

## 事前予約システムにおける提案手法の数値による解析

05001269 法政大学 坂本 憲昭 SAKAMOTO Noriaki

## 1. はじめに

著者は文献[1][3]において、ディズニーリゾートのテーマパークにおいて優先入場システムがあるアトラクションを対象に、非優先入場者の待ち時間を短くするため、優先入場の単位時間あたりの発券枚数を一定値から増加関数にすることを提案した。研究対象の待ち行列を形成するゲスト（顧客または訪問者）の到着分布をポアソン分布等の数理モデルで再現することは困難であるため、文献[1][3]では観測値に基づくシミュレーションによる再現をおこない、そのモデルを用いて提案手法の有効性を示した。

一方、文献[2]では提案手法の数理的解析を示すために、ゲストの到着分布を単純な等差数列で仮定して検討したが不十分な考察であった。そこで、本稿であらためて提案手法の効果を考察する。

## 2. 提案手法（先行研究[1][3]）

ディズニーリゾートの人気があるアトラクションには優先入場システム（Fast Pass, 以下 FP）が導入されている（現時点では COVID-19 の影響によりスタンバイパスという別システムが導入されている）。FP があるアトラクションの入場列は、FP で入場する列と、FP をもたないゲストの待ち行列（Stand By Entrance, 以下 SB）に二分される。FP は入場時間帯が指定された優先入場券であり、FP を取得したゲストは指定された入場時刻帯に FP 専用の待ち行列に並び、短い待ち時間でアトラクションに案内される。一方、SB は長時間並ぶのが現実である。アトラクションが 1 日に収容できるゲスト数は限界があるから、FP の割合を増やせば SB のゲストはより長い時間並ぶことになり、FP と SB の関係はトレードオフにある。この FP と SB のゲスト数を現状と同数のまま、SB の待ち時間を減らす手法を提案した。

このようなトレードオフは、テーマパーク以外にも見ることができる。たとえば行列ができる高級食パン専門店では、焼きあがる食パン数は単位時間ごとに決まっており、前日までにインターネットで予約できる。その予約は 1 時間ごとの受け取り時間から選択する。当日購入もできるが、製造数が限られるから予約なしでは長時間並ぶことになる。同様な販売手法として、ある持ち帰り専門和食店の場合、事前予約ができなければ開店の数時間前から行列し、開店後並んだ順に当日の受け取り時刻が指定された整理券をもらう。早朝から並んでも夕方の受け取りが普通である。これらの販売手法において事前予約を FP、当日購入を SB と置き換えれば同じ研究対象であり、提案手法によれば当日客の待ち時間を短く

できる。このような汎用性を示す例として、Figure 1 は 2017 年のある展示会に適用した結果である。この展示会では前日までに入場時間帯を予約できるほか、予約なしの当日入場も可能である。予約が FP、当日客が SB に相当する。運営者が Twitter で待ち時間を発信しており（Figure 1 実線）、そのデータを利用した例である（Figure 1 ▲：シミュレーションによる再現、■：提案手法）。Twitter の発信時刻が不定期であること、入場人数が非公開であることからシミュレーションの再現性が悪いが、その点を考慮しても待ち時間を短くできることが明らかである。

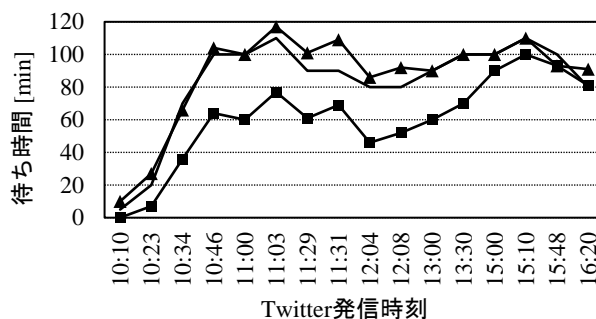


Figure 1 展示会への適用事例

## 3. 提案手法の数値による解析

想像が容易な高級食パン専門店を説明する。

【仮定】(1) 店舗の条件 (Figure 2 参照) : 1 回に焼きあがる個数は毎回  $\beta$  個であり 1 日に  $n$  回焼く。予約なしで当日に並んで購入可能な食パンの数は  $\alpha$  個であり、前日までに予約できるパンの数は 1 回ごとに  $(\beta - \alpha)$  個である ( $\alpha \leq \beta$ )。既存システムでは  $\alpha$  は一定値 (固定値) である。客 1 名につき 1 個購入、事前予約および当日販売ともに完売とする。販売処理は予約客専用と予約なしの当日客専用とそれぞれ独立 (各販売窓口) とする。

(2) 予約なしの当日客について: 説明をわかりやすくするために、当日購入のすべての客は開店時刻に到着して並ぶものとする。ただし、既存システムと提案手法の差を検討するものであるから、客の到着は購入できる焼きあがりの回で、既存システムと提案手法で早い方の回以前に店に到着していればよい。

(3) 単位時間について: 待ち時間の単位時間を  $k$  ( $1 \leq k \leq n$ , Figure 2 参照) とし、サービス時間は各販売窓口において販売するパンの個数と同じとする。また、客を  $k$  回目ごとに一度に処理するものとする。

【提案手法】1 日の予約数と予約なしの当日販売数のそれぞれの合計が同じになることを条件として、 $\alpha$  を比例関数 (傾きは設計値であり  $\gamma > 0$  とおく) で

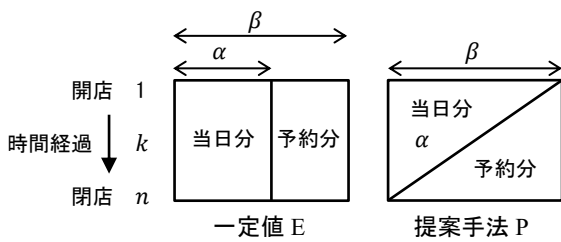


Figure 2 システムの概要

与える。事前予約の販売数が一定値である既存システムを E, 提案手法を P として各関係式を次に示す。

(1)  $k$ 回の予約外の当日（以下、当日）販売数

E :  $\alpha$   
P :  $\beta - \gamma(k - 1)$

(2) 1回～ $k$ 回の当日販売数合計

E :  $\alpha k$  (1)  
P :  $k\{\beta + \gamma - (1/2)\gamma(k + 1)\}$  (2)

E と P の各 1 日あたりの予約販売数と当日販売数を同数とするから、式(1)=式(2)および  $k = n$  より

$\alpha = \beta - (1/2)\gamma(n - 1)$  (3)

(3)  $k$ 回における当日購入者の待ち時間

E :  $\alpha(k - 1)$   
P :  $(k - 1)\{\beta - \gamma(k - 1)\}$

導出を Table 1,2 に示す簡単な例で説明する。 $\alpha = 3, \beta = 5, \gamma = 1, n = 5$  とする。Table の太字斜体の数値は当日客をあらわし、A は時刻  $k$  回終了時点の当日購入待ちの残りの客数、B は  $k$  回時に購入できた当日客の購入までの合計待ち時間である。Table 2 の C の例で説明すると、客 10,11,12 は  $k = 3$  の時点で購入でき、待ち時間は各 2 より 3 名合計で B=6 となる。 $k = 3$  終了時点で未購入の客は 13,14,15 の 3 名で A=3 である。Table 1 の待ち時間合計は 30, Table 2 では同 20 より提案手法の方が待ち時間の合計が短い。

(4) 1回～ $k$ 回における当日購入者の待ち時間の合計 (3) に示した数列の和となる。

E :  $\alpha \sum_{j=1}^{j=k} (j - 1) = (1/2)\alpha k(k - 1)$  式(3)を代入  
 $= (1/2)\{\beta - (1/2)\gamma(n - 1)\}k(k - 1)$  (4)

P :  $(1/6)k\{-2\gamma k + 3\beta + 3\gamma\}k - 3\beta - \gamma$  (5)

(5) 待ち時間の合計差

$d \triangleq$  式(4) - 式(5)  
 $= (1/12)k\gamma(-4k^2 + 3k + 3kn - 3n + 1)$

$d > 0$  となる  $k$  の範囲は

$k > (1/4)(3n - 1)$  (6)

であり、すなわち、式(6)を満足する  $k$  回以後は提案手法の方が待ち時間が短くなる。Table 2 の場合は式(6)より  $k > 3.5$  であり、 $k = 4$  で B 累計（待ち時間の合計）が逆転する。

Table 1 既存システム

$k$	$\alpha = 3, \beta = 5$			A	B	B 累計
1	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	12	0	0
2	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	9	3	3
3	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	6	6	9
4	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	3	9	18
5	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	0	12	<b>30</b>

Table 2 提案手法

$k$	$\gamma = 1, \beta = 5$					A	B	B 累計
1	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	10	0	0
2	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>		6	4	4
<b>C 3</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>			3	6	10
4	<b>13</b>	<b>14</b>				1	6	16
5	<b>15</b>					0	4	<b>20</b>

4. 数値例

$\alpha = 11, \beta = 21, \gamma = 1, n = 21$  の数値例を示す。式(6)より  $k > 15.5, k = 16$  から提案手法の効果がある。

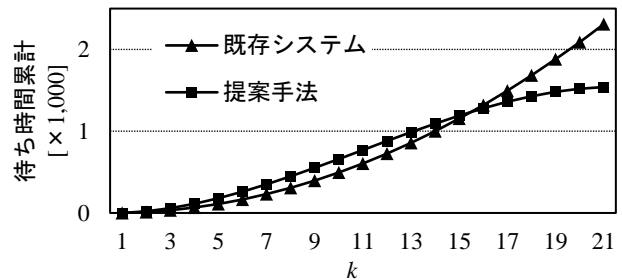


Figure 3 待ち時間累計の比較

5. おわりに

提案手法は簡単なアイデアであるが、従来研究はなく、待ち時間を顕著に短くできる効果がある。本稿において数列を用いてその効果の根拠を示した。予約数が 1 日の早い時間帯は少なくなるが、現実を観察すると昼過ぎから夕方にかけての予約が早くに完売となり、また、予約者は販売数がわからないこと、予約ができれば満足なことから提案手法の適用に問題はないと考える。

文献

[1] 坂本：テーマパークの優先入場について，日本オペレーションズ・リサーチ学会，2020 年春季研究会予稿集，1-E-7，pp 108-109，2020  
[2] 坂本：数列モデルによるテーマパーク優先入場の解析，2020 年電子情報通信学会ソサイエティ大会，A-10-15，pp 70，2020  
[3] N.Sakamoto：Reducing nonpriority queues at theme parks, Journal of Hospitality and Tourism Insights, Emerald Publishing Limited, 23 September 2020  
<https://doi.org/10.1108/JHTI-02-2020-0023>