

光センサ群搭載ベルトによる装着者の着座姿勢識別手法

正井 克俊^{1,a)} 杉浦 裕太¹ 杉本 麻樹¹

概要: 反射型光センサをとりつけたベルトによる着座姿勢の識別手法を提案する。本研究で用いた反射型光センサは、照射した赤外光の反射強度から、微妙な距離の変化を計測することが可能である。ベルトにとりつけた光センサとズボンなどの衣服との距離関係は、骨盤の動きによって変化することを確認した。この変化に応じたセンサ値に対して機械学習を用いることで、着座時の状態を識別可能か確かめた。

The method to classify a sitting posture by a belt with optical sensors

MASAI KATSUTOSHI^{1,a)} SUGIURA YUTA¹ SUGIMOTO MAKI¹

Abstract: We propose a method to distinguish the sitting posture of the wearer by the optical-sensors-embedded belt. The optical sensors we used can measure a subtle distance change from an object through the reflected intensity of irradiated infrared light. We confirmed that the distance changes between the optical sensors attached to the belt and the clothes such as trousers depending on the movement of the pelvis. By applying machine learning method to the sensor values corresponding to this change, we can estimate the sitting state of the wearer.

1. はじめに

近年、コンピュータの小型化やセンシング技術の向上に伴い、ウェアラブルデバイスを用いた人間行動の計測が注目されている。ウェアラブルデバイスを用いる利点は、日常的生活の中での長時間の計測が可能であること、外的環境にとらわれずに計測ができることなどである。本稿では、ウェアラブルデバイスによる姿勢計測について述べる。

正しい姿勢は健康の基本である。特に、現代人の多くはオフィスや学校において着席した状態で生活する時間が長い。着座時の悪姿勢は肩こりや腰痛の原因となると考えられている [1]。足を組むことは、腰部および骨盤の角度を変化させ、臀部への負担が増える [2] ため、悪姿勢につながる可能性もある。人間は自分の姿勢を深部感覚を通して知覚する。この感覚は無意識的に処理される傾向があり、姿勢のように長期間に渡って観察する必要がある場合はセンシング技術を用いるのが妥当な手段である。姿勢計測の手法として加速度センサを用いることが第一に考えられる



図 1 光センサ搭載ベルトによる着座姿勢識別

Fig. 1 Classification of a sitting posture by the belt with optical sensors

が、着座時の上半身の状態と下半身の状態を計測するためには多様な場所にセンサを取り付ける必要があるため簡便であるとは言えない。また、センサを取り付けるために新たなものを装着するのはなかなか日常行動に定着し難いと考えられる。そこで、本研究では、日常で使用されるベルトにセンサ群をとりつけ、装着者の姿勢を計測する (図 1)。ウェアラブル装置としてベルトを用いた推定を行なう利点として、1) ベルトはファッションなど、日常的に使うアイテムであるため日常生活に溶け込みやすく、装着者の生活

¹ 慶應義塾大学
Keio University, Yokohama, Japan
^{a)} masai@imlab.ics.keio.ac.jp

の邪魔にならない、2) センサを取り付けるのはベルトの裏側であり、他者からの目を気にせず使用可能な設計が可能である、などが挙げられる。装着者の姿勢推定には、骨盤の動きと姿勢との関係性を利用する。具体的には、光センサ群を用い、骨盤の位置に伴って変化するセンサ群から衣服までの距離を計測しセンサデータを取得する。本稿では姿勢のうち、着座姿勢に着目し、センサデータから機械学習を用いて着座時の足の状態を4状態に分別し、識別を試みる。

2. 関連研究

Xuらは着座時の重心の分散から着座姿勢を識別するクッションを提案した [3]。クッションにはテキスタイルセンサのアレイを用いた。7種類の着座状態の識別精度が79ウェアラブルデバイスによる着座姿勢計測の事例として、多数の曲げセンサを脊椎に沿って取り付けて計測する手法がある [4]。しかし、この手法は、上体の姿勢のみしか計測できず、更にセンサデバイスが生活の邪魔となりうる。我々が提案する装置はベルトと一体型であるため、装着が簡便である。また、本稿では状態の姿勢ではなく、着座時の足の状態を識別する。

3. ベルト型装置

ベルトに取り付けたセンサ群から衣服までの距離を計測することで、着座体勢を識別する。用いたセンサは反射型光センサ（コーデンシ製 SG-105）であり、赤外LEDとフォトトランジスタから構成される。照射した赤外LEDの反射強度をフォトトランジスタによって計測し、センサから衣服までの距離情報がわかる。この距離は体勢の変化や重心の動きによって変化する。取得したセンサ値はサポートベクタマシン（SVM）によって識別する。制作したプロトタイプを図2に示す。ベルトには2つのセンサから構成されるセンサユニット（図3）が図4のような位置関係で取り付けられており、これらのセンサ値はArduino Fioによって取得し、XBeeによってパソコンに無線で通信する。リチウム電池によって電源を供給し、デバイスがユーザの動きを妨げないよう設計した。また、センサと衣服の間が完全に密着すると、センサ値の変化範囲が狭くなってしまふ。そこで、ベルトにとりつけたセンサの近辺に緩衝材として用いられるスポンジを貼り付け、センサと衣服の間に遊びが出来るようにした。

4. 動作確認

ベルトに取り付けた光センサを用いて各状態におけるセンサ値を取得した。センサ値は、4状態×5試行を1セットとし3回繰り返した。1セット終わるたびに、立ち上がり、研究室を歩いた後で、着座した。着座位置は指定しなかったためセットごとに多少異なった。3セットが終わ

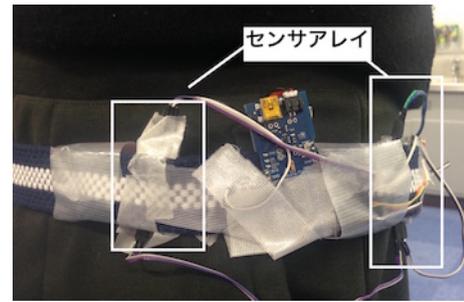


図2 光センサ搭載ベルトのプロトタイプ
Fig. 2 The belt prototype with optical sensors

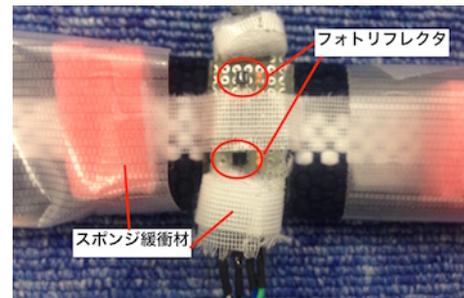


図3 センサアレイ
Fig. 3 The Sensor Array

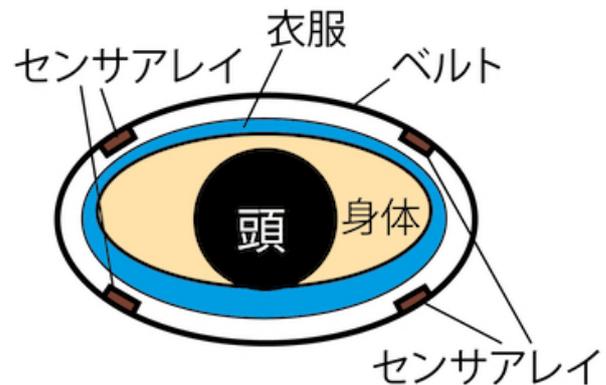


図4 センサ配置
Fig. 4 The placement of the sensors

ると、30分程度の時間を空け、また3セット分のデータを計測するというを合計3回繰り返した。取得したデータ数は合計9セット分である。一つの状態のデータを記録する試行は各4秒間であり、サンプリングレートはおおよそ52fpsであった。4秒間の間、筆者は机の上に肘を乗せたり、椅子の背もたれに寄り掛かったりランダムに重心を動かした。セット毎に平均値0分散1に正規化した後、それらのセットを一つのデータセットに結合した。合計データサンプル数は37384であった。このデータセットをランダムにシャッフルして9-fold交差検定を行った。識別器にSVM (rbfカーネル, $C = 10, \gamma = 0.001$)を用いた場合の識別率は平均で91.0%であった。識別率の低下要因と

して、ベルトが緩んだり、センサを養生テープで取り付けただため、センサの位置の固定が甘くセンサ値が大きく変動してしまったりしたことが考えられる。

5. 今後の課題と可能性について

本装置は骨盤の動きを計測することが出来る。筆者がデバイスを用いて様々な姿勢によるセンサ値を確認したところ、起立時や着座時の重心変化、着座時において足を引く、伸ばすなどの動き、足踏み、更には呼吸時の腹の動き様々な要因によって変化することがわかった。様々な要因が影響するため、どの要因による影響なのかを明らかにできるかの検証をする必要性は装着のずれや位置の変化による影響を除去するためのハードウェア/ソフトウェアの両面の改良の必要性など、今後の課題は多い。その一方で、本装置によって多様な動きを捉えることが出来れば、日常における姿勢行動の計測に有効活用できる。これらの情報と、触覚提示などの情報提示技術を組み合わせることで姿勢矯正のフィードバックの可能性を検証する。また、足の動きによるジェスチャ認識も今後検討する。

6. おわりに

本稿では、光センサ群をとりつけたベルトによる姿勢識別手法を提案した。着座体勢によって骨盤の位置が変化するが、これに伴いセンサと衣服の距離関係も変化する。この原理を利用して着座体勢ごとにセンサ値を取得しサポートベクタマシンに適用したところ、4種類の状態を91.0%で識別することができた。

謝辞 本研究は慶應義塾大学 KLL 後期博士課程研究助成金の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] M. Vergara, A. Page: Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture. *Appl Ergon.* 2002 Jan; 33(1): 18. Longman (2000).
- [2] Yu J-S, An D-H. Differences in lumbar and pelvic angles and gluteal pressure in different sitting postures. *Journal of Physical Therapy Science.* 2015;27(5):1333-1335.
- [3] W. Xu, Z. Li, M. C. Huang, N. Amini and M. Sarrafzadeh, "eCushion: An eTextile Device for Sitting Posture Monitoring, 2011 International Conference on Body Sensor Networks, Dallas, TX, 2011, pp. 194-199.
- [4] L. E. Dunne, P. Walsh, S. Hermann, B. Smyth and B. Caulfield: Wearable Monitoring of Seated Spinal Posture. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, vol. 2, no. 2, pp. 97-105, June 2008.