

Title	遊園地におけるアトラクションの選択方法による満足度の比較 (数学と生命現象の連関性の探究 : 新しいモデリングの数理解)
Author(s)	小田島, 佳織; 畑, 晶博; 後藤, 佑介
Citation	数理解析研究所講究録 (2014), 1887: 28-35
Issue Date	2014-04
URL	http://hdl.handle.net/2433/195729
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

遊園地におけるアトラクションの

選択方法による満足度の比較

How to satisfactorily enjoy an amusement park

*小田島佳織 **畑晶博 ***後藤佑介

*東北大学大学院情報科学研究科システム情報科学専攻
**島根大学総合理工学部数理情報システム学科数理専攻
***東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻

*Kaori Odashima, **Akihiro Hata, and ***Yusuke Goto

**Department of System Information Sciences,
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University*

***Department of Mathematics and Computer Science,
Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University*

****Department of Aquatic Bioscience,
Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo*

1.はじめに

遊園地では、多くの人は人気の高いアトラクションに並ぶ。しかし、人気の高いアトラクションに並ぶということはそれだけ待つ時間も長い。長年人気を博しているような遊園地では長いもので4, 5時間も並ばなければならないものもある。遊園地での時間をなるべく待ち時間には割きたくない。こういったことから、より満足度の高くなるようなアトラクションの選択の方法を求めたいと考えた。

本研究では、待ち行列モデルを用いず、独自の数理モデルでこの問題を扱った。アトラクションの選択方法としては、各アトラクションの人気異なる場合とそうでない場合の2通りを考えた。ここでは、前者を『集団に意思のある』場合、後者を『集団に意思のない』場合とよぶ。人気については、指数関数を用い、アトラクションのインデック*i*が小さいほど人気が高いとした。また、試行の途中で人数の変動はなく、客は一度アトラクションに乗った後休憩なく次のアトラクションに乗るものとし、行列の長さには制限を設けない。まず、モデル1では上で述べた設定のもと満足度に待ち時間を組み

込まないモデルを考え、シミュレーションを試みたが、そこで満足度に待ち時間を組み込まなければならないことがわかり、それをモデル2として改良を加えた。その後、モデル2について集団に意思のある場合とない場合の待ち時間の時間による変動のシミュレーションを行った。その結果、どちらも振動しほぼ同じ推移となっていることが確認できた。

2.モデル1(待ち時間を組み込む前)

2.1.モデル

ここでは、アトラクションの人気に偏りがある場合と全てのアトラクションの人気が同じ場合との2つのケースを考える。以下では前者を『集団に意思のある』場合、後者を『集団に意思がない』場合とよぶことにする。両者の違いは手順2での遊び終わった人が次の行き先としてアトラクション*i*を選ぶ確率 p_i ;

$$p_i = e^{-i} / \sum_{k=1}^N e^{-k} \quad (\text{集団に意思がある}),$$

$$p_i = 1/N \quad (\text{集団に意思がない}),$$

で特徴づけられる。集団に意思がある場合は人気は指数関数的に偏っているとする。つまり、アトラクションのインデックス*i*が小さい程人気が高いとし、集団に意思が無い場合、確率 p_i は一定でどのアトラクションも等確率で選ばれるとする。ここでは、満足度はアトラクションを利用した客の人数とする。N個のアトラクションから各アトラクションの人気を反映した確率 p_i のグラフは2.2図2の通りである。

また、モデルのダイナミクスは以下の手順1, 2, 3の繰り返しで構成される。

手順1. 各アトラクション行列の先頭の人にスタンプを押す。

手順2. 遊んだ人は、N個のアトラクションから各アトラクションの人気を反映した確率 $p_i (i = 1, \dots, N)$ に応じて次の行き先を1つ決める。

手順3. 行くことにしたアトラクションの最後尾に並ぶ。

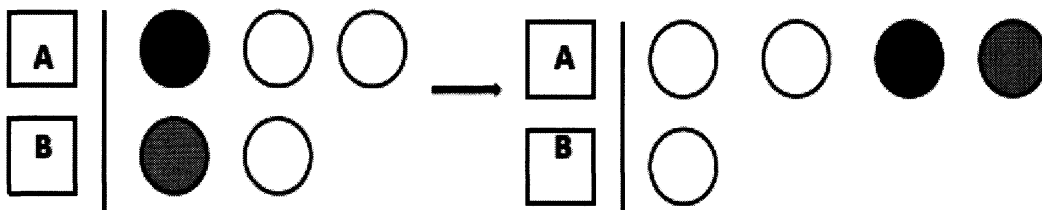


図1.各アトラクションのシミュレーションを一回試行した前と後の行列の様子

ここでは、両集団とも過去の履歴はもたないためマルコフ性をもつといえる。

2.2.シミュレーション結果

モデル1でのシミュレーション結果は図3であり、集団の待ち時間を比べると、意思をもった集団は確率 p_i に比例した形になっていることがわかる。さらに、これは時間が経ってもこの形を保っている。

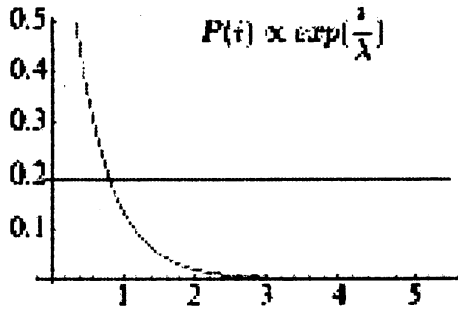


図2.選択関数 p_i グラフ

縦軸は、行列の並びやすい確率、横軸はアトラクションの番号。曲線は意思を持った集団について、直線は意思の無い集団についてのグラフ。

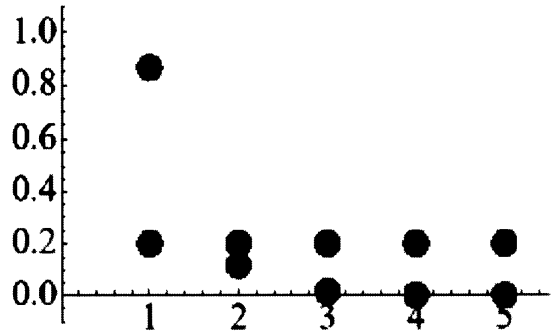


図3.各アトラクションの待ち時間のグラフ

縦軸は行列の長さ、横軸はアトラクションの番号。曲線に沿ったプロットは意思を持った集団の、直線に沿ったプロットはランダムな集団の待ち時間。

2.3.問題点

ここで、このモデルについて図4、5のような時、すなわちアトラクションCに並ぶ人がいない場合を考えていこう。試行を3回行くと各アトラクションでの行列の人数は、

(i)意思をもった集団の場合、A 3人 B 3人 C (最大) 2人=満足度は最大8

(ii)ランダムな選択をする集団の場合、A 3人 B 3人 C 3人=満足度は常に9

・意思を持った集団

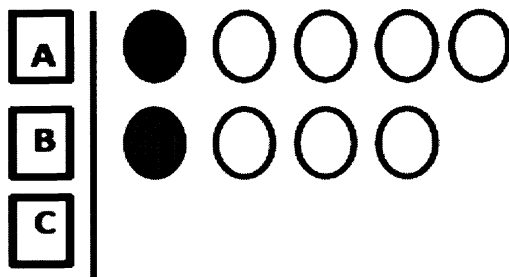


図4.意思を持った集団のシミュレーション途中の行列の様子

A, B, Cは各アトラクション。○は、各アトラクションに並んでいる人。

・意思をもたない集団

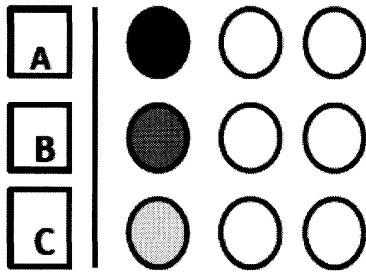


図 5.意思をもたない集団のシミュレ

ーション途中の行列の様子

上に同じ。

となってしまう、ランダムな集団のほうが常に満足度が高くなるという結果が出るのがわかる。これは、満足度に待ち時間を反映してないから起こるものと考えた。したがって、次に満足度に待ち時間 τ に依存する関数 $f(\tau)$ を導入して改良したモデルを考えていく。

3. モデル 2 (待ち時間を組み込んだ後)

3.1.モデルの変更点

モデル 1 での問題点をふまえ、集団に意思のある場合とない場合の両方について以下のように変更した。

$\tau_j^{(i)}$; i 番目の人がアトラクション j で待たされた時間,

$p_j \propto \exp(-j/\lambda)$; アトラクション j の前評判 (λ は定数),

$\tau_j^{(i)}$; 客 i が今までアトラクション j に乗ることで待たされた時間の合計,

$f(\tau_j^{(i)})$; 待たされて嫌になる効果,

$p_j^{(i)}$; 客 i が遊び終わって次の行き先にアトラクション j を選ぶ確率とおき,

$f(\tau_j^{(i)})$, $p_j^{(i)}$ はそれぞれ,

$$f(\tau_j^{(i)}) = \exp(-\tau_j^{(i)}),$$

$$p_j^{(i)} = p_j \times f(\tau_j^{(i)}) / \sum_{k=1}^M p_k \times f(\tau_k^{(i)})$$

で与えられるとした。これによって、客があるアトラクションで待たされた時間の長さについての過去の履歴をもつことになりモデル 1 で考えたようなマルコフ性はないこととなる。さらに、あるアトラクションで待たされた時間が長いほどそのアトラクションに乗る確率が低くなる。

3.2.シミュレーション結果

このモデルでの 2 種の集団における各アトラクションの待ち時間のグラフは図 6、7 の

通りである。傾きの大きいプロット●が意思を持った集団、傾きの小さいプロット●はランダムな選択をする集団での各アトラクションにおける待ち時間のグラフを表しており、図7は、指定された箇所の拡大図を表している。これを見ると、2種の集団のアトラクションの待ち時間はほとんど差がないと考えることができる。横軸はアトラクションの番号、縦軸は待ち時間となっている。

★は、意思を持った集団でのアトラクションの前評判 p_i に比例した関数である。モデル1と違い、人気のアトラクションであってもそのぶん行列が長くなり待たされるために、意思が有る集団であっても各アトラクションに同程度並ぶという結果が得られた。

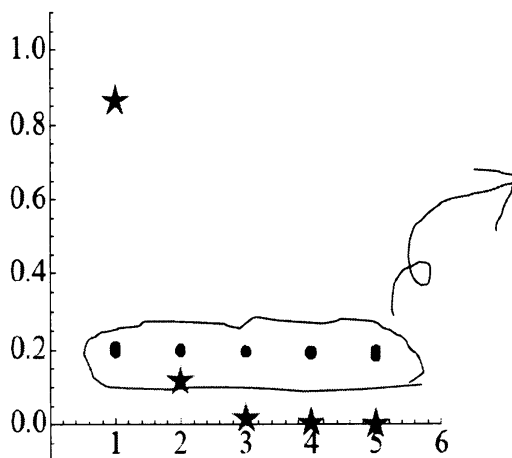


図6.各アトラクションの待ち時間

縦軸は待ち時間、横軸はアトラクションの番号。★は、意思を持った集団のアトラクションごとの相対的な待ち時間、●については意思を持った集団と意思のない集団だが重なっているため右図(拡大図)参照。

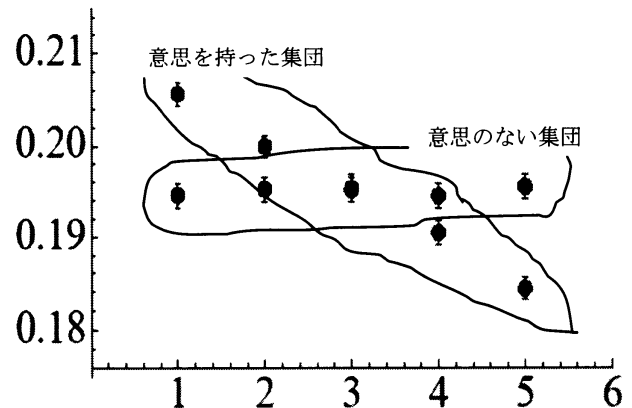


図7.図6の該当箇所の拡大図

傾きの大きい方が意思を持った集団、小さい方が意思のない集団。

待たされる効果が、アトラクションそのものの魅力の効果よりも相対的に大きいとアトラクションに並ぶ人の偏りが小さくなることが予想される。想像を逞しくすれば、1章のモデルは〇ィズニーランドのように〇ペースマウンテンなどの人気アトラクションがある場合を表し、本章のモデルはこれといった目玉アトラクションの無い小型遊園地での状況を再現しているということもできるだろう。

2種のアトラクション別の待ち時間の変動は以下のようなグラフになっている。横軸は時間、縦軸は人数、各グラフはそれぞれアトラクションごとの待ち時間の変動を示す。

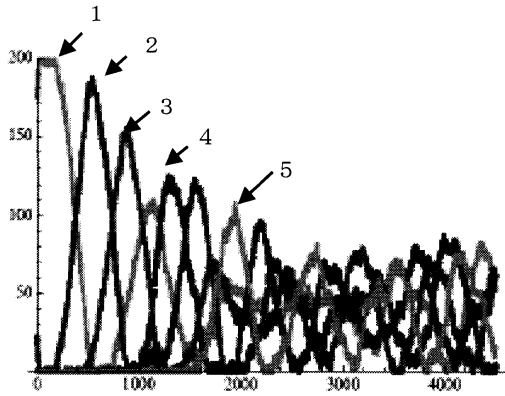


図 8.意思のある集団のアトラクション別の待ち時間の変動

縦軸は行列の長さ、横軸は時間。各グラフは各アトラクションの待ち時間の変動を示す。各数字はそれぞれアトラクションの番号を示す。

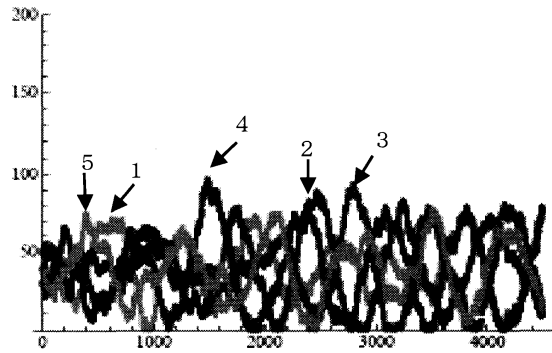


図 9.意思のない集団のアトラクション別の待ち時間の変動

図 8 に同じ。

意思を有する集団はシミュレーション初期の頃は、アトラクションごとの行列の長さに差があるが、時間の経過とともにだんだん収束している傾向が見られ、ランダムな選択をする集団とほとんど同じ分布といえることがわかる。結果としては多くの時間が経過すると、意思を持った集団とランダムな選択をする集団では同じ分布になるということが分かる。しかし、どちらの場合も行列の長さが非常に大きく振動し、これは現実と照らし合わせると不自然な挙動であると考えられる。

図 8, 図 9 はアトラクション数を 5 としており、振動の様子がややわかりにくくなっているため、アトラクション数が 2 と 3 の場合の結果を下に示す。

○アトラクション数が 2 個の場合

(図 10 ; 意思を持った集団, 図 11 ; ランダムな選択をする集団)

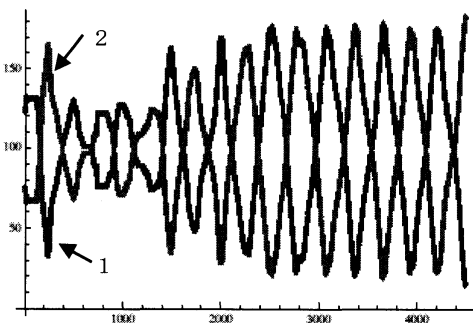


図 10.意思を持った集団のアトラクション別の待ち時間の変動 (アトラクション数 ; 2)

縦軸は行列の長さ、横軸は時間。各グラフはそれぞれアトラクションごとの待ち時間の変動を示す。

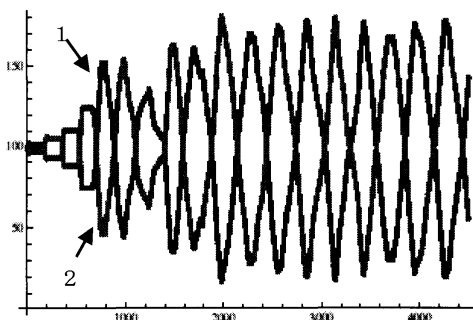


図 11.ランダムな集団のアトラクション別の待ち時間の変動

左に同じ。

○アトラクション数が3個の場合

(図12; 意思を持った集団, 図13; ランダムな選択をする集団)

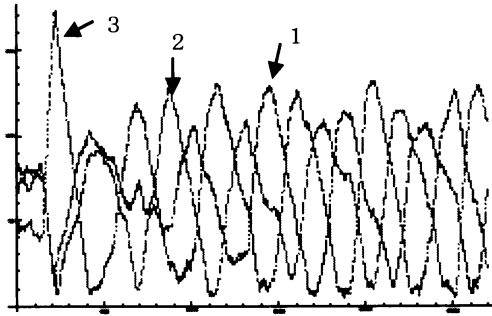


図12.意思を持った集団のアトラクション別の待ち時間の変動(アトラクション数; 3)

縦軸は行列の長さ, 横軸は時間。

各グラフはそれぞれアトラクションごとの

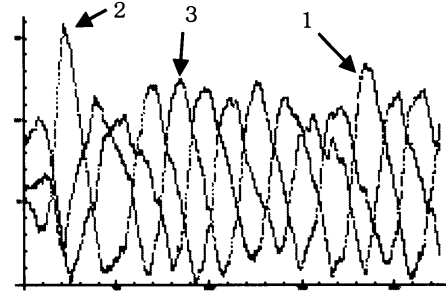


図13.ランダムな集団のアトラクション別の待ち時間の変動(アトラクション数; 3)

左に同じ。

これらと比較するといずれも, 時間が経つにつれ同じようなグラフへと収束し, 行列の長さが振動していることがわかる。

4. 考察

モデル1によって2, 3節でも述べたように, より現実的なモデルとしては満足度に待ち時間を反映しなければならないことがわかった。また, モデル2でのシミュレーション結果では, 多くの試行を繰り返すことによって2種の集団の満足度の分布がほとんど同じ形に収束することがわかった。これは, 現実のものと比べるといささか不自然な挙動である。このような挙動が観察された主要因として, 当モデルでは満足度に待ち時間を反映したことにより人気の高いアトラクションでも待たされる時間が長くなってしまい, 一度そのアトラクションに乗った客が次にそのアトラクションを選ぶ確率が低くなることが挙げられる。その結果, アトラクションを人気に従って選択する場合と人気に従わず選択する場合とでは, 満足度はほとんど同じという結果が得られたことになる。この点に関しては関数 f を改良することで, 改善されると考えられる。

また, 本研究では待ち行列モデルを用いなかったが試行の途中で客の数が変化せず, 客は一度アトラクションに乗った後休憩なく次のアトラクションに乗るものとし, 行列の長さには制限を設けないという性質から有限呼源で循環型の待ち行列モデルとして考えることもできるだろう。

<より現実的なモデルを考えるために>

最後に、本研究をより現実的なモデルとして発展させるための今後の課題について述べる。本研究では、簡単のため遊園地内の人間すべてがアトラクションの選択の仕方が同じであると考えた。しかし、実際の遊園地で考えられる要素としては、

- (1)遊園地内に意思のある集団と意思のない集団が混在する場合、
- (2)一度にアトラクションを利用できる人数が異なる場合、
- (3)アトラクションの1回の時間が異なる場合、
- (4)途中で客の人数が変化する場合

などが考えられる。

参考文献

大前義次, 森村英典. 1975. 『応用待ち行列理論』. 日科技連出版社.