

M-009

ユビキタス空間における在室管理システム的设计・実装 Design and Make System of a Management Existing Conditions in Ubiquitous Spatial

室谷 将希† Masaki Murotani 岩本 健嗣‡ Takeshi Iwamoto 松本 三千人‡ Michito Matsumoto

1. はじめに

在室管理システムとは、オフィスやリビングなどの空間に在室している人数や、入退室した人物という在室情報を管理するシステムである。この在室情報を利用すると、在室している人数に合わせた空調の管理など、状況に応じたサービスを提供できる。従来の在室管理システムを運用する手段として、ICカードやタイムカードなどを用いるが、いずれの手段も使用者に意識的な動作を強い、使用者の負担となる。そこで、本稿は自動で在室情報を更新することで、使用者に負担をかけない在室管理システムを構築する。

2. 目的

使用者に負担をかけない在室管理システムを構築するためには、部屋にいる人数や入退室した人物などの在室情報を自動で更新する必要がある。本稿は、これらの在室情報を更新するために、床に設置した力センサから、人の歩行動作を検出し、在室情報の変化を判断するハードウェアを製作した。また、製作したハードウェアを用いて取得したデータから、入退室動作を行った人物を特定するために、分類器による人物推定を行い、推定結果を評価した。

3. ハードウェアの実装

本稿では、歩行動作を観測するため、力センサを用いてパネルを製作した。図1に製作したパネルを示す。このパネルは、パネルの四隅に設置された力センサの値を使用し、式(1)、(2)を用いることで、パネルにかかる荷重の重心位置(x, y)を出力できる。しかし、このパネルは50cm×50cmの大きさしかないため、歩幅が60cmほどある人の歩行動作を十分に観測することはできない。そこで、このパネルを4つ組み合わせたハードウェアを作成することで、100cm×100cmの範囲の歩行時の足の位置を検出することを可能とした。このハードウェアを図2に示す。

$$x = (-tl - bl + tr + br) / (tl + bl + tr + br) \dots (1)$$

$$y = (-tl - tr + bl + br) / (tl + bl + tr + br) \dots (2)$$

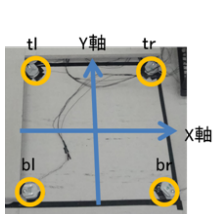


図1 製作したパネル

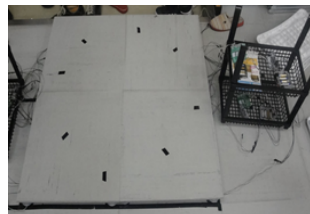


図2 製作したハードウェア

4. 人物推定

本章では、入退室動作から人物推定を行うために、データマイニングツール Weka を用いて、歩行者の分類を行った。また、分類に必要な特徴量を抽出するために実験を行った。

4.1 実験内容

実験の概要を図3に示す。被験者7名は図3のように床に設置されたハードウェアの上を2歩で歩行する。その際図に示したように、一つのパネルに対し、片足のみ接地するように歩行し、また2つの矢印に示された方向へ歩行した。この動作を入室動作と退室動作に見立て、往復25回、計50回行った。

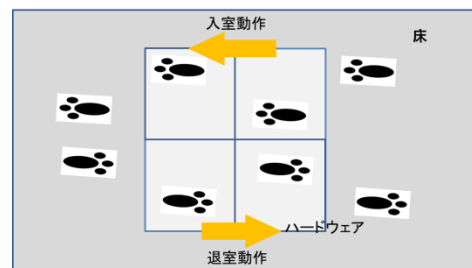


図3 ハードウェアの配置と実験の様子

4.2 荷重を用いた人物推定

製作したハードウェアは、被験者の歩行動作時に、地面に対して鉛直方向に働く荷重を計測することができる。被験者の体重がハードウェアにかかる荷重に影響を与えると推測されるため、荷重を用として、被験者の分類を行うことができると考えられる。人の歩行は2足を同時に着地している瞬間があるため、ハードウェア全体にかかる荷重の最大値を W_s とし、片足のみの荷重であるパネルにかかる荷重の最大値を W_p とした。各被験者の体重 W_s の50歩分の平均、 W_p の50歩分平均を表1に示す。また、機械学習の特徴量として W_s のみ、 W_p のみ、 W_s と W_p を用い、J48, IBk, SMO3 つの分類器で5分割交差検定し、被験者を分類した結果を表2に示す。

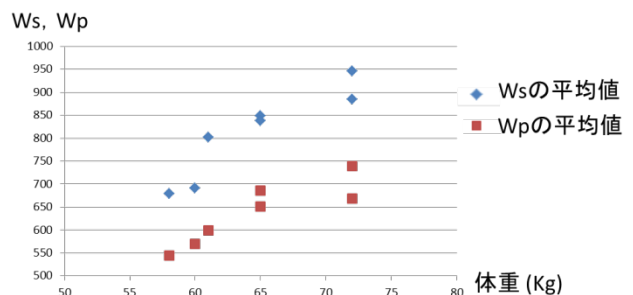


図4 被験者データ

† 富山県立大学大学院情報システム工学専攻, TPU

‡ 富山県立大学情報システム工学科, TPU

表1 分類結果

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

図4からは、体重とWsとWpの平均値に、相関があると推測できる。また、各被験者のWsとWpの平均値に違いがみられるため、WsやWpの値を用いて人物推定を行えると考えられる。

表1からはどの特徴量を用いても、J48を分類器とした場合に、一番良い正答率が得られたことわかる。さらに、人物推定の正答率が60%程度であることは、荷重を人物推定の際の特徴量として使用することは効果的であるが、人物推定を行うためにはWstとWpだけでは十分でないことを示している。

4.3 特徴量を追加した人物推定

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2に示す。表2の6つの特徴量を加えたものを前節の結果で最も良い結果を示したJ48で5分割交差検定し、被験者を分類した。分類した結果を表3に示す。

表2 ハードウェアから取得できる特徴量

特徴量	記号
両足の裏の長さ	lf1, lf2
足の歩幅	ls
それぞれの足が乗っている時間	t1, t2
両足が乗っている時間	ts

表3 特徴量を加えた場合の分類結果

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

表3から、人物特定の正答率が、前節の推定結果のどの場合より上昇していることがわかる。この結果は、新たに用い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4において最も正答率が良いWpと表2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4に示す。表4から、どの被験者に対する正答率も70%を超えていることがわかる。また、全体での正答率も80%を超える結果となった。

表4 Wpに特徴量を加えた場合の分類結果

	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 %

5. 関連研究

人物の推定には様々な方法が考えられ、現在は人の生体情報を利用したバイOMETRICS認証の研究が盛んである。田中ら[1]は人の顔の画像を用いて人物を判定している。あらかじめ登録された顔画像を特徴量、アルゴリズムを用いて効率よくコード化することを検討し、正面と横から顔を撮影した画像を同時に使い、顔の正規化を行うことで、画像中に占める顔の大きさが異なる場合に分類能力が低下する問題を解決した。

近年では、行動的特徴を用いたバイOMETRICS認証の研究が行われており、杉森ら[2]は認証機器として大半の人が常に持ち歩いているスマートフォン(携帯電話)を使用し、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、使用者に負荷をかけない道具、動作で人物認証を行っている。

また、小林ら[3]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周波変換して得られたパワースペクトルを入力する特徴量とした。これを用いて本人認証システムを構築した場合、本人と他人の識別に高い認証精度を得ることができ、個人認証システムを構築した場合、複数の人物の識別が可能であった。人の声を用いることで、使用者に余計な道具を持たせずに、人物の推定を実現している。

6. おわりに

本稿では、使用者に負担をかけずに在室管理システムを構築するために、力センサを用いて、歩行動作からの人物を推定する実験を行った。その実験結果から、被験者との体重と関係のある特徴量Wpが人物の推定に対して、ある程度有効であることが判明した。また、Wp以外にも被験者の歩幅や、ハードウェアに足が乗っている時間などの特徴量を使用することで、人物推定の正答率を改善することに成功した。

今後の課題としては人物の推定に関しては、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、不特定の人物がハードウェア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、今回行った実験では、被験者は足が一つのパネルにのみ乗るように歩行したため、複数パネルにまたがって足を乗せた場合にも推定を行えるようにする必要がある。さらに、在室管理を行うために、ハードウェア上の歩行の方向を推定することや、リアルタイムで動作させ、推定や処理にかかる時間などを検証する必要がある。

参考文献

- [1] 田中 康博, 目加田 慶人, 春日 正男, 吉川 博晴, “正面顔と横顔を使用した人物同定について”, 映像情報メディア学会技術報告, 24, 60 (2000).
- [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] 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).