

C-08

店舗内環境における顧客グループ属性の抽出 Group Attribute Extraction from In-Store Human Behaviors

亀井 剛次 篠沢 一彦 池田 徹志 宮下 敬宏 萩田 紀博

Koji Kamei Kazuhiko Shinozawa Tetsushi Ikeda Takahiro Miyashita Norihiro Hagita

1. はじめに

一般生活者を対象とした次世代の情報提供サービスとして、サービス提供対象に適した「あなただけ」「ここだけ」の情報提供が近年注目されている。しかし、個人に適した「あなただけ」のサービス提供を実施するためには、個人に関する情報を収集する必要がある。また、場所に適した「ここだけ」のサービス提供を実施するためには、場所に関する情報を収集する必要がある。前者に関しては利用者による個人情報登録に基づくサービス提供システムが容易に考えられるが、登録を前提にしたシステムは普及の障壁が高く、逆に自動的に個人情報を収集するシステムだと、登録せずにサービスを受けられる反面、プライバシー保護の観点から危険なシステムになりうる。そのため、利用の簡便さ、利用者が得られるメリット、プライバシーの保護、これらのバランスがとれたシステムを構築する必要がある。

複合商業施設などにおいて、個人の特定が不可能な位置情報のみを計測することでプライバシーの保護を実現しながら、そこから得られる行動の特徴から個人やグループの特徴を抽出し、それぞれに適したサービスや情報を提供する技術の研究が進められている。複合商業施設などの店舗外の広い通路を対象として、複数のレーザー距離センサを配して人の位置情報を取得し、個人やグループでの行動軌跡を取得する技術が実現されている [1]。対象とする環境を店舗外から店舗内に拡大することができれば、その行動軌跡から個人やグループが興味を持つ商品の情報を取得することが期待でき、それに応じて商品情報や広告の提示が可能となると考えられる。

店舗などのサービス提供者にとっても、従来の POS システムなどの情報に加えて、購買前の行動情報を解析することで新たなマーケティング指標が得られると考えられる。例えば、広告のマーケティング手法においては個人よりも家族連れなどの複数人の関係性をターゲットとした広告手法が展開されていることから、井上らはグループで行動する顧客を対象とした広告提示手法を提案している [2]。

本稿では、プライバシー保護を考慮してレーザー距離センサを用いて測定した人位置情報から、店舗内環境を移動する顧客のグループ属性を抽出する方法について述べる。従来技術が対象とした店舗外通路の場合と比較して、店舗内環境における行動追跡およびグループ属性推定が困難になる要因は 2 つある。ひとつは店舗内に配置される商品棚によるもので、レーザー距離センサによる測定に死角を生じるとともに、人の軌跡が制限されるために測定が困難となる。もう一つは行動の多様性であり、グループの構成員の行動

は通路のように並行して移動するだけでなく、分離や合流といった現象が生じる。

本稿では、複合商業施設内の店舗（コンビニエンスストア）において実測して得られた個人毎の顧客行動軌跡データを対象として、その中からグループで来店したと考えられる顧客の組を抽出する方法を検討した。以下、2 節ではレーザー距離センサを用いた人位置計測技術について、その構成と本実験で取得したデータの概要について説明する。3 節では、取得した人々の行動軌跡データを対象として、店舗内環境における顧客グループ属性の抽出方法を提案する。提案手法により 70% の適合率でグループの推定を実現した。

2. 店舗内環境における人位置計測

2.1 レーザ距離センサによる人位置計測

複数のレーザー距離センサ(LRF; Laser Range Finder)を測定対象とする空間内に配置することにより、対象空間中に存在する人の位置を検出し、その位置の時系列データから移動軌跡を追跡する技術が提案されている [3]。また、このシステムを複合商業施設の店舗の前の広い通路の 20m 程度の領域に配し、環境中を移動する人の行動の特徴から環境の使われ方に関する情報を構造化することで、人々の行動予測とロボットの行動決定に用いる技術が提案されている [4]。これらの研究用いた方式では、障害物の少ない 20m 四方程度の空間内に 6 台の LRF を配置することで、同時に 12 名程度の行動軌跡を誤差 6cm の精度で 37.5 Hz の周期で取得することが可能である。

本稿が対象とする店舗内環境におけるグループ属性推定では、上述の研究と同様のアルゴリズムで LRF を用いた人位置測定を行い、対象環境内の人の行動軌跡を取得する。しかしながら店舗外の通路を対象とする場合とは異なり、店舗内環境においては、商品を展示する棚のために死角が生じやすくなる。また、限られた通路を人々が通行するために、人による死角が生じるとともに、近距離ですれ違った人の ID を取り違えやすくなり、経路の連続性が損なわれるという問題が発生する。

本稿の実験では、複合商業施設内に出店しているコンビニエンスストアを対象として、人位置の計測を行った。店舗環境内に設置した LRF (北陽電機 URG-04LX) と店舗内のセンサの配置を図 1 に示す。店舗内の商品陳列棚で作られる通路に沿って、合計 27 台の短距離型の LRF を配置することで、死角が生じないようにした。

すれ違いの問題に関しては、人同士のすれ違い時の行動モデルを構築することにより、人の追跡結果の連続性を向上させる手法が提案されている [5]。

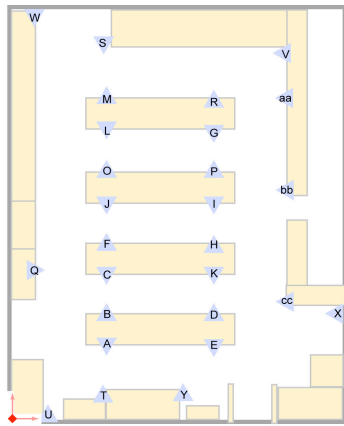


図 1: 店舗内へのレーザ距離センサの配置

2.2 店舗内環境における行動軌跡データの取得

実在するコンビニエンスストアの協力を得て、図 1 のとおり店舗内に 27 台の LRF を設置し、人位置の測定を行った。それぞれの LRF は、歩行者の腰および歩行中の手先が検出でき、かつ商品陳列棚の棚板が存在する高さとして、地上から 85cm の位置に設置している。また実験状況を記録するために、店舗内を俯瞰する映像を撮影するためのビデオカメラを 2 台設置した。映像はセンシング結果の検証のために利用した。検出された人位置データと映像の例を図 2 に示す。

平日と休日の両方を含む 10 日間を対象として、各日も 11:00 から 15:00 の 4 時間分、合計 40 時間分のデータを取得した。全体で 6901ID の経路が検出されていた。

時刻毎の滞在人数の平均値を図 3 (a) に示す(図は後述のグループ推定結果の人数を含む)。店舗内に同時に滞在した人数は最大で 27 人、平均滞在人数は 7.12 人であった。

(ただしこれらの人数には店舗内を移動する店員も含まれている。) 滞在人数の時間変化からは、昼食時に店内の滞在人数が急増していることが確認できる。

図 3(b)は、店内の滞在人数を 1 秒毎に計測し人数の出現頻度を計数したものである。店内に滞在する人数は 3 ~ 6 人程度であることが多く、昼食時に急増した人数により平均値が押し上げられていることが確認できる。

移動可能な空間が商品棚で分断されており、その空間毎に LRF が密に配置されているため、滞在人数が多い時間帯であっても棚の間を移動する人の軌跡はほぼ正確に追跡することができていた。しかしながら、昼食時にレジ前に行列ができた際には、行列を構成する人が作り出す死角のために経路の追跡が途絶える事例が発生していた。また、店舗出入口付近にセンサを設置できていなかったため、人物の検出結果が安定するのは入口から 1m 程度入ったあたりであった。後述するグループ属性の推定ではこれらの影響を考慮している。

3. 店舗内環境におけるグループ属性推定

3.1 人位置情報からのグループ属性の推定

これまでに、複合商業施設の通路環境などの広い領域において、レーザ距離センサで測定した人位置情報からグル

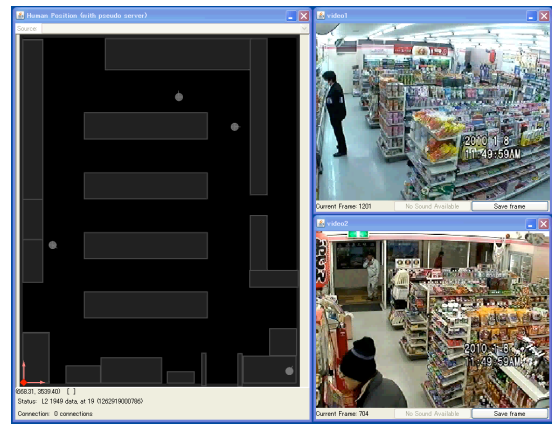


図 2: 検出された人位置データと店内映像

ープ属性を推定するとともに、グループがその領域をどのように利用しているかを可視化する技術が開発されており、開発技術を利用して、グループ属性にあわせた情報提供サービスを実施し、技術およびサービスの有効性が検証されている [1]。

従来技術においては、広い空間を移動する際の経路の時系列情報の類似性を利用することでグループの推定を実現していた。しかしながら、従来技術を店舗内などの比較的狭い領域に対して利用することは二つの要因から困難である。ひとつは前述した近距離での人同士のすれ違いにおける問題であり、人位置計測結果が不連続になった場合にはグループの推定に誤りが生じる。もうひとつには、経路の類似性だけでは特徴量として不十分である点が挙げられる。

観測された経路の分析結果から、前者に関しては、入口付近およびレジ前の行列により生じる断片的な経路を除いて処理することで対応することとした。以下では後者の課題に注目し、長く観測された経路に対して必要となる特徴量について検討する。

店舗内では、移動可能な領域が制限されることと、また店舗側でも積極的に導線設計を行うことにより、多くの顧客が類似した経路を取る可能性がある。また逆にグループで来店した顧客であっても、店舗内で分かれて行動を取る可能性があることから、経路の時系列の類似性以外の特徴量の検討が必要となる。

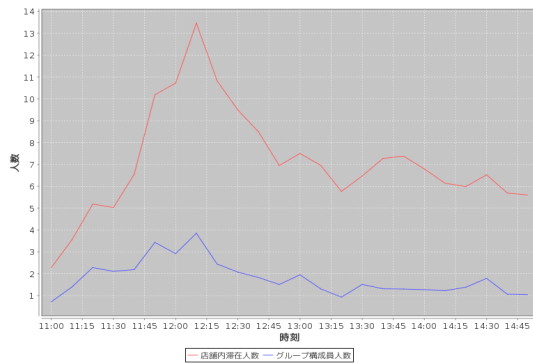
本稿では、後者の課題に対して、店舗内での行動モデルを構築するための特徴量として、入店時刻の同時性、位置の近接性、停留点での合流の有無に注目した。このモデルに基づいて適合率 70%以上となる店舗内グループ属性推定を実現した。以下、グループ属性推定のための正解データの定義と、検討した特徴量について述べる。

3.2 グループ属性の正解データ

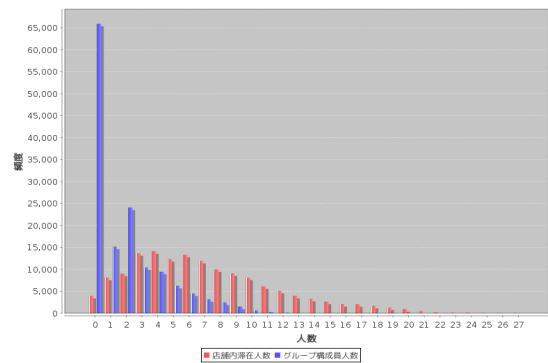
人位置計測結果として得られる ID 付の行動軌跡データと店舗内を撮影したビデオ情報に基づき、人手によりグループの正解データを構築した。

2 名の観察者が独立に、図 2 のツールを用いて、同一のグループに属すると思われる ID の組を抽出し、事後にその結果を第 3 の観察者が統合したものを正解データとした。

観察者に対して事前に明確な判断基準を教示していないが、事後のヒアリングによると「会話をしている」「服装



(a) 店舗内滞在人数の変化(10日間平均)



(b) 店舗内滞在人数の頻度分布

図3: 店舗内滞在人数の指標(赤:全体, 青:グループ構成員)

が似ている」「男女や親子である」などの視覚的な特徴を多く用いて判断されていた。

観測期間全体では、観測された 690IID のうち、1656ID がグループで来店したと判断された。グループの人数は 2 名から 6 名までの 698 グループであった。図 3 に示した滞在人数の分布のうちグループに属する部分を見ると、時刻別の滞在人数 (a) は混雑する時間帯の立ち上がり若干早いものの、混雑時と通常時の比は全滞在人数と同様に 2 倍程度であった。滞在人数の頻度分布 (b) については、グループに属する人がいない時間帯を除けば 2 名が滞在している時間帯が最も多かった。なおグループ構成員が 1 名という状態は、入退場の際の過渡的な状態と、経路を見失った際に発生しているものである。

3.3 グループ属性推定のための特徴量

店舗内のグループ行動として「一緒に入店する」「並んで歩く」「合流する」の各行動に着目し、グループ属性を推定するための特徴量を検討した。

特徴量 1: 入店時間間隔

人位置計測結果においては、システムにより人が検出された時点で固有の ID が振られ、以後、この ID の元に統合された位置データの時間列が一人の顧客の経路を意味する。ある ID の経路が店舗の入口付近で出現した場合、これを入店として扱う。(逆に経路の認識が途切れた場合には、入口以外の場所を始点とする経路が発生し得る。)

二つの経路の開始時刻が一定時間以内であり、かつ、それらの開始位置が入口付近である場合に、この 2 つの経路は同時に入店したグループの構成員であると考えられる。店舗内で計測されたデータに基づき、経路の開始時刻の差が 3.5 秒以内であり、経路の開始位置が入口から 1m 以内である経路の組をグループであると判断することとした。

特徴量 2: 経路の近傍率

並んで歩いている行動を表現する特徴量として、経路の近傍率を定義した。ある時刻における 2 つの経路の間の距離が一定値以下であるときに、その経路の組は近傍に存在していると考え、2 つの経路が共に店舗内に存在している時区間のうち、それらの経路が近傍に存在している時間の比率を近傍率として定義する。

実験では、ある時刻における距離が 4.0 m 以下であった場合を近傍として、近傍率が 35% を超える経路の組をグループであると判断することにした。

特徴量 3: 停留点への合流の有無

グループで来店した顧客が店舗内で別行動をとったあと、再度合流するという現象が見られる。このような合流は、商品を探しているなどして立ち止まっている人に対して接近する行動として観測される。

移動経路のうち、一箇所に停止していると考えられる部分を停留点として抽出し、ある経路の停留点に対して時間と距離が近接する点を持つ経路が存在するとき、その 2 つの経路は停留点で合流したと考え、同一のグループに属すると判断する。

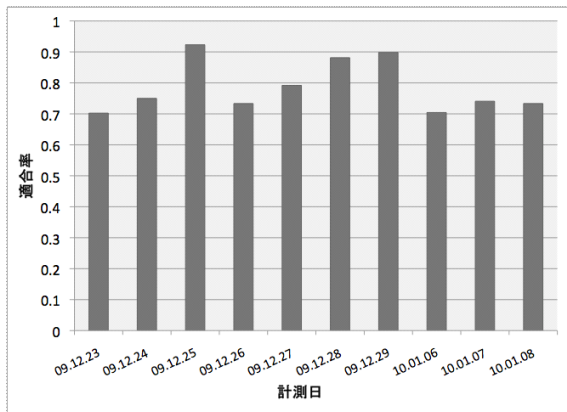
以下の実験では、1 秒以内の移動量が 1m 以下である点を停留点として、停留点に対して 1 秒以内に 50cm 以内の距離に存在した経路が存在するときに、これらの 2 つの経路は合流したものであると判断した。

3.4 グループ属性の推定結果

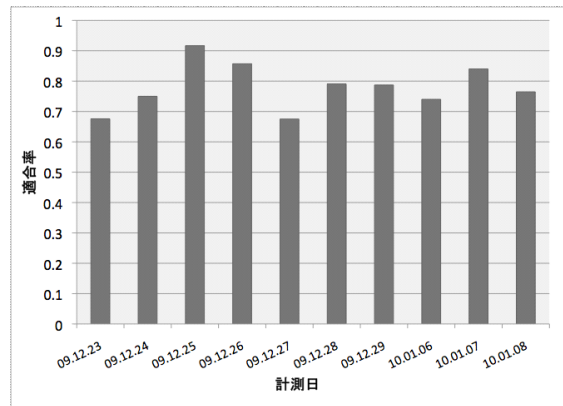
観測された人位置計測データに対して、条件 1 と条件 2 による手法(方式 A)と、条件 1 と条件 3 による手法(方式 B)の 2 通りのアルゴリズムでグループの推定を行った。

推定結果の表現方法は、2 つの経路の組に注目したときに、その組がグループに属するか否かを判断することとした。すなわち 3 名以上からなるグループは、複数の 2 つの経路の組として表現され、たとえば 3 名のグループであれば 3 組の経路のペアとして表現される。この表現方法により正解全体は 1588 組の経路のペアとして表現される。この正解集合に対して、グループであると推定した経路の組の適合率と再現率を求めて評価した。

それぞれの方式による推定結果を図 4 に示す。どちらの方式も平均適合率について 70%の精度を達成できており、検討した特長量により人の位置計測結果から精度よくグループの推定をしていると考える。しかしながら平均再現率は、近接行動に注目した方式 A が 28.4%、合流行動に注目した方式 B が 17.6%であり、主たる判定基準を近接性に置くことがふさわしいと考えられる。



(a) 各日の適合率(方式A)



(b) 各日の適合率(方式B)

	方式A (経路の近傍率)	方式B (停留点での合流)	方式A ∩ 方式B	方式A ∪ 方式B
平均適合率	77.1%	74.8%	86.7%	71.9%
平均再現率	28.4%	17.6%	13.1%	33.3%

(c) 各方式による10日間の平均適合率と平均再現率

図4: 各方式によるグループ推定の精度

上記 A, B のアルゴリズムが注目する行動の独立性を確認するために、両者による推定結果を and/or で併合した結果を求めた。2 種の推定アルゴリズムを or 条件で併用した場合、70% の適合率を維持したまま再現率を 33% に向上することができている。このことは、誤ってグループと推定された集団は両方の方式に共通しているが、一方のみが正しく抽出したグループが存在していることを意味し、二つの方式を補完的に利用できることを意味する。一方で and 条件で併用した場合には、再現率は 13% まで下がるが適合率は 86.7 % まで向上しており、経路の組が両者の条件を満たす場合には、高い確度でグループと判断できることを意味する。

4. おわりに

商業施設などにおける動的な情報提供およびサービス提供に向けた情報抽出技術として、店舗内環境におけるグループ属性推定の手法を検討した。プライバシー保護に有効なレーザ距離センサを用いた人位置測定データを対象として、2 人の顧客の経路の関係を表わす特徴量として、入店時刻間隔、経路の近接性、停留点における合流の有無に注目し、それらの経路が同一のグループに属するか否かを判定する手法を検討した。

実際の複合商業施設内の店舗（コンビニエンスストア）で収集された 10 日分のデータに対して提案手法を摘要した結果、グループ推定の精度として 70% を超える平均適合率が得られた。複数の手法を組み合わせることで、再現率を向上するとともに、グループである確度の高い対象を推定できる可能性があることが確認された。

謝辞

本研究の実験データの取得は、経済産業省情報大航海プロジェクトの一環として実施されたものである。実験にあたってはアジア太平洋トレードセンターならびにローソン南港 ATC-ITM 店に多大なる協力を頂いた。また実験データの解析は、グローバル COE プログラム「認知脳理解に基づく未来工学創成」からの支援を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 情報大航海プロジェクト: グループ属性・エリア情報抽出技術, 共通技術 ID: 2009-10-A, http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/daikoukai/igvp/cp_jp/brochure/2009brochure_12_r1.pdf
- [2] 井上智雄, 瓶子和幸: グループに適應する公共空間向け広告システム GAS, 情報処理学会論文誌, vol. 49, no. 6, pp. 1962 - 1972 (2009)
- [3] Glas, D. F., Miyashita, T., Ishiguro, H., Hagita, N. Laser-Based Tracking of Human Position and Orientation Using Parametric Shape Modeling, Advanced Robotics, vol. 23, no. 4, pp. 405-428 (2009).
- [4] Kanda, T., Glas, D. F., Shiomi, M., Ishiguro, H., Hagita, N.: Who will be the customer? : A social robot that anticipates people's behavior from their trajectories, The 10th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2008), pp. 380 - 389 (2008).
- [5] Gonzalez, A. C., Shiomi, M., Kanda, T., Salichs, M. A., Ishiguro, H., Hagita, N.: Position Prediction in Crossing Behaviors, 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (2010, to appear).