

Formulation of Waiting Times in a Theme Park

テーマパークにおける待ち時間のシミュレーションの 作成について

増山 大夢

2025年2月28日

目次

1	Introduction	3
1.1	Aim	3
1.2	Background	3
2	Preparation	3
3	Modeling	4
3.1	Modeling about guest	4
3.1.1	Order of guest action	5
3.1.2	Decision making method	5
3.1.3	Fascination	5
3.1.4	Scoring method	6
3.2	Modeling about attraction	6
4	Conclusion	6

概要

人気のテーマパークを訪れるとそこには必ずと言っていいほど行列があり、待ち時間が発生する。テーマパークでの待ち時間については先行研究が少なく、その理由として複数箇所で同時多発的に待ち時間が発生することが挙げられる。本論文ではこの同時多発的な待ち時間の発生について原理を考え、シミュレーション作成の手順について整理する。

1 Introduction

1.1 Aim

遊園地、あるいはテーマパークを訪れるとそこには必ずと言っていいほど大行列が存在する。当然だが列に並ぶためにそれらの場所に訪れる者はいない。ゆえにこれを解決・解消することは訪問者にとって大きな利益になる。

本論文ではテーマパークの待ち時間がどのように発生・変遷するのかを分析する方法としてシミュレーションを用いることを提起している。また、本論文の目的はテーマパークでのゲストの行動基準などについて議論し、シミュレーター作成の一助となることである。また、本論文の主軸としてテーマパークを扱っているが、これを拡張すればテーマパーク以外の同時多発的に待ち行列が発生する、例えば昼食どきのレストラン街などにも適応できるのではないかと考えている。

1.2 Background

先行研究には『テーマパーク問題の新展開 [1]』や『待ち時間を考慮した訪問者視点でのテーマパーク順路最適化 [3]』などがある。両論文はどちらもテーマパークにおける待ち時間について議論をしているが、前者は運営者として、後者はゲストとしてこれを分析しているため趣旨が異なっている。

前者の論文では、前半で待ち行列の平均化・局所化について議論しており、後半ではゲストの許容待ち時間から乗車するアトラクションを推察するなどしているが、これらは”ある時間における”事象のみを考えており、テーマパークの開園から閉園までという全体像をあまり考えていないように思える。

また、後者の論文では待ち時間についてデータを用いているため、前述のように開園して間もないなどの理由でデータ数が不十分なテーマパークではこの研究方法は用いることが難しい。

また、先行研究では待ち行列を構成する人々の選択基準として「魅力」などといった人間心理に基づく数値化しにくい要因をアルゴリズムに組み込んでいるものが見つからなかったが、これを考える上での統計量の考え方は『OR 入門 意思決定の基礎 [2]』から学ばせてもらった。同著は待ち行列のゲストの整理についてを考える上でも大変参考にさせていただいた。

2 Preparation

テーマパークを再現するにあたり、パーク内に何が存在するか、何を事前情報とすることを準備する必要がある。これらの設定を以下に示す。まず、シミュレーションを作るにあたりパーク内に用意すべきものは以下の通りである。

- ・アトラクションの数 (個)
テーマパーク内にアトラクションが幾つ存在するか
- ・ゲスト数 (人)
テーマパーク内に何人のゲストが存在するか
- ・アトラクション間の移動時間 (分)
あるアトラクションから他のアトラクションに移動するのにかかる時間

テーマパーク内にいくつのアトラクションが存在するか、テーマパーク内に何人のゲストが存在するかによって待ち行列の発生数はもちろんのこと、ゲストの意思決定に重大な影響が生じることは言うまでもないだろう。また、テーマパーク内に存在するアトラクション同士の距離については、後述するゲストの意思決定の際の重要なファクターになると本論文では仮定している。

次に、各アトラクションがもつ情報を以下に示す。

【定数情報（開園から閉園まで変わらない情報）】

- ・定員（人）
一度に何人のゲストを処理することが可能か
- ・到着間隔（分）
次のゲストのグループを処理するまでに必要な時間
- ・乗車時間（分）
ゲストがアトラクションに入場してから退場するまでにかかる時間
- ・魅力（人）
アトラクションにどの程度の集客効果があるか

【変数情報（各時間ステップで変化が起きる情報）】

- ・待ち時間（分）
いま、待ち行列の最後に並んだゲストがアトラクションに入場できるまでの時間
- ・待ち人数（人）
いま、何人のゲストがそのアトラクションの待ち行列に並んでいるか

定員、到着間隔、乗車時間および待ち人数については、アトラクションが待ち行列を処理するために必要であり、それすなわちゲストに待ち時間を提示するために必要な情報である。また、魅力および待ち時間については先ほどと同様に、後述するゲストの意思決定を行う上での重要なファクターであると仮定している。

また、各ゲストがもつ情報を以下に示す。

【定数情報】

- ・待ち時間の重み
そのゲストがアトラクションを選ぶにあたり待ち時間をどれだけ重視するか
- ・移動時間の重み
そのゲストがアトラクションを選ぶにあたり移動時間をどれだけ重視するか
- ・魅力の重み
そのゲストが各アトラクションをどれだけ魅力的に感じているか

これらの情報は一様に意思決定を行う際の各ゲストがもつ値であり、これらをランダムで設定することによりゲストの動きに一定の差異が発生することを期待している。

3 Modeling

いよいよ実際にモデリングをすることを考える。ここで考えるべきことはゲストの動向とアトラクション側の処理だが、最初はゲストの意思決定と行動について考えることとする。

3.1 Modeling about guest

ゲストの行動をモデリングするにあたって、考えるべきことは2つである。ひとつはゲストはテーマパーク内でどのように時間を消費するか、そしてもうひとつはゲストは何を基準にアトラクションを選択するかである。

3.1.1 Order of guest action

まず最初に、テーマパークを訪れたゲストが入場してからどのような行動基準で行動を起こすのかを定義しておく必要がある。本論文では単純化のため、以下の順序に則るものとして考える。

(a) テーマパークを訪れたゲストは、エントランスからパークに入場し、後述の【意思決定式】に基づき最初の意思決定を行う。(後述 3.1.2 で詳しく説明する.)

(b) 意思決定により移動先が決定したゲストは該当のアトラクション (以降アトラクション A) へ移動する。

(c) アトラクション A への移動が完了するとゲストはアトラクション A に入場するために待ち行列に並ぶ。

(d) 待ち行列に並び終わると、アトラクション A に入場する。

(e) アトラクション A に入場すると、乗車時間の間アトラクション A の内部で過ごす。

(f) 乗車時間が過ぎるとアトラクション A から退場し、次のアトラクションへの意思決定を【意思決定式】の基づいて行う。

(g) 以降、シミュレーション区間内で (b) から (g) までの行動を繰り返す。

言い換えると、すべてのゲストはパーク内にいる間は必ず移動するか、待ち行列に並ぶか、アトラクションに乗車しているかのうちのどれかの状態になっており、立ち止まったり休憩をしたりすることがないということになる。

3.1.2 Decision making method

さて、ここではゲストが何を基準にアトラクションを選択するかに言及する。そのためには前述の【意思決定量】について議論する必要がある。この【意思決定式】とは、意思決定時点での①現在の各アトラクションの待ち時間 ②現在位置から各アトラクションまでの移動時間 ③各アトラクションの魅力 の3要素をもとに次に向かうアトラクションを決定する式である。

【意思決定式】

アトラクションの総数を n 個、意思決定を行う時の時刻を t 、現在位置のアトラクションを i 、移動先のアトラクションを j とする。また、以下の文字を定義する。

待ち時間の重み： w

移動時間の重み： m

ゲストが各アトラクションに感じる n 行の魅力の重みのベクトル： f

時刻 t における全アトラクションの待ち時間スコアをまとめた n 行のベクトル： $W(t)$

i から他の全アトラクションまでの移動時間スコアをまとめた n 行のベクトル： M_i

全アトラクションが潜在的にもつ魅力スコアをまとめた n 行のベクトル： F

これらを用いて、各アトラクションへの意思決定量 $Will$ を

$$Will = wW(t) + mM_i + f \odot F \quad (1)$$

とする。

ここから、各アトラクションにおける意思決定量の大きさを比として確率的サンプリングを行い、最終的な意思決定とする。

3.1.3 Fascination

ここまで説明を省いてきた魅力についてここで説明する。

本論文でいう魅力とは、そのアトラクションが潜在的にもつ客寄せ効果と言い換えて差し支えない。一方で、これは心理学的要因が多分に含まれているため数値化することが極めて難しく、多くの論文でもこれに踏み込むことを躊躇う傾向にあった。そこで、本論文ではこれを定量的に扱う方法について踏み込んでみようと思う。

さて、先にも書いたとおり本論文における魅力とは、客を惹き寄せる力と言い換えることが可能である。これはすなわち裏を返せば、「過去のデータから各アトラクションにどれだけの人が集まったか」が分かれば数値化ができるのではないかと考えた。そこで本論文において魅力として扱うデータは「過去のアトラクション待機人数の標本平均」である。実際のテーマパークであればこれらのデータを予めシミュレーションに組み込むことで再現性の高い検証を行うことが可能であり、加えて数値を変更してシミュレーションを行えば人気の分散や集中についても検証することが可能であると考えられる。一方の仮想的なテーマパークの場合、初期設定時にこれをするのは難しいが何度かのシミュレーションを重ねることでデータを収集し、これを用いたり操作したりをすることでさまざまなデータが得られることを期待している。

3.1.4 Scoring method

さて、前述の意思決定式の中で『スコア』という表現をしたのには理由がある。というのも、3つのファクターとして列挙した待ち時間、移動時間、魅力は単位が統一されておらず、加算をするには数学的な厳密性を欠くからである。そこで、本論文ではスコアリング法という方法を用いる。これは、単位の異なる2つ以上の要素に対して加算を行うことを可能にする方法である。手順としては次のとおりである。

【手順】

シミュレーション区間内における待ち時間の最大値を W_{max} 、移動時間の最大値を M_{max} 、魅力値の最大値を f_{max} としたとき、次の表に従いスコアを決定する。

項目	1	2	...	10
待ち時間	$W_{max} \geq W > 0.9W_{max}$	$0.9W_{max} \geq W > 0.8W_{max}$...	$0.1W_{max} \geq W > 0$
移動時間	$M_{max} \geq M > 0.9M_{max}$	$0.9M_{max} \geq M > 0.8M_{max}$...	$0.1M_{max} \geq M > 0$
魅力	$0 < f \leq 0.1f_{max}$	$0.1f_{max} < f \leq 0.2f_{max}$...	$0.9f_{max} < f \leq f_{max}$

これをもとに意思決定を行う際に各項目のスコアを取得し、重み付けをすることで最終的な意思決定をするという方法が今回用いるスコアリング法である。

3.2 Modeling about attraction

次に、アトラクションの処理についても考える必要がある。ここで扱うことは主に待ち時間の計算である。

まず、アトラクションはテーマパークが開園した瞬間 ($t=0$) のときに発車し、そこから到着間隔のカウントが始まるものとする。すると、各アトラクション内の乗り物（以下ライド）は到着間隔 I と時刻 t を用いて $t=kI$ (k は負でない整数) のときに到着することになる。

一度に到着するライドに乗車できるゲストの数は定員 C 人であることに注意すると、直近のライドが発車してから T 秒後に行列に並んでいる人数が P 人だとすれば、この待ち行列の最後尾に新たに並ぶゲストの待ち時間 $waiting$ はガウス記号を用いて

$$waiting = (\lceil \frac{P}{C} \rceil + 1)I - T \quad (2)$$

と表すことができる。よって、各ゲストが意思決定をするときに各アトラクションから取得する待ち時間は、この式によって付与することができるとわかる。

4 Conclusion

本論文は同時多発的に発生する待ち行列について、テーマパークを主たる題材としてシミュレーションを作成することを考察するものだった。ここで提示した理論にはまだ改良の余地があり、例えばパレードのような一定時間しか発生しない待ち行列を組み込む、アトラクションの一時運営休止を組み込むなどが挙げられる。

ここで私が提示したアルゴリズムを用いることでどこまで現実味のあるシミュレーションができるかは、プログラムの完成が間に合わなかったため不明である。しかし、本アルゴリズムを基礎としてプログラムを組んだ結果正常かつある程度の再現性を以て動作したのであれば、そこからさらに数値の変更や非現実的なシミュレーションなど拡張性はあるであろう。もし一定の成果が得られるようであれば数少ない先行研究として礎となることを期待して、これを締めとする。

参考文献

- [1] 清水仁, 松林達史, 藤野昭典, 澤田宏. テーマパーク問題の新展開. 日本オペレーションズ・リサーチ学会機関紙, Vol. 66, No. 1, 2021.
- [2] 小和田正, 沢木勝茂, 加藤豊. OR 入門 意思決定の基礎. 実教出版株式会社, 2021.
- [3] 児玉文督, 森田亮介, 伊藤聡. 待ち時間を考慮した訪問者視点でのテーマパーク順路最適化, 2022. 計測自動制御学会 Technical Report.