

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

会員ステージランク制を対象とした顧客購買行動分析モデル
に関する研究

A Study on Customer Purchase Behavior Analysis Model for
Membership Stage Rank System

申請者

楊 添翔
Tianxiang YANG

経営システム工学専攻 情報数理応用研究

2023年7月

近年、小売業界においては、顧客との良好な関係を築くためのマーケティングツールとして Frequent Shoppers Program(FSP)というシステムが広く活用されるようになってきている。これは利用や購入に対してポイントを発行し、頻繁に自社製品やサービスを購入・利用する優良顧客に対して特典や優待などを提供するシステムである。さらに、会員のある一定期間の累積購買金額や来店回数に応じて顧客のステージを定義し、ステージが上がる毎に顧客に特典や優待を提供するシステムも広く導入されている。これらは会員ステージランク制と呼ばれ、特定の条件を満たす毎に顧客のステージが上位へ推移し、ポイントやクーポンなどの特典が得られる仕組みである。このシステムでは、上位会員ステージに対して高価な特典内容を設定することで、顧客への購買インセンティブを与えるマーケティングツールとなっている。本研究では、会員ステージランク制を導入している小売企業に着目し、このシステムを考慮した顧客データ分析手法を研究対象とする。

会員ステージランク制には次の3つの特徴がある。(1)顧客は新しい上位ステージに到達した際、企業から特典や優待が提供される、(2)顧客のステージアップの成長条件は会員ステージ毎に設定され、通常、下位会員ステージでは、成長のインセンティブを与えるために到達しやすい成長条件が設定される、(3)上位会員ステージほど、特典内容の価値も高く設定される、という特徴である。これら3つの特徴により、顧客にインセンティブを与え、より高いステージの顧客数を増やすことが会員ステージランク制の主たる目的である。しかし、一般には上位層の顧客は非常に少なく、下位層の顧客が圧倒的に多いという状況がほとんどであるため、何らかの施策が望まれている。これに対し、各会員ステージの顧客購買行動が把握できていない場合、有効なビジネス施策を構築することは困難であるという課題がある。すなわち、会員ステージランク制における有効なビジネス施策を計画するためには、企業の売上向上に繋がる優良顧客育成のための顧客購買行動分析が大変重要となる。

一方、顧客の購買行動分析を対象とした多くの従来研究では、基本的なトピックモデルである Probabilistic Latent Semantic Analysis(PLSA、確率的潜在意味解析)がシンプルかつ解釈性が高い手法として採用されている。これは、顧客をソフトクラスタリングする機能を有したモデルであり、様々に異なる嗜好を有する顧客が混在していることを前提としたマーケティング分析に適した手法である。そこで本研究では、各会員ステージの顧客の購買履歴データに対し、PLSAを適用して顧客クラスタリングを行うことで、施策検討に結び付ける方法論を検討する。その際、会員ステージングランク制において、購買行動分析から有効な施策を検討するため、次の2つのアプローチを考える。1つ目は上位ステージの顧客購買行動の特徴を把握することで、上位層の優良顧客の維持を目的とした施策へ結び付けるアプローチである。2つ目はステージ間の顧客の購買行動変化の把握を行うことで、下位層の非優良顧客に対し、より効果的に会員ステージの成長を促す

施策を立案するというアプローチである。しかし、これらの2つアプローチのための分析手法としてPLSAモデルを適用することを考えると、会員ステージランク制に特有の問題点が生じてしまう。すなわち、下位層の顧客が圧倒的に多いため、全ての会員ステージの顧客の購買履歴データをまとめて1つのPLSAモデルを構築した場合、その結果が下位層の顧客の嗜好を反映したものとなってしまう、上位層の顧客の特徴把握や会員ステージ間の特徴比較が困難となることである。一方、各会員ステージで独立にPLSAモデルを適用した場合、得られる潜在クラスの特徴がPLSAモデル毎に異なるため、それらの結果をステージ間で比較できず、有効な施策の検討に結び付けることができない。従って、会員ステージランク制の特徴を考慮した購買行動分析モデルの構築が望まれる。そこで本研究では、会員ステージランク制を対象とし、PLSAモデルをベースとしつつ、ステージ毎の潜在的な購買行動を分析できるようなモデルを構築することを目的とする。具体的には、前述した2つのアプローチを実現し、会員ステージランク制度特有の問題を解決するため、以下の2つの手法を提案する。

手法① [第3章] 確率的潜在意味解析の転移学習に基づく会員ステージを考慮した購入行動分析モデル：

転移学習により、膨大な下位ステージの顧客データを上位ステージのモデル推定に援用し、上位ステージのクラスタリング結果を改善する手法を提案する。具体的には、ステージ間の購買行動が徐々に変化することを仮定することで、隣接するステージ間の顧客購買行動で類似している部分の情報を活用する。また、データ数が多い最下位のステージから得られた信頼性が高いモデルのパラメータを再利用し、徐々に上位層に転移してモデルを構築する。この方法により、上位層モデルのクラスタリング結果が適切な解に収束しやすくなるため、精度が高くなり、より正確な顧客の購買行動を反映することが可能となる。

手法② [第4章] 会員ステージ間の潜在クラス分布を比較する購買行動分析モデル：

ステージ間での顧客の購買傾向（嗜好）の差異に着目し、構築した全体モデルから得られた情報を再利用することで、ステージ毎の潜在クラスの所属割合がどのように異なるかを比較する手法を提案する。具体的に各ステージのモデルを構築する際、全体ユーザのモデルから得られた情報をモデルに導入し、ステージ毎のモデルに対して購買行動の比較基準を統一することで、ステージ間、クラス毎のユーザの購買行動の差異や人数の変動を比較することが可能な手法を構築する。

顧客の購買行動分析に関する研究は非常に広く行われており、従来から様々な手法やモデルが提案されている。これらの分析技術は、実店舗やEC (Electronic Commerce) サイト、決済サービスなど様々な業態を対象として研究が行われてきた。しかし、会員ステージランク制のデータ構造に基づいた顧客購買行動分析に

おける研究に特化したものは非常に少ない。本研究では、会員ステージランク制を対象として精度の高い分析手法を提案しており、人工データを用いた精度評価に加え、実データを用いた購買行動分析モデルの構築を通じてステージ間の顧客の購買行動の変動を明らかにしており、ビジネス施策立案に適用可能な分析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6章から構成されている。

第1章においては、研究背景、研究対象と目的について述べている。

第2章においては、一般的な顧客購買行動分析について述べる。さらに顧客購買行動手法に関する周辺研究について概要をまとめる。

第3章においては、会員ステージランク制を対象としたPLSAモデルに転移学習を導入し、下位層モデルから得られたパラメータを転移することで、上位層モデルの推定精度を向上させた手法を提案する。提案手法で抽出した潜在クラスにより顧客購買行動を分析することで、ステージ間の顧客の購買のトレンドを比較することが可能となる。人工データを生成し、シミュレーション実験を行うことで、提案手法の推定精度の側面での有効性を示す。また、提案手法を実データに適用し、ステージ間の購買トレンドについて分析を行う。

第4章においては、会員ステージ間でPLSAモデルの潜在クラスのサイズを比較可能なモデル構築法を提案する。提案手法は、全体ユーザの購買行動モデルを構築して潜在的な購買嗜好の特徴量を抽出し、全体ユーザモデルから得られた情報を再利用して各ステージのモデルを構築することで、ステージ間の顧客の購買行動の差異を比較可能としている。人工データのシミュレーション実験により、提案手法の推定精度の観点からの有効性を示し、さらに、実データによる分析実験を通じてステージ間の購買行動の変化を分析する。

第5章においては、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2つの手法のアプローチ、新規性、解釈性、活用方法の違いについて考察を述べる。

第6章においては、本研究の結論を示し、今後の課題を述べる。

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名： 楊 添翔

印

(2024年 02月 01日 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	(筆頭)
○	<p>会員ステージ間の潜在クラス分布を比較する購買行動分析モデルに関する一考察 日本経営工学会論文誌, Vol. 73, No. 2, pp. 54-69, 2022 楊 添翔, 雲居 玄道, 山下 遥, 後藤 正幸</p> <p>Transfer learning based on probabilistic latent semantic analysis for analyzing purchase behavior considering customers' membership stages Journal of Japan Industrial Management Association, Vol. 73, No. 2E, pp. 160-175, 2022 Tianxiang Yang, Gendo Kumoi, Haruka Yamashita, Masayuki Goto</p>
○	
論文	(共著)
	<p>Evaluation of the Recommendation Effect of Individual Interventions in a Recommender System Total Quality Science, Vol.8, No.2, pp.77-88, 2023 Taichi Imafuku, Tatsuya Kawakami, Tianxiang Yang, Masayuki Goto</p> <p>An Analytical Model of Response Interval Between Employees on Business Chat Systems Based on Latent Class Model Total Quality Science, Vol.7, No.3, pp.149-160, 2022 Fuyu Saito, Ayako Yamagiwa, Tianxiang Yang, Masayuki Goto</p> <p>顧客成長を促す施策立案のための特徴転移型クラスタリングモデル 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.10, pp.1704-1715, 2021 平野 洋介, 楊 添翔, 雲居 玄道, 阿部 永, 後藤 正幸</p> <p>中古ファッションECサイトにおける出品条件と販売価格の関係分析モデルに関する一考察 経営情報学会誌, Vol.30, No.1, pp.47-65, 2021 金澤 真平, 楊 添翔, 後藤 正幸</p> <p>商店を直線表現したTransRecモデルに基づく電子商店街の商品推薦アルゴリズム 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.2, pp.782-795, 2021 大堀 祐一, 楊 添翔, 山下 遥, 後藤 正幸</p> <p>A Study of Feature Clustering Analysis based on the Hidden Layer Representation of an Autoencoder Total Quality Science, Vol.5, No.1, pp.11-22, 2019 Shimpei Kanazawa, Yuuki Sugiyama, Tianxiang Yang, Masayuki Goto</p> <p>An Analytical Model of Relation between Browsing and Entry Activities on an Internet Portal Site for Job-hunting Total Quality Science, Vol.4, Issue 3, pp.109-118, 2019 Yuuki Sugiyama, Takumi Arai, Tianxiang Yang, Tairiku Ogihara, Masayuki Goto</p>
講演	(国際会議)
	<p>Cross-Lingual Analysis Based on Natural Language Model to Explore Nationality Differences in Traveler Value The 7th Asian Conference of Management Science and Application (ACMSA 2023), 2023 Tianxiang Yang, Hideo Suzuki, Masayuki Goto</p> <p>Data Augmentation Based Method for Enhancing Interpretability of Biterm Topic Model The 20th Asian Network for Quality Congress (ANQ2022), Beijing(Online), ANQ-TQS-22-044, 2022 Tianxiang Yang, Yuki Nishida, Haruka Yamashita, Masayuki Goto</p>

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名： 楊 添翔

印

(2024年 02月 01日 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）
	<p>A Study of Analysis Methods for Explaining Different Important Items Focused on Membership Stage Growth 2020 INFORMS Annual Meeting, TA05, 2020 Tianxiang Yang, Haruka Yamashita, Masayuki Goto</p> <p>An Analysis Method Based on Customer Definition for Detecting Latent Customer Purchase Behavior Focused on Membership Stage Growth 2019 Asian Conference of Management Science & Applications (ACMSA2019), 2019 Tianxiang Yang, Haruka Yamashita, Masayuki Goto</p> <p>A Study on Analysis Methods of Latent Customer Purchase Behavior Focused on Membership Stage Growth The 4th International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science (BCD 2019), pp.148-153, 2019 Tianxiang Yang, Haruka Yamashita, Masayuki Goto</p> <p>Transfer Learning Based on Probabilistic Latent Semantic Analysis for Analyzing Purchase Behavior Considering Customers' Membership Stages 2017 Asian Conference of Management Science & Applications (ACMSA2017), China, Fujian, 2017 Tianxiang Yang, Gendo Kumoi, Haruka Yamashita, Masayuki Goto</p>
	<p>(国内会議)</p> <p>生花ECサイトを対象とした閲覧履歴に基づく購買行動分析に関する一考察 日本経営工学会春季大会, E23, 2021 楊 添翔, 鎌形 祐志, 山極 綾子, 後藤 正幸</p> <p>会員ステージ制における顧客の行動分析のための転移学習モデルについて 日本経営工学会春季大会予稿集, K11, 2018 楊 添翔, 雲居 玄道, 山下 遙, 後藤 正幸</p> <p>会員ステージ向上に着目した重要商品の分析手法に関する一考察 情報処理学会第79回全国大会, 7A-03, 2017 楊 添翔, 山下 遙, 後藤 正幸</p> <p>ベータ分布を導入したpLSAモデルに基づく協調フィルタリング 日本経営工学会秋季大会予稿集, pp.140-141, 金沢, 2015 楊 添翔, 板垣 直矢, 三川 健太, 後藤 正幸</p>
その他	<p>(国際会議)</p> <p>Adaptive Ranking-based Sample Selection for Weakly Supervised Class-imbalanced Text Classification Findings of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2022), pp.1641-1655, 2022 Linxin Song, Jieyu Zhang, Tianxiang Yang, Masayuki Goto</p> <p>An Extended Model of Bayesian Optimization Method Considering Input-dependent Variance for Decision Support in Business Activities The 22nd Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2022), BM015, 2022 Taiga Yoshikawa, Yuta Sakai, Tianxiang Yang, Masayuki Goto</p> <p>NoDust: Noisy Data Query Strategy Enhanced by Weak Supervised Learning The 22nd Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2022), IEM051, 2022 Linxin Song, Tianxiang Yang, Masayuki Goto</p>

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名： 楊 添翔

印

(2024年 02月 01日 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）
	An Improved Translation-based Recommendation Considering Last Purchasing Sequence 2021 IEEE 12th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (IEEE IWCIA2021), Online, 2021 Yashu Li, Yamagiwa Ayako, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	A Study on Ensemble Learning Model with Interpretability The 19th Asian Network for Quality Congress (ANQ2021), C10-P25-03(JP-025), 2021 Taiga Yoshikawa, Ayako Yamagiwa, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	A Study on Recommender System by Evaluating the Recommendation Effect of Individual Intervention The 19th Asian Network for Quality Congress (ANQ2021), C10-P18-03(JP-040), 2021 Taichi Imafuku, Tatsuya Kawakami, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	An Analytical Model of Response Interval Between Employees on Business Chat Systems Based on Latent Class Model 18th Asian Network for Quality Congress (ANQ2020), ANQ-130, 2020 Fuyu Saito, Ayako Yamagiwa, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	Collaborative Filtering Based on Distributed Expression Considering Difference in Evaluation Tendencies 17th Asian Network for Quality Congress (ANQ2019), ID-223, 2019 Ryousuke Goto, Hideki Fujinami, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	An Analytical Model of Exhibition Price Change Effects on Second-Hand Fashion EC Site 2019 Asian Conference of Management Science & Applications (ACMSA2019), 2019 Shimpei Kanazawa, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	A Study on Feature Clustering Analysis by the Hidden Layer of Autoencoder 16th Asian Network for Quality Congress, Full Paper ANQ2018(JP-044), 2018 Shimpei Kanazawa, Yuuki Sugiyama, Tianxiang Yang, Masayuki Goto
	An Analytical Model of Relation Between Browsing and Entry Activities on an Internet Portal Site for Job-hunting 15th Asian Network for Quality Conference (ANQ2017), Soaltee Crowne Plaza, Kathmandu, Nepal, ICT-02, 2017 Yuuki Sugiyama, Takumi Arai, Tianxiang Yang, Masayuki Goto, Tairiku Ogihara
	(国内会議)
	顧客と商品の補助情報を考慮したAttention機構付きEmbeddingモデルによる顧客特性分析 第37回人工知能学会全国大会 (JSAI2023), 1B3-GS-2-04, 2023 石井 達也, 土屋 希琳, 楊 添翔, 後藤 正幸
	複数の商品購買順序情報を考慮する拡張Translation-based Recommendationモデルの提案 第44回情報理論とその応用シンポジウム, 1.4.3, 2021 李 ア舒, 山極 綾子, 楊 添翔, 後藤 正幸
	Self-Attention Networkを用いたノードのマルチラベル分類 日本経営工学会春季大会, A20, 2021 飯塚 玲夫, 川上 達也, 楊 添翔, 後藤 正幸
	LSTMモデルに基づくECサイトの閲覧履歴データ予測モデルに関する一考察 日本経営工学会秋季大会, A12, 2020 張 志穎, 楊 添翔, 後藤 正幸