

ユーザーの意思決定に基づくサービス普及のシミュレーション分析

Simulation analysis of service diffusion based on users' decision-making

甘粕隆志 *1 鳥海不二夫 *1 藤田幸久 *2
Takashi Amakasu Fujio Toriumi Yukihiisa Fujita

*1 東京大学 *2 トヨタ自動車株式会社
The University of Tokyo Toyota Motor Corporation

要旨: ユーザーが複数のサービスから1つを選択して利用する意思決定をする際に、サービスの品質・価格に加えて、現状維持バイアスが影響することがある。このような時に、新しいサービスがどのように普及していくか、シミュレーション分析をおこなった。現状維持バイアスが小さいユーザーが新しいサービスを利用し始めることでサービスが普及していくが、現状維持バイアスの大きいユーザーは同じサービスを利用し続けることを確認した。また、価格と品質のどちらを重視するかにより、低品質低価格のサービスを選択するか、高品質高価格のサービスを選択するかが異なることが示された。

キーワード: 意思決定、イノベーター理論、シミュレーション、現状維持バイアス

Abstract: When a user selects a service, a user cares about their price and quality and is affected by the status quo bias. In this study, we conducted users' decision-making simulations and evaluated the diffusion of services. We confirmed that users with low status quo bias start to use the new service, and the service becomes popular, while users with high status quo bias continue to use the same service. In addition, it was shown that the choice of services depended on whether a user was more concerned about price or quality.

Keywords: Decision-making, Diffusion of innovations, Simulation, Status quo bias

1. はじめに

企業は自社のサービスをユーザーに利用してもらうために、様々なマーケティング施策を講じている。企業が新しいサービスを社会に普及させる過程には、サービス自体の価値だけではなく、競合サービスとの関係、ユーザーのサービス認知経路、など複数の要因が複雑に絡み合っている。新しい製品やイノベーションが普及していく過程については、ロジャースによって、イノベーションの相対的な優位性、互換性、複雑性、試用可能性、観察可能性などによる説明がなされている [Rogers 2010]。一方でユーザー側は複数あるサービスの中から、価格、品質、利用経験など、様々な評価軸に沿って利用するサービスを選択する意思決定をおこなっている。ロジャースはユーザーをイノベーションの採用時期別に、イノベーター、アーリーアダプター、アーリーマジョリティ、レイトマジョリティ、ラガードに分類したうえで、イノベーションの普及には、いち早く新製品を探索して情報を伝播させるイノベーター、アーリーアダプターが重要であるとしている。本稿では、ロジャースの理論をもとに、ユーザーの意思決定がサービスの普及にどう影響するかをエージェントベースシミュレーションの手法を用いて分析する。

近年登場した新しいサービスの例として、MaaS (Mobility as a Service) と呼ばれる、バス、電車、タクシー、ライドシェアといった交通機関をを結び付け、人々が効率よく移動できるようにするシステムがある [Jittrapirom 2017]。ライドシェアやシェアサイクル、オンデマンド交通など、移手段の選択肢が増え、ユーザーは複数の移手段から目的に合ったものを選択することができるようになってきている。人が交通手段を選択するときには、移動可否に加え、所要時間、価格、移動の快適さなどの複数の要因が関わっていると考えられ、複数の評価軸を人間がどのように意思決定しているかを考える必要がある [Storch 2021]。サービスの提供側は、ユーザーの利用状況に合

わせてサービスの内容を変更することができ、それによってさらにユーザーの行動は変化していく。サービス変更の影響は予測困難であり、実証実験には費用や時間がかかり困難である場合も多い。そこで、ユーザーの意思決定や利用状況を数理モデル化し、エージェントベースシミュレーションによる分析を行うことで、サービス普及過程の本質を理解することが本研究の目的である。本稿では、より一般にユーザーが利用可能なサービスが複数あり、サービスの変化がある状況で、どのようなサービスが普及していくのかについて、ユーザーの意思決定をベースとしたシミュレーションモデルを作成し、分析を行った。

2. 関連研究と研究目的

報酬が未知のサービスの中から毎ステップ1つのサービスを選択し、報酬を最大化させていく問題は、バンディット問題 [本多 2016] として知られる。バンディット問題では、サービスの報酬は未知の確率分布から生成されるものとして考え、ユーザーが各サービスの評価がわからない状況から開始した場合に、どのようにサービスの評価を決定しつつ、利得の高くなる選択をしていくのかという状況を扱っている。期待報酬が既知の場合には、期待報酬最大のサービスを常に選択することが理想的な戦略となるが、どのサービスの期待報酬が高いのかを判断するために、ユーザーは各サービスを探索すること必要がある。各サービスの報酬分布を推定する「探索段階 (Exploration)」と、今までに得た報酬分布の情報から期待報酬最大のサービスを選択する「知識利用段階 (Exploitation)」はトレードオフの関係にあり、これは「探索と知識利用のトレードオフ (Exploration-Exploitation Trade-off)」として知られる。

バンディット問題の考え方によると、自分の知っている1つのサービスを使い続けるだけでなく、適度に新しいサービスを

探索することで、期待報酬の高い新しいサービスを発見できる可能性がある。しかしながら、現実には不確実なサービスを利用し、しばしばネガティブなものである「探索」よりも「知識利用」が優先される傾向が存在する [March 1991]。繰り返しの選択において、選択を変化させれば利益が増える場合であっても、現状の選択を維持してしまう人間の性向は社会心理学の分野では現状維持バイアスと呼ばれており、自分の所有しているものの価値を過大評価する「保有効果」は損失回避特性による説明がなされている [Kahneman 1991], [Tversky 1991]。現状維持バイアスが小さい人間は、新しいサービスを積極的に利用する人間であると考えられ、本稿では現状維持バイアスが小さい人間が、ロジャースの理論におけるイノベーター、アーリーアダプターであると考えている。

本研究の目的は、現状維持バイアスの存在や、価格・品質のどちらを重視するかの個人差がある中で、新しいサービスが普及していく過程を、ユーザーの意思決定モデルに基づいて分析していくことである。

3. シミュレーションモデル

3.1 市場モデル

ユーザーが市場のサービスを選択していくモデルとして図1のように、ユーザーが複数のサービスから毎回1つのサービスを選択して利用するというモデルを考える。

		Time Step t				
		t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	...
User m	m = 0	S ₀	S ₀	S ₀	S ₀	
	m = 1	S ₀	S ₀	S ₀	S ₀	
	m = 2	S ₀	S ₀	S ₀	S ₁	
	m = 3	S ₀	S ₁	S ₁	S ₁	
	⋮				⋮	

図 1: 各ユーザーが毎ステップ1つのサービスを選択するゲームの構造。

3.2 サービスモデル

サービスは「価格 (price)」と「品質 (quality)」という2つのパラメータを持つ。サービスの品質は平均的には提供コストに近い値となると考えて、サービス1つを提供したときの利益 (unitProfit) は「price - quality」であるとし、サービスは利益が出るように「価格 (price)」と「品質 (quality)」を設定しているものとする。

3.3 ユーザーモデル

ユーザーの各サービスに対する認知の状態として、次の3つが存在するとして考える。

- 状態 0: サービスの存在を知らない (非認知)
- 状態 1: サービスの存在, 品質, 価格を知っている (認知)
- 状態 2: サービスを利用したことがある (経験済)

毎ステップ、各ユーザーは情報伝播により、サービスごとに「前回のユーザー数/全人数」の確率で「非認知」の状態から「認知」の状態に変化するものとする。各ステップのサービスの選

択として、ユーザーは「認知」、「経験済」のサービスの中から、自分の利得が最も大きくなるサービスを選択する。この時、ユーザーが t ステップ目にサービス s を選択したときに得られる利得 $\pi_s(t)$ は、サービス s の価格を $p(s)$ 、品質を $q(s)$ として、「認知」の状態の場合、

$$\pi_s(t) = \alpha \cdot q(s) + \nu - \beta \cdot p(s) \quad (1)$$

であり、「経験済」の状態の場合、

$$\pi_s(t) = \alpha \cdot q(s) + \nu - \beta \cdot p(s) + \gamma \quad (2)$$

であるとする。ここで、 α は「品質重視度」を、 β は「価格重視度」を、 γ は「現状維持バイアス」を表す、個人差のあるパラメータである。これら3つの値によって、現状維持バイアスにとらわれずに品質や価格を重視する人や、品質や価格に寄らず保守的な人、現状維持バイアスや品質よりも価格を重視する人などを表現することができる。 ν はユーザーのサービスに対する必要性 (needs) であり、1つもサービスを利用しない選択に対する閾値になっている。

4. シミュレーション分析

4.1 シナリオ設定

提案モデルを用いて、以下の3つのシナリオの状況における、サービス普及のシミュレーション分析をおこなった。

【シナリオ 1】

同様のサービスであったとしても、サービス出現の順番によって、普及率がどのように異なるかを確認するシナリオ。サービス 0 (品質 50, 価格 55) が 100% のシェアで利用されている状況で、誰も利用したことがない同じ品質・価格である新しいサービス 1 (品質 50, 価格 55) が登場する。サービス 1 の初めの認知については、各ユーザーが確率 0.1 で認知するものとする。

【シナリオ 2】

既存のサービスよりも、価格が安くて得なサービスが新しく出現した場合に、新しいサービスがどの程度普及するかを確認するシナリオ。サービス 0 (品質 50, 価格 55) が 100% のシェアで利用されている状況で、誰も利用したことがない同じ品質・低い価格である新しいサービス 1 (品質 50, 価格 52) が登場する。サービス 1 の初めの認知については、各ユーザーが確率 0.1 で認知するものとする。

【シナリオ 3】

品質や価格が異なるサービスが対等な条件下で複数ある場合、各サービスがどのように普及するかを確認するシナリオ。図 2 に示した品質、価格 (=quality+unitProfit) の異なる 9 つのサービスが、同じ条件で利用開始される。初めはどのユーザーもいずれのサービスも利用したことがなく、初めのサービスの認知については、各ユーザーが各サービスを確率 0.1 で認知するものとする。

各シナリオにおける、各パラメータは表 1 のように設定した。全体としては、ユーザー数 300 人に対して、100 ステップまでにサービス利用者がどのように変化するかを分析した。「品質重視度 (α)」、「価格重視度 (β)」は基本的には同程度の評価であるが、品質を重視するか価格を重視するかには個人差があるため、それぞれ、平均 1, 標準偏差 0.1 の正規分布から発生するものとした。「現状維持バイアス (γ)」については、保守的に探索をしないユーザーだけでなく、好奇心が強く新サービ

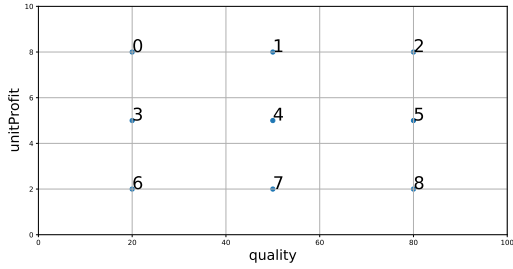


図 2: シナリオ 3 の各サービスの品質と単価利得

スを積極的に試すユーザーもいるため、平均 5、標準偏差 5 の正規分布から発生し、負の値もとるものとした。また、サービスの必要性 ν は 100 とし、ユーザーが 1 つもサービスを利用しないということではなく、いずれか 1 つはサービスを選択するようにした。

表 1: 各シナリオのパラメータ設定

	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3
ユーザー数	300	300	300
サービス数	2	2	9
終了ステップ数	100	100	100
α	$\mathcal{N}(1, 0.1)$	$\mathcal{N}(1, 0.1)$	$\mathcal{N}(1, 0.1)$
β	$\mathcal{N}(1, 0.1)$	$\mathcal{N}(1, 0.1)$	$\mathcal{N}(1, 0.1)$
γ	$\mathcal{N}(5, 5)$	$\mathcal{N}(5, 5)$	$\mathcal{N}(5, 5)$
ν	100	100	100

4.2 シナリオ 1 の結果

シナリオ 1 における、各サービスの「認知している人数：状態 1 の人数+状態 2 の人数 (Awareness)」、「利用したことのある人数：状態 2 の人数 (Experienced)」、「そのタイムステップに利用した人数 (User)」の推移を図 3 に示す。図は 100 回の試行の各タイムステップでの平均値を示しているが、各試行での人数の推移もほぼ同形であった。初めはサービス 0 がシェア 100% で利用されている状況からスタートし、サービス 0 の利用者は徐々に減少している。一方、サービス 1 は徐々に認知度が増加し、利用者も一定数まで増加している。

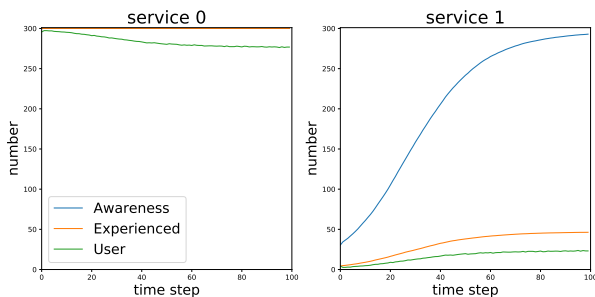


図 3: シナリオ 1 の各サービスの認知度 (Awareness), 利用経験者数 (Experienced), 利用者数 (User) の推移. 100 回の試行の平均.

4.3 シナリオ 2 の結果

シナリオ 2 における各サービスの認知度, 利用経験者数, 利用者数の推移結果は図 4 のようになった。初めはサービス 0 が

シェア 100% で利用されている状況からスタートし、サービス 0 の利用者は減少していく。一方、サービス 1 の認知度は増加し、利用経験者, 利用者数は同じ値で増加していく。

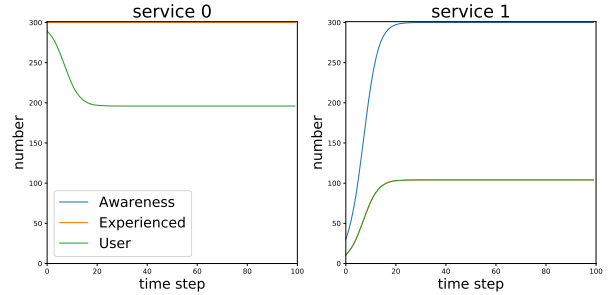


図 4: シナリオ 2 の各サービスの認知度 (Awareness), 利用経験者数 (Experienced), 利用者数 (User) の推移. 100 回の試行の平均.

4.4 シナリオ 3 の結果

シナリオ 3 における各サービスの認知度, 利用経験者数, 利用者数の推移結果は図 5 のようになった。全てのサービスが認知度約 10% の状態からスタートし、徐々に認知度が増加していく。サービス 6 とサービス 8 は利用者数が増加していく一方で、他のサービスは減少していくが、一定数の利用者は存在し続ける。

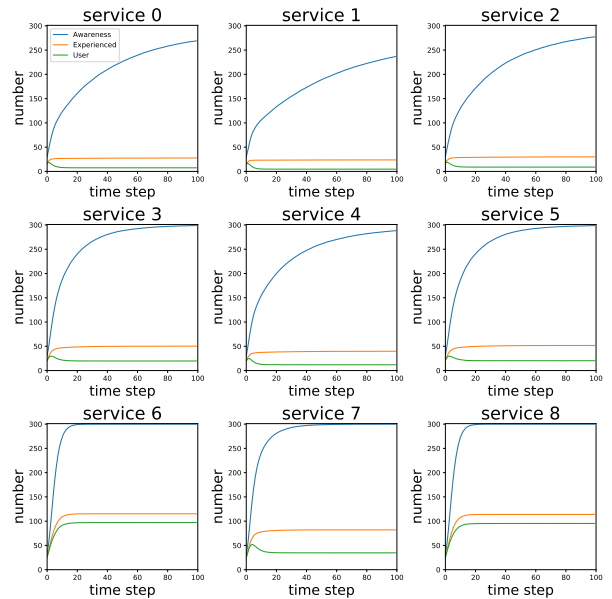


図 5: シナリオ 3 の各サービスの認知度 (Awareness), 利用経験者数 (Experienced), 利用者数 (User) の推移. 100 回の試行の平均.

5. 考察

シナリオ 1 では、大部分のユーザーがサービス 1 を使うことがないが、全体のユーザー数 300 人のうち約 40 人のユーザーはサービス 1 を利用し始めて、その後はサービス 0 とサービス 1 を等確率で選択するようになる。これらのユーザーは「現状維持バイアス」が負のユーザーであり、同品質, 同価格のサー

ビスがあれば利用したことのない方を選択する性向を持つため、サービス1を認知した段階で利用し始めた。サービス1の利用者が存在することにより、サービス1の認知度も増加していったが、「現状維持バイアス」が正のユーザーがサービス1を使い始めることはなかった。

シナリオ2では約100人のユーザーがサービス1を使い始め、そのままサービス0に戻ることなく価格の低いサービス1を使い続けている。サービス1を使い始めた約100人は集団の中で「現状維持バイアス」の値が低いユーザーである。

シナリオ3では、品質と価格の差を考えるとサービス6,7,8が最もユーザーにとって得である。しかし、サービス6,7,8の中で、品質重視のユーザーはサービス8が、価格重視のユーザーはサービス6が最も利得が高くなるため、いずれのサービスも認知している場合には、サービス7に比べて、サービス6,8にユーザーが移るようになっている。そのため、サービス7は初めユーザー数が増えたのち、サービス6,8を認知したユーザーが移動することでユーザー数が減少している。また、「現状維持バイアス」が大きいユーザーがいるため、得なサービスに移らず、いずれのサービスも一定数のユーザーが存在し続けている。

6. おわりに

本稿では、ユーザーの意思決定に基づくモデルを用いて、サービス普及に関するシミュレーション分析をおこなった。今回の分析により得られた知見としては以下の通りである。

- 「現状維持バイアス」が小さいユーザーが存在することにより、新しいサービスが集団に広まっていくが、「現状維持バイアス」が大きいユーザーは同じサービスを使い続ける。
- 品質と価格の差が同じで、品質の異なる複数のサービスが存在する場合、品質が中途半端なサービスはユーザーが減少し、最も低品質低価格か最も高品質高価格のサービスのユーザー数のみが増加する。

今回のシミュレーション結果は、ロジャースのイノベーター理論に沿ったものであり、簡単なモデルを採用したため、想定可能な結果のみが得られた。今後の課題として、実際の品質・価格とユーザーが認知している品質・価格の差や、詳細な認知の状態、ユーザー数によってサービス自体の価値が変化するというネットワーク効果を考え、より現実に沿ったモデルを構築する必要がある。また、本稿のシミュレーションモデルをモビリティサービスに適用させるために、例えば「品質」の項を移動時間・運転労力・移動の快適さなど、複数の項目に分解して考えることができる。今後は、ユーザーの意思決定を詳細に分析することでより具体的なサービスに即したシミュレーション分析が可能になると考えられる。また、提供サービスの変更など、サービス提供側の意思決定を組み込んでモデルを作成することも今後の課題である。

参考文献

- [本多 2016] 本多淳也, and 中村篤祥. バンディット問題の理論とアルゴリズム. 講談社, 2016.
- [Jittrapirom 2017] Jittrapirom, Peraphan, et al. "Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges." (2017).

[Kahneman 1991] Kahneman, Daniel, Jack L. Knetsch, and Richard H. Thaler. "Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias." *Journal of Economic perspectives* 5.1 (1991): 193-206.

[March 1991] March, James G. "Exploration and exploitation in organizational learning." *Organization science* 2.1 (1991): 71-87.

[Rogers 2010] Rogers, Everett M. *Diffusion of innovations*. Simon and Schuster, 2010.

[Storch 2021] Storch, David-Maximilian, Marc Timme, and Malte Schröder. "Incentive-driven transition to high ride-sharing adoption." *Nature communications* 12.1 (2021): 1-10.

[Tversky 1991] Tversky, Amos, and Daniel Kahneman. "Loss aversion in riskless choice: A reference-dependent model." *The quarterly journal of economics* 106.4 (1991): 1039-1061.