

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文審査報告書

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

2024年2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．すなわち，ステージアップ毎に顧客にインセンティブを与えることで，顧客により高いステージへ成長してもらう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，現実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，企業側は様々なマーケティング施策を講じている．その際，各会員ステージの顧客購買行動が把握できていないと，具体的で有効なビジネス施策の検討に結び付けることができないため，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，顧客をソフクラスタリングする機能を有したモデルであり，様々な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．

以上を背景として本研究では，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している．その際，会員ステージランク制において，購買行動分析から有効な施策を検討するため，次の2つのアプローチを検討している．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つの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 モデルを構築すると，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という問題である．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，このような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．このことから本研究では，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している．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つの手法を提案している。

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

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した。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している。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している。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した。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した。

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きた。これらの分析技術は基本的には、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いる。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。各章の内容は以下の通りである。

第1章では、研究背景、研究対象と目的について述べている。

第2章では、準備として一般的な顧客購買行動分析について述べたうえで、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ている。

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している。提案手法で抽出した潜在クラスを用いて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った点が主たる研究の貢献である。本章では、人工データを用いたシミュレーション実験により提案手法の

推定精度面からの評価を行うと共に，実データを用いたステージ間の購買トレンド分析を通じて，提案手法の有効性を示している．

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している．本章の提案手法は，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た点が主たる研究の貢献である．人工データを用いた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している．

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ている．

最後の第6章においては，本研究の結論を示し，今後の課題を述べている．

顧客の購買履歴データを活用した顧客購買行動分析は，小売業に情報技術が活用されるようになってから急速に発展をみせた領域であり，現在も，マーケティング分野と情報技術分野の双方から研究が行われている．しかし，会員ステージランク制というマーケティング手法の特性を活かし，多段階の会員ステージ間での顧客嗜好の差異を定量的に分析するためのモデルを高度化した研究は非常に少なかった．本研究はこの課題に対し，極めて明快なアプローチを駆使して従来の顧客クラスタリング手法を発展させることに成功しており，その成果は今後の様々な場面でのデータ分析に応用が効くものであると考えられる．

以上により，本論文は顧客購買行動分析モデル，並びにPLSAモデルに基づく顧客クラスタリングの実問題における活用方法に関する研究領域において，大きく貢献することが期待できると判断されるため，博士（工学）早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める．

2024年2月

審査員

主査 早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学 後藤 正幸

早稲田大学教授 工学博士 大阪大学 永田 靖

早稲田大学教授 博士（情報科学）大阪大学 蓮池 隆

早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学 小林 学