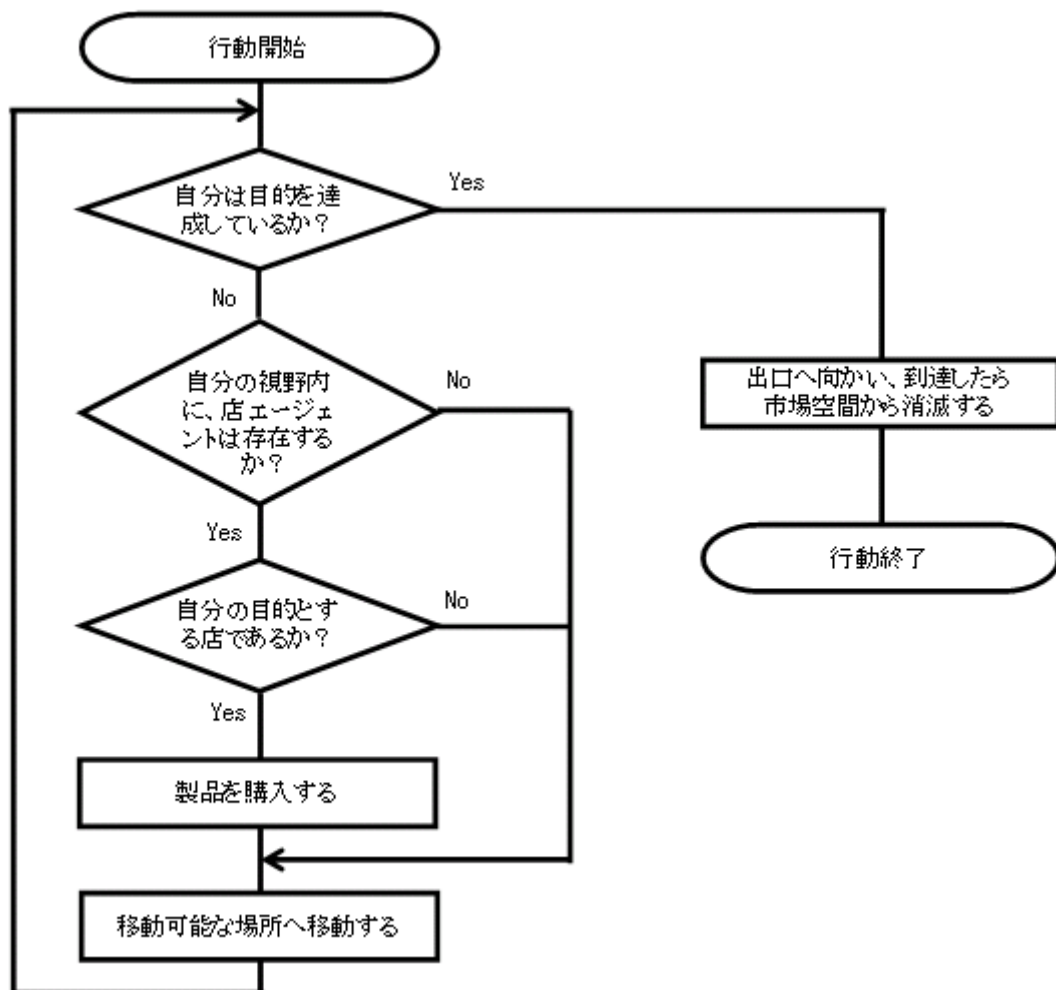


図 2.4.1 目的エージェントの動作アルゴリズム

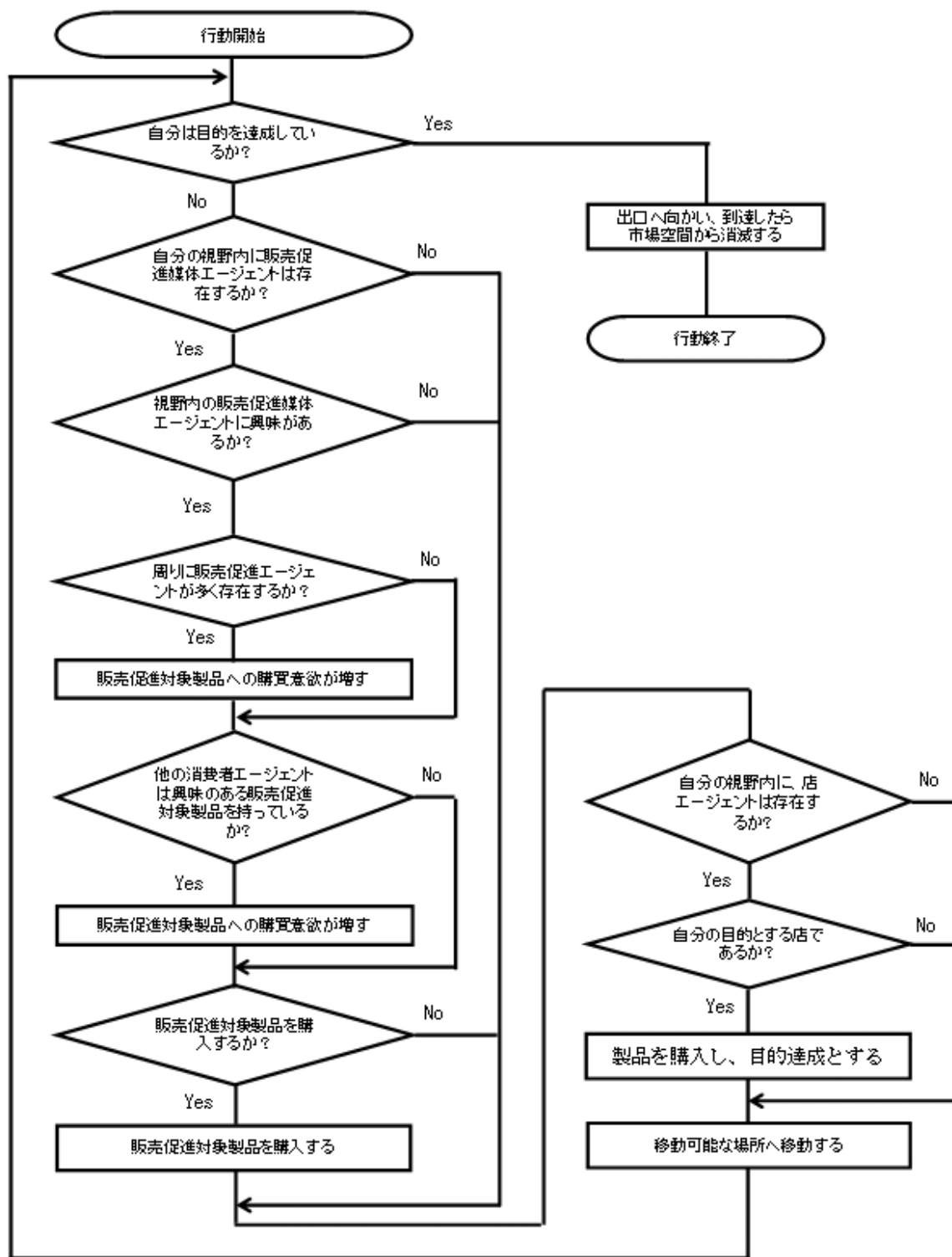


図 2.4.2 多目的エージェントの動作アルゴリズム

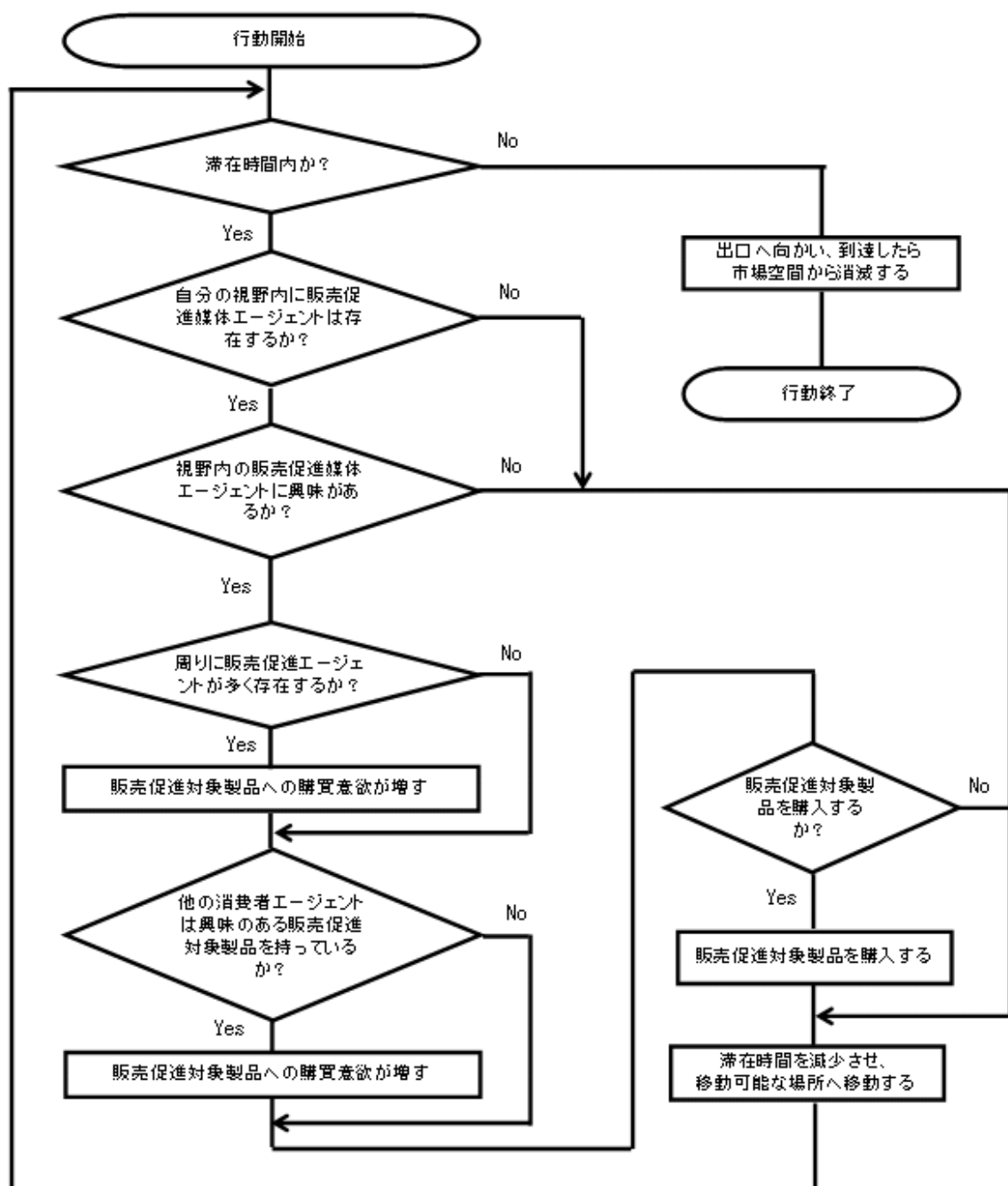


図 2.4.3 無目的エージェントの動作アルゴリズム

第3章 実験

1 実験につき 10000 ステップ実行する。販売促進対象製品、各店舗で売られる製品はすべて同等の価格とした。市場に出現する各消費者エージェントの割合は、図 2.2 に従う。

3.1 販売促進媒体が存在しない実験

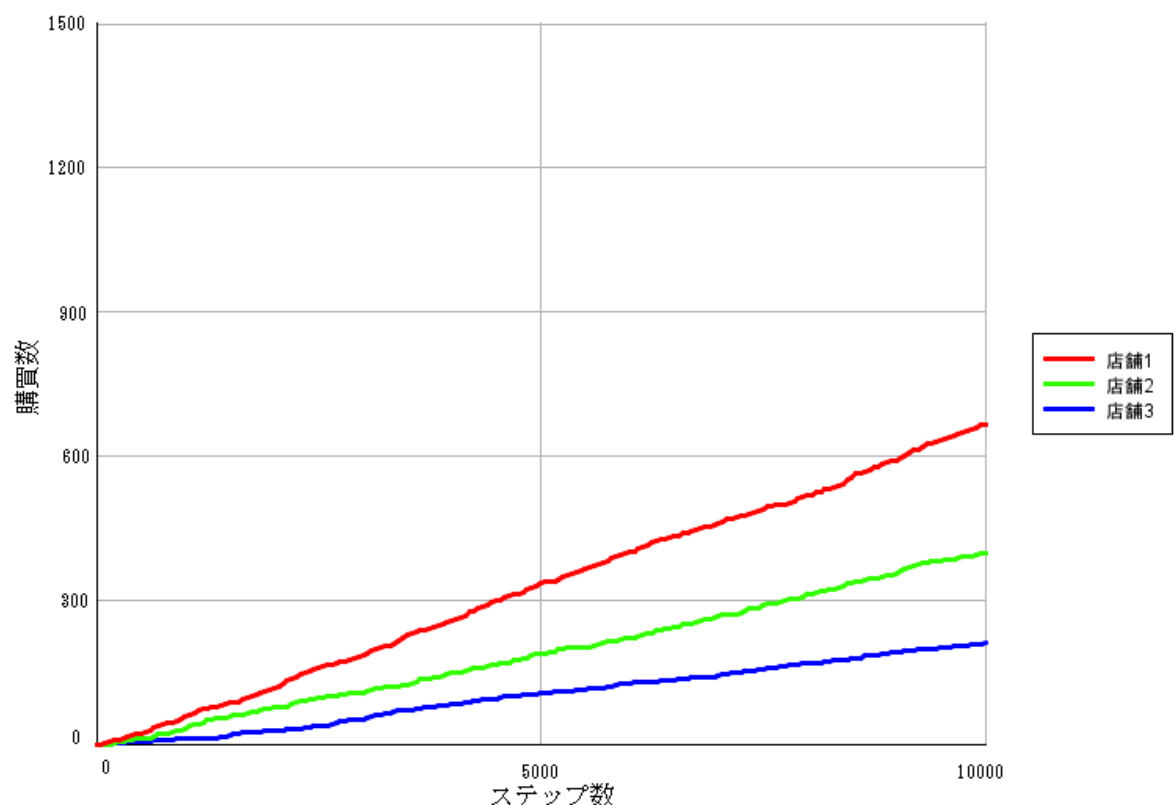
販売促進媒体が存在しないときのシミュレーションを行う。10000 ステップでシミュレーションを行った結果を図 3.1 に示す。購買割合と利益は次のように求められる。

$$\text{購買割合} = \text{各エージェントの購買数} \div \text{全体の購買数} \quad (1)$$

$$\text{利益率} = \{ \text{購買数} - (\text{販売促進での購買数} * \text{割引率}) \} \div \text{購買数} \quad (2)$$

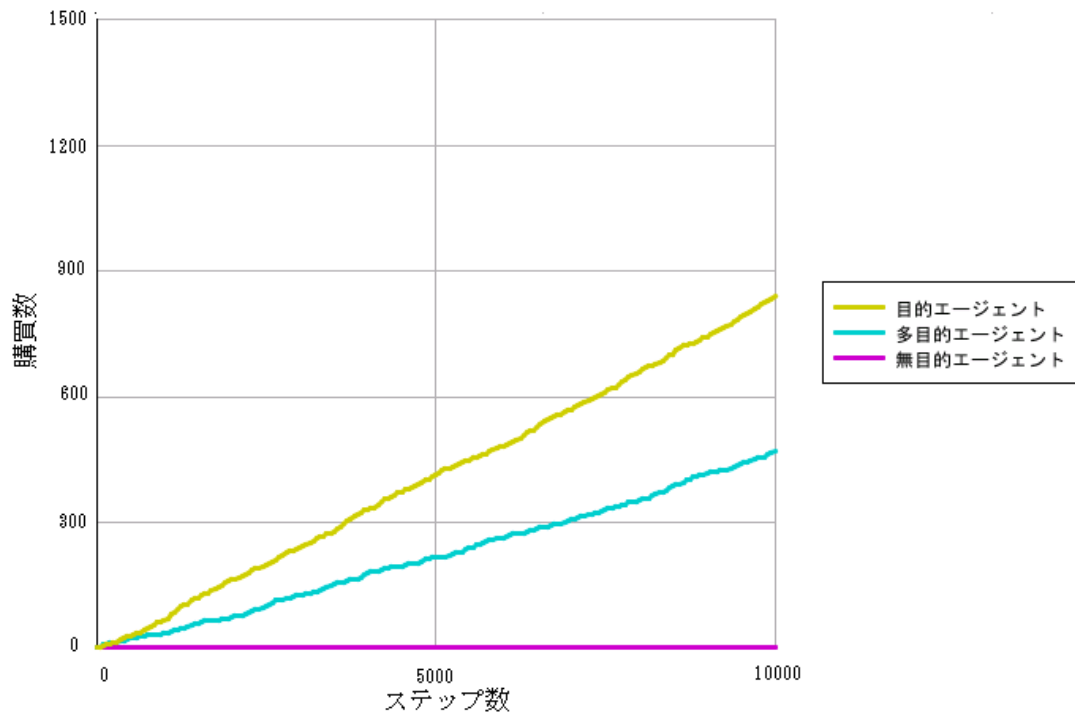
$$\text{利益} = \text{利益率} * \text{購買数} - \text{製品原価} * \text{購買数} \quad (3)$$

本研究では、製品価格の 50%を原価とする。

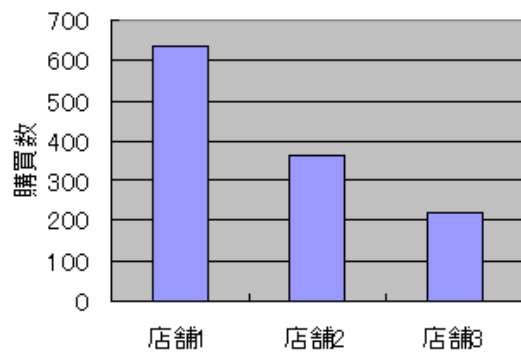


(a) 各店舗の購買数

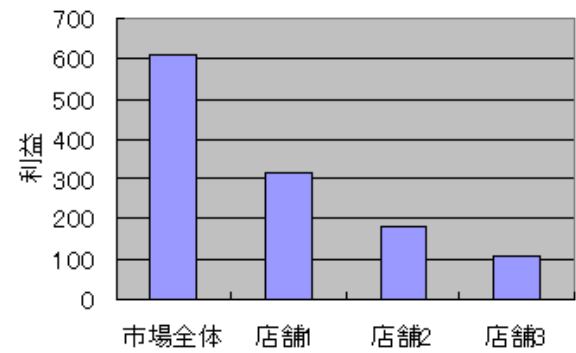
図 3.1 販売促進媒体が存在しない場合



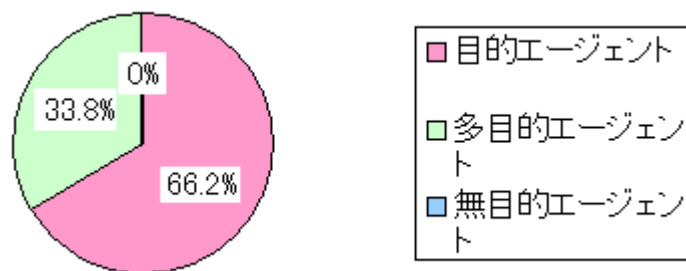
(b) 各エージェントの購買数



(c) 購買数



(d) 利益



(e) 購買割合

図 3.1 販売促進媒体が存在しない場合

消費者は全部で 1457 人出現した。図 3.1(a),(b)では、各店舗の購買数、目的、多目的エージェントの購買数はステップ数に比例して増加していることが分かる。無目的エージェントは図 3.1(e)の購買割合に注目すると、媒体が存在しないモデルの場合なので 0%となっている。これは、自分の視野内に販売促進媒体があると購買行動を起こすため、媒体が存在しないこのモデルの場合では購買活動をしなかったためである。

3.2 販売促進手段に割引を適用した実験

実験 3.1 の市場空間に販売促進媒体エージェントを設置する。入口から順に販売促進媒体エージェントが店舗 3、2、1 の順に設置するとし、販売促進に割引を適用した結果を図 3.2.1、3.2.2 に示す。例えば、割引率 10%の購買促進媒体が視野に入ったとき、エージェント購買意欲は、購買確率にして 10%高くなるものとする。購買数を示すグラフはステップ数に比例して増加する傾向は実験 3.1 と同じなので、以降のシミュレーション結果からは省略する。

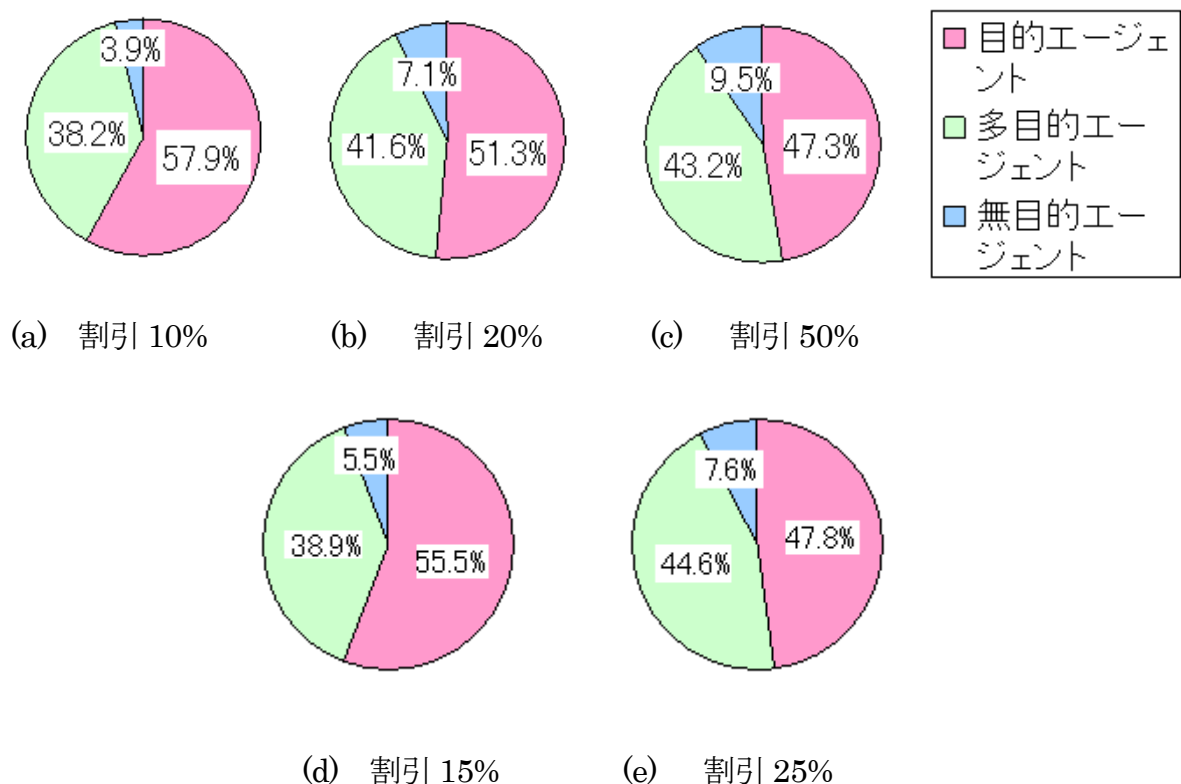
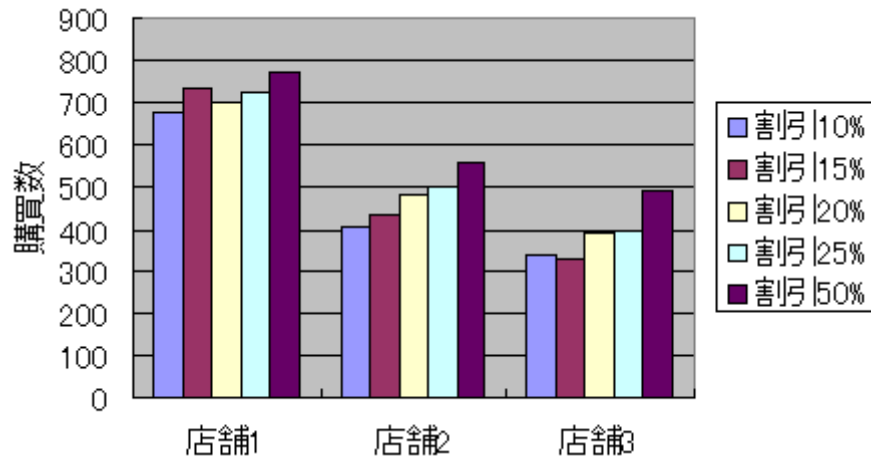
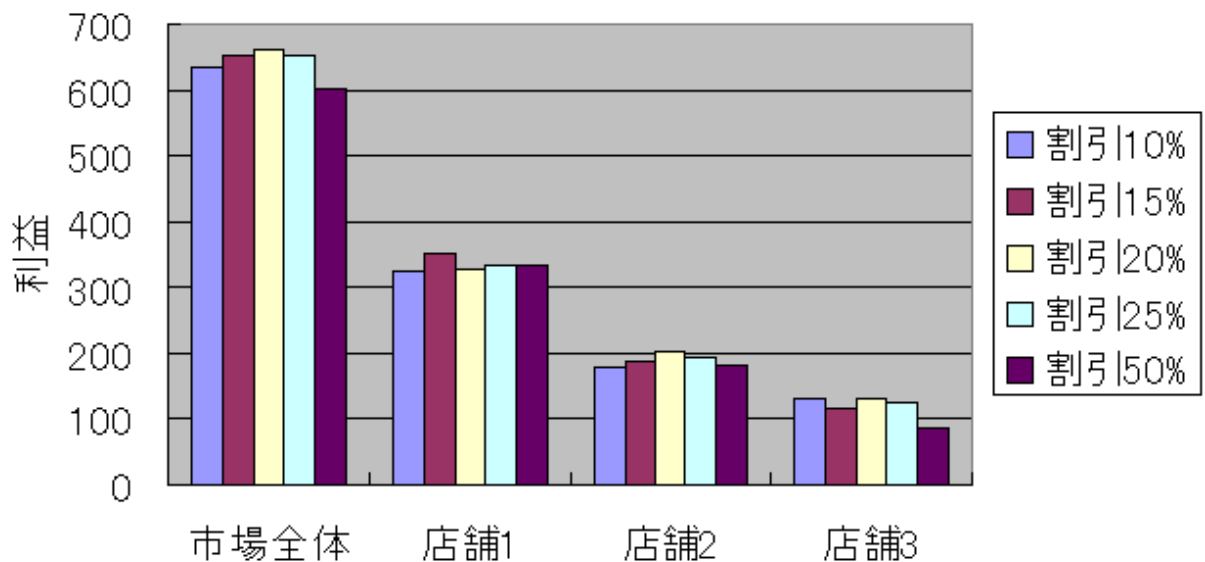


図 3.2.1 販売促進手段に割引を適用した場合の各エージェントの購買割合



(a) 各店舗の購買数



(b) 市場全体と各店舗の利益

図 3.2.2 販売促進手段に割引を適用した実験

図 3.2.1 では、割引率が大きくなっていくと、多目的・無目的エージェントの購買行動が活発になっていることが分かる。目的エージェントは、販売促進媒体に影響されないエージェントであるため、購買行動に変化がないため、購買活動が活発になったものに押され購買割合が減少する。

また、図 3.2.2(a)で購買数を比較すると、割引をした場合のほうが全体的に多く製品が売れていることが分かる。割引 15%のときの店舗 1 の購買数は割引 50%について高い値となっている。エージェントはランダムに動くため、店舗 1 の製品を多く購入するような動作をしたためだと考えられる。図 3.2.2(b)で利益を比較してみると、割引量を大

きくしていくとの市場全体の利益は増加していくが、25%割引以降では減少している。割引をすると、消費者の購買行動が活発になり購買数は飛躍的に伸びるが、割引率を高めていくと利益が落ちてしまうことが分かる。結果より、この市場では20%引きが利益を出す上で最適だと分かる。

3.3 販売促進媒体設置パターンの実験

実験 3.2 でどの割引率が最適か分かったので、次に販売促進媒体設置パターンを考える。販売促進媒体は設置する場所により、宣伝費が異なるためである。媒体設置パターンは、入口から順に販売促進媒体エージェントが店舗 3、2、1 の順、店舗 2、1、3 の順、店舗 1、3、2 の順に設置する 3 つのパターンを考えた。宣伝費は、最も入口に近いところに媒体を設置すると製品 30 個分、順に製品 20 個分、製品 10 個分と同じ値段とする。それぞれのパターンでのシミュレーションの結果を図 3.3 に示す。

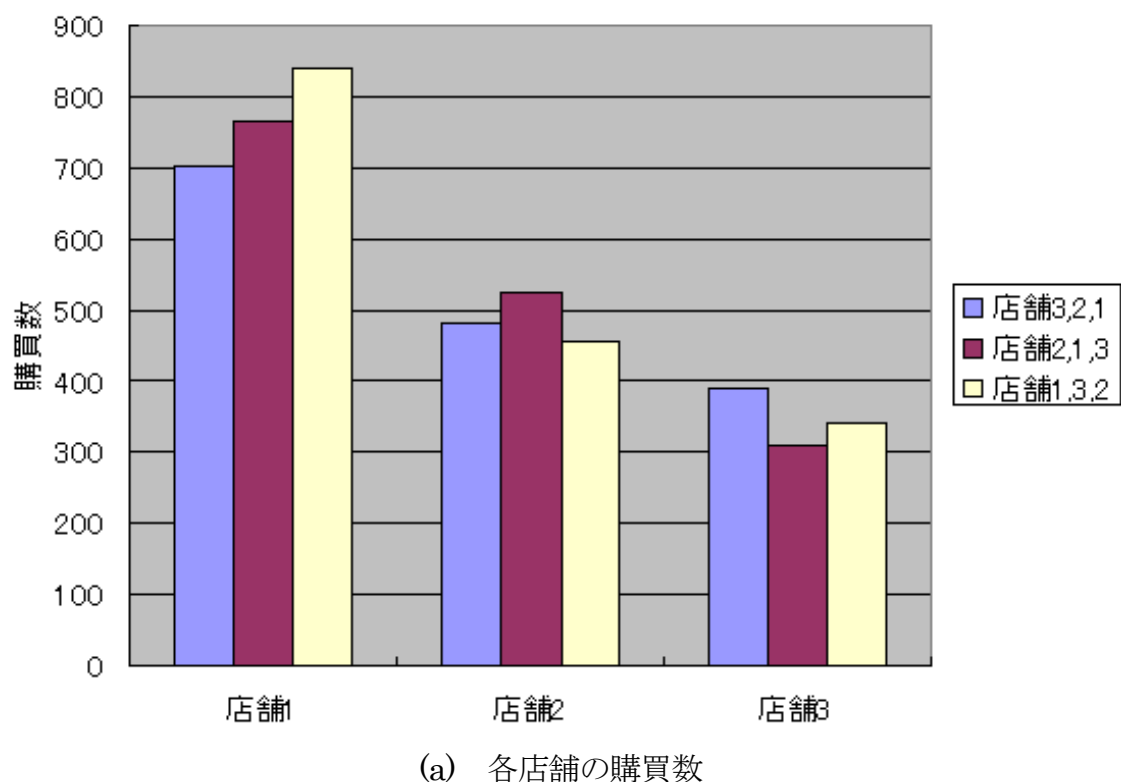
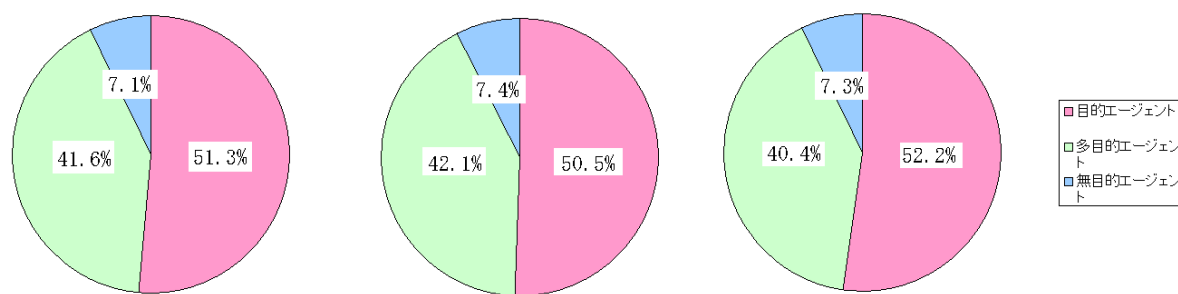
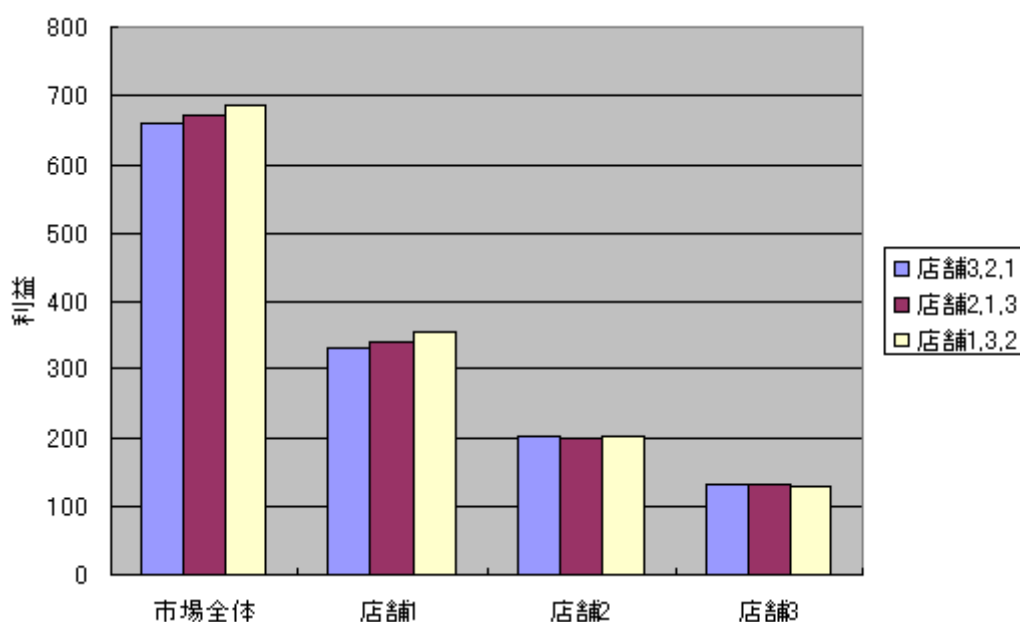


図 3.3 販売促進媒体設置パターンの実験



(b) 各エージェントの購買割合



(c) 市場全体と各店舗の利益

図 3.3 販売促進媒体設置パターンの実験

図 3.3(a)の各購買数から、それぞれのパターンにおいて販売促進媒体を入口近くに設置したほうが媒体の対象製品の購買数が多い。これは、入口近くのほうがエージェントの視野範囲に入りやすいため、購買行動を起こしやすくなっているからだと考えられる。図 3.3(b)の各エージェントの購買割合を見ると、販売促進媒体設置場所は実験 3.2 の割引手段ほど消費者の購買行動に影響しない。割引などの価格変動や他の消費者エージェントからの影響により購買行動をするので、販売促進媒体の設置場所を変えても購買行動に影響を与えないと考えられる。販売促進媒体の数を少なくすると、媒体によって購買行動をすることがある、多目的・無目的エージェントの購買割合が低下する。また、多くすると、消費者の視野に入りやすく、多目的・無目的エージェントの購買割合が上

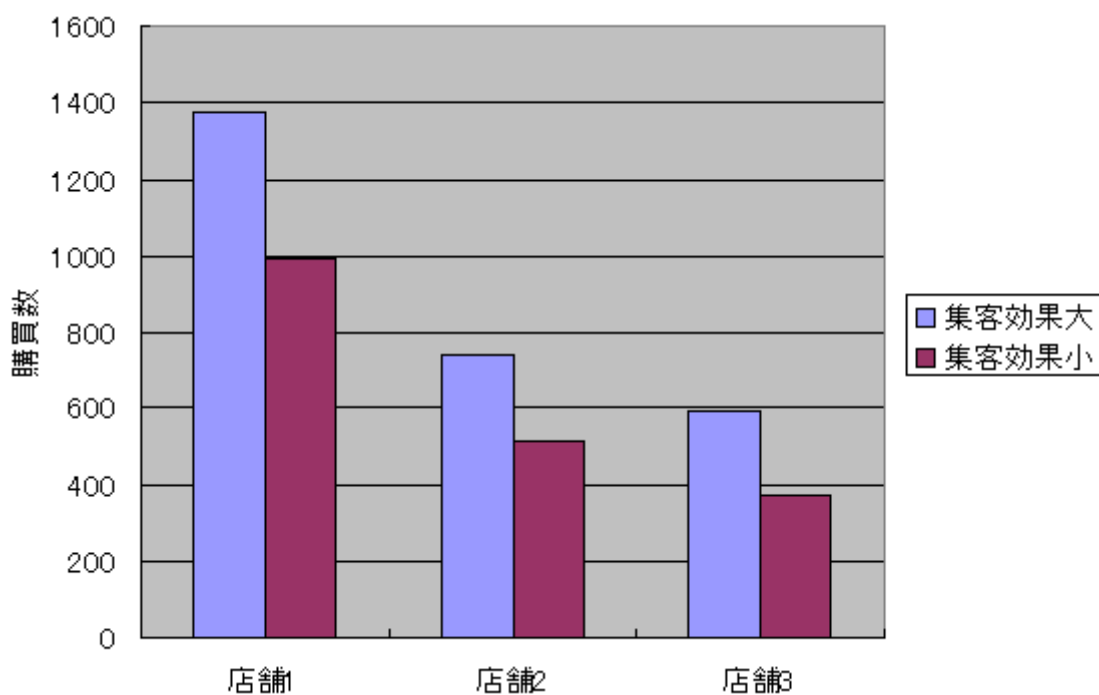
昇すると考えられる。

また、設置場所での宣伝費が異なるので、入口周辺に媒体を設置して購買数が増加しても、入口周辺の宣伝費は出口に比べて高いため、利益が宣伝費に相殺されてしまう。

図 3.3(c)の市場全体の利益が大差ないのはそのためだと考えられる。

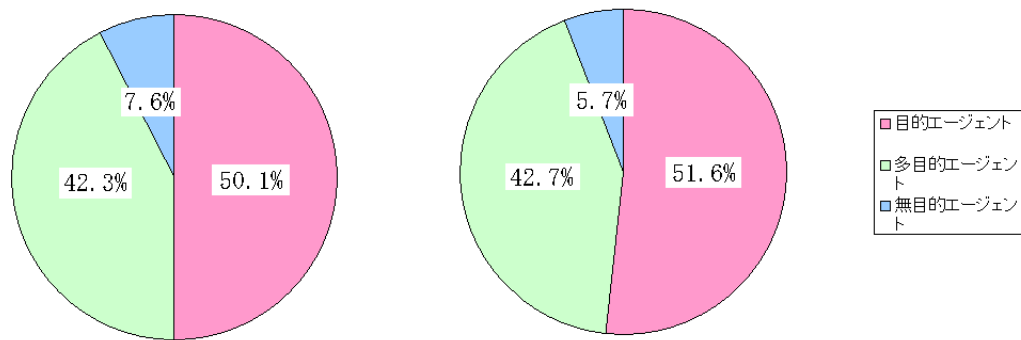
3.4 市場全体の宣伝広告を使用する実験

実験 3.3 で構築した市場において、市場全体として宣伝広告を使用する。この宣伝広告により消費者の集客効果があると考えられるため、集客効果が大きい場合と小さい場合のシミュレーションを行う。集客効果は消費者エージェントを発生させたあとに集客効果が大きい場合には 10%、小さい場合には 3%の確率で消費者エージェントをさらに出現させることで実現している。このシミュレーションの結果を図 3.4 に示す。また、この宣伝広告の費用は、製品が 100 個分の価格と同じ価格とする。

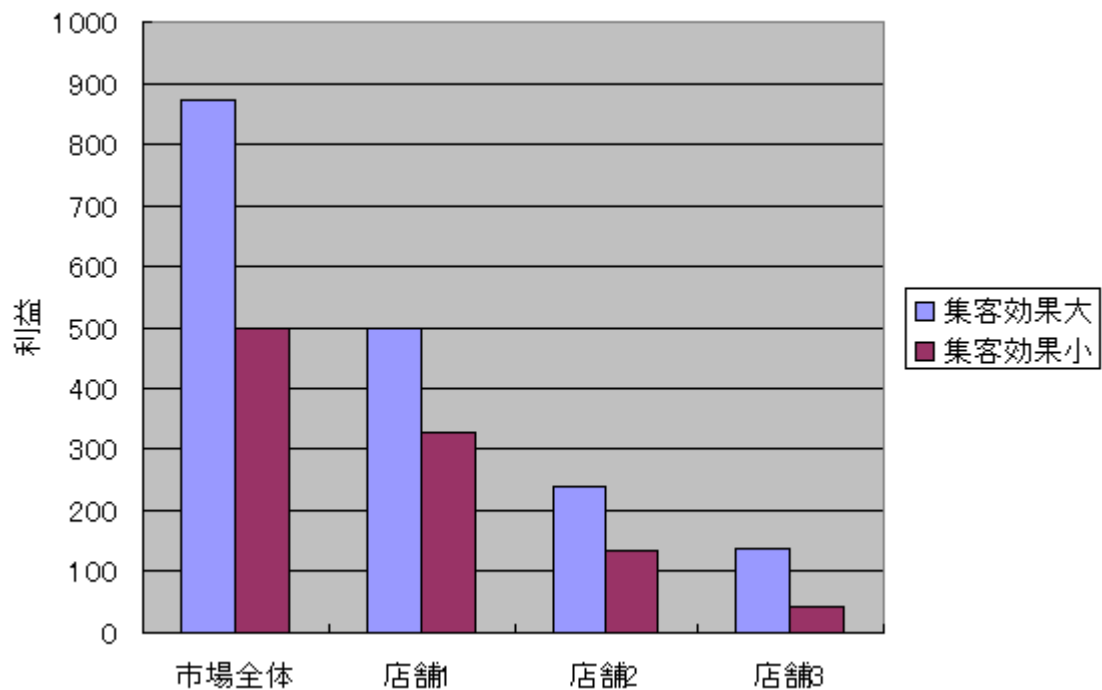


(a) 各店舗の購買数

図 3.4 市場全体の宣伝広告を使用する実験



(b) 各エージェントの購買割合



(c) 市場全体と各店舗の利益

図 3.4 市場全体の宣伝広告を使用する実験

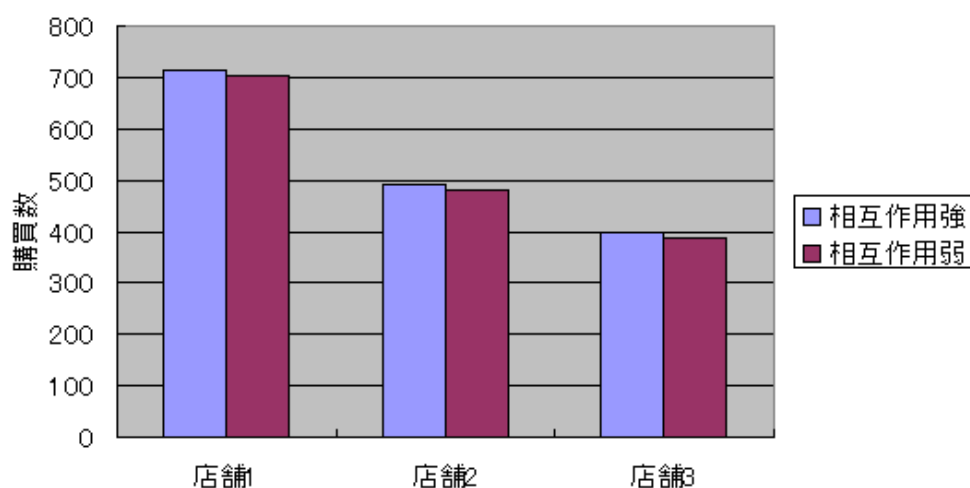
集客効果とは、宣伝広告を見て消費者が市場に出現する効果のことである。集客効果が、どの程度利益に影響するかを調べるために、集客効果が大きいものと小さい場合を考えた。実験 3.1 の総出現消費者は 1457 人だったが、今回の実験の場合は 2534 人(効果大)、1794 人(効果小)と市場に出現した総消費者数に差が生じた。

図 3.4(a)から、総消費者数が増えたとき購買数も増加するが、図 3.4(c)の市場全体の利益を見ると、集客効果が小さいものは実験 3.1 の図 3.1(d)の販売促進を行わない市場よりも利益が減少していることが分かる。販売促進により消費者の購買行動は活発になるが、宣伝費に対しての集客効果が小さいためこのような結果になることが分かる。集客

効果が大きい場合では利益が大幅に増加した。

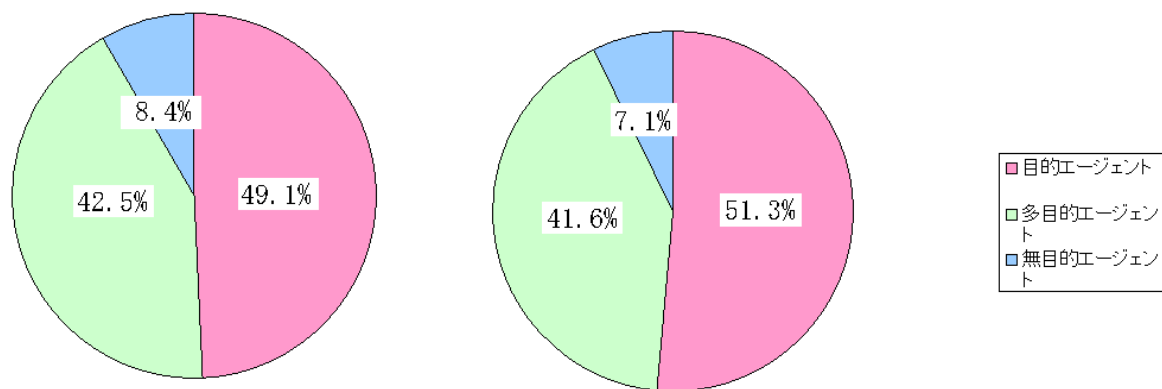
3.5 エージェントの相互作用の実験

エージェントの相互作用とは、他のエージェントが視野内に入ったとき、影響を受けることを指す。自分の興味がある製品を他の消費者が既に購入して所持しているとき、所持品を見て購買意欲が上がり購買行動を起こすことがある。エージェントの相互作用が強いとき、弱いときを調べ、購買数にどこまで影響を及ぼしているかをシミュレーションする。消費者エージェントの相互作用の強弱は、多目的・無目的エージェントが販売促進媒体による購買行動を起こす際に、相互作用が強いときには高い値、相互作用が弱いときには低い値を用いて購買活動を起こしやすくしたり起こしにくくしたりするモデルとした。例えば、相互作用が強いとき、他のエージェントが視野に入ると、エージェントの購買意欲は、購買確率にして 30% 高くなるものとする。モデルは実験 3.2 で構築したものを使用し、結果は図 3.5 に示す。



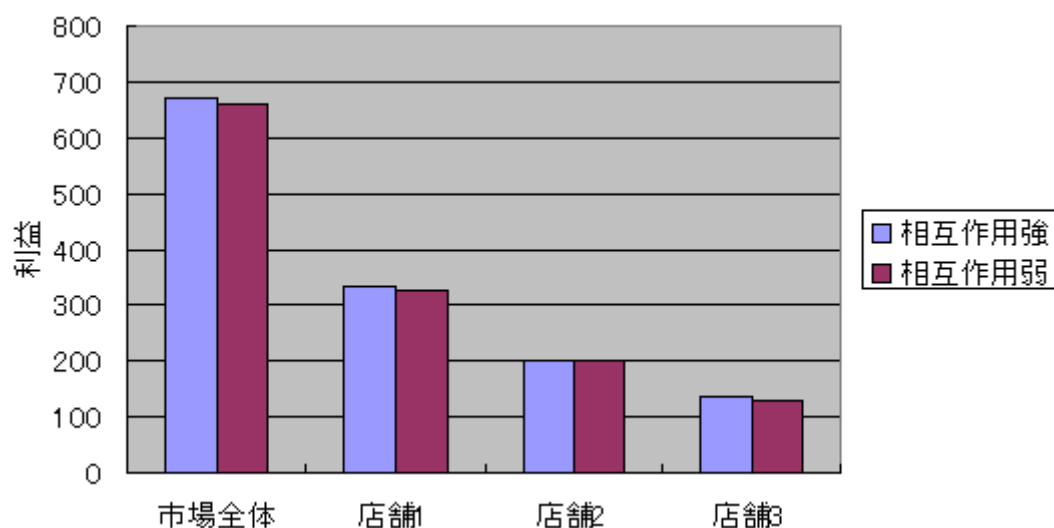
(a) 各店舗の購買数

図 3.5 市場全体の宣伝広告を使用する実験



(b) 各エージェントの購買割合

図 3.5 市場全体の宣伝広告を使用する実験



(c) 市場全体と各店舗の利益

図 3.5 市場全体の宣伝広告を使用する実験

図 3.5 から、消費者エージェント同士の相互作用が強くなると、購買数や利益に大差はないが、多目的・無目的エージェントの購買割合が大きくなっていることが分かる。これは、目的エージェントは多目的・無目的エージェントに影響されず、自分の目的だけを達成するために市場に出現し、多目的・無目的エージェントは他のエージェントからの影響を受けて購買行動をするからである。

3.6 実験のまとめ

シミュレーションを実行し、より最適な販売促進効果が得られる場合を利益の観点から評価をした。利益を大きくするために販売促進手段をいくつか上げてシミュレーショ

ンした結果、割引による価格を下げる手段や市場全体としての宣伝広告を使用する手段が有効的であることが分かった。割引はすればするほど消費者の購買活動に影響が出やすいが、過剰に割り引くと、思うように利益が上がらなくなってしまう。市場全体としての宣伝広告を使用するときも、集客効果が小さいときは宣伝費がかかり利益が思うように上がらない。よってこれらの販売促進手段はリスクがあるが高利益を求められる販売手段と考えられる。販売促進媒体の設置場所を変えるのは、高利益は望めないが配置によって利益が少しずつ変わってくるため、いろいろな配置パターンを考え、最適な配置にするのも重要である。

第4章 結論

4.1 本研究の成果

本研究では、仮想的な市場を構築してマルチエージェントシミュレーションを実行し、販売促進が市場の消費者にどのように影響を与えるかを観測、評価した。

シミュレーションの対象製品としたものは消費者の関与度が低く、プロモーション活動による影響が出やすい製品を想定した。消費者は受動的に与えられる情報を受け取ってそれぞれ購買をおこす。シミュレーションは市場に販売促進媒体が存在しない場合、販売促進媒体が存在し販売促進手段として割引率、媒体設置位置を変える場合、割引市場全体の宣伝広告のある場合を想定した。最後にエージェント同士の相互作用を観測するシミュレーションもおこなった。

市場に販売促進媒体が存在しない場合の結果を元に比較を行った。割引による販売促進の価格変動が強く消費者の購買行動に影響し、利益に影響しているので、損益が出ないように割引をすることが重要だと考えられる。また、市場全体の宣伝広告のある場合でも集客効果の度合いにより、利益に強く影響している。集客効果が小さいと宣伝費が利益をさげてしまうので、集客効果が望めるような宣伝広告をすることが重要であると考えられる。また、販売促進媒体の配置は割引や宣伝広告ほど利益関わらないので、販売促進媒体の設置場所は、重要ではないと考える。

また、本研究では「利益」を評価の基準においてシミュレーションを行ったが、他の観点からの評価では違った評価もできると考えられる。

4.2 今後の課題

本研究で仮定した購買確率などを調査してより現実的な値に置き換え、実際のマーケティングデータと比較・検討することが挙げられる。

また、本研究では単純に消費者と販売促進媒体と店舗が存在する空間として定義したが、季節や昼、夜といった時間的な観点から、消費者の購買行動の変化をシミュレーションに実装することもできる。

このようにマーケティングにマルチエージェントシミュレーションを適用する際には、様々な観点からのシミュレーションが可能で、目的にあったシミュレーション方法を選ぶ必要性がある。

参考文献

- [1] 大内東、山本雅人、川村秀憲：マルチエージェントシステムの基礎と応用—複雑系工学の計算パラダイム—、コロナ社、2002
- [2] 山影進：人工社会構築指南—artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門—、書籍工房早山、2007
- [3] 北中英明：複雑系マーケティング入門—マルチエージェント・シミュレーションによるマーケティング—、共立出版、2005
- [4] 斎藤忠志、伊藤万知子：買い物行動等消費者アンケート調査、2001