

商品棚前における 非計画購買者の行動特徴量の検討

杉山 悠司^{1,a)} 刀根 亮太^{2,b)} 今村 修一郎^{3,c)} 矢谷 浩司^{1,d)}

概要：購買者が入店前に購入品目を決定しなかったにもかかわらず、店内において購買を決定する購買行動を非計画購買と呼ぶ。実店舗においてこの非計画購買を理解することは販促活動において非常に重要視されている。その理由の一つとして、日本のコンビニエンスストアにおいて売り上げの70%は非計画購買によって成り立っているという調査がある。既存の研究ではカメラやセンサーを用いて実店舗における購買行動を調査しているが、非計画購買の特徴を説明づけるような行動特徴量の調査は今まで行われてこなかった。そこで本研究ではセンサーを備えたスマート商品棚を用いて、非計画購買に特有の行動特徴量に関する定量的な調査を行なった。研究室に店舗を模した環境を用意して実験を行なった結果、棚前での滞在時間や商品に手を伸ばした回数、棚からの距離が計画購買と比べて有意な差を示すことがわかった。また、これらの特徴量に Boruta と呼ばれる特徴量抽出手法とサポートベクターマシンを用いることで購買行動の分類を試みた結果、 $precision = 0.76$, $recall = 0.81$ であった。最後にこれらの結果に対する議論および今後の展望について述べる。

キーワード：購買行動, 非計画購買, スマート商品棚, 行動特徴量

1. はじめに

私たちが実店舗において商品を購入する際にみせる代表的な購買のパターンとして大きく計画購買と非計画購買の2つに分けることができる [6,7]。入店前にあらかじめ購入する商品や商品カテゴリーを決定している状態を計画購買と呼ぶのに対し、入店後に店内から得られる情報や刺激などによって購買意欲を掻き立てられて購買を決意する状態を非計画購買と呼ぶ。非計画購買は売り上げ全体に占めるその割合の高さから、店舗での販促活動を評価する上で重要視されている。

このような非計画購買の重要性を背景に様々な研究が行われてきた。店内に陳列されている商品をカテゴリーごとに分類し、購買者がどのカテゴリーの商品を非計画的に購

入しやすいかを定量的に示した調査 [2] や、購買者を年齢や性別などの特徴ごとに分類した上でグループ間に見られる非計画性の違いを論じた研究 [8] など、様々な切り口から調査が行われている。

これらの研究を通して得られた知見はいずれも非計画購買の特性を知る上で極めて重要なものである。しかし、これらの研究は非計画購買を引き起こす心理的要素や商品自体に注目したものが多く、購買者が商品を非計画的に購入する際の行動的な特徴に焦点を当てた研究はこれまで行われてこなかった。

そこで本研究では購買者が商品を非計画的に購入する際に見られる行動的な特徴量を決定することを目指す。店内での行動を特徴づけるパラメータとして歩行速度、立ち止まった時間、商品に手を伸ばした回数など様々なものが考えられるが、この中から非計画購買に特有の特徴量を定量的に評価する。もし行動的な特徴量のみから非計画購買者を特定することができれば、実店舗における購買行動の把握や個人に合わせた適切な広告の提示など様々な取り組みに役立てることができると考えている。

2. 関連研究

本節では、まず非計画購買に関連した研究に関して、実店舗とオンライン上の2種類に分類した上で言及し、続い

¹ 東京大学大学院 工学系研究科
Interactive Intelligent Systems Laboratory,
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

² SB クリエイティブ株式会社
SB Creative Corp.

³ プロクター・アンド・ギャンブル・ジャパン株式会社
Procter & Gamble Japan K.K.

a) ysugiyama@iis-lab.org

b) rtone@cr.softbank.co.jp

c) imamura.s@pg.com

d) koji@iis-lab.org

て近年盛んに研究が行われているスマート商品棚に注目した研究について取り上げる。

2.1 実店舗における非計画購買に関する研究

実店舗において、非計画購買の売上げに及ぼす影響や非計画購買者に共通した特徴を見出そうとした研究は多く、現在までに様々な観点から調査が行われてきた。

Hui ら [2] は、店頭で商品を非計画的に購買する購買者の店内での移動経路や、注目する商品カテゴリーがデータとして十分に得られていないことに注目した。そこで彼らは位置を計測する RF タグと購買者の視点を知るためのカメラを備えたポータブル型のデバイスを用いて、ショッピングモールにおいて 250 人の実験参加者に実際に入店から退店までの購買行動を行ってもらった。入店前に購入を計画している商品を実験参加者に聞くことで、計画購買との関連性についての調査も行った。その結果、購入を計画していた商品の情報から非計画的に購入される可能性の高い商品カテゴリーを予測することが可能となった。また、カメラで得られた画像データの分析を行ったところ、特定の 1 つの棚を集中して見つめることや実際に商品を手に取る回数、棚からの購買者の距離が非計画購買の実行と高い正の相関を持つことを明らかにした。

Cheng ら [1] は非計画購買を引き起こす要因は個人だけではなく、共に購買を行う同僚や友達などの周囲の人間にも存在すると考え、調査を行った。彼らは購買時に同伴する人物の性別、親密度の高さ、他人からの影響の受けやすさの 3 つのパラメータに注目し、60 人の大学生をこの条件ごとにグループ化した上で購買行動の様子を記録した。状況としては仕事後に靴を買う目的で同僚と入店したというもので、もともと計画していた靴の購入以外に他の商品をどの程度購入しようとしたか、または購入したかで非計画購買の度合いを判断した。その結果、自分と異なる性別の同僚と購買を行うと非計画購買が行われる可能性が高くなることや、他人から影響の受けやすい性格をもつ人ほど非計画購買を行いやすい傾向にあることがわかった。これらの結果を受けて彼らは店頭の購買行動における同伴者の影響の大きさを再度強調した。

これらの先行研究は実験を行う場所を実店舗とした本研究においてはどれも非常に重要な知見となっている。しかし、これらの研究では非計画購買を及ぼす要因の特定に重きを置いているものが多く、非計画購買を直接的に行動パターンと結びつけた研究は今まであまり行われてこなかったのが現状である。

2.2 オンライン上における非計画購買に関する研究

近年のインターネットの普及によって直接店舗に行かずに購買を行うことのできるオンラインショッピングが広く浸透している。したがってオンラインショッピングにおけ

る非計画購買をすることも実店舗同様に重要であり、ここではその研究をいくつか取り上げる。

Hui ら [10] は Recommendation Agents (RAs) と呼ばれる、購入・閲覧した商品の情報からその人に適した商品を勧めるシステムに着目した。彼らは RAs が非計画購買者の行動に与える影響について調査を行った。調査を行うにあたり彼らは Stimulus-Organism-Response model と呼ばれる、外的な刺激・購買者の心情の変化・結果的に生じる行動の関係性を説明することのできるモデルを構築し、それぞれの要素間に生じる相関の強さを確かめた。アンケートを用いた調査の結果、オンラインショッピングにおいて RAs を用いることは購買者の商品に対する考えを大きく変化させ、非計画購買という具体的な行動に結びつくことが証明された。

Wu ら [9] はオンラインショッピングにおいて、商品の詳細を示す様々な情報の中から購買者がどのように適切な情報を得るのかについて注目した。商品の特徴付ける情報として主に「売上げ」、「人気ランキング」の 2 つに焦点を当て、これらが購買の意思決定にどのように影響を及ぼすかを検証した。また、購買時の商品に対する認知処理にも注目し、商品を前にした時の期待感や間違った選択をすることに対する危機感などの様々な感情が購買行動に及ぼす変化についても言及した。

私たちの行う研究は実店舗における購買行動に焦点を当てたものであり、これらのオンライン上での研究内容は直接的に関係するわけではない。しかし、これらの研究に見られる購買者へのアンケートを用いた調査手法は本研究における購買行動分析を考える上で参考となる知見である。

2.3 スマート商品棚に関する研究

店頭での購買者の行動パターンを把握して販促活動に活かす手段として、通常の商品棚にカメラやセンサーをつけて購買者にインタラクティブな広告や情報の提示を行うものが近年増えてきている。これらはスマート商品棚と呼ばれ、現在実店舗における導入実験が盛んに行われている分野である。本節ではこのスマート商品棚における研究事例をいくつか紹介する。

岩井ら [11] は、実店舗における購入されたは POS データ等を用いて正確に記録されるが、購買者が購入に至るまでのデータはあまり注目されていないことに疑問を投げかけた。そこで彼らは店頭で並んでいる商品ごとの注目度をリアルタイムで把握することのできるシステムを実装した。具体的には携帯電話に光量感知センサーと振動センサーをつけ、購買者がその商品をいつ、どれくらいの間注目していたかをデータとして保存できるようにした。また、これらのシステムを組み込んだ Smart Furniture という商品棚を開発し、導入のコストを下げた様々な商品に対して購買者の行動の把握を可能とした。彼らはこれらのシステムを

実際に東京都内の家電量販店に2日間設置し、実際の店頭における実証実験を行なった。その結果、環境光に対する頑健性などには多少の課題があるものの、商品購入前の購買者の行動パターンを把握するための十分な情報を集めることができると結論づけた。

Meliaら [4] は現在のRFIDを用いたSmart Shelfで得ることのできる情報の限界について言及し、より購買者の商品に対する行動を細かく把握するための技術的考察を行なった。彼らは商品を手にとったかを示すパラメータとしてRSSIとRFPの値およびその変化量とともに、いくつかのリーダーによって検知されているかという情報を用いた。これらのパラメータを用いた教師あり学習を実行した上で、このシステムを構築した本棚で精度を確かめる実験を行なった。その結果、購買者が商品を手にとっている状態を84%以上の精度で検出できると彼らは結論づけた。

荒木ら [12] は、購買者が商品棚の前に立ったときに買う商品を迷っている仕草、いわゆる「迷い状態」に注目し、店舗に取り付けたセンサを用いて迷い状態を検知する調査を行なった。もし迷い状態の検知が実現すれば、店員が適切なタイミングで接客を行うことが可能となるなどのメリットが存在する。彼らは「棚の商品を見ている時間」、「手に取った商品の数」という2つのパラメータに注目し、カメラとRFIDを用いてこれらのデータを取得することで迷い状態であるかの判別を行なった。この実験の結果、約90%の確率で購買者の迷い状態を判別することを示した。

ここで紹介したスマート商品棚に関する研究は本研究において購買行動をセンシングするためのシステムと多くの共通点を持っている。本研究ではこれらの既存研究を参考にした上で非計画購買を特徴づけるための行動特徴量を決定することを目標とする。

3. 購買行動の定義および分類

本節では本研究において重要な概念である計画購買と非計画購買について、その定義や細かな分類のされ方について述べる。また、実店舗において非計画購買がどのような要素と関係性を持っているかについて、大きく商品カテゴリと店舗の種類の2つに分けて考える。本節で扱う購買行動に関するデータは流通経済研究所が発行しているインストア・マーチャライジング [13] を主に参考とした。

非計画購買は衝動買いとも呼ばれ、ある商品を購入するという意思を予め持っていなかった購買行動のことを指す [5]。こうした購買行動の捉え方はSternら [7] の研究によって確立され、今日に至るまで定義の解釈などに関する様々な調査が行われてきた。非計画購買という言葉の定義に関しては一意には定まっておらず、購買者の心理的な側面に注目したものや購買時の商品そのものに注目したものなど様々な解釈が存在する。

非計画購買はどのような要因で非計画性が生じるかに

表 1: 計画購買および非計画購買の細かな分類 [13].

購買の種類	その購買が発生する理由・要因	
計画購買	ブランド購買	来店前にブランドレベルまで細かく購買する商品を計画してから購買する (例: いつも買っている A 社のお茶を買いたい)。
	カテゴリ計画購買	来店前に商品カテゴリを決めておいて店内の情報からブランドレベルでの商品を決定して購買する (例: 何かお茶を買いたい)。
	代替購買	来店前にブランドレベルでの商品の購入を計画していたが、店内での情報や刺激によりブランドを変更して購買する (例: 割引されていたので A 社ではなく B 社のお茶を購入した)。
非計画購買	想起購買	店内でその商品の必要性を思い出すことがきっかけとなって購買を行う。
	関連購買	他の商品との関連性からその商品の必要性を認識して購買を行う。
	条件購買	値引きなどその店舗での条件により欲求が喚起されて購買を行う。
	衝動購買	商品の新規性や希少性などの要因により衝動的に購買を行う。

よってさらに4つに分類することができ、その分類を表1に計画購買の分類と併せて示す。以下では今回注目する概念である非計画購買の4つの購買方法について説明する。

想起購買

想起購買は店内の商品を見ることで家庭内での在庫切れなどを思い出す購買行動であり、あまり日常的には購入が行われない洗剤や薬などが多く該当する。予め商品の存在を過去に意識していることから純粋な非計画購買には含まれないとする主張も存在するが、店内の刺激によって購買行動に繋がるという観点では非計画購買の一種と考えることができる。

関連購買

関連購買は、ある商品の購入を決定した際にそれに付随する商品の必要性を認識して購入に至る購買行動を指す。酒類の商品棚の近くに酒類に合う菓子類が陳列されることが多いのはこの関連購買を想定したものである。このように関連購買では店内における商品棚の位置関係が大きな役割を担っている。

条件購買

条件購買は商品が期間限定で値下げをしていることやキャンペーンへの応募という理由づけなどによって購買を決定する購買行動を指す。カテゴリや店内のレイアウトに依存せずに非計画購買の売り上げを大きく伸ばすことが可能であるため、多くの店舗で積極的に実施されている手法である。しかし、過剰に値引きを行うことによるブランドイメージの低下や、その商品のみが購買されることによる売り上げの偏りなどのデメリットが生じる可能性もあるため、その実行判断には注意する必要がある。

衝動購買

最後に挙げる衝動購買は新商品などを店内で発見することでその商品を試してみたいという純粋な好奇心が生じて購買を決定することを指す。期間限定の商品が販売されていたり、販売している店舗が少なく商品の希少性が高かったりするケースにおいてこの購買行動が生じやすいと言われている。

このように非計画購買にはその特徴ごとにいくつかの項目に分類することができる。いずれの購買行動も店舗側の販促活動の工夫によって促進させることが可能であるから、非計画購買が実店舗の売り上げに与える影響は大きい

ことがわかる。

4. インテリジェント・ラベル™を用いた行動特徴量の取得

本研究の目的は購買者が非計画購買を行う際にみせる行動の特徴量を決定することである。本節では行動特徴量を取得するために今回用いるシステムである「インテリジェント・ラベル™」の概要および取得可能なデータに関する考察を行う。

4.1 システムの概要

図1に本研究で用いるシステムであるインテリジェント・ラベル™の外観を示す。インテリジェント・ラベル™はSBクリエイティブ株式会社が制作している、商品コンテンツの表示機能や購買データの収集機能が商品棚に組み込まれたシステムである。インテリジェント・ラベル™を構成する要素として大きく「商品ラベル」と「ToFセンサー」に分けることができる。以下ではこの2つについて詳しく説明する。

図1aの中央に3段設置されている小さなディスプレイが商品ラベルである。このラベルは陳列されている商品に応じて自由に表示する内容を切り替えることができるほか、後ほど紹介するセンサーから受け取った情報に連動して表示内容が変わるようになっている。例えば、ラベルの上にある商品を手に取った購買者に対してその商品のより詳細な情報を提示することができる。また、写真にあるように外部ディスプレイを接続することもでき、用途に応じた様々な利用が可能となっている。

図1bに示すのがインテリジェント・ラベル™の上部に設置されているToFセンサーである。ToFセンサーは光を発光してその光が物体に反射して返ってくるまでの時間を用いて物体の存在やその位置を検出するセンサーである。このセンサーを用いることで商品棚の前で商品に興味を示している購買者の棚からの距離や手を伸ばした棚上の位置、棚の前への滞在時間など様々な情報を得ることが可能となる。

また、商品棚の中央上部には購買者の身体的特徴を記録するカメラが設置されている。このカメラは商品棚の前に立った購買者の顔から年齢や性別などを推測することができ、その結果に応じたコンテンツの表示を可能としている。得られたデータは画像ではなくテキスト形式で保存されることから、個人情報等を排したデータ分析が可能となっている。

このインテリジェント・ラベル™を実店舗に導入する試みはすでに行われている。株式会社ローソンはプロクター・アンド・ギャンブル・ジャパン株式会社と共同で実



(a) インテリジェント・ラベル™ (b) 行動データを取得するための正面から見た様子、 ToF センサー。

図1: インテリジェント・ラベル™の全体図。

店舗における実証実験*1を行い、実際にコンビニエンスストアにこの商品棚を設置することでどのような効果が得られるのかを調査している。このように、実店舗において購買者に関するデータを集めることは十分に可能となっているが、そのデータを用いてどのような知見を見出していくかに関しては未だ明らかにされていない部分が多い。これを踏まえて本研究ではこのインテリジェント・ラベル™を非計画購買の行動特徴量を見出すためのシステムとして用いることとした。

4.2 取得可能なデータについて

インテリジェント・ラベル™を通して取得することのできるデータについて詳しく述べる。まず、購買者の様々な行動パターンは座標データとして記録される。座標空間は購買者が立っている棚の前のフロアと購買者が手を伸ばす商品棚の2種類が存在し、いずれもXとYの2次元の座標として記録され取得時の時刻を付加して保存される。こうして得られたデータはヒートマップとして可視化することができ、購買者が棚前のどの位置に立ち止まることが多いか、どの商品が購買者の注目を集めているかなどを瞬時に判断することができる。

また、インテリジェント・ラベル™に備え付けられているカメラによってどの行動が特定の人物によって行われていたかを判断することができる。したがって、新たな購買者が現れた時点でその購買者に固有のIDを割り振り、その人が起こしたと判断された行動データは全てそのIDに紐づいて保存されることになる。この機能により特定の購買者の行動のみを抽出することが可能となり、同時に数人の購買者が購買を行っていても行動の分離が可能となる。

インテリジェント・ラベル™によって取得された購買者の行動に関するデータは外部のサーバに送信された後にデータベースに保存されるため、状況に応じて必要なデータのみを検索することが可能となっている。パラメータは立ち位置や侵入方向など座標データから取得できる情報と

*1 <https://newswitch.jp/p/13324>

身長や性別などのカメラから取得できる情報の2つに大きく分類することができる。これらのパラメータのうちのいくつかが非計画購買時に特徴的な行動であると考え、実際に計画・非計画購買のデータを取得し比較することでその仮定が正しいかどうかを示す。

5. 非計画購買の行動データ収集実験

本研究では非計画購買時の行動特徴量を検証するため、研究室においてインテリジェント・ラベル™を用いた行動データ収集実験を行なった。本節では実験の手順について述べる。

5.1 実験の概要

5.1.1 実店舗を模した商品棚の設置

非計画購買時の行動データを記録するにあたり実店舗に近い状態を再現することが必要であったことから、インテリジェント・ラベル™を用いて実店舗の商品棚に類似した環境を用意した。実験は東京大学本郷キャンパスの矢谷研究室にて行なった。部屋の壁沿いにインテリジェント・ラベル™を設置し、周囲に十分な広さの通路を設けることで実験参加者が棚の前に近づき、商品を手にとって立ち去るまでの行動を実行できるようにした。また、インテリジェント・ラベル™に展示する商品は菓子類を選択し、大学のコンビニエンスストアに売られていたものを20種類程度用意した。陳列する商品として菓子類を選んだ理由としては、第3章のカテゴリ分類ではいわゆる「もう一品型」であり、コンビニエンスストアにおいて非計画的に購入されやすいことや購買行動が日常的に生じやすいことなどが挙げられる。

インテリジェント・ラベル™に表示されているディスプレイの内容やラベルの表示は実店舗で表示されるコンテンツを用いているため、本実験で用いる菓子類の情報とは一致していない。しかし、本実験では「どのような経緯で購買に至った」という部分は重要視せず、あくまで「非計画的な購入であったか」のみに注目するため本実験の測定には影響を与えないと考える。

5.1.2 参加者が行う購買行動の提示

本実験では実店舗での検証ではないことから、どのような状況での購買行動を実行すべきかを実験参加者に適切に提示する必要がある。実験参加者に提示した状況設定の例を表2に示す。この表ではコンビニエンスストアで菓子類を購入するときに遭遇しそうなものを12種類設定した。この12種類のうち6種類は具体的に購入する商品を指定している「計画購買」に分類される状況で、残りの6種類は棚に並べられた商品を見てから何をかうかを決定する「非計画購買」に分類される。非計画購買を行う際に実験参加者が手に取る商品は毎回異なることから、表中における「商品A」には状況に応じた商品名を無作為に当てはめ

表 2: 提示した状況設定とそれぞれの計画・非計画購買の分類。

計画/非計画	状況説明
計画購買	毎日おやつに食べる商品 A を買いにきた。 商品 A の新商品が出たという噂を聞いて買いにきた。 友達に商品 A を買って帰るように頼まれた。 広告で見かけた商品 A が食べたくなったので買いにきた。 商品 A が割引中という噂を聞いて買いにきた。 商品 A についている特典を求めて買いにきた。
非計画購買	今いちばん食べたいと思う商品を買った。 なにか塩辛いお菓子が食べなくなった。 商品 A を買いにきたが、その近くの商品に移り購入した。 どの商品でもいいから一つおごってあげると言われた。 商品 A を買いにきたが品切れだったので他の商品を買った。 なにか大人数で分けられるお菓子を買った。

ることとした。状況を提示する手順に行動データが依存しないよう、実験ではこれらの状況説明の順番をランダムに入れ替えて提示を行なった。

5.2 実験の手順

実験参加者には実験開始に先立ち、内容の簡単な説明を行なった。この際、「実店舗を模したシステムを用いて購買行動の検証を行う」という内容のみを簡潔に伝え、本実験の趣旨である非計画購買という概念には触れないように注意した。その後、表2の内容にしたがって実店舗を想定した購買行動を行なってもらった。用意したディスプレイに行うべき購買行動の詳細が書かれた文章を提示し、具体的な商品名はその都度指示する形で状況の指示を行なった。ランダムに順番を入れ替えた12種類の状況設定を1セットとし、一人につき計3セットを実施した。セットの間では手に取った菓子を再び商品棚の上に戻す作業を行なったが、この際に商品が元とは異なる状態になるように配置することで商品の位置による結果の依存性を解消した。

5.3 実験参加者

実験には東京大学に在学中の21歳から23歳までの男性7名、女性2名が参加した。実験参加者が意識的に購買行動を変えてしまわないよう、本研究の目的である非計画購買という概念は初めには説明せずに実験を行なった。一人につき30分程度の実験を行い、謝金として1000円を支払った。

6. 実験結果

6.1 得られた行動特徴量の分析

本節では実験によって収集したデータから様々な行動特徴量を抽出し、それらが計画購買と非計画購買の間に有意な差を持つかどうかを確かめる。表3に今回比較を行なった特徴量の一覧を示す。この表に示すように、特徴量をその得られたタイミングによって、購買者が商品棚の前に初めて近づくまで、初めて商品に手を伸ばすまで、最後に商品に手を伸ばすまで、棚から立ち去るまで、の4つに分類

表 3: 購買中の特定のタイミングごとに観測される行動特徴量. 購買者が棚に近づいてから商品を取って棚から離れるまでの期間を大きく4つに分割した.

タイミング	行動特徴量
棚の前に近づくまで	棚の前への進入速度
初めて商品に手を伸ばすまで	棚からの距離の平均値 初めて手を伸ばすまでにかかった時間
最後に商品に手を伸ばすまで	商品に手を伸ばした回数 立っている位置の X 座標の標準偏差 立っている位置の Y 座標の標準偏差
棚の前から離れるまで	合計の滞在時間 立っている位置の X 座標の平均値 立っている位置の Y 座標の平均値 棚から立ち去る時の歩行速度

した. そして, それぞれのタイミングにおいてどのような特徴量が得られ, それらが非計画購買に特有の特徴量であるかどうかの考察を行った.

それぞれの購買行動は 9 人の実験参加者から集めた合計 324 (うち非計画購買が 162) の行動データを用いた. 計画購買と非計画購買に有意な差が生じているかを確認するために Welch の t 検定を用い, 有意水準を 0.05, 帰無仮説を「2つの特徴量の平均値が等しい」とした.

棚の前に近づくまで

棚の前に初めて近づいた状態では, 滞在時間や立っている座標の情報は得られないため, 棚の前のエリアに入ってきた時の歩行速度のみを行動特徴量として考えることができる. 計画購買時の平均値は 778mm/s ($SD = 212$) であったのに対し, 非計画購買時の平均値は 716mm/s ($SD = 223$) であった. 検定を行なったところ, $p < .05$ であることから, 進入時の速度には有意な差が存在することがわかった.

初めて商品に手を伸ばすまで

初めて商品に手を伸ばすタイミングでは棚の前に一定時間立ち止まっているため, 棚からの距離の平均値を特徴量として用いることができる. また, 棚の前に近づいてから初めて商品に手を伸ばすまでにかかった時間についても特徴量として用いた. この 2 種類の特徴量に対して検定を行なった結果, どちらも $p < .05$ となったことから, この 2 つの特徴量についても平均値に有意な差があると言える.

最後に商品に手を伸ばすまで

商品を複数回手に取った後のタイミングではその購買者が商品に手を伸ばした合計の回数を特徴量として用いることができる. また, 購買者が商品を手を取る過程で棚の周辺をある程度移動することが想定されることから, 購買者の立ち位置の X 座標と Y 座標の標準偏差についても特徴量として用いた. 商品棚に手を伸ばした回数は $p < .05$ であったため有意差があることがわかったが, X 座標と Y 座標の標準偏差については $p > .05$ であったことから購買行動を特徴づけるような有意な差は存在しないことがわ

		Predicted	
		Planned	Impulsive
Actual	Planned	48	5
	Impulsive	6	40

(a) 特徴量を絞り込む前の分類の結果. 10 種類の特徴量を用いている.

		Predicted	
		Planned	Impulsive
Actual	Planned	52	1
	Impulsive	3	43

(b) Boruta を用いて特徴量を絞り込んだ後の分類の結果. 特徴量は絞り込まれた 7 種類のみを用いている.

表 4: Boruta で特徴量を抽出する前後の精度の比較. 特徴量を絞り込んだ後の分類の精度が向上していることがわかる.

かった.

棚の前から離れるまで

商品を取り終え, 棚の前から立ち去ろうとする状況において得られる特徴量として, 棚の前に滞在していた合計時間が考えられる. また, 商品棚から立ち去る時の速度も計測することができ, このデータに関しても行動を特徴づける要素であると考えられる. さらに購買者を特徴づける情報として, 購買者が立っていた X 座標と Y 座標の平均値も特徴量として用いることとした. 合計の滞在時間については $p < .05$ となり有意な差が見られたものの, 退場時の速度に関しては $p > .05$ となり有意な差は得られなかった. 座標の平均値について, X 座標に関しては有意な差が見られたが, Y 座標では有意な差は見られなかった.

6.2 Boruta を用いた特徴量抽出

Boruta とはランダムフォレストと検定を用いて特徴量を抽出する手法の一つであり, Kurasa らによって考案された [3]. この手法では調べたい特徴量以外に新しく偽の特徴量を用意し, これらを合わせてランダムフォレストで複数回訓練させることによって, 重要度の高いパラメータを決定するというものである. 複数回のランダムフォレストを実行することでそれぞれの特徴量が重要と見なされた回数の分布がわかり, その分布に関して検定を行うことで重要性の高い特徴量の数が決定される.

この Boruta を用い, 先ほど得られた 10 種類の特徴量から重要度の高い特徴量の抽出を行なった. 表 4 にその結果を示す. この結果, 10 の特徴量から重要度の低い 3 つの特徴量が除かれ 7 つの特徴量が抽出された. 重要度が低いと見なされた特徴量は「X 座標の平均値」, 「Y 座標の平均値」, 「立ち去る際の歩行速度」の 3 種類であった.

6.3 サポートベクターマシンを用いた購買行動の分類精度の評価

Boruta を用いて抽出された 7 種類の特徴量を用いた計

表 5: タイミングごとに取得できる特徴量を用いた分類の精度.

タイミング	precision	recall
棚の前に近づくまで	0.60	0.49
初めて商品に手を伸ばすまで	0.76	0.82
最後に商品に手を伸ばすまで	0.73	0.76
棚の前から離れるまで	0.71	0.73

画購買, 非計画購買の分類をサポートベクターマシンを用いて行う. 精度の評価は上で述べた4段階のタイミングごとに行い, そのタイミングまでで用いることのできる特徴量全てを用いて評価を行う. 学習データを全体の6割, ハイパーパラメータの調整用のデータを全体の2割, テストデータを全体の2割とした. この分類においてカーネル関数としてRBFカーネルを選択した. 精度を検証するため, 4つのタイミングそれぞれについてテストデータをランダムに抽出することを5回行い, その精度の平均値を用いた. 表5に4つのタイミングごとの precision および recall の値を示す.

7. 考察

7.1 各特徴量にみられる購買行動との関係性

前節で述べたとおり購買者の特徴量には様々な種類があるが, 購買行動の違いに対して有意な差を示したものとそうでないものが存在した. 本節ではこれらの結果について考察を行う.

まず, 時間に関係した特徴量について考える. はじめに商品を取るまでにかかる時間および棚前での滞在時間は購買行動の違いに対して有意な差を持っていた. この理由として, 非計画購買を行う購買者は棚の前に来てから何をかうか考える時間が存在する, ということが考えられる. 計画購買は何をかうかをあらかじめ指示された状態で棚前に移動していることから, 棚前にかかる時間は商品を棚から探すという過程のみである. それに対して非計画購買では棚の商品を一通り確認した上で何をかうかを考えることから, 必然的に棚前に滞在する時間は増えると想定される.

次に, 歩行速度に関係した特徴量を考える. 今回の実験では棚前のスペースはあまり広くなく, 購入中に歩き回することは難しいことから, 棚前に進入する時の速度と棚前から退場する時の速度のみを考慮に入れて分析を行なった. 歩行速度に関しては進入時に対しては有意な差がみられたが, 退場時に関しては有意な差がみられなかった. 計画購買では目的となる商品が定まっているため購買者は棚に対して一直線に進む一方で, 非計画購買では買いたい商品を複数想定しながら棚に近づいてくると考えれば, 進入速度に関する結果は自然であると考えられる. また, 商品を取り終わった後に棚前から立ち去る時点では両者の購買行動に差異はないことから, 退場時の結果に差異がないことも説明がつく.

商品に手を伸ばした回数 of 有意差については, 非計画購買者が商品を選ぶ時の気の迷いと考えることができる. 計画購買では決まった商品を手取るだけなのでこの動作は少ないが, 非計画購買の場合は買う商品の判断材料を得るためにパッケージの表示を眺めるなどの動きが増えるため回数が増加すると考えられる.

最後に購買者が立っている位置に関する特徴量の考察を行う. これらの特徴量は他と比べると有意な差を示さないものが多かった. この原因として, 棚前の範囲が狭いため購買者が購買行動に応じて動き回るという場面が少ないことが考えられた. 行動をセンシングが可能な範囲が複数の商品棚に渡るなど, 測定範囲が広がればこうした特徴量にも有意な差が生じてくるのではないかと考えられる.

7.2 特徴量を用いた購買行動の分類

前節では Boruta と呼ばれる行動量の抽出手法およびサポートベクターマシンを用い, 得られた特徴量による購買行動の分類を行なった. 本節では結果から得られた購買行動を分類する手法に関する考察を行う.

Boruta を用いた特徴量の抽出により, 入力として与えた10の特徴量から分類に大きく寄与する7の特徴量が得られた. 重要度が低いと判断された特徴量は退出時の速度および購買者の立っている平均座標を用いたものであったことから, 有意な差を持たない特徴量が購買行動の分類に不要であると判断されたことがわかる.

また, サポートベクターマシンを用いたタイミングごとの分類に関して, 棚から初めて商品を手取ったタイミングでの分類精度が最も高い値を示すという結果が得られた. 有意な差を持つ特徴量を次第に増やしていったにもかかわらず, これ以降のタイミングでは精度が低下したことから, 購買行動の分類は判断を行うタイミングも重要な要素であることが考えられる. 例えば, 初めて商品を手取るまでの動作は非計画購買に特有の行動を多く含むが, それ以降の動作では両者に違いが見られなるとすればこの結果に関して説明がつく. したがって, 非計画購買はまだ意思決定がなされていない初期にその行動をセンシングして判断すべきではないか, ということがこの実験結果から導き出される結論である.

7.3 結果の一般性に関する議論

本実験では特徴量を用いた有意差の検証や機械学習を用いた購買行動の分類を行なった. しかし, 結果の一般性という観点で見ると改善の余地がある事項がいくつか存在する.

まず, 研究室における実験の状況設定が実店舗のものとは大きく異なっていたことが挙げられる. 指示した12種類の購買行動を実験参加者がそれぞれ3回繰り返すという条件で実験を行なったが, 次第に与えられた条件に対す

る慣れや棚の商品を覚えてしまう状況が発生してしまった。この結果、特に非計画購買において理想的な購買行動とは離れた行動データが収集されてしまった可能性がある。この問題を解決するためには、より実店舗に近い条件を設定して実験を行うことや、実店舗における行動データを収集して分析を行うなどの改善が必要と考えられる。

また、行動特徴量として選んだ10個のパラメータには規則性がなく、得られたデータから恣意的に決定したことも問題点として挙げられる。非計画購買に特有の特徴量を見出すという本研究の目的からすると、用いる特徴量はあらゆる観点から多くの特徴量を等しく選択するべきであり、偏った特徴量の選択によって得られた成果は購買行動を特徴づける要素とは断定しがたい。購買者の視線の移動や体の向きなど、より多くのパラメータを行動特徴量として分析することができればさらなる結果の信頼性が得られると考えられる。

8. おわりに

本研究では購買者が商品棚の前で非計画購買を行う際に見せる行動特徴量に関する調査を行なった。購買行動を特徴付ける要素として滞在時間や商品に手を伸ばした回数、棚からの距離など様々なパラメータを設定し、それらと購買行動の間にどの程度関係性があるかの調査を行なった。実験は研究室にインテリジェント・ラベル™を設置することで、計9人の実験参加者にこちらで指定した計画購買、非計画購買のシナリオに従った購買行動を行なってもらうことでデータの収集を行なった。

実験の結果、商品を手取るまでの時間や商品に手を伸ばした回数、進入時の歩行速度など、いくつかのパラメータに関して計画購買と非計画購買に有意な差が見られることがわかった。また、Borutaを用いた特徴量抽出とサポートベクターマシンを用いた購買行動の分類を行うことで、初めて商品を手取る段階までの特徴量を用いて約76%の精度で非計画購買かどうかを特定することが可能であるとわかった。

今後の課題としては、

- 実店舗における購買行動調査の実施
- より行動特徴量を増やしたデータにおける分類精度の検証
- 複数の手法を用いた購買行動分類の実施

などが挙げられる。特に、本研究の貢献は実店舗における購買行動の実態の把握を目的としていることから、実店舗において行動特徴量を収集する実験を行うことを今後の目標としたい。

9. 謝辞

本研究に協力していただいた研究室の同期および先輩方、またインテリジェント・ラベルの導入に関して協力し

ていただいたSBクリエイティブ株式会社、株式会社ローソン、プロクター・アンド・ギャンブル・ジャパン株式会社の方々に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] Cheng, Y.-H., Chuang, S.-C., Wang, S.-M. and Kuo, S.-y.: The effect of companion's gender on impulsive purchasing: the moderating factor of cohesiveness and susceptibility to interpersonal influence, *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 43, No. 1, pp. 227–236 (2013).
- [2] Hui, S. K., Huang, Y., Suher, J. and Inman, J. J.: Deconstructing the “first moment of truth”: Understanding unplanned consideration and purchase conversion using in-store video tracking, *Journal of Marketing Research*, Vol. 50, No. 4, pp. 445–462 (2013).
- [3] Kursa, M. B., Rudnicki, W. R. et al.: Feature selection with the Boruta package, *J Stat Softw*, Vol. 36, No. 11, pp. 1–13 (2010).
- [4] Melià-Seguí, J. and Pous, R.: Human-object interaction reasoning using RFID-enabled smart shelf, *Internet of Things (IoT), 2014 International Conference on the, IEEE*, pp. 37–42 (2014).
- [5] Pei Ling Lim, R. Y.: What Internal and External Factors influence Impulsive Buying Behavior in Online Shopping?, *Global Journal of Management And Business Research* (2015).
- [6] Rook, D. W.: The buying impulse, *Journal of consumer research*, Vol. 14, No. 2, pp. 189–199 (1987).
- [7] Stern, H.: The significance of impulse buying today, *The Journal of Marketing*, pp. 59–62 (1962).
- [8] Welch, J. L.: An Assessment of the Significance of Impulse Purchasing for Convenience Store Retailers, *The 1980's: A Decade of Marketing Challenges* (Bellur, V. V., ed.), Cham, Springer International Publishing, pp. 196–199 (2015).
- [9] Wu, Y.-L., Shih, Y.-W. and Hsiung, C.-Y.: Understanding Online Impulsive Purchase Intention: The Role of Extrinsic Product Cues (2017).
- [10] Zhu, H., Yang, Z., Ou, C. X., Liu, H. and Davison, R. M.: Investigating the Impacts of Recommendation Agents on Impulsive Purchase Behaviour, *CoRR*, Vol. abs/1606.01349 (online), available from (<http://arxiv.org/abs/1606.01349>) (2016).
- [11] 岩井将行, 森雅智, 徳田英幸: センサーノードを用いた商品の購買前注目度把握システム, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信 (MBL), Vol. 2008, No. 18 (2008-MBL-044), pp. 173–177 (2008).
- [12] 荒木貴好, 米澤拓郎, 中澤仁, 高汐一紀, 徳田英幸 et al.: 実店舗における商品購買時の迷い検出システムの構築, 全国大会講演論文集, Vol. 71, pp. 303–304 (2009).
- [13] 流通経済研究所: インストア・マーチャングデザイン (2016).