

ぷらっと Plat@自由が丘におけるタウンログ収集(3) 携帯電話内蔵加速度センサを用いた関心推定

Town-log gathering system at Puratto-Plat@Jiyugaoka (3)
Estimation of User's Interests from an Acceleration Sensor in a Mobile Phone

千葉 雄樹† 小西 勇介† 中尾 敏康†
Yuki Chiba Yusuke Konishi Toshiyasu Nakao

1. はじめに

近年、ユーザが身に着けたセンサの出力から、ユーザの行動や周辺状況を推定し、その推定結果を用いて新たなサービスを生み出す試みが多くなされている^[1]。さらには、行動や状況などの外面的な情報だけでなく、嗜好や関心などの内面情報を取得する技術にも注目が集まりつつある。

また一方で、ユーザの内面情報に基づいた情報配信サービスにも注目が集まっている。このような内面情報を考慮した情報配信サービスは顧客を惹き付ける力が強いことから、今後ますます重要になると考えられている。既に Web マーケティングやインターネット通信販売の分野では、膨大な顧客行動データが容易に取得可能であることなどを背景に、Web 上の顧客行動から嗜好や関心などの内面情報を抽出することで、顧客毎のニーズに対応した情報配信サービスが数多く実現されている。

しかしながら、現実世界において顧客行動（例えば、店舗内での顧客行動）に基づいた情報配信サービスを実現するためには、未だ様々な課題が存在する。特に、顧客行動情報の収集において、従来行われてきたような覆面調査員による尾行調査には、大きく以下の二点の課題があると考えられる。

- **行動情報収集のコスト**
顧客行動の詳細な記録に膨大な人的コストがかかる上、顧客の内面情報を抽出するのが困難である。
- **収集された行動情報の客観性**
収集された行動情報には、調査員の主観が強く影響されてしまう。

以上のような背景から、我々はセンサを用いて低コストかつ客観的に現実世界の人物行動情報を収集し、それらを用いて人物の内面情報を抽出する技術開発に取り組んでいる。そこで本研究では、近年携帯電話などに搭載される例が増えている加速度センサを用い、小売店舗内を回遊する人物の行動から、人物が店舗に抱いている関心の強さ（以下、関心度とする）を推定・定量化しようと試みた。本稿では、関心の推定・定量化手法を提案すると共に、提案手法を「ぷらっと Plat@自由が丘」実証実験で評価した結果について述べる。

2. 加速度センサを用いた関心推定方式

我々は、店舗内の人物の歩行/停止パターンにはその人物の関心が現れるはずである、という仮説を立て、図 1 に示す流れで人物の店舗に対する関心度の推定・定量化を行うこととした。

まず、人物の行動情報を取得するため、加速度センサを搭載した携帯電話を人物が持ち歩くこととする。次に、この人物が実際に店舗を訪れた時間帯の加速度データを、取得した時系列データ全体の中から切り出す。切り出した加速度データから、店舗内における歩行/停止判定を行い、その結果を用いて人物の店舗に対する関心度を算出する。

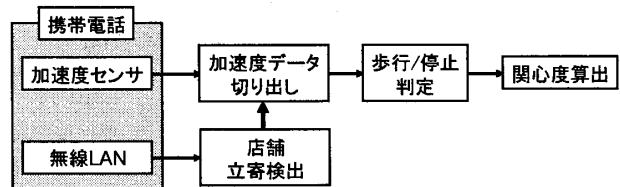


図1 関心推定の処理の流れ

以下にその手順を詳細に説明する。

2.1. 加速度データの切り出し

加速度データを用いて店舗への関心度を推定するためには、得られた加速度時系列データ全体から店舗滞在中のデータだけを切り出す必要があると同時に、その人物が訪れた店舗を特定しなければならない。そこで今回は、携帯電話に搭載された無線 LAN 機能を利用したエリア検知技術^[2]によって、これらの情報を取得することとした。以降、滞在店舗情報と滞在時間情報を合わせて立寄情報と呼ぶこととする。

エリア検知技術で得られた立寄情報を用いて、訪れた店舗毎の加速度データを切り出し、人物の各店舗に対する関心度を算出することとする。

2.2. 加速度分散値を用いた歩行/停止判定

次に、店舗滞在中の加速度データから人物の歩行/停止を判定する方法について述べる。倉沢ら^[3]は一定の時間幅で得られた加速度時系列データの分散値に基づいて、分散値がある閾値より大きければ歩行、小さければ停止、とすることで人物の歩行/停止を精度良く判定する方法を提案している。本提案手法では、これと同様の方法で歩行/停止判定を行うこととした。使用する閾値などの詳細については、「3.実装」にて説明する。

† NEC サービスプラットフォーム研究所,
Service Platforms Research Labs., NEC Corp.

2.3. 関心度の算出

前節で得られた歩行/停止時系列データから、人物の店舗に対する関心度を算出する。

人物の店舗に対する関心度には、人物が店舗内を回遊する際の動線長および滞在時間が深く関与していることが、過去の研究事例^[4]から明らかになっている。つまり、これらの研究事例では、動線長および滞在時間は、共に長ければ長いほど顧客の関心度が高いとみなしている。しかしながら同時に、動線長が長いだけ、もしくは、滞在時間が長いだけでは人物の店舗に対する関心度を直接的に表すとは言えないことも知られている^[4]。なぜなら、例えば動線長が長く、かつ、滞在時間が短いときには人物が店舗内を素通りした状況などが考えられるからである。

以上の点を考慮し、我々は以下のような仮説を立てた。即ち、店舗内人物行動の一般的な傾向として、停止しているときは店内の何らかの対象に関心を惹かれている状態であり、歩行しているときは関心を惹かれる対象が無いか、もしくは関心を惹かれている対象を探している状態である。この仮説を基に、実際に店舗を訪問したときの加速度データを用いて幾つかの特徴量を検討した結果、本提案手法では、以下の算出式を用いて関心度を定量化することとした。

$$\text{関心度} = \frac{\text{総停止回数}}{\text{総歩行時間}} \times \text{総停止時間}$$

ここで、(総歩行時間) / (総停止回数) は、店舗内で一度停止して商品に関心を示してから歩き出し、次に商品に目を留めて停止するまでに歩行する平均的な時間長さと考えることができる。この値が小さいほど、その人物の目に留まった商品が多く、店舗に対する関心度が高いと言える。以上のことから、店舗内で歩き出してから、次に商品を目に留めて立ち止まるまでの歩く時間が短いほど、かつ店舗内に滞在していた時間内での総停止時間が長いほど、店舗に対する関心度が強いとすることができる。

以上で述べた処理の流れに沿って関心度を定量化するシステムを実装した。

3. 実装

行動情報収集に用いるセンサ内蔵携帯電話の実機を図2に示す。



図2 行動情報収集に用いるセンサ内蔵携帯電話

使用したセンサ内蔵携帯電話は NOKIA 社製 X02NK (日本仕様 N95) で、3軸加速度センサと無線 LAN 機能が搭載されている。我々は、この携帯電話上で動作するデータ収集アプリケーションを開発し、提案手法に基づいて人物の店舗に対する関心度を算出するシステムを実装した。

加速度データの取得周波数は 10Hz とし、各時刻において 3 軸加速度データの絶対値を求め、1 秒毎に 10 点分のデータを用いて分散値を算出することとする。

実際に人物が店舗を訪れたときの加速度データを用いて 1 秒毎に算出した分散値の変化の様子を図 3 に示す。横軸は時刻、縦軸は加速度分散値[mG²]を表す。

図 3 は店舗滞在前後の時間帯を含んでおり、この人物が実際に店舗に滞在していた時間帯は、16 時 12 分頃から 16 時 16 分頃までである。図から分かるように、入店時刻前と退店時刻後の領域では、連続的に加速度分散値が大きい区間が存在する。これは、この人物が店舗の外の路上を歩行していたためと考えられる。また店舗に滞在した時間中、分散値は全体的に小さな値を取り、断続的に大きな値が現れる傾向が見てとれる。これは、モニタユーザが店舗内で立ち止まって商品を眺め、移動して再び別の商品に関心を示す、という店舗内での回遊行動を表していると考えられる。

ここで、携帯電話の持ち方が変わると、同じ行動であっても加速度分散値が変化することに注意し、持ち方によらず歩行/停止が判定可能な加速度分散値の閾値を、あらかじめ予備実験を行って求めた。携帯電話の持ち方として一般的と考えられる、ズボンのポケット、上着のポケット、鞆の中などの持ち方について実験を行い、加速度分散値の閾値を 1000[mG²]に決定した。分散値がこの閾値より大きければ歩行、そうでなければ停止、と判定する。図 3 に示した加速度分散値のデータから、上記の方法に従って歩行/停止を判定した結果を図 4 に示す。予備実験の結果から、決定した閾値に基づいて、持ち方によらず歩行と停止を精度良く判定できることが分かった。

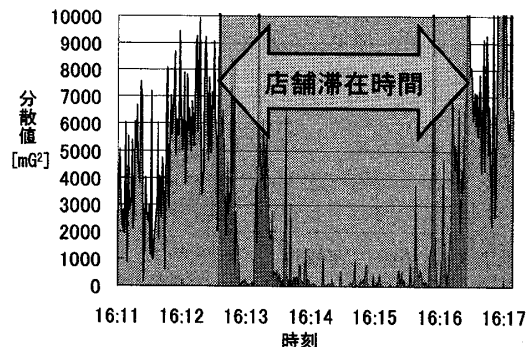


図3 加速度分散値の変化

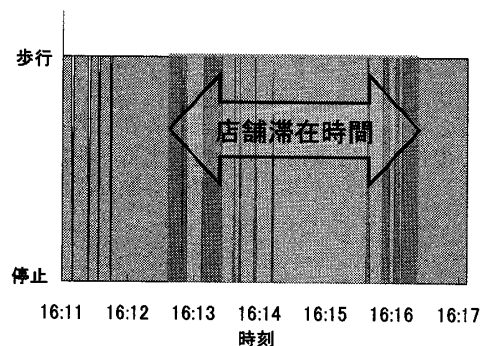


図4 歩行/停止時系列データ

4. 評価

提案手法の有効性を確認するために、「ぶらっと Plat@自由が丘」実証実験において評価を行った。

本実証実験では、募集したモニターに、図2に示したセンサ内蔵携帯電話を貸与し、モニターが自由が丘を訪れたときはデータ収集アプリケーションを起動してもらうこととした。モニターには複数の実験協力店舗を訪れてもらい、これらの店舗訪問時の加速度データを用いて各店舗に対する関心度を算出する。また、店舗訪問後は自身の各店舗に対する関心度などに関するアンケートに回答してもらい、これを関心度の評価に用いた。

アンケート内容は、来店前に店舗に対してどの程度の関心を抱いていたか、店舗内に関心を惹く商品がどの程度あったか、などについて段階評価する方式とした。こうして得られたアンケート結果を用いて、関心度をスコア化する。例えば、「店内に関心・興味を惹く対象はありましたか」という質問に対して、「関心・興味の対象が複数あった」という回答が得られた場合は2点、「関心・興味の対象が1つだけあった」ならば1点、「関心・興味の対象はなかった」ならば0点、などとする。用意した複数の質問について、得られた回答に応じたスコア化を行い、全ての質問項目毎のスコアを加算した結果を真の関心度とする。真の関心度は正の整数で表され、最も関心度の高い状態が10、最も関心度の低い状態を1とした。

また、このアンケートには立寄情報を記入する項目を用意した。本評価では、加速度データから判定された歩行/停止パターンに、人物の店舗に対する関心度がどれだけ現れているかを評価することを目的とし、アンケートによる立寄情報を用いて加速度データの切り出しと訪問店舗の特定を行うこととする。無線LANを用いた店舗立寄検出で得られた立寄情報に基づいた評価は今後の課題とする。

以下、提案手法で算出された関心度（以下、推定関心度）とアンケート結果（以下、真の関心度）とを比較評価した結果について説明する。

4.1. アンケート結果との相関が強い例

あるモニターAおよびBについて、横軸をアンケート結果から得られた真の関心度、縦軸を提案手法で算出された推定関心度として、店舗毎にプロットした結果を、それぞれ図5および図6に示す。プロットされた点は、それぞれモニターが訪れた店舗を表している。真の関心度と推定関心度の間に正の相関があれば、モニターの加速度データから、関心をうまく定量化することができたとと言える。

図5に示したモニターAに関する結果では、真の関心度と推定関心度の間に、比較的強い正の相関関係が表れており、その相関係数は0.915であった。また、図6に示したモニターBに関する結果では、モニターAと比較するとどの店舗に対しても相対的に関心が薄い傾向があるが、真の関心度と推定関心度の間にはモニターAに関する結果と同様に正の相関関係が現れており、その相関係数は0.908であった。

以上より、加速度データに基づいて関心度を算出する提案手法について、人物毎の店舗に対する関心度をうまく定量化できていることが確認できた。

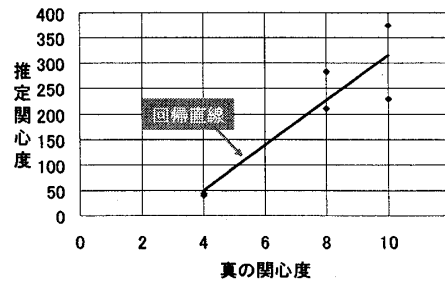


図5 モニターAの真の関心度と推定関心度の関係

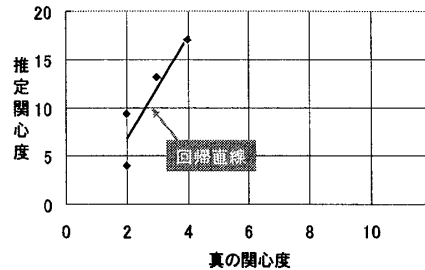


図6 モニターBの真の関心度と推定関心度の関係

4.2. アンケート結果との相関が認められない例

次に、真の関心度と推定関心度の間に明らかな正の相関関係が認められない例について述べる。このような例として、モニターCに関して得られた関心度の関係を、図7に示す。

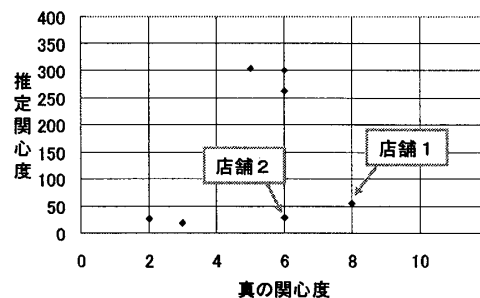


図7 モニターCの真の関心度と推定関心度の関係

図7から、アンケートで得られた真の関心度は大きいですが、提案手法で算出された推定関心度の値が非常に小さい店舗が2つ存在することが分かる。これらの店舗（店舗1および店舗2とする）で真の関心度と推定関心度の間に正の相関関係が認められなかった理由は次の通り考察できる。

• 店舗1：同伴者の影響

モニターCのアンケート内容を調べた結果、店舗1を訪れた際に同伴者が存在したことが分かった。さらに、他のモニターのアンケート内容を精査した結果、訪問店舗情報や入退店時刻情報などから、この同伴者もまた本実証実験のモニターであることが分かった。そこで、モニターCと、モニターCに同伴していたモニターDのアンケート内容を比較した結果、店舗1について、モニターCの真の関心度が他の店

舗と比較して相対的に高く、モニタユーザ D の真の関心度が他の店舗と比較して相対的に低いことが分かった。このことから、店舗 1 訪問時に、モニタユーザ C は店舗 1 に対して高い関心を示していたにもかかわらず、モニタユーザ D があまり関心を示さなかったため、モニタユーザ D の意向で早々と店舗 1 を退出してしまったのではないかと推測される。これにより、モニタユーザ C の店舗 1 における歩行/停止パターンに、モニタユーザ C の店舗 1 への高い関心が反映されなかったものと考えられる。

● 店舗 2：周辺状況（店舗閉店時刻）の影響

モニタユーザ C のアンケート内容から、店舗 2 への立寄情報を調べた結果、モニタユーザ C の店舗訪問時刻が店舗 2 の閉店直前の時間であったことが分かった。このことから、モニタユーザ C は、店舗 2 に対して高い関心を示していたにもかかわらず、十分に店内を回遊する時間が取れず、止む無く店を退出したのではないかと推測される。これにより、モニタユーザ C の店舗 2 における歩行/停止パターンに、モニタユーザ C の店舗 2 への高い関心が反映されなかったものと考えられる。

このように、同伴者や周辺状況によって、人物の行動に店舗に対する関心の強さが正しく現われない場合があることが分かった。これらの要因を考慮した関心推定の手法については今後の課題である

5. おわりに

本稿では、携帯電話に搭載されたセンサを用いて取得した人物の店舗内における歩行/停止時系列パターンに基づいて、人物の店舗に対する関心の強さを推定・定量化する手法を提案した。また、「ぶらっと Plat@自由が丘」実証実験において、提案手法で推定された関心度とアンケート結果を比較評価した結果、推定された関心度とアンケート結果から得られた真の関心度の間に正の相関関係があることを確認した。以上から、携帯電話などに搭載された安価なセンサで取得できる歩行/停止パターンという比較的単純な行動情報に基づいて、人物の内面情報である店舗への関心を定量化できる可能性を示した。

今後、人物の店舗に対する関心度を異なる人物間で比較可能な尺度として算出するための改良に取り組む必要がある。また、カフェのように人物の動作がほとんど発生しないような店舗についても関心度を算出する手法を検討するとともに、0に述べた同伴者や周辺状況が人物の行動に及ぼす影響を考慮した関心推定手法の開発を進めていく。その上で、携帯電話に搭載された無線 LAN などを用いた立寄検出技術と組み合わせた評価を行い、実サービスにおける有効性の検証を目指す。

謝辞

本研究は経済産業省情報大航海プロジェクト^[5]における「地域活性化を支える e 空間サービスーぶらっと Plat ー」（受託企業：株式会社エス・ピー・シー）実証事業の一環として行われた。また、実証実験は自由が丘振興組合の協力の下に行われた。記して感謝する。

参考文献

[1] Nicky Kern, Stavros Anitifakos, Bernt Schiele, Adrian Schwaninger, "A Model for Human Interruptability:

Experimental Evaluation and Automatic Estimation from Wearable Sensors", 8th International Symposium on Wearable Computers, Volume1, pp.158-165, 2004

- [2] 小西勇介, 中尾敏康, "「ぶらっと Plat@自由が丘」におけるタウンログ収集(2)ー携帯電話内蔵無線 LAN を用いたエリア検知ー", 4Q-3, FIT2009
- [3] 倉沢央, 川原圭博, 森川博之, 青山友紀, "単一の加速度センサを用いたユーザコンテキストの推定", 電子情報通信学会大会講演論文集, Vol.2005, pp.445, 2005
- [4] 田島義博, 青木幸弘他, "店頭研究と消費者行動分析", 誠文堂新光社, 1989, ISBN-10:4416789203
- [5] 情報大航海プロジェクト: <http://www.igvpj.jp/>