

光センサレイが組み込まれた柔軟物体による着座状態推定

篠崎由貴^{†1} 古居なおみ^{†1} 杉浦裕太^{†1} 杉本麻樹^{†1}

概要: 日常生活で着座する機会は多く、体に負荷の少ない着座姿勢や筋肉の活性を促す動作を提案することで健康状態の向上につながる可能性がある。そこで本研究では、ユーザの日常生活に溶け込むデバイスを用い、既存の椅子に簡単に配置することができる着座状態を推定するシステムを提案する。本システムでは座布団の内部のスポンジに光センサを組み込み、座布団の変形を計測することで着座姿勢の識別を行う。本稿では座布団型のデバイスを試作し、複数の着座姿勢の状態推定を行った。

Seating State Estimation by a Soft Object with Photo Sensor Array

YUKI SHINOZAKI^{†1} NAOMI FURUI^{†1}
YUTA SUGIURA^{†1} MAKI SUGIMOTO^{†1}

Abstract: Sitting on chairs is very common in daily life. We think that encouraging to sit with a low-burden posture or to move the muscles may improve health condition. We propose a system to estimate the seating state, which can easily be placed onto existing chair using a device that blends into user's daily life. Our system estimates the sitting posture by measuring the shape deformation of a cushion using photo sensors incorporated into the sponge of the cushion. We have implemented a prototype of the device to estimate the seating state.

1. はじめに

自宅・会社でのデスクワークや車の運転など日常生活の中で人々が椅子に座る機会は多い。長時間の着座は筋肉や背骨への負荷がかかり、肩の凝りや背骨の硬化を引き起こす。よって、着座姿勢を識別し、体への負荷が少ない姿勢および筋肉の活性を促す動作の提案は健康状態やパフォーマンスの向上につながる可能性がある。

人間の姿勢を計測する方法として、ユーザを環境に設置されたカメラで取得する方法がある[1]。これらは特別な椅子を用意することなく姿勢計測ができる一方、遮蔽の影響や計測できる環境が限定される。これを解決する方法として椅子にセンサシステムを装着してユーザの姿勢を計測する方法がある[2][3]。これらは着座中の姿勢が推定できるが、一方でセンサ装着の手間やセンサ付きの椅子を購入する必要がある。

そこで本研究では、ユーザの日常生活に溶け込むデバイスを用い、既存の椅子に簡単に配置でき、着座状態を推定するシステムの開発を目的とする。

2. 実装

2.1 原理

提案手法では、フォトリフレクタを座布団の内側のスポンジに取り付け、スポンジとセンサの距離 d の変化を計測

することで、座布団の変形を検知する(図1)。開発したデバイスの内部を図2に示す。デバイスはフォトリフレクタ49個(コーデンシ製 SG-105)とマイクロコントローラ2個(Arduino Pro Mini)で構成されている。スポンジに7×7の格子状にフォトリフレクタを60mm置きに設置した(図2)。各センサの周りにはスポンジが直接密着しないように、厚さ6mmの樹脂製パッドを貼ってある。座布団の向きを図2の向きに固定した場合に左上から縦方向に順にナンバリングし、S1~S24のフォトリフレクタ、S25~S49のフォトリフレクタをそれぞれ別々のマイクロコントローラに接続させ、シリアル通信で同時に値を同時に読み込むようにした。このフォトリフレクタ群の上に別のスポンジを乗せ、座布団のカバーの中に入れた(図3)。これに着座すると内部のスポンジが圧迫され変形する。その際のフォトリフレクタと下スポンジの距離の変化をセンサ値として読み込む。

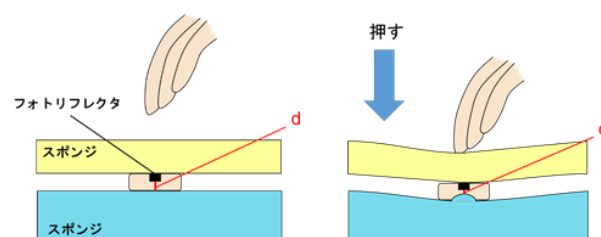


図1 座布団内部に組み込んだ光センサによるセンシングの原理

Figure 1 Sensing principle using photo sensors incorporated inside a cushion

^{†1} 慶應義塾大学
Keio University

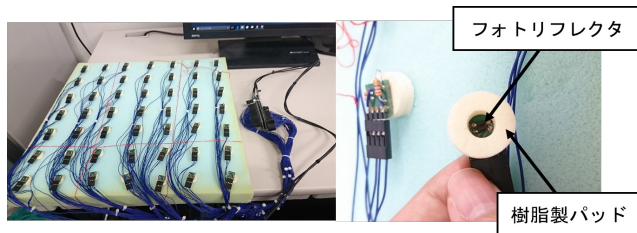


図 2 センサを設置した座布団内部の様子
Figure 2 The inner part of the cushion with sensors



図 3 座布団型デバイス
Figure 3 Cushion type device

2.2 センサ値の取得

座布団を圧迫していない状態の各センサのデータを可視化したものと、写真に示す姿勢で人が座布団に着座した状態を可視化したものを図 4 に示す。センサ値が大きく変化することによって対応する円の大きさが大きく、色が青から緑、赤に変化する表示にした。センサ値の変化により、着座によって座布団が圧迫された部分はスポンジと該当センサの距離が変化していることがわかる。これにより人が着座しているという状態を検出できると考えられる。また着座状態の変化によって座布団に力が加わる部分が変化するため、着座姿勢の識別が可能だと考えられる。

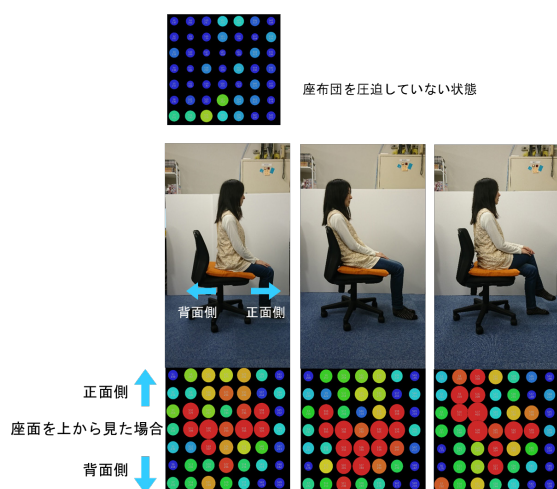


図 4 センサデータ:座布団を圧迫していない状態 (上), 座布団に人が着座した状態 (下)

Figure 4 The visualized data from sensors: no object on the cushion (above), a person sitting on the cushion (below).

2.3 着座状態推定

ホスト PC 上のソフトウェアでは取得したセンサ値から着座状態の推定を行う。推定方法として教師あり学習の一つである Support Vector Machine (SVM)を用いた。また実装には PSVM: Support Vector Machine for Processing (PSVM)¹ ライブラリを使用した。座布団型デバイスを一般的な肘置きのないオフィスチェアの上に設置して実験を行った。本実験で用いた、日常生活で典型的にとられると考えられる 9 種類の姿勢と座布団に誰も座っていない状態の計 10 種類の状態を表 1 に示す。これらの姿勢は Tan らが用いた (誰も座っていない状態を含まない) 10 種類の姿勢[4]や紙谷ら[5]の 9 種類の姿勢を参考としている。10 種類の状態のデータを取得するのを 1 試行とし、5 試行行う。1 つの状態に対し 10 回センサデータを取得する。今回の実験では被験者は 1 人 (153cm, 42kg) である。よって合計データ数は 1 人 × 10 種類 × 5 試行 × 10 回 = 500 となる。このデータで事前学習を行い、学習後は同様の状態をとることで状態の分類ができるかどうかを確認した。各姿勢と圧力の分布を図 5 に示す。実験では誰も座っていない状態のセンサ値を取得し、その状態のセンサ値を 0 となるように表示のみ変更したため、図 5 には 9 種類の圧力分布を掲載している。

データを 1 試行分と 4 試行分に分割し、1 試行分をテストデータ、4 試行分を学習データとして識別率を算出した。識別結果を図 6 に示す。平均識別率は 98% となった。この結果より、左足を上にして組んだ姿勢と右に傾いた姿勢で混同が起こっていることがわかる。この二つの姿勢では座布団の中心部分と右上部が圧迫される傾向があるためだと考えられる。

表 1 識別する状態の種類

Table 1 Variation of sitting postures

状態の名称	略称	Name of State
誰も座っていない状態	座っていない	No one seated
通常姿勢	通常	Seated Upright
前傾姿勢 (前かがみの姿勢)	前傾	Leaning Forward (Slouching)
後ろに寄り掛かった姿勢	後ろ	Leaning Back
左に傾いた姿勢	左傾	Leaning Left
右に傾いた姿勢	右傾	Leaning Right
右足を上にして組んだ姿勢	右足を組む	Right Leg Crossed
左足を上にして組んだ姿勢	左足を組む	Left Leg Crossed
右足を上にして組み左に傾いた姿勢	右足 + 左傾	Leaning Left with Right Leg Crossed
左足を上にして組み右に傾いた姿勢	左足 + 右傾	Leaning Right with Left Leg Crossed

¹ <http://makematics.com/code/psvm/>

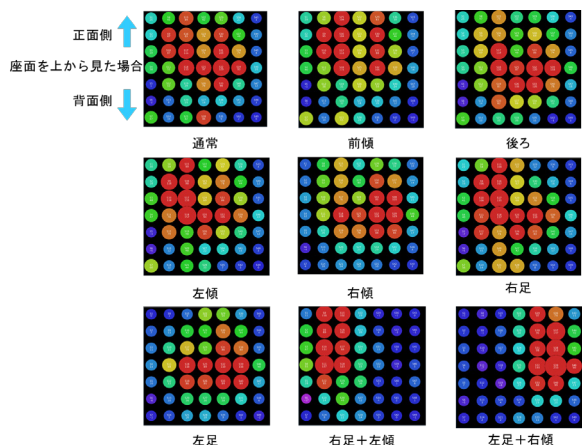


図 5 姿勢とセンサの圧力分布

Figure 5 Posture and sensor pressure distribution

結果 入力	座っていない	通常	前傾	後ろ	左傾	右傾	右足を組む	左足を組む	右足+左傾	左足+右傾
座っていない	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
通常	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
前傾	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
後ろ	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
左傾	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
右傾	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
右足を組む	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
左足を組む	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	80.0	0.0	0.0
右足+左傾	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
左足+右傾	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

図 6 識別結果 (%)

Figure 6 Result of posture estimation

3. おわりに

本研究では、光センサを組み込んだ座布団型のデバイスを用いることで、既存の椅子に簡便に配置することができる着座状態推定システムを提案し、試作した。今後はより安定してセンサ値が取得できるようなセンサの配置や固定方法を探り、ハードウェアの改善を図る。そして被験者の数を増やして着座状態の精度評価実験を実施する。さらに本システムを用いたアプリケーションを設計し、応用の可能性について検討を行うことも今後の課題である。

参考文献

[1] Stefano Pellegrini and Luca Iocchi. Human posture tracking and classification through stereo vision and 3D model matching. 2008. Journal on Image and Video Processing - Anthropocentric Video Analysis: Tools and Applications Volume 2008, Article No. 7.

Hindawi Publishing Corp. New York, NY, United States, doi:10.1155/2008/476151

[2] Bilge Mutlu, Andreas Krause, Jodi Forlizzi, Carlos Guestrin, and Jessica Hodgins. 2007. Robust, low-cost, non-intrusive sensing and recognition of seated postures. In Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '07). ACM, New York, NY, USA, 149-158.

[3] Michael Haller, Christoph Richter, Peter Brandl, Sabine Gross, Gerold Schossleitner, Andreas Schrempf, Hideaki Nii, Maki Sugimoto, and Masahiko Inami. 2011. Finding the right way for interrupting people improving their sitting posture. In Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part II (INTERACT'11). Pedro Campos, Nuno Nunes, Nicholas Graham, Joaquim Jorge, Philippe Palanque, and Marco Winckler (Eds.), Vol. Part II. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1-17.

[4] Hong Z. Tan, Lynne A. Slivovsky, Student Member, IEEE, and Alex Pentland. 2001. A sensing chair using pressure distribution sensors. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Volume 6, Issue 3, 261 – 268.

[5] 紙谷一啓, 工藤峰一, 野中秀俊, 外山淳. 圧力センサを用いた着席者の姿勢識別に関する研究. 電子情報通信学会技術研究報告, USN, ユビキタス・センサネットワーク : IEICE technical report 107(152), 41-46. 2007.