

テーマパークにおける混雑情報共有と混雑緩和に関するシミュレーション研究

2007MI152 永井 聖也 2007MI179 尾田 剛 2007MI206 佐藤 彰真
指導教員 石崎 文雄

1 はじめに

近年、携帯端末が急速に普及し、いつでもどこでもネットワークにアクセスできるユビキタス社会が実現されつつあり、そのような社会では様々な情報がリアルタイムでやりとりされる。そのことが、社会に変化をもたらしつつある。例えば、病院、銀行などの窓口の混雑状況、バスの運行状況をリアルタイムに配信し、その情報を利用者が携帯端末でアクセスすることにより、利用者の待ち時間を減らし、利便性を向上させる試みが行われている。

本研究では [1] を参考に、テーマパークの各アトラクションの混雑状況をリアルタイムで携帯端末に配信するテーマパークを想定し、混雑情報の共有が、利用者の待ち時間、満足度にどのような影響を与えるか調査する。本研究の目的は実際の予測や管理ではなく、入場者の行動の再現や、新しい要素に対する変化の計測や観測、こういった分野への適用や、その解析に対するエージェントベースアプローチの可能性の検討といったことであるため、単純化された仮想的なテーマパークを用いてシミュレーションを行う。

本研究では artisoc というシミュレータを用いる。artisoc は人間同士の相互作用をコンピュータ上で誰もが簡単に再現することができ、ダイナミックに変化する社会現象を生きたまま分析できるマルチエージェント・シミュレータである。マルチエージェントとは、各々が自律的に動作可能なエージェントと呼ばれる主体が集まって、全体として高度なシステムを実現する方法、またはそのような複雑なシステムをモデル化・理解する方法のことである。そのモデル化・理解の方法を MAS(マルチエージェントシミュレーション) という。artisoc を用いてテーマパークにおける入場者の行動を再現し、さらに個々の入場者がアトラクションの混雑状況を取得できる場合に全体としてどのような変化が起こるか、また混雑情報を持つ者と持たない者によってどのような差異が生じるのか、といった点を中心にシミュレーションを行う。

2 モデル

2.1 テーマパークの概要

まず、コンピュータ上にテーマパークの箱庭を創造する(図 1)。本研究で扱うテーマパークの構成物は以下のとおりである。



図 1 テーマパーク

- 入場者
- アトラクション (3 つ)
- ゲート (1 つ)
- 道

図 1 のように 200×200 の格子空間に 3 つのアトラクションとゲートが配置されており、また入場者がそれらの間を移動するための道が存在する。本研究では 1 セルを 5m とし、入場者は 1 分間に 80m 移動すると想定している。入場者はある規則に基づいてゲートにおいて生成され、1 つ以上のアトラクションをいくつかの要素の効用により決定された順にまわる。

2.2 入場者の設定

入場者はゲートにおいて生成された後、図 2 のようなフローに従って行動を行う。入場した入場者はまず、ど

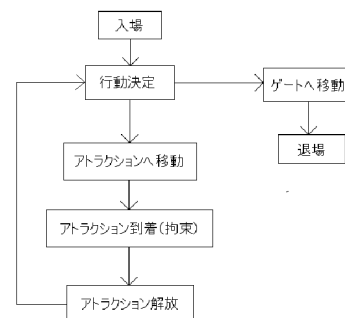


図 2 入場者行動フロー

のアトラクションへ移動するのが行動決定を行い、決定

されたアトラクションに向かって道に沿って移動する。本研究においては、アトラクションに到着しても、単に拘束されて解放されるのみである。アトラクションから解放されると次にどのアトラクションへ移動するのか、またはゲートに移動して退場するのか、という行動決定を行う。このようにして、各入場者はいくつかのアトラクションをまわり退場する。

各入場者は行動決定を行うために以下の属性と情報を持つ。

- 各アトラクションへの選好度
アトラクションへの選好度 = $\text{Rnd}() \times \alpha(\text{Rnd}())$ は 0 から 1 の間の一様乱数を発生させる関数で、 $\text{Rnd}()$ そのものが 0 以上 1 未満のランダムな値になる。また本研究では $\alpha = 0.2$ とした。)
- すでに訪問したアトラクション
- 満足度: 上記 2 つより計算、既訪問アトラクションの選好度の和
- 帰宅満足度: 帰宅満足度は 0.3 と一定の値にした。満足度がこの値以上であれば退場する

行動決定に際しては、まず退場するかどうか決定される。以下の場合には退場、すなわち次に移動する目標物としてゲートが選択される。

- すべてのアトラクションを訪問している
- 満足度が帰宅満足度を上回る

上記以外の場合、すでに訪問したアトラクション以外のアトラクションに対して次の式によりアトラクション効用を計算する。

アトラクション効用 = アトラクションへの選好度 - $\beta \times$ アトラクションまでの直線距離 (β は係数であり本研究では簡単のために 0.0025 と一定の値にした)

このアトラクション効用が最も高いアトラクションが、次の目標物として選択される。すなわち、選好度が強く、移動距離が短そうなアトラクションを順にまわることになる。

次に各入場者に以下のような変数を記憶させた。

- 前回いた場所: 前回いた場所を記憶し、その場所へはすぐには戻らない。
- 優先方向: ある方向に行こうとしたときに、その方向が道ではなかった場合、その方向を優先方向として保持する。この記憶はストックされファーストイン/ラストアウトの法則に従って最も高いレベルにストックされている方向へ常に優先的に移動する。

図 3 は目的物への移動フローを示している。図 3 に示したようにフローにおける移動の Yes/No 判定は

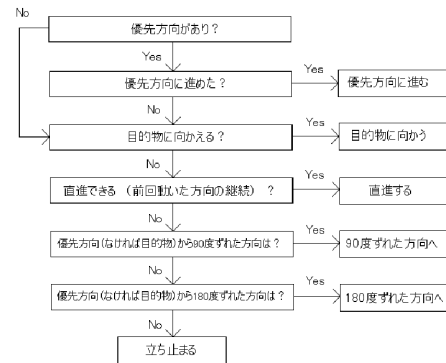


図 3 目的物への動作フロー

- 道であるか
- 低いレベルの優先方向はないか
- 前回いた位置ではないか

を考慮して行う。

2.3 アトラクションの設定

各アトラクションは以下の属性、情報を持つ。

- 最大収容数
- 拘束時間
- 待ち行列
- 収容者

アトラクションは各ステップにおいて図 4 の動作を行う。まず入場者自身が到着したアトラクションの待ち行

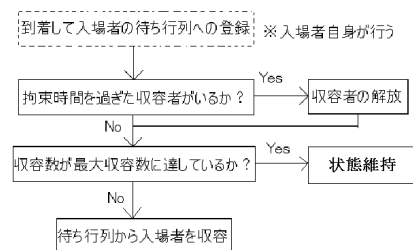


図 4 アトラクションの動作フロー

列へ登録する。つぎにアトラクション側が拘束時間を過ぎた収容者がいるかどうか判定する。いるならばその収容者を開放し、いなければ次に収容数が最大収容数に達しているかどうか判定する。達しているならばそのままの状態を維持し、達していなければ待ち行列から入場者を収容する。

2.4 ゲートの設定

ゲートにおいては以下の 2 つの動作が行われる。

- 帰宅する入場者の削除
- 入場者の生成

前者に関しては、単に削除するだけであるが、後者に関しては以下のようなルールによって行った。

- シミュレーション開始時:100 人の入場者を生成
- シミュレーションの各ステップ:ある一定確率で入場者を生成

一定確率は 1 分間に 5 人と仮定した。

2.5 混雑情報の組込み

このモデルにおいて、入場者が各アトラクションにおける混雑情報を知った場合に起きる変化を調べるためのシミュレーションを行った。混雑情報を知るという要素は具体的には何らかの情報端末 (i モードのような携帯端末や備え付けや持ち歩き専用端末など) がこのような場面で情報を受信することを想定している。

混雑情報の組込みに際し、各入場者に対して

- 混雑情報を得ることができるかどうか

という属性を設け、また、2.2 項で定義したアトラクション効用の式を下記のように修正した。

アトラクション効用 = アトラクションへの選好度 - $\beta \times$ アトラクションまでの直線距離 - $\gamma \times$ アトラクションの混雑状況 (β, γ は係数であり本研究では簡単のために $\beta=0.0025, \gamma=0.06$ と一定の値にした)

なお、この式は混雑情報を得ることのできる入場者のみに適用され、上記の混雑状況には各アトラクションの待ち行列の人数を用いた。

2.6 入場者の選好度の変更

各アトラクションに対する入場者の選好度を変えることでアトラクションの人気に優劣が生まれる。その結果シミュレーションにどのような変化が起こるか調査する。ゲートから最も離れた位置にあるアトラクション 3 の選好度を一番高くし、アトラクション 1,2 の選好度は統一した。

変更前

$$\text{アトラクション 1,2,3 への選好度} = \text{Rnd}() \times \alpha$$

変更後

$$\text{アトラクション 1,2 への選好度} = \text{Rnd}() \times \alpha$$

$$\text{アトラクション 3 への選好度} = \text{Rnd}() \times \alpha \times 1.5$$

3 シミュレーションの結果

3.1 シミュレーションの説明と結果

混雑情報を組み込んだ場合とアトラクションの選好度変化後の変化 (2.6 項) を見るために、混雑情報を持つ割合 (情報所持率) を 0%, 50%, 100% と変化させ、その評

価を行った。ここで、シミュレーションを評価する値としては以下を選んだ。

- 入場者の平均滞在時間:入場者の満足度を計測する。
- 各アトラクションの行列人数:アトラクションの分散効果を計測する。

次にシミュレーション結果のグラフを示す。

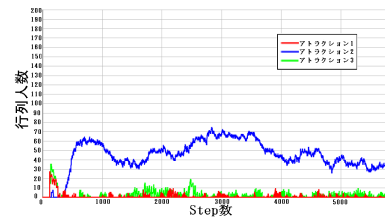


図 5 選好度変更後の情報所持率 0% 時の行列人数

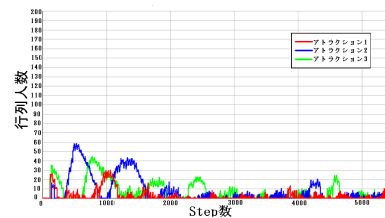


図 6 選好度変更後の情報所持率 50% 時の行列人数

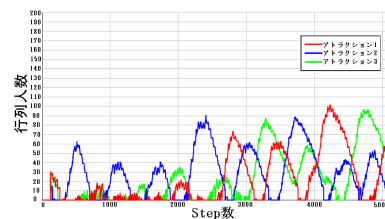


図 7 選好度変更後の情報所持率 100% 時の行列人数

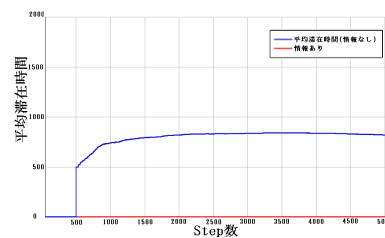


図 8 選好度変更後の情報所持率 0% 時の平均滞在時間

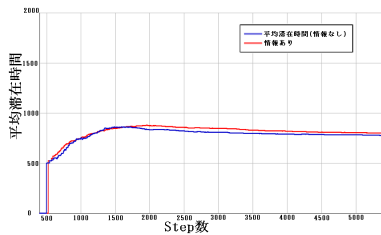


図9 選好度変更後の情報所持率 50% 時の平均滞在時間

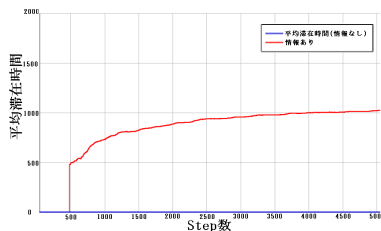


図10 選好度変更後の情報所持率 100% 時の平均滞在時間

3.2 シミュレーションの考察

最も単純な話として、混雑情報を全く持たない場合 (0%) と全員が混雑情報を持つ場合 (100%) では 100% の方が行列の分散が起こり、平均滞在時間は短い、すなわち満足度は高いと推測される。しかしながら、この 100% が最適ではない、全員が混雑情報を持つと、ある時間帯における行動決定はかなり似かよったものになり、現実な意味での行列の分散化は起こっていない。また、全体的には混雑情報が全くない場合より満足度は高いのだが、本来満足度は高いであろう情報所持者のほうが満足度は低くなっている。加えて、入場者がもつ各アトラクションの選好度を変えることで、アトラクションの人気に差異をつくり、より現実的なテーマパークに近づけた。単純に選好度の高いアトラクションは人気のアトラクションとなり集客率もあがり、その結果、他のアトラクションの行列が分散し入場者の満足度は高くなる。さらに混雑情報を持たせることで、各アトラクションの行列人数はより少なくなり満足度の高いテーマパークとなる。

それでは選好度を変えたテーマパークではどの程度の情報所持率が望ましいのかということであるが、今回の設定の場合 50% のところで、行列の分散、平均滞在時間ともに最適である。ただしこの場合も情報所持者と非所持者との間には顕著な違いが見られないため情報所持者が最も利益を得やすい。また優遇されるような環境にしたい場合には 30% 程度ということになる。

このデータはあくまでも今回の設定における数字で

あり、設定が変わるとデータの数字が変化することは容易に想像できる。例えば、入場者数が時系列的に増えていく場合 (時間的に混雑がひどくなっていく場合) 混雑情報によって現在混雑しているところを避けても結局後で行くことになる、より大きな混雑に巻き込まれることになる。また訪問するアトラクションが既に決まっている場合などは混雑情報が一定であれば滞在時間の減少や行列の分散は望めない。

4 まとめと課題

テーマパークにおいて混雑情報を提供すると、ある程度の行列分散、満足度の向上が望める。情報所持者が多い場合、混雑の波によりその効果が薄れ、情報所持者が一定の割合のとき、非常に大きな効果を生むことがわかった。また、必ずしも情報所持者の満足度が向上するとは限らない結果となった。

混雑情報を提供し、さらにアトラクションへの選好度を変えることで行列分散、満足度が向上し、来場者にとって優しいテーマパークとなった。

本研究では仮想的なテーマパークの箱庭での実験を行ったが、今後の展開として、やはり仮想的なテーマパークをできるだけ現実的なものへ近づけるということが考えられる。例えば、今回の例ではアトラクションの配置やその数、最大収容人数などの属性を適当に設定したが、実際のテーマパークと同じ設定を行ってみたり、また、各入場者の効用値やその係数をインタビューデータから推定したりといったことを行わなければならない。加えて、そうしてできあがった基本モデルに対して、対象としたテーマパークの実際の行列人数や様々なポイントでの交通量調査などを利用することにより、現実世界と合うようなチューニングを施すことが必要である。

こうした手順によりかなり現実的なモデルに近くなれば、本研究で考察したような定量的な結果が意味を持ち、例えば混雑情報の適切な提供による最適な行列分散や満足度の向上などが意識的にいえるようになると思われる。

参考文献

- [1] 山影 進, 服部 正太: コンピュータの中の人工社会-マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系, 共立出版, 2002.
- [2] 山影 進: 人工社会構築指南, 書籍工房早山, 2007.
- [3] 構造計画研究所: MAS コミュニティ, <http://mas.kke.co.jp/>
- [4] 構造計画研究所: artisoc ver2.0, <http://mas.kke.co.jp/>