

カセンサを利用した 在室情報管理システムの設計と実装

室谷将希[†] 岩本健嗣^{††} 松本三千人^{††}

在室情報管理システムは入退室情報の記録から施設内のどこに誰がいるのか、どこに誰がいたのかという情報を把握するシステムである。在室情報管理システムの多くは磁気カードやRF-IDタグを利用し、運用の際に利用者に負担をかける問題点がある。そこで、本稿は行動上の特徴を利用する在室情報管理手法を提案し、利用者に負担がかからない在室情報管理システムを設計する。そのために、歩行動作から入退室情報を取得する方式や人物を特定する方式を提案する。また、これらの方式を実現するために、歩行動作から足を付いた位置を検知する実験、足を付いた時の足の向きを求める実験、歩行動作を行った人物を特定するための実験を行い、その結果を評価した。

Design and Make System of Management Existing Condition by Biometrics Technology

Masaki Murotani[†] Takeshi Iwamoto^{††}
Michito Matsumoto^{††}

System of management existing condition control information of place which all members is or was in. The system can be used for assistance of first safety confirmation in case of disaster, and improvement of the work efficiency. Most of the system use magnetic card and RF-ID tag to be used. However, the system tasks the system's users because these card and tag are needed to bring by the system's users. Therefore, this paper designs new system that manages existing conditions not to task the users. To implement the system, this paper suggests a method that extracts existing conditions and identifying person by walking action. To realize the method, this paper performs three experiments. This paper experiments to detect a position included with a foot from walk movement, to detect the direction of the foot when there was it with a foot, and to identify the person who I walked.

1. はじめに

在室情報管理システムとは、現在または過去の一時点において、施設内にある各部屋のどこに誰がいるのか、どこに誰がいたのかという在室情報を把握するシステムである。在室情報管理システムを利用することで、災害時の安否確認の初動に役立てることや作業者の在室、不在などを把握し作業効率の改善を図ることができる。

在室情報は、施設内の入退室情報の記録から得ることができる。誰が部屋に入った、あるいは部屋から出たという入退室情報を得るためには、入退室動作を認識でき、人物を特定できる必要がある。在室情報管理システムの多くはこれらを実現するために接触式の磁気カードや非接触式のRF-IDタグなどを利用した方式を採用している。これらの方式の特徴は持ち物を利用して確実に利用者を認証できる点にある。

その一方で、これらの方式は常に磁気カードやRF-IDタグを持ち歩くことを利用者に強要する。また、磁気カードやRF-IDタグを専用のリーダに読み取らせるために特定の行動を行わせることや、RF-IDタグに内蔵された電源を定期的に入れ替えることなど、システムを運用するために利

用者へ負担をかける問題を抱えている。これらの問題の他にも、磁気カードやRF-IDタグを不正に入手することで、容易に成りすましを行えることや、携帯すべき磁気カードやRF-IDタグを紛失、あるいは破損した場合に、システムを正常に運用できない問題を抱えている。利用者に負担をかける問題は、利用者に特別な機器を持たせず、利用者が日常生活において必ず行う動作のみを利用して、入退室動作の認識や人物の特定を行うことで、解決できると考えられる。

人に何も持たせずにシステムを運用するためには、センサを利用して人が行った動作から在室情報を取得する必要がある。しかし、センサには様々な種類があり、それぞれが異なった特徴を持っているため、利用する動作や環境に応じて適切なセンサを選択する必要がある。利用者が日常生活で入退室時に必ず行う動作として、歩行動作が考えられる。在室情報管理システムがこの歩行動作の方向を自動で検出できれば、利用者に負担をかけることなく入退室動作を認識できる。

また、歩行動作を利用して人物の特定を行うことで、なりすましなどが原因でおこる、システムを正常に運用できない問題も解決できる。行動上の特徴を利用するバイオメトリクス認証は、利用者の癖を利用する認証方式である。そのため、他の認証方式より偽証することが難しく、より正確に人物を特定できる。

^{†1} 富山県立大学大学院 工学研究科 情報システム工学専攻
Toyama Prefecture University

^{†2} 富山県立大学 工学部 情報システム工学科
Toyama Prefecture University

そこで本稿は、歩行動作を利用して、部屋に対する入退室動作の認識や入退室動作を行った人物を特定することで、利用者の負担を必要としない在室情報管理システムを提案する。提案するシステムは力センサを利用して歩行動作を観測することで、利用者に負担をかけずに在室情報を管理する。

2. 関連研究

人物の特定に関して様々な研究が行われており、現在は人の生体情報を利用したバイオメトリクス認証の研究が盛んである。小林ら[1]は3層階層型ニューラルネットワークを用いて声紋による認証システムを構築した。この認証システムは“あ”などの短い音声を高速フーリエ変換して得られたパワースペクトルを特徴量としている。これを用いて本人認証システムを構築したところ、本人と他人の識別に高い認証精度を得ることができた。また、個人認証システムを構築したところ、複数の人物の識別が可能であることが分かった。人の声を用いることで、使用者に余計な道具を持たせない人物の特定方法を実現させた。

また近年では、行動上の特徴を用いたバイオメトリクス認証の研究が行われている。杉森ら[2]は多くの人が常に持ち歩いているスマートフォンに搭載されている加速度センサを用いて、使用者に大きな負担をかけない機器、動作で人物を特定することに成功した。

加えて、堀ら[3]は歩く、走る、ジャンプするなどの歩行系動作は被写体と離れた位置から個人を特定することが出来ると考えた。カメラを用いて観測することで、歩行系動作を行っている人物のシルエット画像を抽出し、そのシルエット画像の時系列的な変化に対して、テンソル分解に基づく各個人の歩行系動作の特徴量 (Motion Signature) を求め、個人認証を行う手法を提案した。7種類の歩行系動作に対し、33人を対象に実験を行ったところ、平均で7割の正答率で人物を特定することで、提案手法の有用性を確認した。

3. 歩行動作の特徴を利用した在室情報管理システムの設計

本章は、システムを運用する際に利用者に負担がかからない在室情報管理システムの要件を定義する。

3.1 提案システムの要件の概要

利用者に負担をかけずシステムを運用するための要件を以下に示す。

- i) 利用者に負担のかかる動作をさせないこと
- ii) 利用者に何も持たせないこと

1点目の要件は、システムが観測する行動として、利用者が日常的に行う動作を選択することによって満たす。2

点目の要件は、カメラや、力センサなど利用者に何も持たせずに、動作を観測できるセンサを選択することで満たす。

3.2 観測する動作の選択

本項では、1点目の要件を満たすために、在室情報管理システムが観測する動作は、日常的に行う動作であることが求められる。他の要件と合わせて、センサを用いて観測できる動作であること、入退室動作時に行う動作であること、人物を特定できる特徴が抽出できることが求められる。歩行動作は、人が日常的に行う行動の内、入退室動作を行う際には必ず行う動作であり、個人特有の癖が現れることから、本システムが観測する動作として最適と考えられる。

なお、歩行動作から入退室動作を認識するためには、部屋の出入口付近で歩行動作を観測して、歩行動作の移動方向を抽出する必要がある。人が部屋の出入口付近で行う歩行動作は部屋に対して入退室する動作の他に、ただ出入口付近を歩く動作も考えられるため、これらの歩行動作を区別して認識する必要がある。

更に、歩行動作から人物特定を行うためには、歩行動作から人物の特徴を抽出する必要がある。人物の特徴には歩行の速度や、歩幅、体重などの身体的特徴を利用する。

3.3 歩行動作を観測するセンサの選択

本項では、2点目の要件を満たすために、歩行動作を観測するセンサを選択する。センサには様々な種類のものがあるため、それぞれの特徴を理解して、本システムに適したセンサを選択する必要がある。そのため、歩行動作の観測方法や、入退室動作の認識方式、人物の特定方式を考慮しながらセンサを選択する。

i. カメラ

カメラを利用して画像処理を用いて人の動線を導き出すことで、利用者へ負担をかけることなく入退室動作を認識することができる。また、顔認識を用いて歩行動作を行っている利用者を特定できる。しかし、カメラは利用者の顔を撮影することが可能であるため、利用者の心理的障害が大きくなるという問題がある。

ii. 圧力センサ

圧力センサは面に加わる力を測定するセンサで、これを用いて歩行動作中に足を付いた位置を計測し人の動線を導き出すことで、利用者へ負担をかけることなく入退室動作を認識できる。しかし、安価な圧力センサは測定限界値が低く、人の歩行動作中に加わる荷重に耐えられない問題があり、高価な圧力センサはシステムを利用する際に受け入れ難い問題がある。

iii. 力センサ

力センサは点に加わる力を測定するセンサで、これを用いて歩行動作中に足を付いた位置を計測することで、圧力センサと同様に利用者へ負担をかけることなく入退室動作を認識できる。加えて、歩幅や体重から変化する荷重を計測することで利用者の違いを区別することができる。

これらの特徴から本稿では、利用者の歩行動作を観測するセンサとして、利用者へ負担をかけずに観測でき、利用者を特定し得る力センサを選択する。しかし、力センサは利用者の動作を観測するには検知範囲が狭いため、広い範囲で動作の観測を可能とする工夫が必要となる。そこで4章では、力センサを用いて広い範囲で歩行動作を観測できるデバイスを試作し、歩行動作から在室情報を取得する手法を説明する。

4. 歩行動作を利用した在室情報取得手法

本章では、3章で選択した力センサを活用した在室情報の取得手法について述べる。

4.1 カセンサを活用したデバイスの設計と試作

力センサを活用し、広い範囲で歩行動作を観測するために、図1のように板の四隅に複数の力センサを取り付け、センサを取り付けた面を床に向け設置し、1つのパネルを構成する。パネルに鉛直方向の力が加わった場合、4つの力センサに位置に応じた値が計測される。パネルに取り付けられたセンサに加わる荷重の値からパネルにかかる力の重心位置(x, y)を算出できる。算出するときに使用した計算式は、パネルに取り付けた左上、右上、左下、右下の力センサに加わる荷重の値を bl, br, tl, tr とすると式(1), (2)で表すことが出来る。なお、このパネルは板の大きさを変えることにより検知範囲を変化させることができる。

$$x = \{ \{ -(tl+bl) + (tr+br) \} / (tl+tr+bl+br) \} \quad \cdots(1)$$

$$y = \{ \{ -(tl+tr) + (bl+br) \} / (tl+tr+bl+br) \} \quad \cdots(2)$$

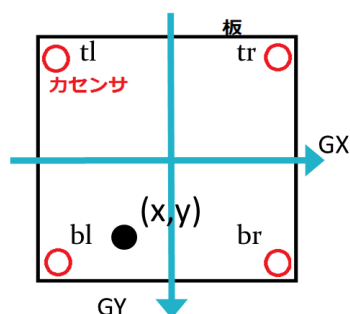


図1 板の四隅に力センサを取り付けたパネル

Figure 1 A panel made of force sensors

力センサを利用したデバイスを用いて歩行動作を認識するためには、人が歩行動作を行う際に必ず足を付く検知範囲が必要となる。そこで本稿では、玄関マットと人の歩幅を利用して、デバイス検知範囲を決定する。一般的な玄関マットの幅が1m程度であることから、デバイスに必要な検知範囲の幅を1mと設計する。また、ひとの歩幅が0.6m程度であることから、検知範囲の奥行は1mと設計する。これらのことから、デバイスの検知範囲が1m四方であれば十分だと考えられる。

しかし、1m四方の検知範囲を満たすようにパネルの板を大きくすると、2名以上が同時に検知範囲の中で歩行動作を行った場合、正確に測定できない可能性がある。そこで、図2のように複数のパネルを並べ、デバイスを構成することで、十分な検知範囲を得ることができる。また、同時に2名以上が検知範囲で歩行動作を行った場合でも、それぞれのパネルで処理を行うことで比較的容易に歩行動作を観測できる。人の肩幅や歩幅を考慮すると、パネルの大きさが0.5m四方であれば、1つのパネルに複数人乗ることを回避できると考えられる。

このように設計したデバイスを図3に示す一般的な力センサを用いて試作した。

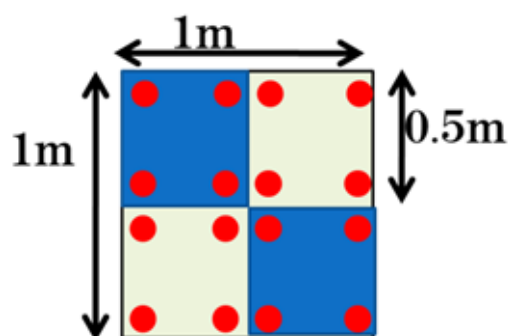


図2 パネルを複数並べることで設計したデバイス

Figure 2 A device made from panels



図3 デバイスの試作に使用した力センサ

Figure 3 A force sensor for the device

4.2 歩行動作を利用した在室情報管理手法の概要

本節では、試作したデバイスと歩行動作を用いた在室管理手法について、図4に示すシステムフローと共に説明する。デバイスは、利用者の歩行動作を計測することでデータを記録する。記録したデータには床にかかる荷重の大きさや、計測した際の時刻情報が含まれている。また記録したデータから床にかかる力の重心位置を計算することができる。本稿はこれらの情報から入退室認識や人物の特定に必要な情報を抽出する。

人が部屋の入り口付近を歩行する動作には、部屋に対して入退室する動作とは他に、ただ入り口付近を歩行する動作も考えられる。本システムが入退室動作を認識するためには、出入り口を横切る動作と部屋への入退室動作を識別する必要がある。そのために、デバイスから得られるデー

タから歩行動作の動線を抽出する。具体的には、力の重心位置から利用者が歩行動作中に足を付いた位置や、その際の足の向きを検出し、この2つの情報から歩行動作の動線を抽出することで、利用者の入退室動作を認識する。

また、入退室情報を得るためには、入退室したことの認識に加えて、入退室した人物を特定する必要がある。そこで、デバイスから得られるデータを用いて歩行動作を行った人物を特定する。力の重心位置やセンサにかかる荷重、時刻情報を利用して、利用者の体重や歩幅、歩行の速さなどの特徴を抽出し、抽出した特徴を用いて機械学習を行うことで、利用者の特定を行う。

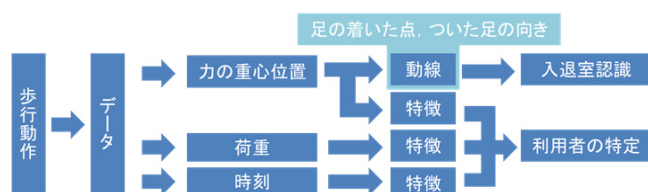


図4 情報取得方法の流れ

Figure 4 The flow of method gets existing information.

4.3 歩行動作からの入退室認識手法

本節では、設計したデバイスを利用して、歩行動作から入退室動作を認識する。代表的な歩行動作を抽出するために、カメラを用いて入り口付近で行われる歩行動作の確認を行った。確認された44の歩行動作の内、21の歩行動作が入退室を行った動作であった。また、23の歩行動作が入り口付近をただ通過する動作であった。しかし、入り口付近をただ通過する歩行動作の中には、デバイスの検知範囲内の足の着いた点だけでは入退室動作と見間違う動作も確認された。

確認された歩行動作の認識方法について、図5に示す5つの歩行動作例と共に述べる。図5に示した長方形は力センサを利用したデバイスを、点や足のオブジェクトは歩行動作中に床に着いた足の位置や足の向きを示している。また、矢印は歩行動作の動線を示している。本手法は利用者が歩行動作中にデバイス上で足を付いた位置とそのときの足の裏の向きから歩行動作の方向を推定することで利用者のいる位置を取得する。

歩行動作例1と2は最も基本的な歩行動作の例でデバイス上をまっすぐ歩行して、入出する動作、あるいは退出する動作である。また、歩行動作例3は部屋に対して入退室せず、デバイス上をただ通過する歩行動作である。歩行動作例4と5はデバイス上に足を付いた点だけで見ると同じ歩行動作である。しかし、歩行動作例5が部屋へ入る動作に対して、歩行動作例4は部屋に対して入退室せず、デバイス上をただ通過する歩行動作である。

これらの歩行動作を区別するために、利用者が歩行動作時にデバイス上で足を付いた点をすべて算出する。そして、

算出された点を直線近似して歩行動作の動線を抽出する。歩行動作例1,2のように動線が部屋の出入口と交差する場合、入退室を行った歩行動作とする。そして、算出された点の時刻情報から入室した歩行動作か、退出した歩行動作かを判断する。また、歩行動作例3のように近似した直線が出入口と交差しない場合、入退室していない動作と判断する。

しかし、歩行動作例4のように実際はデバイス上を通過しただけの歩行動作であるが、近似した直線が出入口を跨ぐ歩行動作がある。この歩行動作例と歩行動作例5はデバイス上に足を付いた点から見ると全く同じ動作であり、区別することが出来ない。一方で、これら2つの動作を比較すると、1歩目の足の向きが異なっている。

本稿の入退室認識手法は上述したことを踏まえ、歩行動作の動線と足の向きから利用者の入退室動作を認識する。次項と次次項で、歩行動作の動線を導出するための歩行動作時に足を付いた点を検出する手法と、そのときの足の向きを検出する手法について述べる。

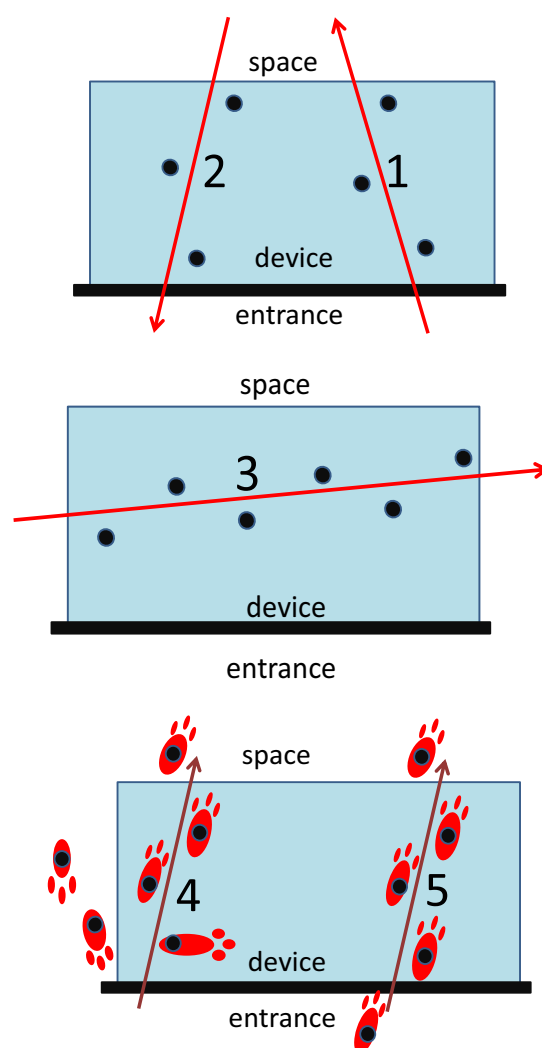


図5 デバイス上における5つの歩行動作例

Figure 5 Example of 5 walking-actions on the device

4.3.1 足を付いた点の検出手法

デバイスが算出した力の重心位置から、歩行動作時に足を付いた点を検出手法について述べる。本節で提案した手法を実現するためには、デバイス上で足を付いた複数の位置をそれぞれ時系列順に検出する必要がある。

図6に検出手法のフローを示す。力の重心位置はその計算式の性質より、片足だけデバイスについている場合と両足共にデバイスについている場合とでは検出する値が異なる。片足だけデバイスについている場合は、その足がデバイスに加える力の重心位置を示す。また、両足共にデバイスについている場合は、体全体がデバイスに加える力の重心位置を示す。この値の異なりは、片足がついている状態から両足共にデバイスに状態に移行する場合、あるいはその逆の場合に急激な値の変化を生むと考えられ、その前後にそれぞれの足が着いた位置を示す力の重心位置が検出されていると考えられる。そこで本手法は、デバイスが算出した力の重心位置が急激に変化した値を観測することで、歩行動作時に足を付いた点を検出する。このように検出した足の点を直線に近似することによって、歩行動作の動線を導出する。

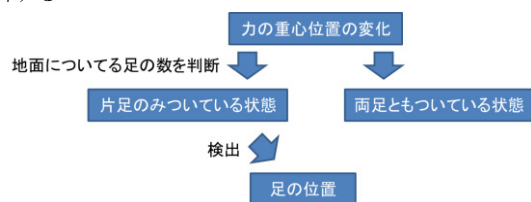


図6 足を付いた点の検出手法のフロー

Figure 6 A flow of method detects points soles fit the device

4.3.2 足の向き算出手法

力センサを用いたデバイスから足の向きを算出手法を図7に、その手法のフローを図8に示す。図7の2つの座標 (X_0, Y_0) と (X_1, Y_1) はそれぞれ歩行動作時に利用者の足がデバイスに着いた時に得られる力の重心位置の始点と終点である。この2つの座標の差分を計算し、移動ベクトルを算出することで、歩行動作時の足の向きを移動ベクトルとデバイスのGY軸とのなす角度 θ として算出できる。また、 θ は式(3)に示す計算式で算出できる。

$$\theta = \tan^{-1}\{(X_1 - X_0) / (Y_1 - Y_0)\} \quad \cdots (3)$$

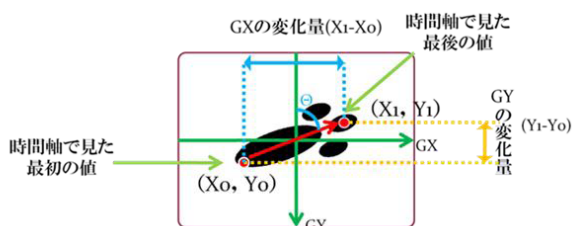


図7 足の向きの角度算出方法の概要

Figure 7 Outline method calculates sole's slant

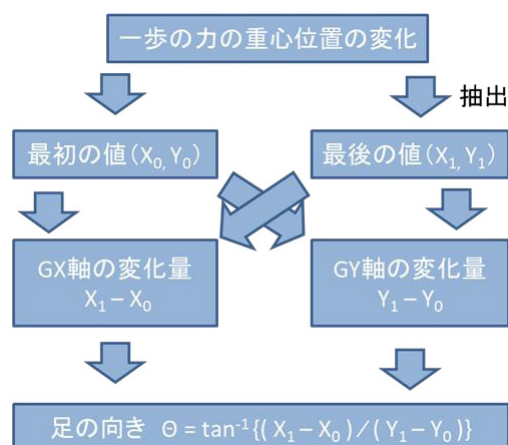


図8 足の向きの角度算出方法のフロー

Figure 8 A flow of method calculates sole's slant

このように算出した足の向きと、前節で述べた検出した足の位置と合わせて、移動方向を考慮した歩行動作の動線を導出する。そして導出した動線から、入退室動作を認識する。

4.3.3 歩行動作からの利用者の特定手法

本節では、歩行動作を利用して、利用者が入退室したことをどのように特定するか、その特定手法について述べる。

本手法は、利用者に負担をかけないため、人物の特定に利用する特徴は入退室判定を行う際に利用した歩行動作時のデータから抽出する。力センサを用いたデバイスは、荷重や力の重心位置、時刻情報などを計測できるため、これらを利用して、利用者の体重や歩幅、歩行動作の速さなどの特徴を抽出する。また、この特徴を利用して、分類器を用いて機械学習を行うことで利用者を推定する。分類器を利用する際には、複数のアルゴリズムを比較し、最適なアルゴリズムを選択する。そして、この分類器を利用して歩行動作を行った人物を分類する。

5章では、本手法により利用者を特定できるかを確かめるための実験を行う。実験では、力センサを利用したデバイス上で歩行して、抽出した特徴と各アルゴリズムを用いて人物を分類し、分類結果より人物を特定できるかを評価する。実験における、分類器の試作とアルゴリズムの比較には Weka version3.6 [4]を利用する。

5. 実験と評価

4章で試作したデバイスを用いて歩行動作を観測し、利用者が歩行動作中に足を付いた点を求める実験、利用者の歩行動作中の足の向きを求める実験、歩行動作を行った利用者を特定する実験を行い、それぞれの結果を評価した。

5.1 足を付いた点検出実験

本節では利用者が歩行動作中に足を付いた位置を検出できるか確認するために実験を行った。被験者は図9に示す位置を踏むように歩行動作を行う。図10に示した通り、

実験ではパネルを2つ用いて作成したデバイスを利用し、被験者はデバイス上の3点に足を付いて2歩で歩行する。実験より得られたデータから、足を付いた位置を検出する。

図10に5.2節で行った実験より得られた力の重心位置の変化を示す。図10をみると力の重心位置を表したデータが密になっている部分と、疎になっている部分が存在する。データが密である箇所の点の数とデバイス上を歩いた際に足を付いた点の数が一致しており、その位置が実験で決めた歩行動作中に足を付く位置と一致していることから、点が密になっている部分が人の歩行動作中でデバイスに足を着いた位置であると考えられる。1つのパネルに片足だけついている場合に、もう1つの足が乗るとパネルの検出する力の重心の位置が急激に変化し、また両足が付いている場合に、1つの足が離れると力の重心の位置が急激に変化すると考えられる。

この結果から、本稿の在室情報管理手法が、歩行動作から足の位置を検知でき、歩行動作の動線を抽出する際に利用できることが分かる。また、歩幅などの足の着いた位置に関する特徴を抽出できることが分かる。

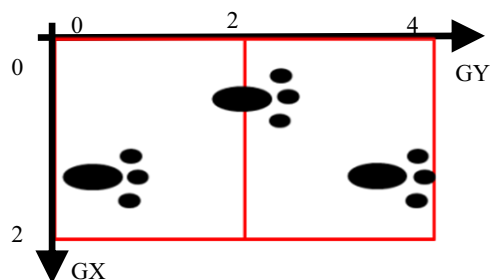


図9 足を付いた点検出実験の様子

Figure 9 The situation of examination detects sole positions.

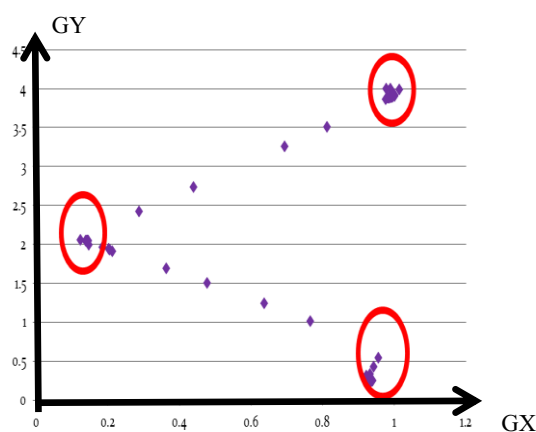


図10 足を付いた点検出実験の結果

Figure 10 Result of the examination detects sole positions.

5.2 足の向き算出実験概要

本節では、力の重心位置からデバイスに対する足の向きをどの程度正確に算出できるか確認するために、実験を行った。実験には3.3節で製作したパネル1枚を使用する。

被験者は図11に示すように製作したパネルのGY軸に対して0度、30度、60度、90度の4つの方向で歩行する。そして、被験者はパネルの中心を通過する際に片足でパネルを踏み超えて通過する。実験より得られたデータから力の重心位置を算出し、歩行動作中の足の向きを算出する。

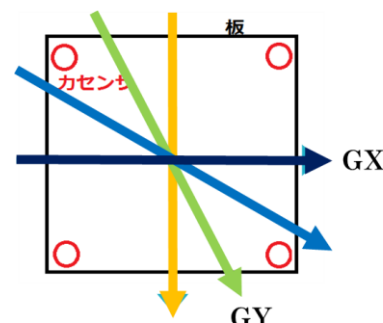


図11 足の向き算出実験の進行方向

Figure11 Situation of examination calculates sole's slant.

4.3節で行った実験における全ての歩行動作について足の向きの角度を算出した結果を表1にまとめた。表1より、各角度とその平均のずれは10度未満であることが分かる。また、各角度の標準偏差も10度以内であることから、歩行動作からおおよその足の角度を算出可能であることが分かった。

この結果から、本在室情報管理手法が人の歩行動作の動線を抽出する際に、足の向きを考慮できることがわかる。

表1 足の向きの角度算出結果

Table1 Result of examination calculates sole's slant.

	0度	30度	60度	90度
平均(度)	-0.807	35.263	62.952	89.950
標準偏差(度)	6.623	7.642	9.337	9.493
標本数(回)	100	100	100	100

5.3 歩行動作を行った利用者の特定実験概要

実験の概要を図12に示す。被験者7名は床に設置されたデバイスの上を2歩で歩行する。その際、図12に示す通り、1つのパネルに対して片足のみを接地するように歩行する。また、2つ矢印で示した方向への歩行動作をそれぞれ入室動作と退室動作に見立て、往復25回、計50回行った。

この実験から得られるデータを基に、歩行者の体重や、歩行者の歩幅、足のサイズ、歩く速さに影響を受ける値を特徴量として抽出する。そしてこれらの特徴量を用いて機械学習を行い、人物特定を試みた。

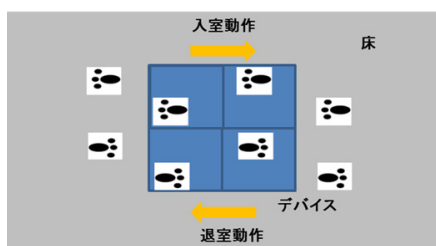


図 12 利用者の特定実験の概要

Figure 12 The situation of examination identifies examinee.

5.3.1 荷重を用いた利用者の特定

利用者の体重に影響を受ける値として、各々のパネルにかかる荷重の最大値 W_p と、デバイス全体にかかる荷重の最大値 W_s を抽出した。また、7 人の被験者 a, b, c, d, e, f, g の体重と W_s の 50 歩分の平均と W_p の 50 歩分の平均を表 2 と図 13 に示す。図 13 から体重とそれぞれの値に相関関係があることがわかるため、 W_s や W_p の値を用いて人物の特定を行えると考えられる。

また、 W_s と W_p 3 つの組み合わせを特徴量として用いて 3 つの分類器、J48, IBk, SMO, を利用して 5 分割交差検定し、被験者を分類した結果を表 3 に示す。表 3 からどの特徴量を用いても、J48 を分類器とした場合に、最も良い正答率を得られたことがわかる。このことから、以降の人物特定を行う実験では J48 アルゴリズムを利用する。さらに、人物推定の正答率が 60% 程度であることから、荷重は人物を特定するための特徴量としては効果的であるが、十分でないことがわかる。

表 2 被験者の体重と計測された平均値

Table 2 Weight and force sensor's value of each examinees

被験者	体重(kg)	W_s 平均	W_p 平均
a	58	679.73	544.55
b	72	946.32	739.86
c	61	801.88	599.41
d	60	691.92	570.2
e	72	884.56	669.27
f	65	849.01	651.48
g	65	837.73	686.17

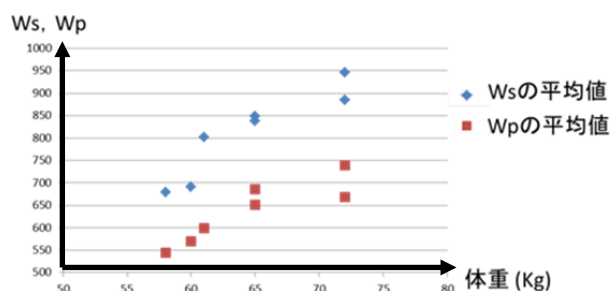
図 13 被験者ごとの W_p , W_s の平均Figure 13 Average of W_p and W_s every examinee.

表 3 荷重の値のみを用いた分類結果

Table 3 Result of classification by force features.

分類器	7 人を分類したときの正答率の平均(%)		
	W_s	W_p	$W_s + W_p$
J48	30.6	62.9	69.4
Ibk	26.0	55.4	57.7
SMO	30.6	61.4	60.6

5.3.2 特徴量を追加した利用者の特定

本節では、人物推定の正答率を上げるために、前節で行った 3 つの特徴量に他の特徴量を加えて分類を行った。実験で得たデータから算出した特徴量を表 4 に示す。表 4 の 6 つの特徴量 l_{f1} , l_{f2} , l_s , t_1 , t_2 , t_s を加えて分類を行った。アルゴリズムは、前節の結果で最も良い結果を示した J48 を使用し、5 分割交差検定した。分類した結果を表 5 に示す。表 5 から、人物特定の正答率が、前節の推定結果よりどの場合でも上昇していることがわかる。この結果は、新たに加えた特徴量が人物推定に対して効果的であったことを示す。表 5 において最も正答率が良い W_p と表 4 の特徴量を用いた推定結果の各被験者に対する人物推定結果を表 6 に示す。表 6 の縦項目は被験者を表し、横項目は分類結果を示す。具体的には、表 6 の 2 行 3 列に格納された数字は被験者 a を被験者 b であると分類した数を示す。この結果から、どの被験者に対する正答率も 70% を超え、全体での正答率も 80% を超える結果となった。

また、表 2 と表 6 を比較してみると被験者 f, g はお互いに近い体重であり、計測される荷重も近い値であるのに対し、f を g と間違えたことがないことが分かる。このことは、人物特定の際に追加した 8 つの特徴量の有効性を示す。

これらの結果から、人物毎に正答率は異なるが、歩行動作から人物を特定できることが分かった。

表 4 デバイスから取得できる特徴量

Table 4 Feature extracted from the device

特徴量	記号
両足の裏の大きさ	l_{f1} , l_{f2}
足の歩幅の長さ	l_s
それぞれの足が乗っている時間	t_1 , t_2
両足が乗っている時間	t_s

表 5 特徴量を加えた場合の分類結果

Table 5 Result of classification by all features.

分類器	7 人を分類したときの正答率の平均(%)		
	W_s +上記	W_p +上記	$W_s + W_p$ +上記
J48	70.6	83.0	82.6

表 6 Wp に特徴量を加えた場合の詳細な分類結果

Table 6 Detail of the classification's result for Wp.

	a	b	c	d	e	f	g	正答率(%)
a	48	0	0	0	0	2	0	96
b	0	35	8	6	1	0	0	70
c	0	7	39	3	0	1	0	78
d	0	8	6	35	1	0	0	70
e	0	3	1	0	40	2	4	80
f	0	0	0	0	0	50	0	100
g	0	0	0	0	3	3	44	88
正答率								約 83.0 %

タス環境での利用者コンテキスト推定手法”，日本データベース学会論文誌，Vol.6, No.3, pp.13-16, (2007).

7) Yasuhiro Shoji, Akitoshi Itai and Hiroshi Yasukawa, “Personal Identification Using Footstep Detection in In-Door Enviroment,” IEICE Trans. Fundamentals, vol. e88-a, no. 8, pp.2072-2077 Aug. 2005

8) Constantine L. Kotropoulos, Anastasios Tefas and Ioannis Pitas, “Frontal Face Authentication Using Discriminating Grids with Morphological Feature Vectors,” *IEEE Transaction on Multimedia*, vol. 2, no. 1, pp.14-26, Mar. 2000

9) Oliver Woodman and Robert Harle, “Pedestrian Localisation for Indoor Environments,” *In Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp)*, pp. 114-12, Sep. 2008,

10) Aha, D., and D. Kibler (1991) "Instance-based learning algorithms", *Machine Learning*, vol.6, pp. 37-66

6. おわりに

本稿では、使用者に負担をかけずに在室情報管理システムを構築するために、力センサを用いて歩行動作を観測するデバイスを試作した。そして試作したデバイスを利用して、歩行動作から利用者がデバイス上で足を付いた点の抽出、その足の向き、歩行速度、利用者を推定する実験を行った。その実験結果から、歩行動作時に足の着いた位置が抽出でき、その足の位置が算出できることが分かった。このことから、システムの利用者が行った入退室動作を認識できることが分かった。また、被験者との体重と関係のある特徴量 Wp が利用者の特定に対して、有効であることが分かった。加えて、Wp を使った推定に利用者の歩幅や、デバイスに足が乗っている時間などの特徴量を追加することで、人物推定の正答率を向上させることに成功した。

今後の課題としては、人物の推定においては推定の正答率を上げること、推定できる人数を増やすこと、複数人が同時にデバイス上を歩行した場合に正常に動作させること、不特定の人物がデバイス上を歩行したときに、不特定の人物であると認知できることが挙げられる。また、実験を利用して実現したシステムの要素を統合し、在室情報管理システムを完成させることが挙げられる。

参考文献

- 1) 小林 光, 田中 章浩, 木下 健太郎, 岸田 悟, “声紋による個人認証システムの構築”, 電子情報通信学会技術研究報告, 108, 480 (2009).
- 2) 杉森 大輔, 岩本 健嗣, 松本 三千人, “3 軸加速度センサを用いた歩行者推定に関する研究”, 電子情報通信学第 4 回 HPB 研究会予稿集, (2010).
- 3) 堀 隆之, 大谷 淳, 榎沢 順 “テンソル分解に基づく人物の歩行動作を用いた個人認証”, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 108(363), pp.87-92, 2008.
- 4) Weka 3 Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/index.html>
- 5) 太田 直哉, 木山 真伸, 吉川 健一, “2 台のカメラを用いた歩行者の検出・同定”, 情報処理学会論文誌 44(10), pp.2459-2468, (2003)
- 6) 猿田 芳郎, 富井 尚志, “加速度センサと RFID を用いたユビキ