

ベイジアンネットワークを用いた店舗内における消費者の行動認識に関する研究

Fundamental Study of Recognizing Customers' Behaviors in Shops Based on Bayesian Network

鄭 曜 †
YAO ZHENG

大谷 淳 †
Jun Ohya

1. はじめに

スーパーやコンビニなどの小売業にとって、顧客の満足度を向上させるために、顧客の商品に対する態度情報の分析を通して、新たなサービスを提供することが重要な課題である。消費者の心理状況を分析するために、最も頻繁に使われる方法は、POS システムでの顧客の購買記録から、消費者の購買心理を分析することである。しかし、既存の POS システムでは顧客が商品を購入する過程の情報が含まれておらず、顧客がどのような考えで商品を購入したのかのデータを収集することができないという問題点がある。本稿では、店舗内にある監視カメラのビデオ画像から、顧客が商品を購入する際の行動を、ベイジアンネットワークという条件付き確率変数モデルを用いて、認識するための手法の予備的な検討を行う。

2. 研究背景

近年、センサーと画像処理技術の発展により、顧客に非接触な方式で、顧客の行動情報を得ることができるようになった。例えば、田嶋ら[1]は天井に 6 個の超音波センサーを設置し、顧客が商品を購入する際、頭や腕などの身体部分の天井までの距離を計測し、顧客の立ち止まりの時間の計測や商品を取ったかどうかの判定を行うことができるようになった。また、荒木ら[2]は RFID 技術を使い、商品の移動を記録し、背景差分法と、顧客の立ち止まり時間とを併用して、顧客の購買時の迷いの検出を行った。しかし、これらの先行研究では顧客の典型的な行動パターンを前提としており、顧客がしゃがんで棚下部の商品を取るなど、個人や場合による変動や多様性に対応する解決方法がまだない状況である。

3. ベイジアンネットワークの導入および検討

3.1 ベイジアンネットワークの概要

本研究では、先行研究の問題点に着目し、店舗内のカメラを利用し、顧客の多様な行動にかかわらず、消費者がどのような気持ちで商品を購入するのか、しないのか等を推定することを目的としている。そこで筆者らは、本村ら[3][4]のベイジアンネットワークを利用する顧客の行動認識法を検討することにした。

ベイジアンネットワークは、確率変数をノードとし、各ノードの条件付確率により構成された非循環の有向グラフモデルである。一般的なベイズのパターン認識の原理では、観察された行動パターン X がカテゴリー C に属する事後確率 $P(C|X)$ を、式(1)により示されるベイズの推定式の右辺の X に代入することにより計算し、前述の事後確率を最大にする $C=c_i$ を認識結果と判定する。

$$P(C = c_i|X) = \frac{P(C=c_i)P(X|C=c_i)}{P(X)} \quad (1)$$

ベイジアンネットワークでは、時刻 t における事前分布 $P(C(t))$ が、本来特定の状況 S を条件とする条件付き確率 $P(C(t)|S)$ と表されるので、式(1)の $P(C(t))$ に $P(C(t)|S)$ を代入することにより、最大化すべき事後確率は次式で表される。

$$P(C = c_i(t)|X(t)) = \frac{P(X(t)|C=c_i(t))P(C=c_i(t)|S(t))}{\sum_j P(X|C=c_j)P(C=c_j|S)} \quad (2)$$

つまり、目標行動が表出している状態を直接認識しなくても、たくさんの学習データがあれば、他の行動状態と目標行動状態の因果関係を分析し、目標行動状態が表出したか否かを推測可能である。

3.2 顧客の行動認識への適用

この原理により、カメラのビデオ映像から、顧客が店舗内における商品を取る行動の認識はオクルージョンなど複雑な状態が起こる場合でも、十分な学習データがあることを前提とすれば、顧客の位置や走行状態など、より認識しやすい行動状態情報から、商品を取る動作が行われたか否かの推測ができ、さらに、顧客はどのような考えで購買に至ったのかを含めて推定することが考えられる。

3.3 実データによる検討

店舗内で顧客が飲料水を購入するビデオ映像を使い、実験を行った(図1)。最初段階の実験では、17分の映像から、購買時間が10秒以内、合計38人の顧客が商品を購入する際の行動情報を手動で記録し、ベイジアンネットワークの構築ソフト Bayonet[5]を使い、目標の行動状態の推測を試みた。



図 1

まず、0.5 秒単位で映像からフレームを抽出し、これらの映像の中の人物の座標と向きの情報、および最終的に商品を購入したかどうかの結果を手動で記録した。

次に、記録した座標と向きの情報から、立ち止まりの回数と時間、平均速度、棚との最小距離、顧客の向き方向の割合(一つの方向を向いて入る時間が全購買時間に占める割合。本稿では、棚と正対する方向を 0 度とし、反時計方

†早稲田大学理工学術院 国際情報通信研究科

向に 90 度ずつ四つの方向を定義する。) など行動状態を反映できる情報に換算し、離散値の集合としてまとめた。集合としてまとめる基準として、結果的に消費行為をした顧客としなかった顧客それぞれの最大値や最小値情報を参考として分類する。例えば棚との最小距離については、消費行為をした顧客の最小値と消費行為をしなかった顧客の最大値を参考に、 $>75\text{cm}$ と $\leq 75\text{cm}$ に分類した。そして、分類されたデータを Bayonet に入力し、各確率変数の階層関係を指定し、図 2 と図 3 が示すような因果関係モデルと互いの条件付き確率変数を出力した。

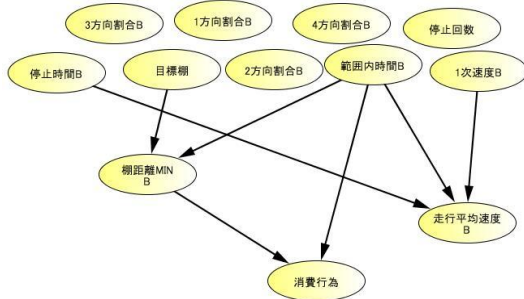


図 2

停止回数	範囲内時間B	走行平均速度B	1次速度B
Mode	Mode	Mode	Mode
状態名	状態名	状態名	状態名
値	値	値	値
0 0.1918	4.5<<7 0.3939	1.5<<1.9 0.1182	1.414213562 0.0556
1 0.097	7<<10 0.4645	1.9<<2.3 0.1189	1.5<<1.9 0.1667
2 0.1212	<4.5 0.1919	1<<1.5 0.2567	1.9<<2.3 0.1667
		<1 0.1987	1<<1.5 0.3333
		>2.3 0.1735	<1 0.1944
			>2.3 0.0633

図 3

構成されたモデルから、38 人のデータを用いて分析した結果、消費行為に直接影響を及ぼすのは、購買時間と棚との最小距離であることがわかった。即ち、棚との距離が 75cm (1.5 個地面正方形) より小さく、購買時間が 4.5~10 秒以内という二つの条件を満たせば、購買行為をした確率が 92.3%であることがわかった (図 4)。

棚距離MIN B	範囲内時間B	消費行為
Mode	Mode	Mode
状態名	状態名	状態名
値	値	値
<1.5 1.0	4.5<<7 0.0	NO 0.0769
>1.5 0.0	7<<10 1.0	YES 0.9231
	<4.5 0.0	

図 4

今回の予備検討より、データからベイジアンネットワークモデルを構築し、互いに因果関係を持つ状態の指定により、目標状態の確率を最も高くする条件も導くことができた。

さらに、この実験結果を検証するために、すでに収集したデータ以外のビデオの中に、任意に選択した No. 3530~No. 4434 の 452 秒間のフレームにおいて、上記の二つの条件を満たす人が、10 人のうち最終的に購買行為をする人が 8 人いる。このことから、ベイジアンネットワークは因果関係を用いることにより、学習に用いたデータ以外の行動でも、推測できる見通しが得られたと言える (図 5)

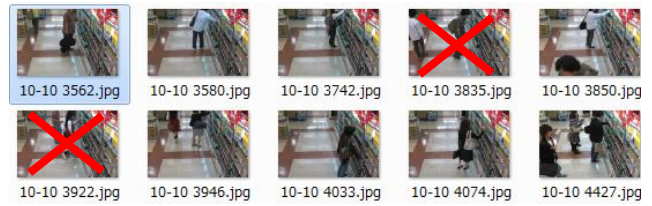


図 5

4. 今後の課題

以上の実験では、ベイジアンネットワークが購買行動の認識に有効である見通しが得られたが、主に二つの改善すべきところがある。

一つ目は、実験のデータがまだ少なく、実験対象も 10 秒以内に限られ、結果の偶然性を生じた可能性がある。より多く、多様化のデータを収集し、特に先行研究の中のオクルージョンの例を収集し、データがある程度欠損した状態でのベイジアンネットワークモデル構築及び行動推測の有効性を検討したい。

二つ目は、各確率変数間のロジックを改善すること。図 2 に示したように、用意した確率変数は 12 個あるが、関連性スコアが標準に至っていないため、変数間のベイジアンネットワークモデルの構築が不完全だった。原因としては、Bayonet では、自ら因果関係を探ることができなく、ユーザが与えられた確率変数の階層関係を分析し、条件付き確率変数との関係を見つけ出すため、論理的な階層関係を検討する必要がある。

5. まとめ

本研究では、顧客の購買時の思考過程が顧客の店舗内での行動に表れているという前提のもと、行動の因果関連を示すベイジアンネットワークモデルを用いて、顧客の購買行動の認識と心理状態の分析の手法を検討している。本稿では、行動認識のために、ベイジアンネットワークを導入する有効性を検証した。今後ではベイジアンネットワークモデル構造を改善するうえ、画像処理により実際店舗内での人間追跡も検討していく。

6. 参考文献

[1]田嶋 拓也, 阿部 武彦, 南保 英孝, 木村 春彦. 「超音波センサーを用いた顧客振舞い認知システムの開発: IT 活用による小売業売場生産性向上を目指した購買行動計測の基礎実験」, 日本知能情報ファジィ学会誌, 2008.

[2]荒木 貴好, 米澤 拓郎, 中澤 仁, 高汐 一紀, 徳田 英幸 「商品購買時の迷い検出システムの構築」, 2009.

[3]本村 陽一, 岩崎 弘利, 「ベイジアンネットワーク技術」, 東京電機大学出版局, 2006.

[4]河田 諭志, 本村 陽一, 西田 佳史, 石川 詔三, 田中 和之. 「室内における幼児の行動予測のための確率的因果構造モデルの学習と推論」, 情報処理学会研究報告. 2008.

[5]本村 陽一, 「ベイジアンネットワーク構築システム BAYONET」, 人工知能学会 基礎論研究会, 2001 年ベイジアンネットワークチュートリアル, 東京, 2001.