

## ベイジアンネットワークを用いた店舗内の顧客の購買行動認識法における 画像特徴に関する検討

### Study of Image Features for a Bayesian Network Based Method for Recognizing Customers' Behaviors in Shops

エン セイ<sup>†</sup> 堀 隆之<sup>‡</sup> 大谷 淳<sup>†</sup>

Jing Yan<sup>†</sup> Takayuki Hori<sup>‡</sup> Jun Ohya<sup>†</sup>

#### 1. はじめに

近年、マーケティング戦略において、消費者行動分析に対する関心が一層の高まりを見せている。既存のPOSシステムが収集できない顧客が買い物する時における行動実態およびその行動の裏に潜む心理状態を認識する研究の一環として、本研究では店舗内に設置された監視カメラのビデオ画像から、顧客の購買行動の中で店舗のビジネスにとって重要度の高い「迷い」の有無と、「購入」の有無を認識することを目的とする。

従来の筆者らの研究では、顧客の追跡や行動特徴の抽出をまず手動で行い[1]、次に一部の行動特徴量を追跡処理により自動的に抽出した[2]。これに対し、本稿では、「購入」の有無を認識するための重要な特徴量である「商品を手に取り」と「迷い」の有無を認識するための重要な特徴量である「商品を取った後に停止する」の抽出方法を検討する。さらに、自動的に抽出された特徴量をベイジアンネットワークに取り入れ、行動パターンの認識率を評価する。

#### 2. 研究方法

本稿では、主に「顧客の追跡処理」、「行動特徴量の抽出処理」、「ベイジアンネットワークに基づく行動認識」という流れで処理を行う。

「顧客の追跡」では、顧客の追跡処理を行う方法を検討し、「行動特徴量の抽出」の段階では、顧客の追跡軌跡から移動情報に関わる行動特徴量の自動抽出処理を行う。また、改良 DPM 法を用いて姿勢推定処理を行い、顧客の手足の行動に関わる行動特徴量を抽出する方法も提案する。「ベイジアンネットワークに基づく行動認識」の段階では、認識対象となるビデオデータを、構築したベイジアンネットワークモデルに入力して確率推論を実行し、行動認識の結果を出力する。

#### 3. 改良 DPM 法による行動特徴量の抽出

顧客が買い物する時の移動情報を把握するために、まずは Felzenszwalb らが提案した Deformable Part Model(DPM)[3]を用いて顧客ごとに追跡処理を行う(図 1(a), 図 1(b)に示す)。



(a)DPM による人体検出結果 (b)運動軌跡の追跡結果  
図 1 顧客の追跡

筆者らは既に、顧客の購買行動から、4つの行動パターン(表 1 に示す(A)~(D))と因果関係を持つ 20 個の行動特徴量を提案し、手動で特徴量を抽出した[1]。本稿では、顧客の追跡軌跡と改良 DPM を用いた姿勢推定処理に基づき、自動的に前述の 20 個のうち 10 個の特徴量(購買時間、停止時間、停止時間割合、同じ棚での複数回停止、棚前の停止回数、棚に遠い時の停止回数、棚との最小距離、棚への接近量、商品を手を取る、商品を取った後停止する)を抽出する。

この中で、「商品を手を取る」の行動特徴量を抽出する場合、新しい訓練セット(41 枚の横向きの人体静止画像)を作成し、Yang らが提案した改良の DPM 人体モデル [4]を再学習させる。また、再学習で得られた人体モデル(図 2(a))を用いて姿勢推定処理を行う。具体的には、顧客追跡処理により顧客の位置を推定し、フレームごとに改良 DPM 人体モデル(図 2(a))を用いて姿勢推定処理を行い(図 2(b)に示す)、手の位置 $p$ と手のタイプ $t_2$ つの変数の値を取得する。姿勢推定処理の結果が片手あるいは両手のタイプ $t$ が「水平」である時、「商品を手を取る」姿勢として認識する。

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院国際情報通信研究科

<sup>‡</sup> 早稲田大学国際情報通信研究センター

また、同じ顧客が商品を取る時と商品を取っていない時の姿勢推定処理結果を図3に示す。



(a)改良 DPM の人体モデル (b)姿勢推定処理結果の例

図2 「商品を手にする」特徴量の抽出



図3 (a)商品を取っていない時の姿勢推定処理 (b)商品を取る時の姿勢推定処理

また、「商品を取った後に停止する」特徴量を取得する場合、まず改良 DPM 人体モデル(図2(a))を用いてフレームごとに姿勢推定処理を行い、「商品を手にする」行動であるかどうかを判断する。もし「商品を手にする」行動であるのなら、商品を取った直後の3秒以内に顧客が同じ位置で2秒以上連続して止まると「手に取る行動直後に停止した」として認識する。もし止まっていない場合、手に取る行動直後に停止しなかったとして認識する。

#### 4. ベイジアンネットワークに基づく行動認識

本稿では、ベイジアンネットワーク構築ソフトウェアである「BayoNet」を利用し、顧客の購買行動の認識を行う。具体的には、一つのビデオから抽出された10個の特徴量を一つの学習データとし、186個の学習データによりベイジアンネットワークモデルを構築する。構築されたベイジアンネットワークモデルを図4に示す。

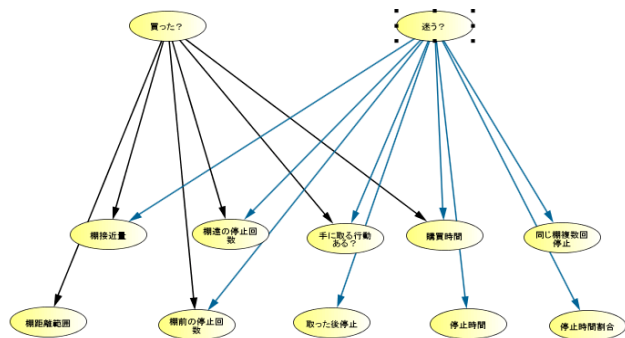


図4 学習データで構築されたベイジアンネットワークモデル

#### 5. 実験と考察

認識実験では、図4に示した自動的に構築されたベイジアンネットワークモデルを用いて、48個のテストデータ(ビデオ)の認識実験を行った。この48個のテストデータの中で、(A)が12個、(B)が14個、(C)が11個、(D)が11個である。認識実験の結果、前述4つの行動パターン(行動特徴)の平均認識率は89.6%が得られ、特に行動特徴がはっきりしていない(D)の認識率も81.82%に達した。認識の結果を表1に示す。

表1 認識精度表

		認識結果			
		迷わず買った(A)	迷いながら買った(B)	迷わず買わなかった(C)	迷ったが買わなかった(D)
テストデータの種類	迷わず買った(A)	91.67%	8.33%	0%	0%
	迷いながら買った(B)	7.14%	92.86%	0%	0%
	迷わず買わなかった(C)	0%	0%	90.91%	9.09%
	迷ったが買わなかった(D)	0%	18.18%	0%	81.82%
平均認識率		89.58%			

#### 6. まとめ

本論文では、画像処理技術を用いて自動的に顧客を追跡し、行動特徴量を抽出する方法を提案した。また、自動的に抽出された行動特徴量を利用してベイジアンネットワークモデルを構築し、「迷う/迷わない」「買う/買わない」の組み合わせである4つの行動パターンの認識処理を行った。今後は店舗が混雑する場合の顧客追跡処理や姿勢推定処理におけるオクルージョン問題を解決する必要がある。さらに、被験者を増やし、より信頼性の高い認識法の実現を目指すことも重要な課題である。

#### 参考文献

[1] 鄭曜,大谷淳,“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,” FIT2012,第3分冊,H-046, p221-222,Sep.2012.

[2] Jing Yan, 堀隆之, 大谷淳,“画像処理とベイジアンネットワークを用いた店舗内における顧客の全身像からの購買行動認識の基礎的検討,”第12回情報科学技術フォーラム(FIT2013), 第三分冊, p169-170, 2013.9.

[3] P. Felzenszwalb, et al.,“Object Detection with Discriminatively Trained Part Based Models,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 32, No. 9, Sep. 2010

[4] Y. Yang, D. Ramanan. “Articulated Pose Estimation using Flexible Mixtures of Parts,” CVPR 2011, p1385-1392, Jun. 2011