

ユビキタス技術を用いた新たなサービス ～ Advanced-In-Storeマーケティングの可能性～

小磯 貴史 † 服部 可奈子 † 吉田 琢史 † 今崎 直樹 †

概要: ユビキタスコンピューティングの応用分野は近年様々な広がりを見せつつある。その主たる応用分野の1つである小売店舗におけるサービス分析をターゲットとし、筆者らは、群集ナビゲーション技術の1つである歩行者動線分析システム“Peds-Go-Round”を用い、小売店舗の顧客・スタッフの動線観測実験並びにその購買行動分析を行っている。本稿では、従来の顧客行動分析における課題に対し、近年新興著しいRF-IDを用いた技術を導入することで、こういった機能向上を実現するか、なお残される課題は何なのか等、その可能性について考察する。

A New Service Using Ubiquitous Technologies ～ Potentiality for “Advanced-In-Store Marketing”～

Takashi KOISO†, Kanako HATTORI†, Takufumi YOSHIDA†, and Naoki IMASAKI†

Abstract: Recently, ubiquitous computing is being applied to various kinds of field. And we think that In-Store Marketing based on the behavior analysis of costumers and clerks is one of the most attractive fields for applying technologies. We have developed a trail analyzing system “Peds-Go-Round”, which includes an RF-ID based pedestrian trail observation system and a main trail extraction function, and we applied the system to In-Store Marketing of a home appliance retail store. This paper discusses the potentiality for Advanced In-Store Marketing. After reviewing the past researches, discussion on the innovation brought by the ubiquitous/RF-ID technologies and possible challenges for it will follow.

1 はじめに

センサデバイスの多種多様かつ小型化が進み、それらを環境に多数配置し、PCなどでリアルタイムにそのセンシング結果を収集・蓄積することが可能になったのは、ここ10年から20年来の研究成果である。現在もその進捗は、コストや精度などの点で、なお加速しつつある。このような技術向上を背景に、複数のセンサを混在かつ/または偏在させ、様々な環境下において適切にデータを収集・分析することで、人間や動物などの行動を定量的に分析したり、その結果から状況や嗜好に依存した情報を提供する、ユビキタスコンピューティングが勃興し、現在に到っているということは、もはや改めて議論するまでもないであろう。

これまで人間の行動分析は、ヒューマンパワーによる定性的分析や街頭での流動調査のような、目測で容易に判定可能な行動を、抽出・分析して行われてきた。一方、詳細・大量な行動データをセンサ等で観測すれば、より綿密で包括的な行動特性を得ることができ、これらの情報から行動分析することで、従来のアプローチでは得られなかった人間のより高次の行動特性が分析出来るとも考えられてきた。しかし従来のセンサ技術では、そういった分析で満たすべき機能を実現出来

ず、今日まで十分にその可能性は議論しえなかった。

我々は、ユビキタス社会のキーデバイスの1つと考えられるRF-IDを用いた動線観測システム“Peds-Go-Round”を開発し、実際に営業を行っている店舗内で来客にタグを携帯させ、行動履歴を観測する実験を行った。その結果、従来よりも詳細かつ大量の動線データを観測することが可能であることを確認し、その観測データに基づいて、スタッフ及び来店客の行動特性に関する分析を行っている。

本稿では、その実験方法並びに結果について述べ、従来の行動分析手法と提案システムによる手法とを比較検討する。その上で、新たなシステムによる知見が、より詳細なインストアマーケティング(In-Store Marketing; 以下ISMと記述)を実現する際、どんな情報を提供しうるのか、またそれを実現する際、技術的ハードルとなりうる分析アイテムとは何かについて議論する。

2 ユビキタスコンピューティングと小売店舗での分析

2.1 小売店舗業務支援におけるユビキタスコンピューティングの特徴並びに機能

ユビキタスコンピューティングで採用されているセンサデバイスは、赤外線、ジャイロ、加速度、超音波、

†(株)東芝 研究開発センター システム技術ラボラトリー
〒212-8582 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地

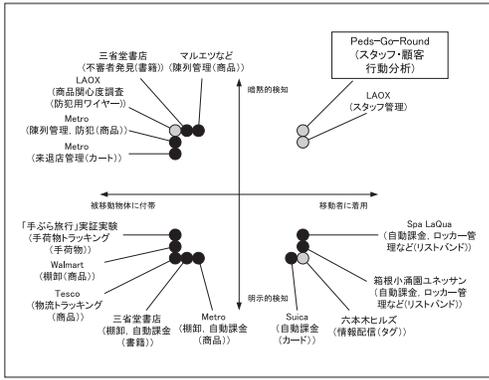


図 1: 最近実施された実験とその特性のプロット図 (括弧内は実際の使途 (付帯箇所) を示す)

カメラなど、様々な検知形態が存在する。

本稿ではそれらデバイスの中で、我々が開発しているシステムが RF-ID を用いていること、また、デバイス応用としてここ数年で飛躍的に RF-ID デバイスも進歩し、実証実験が行われているということから、RF-ID を用いた小売店舗での業務支援について、実例を交え述べることにする。

図 1 に、近年行われてきた RF-ID を用いた小売店舗の業務支援システムと、その形態や用途についてまとめると、この図では、横軸に観測時のタグ (もしくはリーダー) の設置・着用の形態 (「移動者 (人) が着用」か、「携行アイテム (カートや商品など)」か) を示し、縦軸にその移動や通過した情報を、移動者自身が意図的に検知を促すか、意思と関係なく検知を行うかを表す。また、プロットした点が黒色なのはパッシブタグ、灰色はアクティブタグを示す。

これによると、まず明示的に検知を促す形態の場合、その用途は移動者の着用では、キャッシュレス清算 (Suica, LaQua など)、携行アイテムに付帯する場合、棚卸効率化、物流トラッキングに関するものが多く、その境界も三省堂書店の実験を除くとかなり明確に区別することが出来る。また、全体としてあくまで既成のサービス手続きの簡略化を図るという点で共通していると推察される。

一方、ユーザーが特に意識することなく、タグの着用のみでそのサービスを暗黙的に利用する形態では、移動者が着用する場合、移動者の行動分析携行アイテムに付帯する場合、不審者発見、商品関心度調査 (商品を手に取った回数などの情報で関心度を推定)、カートのトラッキング、陳列管理をターゲットとしていると考えられる。暗黙的利用では、先の明示的な利用と比べ、「陳列管理ではどの商品の入れ替えが早いのか」や「利用者の行動を記録する」といった、マーケティングや顧客行動観測を調査対象にしている点で、その利用目的に相違が認められる。

ここで、一般的な利用形態において、使用デバイス (一部異なるが基本的にパッシブタグ) の検知特性にも注目しつつ、暗黙的利用時のアプリケーションについて考察する。まず、パッシブタグは、その検知指向性や励起時電波強度の性質から、アプリケーションとし

表 1: 従来実施されてきた動線分析の分析アイテム (文献 [1], pp228 より抜粋)

分析対象	要因	定量的	定性的
顧客	A-1. 客単価規定要因 (動線長、立寄回数、買上回数 etc.) と客単価 (購入回数、購入金額 etc.) との関係分析		B. 動線パターン別客単価規定要因及び客単価の特性分析
	A-2. 店舗規模と客単価規定要因との関係分析	等	等
売場	C. 売上成果規定要因 (透過率、売場立寄回数、売場買上回数 etc.) と	等	D. 店舗レイアウト特性が売場成果規定要因に与える影響分析
		等	等

て基本的に、場の変化に関する情報を観測可能な反面、携行アイテムを移動させた者が誰だったのかを観測することは出来ない。一方、アクティブタグを伴った移動体付帯を行ったアプリケーションでは、場の変化を検知することも可能であるが、さらに固有 ID によって移動体と対応関係が明確になるため、その移動履歴を各スポットでの到着時刻などによって、時系列として計測することができる。

以上のように、「移動体の時系列的な移動を暗黙的にトラッキング可能か」という観点で、明確にパッシブタグとアクティブタグを使用したアプリケーションでは、検出可能な情報が異なるといえる。

2.2 小売店舗における従来実施されてきた動線分析

ここで視点を変え、小売店舗での店舗利用に基づいた従来の顧客の行動分析について簡単に述べる。

小売店舗内での顧客の行動分析は、主として経営学や、建築・土木学の分野で古くから研究されている。その行動分析手法の一つとして、顧客の動線分析がある。

ここで、従来分析の具体的な内容について、文献 [1] にまとめられているので表 1 に引用する。

この文献でも述べられているように、店舗内における来店客の動線長と、実際の売り上げ金額との相関関係についていくつかの調査が行われていて、一般的に正の相関があるとされており、各店舗の売上に対する評価指標として調査、及びその結果に基づいて店舗改善などが行われている。

従来よりこれらの動線調査は、実際に調査員が来店客を追尾する、カウンタで調査ポイントの通過人数をカウントする、カメラなどで定点観測する、などといった手法で行われる。これらの調査方法と先の動線分析の構成要素との対応関係を表 2 に示す (表中の各記号は、該当する調査方法でその調査項目を扱った調査が多ければ、調査そのものは可能であれば、方法上調査が困難であれば x とする)。

そこで先の動線分析に関する調査項目とどのように対応するか考える。

まず調査員の追尾調査は調査項目をほとんど観測できる。また、カメラによる定点観測では、画像処理による顧客の切り出しや同一人物判定などを精度よく行うには、現状ではコスト高になる。しかしその反面、画像情報は視線や表情なども観測でき、各調査項目で必要な情報自体は入手可能と考えられる。今回挙げた調査方法の中では最も労力が少なくしてすむ人数カウント

表 2: 従来の調査方法と動線分析アイテムとの関係

調査手法	スポット通過 人数カウント	カメラ定点観測	調査員による 顧客追尾調査	動線分析の調査項目との関係
任意の時間帯に おける各スポット での人数把握	○	△	×	A-1, A-2(ただし、全体の顧客の延べ 立寄回数として)
調査対象顧客の 各スポットでの 滞在時間	×	△	○	A-1, A-2:立寄回数をより詳細化
異地点間での 同一人物判定	×	△	○	A-1, A-2:各顧客の立寄回数 A-1 :各顧客の動線長 B :POPで対応動線がわかれば可能
各人の商品アイテム との接触把握	△	△	○	C, D :各売場立寄回数
各人の視線・ 表情把握	△	△	○	C, D :各売場立寄の目的をより詳細化
全顧客を調査対象と した時に要する労力	Low	Very High	Tremendously High	

は、各観測スポットの滞在人数を比較的安定して観測できる。しかし、多くの調査項目を並行して観測するとやはりコスト高となるし、各顧客の連続的な移動履歴は残せない。また、人間が調査員として介在する分析手法では、主観評価によるばらつきや、誤認識もあろう。

これら調査項目のうち有用な情報として、動線長とPOS情報とを組み合せ、「ある共通の嗜好を持つ人々が、どういった共通点を持つか」、つまり従来手法でBに該当する項目が考えられる。しかし、これらの調査を行う際、従来手法では観測すべき人数が多い場合、著しい費用高騰や精度低下を招く。カメラでは天井から頭頂部を撮影し人数を計算する方法なども考えられるが、表情は捉えにくく、また、複数カメラ間で撮影された人物の同一人物判定が行えないと、連続した移動系列は保証できない。調査員を用いた方法だと、多数の調査員が必要でコスト高となり、調査員の存在が混雑に影響を与え、真の動線が得られなくなることもありうる。以上の経緯から、このような分析は、比較的少数サンプルでの調査か、ビデオによる定性的な分析に留まっており、例えば展示会や大型量販店での動線調査などは困難とされていた。

2.3 コピキタスコンピューティングの新たな動線分析技術へのアプローチ

近年の小売店舗では、競合他社との競争を背景に、POSによる売上情報を用いた分析や、先の動線分析などの行動分析から、顧客の嗜好性に基づいた、顧客満足度が高くスタッフ構成も最適な店舗を構成したいというニーズが日々増してきている。

これらの分析を可能にすべく、まずは移動体の移動系列を観測できるアクティブタグを顧客に持たせ、従来手法を越える、もしくはより観測の際、収集を容易にするシステム並びにその分析が我々の研究ターゲットであり、この一連の技術を「Advanced-ISM」と呼び、実証実験を行うに至っている。以下、我々が研究している群集ナビゲーション技術と、その技術によってAdvanced-ISMにどういった点で寄与するのか、先の大規模小売店舗の販売技術にどう貢献するか議論する。

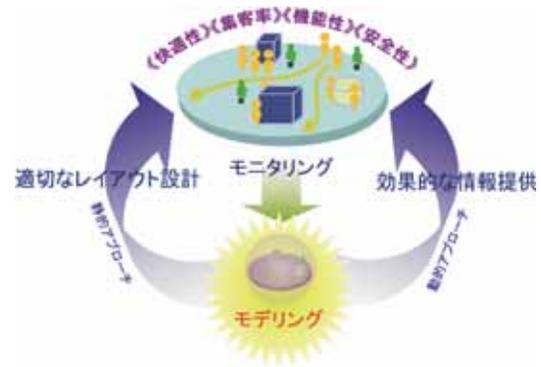


図 2: 群集ナビゲーション技術の概要

3 群集ナビゲーション技術

3.1 群集ナビゲーション技術の概要

群集ナビゲーションのねらいは、「全体のバランスを重視し、集まってくる人が総じてより快適に活動できるような空間づくりを行う」ことである。

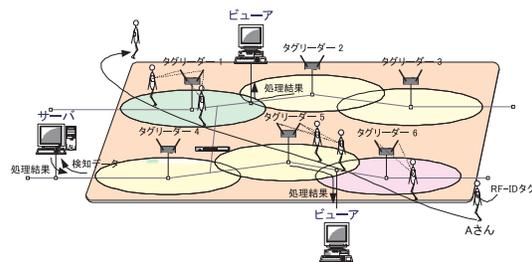
本報告の内容も含め筆者らが行っている研究は、人の集まる場（以後単に「場」と呼ぶ）において利用者・サービス提供者・（例えば経営者のような）場の提供者といった人々に対し、ある情報を発信する候補者やその情報を発信するタイミングを適切に提供することによって、場の利用をある意図に基いた環境に移行するような支援やコンサルテーションを行うことを目標としている。

群集ナビゲーションを実現する枠組を図2に示す。すなわち、下記技術の組み合わせで成り立つ。

- 行動モニタリング
場に存在する被観測者の位置情報をリアルタイムに把握する技術。ハードウェアから得られる位置情報にデータ漏れや誤検出があった場合に自動修正するルーチンも含む。
- 行動マイニング
モニタリングで得られた情報から、被観測者やその群の特徴を示す情報を抽出する技術。現在は、後の章で示す主動線抽出技術や、顧客と店員の接客推定などの分析を行っている。
- モデリング
行動マイニングによって得られた分析データに基づき、被観測者、もしくはグループの行動特性モデルの推定を行う。そのモデリングの際必要になる、各場における特徴の定量化についてもこのフェイズに含まれる。
- レイアウト最適化
モデルに基いて、現在の状況をそれぞれの立場（利用者・サービス提供者・場の提供者）から望まれている状況を考慮しつつ改善策を考慮する。このレイアウト最適化では分析データなどは事前に入手して分析し、現在の施設の問題点などを発見する「静的データからの改善アプローチ」といえる。

- 情報提供・局所的アピール

先の「レイアウト最適化」に対して、リアルタイムにデータを取得しつつ、時々刻々状況が変化している段階で、例えば来店客の特定位置での滞留の解消や、更なる滞留の誘引（来店客がそのサービスに多く接する程効果が大きい場合もありうる）を助長するために、適当な情報を主に一部の来店客に送るサービスを行う技術。



時刻	タグリーダー					
	1	2	3	4	5	6
0:00	-	-	-	-	-	-
0:05	-	-	-	-	-	在
0:10	-	-	-	-	在	-
0:15	-	-	-	-	在	-
0:20	在	-	-	-	-	-
0:25	在	-	-	-	-	-
0:30	-	-	-	-	-	-

→ (入場)→6→5→1→(退場)

図 3: 歩行者位置観測システム

ユビキタスコンピューティングによる情報提供技術が、現在様々な研究グループによりなされている。[3, 4, 5, 7] その情報提供の際に、サービス利用者の個人情報や要求から、その個人の利得のみに基いた情報を送るのみではなく、例えば適度なグループ（全体ではない）の位置情報から推定される混雑を加味した経路案内や、他の競合するサービス利用者とのプライオリティを勘案したナビゲーション情報の配信を可能とするフレームワークの実現をねらいとしている。こういった観点から人間行動の支援を行うアプローチとしては、例えば車谷 [8] からも行っており、ユビキタス計算環境での個々のユーザの社会的調整を行いつつ個々の要求に対し、利便性を損なわないように実現方法を提示する技術の重要性を指摘している。

その際、状況変化やナビゲーション情報の効果の検証なども、RF-ID システムによるリアルタイムなモニタリングによる分析によって推定することが必要であり、これらの機能の実現によって、先のナビゲーションサービスを、場全体に対する状況変化への寄与度等の観点からのベンチマークツールとしても適用できると考えている。

3.2 群集ナビゲーション技術から見た本報告の位置づけ

今回報告する歩行者動線分析技術は、先の分類のうち行動モニタリング及び行動マイニング技術に属する。これらの技術は、その後の分析プロセスにあたる「モデリング」や「レイアウト最適化」「情報提供・局所的アピール」の基盤となること、また、RF-ID による主に歩行者に対する位置観測技術の適用可能性の検証を行うという意味で重要である。

行動モニタリングについては、RF-ID システムを用いた位置観測システムを開発し、大型家電量販店において実験を行っている。なお本システムは、これまでも展示場やスキー場のような屋外施設でも実証実験を行ってきたが、今回は特に大量の来店客を観測対象とした場合のデータが、収集可能か実証することが目的となる。また、行動マイニング技術については、Apriori[9] アルゴリズムに滞在時間と、地理的制約を調節するパラメータを加え改良した主動線検出アルゴリズムを提案 [10] し、先の実験データに適用している。次章以降、具体的な実験内容及びその分析について説明する。

4 大型家電量販店実験

4.1 大型家電量販店実験の背景

多くの店舗では、商品やレジなどのサービス資源が空間的に分散されており、来店客とスタッフがどのように移動しどこで滞留しているかという動線情報が、スタッフの行動や最適配置、来店客へのサービス時間や時間当りの滞在率などの把握の際非常に重要だと考えられているが、実際に定量的な分析をすることはこれまでなかった。

そこで筆者らが開発している歩行者動線分析システムを用い、実際に営業している某家電量販店にて動線観測実験を行うこととなった。

以下、実施形態や、使用システムの内容、また次章にてその分析結果について述べる。

4.2 歩行者動線観測システム

実験内容について述べる前に、開発したシステムに実装されている歩行者動線観測システムについて示す。

歩行者動線観測システムの概要を図 4.2 に示す。歩行者の存在を検出したい複数の場所にリーダーを設置し、歩行者には軽量・小型の RF-ID タグを着用させる。歩行者がリーダーに予め設定された距離内に近づくと、タグが発する固有の電波をリーダーが受信する。その電波の固有 ID を照合し、タグを付帯している歩行者を個々に識別し検出する。リーダーの検出情報を統合すれば、歩行者がいつどこにいてどう移動したか（以後、ある歩行者のポイント移動時に追加される（“時刻”、“地点”、“滞在時間”）というデータのシーケンスを“動線”と呼ぶ）観測することができる。

4.3 大型家電量販店実験の実験内容

実験は、横浜市にある某家電量販店にて 2 日間行っている。具体的には、販売スタッフには事前に、来店客には訪問の際入口付近にてタグの携帯を依頼し、その発信電波を追跡して各人の移動履歴（動線）を記録する。移動履歴は、売場ごとに設置されているリーダーを介して、動線データのシーケンスで表現される。

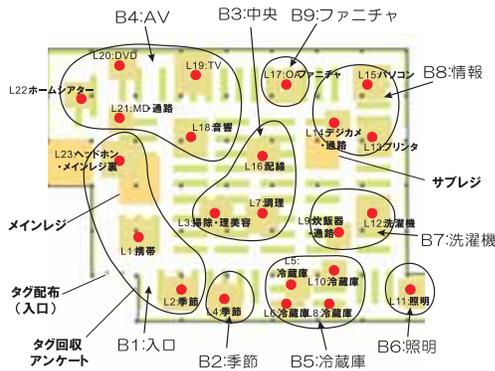


図 4: 実験施設レイアウト図
(赤丸は、リーダーの配置を示す)

リーダーは、図 4 中の赤丸の位置にそれぞれ配置し、来店客、スタッフの位置を計測する。

なお、実験ではいくつかのリーダーの検知範囲が重複していたことや、データ処理の都合上、9つの検知グループを形成し、それらの検知グループ内は同一の検知地点として分析を行った。

分析手法は、以下の2つの形態で行っている。次章で詳細を述べる。

- 滞留時間分布、来店・退店時刻分析、スタッフ・購入客同一エリア滞在時間分析などの収集データ分析
- 滞在時間及び間欠許容数を考慮した主要行動パターン抽出

5 実験結果

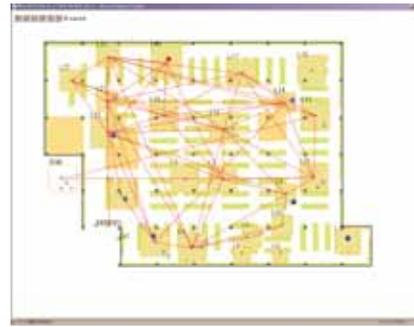
5.1 データ集計による分析

まずデータ集計のみで得られる結果について示す。本実験では、量販店スタッフ全員の動線調査も行っている。そのうちの2人の行動軌跡の結果を示す。

(a)のスタッフの行動軌跡を見ると、全ての売り場を網羅的かつ均等に訪れていることがわかる。一方、(b)のスタッフは、ほぼ冷蔵庫及び季節商品のエリアで行動範囲が限定されている。このようなスタッフの滞在位置を、実際に営業している際にもほぼタイムラグなく把握することが出来る。このようなデータは、これまでほとんど定量的に把握できず、店員らのカンや憶測によるところが大きいのだが、このようなデータを集計して、現在どのエリアにスタッフが集まっているかや、手薄になっているかを常時定量的に把握可能になったことがわかった。

また、実際に購入した来店客の動線も常時観測可能である。2日間のうち、1日ずつの洗濯機を購入した全来店客の行動軌跡を図 5.1(a), (b) に示す。

このデータ分析は現在も作業中であり、まだ定量的な知見を得るまでに到っておらず、定性的な知見を得るまでに留まっているのが現状であるが、それらの知見から分析を行うと、現状得られた図からも、例えば



(a) スタッフ動線履歴 (その1)
(全売り場を包括的に滞在)



(b) スタッフ動線履歴 (その2)
(冷蔵庫及び季節商品エリア近辺で局所的に滞在)

図 5: スタッフ 2 名の 1 日の滞在位置履歴

入り口から洗濯機に到るまでの主ルートが、第1日目(B1→B2→B5→B7)と第2日目(第1日目のルートに加え、B1→B3→B7も)とで相違があると考えられる。このような顧客の流れの分布を分析することで、例えば、「ある広告を見たとき、来店客が当初の予定どおり立ち止まり、その商品に注目したのか」や、「実際にはあまり利用されないエリアはないのか」といった分析を行うことができ、レイアウト変更のヒントや、広告効果のベンチマークなどに寄与するものと考えられる。

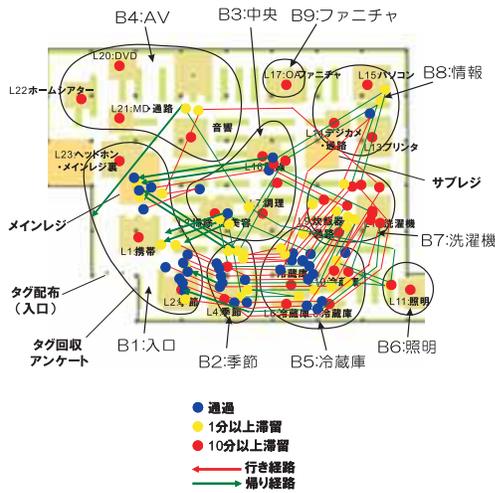
5.2 滞在時間及び間欠許容数を考慮した主要行動パターン抽出手法 [10]

5.2.1 本抽出手法のねらい

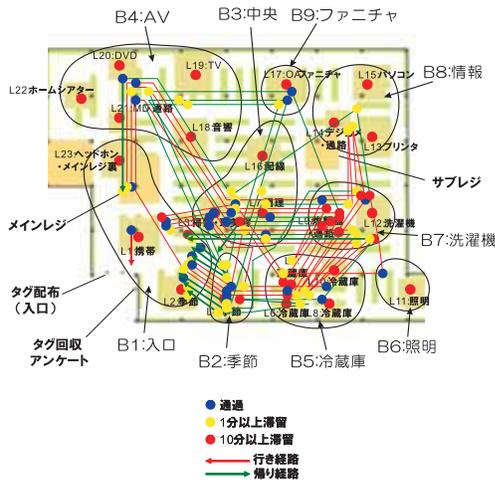
人の集まる施設で観測される顧客行動は、構成される顧客の組合せや同一条件でも人間の不完全な行動再現性などの要因から、顧客一人一人の行動パターンから帰納的に分析することが困難なことが多い。

そこで顧客全体のおおまかな行動特性に着目し、「多くの顧客に共通して頻出する典型的な行動パターン」を「重要な行動」と位置づけ、その「重要な行動」のみを抽出する手法が必要となる。

このようなパターンは、例えば人の流れのボトルネック要因の分析や、「ある場所 A に滞在した人はある場所 B にも滞在する傾向にある」といったようなバスケット分析を行う際に基礎データとなるため必要であり、その分析から施設内における人の流れや現状の施設の利用状況を総合的にとらえ、顧客に対するサービスや施



(a) 洗濯機購入者全員の動線 (第1日目)



(b) 洗濯機購入者全員の動線 (第2日目)

図 6: スタッフ 2 名の 1 日の滞在位置履歴

設の改善を計画するヒントとして役立てられる。このような多くの顧客に頻出する行動パターンを「主動線」と名づけ、移動履歴からの主動線抽出手法を提案している。

5.2.2 滞在時間ラベルと間欠許容数の導入

筆者らの提案した主動線抽出手法では、Agrawal らが提案している手法 [9] に、以下の 2 つの点で改良を加えている (図 5.2.2 参照)

● 滞在時間ラベル

通常得られる行動イベントシーケンスに対し、新たに滞在時間によるラベリングを行い、例えば同じ (地点:A) でも (地点:A and 滞在時間:長) と、(地点:A and 滞在時間:短) とで、異なるシンボルとして相関抽出する。

これは、訪問場所の順番は同一でも、例えば全て滞在時間が「短」であれば単なる通過と判断することも出来るのに対し、特定の場所が「長」となっている場合、その特定の場所に、来場者の注意が

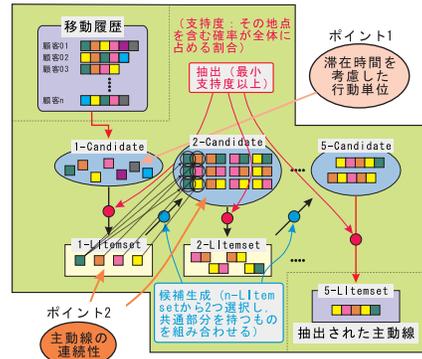


図 7: 提案する主動線抽出アルゴリズム

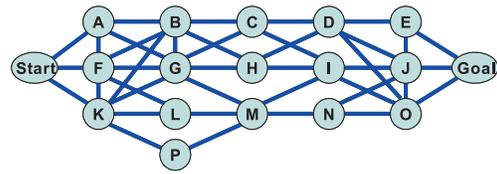


図 8: 検証で使用したマップ

何らかの要因で集まっていると考えられ、行動の目的が異なると考えられる。よって、このような違いも忠実にとらえることを狙ったものである。

● 間欠許容数

主動線を形成する際、通常はいつ、もしくは地理的な制約がないことを前提に検出する。しかし、2 地点間を訪問するまでに訪問スポットが多数存在する場合、その主動線候補を探索する際、解空間が膨大になる。そこで、2 地点間において調査対象のシーケンス以外の地点を訪問しても主動線とみなす地点数を「間欠許容数」を定義し、主動線抽出する際に対象とする範囲を調整するパラメータとして導入する。最小は 0 (間に対象シーケンス以外の地点が含まれることを許さない)、最大は ∞ (2 地点間に対象シーケンス以外の地点を任意個含んでもよい) である。このパラメータを設定することで、次の主動線候補の数を絞ることができ、解空間の大きさを適度に制限することが出来る。

なお、この間欠許容数は、主動線として抽出される地点間距離を規定することにもなるので、例えば立て続けに訪問する組合せを抽出したい場合はこれを小さく設定することで得られることとなり、従って地点間距離の幅を制御するパラメータとして解釈することも出来る。

5.2.3 提案アルゴリズムの効果

以上の改良を導入した主動線抽出アルゴリズムにより導かれる解について、Apriori アルゴリズムと比較した結果と比較しつつ簡単に示す。

表 3: 抽出された上位 3 位までの主動線の発生割合

support 閾値	抽出された主動線		
	1	2	3
相関抽出法	<G, H, I>	<H, I, J>	<G, H, J>または<G, I, J>
提案手法 (c=0)	<B(長), C(短), D(短)>	なし	なし
提案手法 (c=1)	<F(短), K(短), M(短)>	<B(長), C(短), D(短)>	<F(短), M(短), O(長)>
提案手法 (c=2)	<F(短), K(短), M(短)>	<B(長), C(短), D(短)>	<F(短), M(短), O(長)>
提案手法 (c=∞)	<F(短), K(短), M(短)>	<F(短), K(短), O(長)>	<B(長), C(短), D(短)>

まず、動線データとして、図 5.2.3 のような地点ノード A~P の 16 箇所及び図に示すようなノード間パスを持つマップを仮定する。その上で、回遊する観光客 1000 人分の動線データを、主動線を推定する実験を行った。

- 全ての動線は必ず Start から始まり、Goal で終了する
- 動線の長さは、予め決めた最大訪問地点数以内になる
- 主動線とすべきパターンを予め決め、一定の人数分含める
- 主動線パターンも含め、各地点毎に割り当てた滞在時間分布に基づき、各観光客の各滞在地点での滞在時間を決定する

また、滞在時間のラベリングに関しては、滞在時間ラベルを“短”，“中”，“長”の 3 通り、かつ全ての地点で同一とし、その地点の滞在時間分布を見つユーザーから分割点を与えている。

以上のような条件で実験を行った結果を、表 3 に示す。この表では異なる間欠許容数 (c で示す) に対し、support 値が上位 3 位までの主動線シーケンスを表しているが、従来手法では (G, H, I) が最も高い support 値を示していたのに対し、提案手法では (F, K, M) や (B, C, D) が最も高くなっており、滞在時間の長短によって異なる動線とみなすことにより、抽出された主動線に違いが確認できた。

また、連続的なシーケンスのみに着目した場合 (c=0 に相当) だと (B, C, D) が主動線となるが、間欠的に現れる地点も含めた主動線 (c=1, 2, ∞) は (F, K, M) となり、間欠許容数の制限によるシーケンスの相違も確認できた。

5.3 大型家電量販店実験への適用

ここまで述べてきた提案アルゴリズムを、今回実施した動線観測実験の実験データに適用した。なお、ここでは滞在時間ラベルは用いていない。

support 値は 0.10 とした。実験結果として、頻度上位 3 位までの主動線シーケンスを図 5.3 に示す。

結果を見てもわかるように、長いルートとして抽出することは出来なかったが、c=1~3 (0 は入口付近の短いパス以外現れなかったのを除外) の時の主要なパスを示すと、

- c=1: 店外 → B1 → B3 → B1 → 店外 (12.0%)
 - c=2: 店外 → B1 → B4 → B3 → B1 → 店外 (14.0%)
- または、
- 店外 → B1 → B9 → B3 → B1 → 店外 (11.0%)

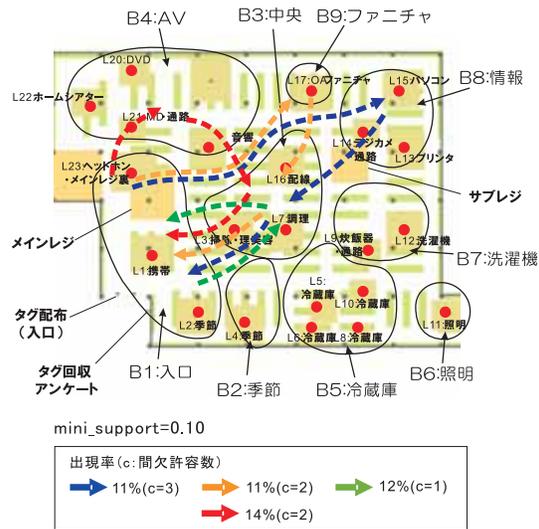


図 9: 実験データから抽出された主動線

c=3: 店外 → B1 → B8 → B3 → B1 → 店外 (3.9%)

となっている。この主動線の、実際の顧客や環境との根拠づけの分析が今後の課題となる。

6 今後の課題

前章までにいくつか挙げているが、ここで改めて課題について述べることにする。

- 主動線及び実測データと来場者行動や場の特性との根拠づけの分析

前章でも述べたように、実際の結果データから得られる知見に未開なものも多く存在していると考えられる。今後分析を進め、発見手法の検討を行う必要がある。

これは別の観点からの分析手法や、来場者行動モデルを構成して検証し、来場者の行動特性の分析や、場の環境がどのように作用するかなどの分析をシミュレーションなどを行いつつ、検証していきたいと考えている。

モデルに関しては、動線データなど、実測できるデータによる推定・検証することを主眼として作成したい。

- 主動線分析手法の改良

本稿で提案している主動線分析において、例えば滞在時間のラベリングは、現状人間の判断による切り分けを行っている。しかし、これは観測データに基づく滞在時間分布から適当なラベル数を設定し、その観測データをどう切り分けるかを推定することは可能と考えられる。今後そのクラスタリング手法について検討したい。

また、今回の実験では時間制約や、間欠許容数を考慮したアルゴリズムによるデータ分析が評価し

8 まとめ

表 4: 従来の調査方法と動線分析アイテムとの関係 (Peds-Go-Round を追加)

調査アイテム	調査手法	スポット通過 人数カウント	カメラ定点観測	調査員による 顧客追尾調査	Peds-Go-Round
任意の時間帯に おける各スポット での人数把握		○	△	×	○
調査対象顧客の 各スポットでの 滞在時間		×	△	○	○
異地点間での 同一人物判定		×	△	○	○
各人の商品アイテム との接触把握		△	△	○	△
各人の視線・ 表情把握		△	△	○	×
全顧客を調査対象と した時に要する労力		Low	Very High	Tremendously High	High ~ Low

難しい結果となった。これは属性や時間制約に基づいた分類によって、該当サンプルデータ数が少なくなることが原因で、よって継続的な観測実験によるサンプルの増加によって解消されると考える。

7 Advanced-ISM への可能性

最後に、今回提案したシステムが動線分析をベースとした顧客の購買行動分析の調査項目をどのようにカバーするかについてまとめる。表 4 は、表 2 に Peds-Go-Round を追加して示したものである。

前章までで述べたように、Peds-Go-Round によって、各スポットでの人数把握や、顧客のスポットでの滞在時間、異地点間での同一人物判定を安定かつ大量に処理できることが今回の実験で確認できた。

ただ、店舗レイアウトやスタッフなどの影響によって、実際に来店客がその店舗内でどう嗜好を変えたかなどを調べる上で、必要となる商品アイテムとの接触把握や、視線・表情などの情報が重要であるが、我々の採用しているシステムでは体の向きなどが観測しえないこともあり、従来手法と比べても、高いとはいえない。これらの情報は、例えば商品アイテムの接触把握だと棚とアイテムを媒介とした RF-ID 位置検出システム、視線・表情などの情報はカメラなどによる顔認識システムと連動させることで改善可能であると考えられる。そして、それら連携によって、どこまでの行動理解が出来るのか、その見極めが一連の行動分析の有効性を測る上で重要になる。

また、これら顧客行動調査を、大型量販店や展示会等、規模が大きい空間において継続的かつ大量に収集することは未だ行われておらず、そこから得られる知見がどの程度の社会的インパクトになりうるのかは未知数である。常態化や大量の顧客を対象とする場合、当然プライバシーの問題があり、今後こういった技術のあるべき姿を様々な面から議論されることが必須であるが、「わかる情報がどのくらいであれば実施したい分析を行うことが出来るのか」「その分析を来店客（ユビキタスシステム利用者）に利益として還元するにはどうすればいいのか」といった知見を得るためにも、今後これら技術の理解を促すと共に、調査・分析を行うことも 1 つの方向性と考えられる。

従来研究における動線分析でも、多数の来店客の動線分析が有効だと考えられていたが実現は困難だった。しかし、筆者らが開発した歩行者動線観測システムを用い、大型家電量販店で実施した来店客及びスタッフ動線観測実験とその分析結果について述べ、ユビキタスコンピューティング技術を応用することで、そういった分析の実現可能性を示唆した。

今後も継続的に実験を行い、データ収集を行う予定である。データを積み重ねることで、より正確・精緻にデータ解析が出来るようになって考えている。

それらの知見から、来店客の行動予測などを行うモデル作成、さらにはそのモデルを用いたナビゲーション技術までつなげていきたい。そして、他のデバイスとの連携しつつ、より高い分析システムの構築を目指し、“Advanced-ISM”の手法確立を目指したい。

参考文献

- [1] 田島義博, 青木幸弘, “店頭研究と消費者行動分析—店舗内購買行動分析とその周辺—”, 誠文堂新光社, 1989.
- [2] RFID テクノロジー編集部, “無線 IC タグのすべてゴマ粒チップでビジネスが変わる”, 日経 BP 出版センター, 2004.
- [3] 田辺広実, 木原民雄: “実空間メタデータ収集に基づく情報ナビゲーション”, dicomo2003-071, 2003.
- [4] Co-BIT システム:
<http://staff.aist.go.jp/takuichi.nishimura/CoBITsystem.htm>
- [5] マイボタン:
<http://www.carc.aist.go.jp/carc/mybutton-j.html>
- [6] 独 Metro の無線 IC タグ実験:
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/free/NBY/RFID/20040203/4/>
- [7] K. Nagao and J. Rekimoto: “Ubiquitous Talker: Spoken Language Interaction with Real World Objects.”, In Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-95), Vol.2, pp.1284-1290, 1995.
- [8] 車谷浩一, “ユビキタスエージェントのためのアーキテクチャ CONSORTS – 群ユーザ支援に向けて”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.102, No.603, pp.13-17, 2003.
- [9] R. Agrawal and S. Ramakrishnan: “Fast Algorithms for Mining Association Rules”, Proc. of 20th Int. Conf. Very Large Data Bases (VLDB), pp.478-499, 1994.
- [10] 服部可奈子, 小磯貴史, 今崎直樹: “滞在時間を考慮した主要行動パターン抽出方法の検討”, 第 17 回人工知能学会全国大会, 2F1-02, 2003.
- [11] 小磯貴史, 服部可奈子, 吉田琢史, 今崎直樹: “歩行者動線分析システムを用いた大型家電量販店での行動分析”, 情報処理学会第 2 回ユビキタスコンピューティング研究会, pp.61-66, 2003.