

# テーマパーク問題における合意形成のゲーム理論的分析

古川 翔太<sup>†</sup>辻 順平<sup>†</sup>能登 正人<sup>†</sup>神奈川大学工学部電気電子情報工学科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

テーマパーク問題は、来場者の各アトラクションへの訪問スケジュールを調整し混雑を低減しつつ、全体の満足度を最大化する問題である [1]。テーマパーク問題において、来場者は個々で行動することが前提だが、実際のテーマパークにおける来場者は集団で行動することが多い。集団の意思決定の背後には、個々の来場者の価値観のすり合わせによる合意形成があり、かつテーマパーク問題においては、合意形成がテーマパーク全体の集団と相互作用し、より複雑となる。

本研究では、以上の複雑な相互作用を簡便に分析するために「合意形成型マイノリティゲーム」を提案する。合意形成型マイノリティゲームにおいては、来場者の得られる報酬と混雑にともなう待ち時間を、効用関数としてひとまとめに表現する。これによってテーマパーク問題の限定された部分問題として定義する。また、合意形成型マイノリティゲームにおいて、合理的な主体である集団が、テーマパーク全体の相互作用を受けてどのような均衡解を実現するかについて明らかにする。

## 2 合意形成型マイノリティゲーム

### 2.1 概要

合意形成型マイノリティゲームは来場者個人・集団・テーマパーク全体によって構成される。アトラクションは複数存在し、来場者個人はそれぞれに訪問することで報酬を得る。アトラクションへの訪問者数が増加することにより混雑が発生する。混雑によってアトラクションの待ち時間およびサービス時間は増加するため、来場者の効用は減少する。

来場者個人には、マジョリティとマイノリティという立場の異なる 2 種類のエージェントが存在し、それぞれアトラクションの訪問により得る報酬が異なる。一

方で、集団は合理的な戦略に基づいて 1 つの行動を決定するが、通常マイノリティの利益は考慮されない。

しかしながら、テーマパーク全体で考えたときに、マジョリティによって決定された集団同士の戦略が衝突して、互いに利益を損なう状況が発生する。このような状況においては、全体の利益を考慮してマジョリティの利益に反する戦略をとったほうが、個々の集団にとって合理的である場合もあり、結果として、マイノリティを考慮した戦略が実現される可能性がある。

### 2.2 定義

合意形成型マイノリティゲームを以下に定義する。

#### アトラクションの定義

テーマパークには、マジョリティに人気なアトラクション  $a$  と、マイノリティに人気なアトラクション  $b$  の 2 つが存在する。

#### 来場者個人の定義

来場者個人には、 $a, b$  どちらか一方に訪問しそのまま退場する簡単なシナリオを想定する。来場者個人の行動は、訪問するアトラクションを決定することであり、行動  $x$  に対する来場者個人  $i$  の報酬  $r_i$  は式 (1) で定義される。

$$r_i(x) = \begin{cases} r_{maj} & (i \text{ がマジョリティかつ } x = a) \\ 0 & (i \text{ がマジョリティかつ } x = b) \\ 0 & (i \text{ がマイノリティかつ } x = a) \\ r_{min} & (i \text{ がマイノリティかつ } x = b) \end{cases} \quad (1)$$

$x_i$  を  $i$  の行動、 $x_{-i}$  を  $i$  以外の行動の組として、 $n(x_i, x_{-i})$  を  $x_i$  を訪問する来場者個人の数とする。来場者個人  $i$  の効用関数  $u_i$  は式 (2) で定義する。

$$u_i(x_i, x_{-i}) = r_i(x_i) - n(x_i, x_{-i}) \quad (2)$$

#### 集団の定義

集団は  $A, B$  の 2 つ存在し、来場者の集合  $G_A, G_B$  として定義する。 $G_A, G_B$  に属するマジョリティの人数を  $N^{maj}$ 、マイノリティの人数を  $N^{min}$  とする。

来場者個人は集団の行動に従う。すなわち、集団  $G_j$  の行動を  $X_j$  としたとき、 $G_j$  に属する来場者はみな同じ行動  $X_j$  をとる。集団  $G_j$  の報酬  $R_j$  と効用関数  $U_j$

は式 (3), 式 (4) で定義する.

$$R_j(X_j) = \sum_{i \in G_j} r_i(X_j) \quad (3)$$

$$U_j(X_j, X_{-j}) = \sum_{i \in G_j} u_i(X_j, X_{-j}) \quad (4)$$

$\mathbf{X} = (X_A, X_B)$  を集団の行動の組としたとき, テーマパーク全体の効用の総和  $U$  は式 (5) で定義する.

$$U(\mathbf{X}) = U_A(X_A, X_B) + U_B(X_B, X_A) \quad (5)$$

集団  $G_j$  は効用に基づいて合理的な決定を行うゲームの主体であるが, その戦略は以下の2つが考えられる. 1つは「集団の効用  $R_j(X)$  が最大化する行動  $X$  を選ぶ戦略  $S_1$ 」, もう1つは「テーマパーク全体の効用の総和  $U(\mathbf{X})$  が最大化する行動の組  $\mathbf{X}$  を実現する行動  $X_j$  を選ぶ戦略  $S_2$ 」である.

ここまで述べた数式及び戦略を用いて, 集団が互いに合理的な戦略, つまり最適応答戦略をとったときに選ばれる行動がナッシュ均衡である.

### 3 結果と考察

マジョリティとマイノリティの利得の与え方, すなわち  $r_{maj}, r_{min}$  の値に応じて, どのようなナッシュ均衡解が実現するかを分析したい.  $r_{maj}, r_{min}$  におけるナッシュ均衡解の集合を  $Nash(r_{maj}, r_{min})$  で定義する.

ナッシュ均衡解の組は式 (6) の5通りが考えられ, それぞれ対応する色を割り当てて図示する.

$$Nash(r_{maj}, r_{min}) = \begin{cases} \{(S_1, S_1)\} \rightarrow \text{青色} \\ \{(S_1, S_1), (S_1, S_2), (S_2, S_1)\} \rightarrow \text{水色} \\ \{(S_1, S_2), (S_2, S_1)\} \rightarrow \text{緑色} \\ \{(S_1, S_2), (S_2, S_1), (S_1, S_1)\} \rightarrow \text{黄色} \\ \{(S_2, S_2)\} \rightarrow \text{赤色} \end{cases} \quad (6)$$

マジョリティの人数が2, マイノリティの人数が1のときのナッシュ均衡解の分布を図1左に, マジョリティの人数が4, マイノリティの人数が1のときの分布を図1右に, マジョリティの人数が3, マイノリティの人数が2のときの分布を図2に示す. それぞれの図において横軸は  $r_{maj}$ , 縦軸は  $r_{min}$  の値を表している.

マイノリティの報酬がマジョリティの報酬と比べて大きいとき, つまり式 (7) が成り立つとき, 明らかに集団はマイノリティの選好を優先する行動をとる.

$$N^{min} r_{min} > N^{maj} r_{maj} \quad (7)$$

以上の条件においては, 各集団が互いにテーマパーク全体の効用関数を最大化する戦略の組  $(S_2, S_2)$  を選ぶことになり, 結果として図1・図2においても該当箇所が赤色となっている.

所が赤色となっている.

注目すべきは緑色の箇所である. このケースにおいては, 各集団が互いに戦略  $S_1, S_2$  という相補的な戦略をとる組がナッシュ均衡解となっている. すなわち, 一方の  $S_2$  を選択した集団においては, マジョリティの選好を優先して  $S_1$  を選択するより,  $(S_1, S_1)$  の衝突を避けた方が合理的であるという合意形成を行ったといえる. 結果として  $S_2$  を選んだ集団はマイノリティを優先する行動を実現している. このような解が存在することを, 本実験は示している.

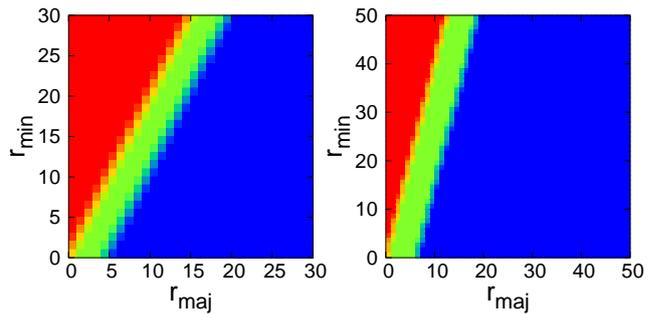


図1: マジョリティとマイノリティの報酬の与え方と実現されるナッシュ均衡解の関係  
マジョリティ, マイノリティの人数が2,1のとき(左)  
マジョリティ, マイノリティの人数が4,1のとき(右)

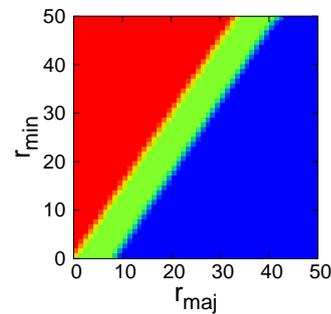


図2: マジョリティとマイノリティの報酬の与え方と実現されるナッシュ均衡解の関係  
マジョリティ, マイノリティの人数が3,2のとき

### 4 おわりに

合理的形成型マイノリティゲームの分析を通して, 個人合理的な戦略をとる集団が, テーマパーク全体の利益を鑑みて, マイノリティの選好を優先する戦略をとりうるという興味深い結果が明らかになった.

### 参考文献

[1] Kawamura, H., Kurumatani, K. and Ohuchi, A.: Modeling of Theme Park Problem with Multi-agent for Mass User Support, *Multi-agent for Mass User Support*, pp. 48-69 (2004).