

エージェントベースシミュレーションを用いた観光客の集中回避手法の評価

○戸塚康平 村田忠彦 (関西大学)

Evaluation of an Avoiding Method for Tourist Concentration Using Agent-Based Simulation

* K. Totsuka and T. Murata (Kansai University)

概要一 2011年以降訪日外国人の数が急増しており、特定の観光地に観光客が集中してしまうことによる観光地周辺の住民の生活への悪影響となっている。テーマパークにおいても特定のアトラクションに人が集中してしまうことがあり、スマートフォン等で混雑状況を提示し、混雑を緩和させようとする動きもある。観光地においても同様の仕組みを再現することで、特定の観光地への観光客の集中を防ぐことができないか検討する。

キーワード: オーバーツーリズム, 分散化, エージェントベースシミュレーション。

1 はじめに

訪日外国人の数は 2011 年から急増しており、2018 年には 3000 万人を超えたり、インバウンド需要の増加には経済的なメリットがある一方、特定の観光地に観光客が集中してしまうことにより、観光地周辺の住民の生活に悪影響を与えるというデメリットもある。また、京都市観光産業局の満足度調査によると、京都観光の残念だった点として「観光客が多すぎる」（日本人観光客 1 位、外国人観光客 4 位）、「公共交通機関が複雑」（日本人観光客 2 位、外国人観光客 2 位）、「時間が足りない」（外国人観光客 1 位）、「英語の案内が不十分」（外国人観光客 3 位）という点が挙げられており、過度な混雑が悪い印象を与えていることが示されている²⁾。

このような観光によって起こる悪い影響はオーバーツーリズムと呼ばれ、京都市観光協会は「オーバーツーリズム対策事業」を立ち上げて特定の観光地への観光客の過度な集中を抑えるための活動を行っている。また、オーバーツーリズムは日本だけの問題ではなく、歴史的建造物を多く抱えるスペインやイタリアなど国でも起こっており、ヴェネチアでは混雑を避けるために住民の転居が相次いだ。テーマパークにおいても特定のアトラクションに人が集中することがあり、スマートフォン等で混雑状況を提示し、混雑を緩和させようとする試みもある。

また、2020 年以降 COVID-19 の感染拡大により、拡大防止策として観光地での密を避ける必要性が高まっている。さらに、ゆっくり観光したいという要望だけでなく、感染リスクの低下の面からも混雑を避けたいという観光客の要望も高まっており、多角的な観点から混雑回避に注目が集まっている。

片岡ら³⁾は、シミュレーション上で各アトラクションの混雑状況の提示を行った場合の混雑緩和の効果の検証を行っている。本研究では、仮想的な観光地を作成し、観光客がスマートフォン等から目的地の混雑情報を得ることにより目的地変更を行い、特定の場所への観光客の集中を防ぐことができるシミュレータの作

成を試みる。テーマパークのアトラクションでは混雑時には待ち行列が長くなるのに対して、観光地では、待ち行列は長くないものの、落ち着いた観光を行うためには、観光客の分散化が課題となっている。京都大学経営管理大学院は、京都市観光協会の受託事業の中で、観光スポット別の混雑情報を提示するシステムの有効性を検証している⁴⁾。本研究では、混雑状況が提示された時の観光客の行動の変化や観光客の混雑状況の変化をシミュレーションで検証する。

2 観光地選択シミュレーション

2.1 モデル

本研究のモデルは、観光地を想定した環境モデルと混雑情報を取得しながら環境内を歩行するエージェントモデルから構成される。環境モデルは、JR 京都駅から北に徒歩 10 分の文字天満宮付近のような観光客が公共交通機関を利用せず、歩行のみで散策できるエリアを想定し、3.2km 四方の大きさに設定する。また、Fig. 1 のように 1 セル 160m 四方の 20 セル×20 セルの 400 セルの大きさに分割する。8 つの目的地セルと赤の建物セル、白の通路セル、青の出発地セルが設置してある。出発地セルは 4 つ設置し、目的地セルは黄の

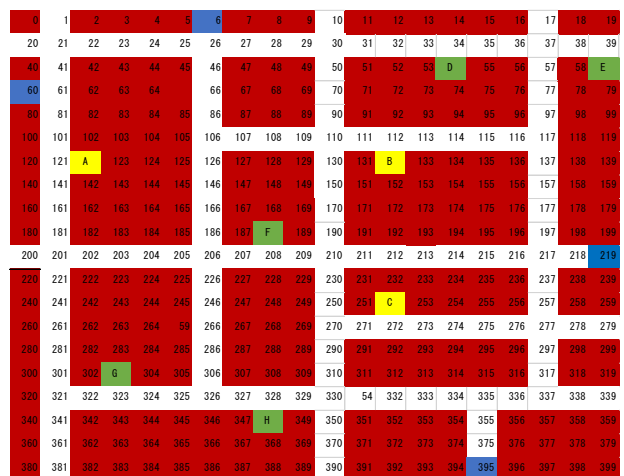


Fig. 1: 環境モデル。

すべてのエージェントが訪問する目的地 3 か所 A, B, C (人気スポット) と緑のその他の目的地 D, E, F, G, H (その他スポット) を 5 か所設置する. 時間の単位として 2 分間を 1step とし, エージェントは 1step で 1 セル移動するが, 通路セルのみを通行し, 建物セルの通行はできない. また, 進もうとしている通行セル中に他のエージェントがいても進むことができる. エージェントは出発地セルから出発し, 人気スポットである 3 つの目的地すべてと, その他スポット 5 つのうちの 2 つの目的地へ訪問する. エージェントは目的地に到着後, 15steps 間滞在し, その後, 次の目的地へ向かう. なお, 目的地間は最短経路で移動するが, 目的地への訪問の順番はエージェントによって異なり, 効率の良い訪問順序ではないこともある.

2.2 混雑度情報と観光客の目的地選択

本研究のシミュレーションでは, 500 人のエージェントが, 300steps (10 時間) の間, 観光地を訪問する. それぞれのエージェントには人気スポット 3 箇所を含む 5 つの目的地が任意の順序で与えられている. 人気スポット 3 箇所にはすべてのエージェントが訪問することになるため, 1/5 の確率で訪問が集中することが考えられ, 移動時間がほぼ同じであるとすると, 単純計算で 100 人が集まることが考えられる. 一方, その他スポット 5 箇所は, 500 人のうちの 2/5 のエージェントが目的地として選び, 1/5 の確率で訪問先を決定するため, 単純計算で 40 人が集中することになる.

観光客の集中を緩和する施策として, 目的地の混雑度に応じたスコアを設定し, エージェントは獲得したスコアに応じた特典を受けることができるものとした. すなわち, 混雑度の低い目的地ほど高いスコアを獲得できるように設定することにより, 目的地の分散化をはかることとした. 到着時の目的地の人数が 35 人未満の場合は 80 点で, 35 人以上の場合は 30 点獲得することができる. これは, その他スポットにおいても, 平均的な観光客の集中をさけた時間帯での訪問を促す

ための設定とした.

混雑状況の提示の効果を測定するため, 各目的地の混雑状況を提示する環境モデルと, 提示しない環境モデルの 2 つを用意する. 混雑状況を提示する環境モデルでは, 混雑状態であると判断する基準を設け, エージェントは 1step ごとに目的地の混雑状況を確認する. エージェントが次に訪問する予定の目的地に観光客が 35 人以上いる場合, 訪問する順番を変更し, その次に行く予定であった目的地へ訪問し, その後, 順番を飛ばした目的地へ訪問する. その次に行く予定であった目的地にも観光客が 35 人以上いる場合はさらに次の目的地と訪問する順番を変える. なお, 最後に行く予定の目的地にも観光客が 35 人以上いる場合は, そのまま最後の目的地へ向かう. エージェントの現在地が目的地から 2steps 以内の場合は混雑状況に関わらず, 次へ行く予定の目的地へ進む. エージェントの行動終了は, 予定していた目的地すべてへの訪問が終了するか, 300 steps が経過した場合である. エージェントは出発セルに戻ることはないものとする.

3 評価と考察

上記条件で 100 試行のシミュレーションを行った結果, 混雑状況の提示の有無によってエージェントの行動の差異が確認できた. Fig. 2 は, 目的地別の平均滞在エージェント数の推移のグラフである. また, Table 1 は, 100 試行のうちのある試行における, 人気スポットとその他スポットでの最大観光客数, 全エージェント平均の獲得スコア, 人気スポットとその他スポットでの滞在時の 1step あたりの平均滞在エージェント数, エージェントが全目的地を訪問するのに通行した平均セル数を示している.

混雑状況を提示した環境モデルでは, 人気スポットでの最大観光客数が混雑状況を提示してない環境モデルよりも約 40%減少し, 有意な差が見られた. また, 観光客の獲得スコアも伸びており, 観光客にとっても混雑を避けて行動することはメリットがあると考えら

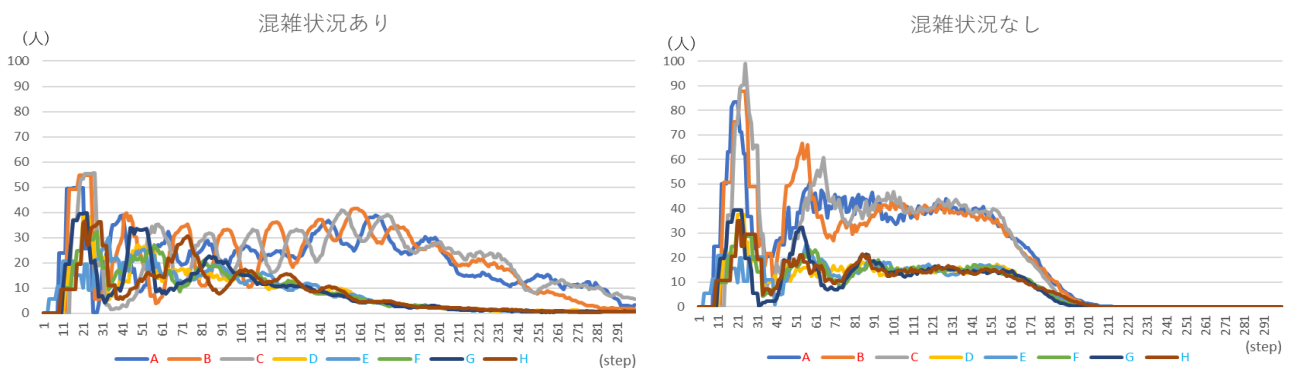


Fig. 2: 各目的地の人数の推移 (左: 混雑状況あり, 右: 混雑状況なし).

Table 1: ある試行回における計測データ.

混雑情報	あり	なし
人気スポットの目的地の最大観光客数	60	98
その他スポット目的地の最大観光客数	42	41
獲得スコア(全エージェント平均)	375.5	307.3
人気スポット目的地滞在時の1stepあたりの平均遭遇人数	19	27.1
その他スポット目的地滞在時の1stepあたりの平均遭遇人数	7.6	6.8
300steps以内に移動した平均セル数	141.6	88.4
300steps以内に行動終了できなかったエージェント数	42	0

れる。エージェントが各目的地で遭遇した人数も減っており、エージェントは混雑を避けて目的地へ訪問できている。その他スポットで遭遇した人数は、混雑状況を提示することによって微増しているが、これは、混雑している目的地を避けたエージェントが、その他スポットへ流れてきたためである。

しかし、混雑状況を提示した環境モデルでは、混雑状況を提示しない環境モデルと比較して全目的地を訪問するのに移動距離が増えており、300steps以内に全目的地を訪問できなかったエージェントが42人発生している。これは、ある目的地へ向かう途中で次に訪問する目的地の変更が発生し、移動時間が伸びてしまうためである。そのため、混雑を避けたい観光客にとっては混雑状況の提示は効果的だが、できるだけ短時間で目的地をすべて訪問したい観光客にとってはあまりよい結果ではない。

4 シナリオ分析

4.1 実験状況

上記実験により、混雑状況を提示することによって観光客や観光地にとって一定のメリットがあることが判明した。混雑と判断する基準の変更や、(混雑状況を知っているエージェントと混雑状況を知らないエージェントの割合を変更する)ことによって現実的な環境を再現し、観光客が特定の目的地への偏りを防ぎつつ、エージェントの移動時間がかからないような結果を目指す。

4.2 各パラメータ変更時のシナリオ分析

混雑と判断する基準や混雑状況を知っているエージェントと混雑状況を知らないエージェントの割合を変えた5つのシナリオを検証する。

1つ目のシナリオでは、混雑と判断する基準は変えず、混雑状況を知っているエージェントと知らないエージェントを混在させる。混雑状況を知っているエージェントを全体の70%、混雑状況を知らないエージェントを全体の30%とした。これは、自治体や観光協会等による混雑状況の提示が十分に広報されている場合を想定している。

2つ目のシナリオでは、1つ目のシナリオにおける混雑状況の認知度を変更し、混雑状況を知っているエージェントと混雑状況を知らないエージェントが50%ずついるものとする。これは、自治体や観光協会等による混雑状況の提示がある程度広報されている場合を想定している。

3つ目のシナリオでは、混雑状況を知っているエージェントを全体の30%、混雑状況を知らないエージェントを全体の70%とした。これは、自治体や観光協会等が混雑状況の提示を行っていることをあまり広報できていない状況を想定している。

4つ目のシナリオでは、全エージェントが混雑状況を知っているが、混雑と判断する基準を25人以上とする。これは、各目的地が小規模ですぐ混雑してしまう状況を想定しており、比較的早い段階で目的地が混雑しているとエージェントに知らせる。

5つ目のシナリオでも、全エージェントが混雑状況を知っているが、混雑と判断する基準を60人以上とする。これは、各目的地が大規模であり混雑していることがない状況を想定しており、比較的遅い段階で目的地が混雑しているとエージェントに知らせるものとする。それ以外の各パラメータの値は、2章のモデルに準ずる。

4.3 各シナリオの評価

各シナリオを50試行行った。各シナリオの結果をFigs. 3~7の各目的地の人数の推移と、Table 2の300steps以内に移動したセル数の平均とエージェントが目的地で遭遇した1stepあたりの人数の平均に基づいて考察する。

シナリオ1 (Fig. 3) では、全エージェントが混雑状況を知っている状態とほとんど結果が変わっておらず、一部のエージェントが混雑状況を知らなくても観光客の分散化に良い影響を与えることがわかった。

シナリオ2 (Fig. 4) では、20step付近でやや人気スポットへの集中がみられるが、混雑状況を提示する環境モデルと混雑状況を提示しない環境モデルの結果になった。

シナリオ3 (Fig. 5) では、20step付近の人気スポッ

Table 2: 各シナリオの計測データ.

シナリオ	1	2	3	4	5
混雑状況を知っているエージェントの平均移動セル数	120.1	129.6	137.9	103.2	162.2
混雑状況を知らないエージェントの平均移動セル数	89.7	88.1	89.2		
人気スポットの目的地滞在時の1stepあたりの平均遭遇人数	20.5	21.1	21.3	24.8	16.3
その他スポットの目的地滞在時の1stepあたりの平均遭遇人数	7.4	7.4	7.3	7.1	10.1
300steps以内に行動を終了できなかったエージェント数	26	17	3	4	64

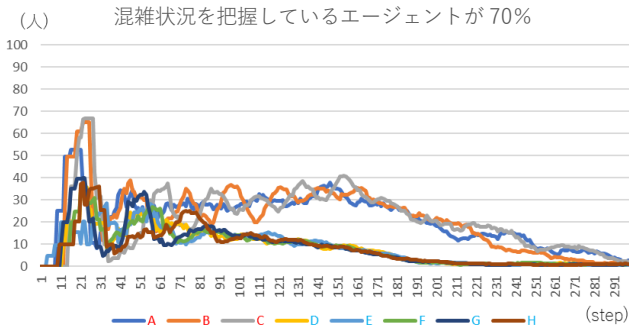


Fig. 3: シナリオ1の実験結果.

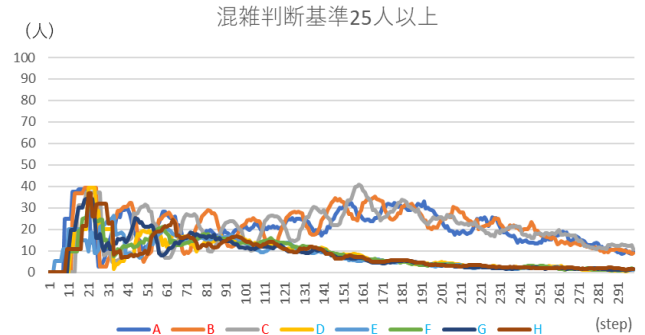


Fig. 6: シナリオ4の実験結果.

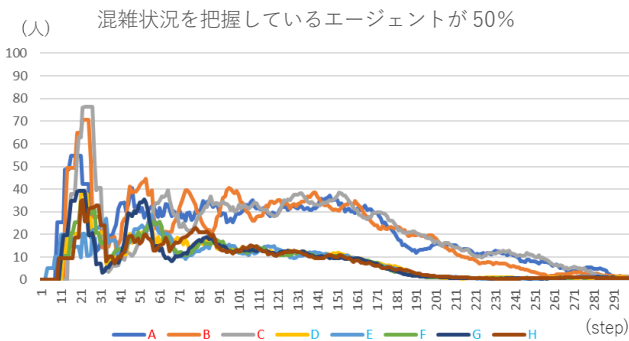


Fig. 4: シナリオ2の実験結果.

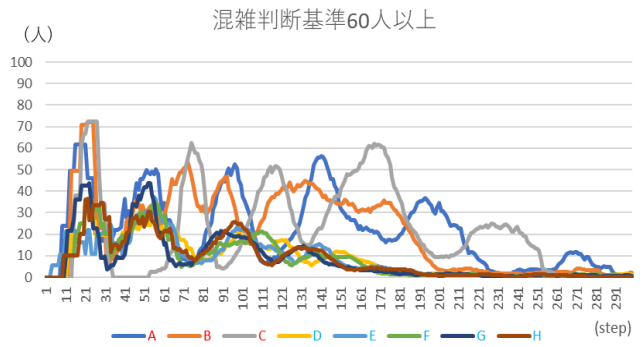


Fig. 7: シナリオ5の実験結果.

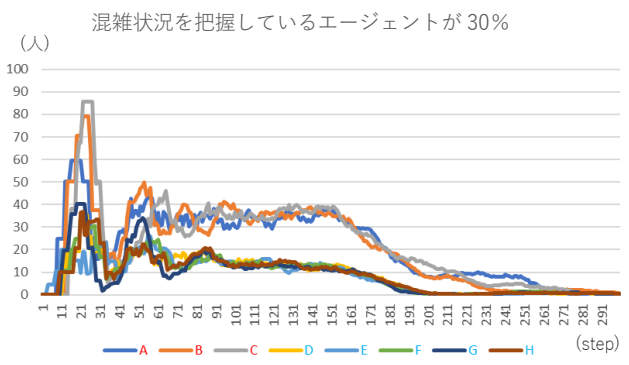


Fig. 5: シナリオ3の実験結果.

トの人数がさらに増え、全エージェントが混雑状況を知らない状態とほとんど結果が変わらず特定の目的地に観光客が集中している。しかし、それ以降の人数の推移はシナリオ1,2と大きな差はなく、混雑状況を知っている観光客が30%しかいない場合でも、観光客の分散化を

おこなえることがわかった。

Table 2から、混雑状況を知っているエージェントの300 steps以内に移動したセル数の平均はシナリオ1から3にかけて増えていることがわかる。これは、混雑状況を知らないエージェント数が増えるにつれて、混雑と判断する基準を超えることが多くなり、目的地に向かう途中で訪問する順番を変更するエージェントが増えていったためである。

シナリオ4 (Fig. 6) とシナリオ5 (Fig. 7) を比較すると、シナリオ5の方が混雑と判断する基準が高いため、目的地の訪問の順番が変わる頻度が多く、経路変更が多くなるため、300 steps以内に移動したセル数の平均も高くなる。

エージェントが目的地で遭遇した1stepあたりの人数の平均は、シナリオ1から3にかけて微増している。これは、混雑状況を知らないエージェントが増えることで特定の目的地への集中が起こりやすくなっているためである。シナリオ4とシナリオ5を比較した時も同

様の理由でエージェントが目的地で遭遇した1stepあたりの人数の平均が、シナリオ5の方が減っている。

300steps以内に行動を終了できなかったエージェント数は、シナリオ1から3にかけて減っていることがわかる。これは、混雑状況を知っているエージェントが減っていくにつれて、目的地の変更をするエージェントが減っていくため、経路の変更を行う機会が減っているためである。また、シナリオ4とシナリオ5を比較すると、混雑と判断する基準が高くなると300steps以内に行動を終了できなかったエージェント数が増えていることがわかる。これは、エージェントが目的地の変更をする機会が増えることで、経路の変更を行う回数が増えているためである。

5 結論と今後の課題

本研究では、観光地での歩行者行動を再現し、混雑状況を提示することにより観光客の分散化を目指したシミュレーションを行った。混雑状況を提示することによって、特定の目的地への集中を避け、混雑を緩和することができたが、混雑状況を知ることによって、目的地の訪問する順番が途中で変わるため、エージェントの移動距離は多くなっており、全目的地を訪問するのに時間がかかってしまっている。また、混雑状況を知っているエージェントと知らないエージェントが混在している環境では、混雑状況を知っているエージェントが混雑を避けるのに有利になることもわかった。

今後の課題として、環境モデルとエージェントモデルをより現実近づける必要がある。より現実的な観光客の動きを再現するために、次に訪問予定の目的地が混雑しているとわかった場合に、多少距離があったとしても混雑を避けるためにすいている目的地を先に訪問するのか、移動の負担を考えて混雑している目的地を訪問するのか、行動パターンの優先度を持ったエージェントを作成して検証も行いたい。しかし、このような人間の行動パターン特性について詳しく研究した例がなく、実際の観光地において観光客の行動について詳しく検証する必要がある。

また、今回の研究では、目的地までの経路の混雑は考慮していない。栗山ら⁵⁾は、大阪市下の主要道路を元に、複数の目的地へ混雑している道路を避けながら向かうシミュレーションを作成している。先行研究を参考に、目的地までの経路の混雑も考慮して目的地への順番を変更するプログラムの作成を行いたい。実際の観光地においても、目的地に向かうまでの混雑によって観光客が不快感を覚えていることや、目的地への経路の周辺の住民に悪影響を及ぼしている可能性もある。また、抽象的な空間での検証であったため、目的地の大きさの大小や経路の道幅などを考慮したより現実的に近い環境でのシミュレーションも行いたい。

謝辞

本研究の一部は、JST 未来社会創造事業 JPMJMI20B3, 2020 年度関西大学研究拠点支援経費 研究課題「合成人口データの利活用 に関する研究」の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 日本政府観光局: 年別訪日外客数, 出国日本人数の推移, https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/marketingdata_outbound.pdf.
- 2) 京都市産業観光局: 京都観光総合調査 (2018 年 1 月～12 月), <https://www.city.kyoto.lg.jp/sankan/cmsfiles/contents/0000254/254268/30tyosa.pdf>.
- 3) 片岡, 川村, 車谷, 大内: テーマパーク問題における混雑状況の提示とその効果, 情報処理学会研究報告, Vol. 2004-ICS-135, **29**, 77/82 (2004)
- 4) 京都大学経営管理大学院: 観光客の分散化につながる情報行動の変容に関する共同研究プロジェクト (令和元年度事業報告書), 1/73 (2020)
- 5) 栗山, 村田, 柴田, 安本, 伊藤: 都市や観光地における混雑状況を考慮した多数ユーザ同時巡回スケジューリング手法, 情報処理学会論文誌, **51-29**, 885/898 (2010)