

【レフリー原著・研究論文 (BMA 論文区分)

## エージェントシミュレーションによるプラットフォームビジネスの有効性検証 ～ 宿泊仲介プラットフォームの利用料設定について ～

井上祐樹<sup>1</sup> 竹中毅<sup>1</sup> 車谷浩一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所 人間情報研究部門

### 論文要旨

我々は、プラットフォーム市場におけるビジネスモデルの有効性を予測する手段を開発することを目指している。本稿では宿泊プラットフォーム市場における利用料設定に焦点を当て、エージェントシミュレーションを活用したアプローチを試みた。網羅的なシミュレーションの結果、現実に行われている宿泊プラットフォームの利用料設定の傾向と合致する結果がシミュレーションでも確認された。このように、プラットフォーム市場のビジネスモデルの有効性の検証に、エージェントシミュレーションの方法が有効であることが示唆された。

**キーワード** : 宿泊市場, プラットフォームエコシステム, 二面性市場, 利用料設定

### **Agent-based simulation approach to evaluate platform business models Fee settings of travel agent platforms**

Yuki Inoue<sup>1</sup> Takeshi Takanaka<sup>1</sup> Koichi Kurumatani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Human Information Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

We aim to develop methods to assess efficacy of business model of platform business. Recently, many types of platform business grow. These platforms include various types of participants, and the platform ecosystems emerge. The platform ecosystems have complexity in terms of interactions among participants. This complexity makes it difficult to expect efficacy of platform business in advance. We use agent-based simulation approach to simulate transactions on the markets of travel agent platform. This study focuses on platform fee settings as a part of business models. We examine comprehensively relationship between fee setting patterns and evaluation indicators for the platform ecosystem development. Our simulation results suggest that specific transaction fee setting pattern enhance the platform ecosystem development, where the platform provider charges transaction fee for service providers and sets incentive for consumers. The fee setting pattern obtained from the simulation is similar to that of real travel agent platform business. Agent-based simulation approach, therefore, can become adequate methods to predict efficacy of business models of platform business. Future research includes developing our methods to evaluate various types of business model in advance.

Keyword: Accommodation sector, platform ecosystem, two-sided market, pricing of platform

## 1. イントロダクション

### 1.1 プラットフォームビジネスとエコシステム

近年の情報通信技術の発展により、プラットフォームビジネスが大きく発展してきている。プラットフォームビジネスには様々なプラットフォームの形態が存在しているが、本研究で扱うプラットフォームは、「製品・サービスを提供する多数の事業者と多数の消費者を結びつけるシステム」と定義する。例えば、製品を仲介するプラットフォームとしては、Amazon や楽天といった電子市場が代表的である。サービスを仲介する例としては、Expedia やじゃらんのような宿泊仲介サービスや、食べログのような飲食仲介サービスが挙げられる。

このようなプラットフォームビジネスの発展に伴って、これらを対象とした研究もまた発展してきている。なかでも近年のプラットフォームの研究者は、プラットフォームエコシステムという観点を確立してきた。プラットフォームエコシステムは、プラットフォームに参加する多様な参加者とその相互作用を、自然界のエコシステムに見立てた観点である。プラットフォームエコシステムにおけるプラットフォームは、補完資産を集積させる役割を持つものとされる(Thomas et al., 2014)。ここでの補完資産とは、製品・サービス・能力等を含む、プラットフォームが製品・サービスとして成り立つために必要なあらゆる資産で、プラットフォーム提供者以外が所有するものを指す。補完資産のうち、主に製品・サービスをプラットフォームに直接提供する事業者は、補完者と呼ばれている(Boudreau and Jeppesen, 2015)。プラットフォームは、補完者が提供する補完財(製品・サービス)の一部を担うシステム・アーキテクチャとしての機能と、補完者と消費者を繋げる仲介者の機能の、二つを持つとされている(Thomas et al., 2014; Gawer, 2014)。また、プラットフォームの仲介機能は、補完者と消費者との間で相互作用を生じさせる。この相互作用は間接ネットワーク効果と呼ばれ、片側の利得が、もう片側の規模に依存することを意味する(Rochet and Tirole, 2006)。間接ネットワーク効果はその特性からプラットフォームの一人勝ちを導く可能性があり、プラットフォーム研究の主要な観点の一つとなっている。

### 1.2 課題と目的

プラットフォームエコシステムの成功は、プラットフォームそのものの成功だけでなく、エコシステム全体が成功したかどうか依存する(Wan et al., 2017)。しかしながら、プラットフォームエコシステムの成功を見据えてビジネスモデルを設計することは、エコシステムの参加者間の相互作用が生み出す複雑性ゆえに困難となる。例えばビデオゲーム市場のようなプラットフォームの導入にスイッチングコストが大きくかかる市場では、初期に優れた補完財(ゲームソフトウェア)と共にプラットフォームを提供し、多くのインストールベース(ゲームプラットフォーム導入者)を獲得する戦略が一般的である(e.g. Inoue and Tsujimoto, 2017; 2018)。一方でいくつかのプラットフォームは、初期に多量のインストールベースの獲得に成功したにもかかわらず、その後の補完者と消費者の相互作用の結果、エコシステムが衰退し、結果的にはプラットフォームエコシステムとしては成功であったとはいえない状況を生み出した(Inoue and Tsujimoto, 2017; 2018)。以上のように、プラットフォームビジネスは重要な市場であると同時に、そこで生じるエコシステムのダイナミクスの複雑さから、ビジネスモデルの有効性を事前に予測することは困難であるといえる。本研究はこの課題に着目し、プラットフォームビジネスのビジネスモデルの有効性を予測するための手段を開発することを、最終的な目標とする。

これまでプラットフォームエコシステムのメカニズム解明を目的とした先行研究はいくつか存在し、その多くは回帰モデルに基づくマクロ的な実証分析か理論研究であった(e.g. Clements and Ohashi, 2005; Zhu and Iansiti, 2012)。しかしながら、これら全体論的アプローチでは、エコシステムの参加者個々の相互作用から生じる相互作用を十分考慮することは困難であると考えられる。一方で、視点をプラットフォーム研究の外に広げると、こ

のような複雑な社会的対象に取り組む方法の一つとして、エージェントシミュレーションのアプローチが存在する。例えば和泉らは、現実的な市場のモデル構築を目指した「人工市場」を研究し、金融市場における価格決定メカニズムについて研究した(和泉, 植田, 2000; 水田, 八木, 和泉, 2012)。Chen らもまた金融市場を着目し、人工的な株式市場を再現している(Chen and Yeh, 2001; Chen and Liao, 2005)。川村らや Kurumatani らは、共通モデルとして利用可能なシミュレーションツールの開発と、実験を任意に組み立てるためのツール群の提供を行い、(川村ら, 2001)、金融市場における市場参加者の戦略と値動きの関係性の分析を行った (Kurumatani et al., 2005)。出口らはより広い着眼的から、国民経済の代数的システムを構築した(出口, 諸井, 2005)。このように、対象や具体的方法は様々であるものの、複雑な社会的現象の研究にエージェントシミュレーションは有用であり、プラットフォームエコシステムもそれに当てはまると我々は考える。

以上の背景から本研究は、エージェントシミュレーションを用いてプラットフォームエコシステムの時間発展系を構築し、そこで設定したプラットフォームのビジネスモデルの効果の検証を試みる。取り組みの第一歩として、本稿では代表的なサービス仲介プラットフォームの一つである、宿泊プラットフォームを扱う。そして、宿泊プラットフォームのビジネスモデルの一部として、補完者(宿泊サービス提供者。以下、サービス提供者と呼称)と消費者への利用料設定に着目する。エージェントシミュレーションの方法を用いて、プラットフォームエコシステムを発展させるための宿泊プラットフォームの適切な利用料設定を検証することを目指す。

## 2. 方法

本稿では以下のようにエージェントのパラメータと意思決定メカニズムを設定し、エージェントシミュレーションによる宿泊プラットフォーム市場の再現を試みる。サービス提供者と消費者への利用料設定を変更した網羅的なシミュレーションを実施し、プラットフォーム市場の発展指標を用いて各利用料設定の有効性を評価する。なお、プラットフォーム間競争は考慮せず、単一のプラットフォームのみが存在する場合を考える。

### 2.1 宿泊プラットフォームについて

宿泊プラットフォームでは、プラットフォームは Web 上のシステム、プラットフォーム提供者はその提供組織となる。サービス提供者は宿泊サービスを消費者に提供する。プラットフォーム提供者はサービス提供者・消費者に利用料を課し利得を得る。サービス提供者は消費者にサービスを提供し、購買されることで利得を得る。消費者は宿泊サービスを利用することで利得を得る。これらの関係を図 1 に示す。

宿泊プラットフォームにおける現実の利用料設定を把握するために、現在の日本の宿泊プラットフォームの利用料を観光経済新聞の調査からまとめた<sup>1</sup>。最新の 2015 年度において掲載されているプラットフォームは 27 種存在した。サービス提供者の利用料について掲載されていたのは 11 種のみであったが、それぞれ手数料として、0%が 1 種、1~5%が 1 種、6~10%が 8 種、11~15%が 1 種となっていた。消費者の利用料については 22 種に記載があり、利用料を課しているプラットフォームは存在せず、インセンティブを与えているプラットフォームがほとんどであった(1 種は直接割引で、21 種がポイント付与形式)。記載があるもののうち、ポイントは 5%以下が 14 種と多く、それより大きい 3 種では最大 20%の付与が存在した(固定ではなく、サービス提供者が自発的にポイント率を操作する設定も存在)。ポイントはサービス提供者負担が定められている場合もあり、その場合には結果的にサービス提供者への利用料が増加する。

このように、現時点の主要なプラットフォームは、サービス提供者に利用料を課し、消費者に援助する形とな

<sup>1</sup> 観光経済新聞, 宿泊予約実態調査, [http://www.kankokeizai.com/site\\_survey/](http://www.kankokeizai.com/site_survey/) (2017/11/15)

っていた。宿泊プラットフォーム市場は、その出現から 20 年以上経過している成熟した市場であるといえ、そのためその利用料設定は、市場の構造や取引のメカニズムに依拠した特定の支配的な設定に落ち着いていると考えられる。そのため、本研究のエージェントシミュレーションから得られる適切な利用料設定は、このような傾向となることが想定される。

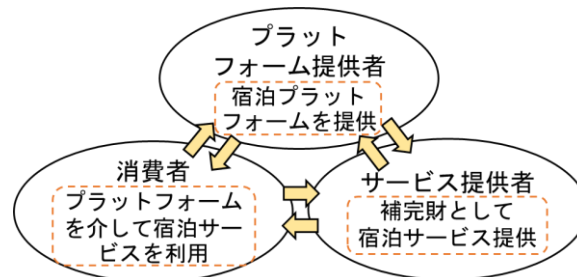


図1 エージェントモデル

## 2.2 エージェントモデル

### 2.2.1 エージェント間の相互作用

エージェントは、プラットフォーム提供者、サービス提供者、消費者の三種とする。本研究は簡単化のために、各エージェントは営業や広告による情報の知覚は行わず、サービス提供者と消費者の参加規模のみを知ることができることと仮定した。

サービス提供者・消費者の参加規模が現実的に観測可能かどうかについては、宿泊プラットフォームでは、ある程度可能であると考えられる。代表的な宿泊プラットフォーム提供者はウェブサイトですべて予約受付人数や宿泊施設数を公開している。サービス提供者・消費者が自発的に参加率等を収集しないとしても、消費者は広告や記事を通してサービス提供者のプラットフォームの利用規模を大まかに知覚でき、サービス提供者は広告・記事やプラットフォーム提供者からの営業活動を通して、消費者規模を知覚可能と考えられる。

### 2.2.2 エージェントの詳細

ここから、エージェントのパラメータと意思決定を記述する。各定数・変数の説明は、シミュレーション上での数値設定と共に、表1にまとめた。

**プラットフォーム提供者。**プラットフォーム提供者は、サービス提供者と消費者の取引に利用料を課すことで、取引数とサービス価格に応じた利得を獲得する。本シミュレーションではプラットフォーム提供者は意思決定を行わない。プラットフォーム提供者の期間 $t$ における利得 $v_{k,t}$ は、以下の式で表現される。

$$v_t = (r_{comp} + r_{cons}) \sum_k^{N_{comp}} p_k b_{k,1,t}.$$

ここで、 $N_{comp}$ はサービス提供者の数を意味する。なお、プラットフォーム提供者は意思決定を行わないため、簡単化のためにコスト項やその他の影響は、今回は考慮しないこととする。

**サービス提供者。**サービス提供者は、提供するサービスを消費者に購買されることで利得を獲得する。自身の利得を高めることを目的に、プラットフォームに参加するかどうかを意思決定する。したがって、サービス提供者の行動は、プラットフォームへの参加の程度を変化させることとする。概要は以下の通りである。①サービス提供者は、同価格・同品質の消費されるサービスを4つ持ち、プラットフォームを利用した委託販売と、自身で

の直接販売を想定している。②それぞれの状態における期待消化率を推定する。③プラットフォームへのサービス提供数を+1, 0, -1 した場合について、期待消化率とプラットフォーム利用料を考慮して、期待利得（収益）がより高くなる配分割合を選択する。

表1 定数・変数一覧

パラメータ	変数	シミュレーション上での数値	備考
ステップ	$t$	1,...,150	事前に100回程度で収束することを確認
利用料（サービス提供者）	$r_{comp}$	-0.4,-0.3,...,0.3,0.4	—
利用料（消費者）	$r_{cons}$	-0.4,-0.3,...,0.3,0.4	—
サービス提供者 ID	$k$	1,...,50	各サービス提供者は同価格・同品質のサービスを4つ提供する（宿泊事業者へのヒアリングを参考に、サービス提供可能数の総和と消費者の総和が2:1となるように設定）。
消費者 ID	$i$	1,...,100	—
サービス価格	$p_k$	平均 10000, 標準偏差 1250 の正規分布	—
サービス品質	$q_k$	要求価格を 0 から 5 に標準化し, 平均 0, 標準偏差 0.625 の正規分布に従う誤差を付加	数値が 0-5 の範囲になるように補正。サービス変動コストを考慮して, 単位販売あたりの収益が 0 を上回るよう設定
消費者要求価格	$p_i^D$	平均 10000, 標準偏差 1250 の正規分布	—
消費者要求品質	$q_i^D$	価格を 0 から 5 に標準化し, 平均 0, 標準偏差 0.625 の正規分布に従う誤差を付加	数値が 0-5 の範囲になるように補正
サービス変動コスト	$c_k^V$	品質×2000	—
サービス固定コスト	$c_k^F$	6000. (1500×4)	—
プラットフォーム参加のしやすさ（サービス提供者）	$z_k$	平均 0, 標準偏差 2250 の正規分布	基準として, 平均価格・平均品質・平均消化率のときの期待利得は 9000 となるため, それを参考にその範囲内に設定
プラットフォーム参加のしやすさ（消費者）	$z_i$	平均 0, 標準偏差 1.25 の正規分布	基準として, プラットフォーム不使用時の消費者の期待利得の 99%が±5 の範囲に収まるため, それを参考にその範囲内に設定
消費者期待利得の荷重	$w$	10	プラットフォーム不参加時の期待利得が±5 の範囲に収まるよう設定
消費者利得の価格標準化係数	$\mu^P$	1000	$\frac{p_i^D - p_k}{\mu^P}$ が ±10 の範囲に収まるように標準化
消費者利得の品質標準化係数	$\mu^Q$	0.5	$\frac{q_k - q_i^D}{\mu^Q}$ が ±10 の範囲に収まるように標準化
サービスの販売量	$b_{k,0,t}, b_{k,1,t}$	(変数)	0 はプラットフォーム不使用時, 1 はプラットフォーム使用時を示す。 $b = s \times d$ である。
提供サービスの配分	$s_{k,0,t}, s_{k,1,t}$	(変数)	0 はプラットフォーム不使用時, 1 はプラットフォーム使用時を示す。 $s_{k,0,t} + s_{k,1,t} = 4$ 。
消化率	$d_{k,0,t}, d_{k,1,t}$	(変数)	0 はプラットフォーム不使用時, 1 はプラットフォーム使用時を示す。

意思決定に影響を及ぼす要素は、プラットフォーム参加時・不参加時のサービスの消化率の期待値と、プラットフォームに対する固有の参加のしやすさとする。サービス提供者 $k$ の期間 $t$ における利得 $v_{k,t}$ は、以下で計算される。

$$v_{k,t} = p_k \{s_{k,0,t}d_{k,0,t} + (1 - r_{comp})s_{k,1,t}d_{k,1,t}\} - c_k^V(s_{k,0,t}d_{k,0,t} + s_{k,1,t}d_{k,1,t}) - c_k^F.$$

期待消化率は、前回のその状態における消化率を参照して当てはめる。間接ネットワーク効果とバンドワゴン効果<sup>2</sup>の観点から、プラットフォーム上での期待消化率は、プラットフォームへの参加経験がなければ、サービス提供者と消費者の参加規模に基づいて定義する（サービス提供者と消費者のプラットフォーム参加率を、期待消化率にあてはめる）。また、イノベーションに対する採択者のカテゴリの釣鐘型分布(Rogers, 1962)を参考として、固有のプラットフォームへの参加しやすさ $z_k$ を期待利得に加える。

**消費者.** 消費者はサービスを購入することで利得を獲得する。消費者はサービスの選択と、プラットフォームへの参加・不参加の二つの意思決定を行う。自身の要求価格・要求品質と、選択肢に含まれるサービスの価格・品質から、最も利得が高くなるサービスを選択する。プラットフォームへの参加・不参加は、利得の期待値と、プラットフォーム参加に対する固有の態度（参加のしやすさ）に基づいて意思決定を行う。

本研究では要求価格・要求品質両方のマッチングを重視し、極端な選択を避けるために、プロスペクト理論とそのモデル(Kahneman and Tversky, 1979; Tversky and Kahneman, 1992)を参考にしてサービス提供者 $i$ のサービス $k$ に対する利得 $v_{i,k}$ を以下のように表現する。

$$v_{i,k} = v_{i,k}^P + v_{i,k}^Q,$$

$$v_{i,k}^P = \begin{cases} \left(\frac{p_i^D - p_k}{\mu^P}\right)^{0.5} & (p_i^D - p_k \geq 0) \\ -2\left(\frac{|p_i^D - p_k|}{\mu^P}\right)^{0.5} & (p_i^D - p_k < 0), \end{cases}$$

$$v_{i,k}^Q = \begin{cases} \left(\frac{q_k - q_i^D}{\mu^Q}\right)^{0.5} & (q_k - q_i^D \geq 0) \\ -2\left(\frac{|q_k - q_i^D|}{\mu^Q}\right)^{0.5} & (q_k - q_i^D < 0). \end{cases}$$

プロスペクト理論のモデルの特徴は、感応度逓減とリスク回避が含まれていることにある(Kahneman and Tversky, 1979; Tversky and Kahneman, 1992)。すなわち、消費者の要求と実際のサービスとの差分が大きくなるほど、獲得される利得は逓減されると同時に、その差分が正よりも負の場合の方が、合計利得に与える影響が大きくなる。これにより、より消費者の要求価格・要求品質に近いサービスが選択されやすくなる。

次に、プラットフォームの利用に関する行動の意思決定メカニズムを定義する。概要は以下の通りである。①消費者は、プラットフォームを利用したサービス探索と、自力（検索エンジン等）での探索を想定する。②プラットフォーム利用時・非利用時の期待利得を推定する。③期待利得がより高い状態を選択する。

期待利得は、プラットフォームを使用する場合・使用しない場合ともに、前回のその状態における利得を参照する。プラットフォームへの参加経験がない場合には、プラットフォーム上での期待利得は、間接ネットワーク効果とバンドワゴン効果を参考に、サービス提供者と消費者の参加規模に基づいて決定するものとした。具体的には、消費者の利得式から計算される利得の範囲を鑑みて係数 $w$ を決定し、{サービス提供者と消費者のプラ

<sup>2</sup> バンドワゴン効果とは、ある事物の採択決定においてその機能や利得にかかわらず、周囲の採択規模によって採択の意思決定が行われることを意味する(Tolbert and Zucker, 1983; Abrahamson, 1991; Abrahamson and Rosenkopf, 1993)。バンドワゴン効果は、補完者がプラットフォームに参加する一要因になりうるとされる(Inoue and Tsujimoto, 2018)。

プラットフォーム参加率 $\times 0.5$ を期待利得にあてはめることとした。消費者利用料が利得に及ぼす影響を考慮し、プロスペクトモデルを用いて補正を加える。間接ネットワーク効果の観点から、直接販売とプラットフォーム販売それぞれの割合変化量を、期待値の補正として加える。また、サービス提供者同様にイノベーションに対する採択者のカテゴリの釣鐘型分布(Rogers, 1962)を参考にして、固有のプラットフォームへの参加しやすさ $z_i$ を期待利得に加える。

### 2.3 シミュレーションの実行内容

各シミュレーションステップで、以下を順次実行する。①サービス提供者は全てのサービスを利用可能な状態とする。②消費者はサービスを購入し、各エージェントは利得を獲得する。③サービス提供者と消費者は、プラットフォームの利用行動による期待利得を計算し、プラットフォーム選択行動を行う。プラットフォーム選択に関わる行動は局所解に陥ることを避けるために、 $\epsilon$ -greedy 法<sup>3</sup> ( $\epsilon = 0.1$ ) を用いる。

また、消費者は以下のアルゴリズムで購買行動を行う。①ステップごとに行動順序がランダムに付与される。②サービスの選択肢を得る。③選択肢について利得計算を行う。④最も利得が高くなるサービスを購入する。購買したサービスは1消費される。選択肢全てが消費されている場合には $\infty$ の利得を獲得し、何も行動しない。

宿泊仲介のプラットフォームを模して、以下の機能を定義する。①プラットフォームを使用しない消費者は一部(ランダムに3つ)のサービスしか選択できない。プラットフォームを使用する消費者は全てのサービスが選択可能となる。②プラットフォームを使用しない消費者は、サービスの品質は価格から推定する(品質は価格に比例すると想定し、推定値 $\hat{q}_k$ は $\mu^Q \{(p_k - 5000) / \mu^P\}$ として計算される)。プラットフォームを使用する消費者は、サービスの品質を知覚できる。

初期条件として、サービス提供者の利用料は7パターン $r_{comp} = \{-0.3, -0.2, -0.1, 0, 0.1, 0.2, 0.3\}$ とする。消費者の利用料も同様の7パターンとし、組み合わせとして計49パターンでシミュレーションを実行する<sup>4</sup>。各シミュレーションステップのうち、 $t=101$  から  $t=150$  の平均値を実験結果とする。各試行は20回ずつ実施し、最終的に平均値を計算する。プラットフォームエコシステム発展のための評価指標として、以下の2つの指標を各組み合わせにおいて提示する：①プラットフォーム上での取引割合(市場シェア)、②プラットフォーム上でのプラットフォーム提供者、サービス提供者、消費者のそれぞれの総利得増減量(プラットフォーム不使用時との差分値)。また、市場の変化を確認するために、以下の2つの指標を提示する。③プラットフォーム上でのサービスの平均価格と平均品質変化量(プラットフォーム不使用時との差分値)、④プラットフォーム上での消費者の平均要求価格と平均要求品質変化量(プラットフォーム不使用時との差分値)。

## 3. 結果と解釈

### 3.1 プラットフォーム上での取引割合とエージェントの総利得

消費者・サービス提供者へのプラットフォーム利用料に依存した、プラットフォーム上での取引割合を図2に示す。色が濃くなるほど取引割合が大きいことを意味する。対角線上に引かれた破線は、プラットフォーム提供者の利得が0以上となる境界を意味する。破線より左下側の領域は利得が負となるため通常は選択し得ないが、これらの利用料設定はプラットフォーム提供者の利得を一時的に損なってサービス提供者と消費者の利得を高

<sup>3</sup> 確率  $\epsilon$  でランダムに選択を行い、確率  $1 - \epsilon$  で利得が最大となる選択を行う方法。

<sup>4</sup> これらの組み合わせは完全に網羅的ではないものの、現状の宿泊プラットフォームが取り得る範囲であり、また全体の傾向を確認するうえでは十分であると考えた。

めることができるため、ロックインメカニズムが働く市場であればこれらの選択肢も取り得るといえる。

本結果は、消費者の利用料がプラットフォームでの取引割合に大きな影響を持つことを示している。本研究の設定では、全ての消費者はプラットフォームを利用しない状態でもいずれかのサービスを利用することができる。そのため、消費者に利用料を課した場合、多くの消費者にとってプラットフォームに参加するメリットが生じなくなる。サービス提供者は利用料を課されたとしても、直接販売での消化率が低ければ、プラットフォームに参加するメリットが生じる。以上のような制約があるため、本結果が導出されたと考えられる。また、最大シェアとなる利用料設定は、サービス提供者への利用料を 0.2 とし、消費者への利用料を -0.1 とする（現実においては、消費者には割引やポイントバック等のインセンティブを与える）場合であった。この配分は現在の主要な宿泊プラットフォームの傾向と類似しており、現実の宿泊プラットフォーム市場でのメカニズムを、単純化されてはいるものの再現できていると考えられる。

図 3 は、エージェントの利得変化量の平均値を示す。描画方法は図 2 とほぼ同様である。ただし図中の配色については、青くなるほど値が高く、赤くなるほど値が小さいことを意味している。結果として、サービス提供者は自身への利用料が高くなるほど利得が低下し、消費者もまた自身への利用料が高くなるほど利得が低下した。プラットフォーム提供者は、消費者に利用料を課さず、サービス提供者に利用料を課すほど、利得が上昇した。いずれの指標においても、消費者に利用料を課すと総利得変化量は 0 に近づいている。これは図 2 に示したように、消費者に利用料を課すと急激にプラットフォームの取引量が低下してしまうためであると解釈できる。

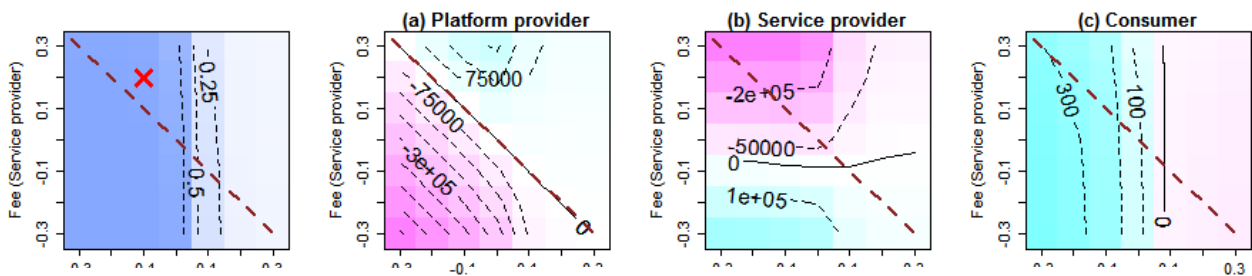


図 2 プラットフォームでの取引割合 図 3 エージェントの総利得。プラットフォーム不使用時と比較した差分値を示す。x 軸：消費者利用料, y 軸：サービス提供者利用料。x 軸：消費者利用料, y 軸：サービス提供者利用料。X：最大点。

### 3.3 プラットフォーム上のサービスの価格・品質と消費者の要求価格・要求品質

図 4 は、プラットフォームに提供されたサービスの平均価格と平均品質の変化を示している。描画方法は図 3 とほぼ同様である。結果として、消費者への利用料の増加に従って、サービスの平均価格は低下する傾向にあることが示された。図 2 に示したように本市場での取引は消費者主導であったため、消費者に利用料を課す場合には、消費者が利用料の影響を受けにくい低価格での取引が増加するためと考えられる。品質も価格同様のパターンを示すが、価格とは違い、いずれの場合でも平均以上の品質サービスが取引されていることがわかる。ただし、消費者利用料が最大の 0.3 のときには、傾向がやや変化している。これは取引量が極端に少なくなった結果、正規分布の性質上、出現率が低い「低価格、僅かに高品質」のサービスよりも、「やや低価格、やや高品質」のサービスの購買が相対的に増加したことためと推測される。

図 5 は、プラットフォームに参加した消費者の平均要求価格と平均要求品質の変化を示している。描画方法は図 3 とほぼ同様である。指標はプラットフォーム利用料の影響を受けているものの、数量的には微細な変化であるといえる。これは消費者主導の市場が形成され、ほぼ全ての消費者が参加するかしないかの極端な収束



結果となったためと考えられる。

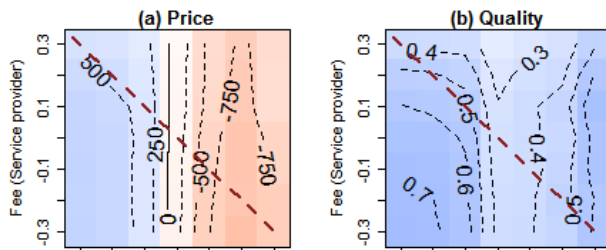


図 4 プラットフォーム上でのサービスの価格・品質の平均値変化量。母集団との差分値を示す。x 軸：消費者利用料，y 軸：サービス提供者利用料。

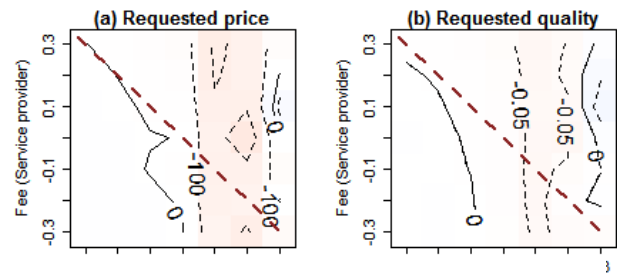


図 5 プラットフォーム上の消費者の要求価格・品質。母集団との差分値を示す。x 軸：消費者利用料，y 軸：サービス提供者利用料。

#### 4. 考察

本研究は、日本の宿泊プラットフォームの市場を再現し、プラットフォームのビジネスモデルの一部として、適切な利用料設定を検証することを目的とした。エージェントシミュレーションによる実験の結果、宿泊プラットフォーム市場を模した設定では、消費者にインセンティブを課してサービス提供者から利用料を徴収する設定が、プラットフォーム市場の発展指標を最も高くした。これは、現状の宿泊プラットフォームの利用料設定の傾向と合致していたことが示された。本研究はプラットフォームビジネスにおけるある一形態のビジネスモデルが有効かどうかを、エージェントシミュレーションの方法で検証可能であることを示唆した。

また、本研究のシミュレーション結果は、プラットフォームの利用料設定についていくらかの示唆を提供できると考えられる。図 2 に示したように、プラットフォーム取引割合の最大点はサービス提供者に 0.2 の利用料，消費者に -0.1 の利用料を課した場合であることが示された。一方で図 3 に示したように、プラットフォーム提供者の最大利得は、今回の実験範囲においてサービス提供者へ 0.3 の利用料，消費者へ 0 の利用料を課した場合であり、ややずれることが分かる。したがって、競合するプラットフォームが存在する場合には、プラットフォーム取引割合が最大となるように利用料を設定すべきであるが、プラットフォームが単一の場合には、プラットフォーム提供者は自身の利得が最大化される利用料設定を行うことも、可能であると考えられる。

図 2 に示されたプラットフォーム取引割合が高くなるような利用料設定を行った場合（消費者への利用料を 0 より小さくする場合）で、かつプラットフォーム提供者の利得が 0 以上の場合においては、図 3 に示すようにサービス提供者はプラットフォーム不使用時よりも利得が低くなった。一方で、逆に消費者に利用料を課した場合（消費者への利用料を 0 より大きくする場合）には、結果的にサービス提供者はより低価格・高品質のサービスが求められ（図 4）、こちらの場合でもサービス提供者の利得は低下するか、さほど向上しない（図 3）。このように、本研究においてシミュレートした市場においては、プラットフォームの存在により消費者全体の利得は向上させることができるが、サービス提供者は全体的に利得を低下させるか向上しないような市場構造に収束することが確認されたといえる。以上を考慮して、プラットフォーム利用料以外でサービス提供者の利得が向上するようなビジネスモデルを設計することは、現実的に有効であると考えられる。

本研究は、エージェントシミュレーションの方法を活用することで、プラットフォームエコシステムの研究領域の発展に貢献する。これまでのプラットフォームエコシステムを対象とした先行研究のほとんどは、回帰モデルに基づくマクロ的な実証分析か理論研究であった(e.g. Clements and Ohashi, 2005; Zhu and Iansiti, 2012)。本研究は、エージェントシミュレーションによりプラットフォームエコシステムでの参加者間の取引を再現する

ことで、従来手法では困難であった参加者間の相互作用を考慮した分析が可能であることを示した。また、これまでのエージェントシミュレーションの研究は、主に経済市場を対象として様々な視点で行われてきたが、プラットフォームエコシステムの仕組みをエージェントシミュレーションで再現した研究は、ほとんど報告されていない。その観点から、本研究の取り組みは、経済システムを対象としたエージェントシミュレーションの研究の新たな方向性を開拓し、また将来の研究のための指針を提示したと考えられる。

## 5. 結論と今後の課題

本研究はプラットフォームエコシステムの観点から、プラットフォームビジネスの有効性予測の困難さに着目し、エージェントシミュレーションによるアプローチを試みた。日本の宿泊プラットフォーム市場を対象に、エージェントシミュレーションで仮想市場を構築し、ビジネスモデルの一つとして利用料設定とプラットフォームエコシステムの発展性との関係を分析した。シミュレーションの結果、現実の利用料設定と同様の傾向の利用料設定が、プラットフォームエコシステム発展において適切な配分設定として導かれた。このように本研究は、プラットフォームビジネスのビジネスモデルの有効性予測の方法を、発展させることができたといえる。

今後の展開としては、大きく分けて二つの方向性が挙げられる。

一つ目は、宿泊市場のシミュレーションを深化させることである。本研究はシミュレーション設定を単純化するために、宿泊市場で重視される多くの事象を考慮していない。例えばリピート率は、宿泊市場において重要な指標の一つであると考えられる。リピートが確保されている宿泊施設は、プラットフォームに参加するメリットが生じない。そのため全体的なリピート率が高いような状況では、プラットフォームエコシステム全体の動態に、リピートが影響を及ぼす可能性が考えられる。また、海外からの新規顧客獲得といった、インバウンドの観点も近年着目されている。今回のシミュレーション設定では市場は閉じており、サービス提供者・消費者の数は一定となっていた。一方で市場が開かれた状況では、プラットフォームの存在は市場を拡大・縮小させることに繋がるため、それを考慮したビジネスモデルの検証が重要となるだろう。このように、将来の研究は宿泊プラットフォームの市場のダイナミクスをより表現することで、その市場におけるさらなるビジネスモデルについて、検証することが可能となるだろう。

二つ目は、エージェントシミュレーションの方法を用いて様々なビジネスモデルの有効性を検証することである。今回対象とした宿泊仲介サービスは代表的なサービス仲介プラットフォームではあるが、プラットフォームビジネスには数多くの形態が存在する。ビデオゲーム市場はその代表例である。ビデオゲーム市場は消費者・補完者共にプラットフォームへの金銭的スイッチングコストが大きい場合があり、そのときは初期にプラットフォーム提供者が赤字を負ってプラットフォームの普及を拡大させる戦略は、有効になり得る。したがってこの市場では、時系列的に利用料設定を変化させるようなビジネスモデルを取ることも考えられる。今後の研究では、様々な形態の市場やそこで取引される財、およびプラットフォームの特性を考慮して、エージェントシミュレーションを用いたビジネスモデル検証のアプローチを発展させていくことが可能と考えている。

## 参考文献

- Abrahamson E. and Rosenkopf L., 1993. Institutional and competitive bandwagons: using mathematical modeling as a tool to explore innovation diffusion, *Academy of Management Review*, vol.18, no.3, pp.487–517.
- Abrahamson E., 1991. Managerial fads and fashions: the diffusion and rejection of innovations, *Academy of Management Review*, vol.16, no.3, pp.586–612.

- Boudreau K. J. and Jeppesen L. B., 2015, Unpaid crowd complementors: the platform network effect mirage, *Strategic Management Journal*, vol.36, no.12, pp.1761-1777.
- Chen S.H. and Liao C.C., 2005, Agent-based computational modeling of the stock price–volume relation, *Information Sciences*, vol.170, no.1, pp.75-100.
- Chen S.H. and Yeh C.H., 2001, Evolving traders and the business school with genetic programming: a new architecture of the agent-based artificial stock market, *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol.25, no.3–4, pp.363-393.
- Clements M.T. and Ohashi H., 2005, Indirect network effects and the product cycle: video games in the U.S., 1994–2002, *Journal of Industrial Economics*, vol.53, no.4, pp.515-542.
- Gawer A., 2014, Bridging differing perspectives on technological platforms: toward an integrative framework, *Research Policy*, vol.43, no.7, pp.1239-1249.
- Inoue Y. and Tsujimoto M., 2017, New market development of platform ecosystems: a case study of the Nintendo Wii, *Technological Forecasting and Social Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.017>, (in press).
- Inoue Y., and Tsujimoto M., 2018, Genres of complementary products in platform-based markets: changes in evolutionary mechanisms by platform diffusion strategies, *International Journal of Innovation Management*, vol.22, 1850004.
- Kahneman D. and Tversky A., 1979, Prospect theory: an analysis of decision under risk, *Econometrica*, vol.47, no.2, pp.263-292.
- Kurumatani K., Kawamura H., and Ohuchi A., 2005, Market micro-structure analysis by multiagent simulation in X-Economy — comparison among technical indices, *Information Sciences*, vol. 170, no.1, pp.65-74.
- Rochet J.C. and Tirole J., 2006, Two-sided markets: a progress report, *RAND Journal of Economics*, vol.37, no.3, pp.645-667.
- Rogers E. M., 1962, *Diffusion of innovations*, New York, The Free Press.
- Thomas L.D.W., Autio E. and Gann D.M., 2014, Architectural leverage: putting platforms in context, *Academy of Management Perspective*, vol.28, no.2, pp.198-219.
- Tolbert P. S. and Zucker L. G., 1983, Institutional sources of change in the formal structure of organizations: the diffusion of civil service reform, 1880–1935, *Administrative Science Quarterly*, vol.28, no.1, pp.22–39.
- Tversky A. and Kahneman D., 1992, Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty, *Journal of Risk and Uncertainty*, vol.5, no.4, pp.297-323.
- Wan X., Cenamor J., Parker G., Van Alstyne M. W., 2017. Unraveling platform strategies: a review from an organizational ambidexterity perspective, *Sustainability*, vol.9, no.5, pp.1–18.
- Zhu F. and Iansiti M., 2012, Entry into platform-based markets, *Strategic Management Journal*, vol.33, no.1, pp.88-106.
- 出口弘, 諸井孝信, 1995, バーチャルエコノミーゲーミング, *情報処理学会研究報告*, vol.95, no.23, pp.51-58.
- 水田孝信, 八木勲, 和泉潔, 2012, 現実の価格決定メカニズムを考慮した人工市場の設定評価手法の開発, *人工知能学会論文誌*, vol.27, no.6, pp.320-327.
- 川村秀憲, 山本雅人, 大内東, 車谷浩一, 2001, X-Economy サーバによる仮想金融市場の設計と開発, *電子情報通信学会技術研究報告*, vol.10, no.529, pp.61-66.
- 和泉潔, 植田一博, 2000, 人工市場入門, *人工知能学会誌*, vol.15, no.6, pp.941-950.

#### 付録 初期パラメータとランダム行動が収束結果に影響を及ぼすかどうかを確認するための追試

初期パラメータとランダム行動確率はエージェントの意思決定に大きな影響を及ぼすため、最終的な収束結果に何らかの影響を及ぼす可能性がある。したがって、これらの初期設定を変更した追試を行う。本研究は、初

期パラメータの設定に正規分布を用いたが、例えば図 4 に示した結果で考察したように、初期設定の分布が一部結果に影響を及ぼしている可能性がある。他の分布であった場合に同様の結果を得ることができるか検証するため、代表的な分布の一つである一様分布について検証する。値の範囲は基本モデルの場合と同じとする。ただし、価格に誤差を加えて品質を定義する際に、正規分布同様の範囲の誤差を与えた場合には、価格と品質はより無相関に近くなる。そのためより小さい $\pm 1.5$ の範囲を、誤差の範囲として与える。また、今回はシミュレーション結果が局所解に陥ることを避けるため、 $\epsilon$ -greedy 法を採用している。この局所解を避ける試みが適切に行われているかを検証するために、 $\epsilon=0.5, 0.75$  の場合について検証する。

表 2 に、追試結果を示す。各比較条件においてピアソンの相関係数を計算しており、1 に近づくほど分析結果の傾向が一致していることを示す。正規分布と一様分布の比較においては、サービスの品質と消費者の要求品質について相関が低い。詳細にみると、品質は消費者への費用が高いとき、パターンの差異がみられた。これはプラットフォーム取引割合が極端に低い場合における、正規分布の性質による変化のためであった。消費者の要求品質は、図 5 のようにプラットフォーム利用料の影響をあまり受けていないため、収束結果の誤差が相関の低下に影響を及ぼしていると考えられる。ランダム行動確率 $\epsilon$ を変化させた場合については、消費者の要求価格・要求品質の相関が全体的に低い。上記同様に、利用料変化による影響が小さいためと考えられる。

したがって、分布やランダム行動確率によって本シミュレーションの結果の多くは影響を受けないが、プラットフォーム上での取引が極小になる場合は、サービスの品質が影響を受けることが示されたといえる。

表 2 追試結果のまとめ。[i]  $\epsilon=0.1$  のときの、正規分布と一様分布の比較、[ii] 正規分布のときの  $\epsilon=0.1$  に対する比較、[iii] 一様分布のときの  $\epsilon=0.1$  に対する比較。

比較条件	[i]	[ii]		[iii]	
$\epsilon$	0.10	0.50	0.75	0.50	0.75
取引量シェア	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00
価格	0.96	0.99	0.97	1.00	0.99
品質	0.35	0.93	0.91	1.00	1.00
要求価格	0.93	0.66	0.40	0.84	0.69
要求品質	0.71	-0.01	-0.21	0.83	0.78
プラットフォーム提供者の利得	1.00	0.99	0.95	0.99	0.97
サービス提供者の総利得変化	0.99	0.98	0.93	0.99	0.96
消費者の総利得変化	1.00	0.99	0.98	1.00	0.98

## 著者紹介



### 井上 祐樹

博士（技術経営）。2017 年東京工業大学イノベーションマネジメント研究科イノベーション専攻博士課程修了。同年産業技術総合研究所人間情報研究部門産総研特別研究員。主にプラットフォーム戦略および、サービス工学に関する研究に従事。



### 竹中 毅

2002 神戸大学大学院・文化科学研究科修了・博士（学術）2007 東京大学人工物工学研究センター特任准教授。2009 年産業技術総合研究所入所。サービス工学、特にサービスベンチマーキングの研究に従事。



**車谷 浩一**

1984 東京大学・工卒. 1989 同大学院博士課程了, 工学博士. 同年, 電子技術総合研究所. 2001 産業技術総合研究所. 2015 東京農工大学客員教授. 現在, サービス設計学, 機械学習, 深層学習, マルチエージェントシミュレーションの研究に従事.

【投稿受領日】2018年04月18日

【査読通過日】2018年07月03日