

テーマパーク特有の負荷変動特性を考慮したファストパスの混雑緩和効果

千葉大学 *三井知樹 MITUSI Tomoki
01207040 千葉大学 塩田茂雄 SHIODA Shigeo

1. はじめに

代表的なテーマパークであるディズニーリゾートでは、「ファストパス」と呼ばれる混雑緩和策が採用されている。ファストパスとは、利用時間が定められた優先券であり、ファストパスを所持すると指定のアトラクションで優先搭乗をすることができる。文献 [1] では、来場者の戦略的な行動を仮定して、ファストパスの混雑緩和効果の考察が行われているが、(開園直後に来場者が集中し、その後、単位時間あたりの来場者は次第に減るといふ) テーマパーク特有の1日の負荷変動特性は必ずしも考慮されていない。本研究では、テーマパーク特有の負荷変動特性やファストパスの利用方法を詳細に模擬したシミュレーターにより、ファストパスの混雑緩和効果について検証する。

2. モデル化

2.1. アトラクションと来場者のモデル化

N 個のアトラクションがあるテーマパークを考える。テーマパークの入口および各アトラクションは単一窓口待ち行列と同様に振る舞う(以下では、入口は「0番目のアトラクション」とみなす)。各アトラクションを待ち行列とみなした際のサービス時間は、アトラクションの乗り物に来場者が乗車する時間の間隔に相当し(乗車時間ではない)、来場者は窓口でサービスを受けたあと、乗車時間に相当する時間をアトラクションで過ごし、次のアトラクションに移動する。一部のアトラクションは優先客用と非優先客用の待ち室を有し、優先客は非優先客に対し絶対的な優先権を有する(優先客が待ち室にいる間は非優先客はサービスを受けられない)。優先客間および非優先客間には特定の優先権は付与されず、それぞれ先着順でサービスを受ける。優先客と非優先客の区別を行わないアトラクションはただ一つの待ち室を有し、先着順でサービスを行う。なお、入口は優先客と非優先客の区別を行わないものとする。

来場者はあらかじめ乗車予定のアトラクションと乗車の順番を決定して来場する。来場者がアトラクション i を乗車対象として選択する確率は r_i とする。乗車の順番はランダムに定める。客の乗車するアトラクションの選択と乗車順番は互いに独立であるとする。

2.2. ファストパスのモデル化

優先客用と非優先客用を区別するアトラクションはファストパスを発行し、ファストパスを購入した客は優先客として搭乗できる。ファストパスには一定の利用期間が定められている。以下では、期間 $[t_n, t_{n+1})$ に利用できるファストパスをファストパス n ($n = 1, 2, \dots$) と呼ぶ。 $\tau \stackrel{\text{def}}{=} t_{n+1} - t_n$ は n に依存しないものとする。アトラクション i において発行するファストパス n の枚数は $\lfloor p_i \tau \mu_i \rfloor$ で与えられるとする ($\lfloor x \rfloor$ は x を超えない最大の整数)。ここで p_i ($0 \leq p_i \leq 1$) は優先客の受入割合を定めるパラメタである。

ファストパスを発行するアトラクションに搭乗予定の来場者のうち、一定の割合 (q) の来場者がファストパスの購入を試みる。 $t_n \leq t < t_{n+1}$ を満たす時刻 t において、アトラクション i のファストパスの購入を希望する来場者は、まずファストパス n の購入を試みる。ファストパス n が完売である場合は、ファストパス $n+1$ の購入を試みる。これを順次繰り返し、ファストパス $n+K$ までの購入を試みる事が可能であるものとする。アトラクション i のファストパスが購入できなかった場合は、非優先客として乗車する。ファストパスは同時に高々1枚所持でき、ファストパスを利用したアトラクションの降車後に次のファストパスを購入できる。

3. 客が一定の到着率で来場する場合

来場者がポアソン過程に従って一定の到着率で来場するテーマパークにおける、ファストパスの効果についてシミュレーションにより検証する。 $N = 4$ とし、入口を除く全てのアトラクションでファストパスが利用できるものとする。客は全てのアトラクションに1回ずつ乗車する。客の平均到着間隔は2.2秒、アトラクションでのサービス時間は平均2秒(入口は1秒)の指数分布、アトラクション間の移動時間は平均10分の指数分布に従い、各アトラクションの乗車時間は10分で一定とする。また、ファストパスの利用期間長は20分、 $K = 6$ 、かつ $q = 0.8$ とする。また、優先客の受入割合は全てのアトラクションで共通とする。

図1は優先客の受入割合 p と、客の園内での平均総待ち時間、平均滞在時間の関係を示したものである。優先客の受入割合が増えるほど、平均総待ち時間は緩や

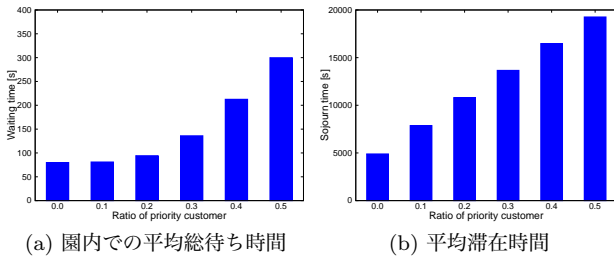


図 1: 優先客受入割合と待ち時間・滞在時間の関係

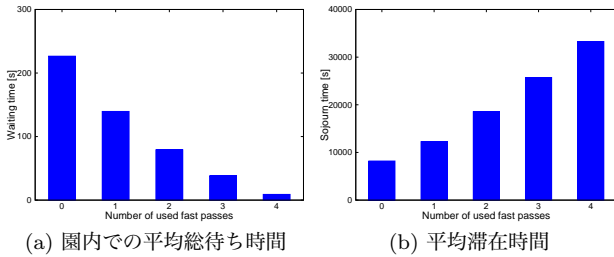


図 2: ファストパス利用数と待ち時間・滞在時間の関係

かに増大し、平均滞在時間はほぼ受入割合に比例して増える。この結果は次のように解釈できる。優先・非優先クラスを設け、優先クラスに絶対優先権を与えるだけでは、Kleinrock の保存則 [2] により（優先、非優先クラスのサービス時間に差が無い限り）平均待ち時間は変わらない。加えて、ファストパスの利用開始時刻 (t_1, t_2, \dots) 付近では優先客がアトラクションにバースト的に押し寄せるため、ファストパスはかえって平均待ち時間を増大させる。つまり、来場者が一定の到着率で来場し続ける場合は、ファストパスには混雑緩和効果は期待できず、かえって混雑を生む要因となる。

図 1 はファストパスの利用枚数と、平均総待ち時間、平均滞在時間の関係を示したものである。ファストパスの利用枚数が増えるほど、待ち時間は減るが、滞在時間は大きく増大する。つまり、ファストパスは滞在時間の犠牲を払って、待ち時間の短縮を獲得するためのツールであることがわかる。

4. テマパーク特有の負荷変動特性の考慮

次に、開園時刻付近の到着率が大きく次第に到着率が減少するという、テーマパーク特有の来場者パターンでの特性を考察する。一日の来場者は平均 40000 人とする。開園は 8 時とする。開園 2 時間前から開演時刻までに 1 日の来場者の 15% が来場し、入口で行列を作って待つ。入口で待つ来場者は開園時刻とともに入園する。さらに 8 時から 9 時までは 1 日の来場者の 30%、9 時から 10 時までは 15% が来場し、その後、次第に来場

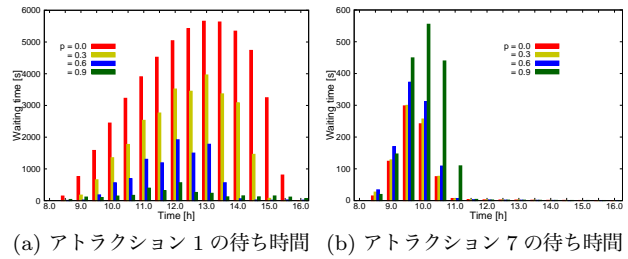


図 3: 優先客受入割合と待ち時間・滞在時間の関係

者は減る。 $N = 20$ とし、アトラクション 1 から 6 ではファストパスが利用できるものとする（アトラクション 1 から 6 の来場確率はそれぞれ 0.4, 0.4, 0.35, 0.35, 0.3, 0.3 ; 7 から 20 は 0.25 以下）。アトラクションの平均サービス時間は 2 秒（入口は 0.1 秒）、乗車時間は 10 分（一定）、アトラクション間の移動時間は平均 10 分の指数分布に従うものとする。また、ファストパスの利用期間長は 20 分、 $K = 6$ 、かつ $q = 1.0$ とする。

図 3(a) は優先客の受入割合 p とアトラクション 1 での平均待ち時間の関係を示したものである。横軸は時刻を表す。ファストパスを利用しない場合 ($p = 0.0$) は、1 時間を超える待ち時間が 11 時頃から 14 時頃にかけて発生しているが、優先客の受入割合が増大するほど、待ち時間は減少し、 $p = 0.9$ では平均待ち時間は 10 分程度以下になる。

この数値例（図 3(a)）のように、テーマパークの混雑が開園直後から昼過ぎまでの一時的なものである場合は、（各アトラクションの混雑情報を客に与えるなどして、客の戦略的な行動を陽に促さなくとも）ファストパスの利用には、客の特定時間での特定アトラクションへの集中を、他の時間や他のアトラクションに分散させる、いわゆる負荷平準化による混雑緩和効果が期待できる。図 3(b) はファストパス非利用アトラクション（アトラクション 7）での待ち時間である。優先客の受入割合 p が増えるほど、ファストパス非利用アトラクションでの待ち時間は増大しており、負荷が集中するアトラクションから他のアトラクションへの負荷分散の効果が示されている。

参考文献

[1] 増田靖：混雑制御—ディズニーランドのジレンマ—, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 63 (2018), 460–466.
 [2] Kleinrock, L.: A conservation law for a wide class of queueing disciplines, *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 12 (1965), 181–192.