

# 人の心を巧みに操る価格マジック

蓮池 隆

人気店・施設で、人は行列を作ってモノを買い求めたり、飲食などのサービスを受けたりしている。その店・施設で提供されるモノやサービスが優れているから行列ができるのだが、一方で客の殺到を抑えるために、適切な価格を設定することも重要である。また店・施設を安定して運営するためには、新規客の獲得と、リピーターの強化が必要となる。本稿では、特に価格設定の観点から、人の心や行動を巧みに操る技術の一端を、高校生が理解でき、しかも簡単な値や関数の変更でさまざまな状況を実践できる数理科学的手法により、価格マジックの種を明かす。

キーワード：価格決定、サービスと価格、待ちの心理、最適化

## 1. はじめに

日常生活で、次にすべき行動や選択を“しっかり”と決めて実行するためには、『何を目的として行動・選択するのか』を設定し、その目的の達成のために『現時点で何を決めなければならないのか』といった決定すべきことをはっきりとさせ、『現状ではどのような条件・制約が存在しているのか』を把握することが重要である。そして、人を最善の行動や選択へ導く科学的な方法が、まさにオペレーションズ・リサーチ（以下 OR と表記）そのものである。

本稿では、OR を用いた意思決定の一例として、高校生の皆さんにも身近な『価格』にまつわる話題を提供しよう。明日どんなお弁当を買おうか、新しく買う服はどれにしようか、卒業旅行でどこに行こうか。あらゆる場面で人は、実物と価格のバランスを考慮しながら、購入するかしないかの選択を日常的に行っている。ここでは、テーマパークの入場料の設定を中心に、人の行動や選択が価格によりうまく操られている価格マジックを示したい。高度な手法を用いなくてもマジックの種明かしは可能であり、身近で興味深い話題の裏側を読み取ってもらえれば幸いである。

## 2. 価格変動で人の行動を操る

子供も大人も、誰もが日常を忘れて、楽しく遊べる場所こそ、大型テーマパークである。2014 年度、日本の二大テーマパークである東京ディズニーリゾート [1] とユニバーサル・スタジオ・ジャパン [2] において、年間入園者数が開園以来の過去最高となった。これを基

に架空のテーマパーク ORJ について、以下の問題を考えてみよう。

### テーマパーク入場料設定問題

高校生の X 君はある日、次のようなニュース記事を読んだ。「テーマパーク ORJ の今年度の来場者数は開園以来最大となる見込みである。」X 君は「新しいアトラクションがかなり面白いようだ。これだけの人が来場すれば、経営もうまくいっているはずだ。ORJ の経営戦略を知りたい」と感じ、ORJ の運営や経営方針に興味をもち始めた。翌月、このテーマパーク ORJ に関する次の記事が出てきた。「ORJ は来年度から入場料を 1,000 円値上げすることを決定した。」X 君は「先月来場者数が開園以来最大とニュースに出ていたのに、なぜ値上げするのだろうか。新しいアトラクションの建設費用が想像以上に大きく、来場者数が増えても利益が大きくならなかったのだろうか。」

確かにテーマパークのような大型施設に新しいアトラクションを建設するには多額の費用がかかるため、建設すべきかどうかを決定することはテーマパークを経営するうえで、重要な問題の一つである。ちなみに OR において、「現時点多額のお金を、新しいモノやサービスに投入すべきか」を考える研究や、「建物や施設をどこに設置すればよいか」を決める研究はそれぞれ、リアルオプションや資金運用、施設配置問題といった用語がキーワードになるが、興味のある方は、ぜひ OR 事典 Wiki [3] を参考にして、次へのステップとしていただきたい。

一方、建設費用とは異なった観点から、経営者が値上げを決定する場合もある。本稿では特に『アトラクションの満足度』と『行列で待つイライラ感』に着目

はすいけ たかし  
早稲田大学理工学術院創造理工学部  
〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

する。テーマパークの議論を始める前に、もう一つ身近な例により、「なぜ人気なのに値上げするのか」の要点を考えていこう。

### レストランと待ち時間問題

休日の楽しいデート中、ランチをどこで食べようかとお店を探していると、長い行列を作るレストランを発見した。スマートフォンで調べると美味しいと評判のお店である。一度食べてみたいと思う反面、現在の待ち時間を見ると2時間待ちである。2時間待って食べるか、それとも他のお店で食べるか。

ORの一研究分野として、『待ち行列』が多くの研究者により幅広くかつ深く研究されており、本号の特集内でも井家先生らにより話題が掲載されている[4]。詳しい内容はそちらをご覧ください。本稿では待つことへのイライラ感と料理の美味しさとの関係に着目する。行列の待ち時間をどこまで許容できるかは、それぞれの人で異なり、その店で提供される料理の質にも影響される。提供される料理が格別に美味しいことがわかっていれば2時間待っても食べる人がいれば、待つことが大の苦手な15分以上待つと、たとえ美味しい料理を食べたとしても、全く満足できない人もいるだろう。さらに美味しさと待ち時間だけでなく、人は料理の価格も考慮して店を選択していることは言うまでもない。もちろん美味しさと待ち時間が同じであれば、価格の安い店を選択するであろうし、多少美味しくなくても価格が安ければ、待ち時間が長いことも厭わない人も多いかもしれない。このように、店の選択には、『美味しさ』と『待つことへのイライラ感』と『価格』が要点となる。この『美味しさ』の部分、『アトラクションの満足度』に置き換えれば、テーマパーク ORJ にも適用できることは、容易に想像できるだろう。

それでは、イライラ感を作り出す行列を短くするためにはどうすればよいだろうか。美味しさを劣化させてまで客を減らそうとはまず思わない。サービス時間(たとえば、レストランで注文を受けてから料理を出し、食べて店を出るまでの時間)の変更も難しいため、待っている人数が同じ状況で待ち時間を減らすことは困難である。よって最も簡単な方法が『価格』を上げることである。現在1,000円の料理が、10倍の10,000円に価格が上がったとすればどうであろうか。「この量で10,000円? 確かに美味しいかもしれないけど、高すぎる」と敬遠することで客数が減り、行列で待つ人

数も減ることは明らかである。特にまだその店で食べたことがない人にとっては、実際の味を知らない以上、10,000円の値段に着目して、真っ先に敬遠することが多いだろう。価格上昇により、客数が1/10になったとすればどうであろうか。1,000円の時も10,000円の時も総売上金額は同じである。また、10,000円でも熱狂的なりピーター(何度も食べに通う客)であれば、行列で並ぶストレスも少なくなり、ゆっくり料理を楽しむということで、満足度がかえって高まるかもしれない。つまり重要なことは、『新規の客を呼び込むための価格』と『リピーターの満足度をできるだけ減少させない価格』のバランスをとり、売上を最大にする価格設定を行うことである。

テーマパーク ORJ でも同じことが言える。人の価格に関する満足度の変化はどうであろうか。また、人はイライラ感を抑えつつどのくらい待てるのであろうか。つまり「価格を安くすれば人が集まり行列が長くなる」、「価格を上げれば人は少なくなるが価格の魅力がなくなる」といった二つの相反する状況の下で、価格を決める必要がある。特にテーマパークのように、何十年も同じ場所で営業する施設においては、新規客はもちろんのこと、何度も来てくれるリピーターを増やすことが経営を安定させるうえで最も重要である。それでは実際に次節で、ORによる最適な価格の設定を、手順を踏んで考えていこう。高度な数学的知識を用いなくても、高校生が持ちうる数学的知識で、テーマパークの入場料設定に必要な状況を表現でき、また簡単な計算の結果を考察するだけでも、価格設定の妙味を感じることができるだろう。

### 3. 数理科学的に解決する

本稿の冒頭に記したように、重要なことは目的の設定と、取り巻く状況の把握である。ここでの目的は『テーマパークの売上を最大にする』ことであり、それを達成するための『入場料を適切に設定する』ことである。売上は(入場料)×(来場者数)であることから、これを数式として表現できれば、売上が最大となる入場料を決定することが可能となる。なお、ここでは入場料でテーマパーク ORJ のアトラクションすべてを利用できるという前提を置く。このように問題の設定や前提を置くことは、問題を解くうえでも、得られた答えを考察するうえでも重要である。もちろん本稿の前提以外にもさまざまな状況、たとえば、アトラクションごとの追加料金を支払う必要がある場合も考えることができるが、それは皆さんの将来の考察テーマとし

て残しておこう。

次に、問題を取り巻く状況を考えよう。OR によって最善案を導くためには、状況を数理モデルで表現し、また存在する条件を数式により表現することが必要である。もちろん、テーマパークにおけるありとあらゆる状況を考慮できればよいが、問題が複雑になり数学的に解きたくても解けない可能性が生じる。さらに価格を決めることに対して、何が大きく影響を与えるのかという視点がぼやけてしまう。本稿では、①価格による来場者数の変化と、②来場者数の増加に伴い、待ち時間が長くなることによるリピーター数の変化、の 2 点に着目した状況設定で考える。

まずは、ある月（開園  $n$  カ月目）において、テーマパーク ORJ の来場客となりうる人をいくつかのグループ（集合）に分けると、「ORJ に一度も行ったことがない人（新規客層）」と、「一度でも行ったことがある人」に大きく分けられるだろう。ここで ORJ に行ったことがない人のグループを  $S_0$  とする。

さらに、一度でも ORJ に行ったことがある人を、もう少し細かく分けてみよう。ここで、どの人でも 1 カ月で ORJ に行く回数は最大でも 1 回という前提を置く。すると、「その月に ORJ に行った人」と、行かなかった人に分けられ、さらに、行かなかった人には、「行きたくても行けなかった人」と、「もうしばらく行かなくてもよいと考える人」に分けられるだろう。これら三つのグループをそれぞれ、

**S1**：その月に ORJ へ行った人

**S2**：その月に ORJ へ行きたかったが行けなかった人

**S3**：しばらく行かなくてもよいと考える人

とする。もちろん、これ以上に細かくグループ分けを行ってもかまわない。本稿はリピーター層の動向に着目し、リピーターといっても毎月行けない可能性があることを考慮してグループを作成しているが、皆さんが着目する内容によって、グループの中身やグループ数をうまく設定してみるとよいだろう。

次に翌月（開園  $n+1$  カ月目）のことを考えてみよう。今月グループ  $S_0$  にいた人は、翌月も ORJ へ行かない人（つまり、グループ  $S_0$  にとどまる人）か、翌月は ORJ へ行く（つまり、グループ  $S_1$  への仲間入りをする人）かのどちらかに当てはまるはずである。このように、今月グループ  $S_0$  にいた人が翌月グループ  $S_1$  の仲間入りをするを  $S_0 \rightarrow S_1$  のように矢線で表現する。もちろん翌月も  $S_0$  にとどまることも  $S_0 \rightarrow S_0$  で表現できる。グループ  $S_1$  については、翌月も ORJ に行く人 ( $S_1 \rightarrow S_1$ )、翌月も行きたいが行け

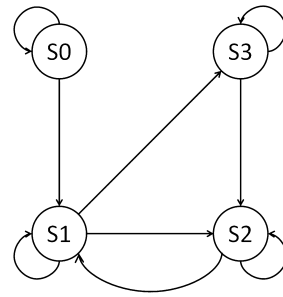


図 1 4 グループの関係性のグラフ表現

ない人 ( $S_1 \rightarrow S_2$ )、もしくはもうしばらく行かなくてもよいと考える人 ( $S_1 \rightarrow S_3$ ) のいずれかになるはずである。グループ  $S_2$  や  $S_3$  でも同様に考え、グループ間の関係性のみを取り出して図示したものが図 1 である。（図 1 のような表現方法をグラフ表現と呼ぶ。）

それぞれのグループからどのくらいの人が移動するかは入場料の価格、行列の要因となる来場者数と新しいアトラクションの開設で変化するものとする。こういったグループ間での移動を「数学の行列」で表わすとわかりやすい。

$$\begin{pmatrix} r_{00} & r_{01} & 0 & 0 \\ 0 & r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ 0 & r_{21} & r_{22} & 0 \\ 0 & 0 & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (1)$$

たとえば、 $r_{12}$  は今月 ORJ に行った人の中で、翌月には ORJ に行きたいが行けない人の割合を表わしている。よって、ORJ の開園  $n$  カ月目の各グループの人数を  $(x_0^{(n)}, x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, x_3^{(n)})$  とすると、翌月の人数は以下の関係式で表現できる。

$$\begin{cases} x_0^{(n+1)} = r_{00}x_0^{(n)} \\ x_1^{(n+1)} = r_{01}x_0^{(n)} + r_{11}x_1^{(n)} + r_{21}x_2^{(n)} \\ x_2^{(n+1)} = r_{12}x_1^{(n)} + r_{22}x_2^{(n)} + r_{32}x_3^{(n)} \\ x_3^{(n+1)} = r_{13}x_1^{(n)} + r_{33}x_3^{(n)} \end{cases} \quad (2)$$

これは、 $(x_0^{(n)}, x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, x_3^{(n)})$  と「数学の行列 (1)」の積を計算したものと同じであることがわかるだろう。この関係式 (2) より、入場料を  $p$  とすると、テーマパーク ORJ の利益は

$$px_1^{(n+1)} = p(r_{01}x_0^{(n)} + r_{11}x_1^{(n)} + r_{21}x_2^{(n)}) \quad (3)$$

となり、これが最大となるような価格  $p$  を求めればよいのである。

ここから重要になってくるのは、それぞれの移動割合  $r_{ij}$  である。特に本稿では、価格による移動割合の

変化を考慮しているため、 $r_{ij} = f_{ij}(p)$  というような  $p$  の関数  $f_{ij}(p)$  でそれぞれを表現できる。この関数  $f_{ij}(p)$  をさまざまに変化させることで、多様な分析を行うことが可能になる。この節では基本的な解析を行うため、 $f_{ij}(p)$  を 1 次関数、つまり各移動割合に関して、 $f_{ij}(p) = \bar{r}_{ij} + d_{ij}p$  と設定できる状況を考える。すると売上式 (3) は

$$\begin{aligned} & p \left( (\bar{r}_{01} + d_{01}p) x_0^{(n)} + (\bar{r}_{11} + d_{11}p) x_1^{(n)} \right. \\ & \quad \left. + (\bar{r}_{21} + d_{21}p) x_2^{(n)} \right) \\ & = (d_{01}x_0^{(n)} + d_{11}x_1^{(n)} + d_{21}x_2^{(n)}) p^2 \\ & \quad + (\bar{r}_{01}x_0^{(n)} + \bar{r}_{11}x_1^{(n)} + \bar{r}_{21}x_2^{(n)}) p \end{aligned} \quad (4)$$

と書きなおすことができる。式 (4) を見ると、 $p^2$  や  $p$  の係数は最初に設定される定数なので、式 (4) は  $p$  に関する 2 次関数になる。さらに、 $(d_{01}x_0^{(n)} + d_{11}x_1^{(n)} + d_{21}x_2^{(n)})$  の部分をよく考えてみると、 $r_{01}$  は一般的に値段が上がれば新規客層への移動は減少傾向となるため  $d_{01} < 0$ 、 $r_{11}$  は値段が上がれば財布の中身がさびしくなり、リピーターと言えども毎月行ける人は通常少なくなるため  $d_{11} < 0$  と設定できる。一方で、おこづかいも貯まり、ぜひ翌月行きたいリピーター層からの移動割合  $r_{21}$  に関しては、入場料と来場客数（つまりは待ち時間）のバランスを見て判断されるため、入場料が高いからといって一概に、 $d_{21} < 0$  とは言えない。よって以下では、 $d_{21} < 0$  と  $d_{21} > 0$  のそれぞれの場合で、売上が最大となる入場料の結果を確認していこう。

ここからの数値例では、価格の単位を (千円/人)、人の単位を (万人) とする。つまり  $p = 5$  ならば、入場料は 5,000 円を意味する。また  $0 \leq p \leq 10$  で考える。ある  $n$  カ月目の各グループの人数が  $(x_0^{(n)}, x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, x_3^{(n)}) = (30, 10, 20, 50)$  だった場合、まずは  $d_{21} < 0$ 、つまりリピーター層が待ち時間よりも価格を重視する場合において、「数学の行列 (1)」を次の値で考えてみよう。

$$\begin{pmatrix} 0.2+0.06p & 0.8-0.06p & 0 & 0 \\ 0 & 0.2-0.02p & 0.5-0.04p & 0.3+0.06p \\ 0 & 0.5-0.02p & 0.5+0.02p & 0 \\ 0 & 0 & 0.1-0.01p & 0.9+0.01p \end{pmatrix} \quad (5)$$

ただし、移動割合設定の際には、行ごとの要素の和 = 1 で設定すること、つまり、2 行目であれば、 $r_{11} + r_{12} + r_{13} = 1$  となるように設定する。このとき売上式 (4) はそれぞれの値を代入して

$$-2.4p^2 + 36p = -2.4(p - 7.5)^2 + 135$$

となり、売上が最大となる入場料が 7,500 円、そのときの売上が 135 (千円/人 × 万人) = 13.5 億円となる。次に、 $d_{21} > 0$ 、つまりリピーター層において、多少入場料が高くても、待ち時間減少を重視する場合を考えてみよう。ここでは、先ほど「数学の行列 (5)」で  $r_{21} = 0.5 - 0.02p$  と設定した部分を、 $r_{21} = 0.5 + 0.005p$ 、 $r_{22} = 0.5 - 0.005p$  と設定し直し計算すると、売上式 (4) は、

$$-1.9p^2 + 36p = -1.9 \left( p - \frac{36}{3.8} \right)^2 + \frac{36^2}{7.6}$$

となり、売上が最大となる入場料が 9,500 円弱、そのときの売上が約 17 億円となる。この二つの簡単な例から、もしテーマパーク側が、「入場料の値上げによって行列の待ち時間が減少し、待つことへのイライラ感が少なくなる。そしてリピーター層の来場割合が増え、利益を維持できる」と現状分析をすれば、高額な入場料に値上げすることもありうるのである。

しかし、少し異なった視点で考えてみると、(2) 式より  $n + 1$  カ月目の各グループの人数は、「数学の行列 (5)」を用いて考えると、 $p = 7.5$  のとき  $(x_1^{(n+1)}, x_2^{(n+1)}) = (18, 16.25)$ 、 $p = 9.5$  のとき  $(x_1^{(n+1)}, x_2^{(n+1)}) = (17.95, 10.5)$  となり、 $p = 9.5$  におけるリピーター層の人数が大きく減少してしまっていることがわかる。よって、一時的には売上が上がるかもしれないが、高い入場料の状態でいくと、何カ月か先には逆に売上が落ち込んでしまう可能性もあることが考察できるはずである。よって、本来は何カ月も先のこと、つまり多期間を考えながら、入場料の意思決定をする必要がある。たとえば本節の数値例を用いて、 $N$  カ月間の売上なら  $p$  に関する  $N + 1$  次関数となる (皆さんで確かめてください)。2 次関数のような平方完成や、単純に微分するだけでは解けないが、数値計算法を組み合わせると、 $N$  カ月間の売上が最大となるような入場料も決定できるであろう。

#### 4. 不完全で疑問があるから研究は進む

前節の数値例でもわかるように、本稿で紹介したモデルには不完全な部分がたくさんある。節末に示したように、多期間を考える必要があるのはもちろんである。さらに、移動割合の関数は 1 次関数でよいのか、もっと現状にあった関数を適用したほうがよいのでは

ないか、また1次関数であったとしても、切片や傾きを適切に決めるにはどうしたらよいか、といった「数学の行列(1)」の設定に関する疑問が出てくることは当然である。さらに、新規客層には毎月一定数の流入があるのではないか、といった設定自体の拡張も考えられる。いずれもが重要な視点であり、日々の何気ない行動や選択に対し疑問をもち、どうしてそうなるのかを考える意欲が大切で、研究への第一歩となるのである。

また話は少し変わるが、価格設定に関しては、他にも興味深い問題が多く存在している。「毎月バーゲンをやっている店では、バーゲン以外のときはほとんど誰も買わないことになりそうだが、それでもいいのだろうか。」「近隣にある同業種の店で、過激な値引き競争

をやっているが、どちらの店も大丈夫なんだろうか。」いずれも普段街中で目にする光景であり、種が明かされると納得できる内容かもしれない。

本号の特集記事すべてで、もしくはある一つの記事でもよいが、ORって面白い、わくわくするような感覚になってくれたとすれば、皆さんの心を操るORマジックは大成功である。ORマジックの種明かしを知りたい方は、ぜひORの世界へ飛び込んでみよう！

#### 参考文献

- [1] オリエンタルランドグループ, <http://www.olc.co.jp/>
- [2] 株式会社ユー・エス・ジェイ, <http://www.usj.co.jp/>
- [3] OR 事典 Wiki, <http://www.orsj.or.jp/~wiki/wiki/>
- [4] 井家敦, 岸康人, 佐久間大, “表計算ソフトで待ち行列を再現してみよう,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **60**, pp. 526–531, 2015.