

情報提示のためのフロアセンサを利用した姿勢推定手法

Posture Estimation using Floor Sensors for Information Presentation

中澤 昌美*
Masami Nakazawa

池田 和史*
Kazushi Ikeda

服部 元*
Gen Hattori

滝嶋 康弘*
Yasuhiro Takishima

* KDDI研究所
KDDI R&D Laboratories, Inc.

We have conducted a study on methods for estimating human actions in their homes. Many methods for human behavior recognition exist that use dynamic picture images. However, these methods face the problem that people feel uncomfortable having their video taken by camera or wearing accelerometers and gyroscopes. Therefore, we propose a method using floor sensors. It can collect human posture data without invading privacy. The main feature of our method is the detection of the absence of movement to estimate the posture. Our proposed method can estimate three static postures: standing, sitting and lying, using only floor sensor information. We evaluate the accuracy for estimating the three postures, detecting whether the user is moving, and for estimating the user's posture. The result, we find that the accuracy of the detection of static posture and especially the estimation of lying is high.

1. はじめに

近年、生活者の状況に応じて最適な環境を提供するスマートハウスが話題となっている。家庭生活においては、テレビや PC、スマートフォン等、複数の情報表示デバイスを利用して情報を得るが、常に快適な環境でこれらのデバイスを利用できているとは限らない。例えば、テレビを視聴中に、座った状態から寝転んだ状態へと姿勢を変更し、テレビ視聴を続けるには、姿勢に負担がかかる場合がある。

著者らは家庭内における快適な情報閲覧を目指し、人の姿勢や向きに合わせた場所に情報を提示する仕組みを検討している。例えば、座った状態でテレビ視聴しているところから、寝転んだ状態に姿勢が変化したとき、ユーザの姿勢と向きに合わせてテレビの映像を天井に表示するといった利用方法を検討している(図1)。このような環境を実現するため、本稿では、検討の一部として、フロアセンサを用いてユーザの位置と姿勢を推定する手法を提案する。提案手法では、フロアセンサから取得される時系列データから、ユーザの状態(静止、非静止)を区別することにより、静止状態における高精度な姿勢推定を実現する。5名の被験者から収集した4764のセンシングデータに対し、提案手法を適用した実験を行い、高精度に姿勢推定ができることを確認した。

2. 関連研究

Liyanage らは、最新のスマートハウスとその関連技術についての調査を行っている[1]。既存の位置検出を目的とした研究には、床に RFID タグを、スリッパに IC チップを埋め込み、人物の位置を検出する手法がある[2]。スリッパには左右の向きが決まっているため、向いている方向が判定できるという特徴がある。しかし、常にスリッパを履いている必要があり、生活者への負担が大きい。屋内人物の姿勢判定の一つに、椅子に加速度センサを取り付け、着座状

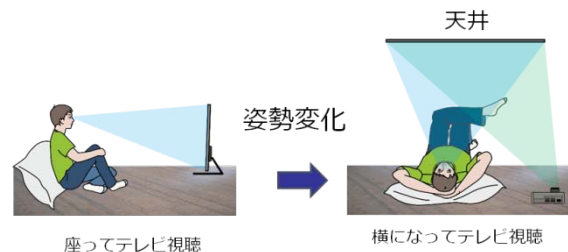


図1 利用シーンの一例

態を推定する手法がある[3]が、オフィスでの利用が前提となっているため床に座ることは想定されていない。向き推定手法には、カメラを利用して、顔を検出することで見ている方向を検出する研究がある[4]。暗いカメラ映像では、物体が重なった際のデータの分離が困難なことや、暗い場所の映像の取得が困難であることに加え、家庭内ではプライバシーの問題があるため、カメラの配置がためられる。屋内人物の位置を推定するため、人感センサを利用する手法がある[5]。人物の大体の位置を特定することは可能であるが、姿勢や向きを推定することはできない。また、加速度センサを利用する場合は、センサを常備しておく必要があるが、身に付けることは煩わしいという問題がある。2つのカメラと depth-finding sensor が搭載された Kinect と tri-axial, gyroscopes, accelerometers and magnet meters が搭載された Orient-4 device を利用して、屋内での人の歩行、早い歩行、走行、ターンを含む歩行、ターンを含む走行の行動を推定する手法を提案している[6]。[7]、[8]も加速度センサを利用して人物の行動を認識するものである。しかし、本稿の目的は情報提示であり、人物の動きではなく姿勢を検出するため、目的が異なる。

そこで本研究では、定常的にデータの収集が可能で、プライバシーや身に付ける煩わしさなど、ユーザへの負担が少ない方法でデータを収集することができるフロアセンサを利用し、屋内人物の静止及び位置の検出と姿勢を推定する手法を提案する。

連絡先: 中澤 昌美, 株式会社KDDI研究所, 埼玉県ふじみ野市大原 2-1-15, 電話番号 049-278-7652, Fax 番号 049-278-7510, メールアドレス ms-nakazawa@kddilabs.jp

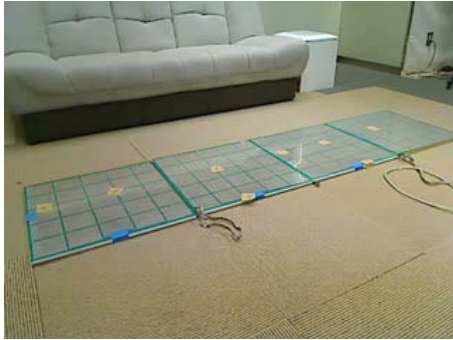


図2 フロアセンサ

姿勢	センシングデータ	カメラ1	カメラ2
立位			
姿勢変化			
座位			
臥位			

図3 立位, 状態変化, 座位, 臥位の各センサデータ例とその時のユーザの姿勢を2台のカメラから撮影した画像

3. フロアセンサ

本稿の実験において、株式会社ヴィストン社のセンサフロアシステム「VS-SS-SF55」[9]を使用した。モジュールは50cm角のタイル状センサで、10cm角の感圧部分の圧力が200～250g/cm²以上のときONとなる。データ取得のレスポンス速度は1枚あたり1.67msと高速である。実験では、図2のように4枚のタイルを縦長に繋げて利用した。実験中は、センサの上にカーペットを敷き、被験者がセンサ上に乗っていることが気にならないようにした。センサ上に立った状態(立位)、状態変化、座った状態(座位)、寝転んだ状態(臥位)の各センサデータを図3に示す。使用したセンサは、センサの配置間隔が10cm単位と粗く、一定の閾値以上でないとONにならないため、体がセンサ上に乗っていても反応していない部分がある。フロアセンサデータは、感知したセンサが1つ以上変化したタイミングで収集する。その際、センシングスタートからの時間及び感知したセンサ場所の2データを取得する。

4. 提案手法

本稿では、家庭生活を対象に屋内に設置したフロアセンサデータから、その人物の静止状態及び位置の検出と姿勢を推定する手法を提案する。本稿で姿勢とは、立位、座位、臥位の3種類のいずれかの状態を2秒以上維持した状態とする。提案手法では、フロアセンサデータを利用して、(1)人物の静止検出、(2)位置検出、(3)姿勢推定のステップを実行する(図4)。情報提示は、静止姿勢時に行うため、まず静止検出ステップを

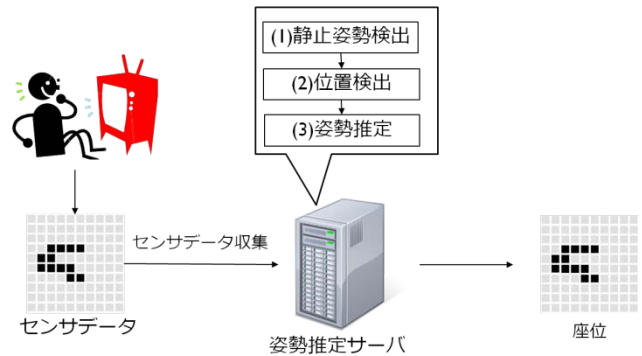


図4 提案手法の処理フロー

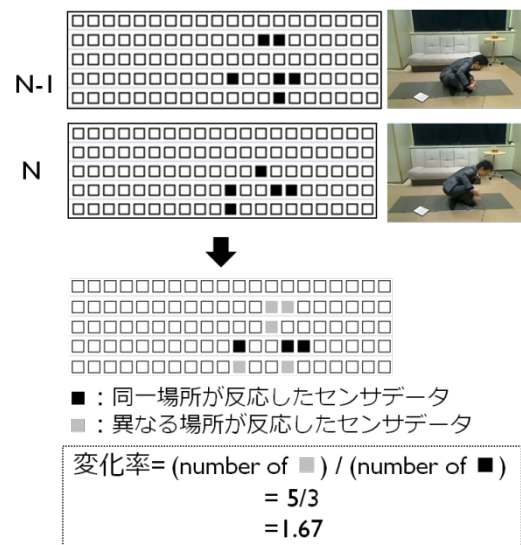


図5 変化率の算出方法

実施する。次に、静止姿勢時の位置として、重心を検出する。最後に、フロアセンサの感知データをもとに、静止姿勢時の姿勢を3姿勢の中から推定する。以降では、提案手法を詳細に説明する。

4.1 ユーザの静止状態検出

静止検出ステップでは、静止開始検出と静止終了検出の2つの検出を行う。静止開始検出では、フロアセンサの感知データを1つ前の取得データと比較し、その変化率がSS%以内であれば停滞状態として静止開始と判定する。変化率とは、1つ前の取得データと同一場所が感知した数に対する、1つ前の取得データと異なるデータ数の割合を指す。例えば、図5の場合、N-1番目のセンシングデータでは6個のセンサが、N番目では5個のセンサが感知している。2データ間で同一のセンサデータ(■)3個、異なるセンサデータ(■)は5個であるため、変化率=■/■=1.67と算出する。静止終了検出では、静止開始状態において、変化率SE%以上が2連続継続した際に停滞状態の終了として静止終了と判定する。

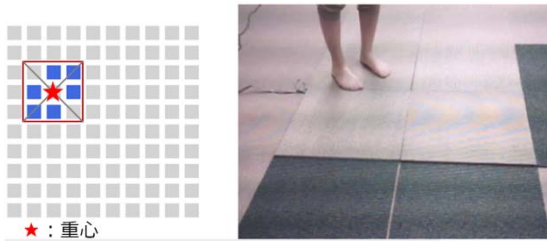


図 6 重心の算出方法

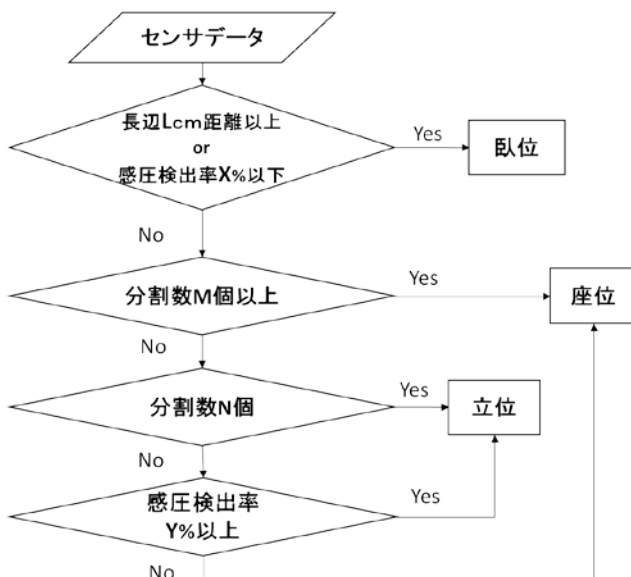


図 7 姿勢推定フロー

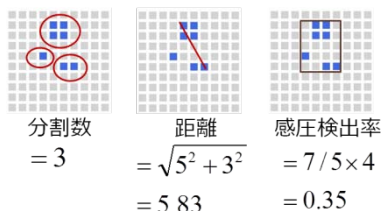


図 8 姿勢推定に利用するパラメータ

4.2 ユーザの位置検出

位置検出ステップでは、静止状態時の人物の位置を検出する。フロアセンサが反応した範囲の重心を求め、そこを人物の位置として検出する。ここでは、感知したセンサ全てを含む面積が最小の四角形を求め、その対角線の交点を重心とする(図 6)。図中の★は重心を示す。

4.3 ユーザの姿勢推定

姿勢静止開始時の姿勢推定を行う。収集したセンサデータから臥位状態、立位状態、座位状態の順に判断する。詳細な姿勢判定フローを図 7 に示す。臥位状態判定では、距離と感圧検出率の 2 つの指標を用いて判定する。距離とは、検出したセンサ範囲で最も遠い感圧検出位置の長さを測定したものとする。感圧検出率とは、感圧検出範囲のうちの ON センサの割合とする(図 8)。距離が Lcm 以上または感圧検出率 X% 以下の場合

センサデータ	カメラ1からの画像	カメラ2からの画像
<pre> ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○○○○○○○○ </pre>		

図 9 静止状態のセンサデータの例

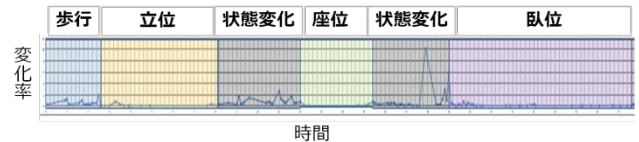


図 10 変化率の時系列グラフ

に臥位状態であると判定する。立位と座位を判定するため、2 つの指標を用いる。1 つは、検出したデータの分割数で、何箇所が床に付いているのか把握できる。例えば、立位の場合、足をくっつけていれば 1 つ、足を広げて立ってあれば 2 つに分割される。2 つ目の指標は、感圧検出率で、座位の場合、感圧検出範囲は広いが、ON のセンサ率が低い傾向がある。以上の 2 つの特徴を利用して、分割数が M 個以上の場合は座位と判定し、分割数が N 個の場合は立位と判定する。残りの場合には、感圧検出率を算出し、Y% 以上であれば立位、それ以下であれば座位と判定する。

5. 実験

5.1 実験設定

提案手法を用いた人物の姿勢推定について、身長 160～180cm、足のサイズ 25～27cm の男性 3 名と、身長 160～170cm、足のサイズ 23～24cm の女性 2 名からなる合計 5 名の被験者に対し評価実験を以下の方法で実施した。各被験者は、フロアセンサ上で様々な姿勢で数秒間静止することを繰り返す。フロアセンサに乗ってから離れるまでのデータを 5 名から全 46 件取得した。その内、静止姿勢は 149 件あった。各静止姿勢がどのような姿勢かを確認するため、同時にカメラでその様子を録画した。取得したデータの例を図 9 に示す。右がカメラで録画した映像、左がその時に取得したセンサデータ、図 10 が変化率の時系列変化をグラフ化したものである。グラフから、歩行および状態変化の非静止時はグラフの変化が大きいが、立位、座位、臥位の静止状態時にはグラフの変化が少ないことがわかる。静止検出に利用した定数は、SS=20, SE=40, 姿勢判定フローに利用した定数は、L=120, X=20, M=3, N=1, Y=40 とした。得られたセンサデータから、提案手法の姿勢静止検出手法により、静止状態を検出し、当該静止状態において、3 つの姿勢を推定した。次に、カメラ映像を見ながら、一連の動作が、静止か非静止かをラベリングした。更に静止の場合は、立位、座位、臥位のいずれであるかをラベリングし、これらのデータを正解データとして生成した。静止姿勢である立位、座位、臥位については、2 秒以上継続状態であることを条件とした。

5.2 全体の結果

静止検出と姿勢推定の両方を合わせた提案手法全体の精度結果を表 1 に示す。結果から、臥位は高精度に推定できたが、立位と座位の精度は低くなっていることがわかる。

表 1 姿勢推定の結果 (全姿勢)

	臥位	座位	立位	合計
データ数	30	56	63	149
検出データ数	19	60	78	157
正解データ数	19	34	46	99
Precision	1	0.567	0.590	0.631
Recall	0.633	0.607	0.730	0.664
F値	0.776	0.586	0.652	0.647

表 2 静止検出の結果

静止データ数	149
静止データ推定数	157
静止データ推定の正解数	135
Precision	0.860
Recall	0.906
F値	0.882

表 3 姿勢推定の精度 (静止姿勢の判定が正しいデータのみ利用した場合の精度)

	臥位	座位	立位	合計
静止データの正解数	26	52	57	135
検出数	19	52	64	135
正解データ数	19	34	46	99
Precision	1	0.654	0.719	0.733
Recall	0.731	0.654	0.807	0.733
F値	0.844	0.654	0.760	0.733

Step1 の静止検出と Step3 の姿勢推定の各精度を以下 5.3, 5.4 で示す。

5.3 Step1 の結果

静止検出のみの精度を調べるため、全てのセンシングデータに対し、静止姿勢検出を実施した結果を表 2 に示す。提案手法を適用した精度は、Precision が 0.86, Recall が 0.906, F 値は 0.882 となり、静止姿勢検出は高精度に実現できたことがわかった。

静止姿勢検出の効果を調べるため、静止判定を行わず、全てのセンシングデータに対し、4.3 を適用して姿勢推定を行った。同一の停止姿勢時において、推定結果が変化する回数が平均 2.73 回あった。この結果から、静止姿勢推定処理を行うことで、ノイズ除去が可能となった。

5.4 Step3 の結果

姿勢推定のみの精度を調べるため、静止姿勢検出が正解した 135 件に対する姿勢推定を実施した結果を表 X に示す。表 3 から、臥位に対する Precision は 1, Recall は 0.731 となり、臥位は高精度に推定できた。36 件ある誤推定の全ては、立位と座位の推定で誤っていることがわかった。誤ったデータを調べると、座位の一種である正座のセンサデータと立位のセンサデータが全く同一である場合や、体重のかかり方によって立位と座位が混同されてしまうことがわかった。この結果から、静止検出時のセンサデータのみを推定に利用せず、推定対象の 1 状

態前の状態変化の情報を利用して推定することで、姿勢推定の精度が向上すると考えられる。

6. まとめ

本稿では、家庭環境において、人物の姿勢に適応した情報提示を行うため、人物の静止姿勢検出およびその時の姿勢を推定する手法を提案した。提案手法の評価実験により、静止姿勢は高精度に検出できた。静止姿勢検出と姿勢推定を含む全体の精度は、臥位が 1.0, 座位が 0.590, 立位が 0.590, 全体の精度は 0.631 となった。

今後は、静止姿勢の前の状態変化の変化率を参考に、立位と座位の精度向上を行う。さらに、情報提示場所を決定するため、人物の向きを推定する手法を確率する。また、フロアセンサを大規模に設置し、人物の位置と向きに合った場所に情報を提示するシステムを構築していく。

参考文献

- [1][Liyanage 12] Liyanage C. De Silva, Chamin Morikawa, and Iskandar M. Petra. State of the art of smart homes. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 25, 7 (October 2012), 1313-1321.
- [2][黒川 07] 黒川 高弘, 高橋 甲介, 中西 英之, “床面 RFID センサ「インテリマット」の開発”, 情報処理学会研究報告, HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告 2007(68), 49-56
- [3][大久保 08] 大久保 雅史, 藤村 安耶, “加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案”, インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2008)
- [4][安藤 07] 安藤 慎吾, 鈴木 章, 安野 貴之, “部分遮蔽と背景変化にロバストな SVR ベースの 3 次元物体姿勢推定”, 電子情報通信学会技術研究報告, データ工学 107(114), 75-80, 2007
- [5][村尾 11] 村尾 和哉, 寺田 努, 矢野 愛, 松倉 隆一, “人感センサを用いた住宅内人物移動推定におけるセンサ配置の最適化”, 情報処理学会研究報告, 2011-MBL-59(18), 1-8
- [6][Aris 13] Aris Valtazanos, D. K. Arvind, and Subramanian Ramamoorthy. 2013. Using wearable inertial sensors for posture and position tracking in unconstrained environments through learned translation manifolds. In *Proceedings of the 12th international conference on Information processing in sensor networks (IPSN '13)*.
- [7][Karantonis 06] Karantonis, D.M.; Narayanan, M.R.; Mathie, M.; Lovell, N.H.; Celler, B.G., "Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol.10, no.1, pp.156,167, Jan. 2006, doi: 10.1109/TITB.2005.856864
- [8][Godfrey 11] A. Godfrey, A.K. Bourke, G.M. Ólaighin, P. van de Ven, J. Nelson, “Activity classification using a single chest mounted tri-axial accelerometer”, *Medical Engineering & Physics*, Volume 33, Issue 9, November 2011, Pages 1127-1135.
- [9] Vstone Co.,Ltd. sensor floor system, <http://www.vstone.co.jp/english/index.html>