

令和元年6月24日現在

機関番号：34104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K13104

研究課題名(和文) 導電性高分子膜を用いたウェアラブルな生体情報モニタリング装置の開発

研究課題名(英文) Development of wearable human body monitoring device using ion 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 (Ion Polymer Metal Composite) と呼ばれるイオン導電性高分子と金属の複合体をセンサとして用いたウェアラブル生体情報モニタリング装置を作製し、実用性の評価を行った。

IPMCを用いた電極は医療用ディスポーザブル電極と比較しても遜色の無い電極性能を有しており、従来から有しているIPMCのモーションセンサ機能と組み合わせた電気信号計測が可能であった。

幅を1mm以下にした繊維状のIPMCを用いて作製したウェアラブルデバイスは、計測用ペーストが必要ではあるが、生体電気信号と動きの同時計測が可能であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、IPMCが人の動きと生体電気信号を同時に計測可能なセンサであることを明らかにした。

既存の生体電気信号を計測するウェアラブルデバイスに用いられているセンサは、電極としての機能だけを有しているものがほとんどであるが、IPMCは生体電気信号と変位量を同時に計測可能であるため、活動量を計るウェアラブルデバイスの小型化、軽量化に繋がるものと考えられる。具体的には、IPMCを繊維状に加工し、これを衣服に編み込んだ衣類型のウェアラブルデバイスへの応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a wearable human monitoring system using a composite of conductive polymer and metal. IPMC (Ion Polymer Metal Composite) is a gold-plated ion conductive polymer, which can be applied as a sensor and electrode of a wearable device. The performance of the electrodes using IPMC is comparable to disposable electrodes, therefore IPMC is a sensor that performs both motion and bioelectric signal measurements. When IPMC was formed into a thin fiber, it was possible to measure the electrocardiogram under the condition of using the measurement paste.

研究分野：生体医工学

キーワード：ウェアラブル 生体計測 導電性高分子 IPMC

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年、身に着けるものに様々なセンサや外部通信装置を取り付けたウェアラブルデバイスの開発が進められており、ヘルスケアを目的としたデバイスが次々と商品化している。

ウェアラブルデバイスが急速に市場に出始めた理由として、センサの小型化・軽量化が進んだことで、使用者がデバイスの装着時に負担や違和感が少なくなったこと。スマートフォンの普及により、スマートフォン経由でのインターネット接続が容易になったこと。低消費電力の近距離無線通信技術の発達により、長時間のインターネット接続が可能になったこと。クラウドの普及やデータ解析技術の発達により、ウェアラブルデバイスから取得したデータをクラウド上で蓄積・解析が可能となったことの4つが挙げられる。

現在、市販されているウェアラブルデバイスの形状は腕時計型やリストバンド型のものがほとんどで、脈波センサとGPS機能を利用した一日の活動量の計測が可能の商品となっており、計測された情報は、スマートフォン上のアプリを介して情報の表示と管理ができる仕組みとなっている。

既存のウェアラブルデバイスには、心電図や筋電図のような生体電気信号や、人の運動量を計るものがほとんど存在しない。病気の予測や正確な活動量（運動量）の計測には、脈波より心電図、筋電図の計測、装着者が行っている運動の種類を判別するには、動きを計測するモーションセンサが必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、IPMC (Ion Polymer Metal Composite) と呼ばれるイオン伝導性高分子と金属との複合体を衣類に組み込んで、人の運動と心電図や筋電図などの生体電気信号を常時モニタリング可能なウェアラブル生体情報モニタリング装置の開発を目的としている。

IPMC は薄いシート状の導電性高分子にめっきを施しただけの単純な構造であるために、成形の自由度が高く、小型化が容易であり、IPMC 自身が起電力を発生させるため、外部からの電源も不要で非常に軽量の材料である。

また、IPMC のめっきされた金属自体が生体電気信号検出用の電極の働きをし、IPMC センサを皮膚に接触させれば、すでに備わっている変位計測の機能に加えて、心電図や筋電図などの生体電気信号の計測も可能になる。例えば、筋電図の計測が可能になれば、どの筋肉がどの程度活動しているかが分かり、運動の種類や運動の定量化に繋がると考えられる。

さらに、心電図計測が可能になれば、簡易的な心電図解析装置と組み合わせて心臓に疾病がある患者の健康状態を連続的にモニタリングし、異常な心電波形が検出された際には、無線を利用してインターネットに接続し、医療施設への連絡を行うウェアラブルデバイスが作製できると考えた。

3. 研究の方法

(1) IPMC 電極を用いた心電計測

IPMC を直径 8 mm の円形に切り取り、カーボン製の土台に生体電気計測用ペースト（日本光電 Z-181BE）と粘着カラー（日本光電 粘着カラー8）を用いて貼り付けて心電用電極を作製した（図1）。作製した電極を右手首、左手首に取り付け、標準四肢誘導のI誘導による計測を行った（図2）。比較対象として、ディスポ電極（日本光電 M-150）で心電計測を行った。

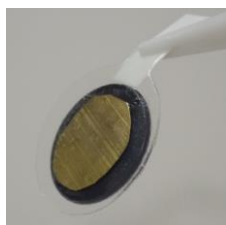


図1 IPMC を用いた皿電極

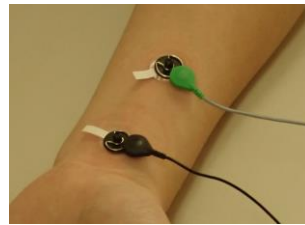


図2 IPMC 電極の取り付け方

(2) 動きと生体電気信号の同時計測

幅 12 mm、長さ 60 mm の IPMC をスポーツ用サポーターに組み込み、複合型センサを作製した（図3）。筋電図計測でターゲットとする筋肉は橈側手根屈筋とし、心電図計測では両手首に複合型センサを取り付け、アース電極を右足にして、I誘導による心電計測を行った。変位による起電力と心電波形と筋電波形が合成された信号にフィルタ処理を行った。



図3 IPMC を用いた複合型センサ

(3) 繊維状 IPMC を用いたウェアラブルデバイスの実用性評価

IPMC を幅 1 [mm]、長さ 150 [mm]に裁断し、ガーゼの網目を通してウェアラブルセンサの作成を行った。肘関節にネット包帯を用いてウェアラブルセンサを固定し、屈曲運動時に生じる起電力の計測を行った (図 4)。IPMC とワイヤレス生体計測装置 (TEAC AP108) を電極用コード (ミュキ技研 AP-C131-015) で繋ぎ、ノート PC 上で波形記録を行った。屈曲角は 0~90 [deg]、角速度 200~300 [deg/s]の範囲内で計測を行った (図 5)。また、波形のピーク値を出力電圧とした。ウェアラブルセンサを右手首、左手首に配置し、ネット包帯を用いて固定した。心電波形は、標準四肢誘導の I 誘導による計測を行い、アースは右足に取り付けた。

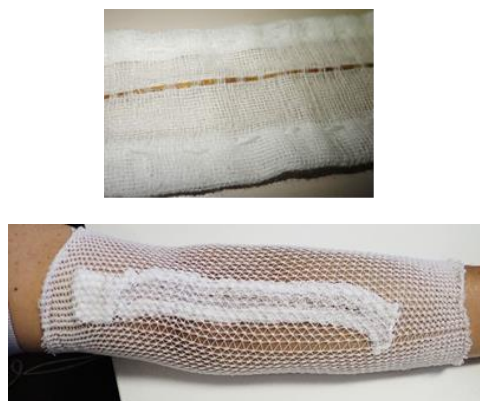


図 4 繊維状 IPMC を用いたウェアラブルデバイス

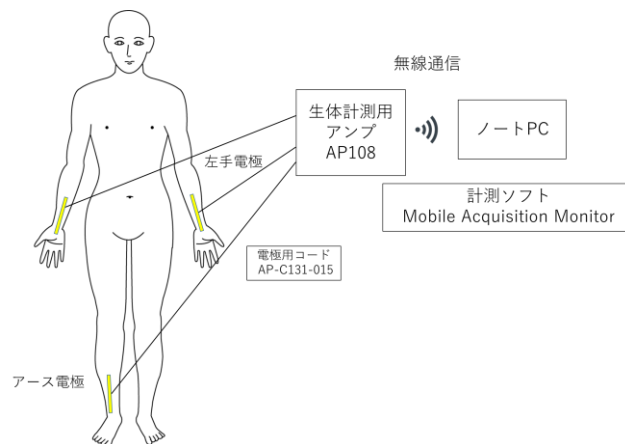


図 5 計測システム

4. 研究成果

(1) IPMC 電極を用いた心電計測

IPMC 電極を用いた心電波形は、ディスポーザブル電極と比較しても遜色の無い電極性能を有していることが確認できた。図 6 にディスポーザブル電極で計測した波形を示す。図 7 に IPMC 電極を用いて計測した波形を示す。



図 6 心電波形 (ディスポ電極 M-150)

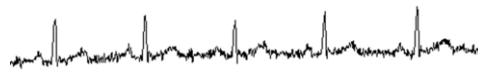


図 7 心電波形 (IPMC 電極)

(2) 動きと生体電気信号の同時計測

手首関節の動きによる起電力と心電図及び筋電図を同時計測した信号とフィルタ処理による分離を行った波形を図 8 に示す。図 8 の合成波形がウェアラブルデバイスで計測した生体電気信号と変位の波形の合成波形である。この波形を表 1 のフィルタ条件でフィルタ処理を行って、変位波形と心電波形、筋電波形をそれぞれ分離した。

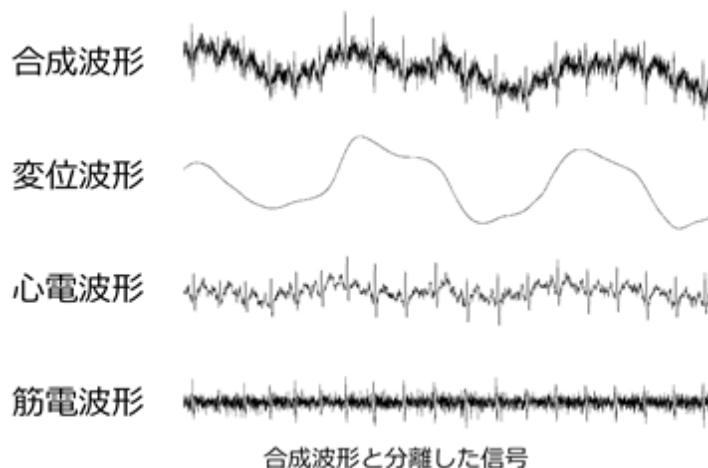


図 8 合成波形と分離波形

表1 フィルタ条件

	感度 [$\mu\text{V}/\text{mm}$]	時定数 [sec]	高域遮断周波数 [Hz]	ハムフィルタ
合成波形	100	0.32	100	OFF
変位波形	10	0.32	1.0	OFF
心電波形	100	0.05	60	OFF
筋電波形	100	0.01	100	OFF

(3) 繊維状 IPMC を用いたウェアラブルデバイスの実用性評価

繊維状に裁断した IPMC を用いたウェアラブルデバイスの屈曲角度と出力電圧特性を図9に示す。幅 0.5mm から 2mm までのすべての IPMC で、屈曲角度に対応して出力電圧が増加する結果となった。幅 1mm 以下の IPMC でも、角度センサとして十分な性能を有していることが示された。

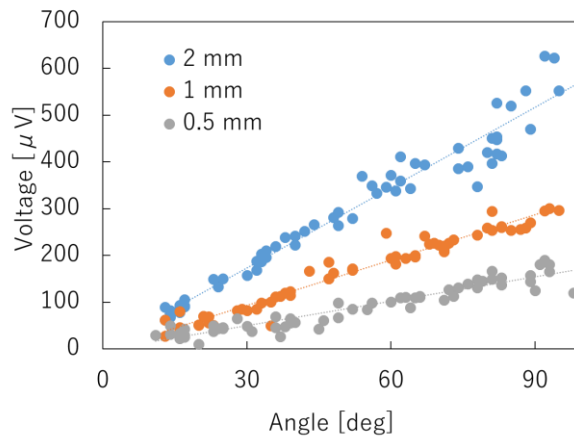


図9 屈曲角度と電圧特性

図10に繊維状 IPMC で計測した心電波形を示す。図10の上段の波形がペースト無しで計測した波形、下段の波形がペーストありで計測した波形である。ペーストを用いて人体と接触させた場合には、生体電気信号用電極として良好な波形が得られたが、ペーストなしで計測した場合にはノイズが多く、R波の判別が可能な程度であった。これは生体と電極との接触インピーダンスが非常に大きいためであり、生体との結合方法が今後の課題である。

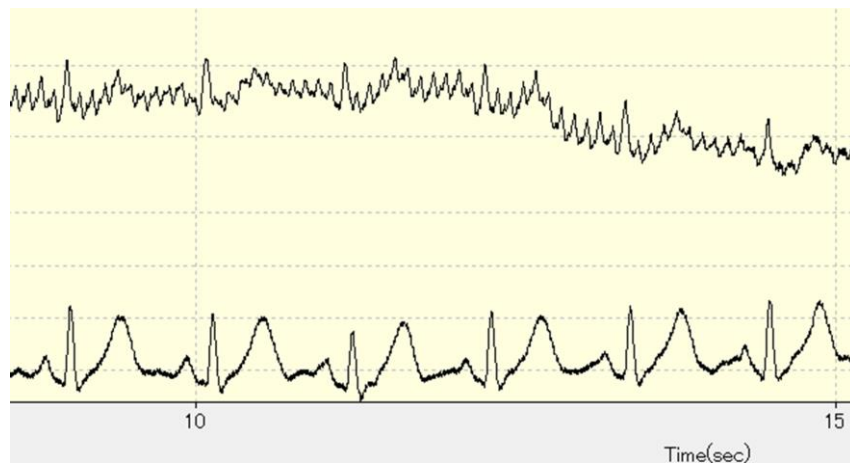


図10 繊維状 IPMC で計測した心電波形

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 4 件)

- ① 中村太郎、伊原正、安積欣志、繊維状 IPMC センサを用いた生体情報計測装置の開発、第 19 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2018
- ② 伊原正、中村太郎、安積欣志、ヘリカル構造による IPMC アクチュエーション機構、第 19 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2018
- ③ 中村太郎、伊原正、安積欣志、IPMC を用いた運動-生体電気計測用複合型センサ、第 18 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2017
- ④ 伊原正、中村太郎、安積欣志、積層化機構による IPMC アクチュエータの発生力増強、第 18 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2017

※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。