

利用者均衡配分を用いたテーマパークのアトラクション配置

2015SS059 佐久間敦大

指導教員：三浦英俊

1 研究の目的

本研究はテーマパークのアトラクションの配置について考察する。アトラクションの混雑はアトラクションを訪れる価値に加え、待つことによる負の価値により来場者の魅力度の低下、リピーターの減少につながる要因である。アトラクションの数を増やせば混雑を緩和できるが、アトラクションの数を増やすと設備費も余計にかかる [1]。

本研究は、各アトラクションへの交通の流れを適切に対処することが上記の要因を軽減できるという考えに基づいた研究である。テーマパークを巡回するモデル経路をいくつか想定し、アトラクションにおける利用者の魅力度が混雑によって減少すると仮定し、交通配分手法を用いて、アトラクションの利用者数及び混雑を記述するモデルを構築し、人気アトラクションの配置を考慮して利用者の混雑の分布を図る研究を行う。

2 交通配分手法

交通配分手法とは、OD 交通需要関数、交通ネットワーク、リンクパフォーマンス関数が与えられたとき、各リンクあるいは経路の交通量あるいはサービス水準を求める手法を示す。与件となる前記三つの要素をどのように与えるかによってさまざまな手法が開発されている [2]。

3 研究の方法

3.1 利用者均衡配分

交通ネットワークを基に、交通配分手法の一つである利用者均衡配分を用いて、OD 経路における利用者の魅力度を均衡配分する。すなわち、「利用される経路の魅力度の合計は均衡している。」ように利用者が経路に割り当てられている。ただし、テーマパークにおいて魅力度は高い方が良いため最大化問題を解くべきなのだが、利用者均衡配分前提として利用する人はすいている経路を知っているため、最小化問題を解くことになる。よってアトラクションごとに混雑による魅力度が低下することに着目し、最小化問題を解くこととする。

一般的な交通均衡配分モデルでは、リンク交通量が増加すると速度が低下することを仮定して自動車の交通量を推定するが、本研究ではそれをテーマパーク内の利用者の回り方へ応用し、リンクの所要時間を魅力度、混雑をノードの待ち人数と置き換えて研究するものとする。そのため、リンクにおける事象やノード間の距離などはすべて無視して考える。また、前提として来場者はアトラクションのランダムな混雑状況をリアルタイムで観測しており把握している。

3.2 アトラクション選択

ハフモデルを用いてアトラクションのコースを決めることとする。コースは入口から入って5つのアトラクションをハフモデルによって決定し、再び入口に戻るものとする。回るアトラクションの決め方はハフモデルにより算出された確率の大きいものから順位付けをし、経路 1,1 → 2 → 1 → 2 → 1, 経路 2,2 → 1 → 2 → 1 → 2, 経路 3,1 → 1 → 1 → 2 → 2, と経路決めを行う。これを行うことによって人為的な経路設定ではなく機械的に経路決定が出来る。

4 ハフモデル

ハフモデルとは、「消費者が、ある店舗で買い物をする確率を求める確率」のことである。この確立は、「消費者は大きな店舗へ足を向けやすい。但し、近い方が良い」という傾向をもとに考えられているものである。用いる式は以下の通りである [3]。

$$P_{ij} = \frac{A_j d_{ij}^{-2}}{\sum_j A_j d_{ij}^{-2}}$$

P_{ij} : アトラクション i にいて次にアトラクション j を選ぶ確率

A_j : アトラクション j の魅力度

d_{ij} : アトラクション ij 間の距離

5 アトラクションの魅力度関数

アトラクションの待ち人数によって魅力度が減少する関数 $f(x)$ を定める。しかし、この関数は減少関数を扱うこととなる。利用者均衡配分は増加関数を扱うためそのまま解くことはできない。そこで $t(x) = A - f(x)$ と変換して $t(x)$ を用いて分析を進める。このときの A は定数である。上記をグラフで表したものが図1に示している。

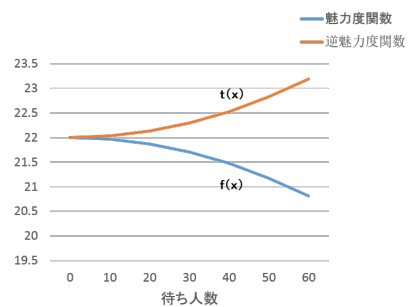


図1 関数

6 課題

用いるモデルのアトラクションの配置図を図2に示す。また、ハフモデルを用いて図2における経路選択をし、利用者均衡配分によって利用者のばらつきを導く。また、各アトラクションの利用者数を標準偏差で計算することでばらつきを図る。この際の標準偏差の値は小さいほど良いアトラクション配置である。

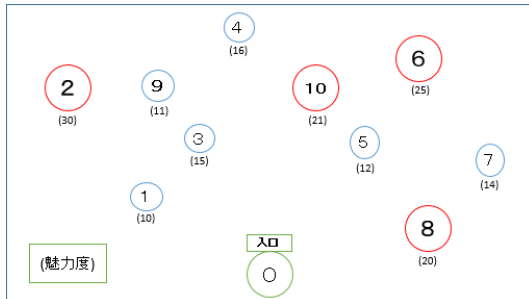


図2 モデル

7 定式化

7.1 数理計画問題

目的関数: $\min. z(x(h)) = \sum_{a \in N} \int_0^{x_a} t_a(w) dw$

制約条件: $\sum_k h_k = q, h_k \geq 0$

7.2 定義

以下のように記号を定義する。

N : ノード (アトラクションと出入口) の集合

G : コースの集合

$x_a = \sum_{k \in G} \delta_{ak} h_k$

x_a : ノード a の利用者数 ($a \in N$)

h_k : コースの k 番目経路の利用者数 ($k \in G$)

q : テーマパークにおける利用者合計

$\delta_{ak} = \begin{cases} 1 & \text{コース } k \text{ がノード } a \text{ を通るとき} \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$

u : 全てのコースのうち最小の魅力度

$C_k = \sum_{a \in N} \delta_{ak} t_a(x_a)$

C_k : コース k の魅力度合計

Kuhn-Tucker 条件より、均衡解が満足すべき条件は式 (1), ..., (4) で与えられる。

$$h_k(C_k - u) = 0 \quad (1)$$

$$(C_k - u) \geq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{k \in G} h_k = q \quad (3)$$

$$h_k \geq 0 \quad (4)$$

- (1) 利用される経路の魅力度は均衡している。
 (2) 所要時間と最小所要時間の差は負にならない。

(3) コースの各経路の交通量の合計はコースの利用者数である。

(4) コースの各経路の交通量は負にならない。

なお、 C_k はコースの k 番目経路の所要時間であり、式 (5) で定義される。

$$C_k = \sum_{a \in N} \delta_{ak} t_a(x_a) \quad (5)$$

8 実行結果

課題の結果とともにばらつきの比較対象として4つ配置を変えたものを表1に示す。今回の比較として魅力度の高いアトラクションを固めたらどうなるのかという考えで配置の入れ替えを行っている。

表1 比較

	標準偏差
①初期配置	3192.93
②人気なアトラクションを両辺に集める	5000
③人気なアトラクションを左辺に集める	5000
④人気なアトラクションを中央に集める	5000
⑤人気なアトラクションを右辺に集める	4599.55

9 結論

表1より標準偏差が5000の人気なアトラクションを両辺に集める、人気なアトラクションを左辺に集める、人気なアトラクションを中央に集める配置は利用者均衡配分をする際に一つの経路の魅力が高すぎている。また初期配置の標準偏差と他を比べても初期配置の方が値が小さいことから結果として人気なアトラクションは偏らせない方がいいことが分かった。

10 今後の課題

今回は人気なアトラクションの配置を変えると混雑はどう変化するのか研究した。初期配置よりも標準偏差の小さい配置選択が出来たら実際にテーマパークで生かせるのではないかと考えた。さらに人気なアトラクションだけでなく各アトラクション全てにおいて配置入れ替えを考え成功したらよりよい提案ができるのではないかと考え、これを今後の課題とする。

参考文献

- [1] 増田 靖:「混雑制御ーディズニーランドのジレンマー」, オペレーションズリサーチ,63(8),460-466,2018.
- [2] 森杉壽芳, 宮城俊彦:『交通都市プロジェクトの評価-例題と演習-』. コロナ社, 東京,1996
- [3] 栗田 治:『都市と地域の数理モデル』共立出版社, 東京,2013