

研究速報

ウェアラブルデバイスの免疫試験時に用いる
擬似生体信号発生器の構築佐藤 啓介[†] (学生員)安在 大祐[†] (正員)王 建青^{†a)} (正員:フェロー)藤原 修[†] (正員:フェロー)Development of Pseudo Biological Signal Generator for
Immunity Test of Wearable Healthcare DevicesKeisuke SATO[†], Student Member, Daisuke ANZAI[†], Member,
Jianqing WANG^{†a)}, and Osamu FUJIWARA[†], Fellows[†]名古屋工業大学大学院情報工学専攻, 名古屋市Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of
Technology, Nagoya-shi, 466-8555 Japan

a) E-mail: wang@nitech.ac.jp

あらまし ヘルスケア用ウェアラブルデバイスの電磁雑音に対する免疫試験法の確立を目指し、擬似生体信号発生器を開発した。筋電義手を制御するための筋電信号を擬似的に発生させたところ、実信号と高い相関を有し、義手を想定どおりに動かしたことにより、その有用性を確認した。更に、擬似生体信号発生器と生体等価ファントムを組み合わせた免疫試験系を提案した。

キーワード ウェアラブルデバイス, 生体信号, 電磁適合性, 免疫試験

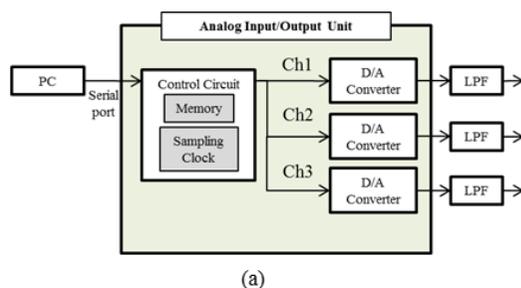
1. まえがき

高齢化社会の進展に伴い、人体のバイタルデータを収集・モニタリングし、ヘルスケアや医療への応用を目的とするウェアラブルデバイスが普及し始める兆しである [1]。例えば、無線通信機能を有するウェアラブル生体センサにより血圧、心電、脈拍などの生体情報を取得し、病院等に無線で送り、人体の健康状態を常時にモニタリングすることが典型的な応用例である。また、腕を動かそうとする際に発生する筋電位を取得し、それを利用して筋電義手をモータで動かす医療福祉の応用も考えられている。一方、電磁波の盛んな応用により電磁環境の劣化が目立ち、外部電磁放射や静電気放電によるウェアラブル機器への電磁干渉が無視できず、ウェアラブル機器に高い免疫性を有することが求められる [2]。しかしながら、ウェアラブル機器に対する免疫試験の実施に際し、人体の生体信号が不可欠であるが、試験結果の再現性の観点から、実人体を用いることができない。そこで、本研究では、ウェアラブル機器に対する免疫試験に必要な

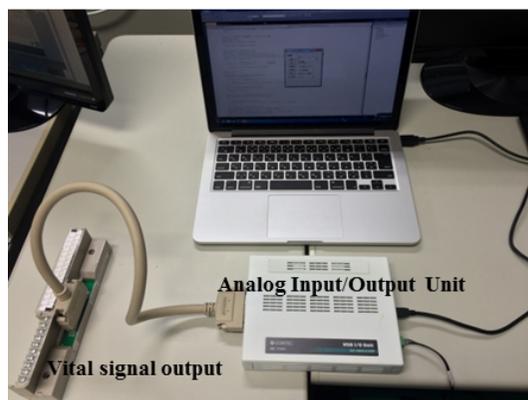
擬似生体信号発生器を開発する。また、ウェアラブル機器は生体信号を人体表面で取得するために、擬似生体信号だけでなく、人体の存在も無視できず、それゆえに擬似生体も含めたヘルスケア用ウェアラブル機器の使用状況を模擬した免疫試験系を構築し、それが免疫試験に有効であることを示す。

2. 擬似生体信号発生器の構成と動作例

擬似生体信号発生器のブロック図と実物写真を図 1 に示す。主に、パーソナルコンピュータ (PC)、マイクロプロセッサ (MPU) による制御回路、DA 変換器、低域通過フィルタ (LPF) から構成されている。ヘルスケア用ウェアラブル機器の対象生体信号は、血圧、心電、筋電、脳波などの数十 Hz から数百 Hz 以下の信号が主流であるため、再生しようとする生体信号を、事前に 2kHz のサンプリング周波数、16 ビットの量子化で A/D 変換して取得し、便宜上 32 ビット浮動小数点型配列で PC に保存している。初期化処理として、PC から生体信号データをシリアル通信ポート



(a)



(b)

図 1 擬似生体信号発生器の構成 ((a) ブロック図, (b) 実物写真)

Fig. 1 Block diagram of pseudo biological signal generator ((a) Block diagram, (b) Actual view).

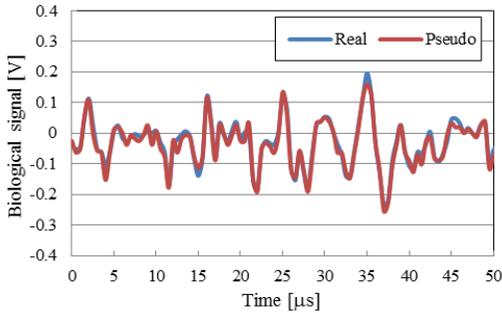


図 2 発生した擬似筋電信号と実信号との比較

Fig. 2 Comparison of generated pseudo myoelectric signal and real signal.

を介して制御回路に送り、内部メモリに格納する。このとき、内部メモリの $3n$ 番目にはチャンネル 1, $3n+1$ 番目にはチャンネル 2, $3n+2$ 番目にはチャンネル 3 の信号データをそれぞれ格納する。また、サンプリング周波数 2kHz も同時に設定する。PC から開始制御信号を送信すると、クロックごとに内部メモリのデータが先頭から順にチャンネル 1, チャンネル 2, チャンネル 3 の DA 変換器へ渡され、 $\pm 10\text{V}$ の出力レンジ、16 ビット分解能のアナログ信号に変換される。その後、LPF で整形してから出力される。出力電圧レベルは必要に応じて調整可能であり、最大 4 チャンネルの生体信号が同時出力できる。

本擬似生体信号発生器の動作例を、筋電義手を動かす筋電信号で示す。筋電義手を駆動させる際に、浅指屈筋、総指伸筋、長母指伸筋などの筋電信号が必要であり、構築した擬似生体信号発生器の総指伸筋の出力信号と事前に取得した実信号波形を図 2 に示す。図より、再生した筋電信号は実筋電信号とよく一致し、浅指屈筋、総指伸筋、長母指伸筋各信号の実生体信号との相関係数はそれぞれ 0.999 , 0.981 , 0.988 であり、擬似筋電信号が精度よく発生されていることを確認した。更に、これらの擬似生体信号を用いて筋電義手の動作を、つぎのように検証した。手を閉じる・手を開く動作の擬似筋電信号をそれぞれ筋電義手に学習させ、5 秒ごとに各動作を交互に繰り返す信号を生成し、筋電義手の入力信号として動作させた結果、筋電義手は各動作を区別して認識し、手の掌握を繰り返す所望の動作を再現することが確認できた。

3. イミュニティ試験系の構成

本擬似生体信号発生器を用いてイミュニティ試験を行うときの構成例を図 3 に示す。図 3 の構成では、人

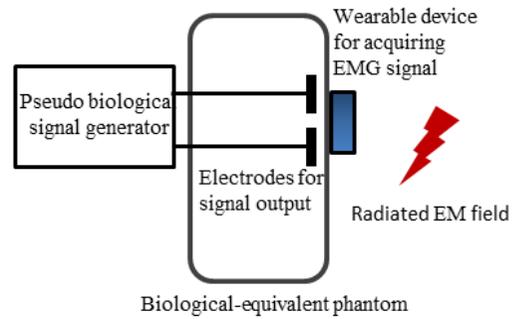


図 3 擬似生体信号発生器と生体等価ファントムから構成されるイミュニティ試験系

Fig. 3 Immunity test system using pseudo biological signal generator and biological-equivalent phantom.

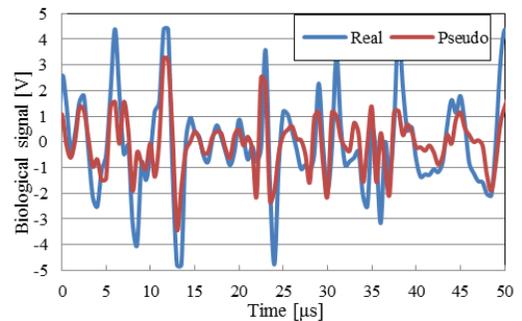


図 4 生体ファントム表面で取得した深部 1cm に埋め込まれた擬似筋電信号と実信号との比較

Fig. 4 Comparison of pseudo myoelectric signal acquired at the phantom surface and real signal.

体の電気定数を模擬した生体ファントム（擬似人体）に 2 枚の信号印加電極を埋め込み、それに擬似生体信号発生器からの生体信号を印加する。なお、生体等価ファントムは、生理食塩水、ポリエチレン粉、寒天また TX-150 などから構成されたゲル状のもの [3] である。一方、ウェアラブルデバイスは人体表面でこれらの生体信号をセンシングすることを想定し、それを生体ファントム表面に配置して擬似生体信号を取得することを模擬する。一例としては、筋電信号をセンシングする 2 枚の電極を生体ファントム表面に配置し、表面から 1cm 内部の生体ファントムに埋め込まれた擬似信号印加電極から筋電信号を取得した。図 4 にこのように取得した筋電信号と実筋電信号を比較して示す。生体ファントム内部 1cm に配置された擬似筋電信号が生体ファントム表面で取得でき、両者の間に 0.722 の相関係数が得られた。よって、擬似生体信号発生器と生体等価ファントムを組み合わせれば、実際のヘル

スケア用ウェアラブル機器の使用状況を模擬でき、実人体を用いずに放射イミュニティや静電気放電の試験が実施可能となる。

4. む す び

本研究では、ウェアラブルヘルスケア機器のイミュニティ試験に不可欠な擬似生体信号発生器を開発し、実筋電信号の発生を例として検証した結果、実信号と高い相関を有し、筋電義手を想定どおりに動かすことができることを確認した。また、発生した擬似生体信号を生体等価ファントム内に埋め込まれた電極に印加し、表面からセンシングできることを実証し、ウェアラブルデバイスに対するイミュニティ試験における有用性を示した。今後は、本試験系を用いて、放射電磁界や静電気放電に対するイミュニティ試験を実施し、ウェアラブルデバイスのイミュニティ試験法の確立を

目指す予定である。

謝辞 本研究の一部は、電気通信大学ギガビット研究会及び日本学術振興会科学研究費（基盤 B, No.15H04006）の援助によるものである。

文 献

- [1] J. Wang and Q. Wang, *Body Area Communications*, Wiley-IEEE, 2013.
- [2] C. Ji, D. Anzai, J. Wang, I. Mori, and O. Fujiwara, "An ESD immunity test for battery-operated control circuit board in myoelectric artificial hand system," *IEICE Trans. Commun.*, vol.E98-B, no.12, pp.2477–2484, Dec. 2015.
- [3] 伊藤公一, 河井寛記, 齋藤一幸, "生体等価ファントムの現状と今後の展望," *信学論 (B)*, vol.J85-B, no.5, pp.582–596, May 2002.

(平成 27 年 6 月 1 日受付, 9 月 25 日再受付)