

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 17 日現在

機関番号：12201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560314

研究課題名(和文) 服素材繊維にセンサを組み込んだ動作解析・筋収縮感知スポーツウェアの開発

研究課題名(英文) Motion analysis system with strain gauge in the cloth material

研究代表者

酒井 直隆 (SAKAI, NAOTAKA)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90235119

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：服地内にセンサを組み込む動作解析システムの開発を行った。服地にひずみセンサを貼り付け、肘関節の屈曲・伸展動作及び回内・回外動作を被験者5人におこなった。その結果、腕の屈曲・伸展動作では前腕の肘関節付近にセンサを取り付けて測定を行うことが有効であり、最大角度誤差は目標角度の13.8%、平均角度誤差は目標角度の2.97%であった。また、腕の回内・回外動作では橈骨側部において舟状骨付近の橈骨の茎状突起部の位置にセンサを取り付けて測定を行うことが有効であり、最大角度誤差は目標角度の18.1%、平均角度誤差は目標角度の4.2%であった。

研究成果の概要(英文)：Wearable sensor in the cloth material was designed for motion analysis. This specific motion analysis system could measure the joint flexion angle including elbow and wrist joint, and rotation angle of the forearm supination and pronation. In the experiment, strain gauge was fixed to the cloth material using an adhesive tape, at around the elbow joint and the wrist joint. Concerning the accuracy, mean of measuring error was 2.97% in flexion/extension of the elbow joint. Similarly, mean of measuring error in supination/pronation of the forearm was 4.2%. After all our wearable sensor showed an excellent accuracy enough to measure not only the daily living motion but the sports activity motion in the athletic fields.

研究分野：整形外科

キーワード：動作解析 服地 ウエアラブルセンサ スポーツ動作

### 1. 研究開始当初の背景

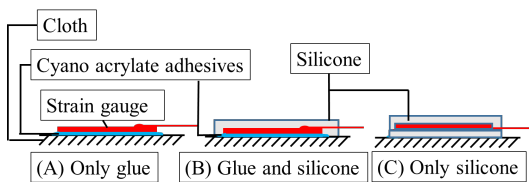
動作解析のためのウェアラブル・センサとして、タイトの服地素材内にストレインゲージを組み込む方法を考案し、これを上肢にも応用できないかと考えた。

### 2. 研究の目的

四肢を覆う服地素材にストレインゲージを設置する方法と、関節屈伸時の歪み計測値から、各関節角度を計測する方法を研究する。

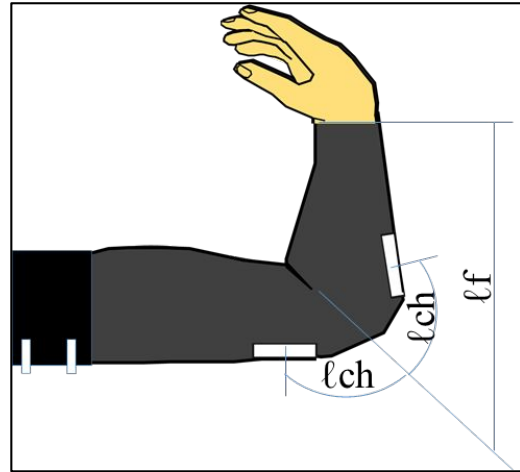
### 3. 研究の方法

センサの装着位置については先行研究で得られた結果との比較・検討を行うため、先行研究と同様に上腕遠位部及び上肢近位部に各肘関節中心部から平均成人男性橈骨長さ  $lf$  の 20%(各肘関節中心部から  $lch$ ) の位置に貼り付けを行った(下図)。肘関節中心部から上腕遠位部の方向に  $lch$  離れた位置に貼り付けたセンサを CH1, 上肢近位部の方向に  $lch$  離れた位置に貼り付けたセンサを CH2 とした。



被験者には腕の屈曲・伸展動作を行わせ、まず、基本肢位(屈曲角度 0deg)の状態を動作開始位置とし、そこから屈曲動作を開始してもらい肘関節を目標の角度まで屈曲動作を行った。そこから伸展動作を始めてもらい開始位置の基本肢位(屈曲角度

0deg)の状態に戻した。目標角度は 30deg, 60deg, 90deg とした(下図)。



### 4. 研究成果

#### 屈曲動作時

##### ・最大角度誤差

まず、装着位置 CH1 部での結果を示す。動作回数 1-10 回にて目標角度 30deg 及び目標角度 60deg で装着方法(A)の値より装着方法(B)の値と装着方法(C)の値は有意に大きかった。また、動作回数 5-10 回にて目標角度 60deg で装着方法(A)の値より装着方法(C)の値は大きかった。目標角度 60deg で装着方法(A)に比べ装着方法(B)は小さく、 $p < 0.1$  であり、目標角度 90deg においても装着方法(A)の値に比べ装着方法(B)と装着方法(C)の値は大きく、 $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。

装着位置 CH2 部では動作回数 1-10 回にて目標角度 60deg で装着方法(A)の値より装着方法(B)の値は小さく、また目標角度 90deg で装着方法(A)の値と装着方法(C)の値より装着方法(B)の値は有意に小さく、装着方法(A)の値に比べ装着方法(C)の値は小さく  $P < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。動作回数 5-10 回にて目標角度 60deg で装着方法(B)の値より装着方法(B)の値と装着方法(C)

の値は有意に大きく、また目標角度 90deg で装着方法(A)の値より装着方法(B)の値は有意に大きかった。目標角度 90deg では装着方法(A)に比べ装着方法(B)と装着方法(C)の値は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。

・平均角度誤差

装着位置 CH1 部についての結果を示す。動作回数 1-10 回にて目標角度 30deg 及び目標角度 60deg で装着方法(A)の値より装着方法(B)と装着方法(C)の値は有意に小さかった。動作回数 5-10 回においては目標角度 60deg で装着方法(A)の値に比べ装着方法(C)の値は大きく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。

装着位置 CH2 では、動作回数 1-10 回にて目標角度 90deg で装着方法(A)の値より装着方法(B)の値と装着方法(C)の値は有意に小さく、装着方法(C)の値に比べ装着方法(B)の値は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。目標角度 60deg においても装着方法(A)の値に比べ装着方法(B)の値は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。また、目標角度 90deg で装着方法(A)の値より装着方法(B)の値と装着方法(C)の値は有意に小さく、装着方法(B)の値に比べ装着方法(C)の値は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。

### 回内・回外の動作解析結果

・最大角度誤差

まず装着位置 CH1 部についての結果を示す。動作回数 1-10 回での目標角度 45deg 及び目標角度 90deg 及び目標角度 135deg にて装着角度 0deg と装着角度 22.5deg の値より装着角度 45deg の値は有意に小さかった。動作回数 5-10 回では目標角度 45deg 及び目標角度 90deg にて装着角度 0deg と装着

角度 22.5deg の値より装着角度 45deg の値は有意に小さかった。また目標角度 135deg では装着角度 22.5deg の値より装着角度 45deg の値は有意に小さく、装着角度 0deg に比べ装着角度 45deg は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。

装着位置 CH2 部については全体的に高い角度誤差が確認できた。

・平均角度誤差

装着位置 CH1 部での結果を示す。動作回数 1-10 回にて目標角度 45deg 及び目標角度 90deg で装着角度 0deg と装着角度 22.5deg の値より装着方法(C)の値は有意に小さく、目標角度 135deg で装着角度 0deg の値と装着方法 45deg の値は有意に小さく、装着角度 22.5deg に比べ装着角度 45deg は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。動作回数 5-10 回では目標角度 90deg にて装着角度 0deg と装着角度 22.5deg の値より装着角度 45deg の値は有意に小さかった。目標角度 135deg では装着角度 22.5deg の値より装着角度 45deg の値は有意に小さく、装着角度 0deg の値に比べ装着角度 45deg の値は小さく  $p < 0.1$  であり有意な傾向が見られた。

### 結論

本研究では服地内にセンサを組み込むことで動作に制限がなく、選手の巧緻動作を邪魔することなく計測ができる動作解析システムの開発を行う目的で実験を行った。本実験では服地にひずみセンサを貼り付け、肘関節の屈曲・伸展動作及び回内・回外動作を被験者 5 人におこなってもらった。肘関節角度毎のひずみ量と肘関節角度の関係、センサ装着位置の違い、センサの装着方法の違い、センサの装着角度の違いによってどのような結果が得られ、服地内にひずみを組み込んで動作解析を行えるのか検討した。その結果以下の結論を得た。

1) 服地にセンサを装着する際には屈曲・伸展動作及び回内・回外動作においてシリ

コン皮膜を用いることで安定することがわかった。

2) 腕の屈曲・伸展動作では前腕の肘関節付近にセンサを取り付けて測定を行うことが有効であり、大きくても最大角度誤差は目標角度の 13.8%、平均角度誤差は目標角度の 2.97%で動作解析ができるとわかった。

3) 腕の回内・回外動作では橈骨側部において手首手根骨の近位列にあたる舟状骨付近位の橈骨の茎状突起付近部の位置にセンサを取り付けて測定を行うことが有効であり、最大角度誤差は目標角度の 18.1%、平均角度誤差は目標角度の 4.2%で動作解析できるとわかった。

角度が上がるにつれてひずみ量も相関的に増加することがわかり、服地内にセンサを取り付けて、動作解析を行うことは可能であることが分かった。さらなる改善を加えることにより高い精度での動作解析が期待できる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

酒井 直隆 (SAKAI NAOTAKA)

宇都宮大学大学院工学研究科 教授

研究者番号：90235119

##### (2)研究分担者

嶋脇 聡 (SHIMAWAKI SATOSHI)

宇都宮大学大学院工学研究科 准教授

研究者番号：10344904