

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25780277

研究課題名(和文) ベイジアンネットワークを用いた消費者行動と購買行動のモデル化

研究課題名(英文) Application of Bayesian Network for Prediction Behavior via Direct Observation of In-store Behavior

研究代表者

左 毅 (Zuo, Yi)

名古屋大学・未来社会創造機構・助教

研究者番号：70633684

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、先行研究をもとに理論的な調査と検討を進めるとともに、ベイジアンネットワークを消費者動線に関するRFIDデータの解析へ適用して、この技術的な課題を明らかにした。提案手法は、消費者の購買意欲と滞在時間の非線形関係及び非単調増加関係を判明し、消費者の購買「退屈」現象を抽出できた。これで、購買行為の意思決定感度による決定閾値の特徴も明らかにした。既存手法に比べて、消費者行動の新しい認識方法の有効性を示したとともに、消費者の意識・行動の違いを分析することで新しマーケティング活動支援における有意性も確認できた。

研究成果の概要(英文)：In strategic management of retail industry, the advanced investigation by using radio frequency identification (RFID) technology to capture customers' in-store behavior has been dramatically attracted scholars and practitioners in recent ages. In contrast to prior studies in this research field, this work has paid special attention to shopping time that customers spent in supermarket (so-called stay time), and presents methodological analysis into two folds. First, due to BN can estimate and predict in a nonlinear correlation between purchase intention and stay time, we examine a tedium effect on purchase behavior. During the customers wander in shopping, purchase intention represents a non-monotonic phenomena accounting for the long stay time. Second, we also investigate the sensitivity and specificity of purchase behavior predicted by our proposal in adjustment of decision threshold and implements several business decision-making implications in actual business situations.

研究分野：消費者行動

キーワード：RFIDデータ 消費者の購買行為 消費者の滞在時間 退屈現象 ベイジアンネットワーク

1. 研究開始当初の背景

小売業において、多くの企業が売上・利益を上げるため、知識管理 (Knowledge Management-KM) システムや顧客関係管理 (Customer Relation Management-CRM) システムなどが導入されている。これらの管理システムによって、消費者の購買履歴のような POS(Point Of Sale) データを収集し、消費者の購買行動を分析・理解することが可能になる。従来の研究において、Guadagni(1983)ら[1]や Gupta(1988)[2]により、このような消費者の購買行動モデルが提案されている。

2000 年以來、人物の移動軌跡を無線技術により計測可能にする RFID (Radio Frequency Identification) 技術の普及および低価格化によって、このデータをビジネスに活用する研究がますます盛んになっている。Larson(2005)ら[3]は、店舗内の消費者の移動軌跡に関するデータを解析し、複数の消費グループを発見したことを報告している。先行研究として、矢田ら(2011)[4]の提案モデルでは、ストリームデータから消費者の移動軌跡の情報を抽出し、それらを文字列として表現することで、買上数量の多い消費者の移動ルールの特徴を明らかにした。

しかしながら、実務家やマーケティング研究者によると、売り場への滞在時間と商品購入に強い関係があることが推測される[5]。ここで、先行研究において、店舗の売上に大きく貢献する顧客群の分析は緒に就いたばかりであるが、移動軌跡には滞在時間に関する情報が含まれていないので、滞在時間の変化から非購入→購入に至ることが十分に議論されていない。

したがって、本研究の着想点は、消費者の購買行動と消費者の店内行動をモデル化する。

2. 研究の目的

本研究において、まず、ベイジアンネットワークを用いて消費者の店内行動と消費者の購買行動を統合する応用可能性を検討することである。そして、滞在時間の関数として商品購入に至る確率を計算する。年齢、滞在時間や購買履歴などの変数間の情報量を計算し、因果関係を抽出する確率モデルがベイジアンネットワークである。これを使って、「ある人が、ある時に、ある行動をとった」時、「商品を購入する確率」を推定することができる。

提案手法では、商品の購入を目的変数とする。説明変数は、消費者に関して静的情報としての年齢・性別、動的情報としての滞在時間、そして消費者特性情報としての購買履歴を用いる。従来の方法では、消費者が商品の認知→評価→決定によるプロセスから購入に至る心理や内在状態がブラックボックスである。時間経過に伴って消費者の店内行動から商品の非購入→購入の状態変遷を見る

ことは困難であった。

本研究では、ベイジアンネットワークを用いることで、モデルのネットワーク構造から変数間の因果関係性を確率として表現できるため、消費者の購買行動の違いを数値として捉えられる。

3. 研究の方法

本研究における提案手法のシステム構想は、図 2 に示すように、「RFID データ前処理」、「滞在時間離散化」、「学習・構築・評価」、「仮説提示」、「店舗実装」、「フィードバック」の 6 ステップから構成される。

(1) RFID データ前処理

収集した RFID データは、データ形式の統一・整形を行う。あるエリア u において消費者の滞在時間は T_u で定義される。 T_u は店舗の u エリアにおける消費者の滞在時間で、 t_i はその u エリアにおける各タイムスタンプ i の経過時間である。

(2) 滞在時間離散化

ここで、K-Means 法に基づいて改良手法を使用し、離散化を行う。従来の K-Means 法は、評価関数を最小化するように K 個のクラスターを分割する。 x は離散化の対象で、 C_i はクラスターの重心である。 $d(x, C_i)$ は離散化の対象からクラスターの重心までの距離を示す。

(3) 学習・評価

離散化した消費者動線の RFID データでベイジアンネットワークを学習させて、年齢、滞在時間と購買履歴のネットワークを構築する。このネットワークを用いて、あるエリアの滞在時間経過からそのエリアにおける商品の購入に至る確率を定量的に分析する。

(4) 仮説提示

仮説 1: 青少年の消費者層において、短い滞在時間で高い購買確率に至るが、滞在時間経過の増加を伴って購買確率が逆に下がる。

仮説 2: 中高年の消費者層において、滞在時間経過の増加を伴って購買確率がずっと上がっていく。さらに、この消費者層の購買確率が収束する。

仮説 3: 高齢者の消費者層において、高い購買確率に至るまで他の消費者層よりかなり長い滞在時間が経つ必要である。一旦、購入を決める時、購買確率が 100% になっている。

(5) 店舗実装

店舗実験を通して仮説の新規性・有用性・応用可能性を検証する。

(6) フィードバック

実験データを収集し、「3」学習・構築・評価」にフィードバックする。もし、フィードバックのデータを前処理する必要があるれば、「1」RFID データ前処理」に戻る。

4. 研究成果

(1) 滞在時間の離散化: 2つの方法で比較と評価を行った。1つ目は、K-means

法で従来の伝統的な3分類に分けたことに対して、2つ目は、離散化のクラスター数をBICの評価基準をもとに離散の最適化を行われた。改良法では、適切な離散化をすることにより、予測の精度が改善できた。さらに、非専門家や実務家にとって、解析技術者のノウハウをベースに同じツールを使って同じレベルの結果を得ることが可能になった。(図1)

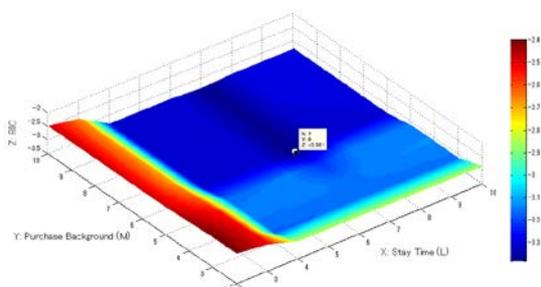


図1 離散化粒度と予測精度の関係

実店舗の消費者購買履歴をも説明変数として導入し、異なる購買背景における購買に至る意思決定過程の特徴も明らかにした。とくに、既存の消費者の2分類・3分類より、本研究では消費者に6分類できた。それと消費者の店内行動(滞在時間)を統合し、商品に対する意識・行動の違いを分析してマーケティング活動支援(ターゲティングの明確化、広告宣伝の最適化等)のビジネス・インプリケーションを示した。

(2) 購買に至る意思決定過程の解明: 本研究では、従来研究と先行研究を統合することを目的とした。目的変数は購買行動として、属性データの年齢、POSデータの購買履歴とRFIDデータの滞在時間を説明変数として、購買に至る意思決定過程をベイジアンネットワークで解釈している。更に、従来の決定論に比べ、滞在時間経過に伴って商品購入に至るまで確率論で定量的に分析・評価できた。提案手法は、既存予測手法(ロジスティック回帰、決定木など)より十分な精度が予測できているとともに、時間経過に伴って消費者の購入確率が単調増加ではないこと(つまり、滞在時間と購入確率の間は非線形関係である)をも明らかにした(図2)。

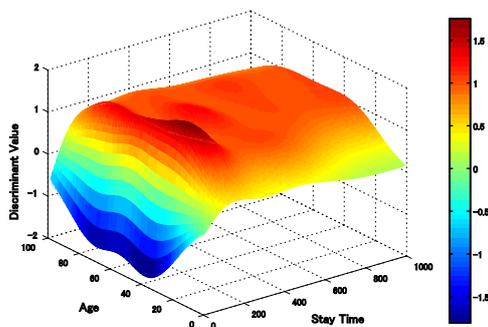


図2 消費者の購買傾向

研究結果によると、多数の売場において滞在時間と購入確率の間には、非線形関係・非

単調増加関係を示した。これは、従来の研究に比べて、消費者の購買「退屈」現象を明らかにした。さらに、研究計画に提示した仮説もサポートし、店舗の実例でも仮説を検証できた。特に、青少年(10代~20代)の消費者層において、短い滞在時間で高い購買確率に至るが、滞在時間経過の増加を伴って購買意欲の退屈が他年齢層の消費者より顕著であった。

本研究で提案した消費者モデルは、各説明変数と購買の目的変数間に依存関係の可視化ができるし、購買の感度をも決定閾値で定量的に分析・評価できた。さらに、当該消費者モデルは、経営分野及び情報分野における査読者から高く評価された。

<参考文献>

- ① P. M. Guadagni and J. D. C. Little : A Logit Model of Brand Choice, Calibrated on Scanner Data, Marketing Science, Vol. 2, No. 3, pp. 203-238, 1983
- ② S. Gupta : Impact of Sales Promotions on When, What, and How Much to Buy, Journal of Marketing Research, Vol. 25, No. 4, pp. 342-355, 1988
- ③ J. S. Larson, E. T. Bradlow and P. T. Fader : An Exploratory Look at Supermarket Shopping Paths, International Journal of Research in Marketing, Vol. 22, No. 4, pp. 395-414, 2005
- ④ K. Yada : String Analysis Technique for Shopping Path in a Supermarket, Journal of Intelligent Information Systems, Vol. 36, No. 3, pp. 385-402, 2011
- ⑤ Y. Zuo and K. Yada : The Influence of Stay Time on Purchase Behavior in a Supermarket, Proceedings of the 1st European Workshop on Chance Discovery and Data Synthesis in ECAI2012, 1 2012

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Yi Zuo : Prediction of Consumer Purchase Behavior Using Bayesian Network: An Operational Improvement and New Results Based on RFID Data, International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms, Vol. 5, No. 2, pp. 85-105, 2016.
- ② Yi Zuo, A B M Shawkat Ali and Katsutoshi Yada : Consumer purchasing

behavior extraction using statistical learning theory, *Procedia Computer Science*, Vol. 35, pp.1464-1473, 2014.

[学会発表] (計 4 件)

- ① Yi Zuo and Katsutoshi Yada: Using Statistical Learning Theory for Purchase Behavior Prediction via Direct Observation of In-store Behavior, *Proc. IEEE Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering*, 2015年12月2日.
- ② Yi Zuo and Katsutoshi Yada: Using Bayesian Network for Purchase Behavior Prediction from RFID Data, *Proc. 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp.2291-2296, 2014年10月6日.
- ③ Yi Zuo, A B M Shawkat Ali and Katsutoshi Yada : Consumer purchasing behavior extraction using statistical learning theory, *Proc. 2014 International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems*, 2014年9月16日.
- ④ Yi Zuo and Katsutoshi Yada : Application of Bayesian Network Sheds Light on Purchase Decision Process basing on RFID Technology, *Proc. 2013 IEEE 13th International Conference on Data Mining*, pp.242-249, 2013年12月7日.

[図書] (計 1 件)

- ① Yi Zuo, K. Yada and E. Kita : A Bayesian Network Approach for Predicting Purchase Behavior via Direct Observation of In-store Behavior, *Lecture Note in Artificial Intelligence*, J. Suzuki and M. Ueno (Eds), Vol. 9505, pp.61-75, 2015.

[その他]

消費者店内行動の可視化 :

https://drive.google.com/file/d/0B_Be-GZxrBaiRGxUUmOyeVpWXzQ/view?pref=2&pli=1

6. 研究組織

(1) 研究代表者

左 毅 (ZUO Yi)

名古屋大学・未来社会創造機構・特任助教
研究者番号 : 70633684