

USJ における携帯端末での予約と 混雑緩和に関するシミュレーション研究

甲南大学 知能情報学部 岡田 拓也, 指導教員 小出 武

1. はじめに

現在、テーマパークでは、アトラクションの長い待ち時間が常に発生している。実際にテーマパークに行った際、アトラクションに並ぶ時間がとても長く、時間を無駄にしてしまうことが多い。最近では、携帯端末で各アトラクションの待ち時間を得ることができるアプリがあり、そのアプリを使用し、並ぶアトラクションを選ぶこともできる。しかし、そのアプリを使用しても、並ぶ時間はあまり改善されていない。先行研究[1]では、携帯端末により、リアルタイムに各アトラクションの混雑状況を取得した場合のシミュレーション実験を行った。その結果、ある一定の割合のとき、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。そこで、混雑状況を取得できるだけでなく、アトラクションの予約もできる場合、アトラクションの待ち時間は短くなり、入場者にとってプラスになるのではないかと考えた。先行研究[2]では、ディズニーランドでのテーマパークモデルを構築し、人気アトラクションに、ファストパスの仕組みを取り入れた優先搭乗券政策と予約システムを取り入れた順番待ち予約政策を導入した時の効果を示している。

本研究では、近年、世界的に有名になり、入場者数の著しい増加で混雑状況が悪化しているユニバーサル・スタジオ・ジャパン(USJ)を対象とした。USJの地図を使用し、テーマパークモデルを構築、その中に先行研究[1]のように入場者を入場させる。入場者のテーマパークでの行動を設定し、その設定の中に新しく、病院、飲食店に利用されているような予約制度を各アトラクションに適用し、予約ができる人の割合を変化させ実験することでどのような効果があるのかを検証した。

本文は、以下のような構成されている。第2章では、先行研究について記す。第3章では、シミュレーションモデルについて記す。第4章では、実験内容と実験結果について記す。第5章では、本研究のまとめを記す。

2. 先行研究

先行研究[1]では、各アトラクションの混雑情報をリアルタイムで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のかを調査している。アトラクション3つの仮想的なテーマパークの中で、混雑情報所持率0%,50%,100%の場合をシミュレーションし、検証している。その結果、50%のとき、満足度が一番大きくなり、情報所持者が多い場合、混雑の波によりその効果は薄れ、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。今後の課題として、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ことを挙げている。

先行研究[2]では、ディズニーランドのテーマパークモデルを構築し、その中で、人気アトラクションに予約システムを導入した順番待ち予約政策を導入し、それに加え、ファストパスの仕組みを取り入れた優先搭乗券政策を導入し、その時の各アトラクションの待ち時間の変化を示し、比較している。その結果、順番待ち政策を導入した場合、予約により、人気アトラクション搭乗者に関しては予約できるため、並ぶ時間を自由時間にできることを考えると優位性を示しているが、人気アトラクション以外のアトラクションにエージェントは分散するためテーマパーク全体では順番待ち予約政策が優先搭乗券政策より優れているかどうかは示すことができていない。

3. シミュレーションモデル

本研究では、`artisoc`上で、実際のテーマパークであるユニバーサル・スタジオ・ジャパン(USJ)マップ上に、アトラクション、入場者を設定したシミュレーションモデルを構築した。その中で、情報不所持者、情報所持・予約不可能者、情報所持・予約可能者に分けた入場者の行動、アトラクションの設定をプログラミングで構築した。図1にモデル実行画面を示した。背景のUSJテーマパーク内のマップは `OpenStreetMap Japan`[3]で入手したものを使用した。実際のUSJの広さ 800×1000 (m)を1セル $= 10$ mとし、 80×100 の格子空間に出入口、USJの主要12のアトラクションエージェント、約2万人の入場者エージェントを

設定した。実際の USJ の営業時間と同じ 9:00~21:00、1step=10 秒として 4320Step をシミュレーション対象とした。

入場者エージェントは図2に示したマップ上で事前に設定した経路上を移動できるように設定した。点は Point エージェント、直線は経路を示す。Point エージェントにはそれぞれ 0 から 65 まで順番に番号がついている。

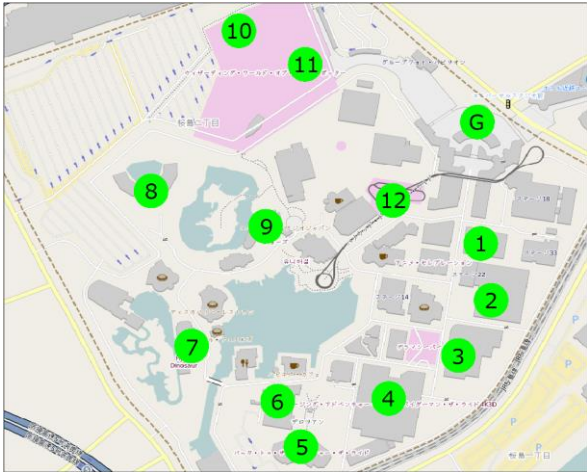


図 1.テーマパークモデル



図 2.入場者移動可能経路

本研究では、比較的人気であり、常設している期間限定でない 12 のアトラクションを選択した。アトラクションエージェントは、そのアトラクションに並んでいる入場者エージェント、および現時点での予約人数に関する情報を保持する。予約者の人数が設定した予約定員に達した場合、予約受付を終了する。予約定員は、1 時間単位で各アトラクションの 1 時間搭乗定員のアトラクション予約可能率の人数とした。例えば、アトラクション予約可能率が 0.2 の場合、各アトラクションの 1 時間定員の 20% が予約可能になる。本研究で使用したアトラクションの設定値を表 1 に示した。魅力値 e_i は各アトラクションに対する現実の人気を考慮して主観的に定めた 1.0~2.0 で値である。1 時間搭乗定員は、アトラクションに搭乗できる入場者の 1 時間の最大人数である、搭乗時間は、アトラクションに搭乗している間の時間である。

アトラクションに並んでいる入場者エージェントの人数から待ち時間を計算し、待ち時間が現在時間から閉園までの時間を超えた場合、搭乗受付終了となり、アトラクションへ訪れた入場者エージェントを受け入れない。以下の式(1)で求めた T_i が現在時間から閉園時間を超えた時、搭乗受付終了となる。

$$T_i = \left(\frac{3600}{C_i} \right) W_i \tag{1}$$

C_i はアトラクション i の 1 時間搭乗定員、 W_i はアトラクション i の現在待ち人数である。

入場者エージェントは、開園時間の 9 時から 10 時までの 1 時間で毎ステップ 55 人生成される。入場者エージェントは、情報不所持者、情報所持・予約不可能者、情報所持・予約可能者の 3 種類に分類される。情報所持・予約不可能者は、情報として各アトラクションの待ち人数と搭乗受付状況を持ち、情報所持・予約可能者は、各アトラクションの待ち人数、搭乗受付状況に加え、予約受付状況を情報として持つ。入場者エージェントは入口で生成された後、図 4 の行動フローに従って行動を行う。入場したエージェントはまずアトラクションの選考を行い、決定したアトラクションに向かう。アトラクションに到着し、一定時間経過すると解放される。その後、再びアトラクション選考に戻る。入場者は、後述する条件を満たす時、出口に向かい、退場する。入場者エージェントは 1 分間に 78m 移動するように設定した。

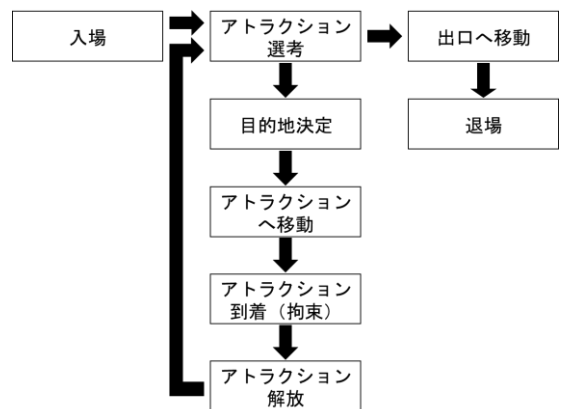


図 3.入場者行動フロー

表 1.アトラクション設定値

アトラクション	魅力値 e_i	1時間搭乗定員 (人)	搭乗時間 (Step)
1.4D	1.40	1000	150
2.スペースファンタジー	1.60	2000	30
3.ターミネーター	1.40	2250	180
4.スパイダーマン	1.70	2000	30
5.バック・トゥ・ザ・フューチャー	1.30	1650	33
6.バックドラフト	1.00	1900	90
7.ジュラシックパーク	1.60	2600	30
8.ウォーターワールド	1.20	3200	120
9.ジョーズ	1.30	2400	30
10.ハリーポッター・アンド・ザ・フォービトウン・ジャーニー	2.00	2000	30
11.フライト・オブ・ザ・ヒッポグリフ	1.40	2000	30
12.ハリウッド・ドリーム・ザ・ライド	1.80	1800	18

情報不所持者は、アトラクションの選考では、以下の式(2)で各アトラクションの効用値の高いアトラクションから順に選択可能か確かめる。

$$U_i = p_i - \alpha_d d_i \quad (2)$$

ここで U_i はアトラクション i に対する効用値、 p_i はアトラクション i に対する選考度、 d_i は現在地からアトラクション i までの距離、 α は重み係数である。選考度 p_i は式(3)を用いて設定した。

$$p_i = (\beta_e + (1 - \beta_e)\epsilon)e_i - \beta_f f_i \quad (3)$$

ここで、 e_i はアトラクション i の魅力値で、 ϵ は[0,1]の実数値を取る一様乱数である。 f_i はアトラクション i に搭乗した回数で、過去に搭乗したことのあるアトラクションの選考度が下がるようにした。(2)(3)式より、情報不所持者はアトラクションの魅力度が高く、過去にあまり搭乗しておらず、現在地から距離の近いアトラクションを重視することになる。情報不所持者は、現在地から搭乗受付可能状態のアトラクションまでの時間を効用値が高いアトラクションから順番に計算し、すべてのアトラクションが閉園時間に間に合わない場合、出口に向かい、退場する。情報不所持者は、以後、情報不所持者をタイプ NI とする。

情報所持・予約不可能者は、情報として、各アトラクションの待ち人数とアトラクションの搭乗受付状況を得る。行動フローは情報不所持者と同じとなる。アトラクション選考の際に、情報で得た待ち人数を用いて以下の式(4)で計算する。

$$U_i = p_i - \alpha_d d_i - \alpha_n n_i \quad (4)$$

ここで n_i はアトラクション i の現在待ち人数を表す。 β は重み係数である。(4)式より、情報所持・予約不可能者は、アトラクションの魅力度が高く、過去にあまり搭乗しておらず、現在地から距離の近く、アトラクションの待ち人数が少なく、早く搭乗できるアトラクションを重視することになる。情報所持・予約不可能者は、現在地から搭乗受付可能状態のアトラクションまでの時間と待ち時間を効用値が高いアトラクションから順番に計算し、すべてのアトラクションが閉園時間に間に合わない場合、出口に向かい、退場する。以後、情報所持・予約不可能者をタイプ NR とする。

情報所持・予約可能者は、情報として、各アトラクションの待ち人数とアトラクションの搭乗受付状況、予約受付状況を得る。アトラクション選考、退場条件に関しては情報所持・予約不可能者と同じである。予約可能者は、アトラクション選考の前にアトラクション予約を行う。予約可能者は、現在予約しているアトラクションがない場合アトラクション予約をできる。

予約アトラクションの選考では、以下の式(4)で表される効用値を用いて選択する。ここで、 B_i はアトラクション i に対する予約効用値、 m_i は現時間帯から i の予約空き時間帯、 α_m は重み係数である。

$$B_i = p_i + \alpha_d d_i + \alpha_n n_i - \alpha_m m_i \quad (5)$$

(5)式より、予約可能者は、アトラクション魅力値が高く、あまり搭乗しておらず、現在地から距離の遠く、待ち人数が多く、予約できる時間帯が現在の時間帯から近いアトラクションを重視することになる。選考の際、予約可能者は、現在時間帯にアト

ラクションを予約しているか確認し、予約している場合そのアトラクションを優先して目的地とする。予約可能者が予約した時間帯内にアトラクションに訪れた場合、待ち時間なくアトラクションに搭乗できる。以後、情報所持・予約可能者をタイプ R とする。

入場者エージェントは、目的地に向かう時ダイクストラ法を用いて、目的地までの最短経路を求める。ダイクストラ法とは、最短経路問題を効率的に解くグラフ理論におけるアルゴリズムで、スタートノードからゴールノードまでの最短距離とその経路を求めることができる。現在地を Point11 とし目的地を Point3 とした時、ダイクストラ法により最短経路を計算した結果を図 4 に示す。この結果の Point をたどり、Point3 まで移動する。次にこの時の移動経路を図 5 に示す。

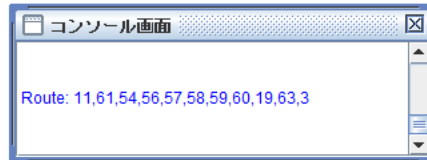


図 4.最短経路検索結果

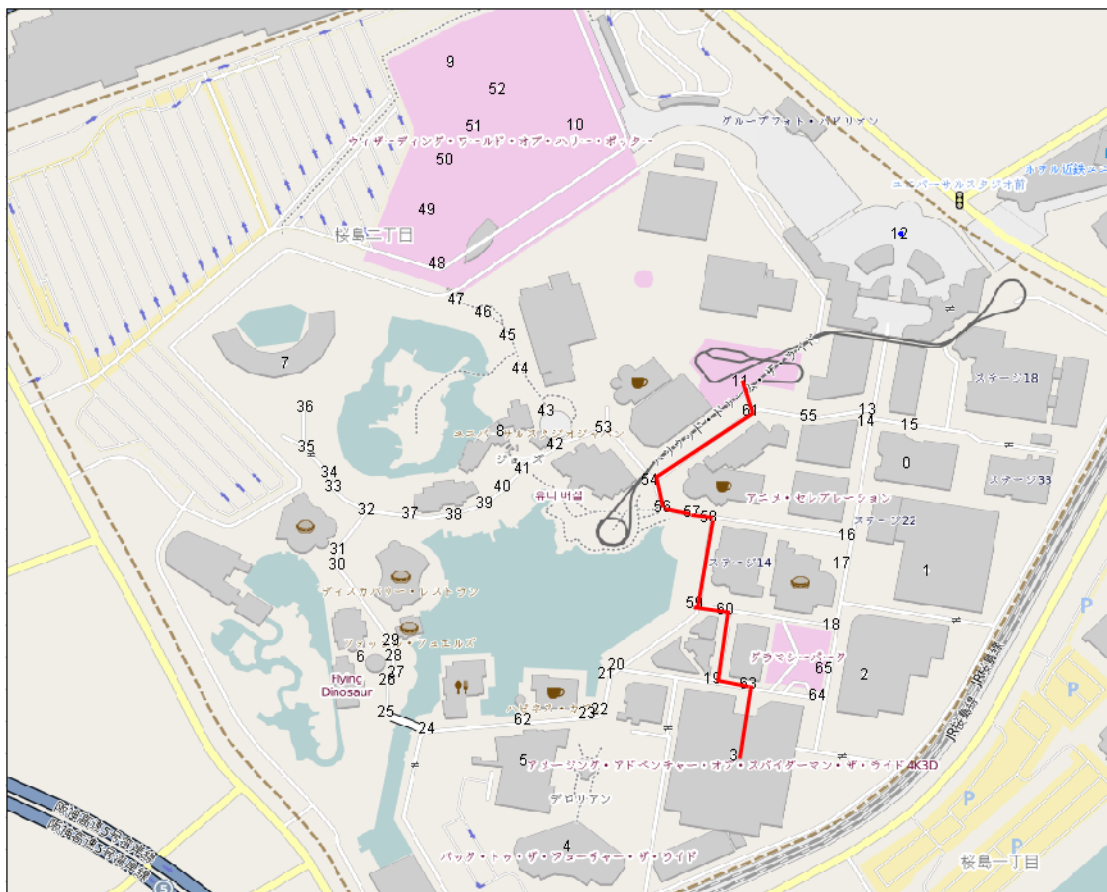


図 5.ダイクストラ法による最短経路



図 6.コントロールパネル

本研究では、情報所持率、予約可能率、アトラクション予約可能率を変化させ、入場者のタイプの割合や予約定員を変えて実験する。簡単に割合を変化させるためコントロールパネルを設定した。図 6 のコントロールパネルにより、全体の情報所持率と

予約可能率の割合を変化させ、それぞれのタイプの入場者の割合を変えることができる。またアトラクション予約可能率を変化させ、アトラクション搭乗定員に対する予約可能数の割合を変更することもできる。

本シミュレーションモデルでは、各アトラクションの1時間ごとの搭乗者数、各アトラクションの1時間ごとの予約者数、各入場者タイプの搭乗数と満足度と待ち時間を測定することができる。

4. 実験内容と結果

全入場者エージェントにおける混雑情報所持者率、および混雑情報所持者における予約可能率を変化させ、入場者の割合を変え、シミュレーション実験することで、アトラクション搭乗数、満足度、待ち時間、各アトラクションにおける時間帯別搭乗者数がどのように変化するかを検証した。満足度は搭乗したアトラクションの選考度を足したものとした。予約定員を20%、情報所持率を0~100%で10%刻み、予約可能率を0~100%で10%刻みで設定し、すべての組み合わせで5回ずつ実験を行った。その後、すべての入場者が混雑情報を所得している場合を想定し、情報所持率を100%、予約定員を50%、80%とし、予約可能率を0%~100%で25%刻みで設定し、5回ずつ実験を行った。

4.1 予約可能率 0%

予約可能率0%の時の情報所持率を変化させたときの平均アトラクション搭乗数を図7に示した。

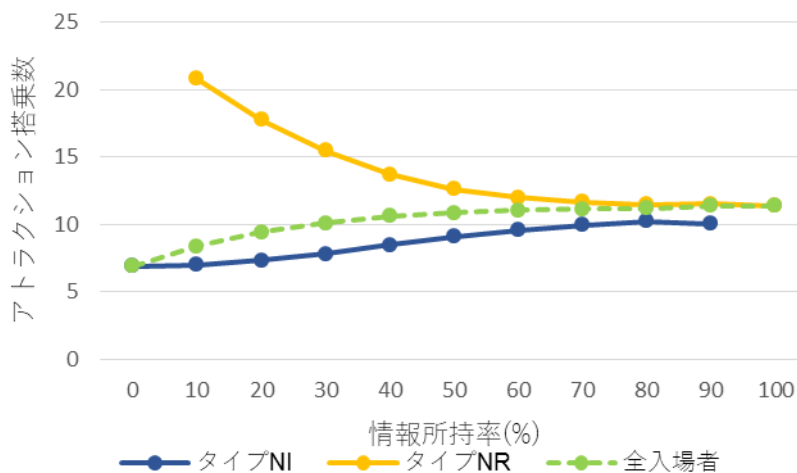


図7.アトラクション搭乗数

予約可能率0%の時、情報所持率が低い場合情報の有無でアトラクション搭乗数に大きな差ができる。情報所持率が高くなり、情報所持者が多くなるにつれ、人気アトラクションの待ち行列がほかのアトラクションに分散されるためタイプNRは情報所持による優位性を失う。

予約可能率0%の時の情報所持率を変化させたときの平均満足度を図8に示した。

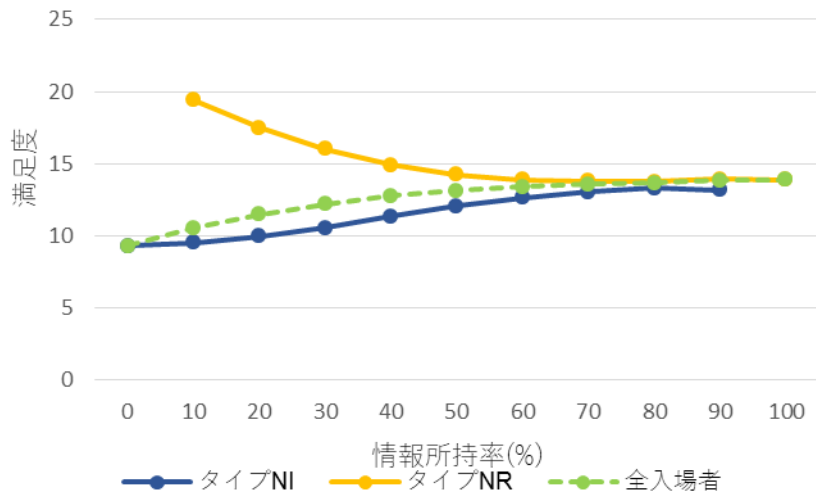


図 8.予約可能率 0%での満足度

予約可能率が 0%の時、アトラクション搭乗数と同じように情報所持率が低く、タイプ NI の割合が大きい場合、タイプ NI とタイプ NR に大きな満足度の差ができる。情報所持率が高くなるにつれ、満足度の差は小さくなり、全入場者の平均満足度は高くなる。情報所持率が高いほど満足度は高くなる結果となった。先行研究[1]では 50%の時、満足度が一番高くなり、100%の時、満足度は 50%の時より満足度が低くなっている。本研究で先行研究と異なり、情報所持率が高いほど満足度が高くなったのは、情報所持者がアトラクションを決める時、効用値を求める式(4)で、待ち人数による重み係数 α_n が小さく、情報所持を高くした場合でも、待ち行列があまり偏らなかったためだと考えられる。

予約可能率 0%の時の情報所持率を変化させたときの平均待ち時間を図 9 に示した。

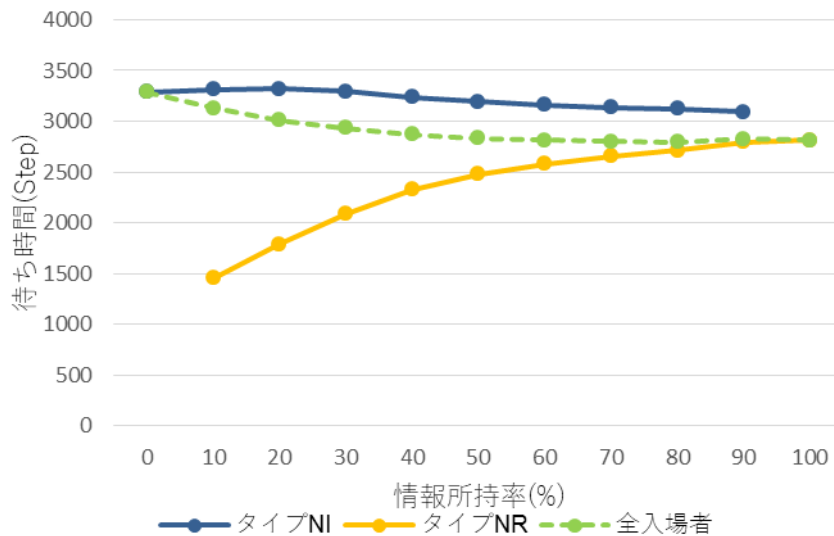


図 9.予約可能率 0%での平均待ち時間

タイプ NR は比較的待ち人数の少ないアトラクションを好み、選択するため、待ち時間はタイプ NI に比べて短くなる。アトラクション搭乗数、満足度同様、情報所持率が高くなるにつれ、優位性を失う。

4.2 予約可能率 50%

予約可能率を 50%とした時の平均アトラクション搭乗数を図 10 に示した。

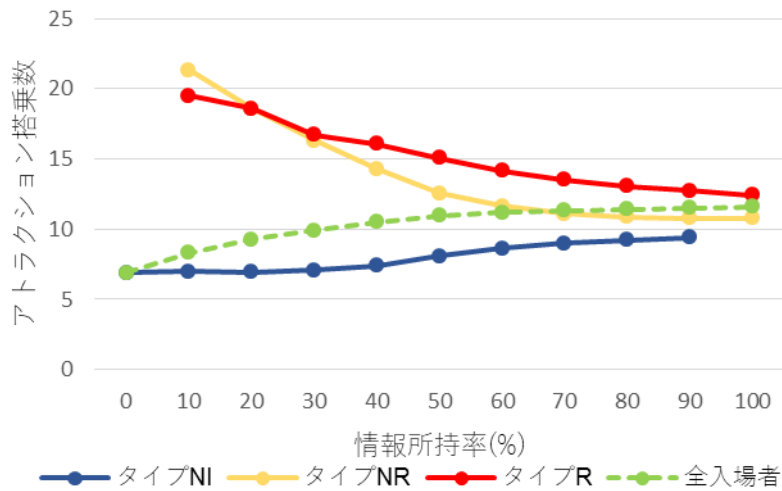


図 10. 予約可能率 50%でのアトラクション搭乗数

情報所持率 10%のとき、混雑情報の有無でアトラクション搭乗数に大きな差が出る。タイプ NR は空いているアトラクションに優先して向かうため、他のタイプよりアトラクション搭乗数は多くなる。情報所持率が高くなるにつれ、タイプ NR、タイプ R は搭乗数が少なくなる。タイプ R は予約により乗りたいアトラクションに確実に乗ることができるため、タイプ NR に比べて減少しにくい。タイプ NI は、搭乗数が徐々に多くなる。全入場者の平均は、情報所持率が増加するにつれ、少しずつ増加する。

予約可能率 50%の時の平均満足度を図 11 に示した。

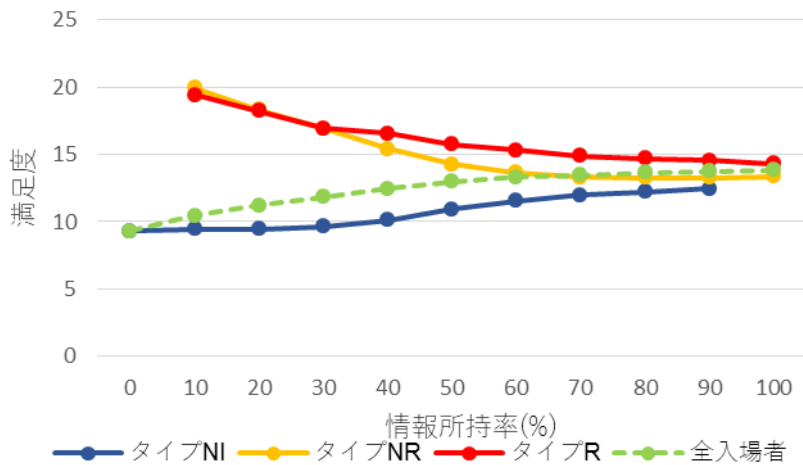


図 11. 予約可能率 50%での満足度

情報所持率 10%のとき、アトラクション搭乗数はタイプ R よりタイプ NR の方が多く、差があったが、満足度はほとんど差がない。これは、タイプ R は予約することにより、選考度の高いアトラクションに確実に乗ることができるため、満足度が高くなるためだと考えられる。情報が高くなるにつれ、タイプ R、タイプ NR は満足度が減少し、タイプ NI は満足度が増加した。

予約可能率 50%の時の平均待ち時間を図 12 に示した。

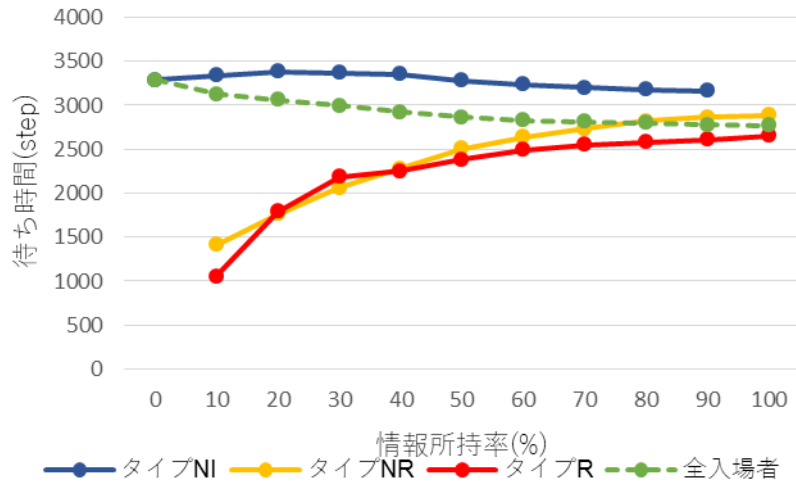


図 12. 予約可能率 50%での待ち時間

情報所持率が低く、予約可能者が少ない場合、タイプ R は多くのアトラクション予約をできるため、待ち時間が短くなる。タイプ NR も、空いているアトラクションに優先して乗るため短くなる。情報所持率が高くなるにつれ、予約可能者が増え、行列が分散されるため、タイプ R、タイプ NR 共に待ち時間が増加し、タイプ NI は待ち時間は減少する。全入場者の平均待ち時間は情報所持率が増加するにつれ、減少する。

予約可能率 50%の時のアトラクションの平均搭乗者率を図 13 に示した。

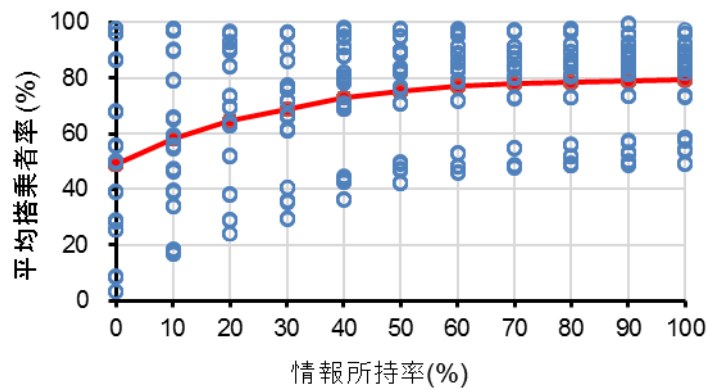


図 13. 予約可能率 50%での平均搭乗者率の変化

点は各アトラクションの各時間帯の搭乗者率、直線はそれらの平均値を表す。情報所持率が低い場合、人気のアトラクションとそうでないアトラクションで待ち行列に大きな差ができています。情報所持率が高くなると、アトラクションごとの平均搭乗者率の差が小さくなったことから、アトラクションの待ち行列が分散したことがわかります。

4.3 予約可能率 100%

予約可能率 100%の時の平均アトラクション搭乗数を図 14 に示した。図 7 と大きな差はないグラフになった。

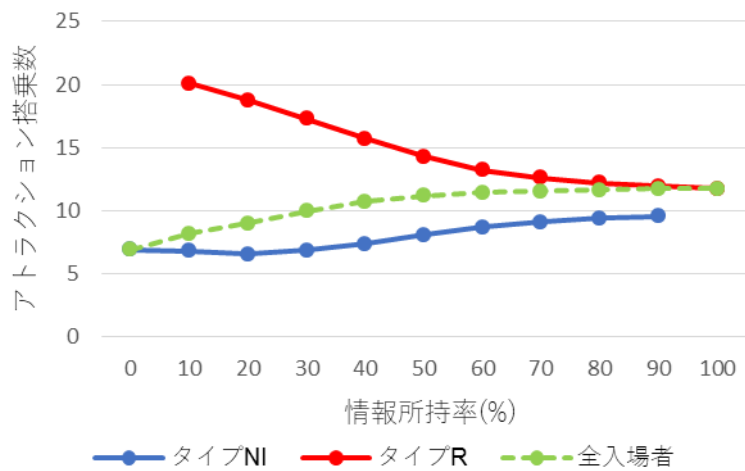


図 14.予約可能率 100%での平均アトラクション搭乗数

予約可能率 100%の時の平均満足度を図 15 に示した。

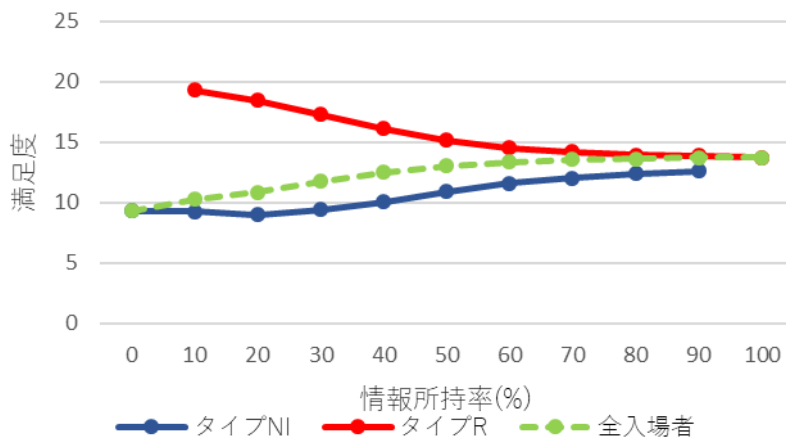


図 15.予約可能率 100%での平均満足度

図 8 と同じようなグラフとなったが、タイプ R の方が情報所持率の変化による満足度の減少が緩やかになっている。

予約可能率 100%の時の平均待ち時間を図 16 に示した。図 9 と大きな差はないグラフになった。

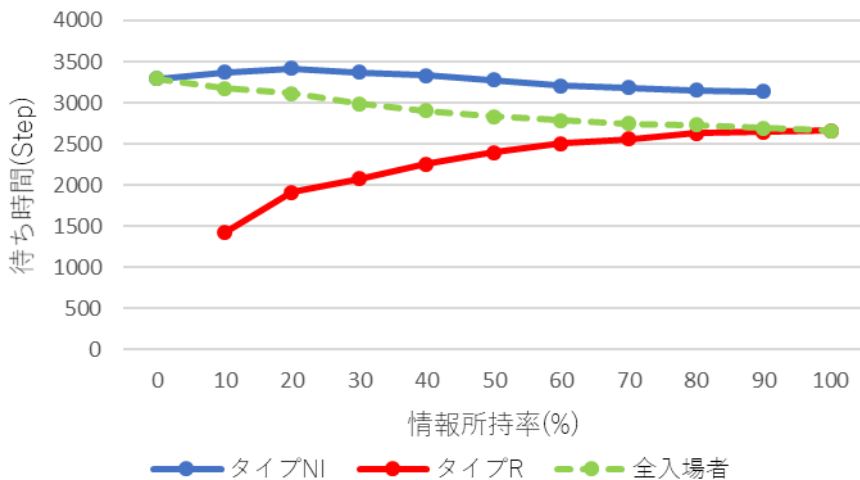


図 16.予約可能率 100%での平均待ち時間

4.4 情報所持率 100%

次に、情報所持率 100%として、予約定員の割合を 20%、50%、80%とし、予約可能率を変化させた。予約定員 20%の時の満足度のグラフを図 17 に示す。予約可能率が低い時、予約可能者の満足度は高くなり、予約可能率が高くなるにつれ、満足度は低くなった。予約可能率 0%の時と 100%の時では全入場者の平均満足度はあまり変化がなかった。

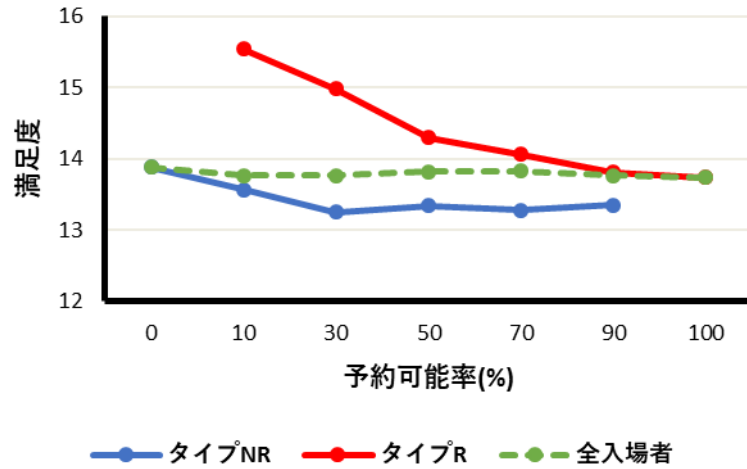


図 17.予約定員 20%での平均満足度

次に、予約定員 50%の時の満足度のグラフを図 18 に示す。予約可能率が低い時、予約可能者は満足度が高く、予約可能率が高くなり、予約可能者が多くなるにつれ、満足度は低下した。

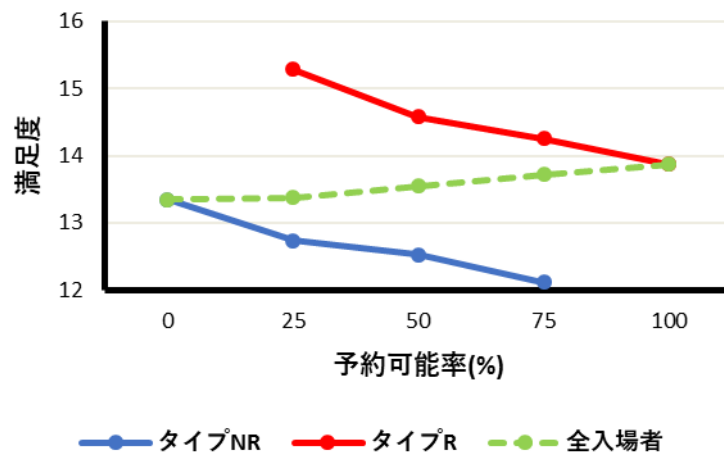


図 18.予約定員 50%での平均満足度

次に、予約定員 80%の時の満足度のグラフを図 19 に示す。予約定員 50%の時と同じように、予約可能率が低い時、満足度が高く、予約可能率が高くなるにつれ、満足度は低下した。全入場者の平均満足度は、50%の時より高くなった。

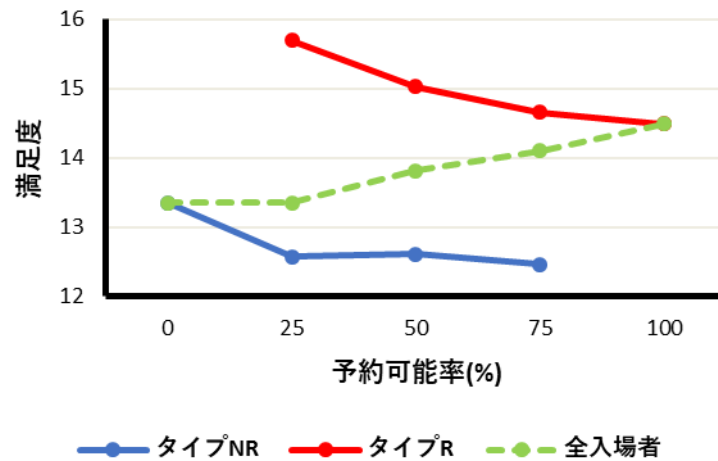


図 19. 予約定員 80%での平均満足度

4.5 まとめ

今回の実験により、予約できることで、情報所持率、予約可能率の低い時には搭乗数、満足度、待ち時間で優位性を示すことができた。しかし、情報所持率、予約可能率が高くなることで、情報を得て行動を決める割合が増えるため、アトラクションの待ち行列が分散し、予約可能者の相対的な優位性が低くなり、搭乗数、満足度は低下し、待ち時間は増加した。

情報所持率を 100%で、予約定員の割合と予約可能率を変化させたとき、予約可能率が高くなるほど、全入場者の満足度は高くなった。また、予約可能者の満足度は予約制度未導入時の満足度より高いが、予約可能率が高くなるほどその優位性は低下する。

5. おわりに

本研究では、テーマパーク USJ のシミュレーションモデルを作成し、アトラクション予約を導入したときの入場者のアトラクション搭乗数、満足度、待ち時間の変化について検証した。実際に、USJ に予約制度を導入する場合、全入場者の満足度を上げることを目標とするなら誰でも予約制度が使えるように無償で提供するべきである。有償で提供する場合は、適当な価格設定を行い、予約権利購入者数を抑えることによって、予約可能者が感じる優位性を大きくすることができる。

今後の課題として、シミュレーション期間を長期間とし、入場者が過去の自分の経験や世間に評判に基づいて予約権利を購入するかどうかを決定するようにモデルを拡張することが挙げられる。

参考文献

- [1] 永井聖也, 尾田剛, 佐藤彰真, 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, 2007.
- [2] 下采義樹, テーマパークにおける順番待ち予約システムとその効果, 2014.
- [3] OpenStreetMap Japan, <https://openstreetmap.jp/>
- [4] 山影進, 人口社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門, 書籍工房早川, 2007 年
- [5] deq notes, ダイクストラ法(最短経路問題), <http://www.deqnotes.net/acmicpc/dijkstra/>
- [6] 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.
- [7] 兼田敏之, artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション, 書籍工房早山, 2010.