

# 超音波センサ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～†

田嶋 拓也 \*1・阿部 武彦 \*2・南保 英孝 \*1・木村 春彦 \*1

我が国におけるサービス業の生産性の低さが問題視されている。特に人口減少社会において持続的な経済成長を実現するためには生産性向上は喫緊の問題であり、情報技術（IT）活用による高効率化が有力な方策の1つとして期待されている。本研究は、サービス業の流通産業（卸・小売業）、中でも小売業を対象としたIT活用による生産性向上を目標としている。具体的には、超音波センサを用いた振舞い認知システムにより売場での人間（顧客）の振舞いデータを計測・収集し、顧客の振舞いデータを基にした的確な販売促進を行うことで売場生産性向上の実現を目指すものである。換言すれば、工学的なアプローチによる顧客行動の数値化に基づいた科学的なマーケティング意思決定を可能にするものである。本稿では、超音波センサとサポートベクターマシンを用いた振舞い認知システムを提案する。被験者を用いた仮想売場での振舞い認知実験の結果から、提案手法による顧客振舞い認知が可能であることを確認した。

キーワード：振舞い認知，超音波センサ，サポートベクターマシン

## 1. まえがき

日本の第3次産業（広義のサービス業）は、日本の国内総生産（GDP）の7割近くを占める重要な産業であり、その従事者の比率も高い。しかし、卸・小売業をはじめとしたサービス業の労働生産性（労働者1人当たり一定時間に生み出す付加価値生産額）は米国の6割以下（00-04年平均、内閣府分析）の水準であり、こうした生産性の低さは、産業の国際競争力といった観点から問題とされているところである。

また人口減少社会の我が国が持続的な経済成長を実現するには、産業の生産性向上が必要である。政府はこれを重要問題としてとらえ、例えば最近では、経済財政諮問会議の『基本方針2007（骨太方針）』[14]において、労働生産性を5年間で1.5倍に高めるといった具体的な数値目標を設定し、「ITの活用などで効率を上げるサービスの革新」を戦略の1つに挙げている。

また、文献[7]ではGDPの70%を占めるサービス業におけるIT化を重点的に支援することについて提言している。さらに『総合科学技術会議 第3期科学技術基本計画』[12]では「人口減少・少子高齢化の下で安定的な経済成長を実現するために生産性の絶えざる向上が必要となる。」、「国際的に生産性が劣後しているサービス分野では科学技術によるイノベーションが国際競争力の向上に資する余地が大きい…」などと述べている。

これらの提言から、サービス産業の生産性向上の決め手として最も期待されているのがITの活用であることが伺える。

本研究は、サービス業の流通産業（卸・小売業）、中でも小売業を対象としたIT活用による生産性向上を目標としている。具体的には、超音波センサを用いた振舞い認知システムにより売場での人間（顧客）の振舞いデータを計測・収集し、顧客の振舞いデータを基にした的確な販売促進を行うことで売上向上＝売場生産性向上の実現を目指すものである。換言すれば、工学的なアプローチによる顧客行動の数値化に基づいた科学的なマーケティング意思決定を可能にするものである。

本稿では、顧客振舞い認知システムの基本機能とそれを実現する技術、および基本機能を評価した実験結果を報告する。まず2章では、研究対象とする小売業の現状と本研究の位置づけについて述べる。3章で

† Development of a Marketing System for Recognizing Customer Buying Behavior in a Store Using Ultrasound Sensor ~ Fundamental Experiment of Sensing Customer's Behavior for Raising the Productivity of Selling Area Using Information Technology ~ Takuya TAJIMA, Takehiko ABE, Hidetaka NAMBO and Haruhiko KIMURA

\*1 金沢大学大学院自然科学研究科  
Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

\*2 金沢工業大学情報フロンティア学部  
College of Informatics and Human Communication, Kanazawa Institute of Technology

は、顧客振舞い認知システムの構成や機能について説明する。4章では、実験について述べ、最後に5章で本研究の成果をまとめる。

## 2. 小売業の現状と本研究の意義

### 2.1 小売業の現状

本節では主に文献[8]を基にして、本研究が対象とする小売業の現状を述べる。

我が国の流通産業（卸・小売業）は、GDPの約14%程度を占めており、製造業に次ぐ、サービス業の中では最も規模の大きい産業である。ところが、我が国が人口減少社会に入ったことにより、今後、国内市場は量的に縮小することが予想され、厳しい環境変化に直面している。実際、商業販売統計における国内小売業販売額は、平成9年をピークとして減少傾向にある一方、店舗の大型化を背景として店舗面積は拡大を続けており、店舗面積当たりの販売額（販売効率）については近時低下傾向を続けている。また、我が国小売業の従業員1人当たりの付加価値額を見た場合、製造業や他の非製造業に比べて著しく低い状態が続いており、また日米比較においても、小売業の生産性は低い。我が国経済がさらなる成長を実現していく上で、小売業を含めたサービス業の生産性を向上させることが必要であるとの認識の下、その方策としてはIT活用による高効率化などが挙げられている。

### 2.2 本研究の位置づけ

本研究はIT活用による小売業の高効率化を狙っているものであり、そのための手段として、超音波センサを用いて売場での顧客振舞いを計測できる振舞い認知システムを開発する。

顧客振舞い認知システムは、小売業における商品の品揃えや仕入計画、価格設定、顧客サービス、販売促進といった、いわゆるマーチャンダイジング分野における「顧客動態管理」の一手段となる。顧客動態管理は、顧客の購買に関して、常に変化している客数・商品・場所・時間・機会などの動向を分析/把握し、それによって今後の予測や対応を図るものである[11]。消費の変化の兆しをいち早くつかむには、じかに消費者の消費行動・購買行動を観察すべきである[23]など、マーチャンダイジング分野においては顧客動態管理の重要性がしきりに唱えられているところであるが、多忙な店舗スタッフが直接これに携わることは難しく、かりに観察専任スタッフを雇って担当させたとしても、人間の目視による長時間や長期間にわたる計測は実質困難である。そのため顧客動態を自動的に計測するための情報システムが必要とされる。

顧客動態を計測する代表的な情報システムとしては交通量センサ[16]が挙げられる。これは人間の通過をカウントする機械であり、最近では、画像処理を用いた高精度の人流計測システムの開発報告もある[1]。また単なるカウント機能だけでなく、顧客の性別識別や年齢層推定を目的としたシステム開発事例も存在する[3][15][22]。

本システムは、売場前での顧客の振舞いを認知する機能を新たに実現することで、既存の顧客動態計測システムとの差別化を図る。ここで本研究における「顧客の振舞い」を、売場前での立ち止まり状態と、商品棚に手を伸ばすなどの商品選択行動、と定義する。

次に、こうした顧客の振舞いを認知する意義について説明する。

従来のPOS情報では、「売れている、売れていない」という情報しか得られなかったために、死に筋商品を把握することで経営効率を上げていくしかなかった[24]。しかし、本システムでは「売れていない」場合においてもさらにこれを緻密に分析することができる。つまり購入までに至らなかったが、顧客が売場で示した興味（立ち止まり状態、商品棚に手を伸ばすなどの商品選択行動）を逃さず検知できるため、例えば、多くの興味を示されている点で有望ではあるが売上が今一つの売場を発見し販売促進強化を図るなどの対応を可能とする。こうした対応は客観的な顧客の行動データに基づいている点で、根拠の明確でない曖昧な意思決定を行った場合よりもはるかに効果的で、売上向上＝売場生産性向上を実現できる可能性が高いと想定される。

## 3. 振舞い認知システム

本章では、顧客振舞い認知システムの機能と必要性、システム構成および機能実現のための技術的な仕組みについて述べる。

### 3.1 システム機能

顧客振舞い認知システムは次の2つの振舞い認知機能を持つ。それぞれの機能をその用途・必要性と併せて説明する。

#### (1) 立ち止まり状態認知

売場前での顧客の立ち止まり状態（静止状態）を認知し、これを立寄り件数として計数する。

立寄り件数をレジ通過客数などのPOSデータと照合することで、立寄率（買い物客のうちその売場前に立ち止まった人数の割合）や買上率（立ち止まった人数の

うち売場の商品購入に至った割合)を算出することが可能である。

小売業で実施される客動線調査においては「通過率」や「立寄率」, 「買上率」を同時に調べる場合もある[4]。これは顧客1人当たりの買上金額(客単価)を示す算式が, 「買上金額=動線長×立寄率×視認率×買上率×買上個数×商品単価」といった要素(規定因)から成り立つ[19]ためである。売上向上のためにはこうした規定因をいかに操作し高めるかが必要であるが, そのためにはまず現状を把握しなければならないからである。

また最近では, 店舗の部門ごとに収益管理を行う事例[20]も増えてきており, POP(店頭販促物)や試食販売などにより販売方法を変えた場合や, 定期的に改装される店舗内レイアウトの変更後での部門の売場の通過率や立寄率の変化は最大の関心事となる。

立ち止まり状態認知機能は, 以上に述べたような, 店舗経営者や部門責任者が最も知りたがる規定因データを提供するものである。これに基づき, 立寄率が低ければ立寄りを増やす工夫を, 高い立寄率のわりには売上が芳しくない場合には買上率を高めるよう, 立ち止まって視認した商品を確実に購入してもらう対策を講じることが可能となる。

## (2)商品選択行動認知

売場前の顧客が棚に手を伸ばして商品を掴む振舞いを認知し計数する。

本機能により, 立ち止まりよりもさらに強い興味の表れた行動としてこれを認知することができる。

最近ではRFID(無線ICタグ)を活用して, 衣料品や靴などの商品を顧客が一旦手に取ったものの, 迷って棚に戻したという情報(タッチログ)を把握する実験も行われている[18][24]。タッチログの把握は, 売上は少なくとも触れられる回数が多ければ, その商品は有望だといった判断ができる点で意義深く, つまり「売れていない」場合の緻密な分析を行うことがマーケティング分野において必要とされていることを示している。本システムが提供する機能の意義はまさにこれを可能にする点にある。ちなみに多品種を扱うスーパーマーケットなどにおけるRFID導入は, コスト面での問題や消費者プライバシー保護団体からの反発などもあり小売業最大手のウォルマートが実証実験を中止するなど, 様々な問題を抱えているのが現状である[24]。

商品選択行動認知機能により, どの棚の商品に手を伸ばしたかまで識別できるため, POSの売上データと

照合することで, 棚ごとのおよそのタッチログを把握することが可能である。なお, この場合においても消費者のプライバシーを侵害する恐れは全く無く, この点については次節において詳しく説明する。

## 3.2 システム構成

振舞い認知システムにはKEYENCE社製の超音波センサUD-320を用いた。超音波センサを用いる利点として, 識別対象者の写真や動画像を用いないためプライバシーを侵害しないこと, 照明環境に影響を受けないこと, 比較的小さなセンサで取り扱いが容易であるため設置にかかる手間やコストが小さいことが挙げられる。超音波センサUD-320の仕様を表1に示す。この超音波センサは, 超音波を発射し反射波が返ってくるまでの時間を測定することにより, 超音波センサから物体までの距離を計測するものである。特徴は, 指向性が高く, センサと検出物体間の距離が変化しても検出幅が変化しないため, 複数の超音波センサを近距離配置で使用した場合に起こる干渉が起こり難いことと, 表示分解能が1mmと小さく, 精細な情報が得られることである。

ここで, 顧客振舞い認知システムに超音波センサを用いるに至った理由を詳しく説明する。店舗内売場における顧客振舞い(人間行動)認知のための手段選択は, 顧客動態を計測するシステム開発における重要な問題であると考えためである。

まず著者らは, 店舗内における顧客振舞い観察のため, いくつかのスーパーマーケットやショッピングセンターなどにビデオカメラの設置を依頼したことがある。その際, 顧客のプライバシー保護, データ取得方法の工夫(顧客の目につかないようなカメラ設置法など), データ流出防止(スタンドアロンPCのみによるデータ取り扱いなど)といった誓約条件を提示したものの, すべての店舗から顧客のプライバシー侵害と不快感を抱かれる懸念があるとの理由で断られた。なお著者らが依頼した店舗は, 野菜・肉・魚といった生鮮食品や生活必需品のような, 一般に安価な商品を販売している店舗であり, セキュリティ用防犯カメラは設置されていなかった。

ちなみに, 個人情報の保護に関する法律(平成15年5月30日法律第57号)の経済産業分野における具体的

表1 超音波センサUD-320の仕様

測定範囲	200～1300mm
表示分解能	1mm
最小検出物体	20mm



な指針[5]では、「防犯カメラに記録された情報等本人が判別できる映像情報」は、個人情報に該当する事例として挙げられている。防犯カメラに関して、文献[6]のQ&A回答132項では、防犯カメラの場合には個人情報の利用目的が明らかであると認められるため、個人情報の利用目的を本人に通知又は公表等する必要がないとされているが、防犯以外の目的で利用する場合には、「取得の状況からみて利用目的が明らか」とは認められない可能性が高いため、当該利用目的を公表する必要があるとされている。マーケティング情報として売場での顧客の行動を撮像し利用する場合には、この例に相当するものと思われる。

ここで懸念されるのは、購買行動を撮影するビデオカメラ設置の公表により、顧客の行動に影響を与えてしまう可能性が生じることである。これでは正確な計測が困難である。

また、個人情報の流出は致命的な社会的信用の失墜やそれが原因となって経営不振につながる可能性も考えられるため、個人情報保護の観点からすれば、撮像することはリスクを抱えることにもなり、情報管理負担も増加する。こうした理由から、マーケティング情報のためのビデオカメラでの撮像に対して店舗経営者は必ずしも積極的になれないものと思われる。

特に売場においては、3.1節で紹介したRFID導入に対する消費者プライバシー保護団体からの反発の事例にも見られるように、プライバシー侵害を恐れる消費者心理は想像以上のものであり、これには十分過ぎるほどの配慮が今後ますます必要となる。そのため、顧客動態を計測するシステムに活用する技術(手段)を選択する場合においてもこの点を十分に考慮しなければならない。もちろん小売業の売場においては、ビデオカメラに代表されるような個人識別可能な技術導入は決して不可能なことではないが、現実的には様々な懸念を抱えており容易なことではない。そのため本研究では個人識別情報入手のできない超音波センサの導入を試みた。

### 3.3 振舞い認知方法

本研究では、顧客の振舞いを識別するために、教師あり学習を用いる識別手法のひとつであるサポートベクターマシン(以下、SVM)[2][25][26]を用いた。文献[21]には、SVMは姿勢変化を伴う物体識別の問題に有効であることが報告されている。

SVMは、超平面と訓練サンプルとの最小距離(マージン)を評価関数として使い、これを最大化するように超平面を決定する2値分類器である。本研究では多値分類に対応する必要があるために、複数のSVMを

組み合わせて用いることとする。その方法として一般的に知られているone-against-allとone-against-oneの2つの方法が挙げられる。

one-against-allは、 $k$ 個のクラス分類問題を解くため、注目する1個のクラスと残りの $k-1$ 個のクラス分類を $k$ 個のSVMを用いて行う方法である。

one-against-oneはある2つのクラスに対する分類をすべての組み合わせにして行う方法で、 $k(k-1)/2$ 個のSVMを用いる方法である。つまり、すべてのクラスが総当たりとなるようにクラスのペアを作成し、クラスペア数の2クラス分類器を用いて多数決をとって判定する方法である。

one-against-allよりone-against-oneの方が優れているため[10]、本研究ではone-against-one方式を用いた。なお、SVMを用いる利点としては、SVMが高い汎化能力を持つことと、局所解に陥らないことが挙げられる。

また、SVMでは観測空間ではデータの線形分離が不可能な場合に、データを非線形変換によって、より高次元の空間に写像し線形分離可能とする方法を用いる。この時の計算量を大幅に軽減する方法はカーネルトリックと呼ばれ、カーネル関数には線形カーネル、多項式カーネル、シグモイドカーネルなどさまざまなカーネル関数がある。SVMの性能はカーネルの選択や、カーネルに付随するパラメータの設定によって大きく影響されるが、現在のところカーネル選択に関する有効な手法は確立されていない[25]。本論文では比較的パラメータが少ないガウシアンカーネルを用いた。式(1)は、ガウシアンカーネルの式を示したものである。ただし、 $K(x, x')$ はカーネル関数、 $x$ と $x'$ は入力データ、 $\gamma$ は(データの次元数)<sup>-1</sup>を示す。

$$K(x, x') = \exp(-\gamma / \|x - x'\|^2) \quad (\gamma > 0) \quad (1)$$

## 4. 実験

本章では、振舞い認知実験に用いた振舞い認知システムを説明し、実験方法および実験結果を示して考察する。実験は大学実験室内に仮想売場を設けて実施した。

### 4.1 実験に用いた振舞い認知システム

同型の超音波センサ6基と商品棚を図1のように設置した。図1の左部分はシステムを横から見た場合の、右部分は上から見た場合の概略図である。超音波センサ3基ずつを1ラインに設置し、センサラインを2ライン、合計6基の超音波センサを用いている。ここで、6基の超音波センサに個別の番号を付与する。

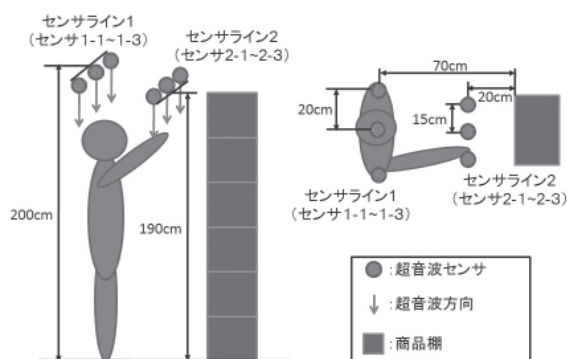


図1 センサの設置方法

商品棚に向かい合っている人を基準とし、センサライン1の右側の超音波センサをセンサ1-1、中央をセンサ1-2、左側を1-3とする。センサライン1の場合と同様の基準で、センサライン2の右側をセンサ2-1、中央をセンサ2-2、左側を2-3とする。

2つのセンサラインはそれぞれ異なる目的のために設置されており、センサライン1では立ち止まり状態を認知し、センサライン2では商品選択行動を認知する。センサライン1では左右の肩部と頭部を検知する想定で、センサライン2では左右の手腕としゃがみこんだ場合の頭部を検知する想定で設置した。図1と表1の超音波センサの測定範囲の仕様から、センサライン1の超音波センサでは地上から70cmから180cmまでの物体を測定でき、センサライン2の超音波センサでは地上から60cmから170cmまでの物体を測定できる。また、センサライン1は商品棚から70cm離れた場所に商品棚に平行に設置され、センサライン2は商品棚から20cm離れた場所に商品棚に平行に設置される。センサライン1と商品棚との距離70cmの設定理由は、顧客が立ち止まって商品棚を見る際に視野の広がりや商品の取りやすさから取られる距離が70cm [17]であるためである。また、センサライン2と商品棚の距離20cmの設定理由は、商品棚が超音波センサの検出域に入らない距離を取るためである。なお、2つのセンサラインは商品棚の商品を取り出せる側面に設置されている。

次に、図2に商品棚の形状を示す。図2の左部分は商品棚を正面から見た場合の、右部分は上から見た場合の概略図である。商品棚は30cm(高さ)×40cm(横幅)×30cm(奥行)で区切られた6つの段で構成されている。ただし、この形状の商品棚の最下段は顧客からは商品が見え難く、取り難いため [9][13]、通常はストックスペースとなっている。そのため実験では最下段を除いた残りの5段を用い、最上段を1段目とし

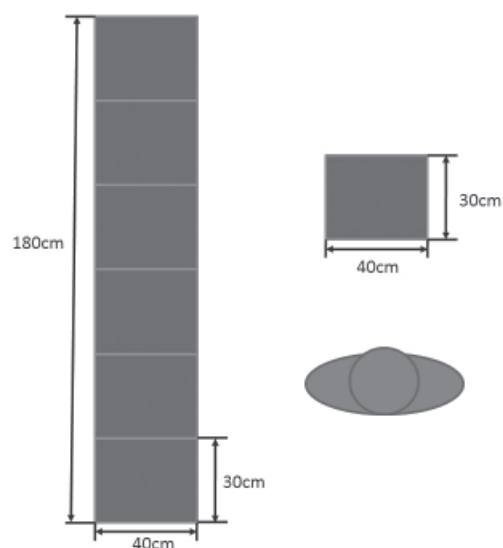


図2 商品棚の形状

て、下に続けて2, 3, 4段目とし、一番下を5段目とする。

## 4.2 実験方法

### 4.2.1 データの取得

顧客と想定した被験者10人の立ち止まり状態と商品選択行動データを取得する。

まず、立ち止まり状態のデータ取得実験を行った。被験者に5秒間と10秒間、商品棚に並んだ商品を最上段から5段目までそれぞれ静止状態で見させる。そして、センサライン1の中で検出状態にある超音波センサの番号とその検出時間を測定した。5秒間商品を見る場合には、ほぼ迷いがなく商品を選択した時間とし、立ち止まっていない状態とみなす。10秒間商品を見る場合には、詳細に商品選択を行っているとし、立ち止まっている状態とみなす。つまり、立ち止まりが開始されたとする時刻を立ち止まってから5秒経過した時刻と想定し、何れかのセンサが反応を開始してから5秒経過後を立ち止まり開始時刻とみなす。サンプリング周期を10msとし、5秒間で500個のデータ、10秒間で1000個のデータを取得する。検出が行われた場合を1、検出が行われなかった場合を0とし、センサごとに合計して1データとする。被験者1人に対して、5秒間と10秒間の立ち止まりを5回ずつ計10回行わせて、1人10個のデータで10人の被験者の合計100個のデータを識別率の計算に用いる。センサごとに集計した後のデータの例を表2に示す。この例では実験No.1ではセンサ1-1では10秒間に789回、センサ1-2では1000回、センサ1-3では0回検出したことを

示し、実験No.2ではセンサ1-1では5秒間に500回、センサ1-2では500回、センサ1-3では128回検出したことを示す。前述のとおり、個別のセンサ番号を商品棚に向かっていている人を基準とし、右側を1-1、中央を1-2、左側を1-3としたので、実験No.1では右側と中央のセンサのみ検出が行われていることがわかり、被験者が商品棚に対して右寄りに立って商品を見ていることがわかる。

次に、商品選択行動のデータ取得実験を行った。被験者に商品棚にある商品を掴む動作を行わせて、センサライン2の中で検出状態にある超音波センサの番号とその検出距離を測定した。最上段から5段目までの棚にある商品を掴む動作をそれぞれ500回ずつ取得し、10人の被験者の合計25000個のデータを識別に用いた。なお、サンプリング周期は10msである。表3に商品選択行動のデータの例を示す。この例中の実験No.1に注目した場合、被験者が選択した段が1(最上段)の時、センサ2-1が地上から148.4cmの場所に検出された物体(手挽)があることを示し、センサ2-3のように0.0となっているところは物体が検出されていないことを示す。センサライン1と同様に、センサ番号を商品棚に向かっていている人の右側をセンサ2-1、中央をセンサ2-2、左側をセンサ2-3と付番したため、表3の例では右側と中央のセンサのみ検出されていることがわかる。ちなみにこの例の被験者は右利きだったため、このようなデータが取得された。

表2 立ち止まり状態のデータの例

実験 No.	センサ 1-1	センサ 1-2	センサ 1-3	立ち止まり秒数
1	789	1000	0	10
2	500	500	128	5

表3 商品選択行動のデータの例

実験 No.	センサ 2-1	センサ 2-2	センサ 2-3	選択した段
1	148.4	148.4	0.0	1
2	135.6	132.0	0.0	2
3	105.5	71.0	0.0	3
4	0.0	85.0	0.0	4
5	0.0	91.0	0.0	5

4.2.2 データの識別

取得したデータにSVMを適用して識別率を計算した。具体的には、すべてのデータを均等に10分割し、9割を学習データ、残り1割をテストデータとして、10通りのデータセットについて識別率を求め、その識別率の平均を求めた(10 fold cross validation)。図3に10 fold cross validationの概要を示す。さらに、SVMを用いた場合の識別率を比較評価するために、多変量解析手法において、所属グループを判定する場合の代表的な手法である判別分析での識別率を求めた。

4.3 実験結果

表4にSVMと判別分析を用いた場合の5秒間、10秒間のそれぞれの立ち止まり状態における平均識別率を示す。

次にSVMと判別分析を用いた場合の商品棚のそれぞれの段での商品選択行動の平均識別率を表5に示す。なお、表4、5中の識別率は正判別率(正識別率)を表している。

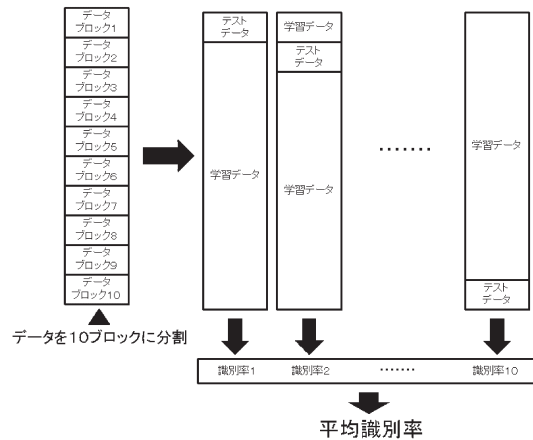


図3 10 fold cross validation の概要

表4 立ち止まり状態の平均識別率 (%)

立ち止まり時間	5秒間	10秒間
SVM	100	100
判別分析	100	100

表5 商品選択行動の平均識別率 (%)

選択段	1	2	3	4	5	全段平均
SVM	97.3	96.8	84.7	61.8	80.1	84.1
判別分析	90.1	82.5	4.2	52.3	76.0	61.0

#### 4.4 考察

表4より、立ち止まり状態の識別はSVMを用いた場合と判別分析を用いた場合、共に100%の精度で行えることがわかった。5秒間の立ち止まり状態と、商品の選択時間としては比較的短い時間であると考えられる10秒間の立ち止まり状態を正しく識別しているため、これより長い時間の立ち止まり状態の識別はさらに容易に実現でき、識別率の低下は起こり難いと考えられる。今回の実験では2つの立ち止まり時間を設定し識別実験を行ったが、ある程度の識別精度の低下を許容できるならば、立ち止まり時間の実測ができる可能性もある。

次に表5より、SVMを用いた場合の商品選択行動の識別率は、商品棚の全段の平均で84.1%と高い識別率が得られた。特にアイ・スペースやゴールデン・スペースと呼ばれる、顧客にとって最も見やすく商品を取りやすい位置である1段目と2段目の識別率が90%台後半という非常に高い識別率を得ることができた。これらの棚には店舗の主力商品が陳列しており、この棚の商品の売れ行きが全体の売上に直結するため、店舗経営者にとっては非常に気を使う商品棚である。そのため、これらの棚に対する顧客の商品選択行動情報は商品配置戦略を立案する際に有用な情報となると考えられる。また、4段目の棚の識別率が他の4つの棚に比べて低い。これは、4段目と5段目の商品を掴む際にはどちらもしゃがむ必要があり、4段目の商品を掴む行動が5段目の商品を掴む行動と誤認識された結果である。この識別率の改善に関しては、センサ設置方法の再検討やセンサ数の増加などで対応できると考えており、今後の課題としたい。

同じく表5より、判別分析を用いた場合の識別率は商品棚の全段の平均で61.0%となり、SVMを用いた場合より20%以上も低いことがわかった。さらに、それぞれの段に注目した場合の識別率でもSVMを用いた場合の識別率を上回ることがなかった。特に3段目の識別率は一桁となっており、ほとんど識別できていないことがわかる。

以上のことにより、超音波センサにより得られた顧客行動データをSVMと判別分析を適用して識別する実験により、顧客振舞い認知におけるSVM適用の有意性を示すことができた。

また識別率については、既存研究においては本機能を有する、または類似する機能を有するシステムが他に見当たらないため、単純な比較評価を行うことはできない。識別率は高ければ高いほど良いと考えられるが、どの程度の識別率があれば実用に足り得るにつ

いては、実店舗の販売員や売場管理者などに聞き取り調査を行いたいと考えており、こちらも今後の課題としたい。

## 5. むすび

本研究では、超音波センサとSVMを利用した振舞い認知システムを開発し、実験室内に設けた仮想売場での基礎実験で振舞い認知システムの識別率の検証を行った。仮想売場前で被験者にとらせた実験行動(立ち止まりや商品選択行動)は、実購買場面で十分に想定される行動であるため、本稿の実験結果により本手法に基づく売場前での顧客振舞い認知の可能性を示すことができたと考えている。

また認知の対象とした立ち止まり状態や商品選択行動は、どちらも店舗内売場のマーチャンダイジングにおける重要な指標であり、これらを自動的に把握できる機能を実現した点に本システムの有用性がある。

なお売場で顧客動態を計測するシステムに用いる技術を検討する場合、顧客のプライバシー確保には十分に配慮しなければならない。防犯以外の目的では、なるべくならば不特定多数の個人情報を取得したくないという現場での意向を鑑みるに、個人識別不可能なセンサ類を用いた顧客動態計測システム開発の必要性は高く、本システムの開発はこうした条件を満たした点で意義深い。

今後は、実験室内で様々な仕様の商品棚での振舞い実験を繰り返すことや、本システムを実店舗売場に設置した実験により実購買場面での振舞い認知精度の検証を行いたい。

なお本研究の最終目標は、振舞い認知システムによる人間行動の定量的データに基づいて、頻繁に顧客が立ち止まり、商品に手を伸ばすなどの興味をひくわりには購買までには至らない「もうひと押し必要な売場」を発見し、これに対応することで売場生産性向上を実現することである。

つまりIT活用により「人間の行動」を計算対象とし理解することが適切な販売戦略立案などのサービス技術に進展することを実証して、サービス分野への科学的・工学的なアプローチ波及のための一事例を築きたいと考えている。

## 謝辞

本研究は科研費(19500216)の助成を受けたものである。



## 参 考 文 献

- [1] 馬場賢二, 榎原孝明, 湯浅裕一郎, 画像処理による人流計測システム, 東芝レビュー, Vol.61, No.12, pp.35-38, 2006.
- [2] Cristianini N. and Shawe Taylor J., An introduction to support vector machine and other kernel based learning methods, Cambridge University Press, 2000.
- [3] 深山篤, 澤木美奈子, 村瀬洋, 萩田紀博, 歩行動作特性からの年齢層の推定, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II, No.7, pp.1522-1526, 2001.
- [4] 日野真克, よくわかるこれからのマーチャンダイジング, 同文館出版, 2006.
- [5] 経済産業省, 個人情報の保護に関する法律についての経済産業分野を対象とするガイドライン, 2007.
- [6] 経済産業省, 「個人情報の保護に関する法律についての経済産業分野を対象とするガイドライン」等に関するQ & A, 2007.
- [7] 経済産業省 (商務情報政策局 情報政策課), ITによる生産性向上の加速化に向けて (ITフロンティア・イニシアティブ), 2007.
- [8] 経済産業省 (商務流通グループ 流通政策課), 生活づくり産業へと進化する我が国小売業~コミュニティ貢献とグローバル競争の両立~ (新流通産業研究会とりまとめ), 2007.
- [9] 河野英俊, お客を呼び込む売場のづくり方, ぱる出版, 2000.
- [10] Ulrich H.G. Kressel, Pairwise Classification and Support Vector Machines, Advances in Kernel Methods: Support Vector Learning, The MIT Press, Cambridge, MA, pp.255-268, 2002.
- [11] 三浦一郎・服部吉伸編著, マーチャンダイジングがわかる事典, 日本実業出版, 2002.
- [12] 文部科学省, 第3期科学技術基本計画 (平成18~22年度), 2006.
- [13] 永嶋幸夫, こんなにカンタン! 陳列の本, フォレスト出版, 2003.
- [14] 内閣府経済財政諮問会議, 基本方針2007, 2007.
- [15] 日本経済新聞 平成16年12月7日, 画像から性別・年齢層自動判別, 来店客分析きめ細かく, ダイヤモンドシティが実験, 2004.
- [16] 日本マーケティング・リサーチ協会, マーケティング・リサーチ用語辞典, 同友館, 2004.
- [17] 新山勝利, 売り場マーケティングの教科書, 明日香出版社, 2004.
- [18] 日経RFIDテクノロジー2006.2月号, 経産省のフューチャーストア実証実験, 2006.
- [19] 日経流通新聞 平成18年3月31日, マーケティングスキル ビジネスリサーチの進め方⑤ 観察調査で売場改善, 2006.
- [20] 日経流通新聞 平成17年12月21日, 京北スーパー, 店の部門別に毎日収益管理 売り方改善, 業績向上, 2005.
- [21] Massimiliano Pontil, Support vector machines for 3D object recognition, IEEE Trans. PAMI, 20 (6), pp.637-646, 1998.
- [22] 数藤恭子, 大和淳司, 伴野明, 石井健一郎, 入店客計数のためのシルエット・足音・足圧による男女識別法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-D-I, No.8, pp.882-890, 2000.
- [23] 田島義博, マーチャンダイジングの基礎 (第2版), 日経文庫, 2004.
- [24] (財) 店舗システム協会監修, 科学する店舗, 東洋経済新報社, 2005.
- [25] 津田宏治, サポートベクターマシンとは何か, 電子情報通信学会誌, Vol.83, No.6, pp.460-466, 2000.
- [26] Vladimir Naoumovitch Vapnik, The Nature of Statistical Learning Theory, Statistics for Engineering and Information Science, Springer-Verlag, 1995.

(2007年8月16日 受付)  
(2007年11月5日 採録)

[問い合わせ先]  
〒924-0838 石川県白山市八東穂3丁目1番地  
金沢工業大学情報フロンティア学部  
阿部 武彦  
TEL: 076-274-7129  
FAX: 076-274-7061  
E-mail: abet@neptune.kanazawa-it.ac.jp



## 著者紹介



山崎 拓也 [非会員]

2001年金沢工業大学工学部経営工学科卒業。2003年同大学大学院工学研究科経営工学専攻修士課程修了。同年、株式会社エフサスネットワークソリューションズ入社。現在、石川工業高等専門学校助教、金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程在学中。人工知能学会、日本経営工学会、日本生産管理学会各会員。



阿部 武彦 [非会員]

1988年金沢大学経済学部経済学科卒業。同年、大和コンピュータサービス(株)(現(株)大和総研)入社。1993年石川職業能力開発短期大学校講師。1997年金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。博士(学術)。1997年金沢工業大学講師を経て、現在、同准教授。経済・経営の分野への人工知能応用研究に従事。人工知能学会、電子情報通信学会、日本生産管理学会各会員。



南保 英孝 [非会員]

1999年金沢大学大学院自然科学研究科博士課程修了。博士(工学)。同年同大学工学部電気・情報工学科助手。現在、同大学大学院自然科学研究科講師。その間、プロダクションシステムに関する研究、特に高コストル対処法、高速条件照合アルゴリズムに関する研究に従事。電子情報通信学会、電気学会、情報処理学会、日本生産管理学会各会員。



木村 春彦 [非会員]

1979年東北大学工学研究科博士課程修了。同年富士通(株)勤務。1980年金沢女子短期大学講師。1984年金沢大学経済学部助教授。1992年同大学工学部電気・情報工学科助教授を経て、現在、同大学大学院自然科学研究科教授。工博。ソフトコンピューティングの応用や推論の高速化に関する研究に従事。人工知能学会、情報処理学会、日本生産管理学会各会員。

**Development of a Marketing System for Recognizing Customer Buying Behavior in a  
Store Using Ultrasound Sensor**  
～ Fundamental Experiment of Sensing Customer's Behavior for Raising the Productivity  
of Selling Area Using Information Technology ～

by

**Takuya TAJIMA, Takehiko ABE, Hidetaka NAMBO and Haruhiko KIMURA**

**Abstract :**

In this paper, we propose an automated marketing information system for recognizing customer buying behavior in a store using ultrasound sensor and support vector machine. Customer buying behavior means the acts of person involved in buying decision processes at selling area of retailers such as supermarket and shopping center. For example, customer stops in front of shelf, and stretches hand to grasp goods etc. These behaviors express signals of customers' interest in goods. In Japan, many retailers are in face of a difficult problem of low productivity of selling area. One of the biggest problems is that most retailers tend to overlook their customer's behaviors. The retailers must be aware of these customer behaviors as important marketing data in order to make the optimum sales promotion that is well suited to their customer behavior. By some experimental results, we verified that the proposed system can recognize customer buying behavior. The use of our marketing information system will do a lot for making a good example of raising the productivity of selling area using information technology.

**Keywords :** behavior sensing, ultrasound sensor, support vector machine

Contact Address : **Takehiko ABE**

*College of Informatics and Human Communication, Kanazawa Institute of Technology*

*3-1 Yatsukaho, Hakusan, Ishikawa 924-0838, JAPAN*

TEL : 076-274-7129

FAX : 076-274-7061

E-mail : abet@neptune.kanazawa-it.ac.jp