

令和元年6月18日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12724

研究課題名(和文)高伸縮性ニット基板へのセンサ配線実装技術とモーションキャプチャへの応用

研究課題名(英文)Stretchable strain sensor and its wiring for human finger motion capture system

研究代表者

高松 誠一(TAKAMATSU, SEIICHI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：20635320

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：AR,VR分野における人の手のモーションキャプチャーの簡易化のために、伸縮性のあるニット上に有機導電性ポリマーを用いた関節角センサ、配線、アンプ回路を印刷、配線実装する技術を開発を目指した。本研究では、伸縮性のあるニットを基板とし、有機導電性電極による間接各センサを開発した。開発した関節角センサーは、ゲージ率が-1.95であり、30%程度の伸縮に耐えることが分かった。この関節角センサーを用いて、指の太さ程度の曲率半径1cmで0-90度の間で関節角度を検知することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AR,VR分野においては、臨場感のあるゲームや操縦シミュレーションを実現するために手や腕、足などさまざまな人間の動きを検知するモーションキャプチャーセンサデバイスが必要である。この時、指などの関節や腕の動きは、通常のフレキシブル基板などが耐えられる数%の伸びではなく10-30%程度の非常に大きな伸びに耐えなければならない。そのため、高い伸縮性を有するセンサや配線を研究開発しなければならないという技術的課題があった。この課題を、ニットと有機導電性ポリマーを用いたセンサにより解決する方法を提案した。今後、モーションキャプチャー等への応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：Wearable sensor has attracted attention in professional trainings that involve finger movement. Our approach is to make a new flexible strain sensor that use fabric as the material and conductive polymer named poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) as the electrical conducting agent. The aim of our strain sensor is to apply in the monitoring of fingers' joint bending angle. The manufacturing process is based on the traditional technique of direct patterning on Kimono. Stretching and bending experiments are conducted to identify the electrical performance of the strain sensor. The results show that the strain sensor has a negative Gauge Factor of -1.95.

研究分野：スマートテキスタイル製造技術

キーワード：ニット 導電性ポリマー パターニング ウェアラブルデバイス スマートテキスタイル 電子テキスタイル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

AR,VR 分野においては、臨場感のあるゲームや操縦シミュレーションを実現するために手や腕、足などさまざまな人間の動きを検知するモーションキャプチャーセンサデバイスが必要である。この時、指などの関節や腕の動きは、通常フレキシブル基板などが耐えられる数%の伸びではなく 10 - 30%程度の非常に大きな伸びに耐えなければならない。そのため、高い伸縮性を有するセンサや配線を研究開発しなければならないという技術的課題があった。学術的背景としては、AR,VR 分野における今後必要とされるデバイスの課題と電子デバイス製造技術分野における伸縮性向上に関する課題の解決があげられる。現在、液晶や有機 EL ディスプレイの高精細化技術が進化したことにより、左右の目に別の映像を映すため通常の倍以上の画像データを簡単に表示できたり、見る方向別に数倍から数十倍の画像データを表示できることにより VR,AR 空間を作り出す 3D 映像投影技術は確立されてきた。さらなる臨場感を持たせるために、自分の体の動きが映像の中に投影する技術が現在の研究課題となっている。特に、ゲームなどでは人の手とその指の動きを高精度で検知するグローブ型のデバイスの開発が求められている。このとき、従来ある人の体の動きをセンシングするモーションキャプチャーデバイスとしては、カメラで体につけたマーカを追う光学式のものがあるが、設置の難しさや計算時間(高精度なものは数時間)による時間遅れといった課題がある。一方で、簡易に用いることができるデバイスとしては、加速度センサやジャイロをフレキシブル基板上に実装後、手袋などに貼り付けたものが開発されてきている。しかしながら、センサは関節の絶対角をとっているわけではないため長時間の計測による積分誤差が発生し精度が低下する問題がある。さらに、5-10mm 程度と部品が厚く、フレキシブル基板を構成するポリイミドフィルムや銅箔により関節部分での伸び 10-30%に対応できず人の体の動きを不自然に拘束してしまうという問題があった。従って、絶対値の歪や角度をとることが可能なセンサで非常に薄く(2 - 3 mm) 10-30%という人の関節部分での皮膚の伸び量に対応したセンサと配線を可能とするデバイス構造とその製造技術が求められている。

2. 研究の目的

AR,VR 分野における人の手のモーションキャプチャーの簡易化のために、伸縮性のあるニット上に有機導電性ポリマーを用いた関節角センサ、配線、アンプ回路を印刷、配線実装する技術を開発を目指した。従来技術では、加速度センサやジャイロなどをフレキシブル基板上に実装後に手袋に接着する方法であり、基板に伸縮性がなく手の動きが制限されたり分厚く違和感があるという問題があった。

本研究では、伸縮性のあるニットを基板とし、有機導電性電極による間接角センサを開発し、さらに柔軟な薄型配線を開発することが目標である。間接角センサは、3 mm 以下と薄く、人の皮膚等の伸びに対応した伸縮率 30%を目標とした。さらに、配線も 3 mm 以下と薄く、伸縮性があるものを目標とした。

3. 研究の方法

第 1 に指の関節角計測用に用いることができる有機導電性ポリマーの試作を行った。具体的には、指に合わせた設計、製作方法の開発、さらに、ひずみセンサ材料の最適化を行い、最後に指の関節角計測を行った。

まず、図 1 のように人差し指の平均長さは約 69.5mm、指関節間長さが 23.1 mm である。そのため、幅 2mm、長さ 18mm で U 字形をしたセンサを 23.1 mm おきに配置した間接角センサを設計した。製造プロセスは、二重に編まれたポリエステル製ニット (Texwipe TX1009 AlphaWipe) を機材として用いて制作した。ニットは、伸縮性がありそして入手が容易である。ひずみセンシング材料としては、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)ポリスチレンスルホン

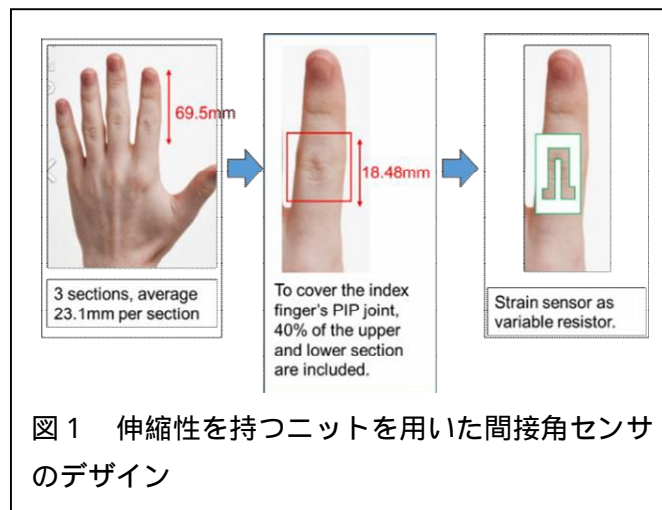


図 1 伸縮性を持つニットを用いた間接角センサのデザイン

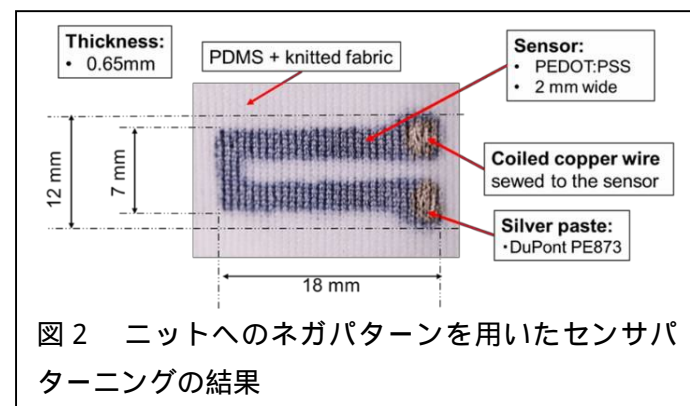


図 2 ニットへのネガパターンを用いたセンサパターニングの結果

酸 (PEDOT : PSS) を用いた。 PEDOT の布へのパターンニングは、ネガパターンとしてポリジメチルシロキサン (PDMS) を利用した。 ネガパターンとして PDMS (KE-1308 信越化学) を先に印刷

し、熱硬化させる。 硬化後に PEDOT の水分散液を塗布し、PDMS によりにじみを防ぎながら製膜することに成功した。

試作したデバイスを引っ張り、曲げ試験を行って評価を行った。 実験セットアップは、図3のようである。 ニット上に試作した間接角センサを両側から固定してして5回伸張させて、抵抗値の変化を計測した。

図3のように、かかったひずみに対して、抵抗値が増えるのではなく減る現象が見られた。 この現象は、ニット自体が延ばされる効果で抵抗値が増えるよりも、隣接するニット同士の接点が増え抵抗値が下がる効果が高いことが考えられる。

また、ひずみに対する抵抗値変化の指標としてゲージ率がある。 ニット上に作成したセンサのゲージ率は、

-1.95 であり、負の値を持つゲージ率を持つことが分かった

さらに、センサを曲げた場合の評価も行った。 図4に示す間接角センサ評価装置をステッピングモータを用いて試作した。 この評価装置

では、曲げ角をステッピングモータで変化させ、曲げた角度に応じて抵抗値変化を計測する。

図5に間接角に対する抵抗値変化を示す。 0-90度の間で抵抗が変化し、間接角を計測することができる。 通常のセンサでは、指が曲がった時にかかる大ひずみ (>30%) により、センサ自体が破断するが本研究のニット上のセンサでは破断しないことが分かった。 ただし、エラーバーが大きく10度

程度の誤差が含まれることが分かる。 これは、センサのヒステリシスが大きく、伸ばした時と戻した時で差が出るためである。 そのため、ヒステリシスが小さくなるような素材等への変更やニット構造を工夫することが今後の課題であることが分かった。

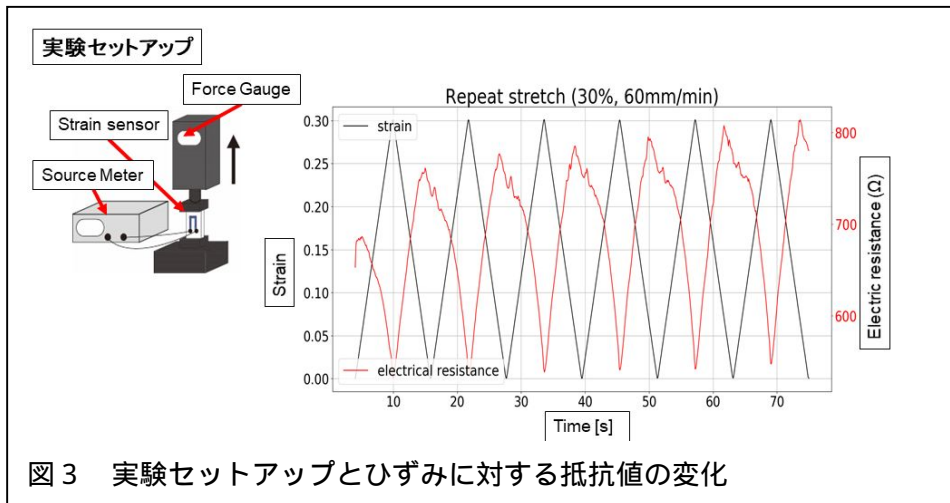


図3 実験セットアップとひずみに対する抵抗値の変化

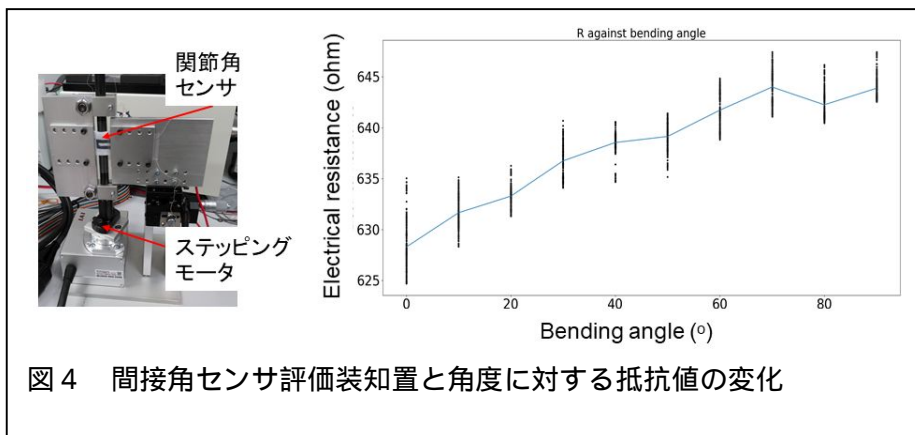


図4 間接角センサ評価装置と角度に対する抵抗値の変化

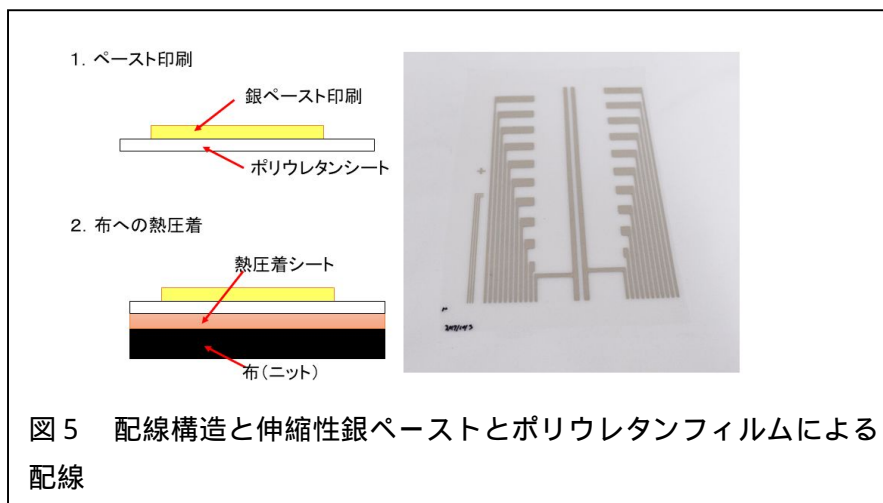


図5 配線構造と伸縮性銀ペーストとポリウレタンフィルムによる配線

第2に配線について配線も3 mm以下と薄く、伸縮性があるものを目標として開発を行った。配線としては、伸縮性のある銀ペーストをスクリーン印刷により制作した。伸縮性のある銀ペーストは、銀にウレタン等のゴムが混ぜられたものであり、従来の銀と接着剤やバインダーのみの配線と異なる。間接角センサー等を配線するためには、布の上に銀ペーストのパターンを形成する必要がある。ただし、ニットは幅100-300 μmのファイバーを編んだ構造である。そのため、ファイバー同志に隙間が生じ配線が接続されないという問題がある。そのため、隙間のないポリウレタンフィルム上へ配線を形成し、ニットへ接続する方法を開発した。ポリウレタンフィルムは伸縮性を持つためニット等の伸縮に耐えることができる。図5のように、ニットと接着し、伸縮性のある配線を形成することを実現した。

4. 研究成果

結論として、ニットを用いたひずみセンサにより、0-90度の間で関節角を計測することが可能となった。従来のひずみセンサでは、数%でセンサが破断するが、ニットを基材として用いることで大ひずみに耐えることが可能になったためである。ひずみセンサとして、ひずみに対する抵抗値変化であるゲージ率は、-1.95であることが分かった。これは、通常の正ではなく負の値となった。この結果は、ニットを構成するファイバー同志が接触し抵抗値が下がるためである。また、配線として伸縮性銀ペーストをポリウレタンフィルムに印刷し、ニットに接着することにより実現した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 4件)

1. YipLoon Seow, Toshihiro ITOH, Seiichi Takamatsu, “Electromechanical Modelling of Strain Sensor Made of Fabric,” 第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (2018)
2. YipLoon Seow, Toshihiro ITOH, Seiichi Takamatsu. “Finger’s Joint Angle Measurement with Flexible Conductive Fabric Sensor,” The 9th Japan-China-Korea Joint Conference on MEMS/NEMS 2018 (国際学会)
3. SEOW YipLoon, 伊藤寿浩, 高松誠一, “伸縮性を持つ導電性ポリマーひずみゲージセンサによる指の関節角測定,” 第32回エレクトロニクス実装学会講演大会 (2018)
4. S. Takamatsu and T. Itoh, “Piezo-Resistive Stretchable Sensor with Conductive Polymer-Patterned Knit Textile,” MRS fall meeting 2017 (国際学会)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0件)

取得状況 (計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

www.hem.k.u-tokyo.ac.jp

6. 研究組織

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。