

近傍電磁界式シートセンサを用いた特定人物の位置推定 Designated Person Position Estimation using Near-electromagnetic Field Type Sheet Sensor

川合 諒[†] 高橋 祐介[‡] 高橋 清彦[†] 服部 渉[†] 宮野 博義[†]

Ryo Kawai Yusuke Takahashi Kiyohiko Takahashi Wataru Hattori Hiroyoshi Miyano

1. はじめに

マーケティングの分野で、店舗内の顧客の動線を把握するニーズが高まっている。顧客の移動や滞留の様子を知ることで、効率的な商品配置を計画したり、興味を持ちつつ買わなかった商品を推定したりすることができる。

これを実現する手段として、カメラによる動線解析が提案されている[1]。しかしカメラ映像では、顧客が棚や他の顧客に隠蔽されてしまうという課題があった。また、マーケティングで求められる、店員と顧客との区別についても、服装が店員と似た顧客を店員と誤認識するなど、限界があった。さらに、顔がわかる状態で解析されることで、個人情報保護に対する懸念も持たれ得る。

カメラとは異なる顧客の動線把握手段として、ショッピングカートにセンサを取り付けて位置を把握する方法が提案されている[2]。この方法によれば、隠蔽や個人情報保護の問題は生じないが、顧客が常にカートを用いるとは限らず、網羅的な顧客の動線把握は困難であった。

同様に隠蔽や個人情報保護の問題を解決できる手段として、圧力センサ[3]などのシートセンサを床に設置し、足跡を追跡するアプローチが考えられる。筆者も先に、近傍電磁界式のシートセンサ[4]により足跡を検知し、人物位置推定を行う技術を提案している[5]。しかし、このアプローチでは、店員と顧客を区別できないという問題があった。足跡からの人物同定手段は別にいくつか提案されているものの、検出の正確性や、検出と同定に別のハードウェアが必要となるなど、課題も多かった[6][7][8]。

先に述べた近傍電磁界式シートセンサは、RFID タグをセンサノードとして用いており、アンテナもシートに埋め込まれている。そのため、RFID タグを貼り付けた靴でシートに乗ると、足跡が検出されると同時に、靴に貼り付けられたタグも読み取られる。そこで本論文では、これらのタイミングの同時性を利用して足跡と靴のタグの対応付けを行うことで、タグ付きの靴を履いた特定人物の足跡を同一のハードウェアで高精度に判別する手法を提案する。タグのない靴を履いた一般の人物は個人を特定しないまま位置を推定できるため、店舗での動線把握では、店員を特定人物とし、特定されない人物を顧客として位置を推定することで、個人情報保護と店員・顧客の区別を両立することができる。

2. 足跡と特定人物の対応付け

2.1 対応付けの基本アルゴリズムと問題

以下では、一定間隔ごとにセンサ出力を処理して得ら

[†] 日本電気株式会社 NEC Corporation

[‡] NEC Asia Pacific Pte. Ltd.

れる画像をカメラに喩えて「フレーム」と呼び、各フレームで足跡検出と対応付けの処理を行うものとする。

基本アイデアは、前述したように、足跡が検出されるタイミングで外部タグ（以下 ID）が読み取られた場合にその足跡と ID を対応付ける、という点である。そして、その足跡が消えるまで、対応付けが継続される。しかし、この方法だけでは、以下のような問題がある。

● 出力の不安定性

足跡の形状が一定にならないため、前フレームから足跡が消えたか否かの判断が困難になる。

● 誤対応からの復旧

万一誤対応が発生すると、最悪の場合シート上の物体がなくなるまで復旧できない。

● 同時検出

新たに現れた足跡と新たに読み取られた ID が 1 つずつの場合のみ正しく対応付けが可能であり、どちらかが 2 つ以上存在すると対応付けが一意に定まらない。

2.2 問題解決の手法

以下で、前節の問題に対応した手法について述べる。

2.2.1 出力の不安定性

足跡が消えたか否かの判断には、形状を使わず、検出された足跡の外接矩形の中心座標の距離を用いる。前フレームから一定の範囲に現フレームでも足跡があれば、足跡が動いていないと判断する。もし複数の足跡が条件を満たす場合は、距離の近い方を優先する。なお、ID の読み取りも足が載っている間に途切れる場合があるため、一度対応付けられたら ID の読み取り有無にかかわらず対応付けを継続する。

ただし、この条件では、ある ID: A の足が離れた直後、近くに別の足が乗ると、その別の足に ID: A が対応付けられたままになることがある。この場合は、次に ID: A と対応付けられるべき足跡が検出された時点（図 1(a)中）で古い対応付けを解除し、整合をとる（図 1(a)下）。

2.2.2 誤対応からの復旧

誤対応か否かの判断は一般に困難であるが、足跡が消えたタイミングで誤対応の発生を推定できる場合があるため、その場合は修正を行う。たとえば、ある ID: A に対応付けられた足跡と ID なしの足跡があったと仮定する（図 1(b)上）。その後、ID: A の足跡が消えたのに A が継続して読まれ、別に ID なしとされた足跡が継続して検出されている（図 1(b)中）という場合は、ID: A は本来もう一方の足跡に対応付けられるべきであったと推定できるため、そのように修正する（図 1(b)下）。

2.2.3 同時検出

この問題は、アルゴリズム上回避できない問題である。しかし、センシング面積が広大になるにつれ、足が同時に置かれる確率は高くなり、この問題は大きなものとな

る。そこで、シートに複数のアンテナを埋め込んで場所ごとに読み取りを分担させる。どの ID がどのアンテナで読み取られたのかという情報も利用して、対応付けの精度の向上を図る。

基本はアンテナごとに別のシートとみなして処理を行えばよいが、複数のアンテナに1つの足が載っている場合の対応を考慮する必要がある。それぞれで対応付け結果が異なった場合の対応例として、2つのアンテナに1つの足が載った場合の例を表1に示す。異なる ID に対応付けられた場合は保留とし、いずれかで対応付けが取れた場合は、ほかの結果が保留や対応なしでも対応付けられた方の結果を採用する。

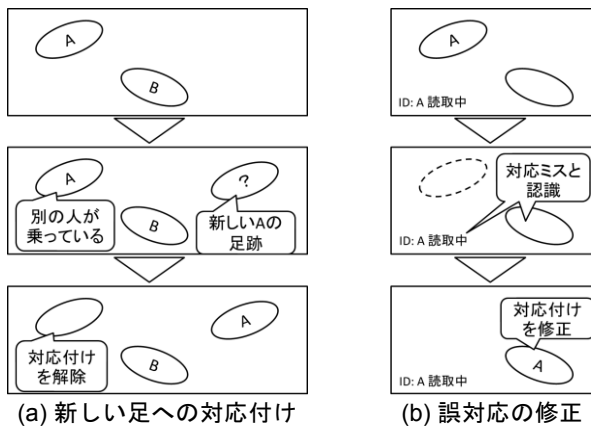


図1 問題とその対応の例

表1 対応付け結果が異なる場合の対応例

アンテナ1	アンテナ2	最終結果
保留	タグなし	保留
保留	ID: x	ID: x
タグなし	ID: x	ID: x
ID: x	ID: y ($\neq x$)	保留

3. 評価と考察

約15分間に、最大で3人の人物が歩行、静止等のあらゆる踏み方でシートの上に乗ったデータを用い、検出された足跡における対応付けの精度を評価した。なお、センシング範囲の大きさは1316mm×2220mmである。

評価結果を表2に示す。すべての足跡に対する、正しく対応付けられた足跡(表内では正対応と記述)の割合は76.1%であった。なお、この中には、保留(同一アンテナ内に同時に足がつく等、原理的に対応付けができなかったもの)や誤検出(誤った位置に足跡が検出されるもの)など、対応付けが原理的に不可能なものも存在する。それら以外に対する正対応の割合は90.2%となった。

表2 足跡対応付けの評価結果

正対応	保留	誤対応	誤検出	総足跡数
83	10	9	7	109

対応付けに失敗する例が10%弱あるが、これらが発生する原因は、靴タグの読み取り失敗、読み取りのタイミングのずれ(そのタイミングで新たな足が現れて誤対応)、別の場所での誤検出の影響などが挙げられる。この改善策としては、ソフトの面からは前後のフレームの情報も用いて検出や読み取りを行い、安定した結果が得

られるようにすること、ハードの面からはタグの読み取り回数を増やし、出力を安定化させることが挙げられる。ただ、読み取られたアンテナごとに対応付けを行うため、誤対応の発生もそのアンテナ内の狭い範囲での誤りに限られており、一定の範囲内に対象者がいることは確実に判別できている。

図2に対応付けの様子を示す。右の図中のシート上の様子を左側に拡大したディスプレイで表示している。ディスプレイ上で赤・緑で表示された矩形が ID に対応付けられた足跡、青が対応付けられなかった足跡である。実際、左側の男性の靴に ID タグが貼られており、右側の男性の靴には ID タグは貼られていない。

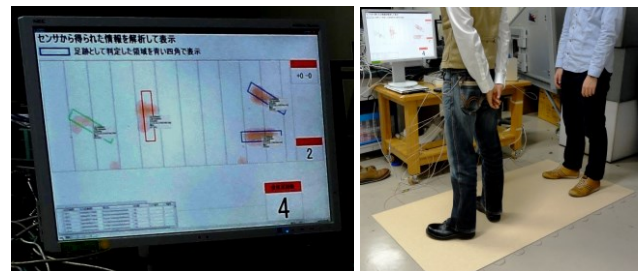


図2 対応付けの様子

4. おわりに

本論文では、近傍電磁界式シートセンサと RFID タグを用いた特定人物の位置推定方法を提案した。RFID アンテナが本シートに埋め込まれていることを利用し、足跡と靴に貼り付けられた RFID タグを検出・読み取りのタイミングから対応付ける。対応付けの正解率は90%を超え、特定人物の足跡を高精度に判別できることを示した。

今後の課題としては、より正確な位置の検出を目指し、考察で挙げたような、前後のフレーム情報を用いた足の検出精度の改善や RFID タグの安定的な読み取りなどといったハード、ソフト両面からの改良、そして、動線抽出など実利用への応用が挙げられる。

謝辞

本研究の遂行に当たり、貴重なご支援、ご助言をいただいた NEC エンジニアリング株式会社の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. Davis, "W4: Who, when, where, what: A real time system for detecting and tracking people," 3rd. Int. Conf. on Automatic Face and Gesture, pp.222-227, Nara, Apr. 1998.
- [2] Cambridge Consultants, (2015), "A new smart way to shop," <<http://www.cambridgeconsultants.com/media/press-releases/new-smart-way-shop>>, 2015年6月26日アクセス.
- [3] 株式会社シロク, (2007), "世界初の電磁誘導方式圧力分布シートセンサ," 2015年6月26日アクセス.
- [4] W. Hattori, K. Ohashi, and H. Fukuda, "Tag-antenna-based presence sensing using near-field traveling wave reader antenna," 2014 International Conference on the Internet of Things (IOT), pp. 103-107, 2014.
- [5] 川合諒, 高橋祐介, 宮野博義, "電波式シート型センサを用いた人物足跡認識," 第13回情報科学技術フォーラム (FIT2014) 講演論文集 第3分冊, pp. 119-120, Sep. 2014.
- [6] オムロン株式会社, セキュリティシステム, 特許第4120840号.
- [7] 関西電力株式会社, 個体特定システム, 特許第4927441号.
- [8] サクサ株式会社, 入退室検出システム, 特許第4756351号.