

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

# 博士論文概要

論文題目

プラットフォームビジネスにおける顧客購買行動予測に関する研究

A Study on Prediction of Consumer Purchase Behavior for Platform Business

申請者

蓮本 恭輔

Kyosuke HASUMOTO

経営システム工学専攻 情報数理応用研究

2022年11月

近年、オンラインビジネスにおいて、楽天市場やメルカリなどのマーケットプレイス型ビジネスや PayPay のような決済サービスなど、消費者と生産者を結びつけ、取引を仲介するプラットフォームを提供するビジネスの躍進が目覚しい。これらはプラットフォームビジネスと呼ばれ、様々な参加者をひきつけ、ビジネスを拡大し、市場を席卷している。プラットフォームビジネスには様々な形態があるが、中心となるサービスは商品やサービスなど何らかの価値を提供する生産者とその消費者をマッチングし、プラットフォームにおける取引サポートやガバナンス機能を担うことである。プラットフォーム上で取引されるのは商品やサービスなど購買取引を伴うものもあれば、ソーシャルプラットフォームのように情報の共有のみであることもある。生産者は必ずしも事業者とは限らず、消費者自身が商品やサービスを販売、あるいはコンテンツを共有する場合もあるが、本研究では商品やサービスを販売する事業者と消費者がプラットフォームを介して購買取引するビジネスに着目する。

一般的にプラットフォームビジネスは取引に伴う手数料収入やプラットフォーム上での広告費、あるいはプラットフォーム上で提供されるサービスなどをビジネスの柱としているため、プラットフォームにおける参加者数、そして参加者間での取引量がプラットフォームの収益に直結する。そのため、プラットフォームビジネスが事業を成長させていく上で、アクティブユーザー数を拡大し、さらに個々の顧客からの収益、すなわち顧客生涯価値を増大させることが非常に重要であるが、こうした成長戦略の実行には顧客の購買行動の予測が不可欠である。例えば、アクティブユーザー数を拡大していくために企業は新規顧客獲得や離反防止の施策など、消費者に対して様々なマーケティングを行っている。その際、適切なターゲットを選定するには、将来離反するリスクの高い顧客が誰なのか、逆に多くの収益をもたらす可能性が高い優良顧客が誰なのか、といった情報が必要となる。また顧客生涯価値の増大には、リピート購入の促進やクロスセル・アップセルといった施策が考えられるが、そのような施策の効果的な実行には、対象顧客の顧客生涯価値やその変化、あるいは次に購入しそうな商品などを理解する必要がある。これらの施策の実行に必要な情報は離反予測や顧客生涯価値の予測などの購買行動予測によってもたらされるため、プラットフォームビジネスにおいて、顧客の購買行動を予測することは非常に重要である。

しかし、アカデミックリサーチにおいて、プラットフォームビジネスの購買行動予測にはいくつかの課題がある。一つは公開されている学術的研究の成果が少ないことである。顧客の購買行動予測は実務上様々な企業で行われているが、購買データの秘匿性もあり、公開されている研究成果は限定されている。特に顧客生涯価値や離反予測に関連するプラットフォームビジネスにおける研究は希少である。また単一のビジネスを対象とした従来研究を適用することも考えられるが、多数の売り手、買い手が存在するプラットフォームビジネスの顧客購買行動は多

様であり，そのような複雑な購買行動を考慮していないモデルでは，予測が十分に機能しないと考えられる．そのため，プラットフォームビジネスの複雑な購買行動を考慮した顧客生涯価値や離反予測を行うプラットフォームビジネスに特化した研究が望まれる．そこで，本研究ではプラットフォームビジネスを対象とし，機械学習を用いて，潜在的な購買パターンを考慮した顧客生涯価値予測と離反予測モデルを構築することを目的とする．対象事例とするプラットフォームビジネスは，製品やサービスを販売する事業者が導入し，消費者がそれらのサービスを利用することで，事業者から購買を行うことができるサービスとし，実データを用いた検証を行う．

本研究ではプラットフォームビジネスにおける顧客購買行動の予測と，予測に必要な潜在的な特徴量の抽出と分析を行う．具体的には，1)機械学習の手法を用いて離反予測及び顧客生涯価値の予測モデルを構築すること，2)顧客購買行動の変化に影響を与える要因を購買データより抽出された潜在的な特徴量から分析することである．プラットフォームビジネスでは様々なマーケティング施策を行うために離反予測や顧客生涯価値を予測するモデルを構築しているが，どのような要因がその後の購買行動に影響しているか把握することで，施策の立案に活用することができる．例えば，ある店舗，あるいは店舗カテゴリでの購入がより高い顧客生涯価値につながるとすれば，その店舗や店舗カテゴリでの購入を促す施策を検討するなどである．本研究では，予測精度の高いモデルを構築すると同時に，そこから得られた有効な特徴量を分析することで，効果的なマーケティング施策を立案するための示唆を得ることを目的とする．

本研究では上記二つの目的を実現するために，以下の2つのアプローチをとる．

① 購買行動に変化を与える要因となりうる潜在的な特徴を購買パターンとして抽出し，それらを予測の入力変数として活用するアプローチ

② データ駆動で関連する顧客行動予測タスクに有効な特徴を抽出し，その中間表現を解釈するアプローチ

①のアプローチでは将来の購買行動に影響を及ぼす潜在的な特徴量を抽出し，それらを予測の入力変数として活用する．この時，潜在的な特徴量と顧客の関係を分析することで，どのような購買傾向，あるいは購買パターンが将来の購買行動に影響を与えているか理解することができる．②のアプローチでは購買行動を予測するモデルを構築した上で，その中間層で抽出された特徴量を分析し，どのような特徴量が顧客の購買行動に影響するか，解釈を与える．

本研究では前述したアプローチに沿って，以下の三つの手法を提案する．

アプローチ①：

手法1 [第3章]：非負値行列因子分解を用いた顧客生涯価値予測

手法2 [第4章]：変分オートエンコーダを用いた離反予測

アプローチ②：

### 手法 3 [第 5 章]: マルチタスク学習による顧客購買行動予測

顧客生涯価値予測や離反予測の研究は非常に長い歴史があり、小売業や E コマース、オンラインゲームなど様々な業界での研究が行われている。しかし、そのほとんどが単一ビジネスに特化したものであり、プラットフォームビジネスにおける研究に特化したものは非常に少ない。これに対し、本研究では、プラットフォームビジネスの実データを用いて購買行動予測モデルの構築、有効な特徴量の分析を行っており、単一ビジネスにおける研究や予測との違いが明らかになり、複雑なビジネスモデルにも適用可能な予測モデルの研究の発展につながるものと考えられる。

本論文は 7 章から構成されている。各章の内容は以下の通りである。

第 1 章では本研究の背景と目的について述べる。

第 2 章では本研究での対象事例であるプラットフォームビジネス、また前提となる顧客生涯価値や離反について述べる。さらに顧客購買行動予測における周辺研究を説明する。

第 3 章では非負値行列因子分解を用いて、購買データより潜在的な特徴量を抽出し、ランダムフォレスト回帰による顧客生涯価値の予測を行う。また抽出された特徴量に所属するユーザーの購買行動を分析することで、特徴量の解釈を与える。

第 4 章では、第 3 章と同様のアプローチで、変分ベイズオートエンコーダを使用して購買データより潜在的な特徴量を抽出し、離反予測に利用するモデルについて説明する。実データによる実験で有効性を示し、さらにいくつかの機械学習による分析手法を用いて、抽出した潜在的な特徴量を分析した。

第 5 章では多層ニューラルネットワークを用いて、顧客生涯価値の予測、離反予測を同時に実行するマルチタスクモデルを構築し、実データによる比較実験を行い、有効性を示した。またニューラルネットワークの中間層のデータを分析することで、抽出される特徴量の特性について確認した。

第 6 章では、本研究で得られた全体的な考察を述べると共に、本研究で提案された 3 つの手法の活用方法、アプローチ、プラットフォームビジネスと単一ビジネスを対象としたモデルの違いについて考察を述べる。

最後に第 7 章は結論であり、本研究の成果のまとめ、今後の課題と展望について述べる。

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名： 蓮本 恭輔 \_\_\_\_\_ 印

(2023年 2月 現在)

種類別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 多層ニューラルネットワークを用いたマルチタスク学習による顧客購買行動予測 情報処理学会論文誌, vol. 63, no. 6, pp. 1276-1286, 2022 蓮本恭輔, 後藤正幸</li> <li>○ Predicting Customer Churn for Platform Businesses: Using Latent Variables of Variational Autoencoder as Consumers' Purchasing Behavior Neural Computing and Applications, 1-17, 2022 Kyosuke Hasumoto, Masayuki Goto</li> <li>○ 非負値行列因子分解を用いたプラットフォームビジネスにおける顧客生涯価値予測 情報処理学会論文誌, vol. 60, no. 7, pp. 1283-1293, 2019 蓮本恭輔, 雲居玄道, 後藤正幸</li> </ul>
講演	<p>(国際会議)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Predicting Customer Lifetime Value using Neural Networks with Multi-task Learning Approach 2020 INFORMS Annual Meeting, 2020 Kyosuke Hasumoto, Masayuki Goto</li> <li>○ Predicting Customer Churn of a Platform Business Using Latent Variables of Variational Autoencoder and Analysis of Customers' Purchasing Behaviors The 20th Asia Pacific Industrial Engineering And Management Systems (APIEMS 2019), ID-94, 2019 Kyosuke Hasumoto, Masayuki Goto</li> </ul> <p>(国内会議)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 非負値行列因子分解による顧客購買パターン抽出と顧客生涯価値予測 情報処理学会第80回全国大会, 6A-04, 2018 蓮本恭輔, 雲居玄道, 後藤正幸</li> </ul>

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名： 蓮本 恭輔 印

(2023年 2月 現在)

種類別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他	<p>(国際会議) A Study of Diversity Analysis Model for Cooking Recipes Based on Embeddings The 19th Asian Network for Quality Congress (ANQ2021), C10-P20-03(JP-014), 2021 Koutarou Yamashita, Fumiyo Ito, Kyosuke Hasumoto, Masayuki Goto</p> <p>(国内会議) BERTによる特徴抽出を駆使した商品レビュー分析モデルに関する一考察 情報処理学会第84回全国大会, 2022 山下皓太郎, 雲居玄道, 蓮本恭輔, 後藤正幸</p> <p>分散表現を用いたレシピの多様性の分析モデルに関する一考察 第35回人工知能学会全国大会 (JSAI2021), 2G4-GS-2f-02, 2021 山下皓太郎, 伊藤史世, 蓮本恭輔, 後藤正幸</p> <p>分散表現モデルに基づく料理レシピの多様性分析手法 日本経営工学会春季大会, A05, 2021 山下皓太郎, 伊藤史世, 蓮本恭輔, 後藤正幸</p>