



照度センサを使用した四肢の動作計測手法の提案

Proposal of a limb movement measurement method using an illuminance sensor

佐藤 光流¹⁾, 堀越 力²⁾

Mitsuru Sato, Tsutomu Horikoshi

- 1) 湘南工科大学 大学院 工学研究科 (〒 251-8511 神奈川県藤沢市辻堂西海岸 1-1-25, 25t2002@sit.shonan-it.ac.jp)
2) 湘南工科大学 情報学部情報学科 (〒 251-8511 神奈川県藤沢市辻堂西海岸 1-1-25, horikoshi@info.shonan-it.ac.jp)

概要: 近年, VR のためのモーションセンシングの一つに筋電センサを利用する例がある. 筋肉の状態を計測することから, 骨格の形状変化では計測できないような動きを利用することが可能である. しかし, 筋電センサは装着が煩雑で, 計測ノイズが多いという課題がある. 本研究では筋電センサを使用せずに, 筋肉の弛緩状態を計測可能な方法を提案する. 照度センサと伸縮性の高い布を用い, 筋肉のふくらみ状態を計測する手法である. 筋肉の変形に伴い布が伸縮し, それによって布を透過する光量の変化を照度センサで捉えることで, 筋肉の弛緩状態を計測し, 身体の動きを推定するものである.

キーワード: 照度センサ, ウェアラブル, センシング

1. はじめに

バーチャル空間への入力手法として, ゲームコントローラやモーションキャプチャが広く用いられている. コントローラは多くのユーザにとって直感的な操作が可能である一方, ユーザ自身の身体動作とバーチャル空間内のアバタの動作が乖離する課題がある. 他方, モーションキャプチャはユーザの動きを直接入力するためこの乖離を解消できる.

モーションキャプチャには主に光学式, 慣性式, 機械式などがあり [1], 近年では画像認識を用いたマーカレス方式も普及している. しかし, モーションキャプチャは広い空間が必要だったり, 詳細な動きを計測できないなど各方式にそれぞれデメリットが存在する.

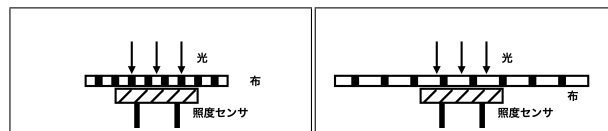
その他にユーザの動きを取得する手法として筋電センサがある. 詳細な動きを計測できる一方, 装着が煩雑というデメリットが存在する. 我々は過去に, 圧力センサを用いて身体動作を推定する手法を提案した [2]. しかし, この手法は肩部のように筋肉の構成が複雑な部位では変形を正確に捉えることが難しいという課題があった.

圧力センサのデバイスとして染谷らのゲルを用いた光学式圧力センサがある [3]. この研究では, 圧力に応じてゲルが光量の分布を変化させ, その光量の変化をフレキシブルイメージャで捉えることで圧力を計測している.

この光量の変化から圧力を計測する手法に着想を得て, 本研究では照度センサと伸縮性のある布を用いて光量の変化から体の動きを計測する手法を提案する.

本手法の計測原理を図 1 に示す. 図 1(a) は布に張力が加かっていない状態, 図 1(b) は張力によって布が引き伸ばされた状態を示している. 図中にある布の黒い部分は布を構成する繊維を示し, 光はこの繊維の間を通り抜けて下側に

設置された照度センサに届き, 照度センサは布を透過した光量を計測する. 布に張力が加わると繊維の隙間が広がり, 布を透過する光量が増加する. この光量の変化を計測することで, 筋肉の弛緩による体の変形を捉える.



(a) 布が伸びていない時 (b) 布が伸びている時

図 1: センサの動作原理

2. 提案システム概要

2.1 デバイス概要

図 2 に本システムの構成を示す. 本システムは, 基板上に実装した照度センサ (CdS セル MI527) と LED ユニットの間に伸縮性のある布を配置した構造である. なお, センサと布は独立している為, 布の伸縮に伴ってセンサが移動することはない.

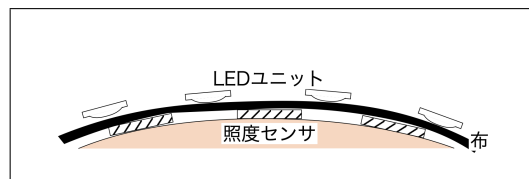


図 2: システム構成

照度センサとは光の強さを電気信号に変換する電子部品

であり、本研究で用いる CdS セルは受光した光が強いほど電気抵抗値が低くなる特性を持つ。LED ユニットがこのセンサに向けて光を照射することで、布にあたる光量を安定させる。

本システムは筋肉が収縮時に膨らむ部位(筋腹)に配置した照度センサを伸縮性の布で覆い、計測を行う。筋肉の収縮・膨張によって布の張力が変わると、布を透過する光量も変動する。この光量の変化を照度センサで捉えることで、筋肉の活動を間接的に推定するものである。

2.2 動作原理確認

動作原理を確認するため、次の手順で実験を行った。

まず、図 3 で示すように左足の膝下約 10cm の位置に脛の筋肉(前脛骨筋)と腓脛の筋肉(腓腹筋)上にそれぞれセンサを設置し、前脛骨筋上のセンサをセンサ 1、腓腹筋上のセンサをセンサ 2 とする。次に、伸縮性のある布でセンサとその周辺を覆い、布の上から LED ユニットのライト部分がセンサに向くように設置する。計測に先立ち、つま先が地面についた状態を初期位置とし、この状態で各センサの計測値を基準値として記憶する。以降、この基準値からの差分を算出することで、センサ間の個体差の違いが補正される。最後に、図 3(a) の膝を 90° 曲げた姿勢から、図 3(b) のようにつま先を上げ、下げする運動を繰り返す。

図 4 は実際にセンサをつけた様子を示す。

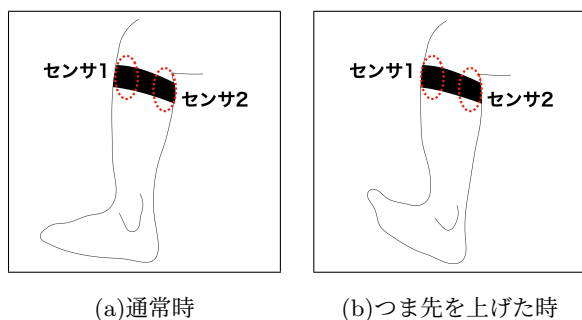


図 3: 足の動作とセンサの設置位置



図 4: 実験の様子

3. 実験結果

図 5 に計測結果を示す。本グラフの縦軸はセンサから得られた電圧値、横軸は時間である。点線はセンサ 1 の値を、

実線はセンサ 2 の値を示す。なお、図中のデータはノイズの影響を低減するため、生データに対して 10 個の区間における移動平均処理を適用したものである。

図中で計測値が上がっているのはつま先を上げた時であり、センサ 2 ではつま先の上下運動を計測できたことが確認された。一方、つま先を動かす筋肉上に設置したセンサ 1 は計測値にほとんど変化が無い。

この原因として、センサ 1 は筋肉によって隆起したが、この隆起の頂点に設置したために布は上下に力が加わったが横へ引き伸ばす張力が発生しにくかったことが考えられる。センサ 2 の位置のように筋肉から少しズレた場所であれば、横への張力が加わりやすく、結果センサ 2 では計測ができたと考えられる。

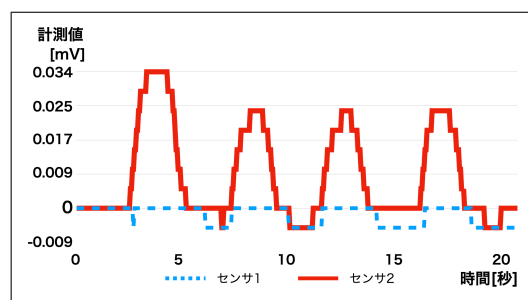


図 5: 実験結果

4. おわりに

本研究では、布の伸縮による光の透過量の変化を照度センサで計測し、そこから身体の動きを捉える手法の提案をし、基本原理を実証した。

このデバイスの使用用途として VR 使用時の歩行デバイスが挙げられる。通常、座った状態で VR を使用する時、移動はコントローラのジョイスティックで行うが、つま先を上下に運動させることで移動を行う。ユーザの入力動作が移動と同じ足であるため、没入感の向上に繋がることが期待される。

今後の課題として、布の素材やセンサの配置位置、数を最適化することや体型による計測値の差を明確にしていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K12118 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 中澤篤志. モーションキャプチャ. 映像情報メディア学会誌, Vol. 63, No. 9, pp. 1224-1227, 2009.
- [2] 佐藤光流, 堀越力. 圧力センサを用いた腕の動き推定. *VRSJ2023*, 2023.
- [3] Takao Someya, et al. An optical-based multipoint 3-axis pressure sensor with a flexible thin-film form. *Science Advances*, Vol. 9, p. eadi2445, 2023.