

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 新美 潤一郎

論 文 題 目 顧客の行動の多様性を用いた行動予測手法の提案－多様性変数を活用した消費者の閲覧・購買の予測と精度の検証－

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院経済学研究科(教授) 根本 二郎

名古屋大学大学院経済学研究科(教授) 山田 基成

名古屋大学大学院経済学研究科(准教授) 宮崎 正也

論文審査の結果の要旨

1. 本論文の概要

(1) 本論文の目的

本論文の目的は、企業がマーケティング等の戦略策定を行うにあたり、顧客の将来の行動や競合他社の利用状況等の予測精度を向上させるための顧客行動に関する指標開発や解析手法の提示にある。通信速度や計算速度の向上といった ICT（情報通信技術）の発展による Web サイトのリッチコンテンツ化やスマートフォン等高機能端末の個人レベルでの普及に起因するライフスタイルの変化により、e コマース（電子商取引）市場は年々拡大している。また消費者の嗜好の多様化に伴い、より個人個人の嗜好に最適化したマーケティング戦略が必要とされてきている。このような背景から顧客行動の予測はますます重要度を高めている。

そこで本論文では近年活用が急務とされている企業の大規模データ（顧客の購買履歴データ・インターネット閲覧履歴データ・調査データ等）から行動や嗜好の「多様性」を指標化し、分析に投入することで顧客行動の予測精度を向上させる可能性について検証している。さらにその予測に用いる手法についても従来のデータ解析において一般的に用いられてきた統計解析手法だけでなく、近年普及を続ける機械学習、とりわけ深層学習等の推定器を用いた解析を行っている。その際、特に深層学習の活用上問題とされる解析のブラックボックス化について、網羅的な解析を行いその性質を明らかにしている。

(2) 本論文の構成と内容

本論文は 5 つの章で構成されている。

第 1 章「はじめに」では、本論文が目的とするところの小売企業における行動予測の精度を改善することの意義について述べるとともに、先行研究で捉えられない消費者の行動の幅広さを考慮した行動予測を行うことで、企業が本来得ることのできない各顧客の市場全体の利用状況（シェア・オブ・ウォレット）に最適化したマーケティング戦略を展開できる可能性およびその必要性について述べている。

第 2 章「先行研究と多様性の理論的背景の考察」では、まず本論文で実施する内容に関連した先行研究として、一般的な CRM（顧客関係管理）手法やインターネット上の閲覧・購買・回遊等を対象に行動予測を実施した先行研究、オンライン／オフラインに限らない様々な市場における顧客のシェア・オブ・ウォレットを推定した先行研究について俯瞰的なレビューを行なっている。その際は特に Web 閲覧履歴データから一般的に得られる情報でありながら先行研究での活用が限定的であった

リファラ（参照元ページ）情報に着目している。購買行動には消費者の異質性が存在している点に触れた上で、リファラ情報をはじめとした顧客行動についてその幅広さを多様性変数として定義し解析に投入することで顧客行動の予測精度が改善する可能性を示している。また擬似データによるシミュレーションを用いて最新の CRM 手法と多様性変数を比較し、その有用性についての解析を実施している。さらに、近年深層学習のマーケティング応用が積極的に行われている点について、深層学習では特徴選択により多層の潜在変数を自動で構築する柔軟な予測が可能であることに触れつつ、一方で解析がブラックボックス化してしまうことから変数間の関係が捉えられないという問題に着目、網羅的な解析による検証の必要性を述べている。

第 3 章「Web 行動の多様性の検討」では、前章で定義した多様性指標の有用性の検証を目的に、実際に収集された Web 閲覧データを用いて複数の解析を実施している。まず Web サイト上での閲覧・購買行動のそれぞれについて、先行研究で用いられる説明変数群に加えて多様性変数を投入した場合の予測精度の変化を確認している。結果として閲覧・購買ともに多様性変数を用いた場合に予測精度が改善したことから、顧客行動の予測にあたり購買過程の異質性を考慮することが有用であることを示している。しかしながら消費者の異質性は顧客をモデルに変量効果として投入することでも考慮が可能であることや、マーケティング分析にあたってある一回の訪問時期とその際の購買有無のモデリングを行うことでより実務的意義が高まることから、より発展的なモデルとして積分段階的ラプラス近似法（INLA）を用いた同時モデリングについても実施している。こちらも結果として消費者の異質性を考慮し、なおかつ多様性変数を投入した場合でもっともモデルが改善したことから、消費者の行動の多様性には消費者の異質性以外にも Web 利用の習熟度の反映などの有用な効果が存在することが示唆された。

第 4 章「深層学習を用いた Web と実行動の多様性の検討」では、次の 2 つの目的意識のもとに解析が行われている。ひとつには、実行動における多様性指標の有用性の検証である。前章までの解析では多様性は Web 行動に限定して計測されてきたが、あるプライベートブランドにおいて消費者の実店舗での行動についてもデータが蓄積されていることから、これを用いて消費者の実店舗での商品の検討の過程の情報から多様性変数を計測し、解析に投入することでその有用性を検証している。またもう一点の目的として、深層学習において特徴選択を用いることによる説明変数と予測精度の関係の検証を挙げている。第 2 章でも述べられているように深層学

習では複雑な特徴量でも内部で自動的に生成されるため分析者が手作業で変数を定義する必要がないことが大きな利点とされているが、実際にどれほど複雑な変数が自動的に考慮されるのかについては網羅的に検証する必要がある。以上 2 点の目的意識から、消費者の Web 上／実店舗での訪問／購買の行動を複数の変数群の組み合わせを用いて一般化線形モデル／深層学習で予測し、結果を多重に比較することで予測手法としての深層学習と統計モデリングそれぞれの優位性について議論している。

最後に第 5 章「まとめ」では、各章で実施した解析を俯瞰することで多様性変数の有用性についてまとめるとともに、本論文の学術および実務的意義と今後の課題について議論している。

2. 本論文の評価

本論文はその目的として、一貫して顧客行動の予測精度の改善に焦点をあてた指標開発および解析手法の提示を行っており、次のような学術的貢献を挙げることができる。

第 1 に、本論文では企業外部の情報を得るための数少ないソースとなりうるリファラ情報について、その幅広さを指標化することで顧客行動の予測精度を向上できることを複数のデータとシミュレーションを用いて検証している。実際に近年広く普及する CRM 手法と比較した予測の優位性についても示されている。この多様性指標の開発はそもそも先行研究や実務的局面における顧客データ利活用の自由度の低さを発端としていることから、既存の経済指標を用いて容易に算出できるようになっている。したがってリファラへの適用に限らずマーケティング分析における消費者行動のモデリングに広く応用できる概念であり、学術および産業応用の両面に大きな貢献をもたらすものである。

第 2 に、昨今のマーケティング分析ではモデルの複雑化に伴いマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) をはじめとしたシミュレーションによる解析が広く実施されているが、その多くが豊富な計算資源に頼った解析であるといえる。特に大規模データの利活用に伴う解析時間の長期化はデータ解析に基づく迅速な意思決定の障壁ともなりうる問題であり、INLA をはじめとする最新の統計手法を採用した効率的な解析手法の提示は実務におけるデータ解析にも十分な知見を与えるものである。

第 3 に、一般的な深層学習のマーケティング応用にあたってはかねてより解析のブラックボックス化、すなわち特徴選択による潜在変数の内部的な自動生成に起因

して、投入変数と予測精度の関係が把握できないという問題が指摘されていた。本論文ではこのような問題に対して、どれほど複雑な変数が内部的に生成されているのかを検証することを目的に、様々なデータと変数群の組み合わせによる網羅的な比較検証を実施、その結果として多様性変数のような複雑な変数を内部的に生成することは行われておらず、分析者によって定義し投入される必要があることを示した。画像認識等と異なりマーケティングデータ等の社会科学データを用いた場合の特徴選択の精度の検証を行った論文は稀有であり、データ利活用の機運の高まりに伴い柔軟な予測の可能性から普及が進む深層学習について、その活用には慎重さが必要であることを示す先駆的な試みであるといえる。

このように、本論文はいくつかの学術的貢献を有する一方で、次のような課題を残している。

まず、多様性指標が有用であることの一般性は複数の実データ解析を通じて担保されているものの、いずれも購買チャネル全体での購買を対象とした解析であることから、購入される消費財の種類ごとの多様性の有効性に関しては検証されていない。消費者の購買行動とその過程としての閲覧行動の関係を明らかにするにあたり、より経済学的な関心としての個別の商品カテゴリと多様性の関係についても検証することが望まれる。

次に、本論文では多様性指標が有用となりうる構造に関して、関連する文献から Web 利用の習熟度の反映などいくつかの可能性を挙げている。しかしながら多様性指標が計測の対象としている商品探索から購買までの過程にあたっては、限られた情報を用いて最適な意思決定を行うという点で経済学的な観点でのサーチ理論等と関連している可能性もある。これら関連する経済理論における探索行動との関係を用いることで、多様性変数の構造についてより明確にすることが望まれる。

また、機械学習手法のマーケティングへの応用にあたり、情報工学分野においては商品情報や商品レビュー等の **web contents data** を特徴量として解析に投入する試みが行われている。しかしながら本論文では、深層学習を用いた解析にあたり、次元数の増加を防ぐことを目的にシンプルな構造のモデルを採用しているため、**web contents data** は考慮されていない。このような **web contents data** の活用により、価格や商品カテゴリ情報のみからでは得られないような消費者の嗜好の差異や多様性を把握できる可能性がある。

このように本論文にはいくつかの課題が見られる。しかしながらこれらは今後の研究の発展に繋がりうる示唆を示したものであり、本研究の学術的価値を損なうも

論文審査の結果の要旨

のではない。

3. 結論

以上の評価に基づき、われわれは本論文が博士（経済学）の学位に値するものであることを認める。

2018年2月21日

論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院経済学研究科	教授	根本二郎
委員	名古屋大学大学院経済学研究科	教授	山田基成
委員	名古屋大学大学院経済学研究科	准教授	宮崎正也