

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：34104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16407

研究課題名(和文) 導電性高分子膜を用いた生体信号モニタリング用高機能衣類の開発

研究課題名(英文) Development of smart textiles for biosignal monitoring using conductive polymer

研究代表者

中村 太郎 (Nakamura, taro)

鈴鹿医療科学大学・医用工学部・助教

研究者番号：70373082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではIPMCセンサを用いて患者モニタリング用スマートテキスタイルの開発を行った。人体の動きと生体電気信号を同時に計測可能なセンサ素子を作製し、その特性の評価を行った。IPMCは従来屈曲運動用のセンサであったが、IPMCを螺旋状に成形することで回転運動と伸縮運動のような3次元の動きが検知可能になった。また、IPMCの金メッキ層を利用して、筋電波形を計測し、IPMCを用いた電極の電気特性の検討を行った。その結果、IPMCを用いた電極の生体電気信号用電極としての実用性が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed an ion polymer metal compound (IPMC) sensor to facilitate smart textile for patient monitoring. We developed a sensor system to measure human movements and bioelectric signals, and evaluated its characteristics. IPMC, conventionally reported as a bending sensor, was configured into a spiral shape in order to measure three dimensional displacements by sensing rotational and stretch motion. We have used gold plate of IPMC as biopotential surface signal electrodes and measured EMG. We investigated the electric characteristic of electrodes using IPMC and showed their practical feasibility as motion sensor and as bioelectric signal electrodes.

研究分野：人間医工学

キーワード：ウェアラブル IPMC センサ スマートテキスタイル 生体計測

1. 研究開始当初の背景

(1) IPMC (Ion Polymer Metal Composite) と呼ばれるアクチュエータは、厚さ 200-1000 μm 程度の極めて薄い素子であり、低電圧で大きな変位を発生可能な材料である。また IPMC は、変位に対して電圧を発生するセンサとしても動作する材料である。

(2) 我々は IPMC のセンサ特性を利用した医療用デバイスの開発を目指しており、これまでに、変位・角度に対して高い再現性のあるセンサ素子の開発、及び厚さ 100 μm 、幅 1mm 程度の繊維状のセンサ素子の開発を行ってきた。

(3) 繊維状の IPMC センサは、衣服を構成する繊維に編み込むことが可能である。スマートテキスタイルと呼ばれる繊維に電子デバイスやセンサを組み込んだ高機能衣類のセンサ素子として有用な材料であることを示してきた。

2. 研究の目的

本研究では、IPMC を用いた構造が単純で非常に薄く繊維製品に編みこみが容易な運動検知スマートテキスタイル用センサ素子を作成し、これを衣類に組み込み、患者モニタリング用高機能衣類の開発を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 生体運動モニタリング用センサの作成
膜状の IPMC センサでは、検知可能な方向が限定されていた。この問題を解決するために、IPMC を螺旋状に成形し、伸縮運動と回転運動のような 3 次元運動を検知可能なセンサ素子や IPMC を複数用いた多方向の運動検知用センサ素子の開発を行う。Nafion Resin R-1100 をヒートプレスし、厚さ 200 μm の Nafion フィルムを作製し、Nafion フィルムをガラス棒へ螺旋状に巻きつける。次に、螺旋状に巻きつけた状態で加水分解を行って、螺旋状の Nafion フィルムを作製した。



図 1.螺旋状 IPMC

作成した螺旋状の IPMC をスパイラルチューブに固定して取り付け伸縮運動・回転運動検知用のセンサ素子を作成した。固定した IPMC のサイズは幅 10mm、長さ 10cm である。次にフィルム状の IPMC を幅 2mm、長さ 10cm に裁断し、これをビニール皮膜銅線に 2 枚取り付け、前後左右方向の屈曲・進展運動を検知可能なセンサ素子を作成した。

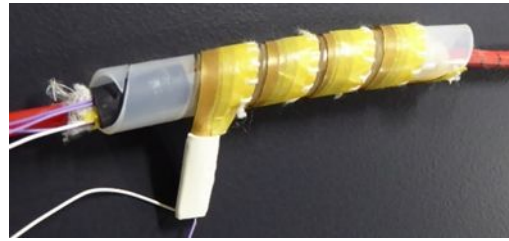


図 2.多方向変位センサ

(2) 生体運動モニタリング用センサの動作特性計測

生体運動モニタリング用センサの屈曲・伸展運動と伸縮運動と回転運動時の起電力とゴニオメーターで変位量と回転角の計測を行った。屈曲と伸展の運動はどちらとも 30 度間隔で 0 度 ~ 90 度の範囲で計測を行った。

伸縮運動は、伸び・縮み共に 5mm 間隔で、0mm ~ 25mm の範囲で計測を行った。回転運動は、30 度間隔で、0 度 ~ 90 度の範囲で計測を行った。

(3) IPMC を用いた生体電気信号用電極の開発

IPMC の表面が金であることを利用し、IPMC を生体電気信号用の電極として用いることを考えた。まず、IPMC の金メッキ層が生体電気信号を計測可能な電気特性持っているかを確認するため、Nafion を介せず金メッキ層の部分のみで電気信号を計測した。IPMC 膜を面積が筋電図の電極と同じ大きさになるよう、縦 12 mm、横 5 mm の長方形型に切り取りこれに電極ペースト (日本光電 Z-181BE) を塗って体表に取り付けてワイヤレス生体計測装置 (ミユキ技研 AP108) を用いて筋電計測を行った。

計測条件は、時定数 0.03 sec、ローパスフィルタ 100 Hz、ハムフィルタが ON の状態である。

筋電計測時に行う運動は手指の開閉である。母指以外の 4 本の指を屈曲させる筋肉として使用される浅指屈筋、深指屈筋を計測する。作製した電極を浅指屈筋と深指屈筋上に取り付けた。アースは手指を屈曲させたときに腱の隆起によるモーションアーチファクトの影響が小さい手首に取り付けた。手指の屈曲と弛緩を 1 秒ごとに繰り返し、合計 4 回 (約 8 秒間) 行った。

(4) IPMC の生体電気信号用電極特性

次に Nafion とその両面の金属を介した時の生体電気信号計測を行った。面積が筋電図の電極と同じ大きさの約 60 mm^2 になるように、直径 9 mm の円型に IPMC を切り取り、生体電気信号用電極を作成した。

筋電計測時に行う運動は手指の開閉である。作製した電極を浅指屈筋と深指屈筋上に電極ペースト (日本光電 Z-181BE) を塗って取り付け、アースは手指を屈曲させたときに腱の隆起によるモーションアーチファク

トの影響が小さい手首に取り付けた。手指の屈曲と弛緩を1秒ごとに繰り返し、合計4回（約8秒間）行い、ワイヤレス生体計測装置（ミユキ技研 AP108）を用いて筋電計測を行った。

IPMC は Nafion 中の水分量の変化で、インピーダンスが大きく変化するため、十分に水を含ませた状態と 24 時間大気中に暴露し Nafion を十分に乾燥させた状態の 2 通りの計測を行い、筋電波形の比較検討を行った。

4. 研究成果

(1) 生体運動モニタリング用センサの動作特性計測

屈曲運動を行った際の動作特性を図3に示す。センサの起電力は屈曲角度にほぼ比例し変位センサとしての実用性が示された。伸展運動と回転運動においても同様に、起電力の大きさは変位量及び屈曲角の大きさにほぼ比例する結果が得られた。

IPMC が湿潤している時と乾燥している時とでは起電力が湿潤時の方が大きくなることがわかった。また、湿潤時のセンサ特性は起電力は大きいですが、起電力のピーク電圧を保つことができず、生体の運動を検知することに不向きであることがわかった。

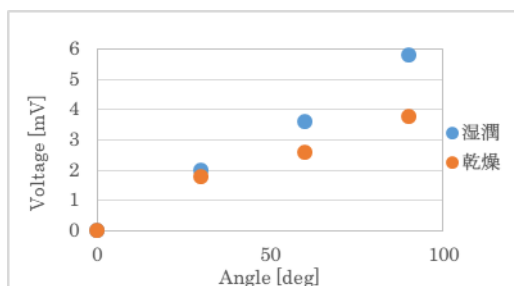


図3 屈曲角度-起電力特性

(3) IPMC を用いた生体電気信号用電極の開発

IPMC の金メッキ層での筋電波形を図4に示す。計測された筋電波形は標準皿電極で計測した波形とほぼ同様であったことから、IPMC の金メッキ層は電極としての十分な電気特性を有していることがわかった。

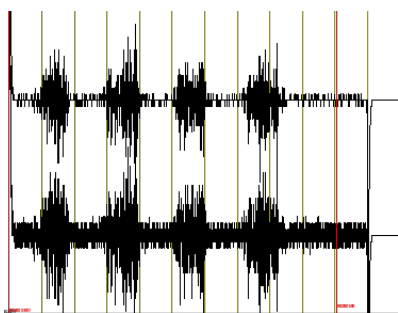


図4.IPMC の金メッキ層での筋電波形

IPMC 全体を用いての筋電波形を図5と図6に示す。湿潤時においては、標準皿電極の振幅より小さくなったが、十分計測可能な結

果が得られた。一方、乾燥時には湿潤時よりも振幅が小さくなる結果となった。

湿潤時と乾燥時に計測した筋電波形の含有周波数分析を行った結果を図7に示す。湿潤時と乾燥時共に標準皿電極と同様の周波数特性が得られたことから、生体電気信号用電極の材料として利用可能であることが明らかになった。

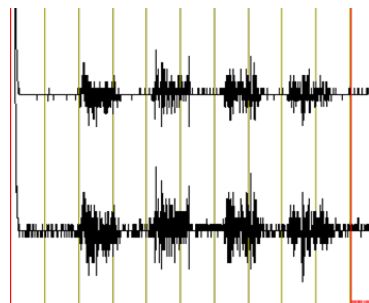


図5.IPMC 全体での筋電波形（乾燥）

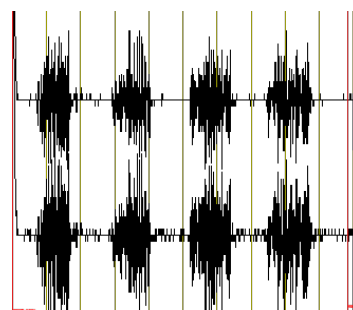


図6.IPMC 全体での筋電波形（湿潤時）

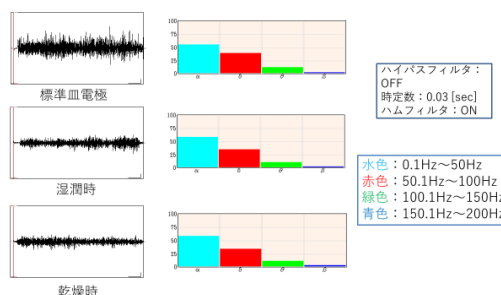


図7.筋電図の周波数特性

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 1 件)

伊原 正、中村 太郎、高分子電解質膜を用いた医療用アクチュエータ・センサ、計測と制御、査読有り、Vol.54、No1、2015、55-57

〔学会発表〕(計 4 件)

中村 太郎、伊原 正、安積 欣志、IPMC を用いた生体電気信号用電極の開発、第 17 回 計測自動制御学会 (SICE) システムインテグレーション部門講演会、2016.12.15、札幌コンベンシ

ョンセンター（北海道）

伊原 正、中村 太郎、安積 欣志、イオン導電性高分子膜を用いた広帯域音声合成メカニズム、第 17 回 計測自動制御学会 (SICE) システムインテグレーション部門講演会、2016.12.15、札幌コンベンションセンター（北海道）

中村 太郎、伊原 正、安積 欣志、IPMC を用いた生体運動モニタリング用センサの開発、第 16 回 計測自動制御学会 (SICE) システムインテグレーション部門講演会、2015.12.14、名古屋国際会議場（愛知県）

伊原 正、中村 太郎、安積 欣志、高分子電解質膜 IPMC を用いた複合型音声合成機構、第 16 回 計測自動制御学会 (SICE) システムインテグレーション部門講演会、2015.12.14、名古屋国際会議場（愛知県）

〔図書〕(計 2 件)

中村 太郎、伊原 正、技術情報協会、アクチュエータの新材料、駆動制御、最新応用技術、2017、434-440

伊原 正、中村 太郎、S&T 出版、ソフトアクチュエータの材料・構成・応用技術、2016、139-147

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 太郎 (NAKAMURA, Taro)
鈴鹿医療科学大学・医用工学部・臨床工学科・助教
研究者番号：70373082

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし