

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650348

研究課題名(和文) お風呂に入ることができる福祉機器の開発

研究課題名(英文) The development of waterproof welfare equipment

研究代表者

小池 康晴 (Koike, Yasuharu)

東京工業大学・ソリューション研究機構・教授

研究者番号：10302978

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：筋電図によるアクティブな制御が可能な防水型福祉機器のために、筋電図用防水アクティブ電極を開発した。また、水中と空気中で計測した波形の質を比較し、性能の低下がほとんど見られずに計測できることを確認した。また、無線による通信のために、消費電力を抑えるシステムを構築した。さらに、防水型の義手の試作として、安価なサーボモータを用いた義手を製作した。関節角度とインピーダンスを可変に設定することで、位置だけでなく力の大きさも筋電図による制御可能とした。

研究成果の概要(英文)：Waterproof active EMG electrode was developed for welfare equipment. The qualities of measured signals in the air or water were compared. The result was that the minimum force level did not change in each condition. For the future development, a prototype of wireless system was made and the communication protocol for reducing electric power consumption was also developed. The prosthetic arm was made as trial models. In order to reduce the price or simplicity of controller, a servomotor was adopted. The position and impedance was controlled by EMG activities.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：筋電図 アクティブ電極 防水 ロボット

### 1. 研究開始当初の背景

現在日本で使用されている電動義手は、ほとんどが、ドイツの Otto Bock 社製の義手である。世界でのシェアは 70~80 % を占めている。自由度としては、「握る」という一つだけの機能を持っている。日本で普及している電動義手は、親指だけが動く物である。ドイツでは、Myobock (Otto Bock 社製) は 3 万人以上の切断者が使用しているといわれている。日本では、過去、電動義手が使われた例が 1994 年までに 349 本であることが調べられている。現在でも年間十本程度である。海外では、人口 10 万人あたり、0.5 から 2 本程度の義手が使われている計算になる。このように、日本では電動義手はほとんど使われていないのが現状である。現在用いられている義手は、限られた動作パターンを筋電信号から識別する方法で制御を行っているが、人間と同じ方法で、リアルタイムに義手を制御することができない。我々は、これまで筋電信号を用いたヒューマンインタフェースの研究を行っており、筋電信号から関節の角度、トルク、スティフネスをリアルタイムに推定する技術を開発している。これまでに、少ないパラメータで子供から大人まで同じ方式で推定が行えるめどが立ったため、義手を作成することを目指そうと考えるに至った。

### 2. 研究の目的

常用、あるいは緊急時でさえも意識せずに、自分の身体と同様の感覚で使用できるように、福祉機器の制御機構だけでなく、防水性を考慮した福祉機器を開発することを目的とする。たとえば、義手を考えた場合、これまでの電動義手はメカニカルな部分にゴム製のカバーを被せることで防水性をあげていた。しかし、カバーが破れてしまえば、防水性がないため故障の原因になっていた。本研究では、より一般的な状況で、義手などを意識せず、自分の体の一部として使用するための設計指針を与え、試作によりその性能を確かめることを目指している。

### 3. 研究の方法

研究は下記の項目について実施する。

#### (1) 無線モジュールの開発

無線で信号を通信する場合、信号の質を保ったままにかにして通信量を減らしバッテリーの消費を抑えるかを考え通信プロトコルを設計する。

また、生体信号は微弱でノイズに弱いため、電極のグラウンドの取り方や、複数の信号をどのように処理するかについても検討を行う。

さらに、試作基盤の作成を行い、無線で通信した場合の信号の変化やバッテリーの消費状況を確認する。

#### (2) 耐水性筋電アクティブセンサの開発

筋電図は筋線維上に 1 cm 程度の間隔で箇所

の信号を計測し、差動信号を計算することで得られる。アクティブ電極は、差動信号を電極部で増幅することで、S/N 比を向上している。このための電源が必要になる。これらの回路を電極付近に集中させ、水中でも計測できる電極を試作する。

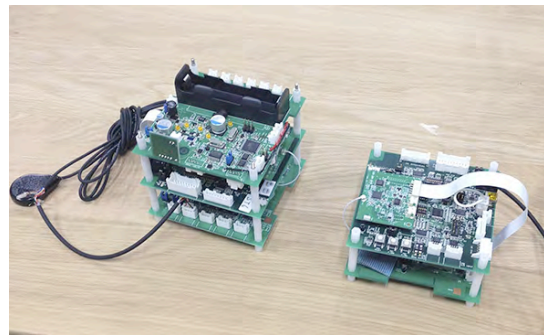
#### (3) 耐水性ハンドの開発

指だけでなく手首の角度が変更できることで日常生活での利用範囲が増大すると考え、手首の角度と指の曲げ伸ばしができるハンドを作成する。

### 4. 研究成果

#### (1) 無線モジュールの開発

無線で信号を通信する場合、信号の質を保ったままにかにして通信量を減らしバッテリーの消費を抑えるかを考えた。送信する筋電信号は 1 kHz 程度でサンプリングを行い力を計算する必要がある。一日中、このサンプリングレートで信号を計測し送信してはバッテリーを充電する回数が増えてしまう。そこで、電極側で筋肉の力を推定するための前処理を行い、送信する信号を 30Hz 程度でも十分な質で転送できるように設計を行った。また、Bluetooth を中心に転送プロトコルを検討した。

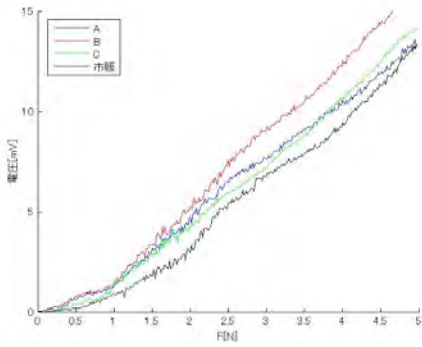


信号の伝送に成功したため、電極と同じ大きさ程度のモジュールの設計を行うために必要なデータをとることができた。

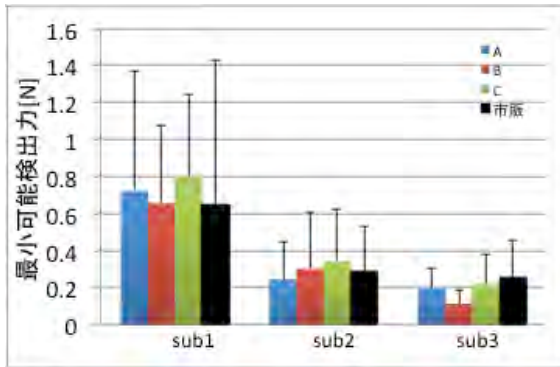
#### (2) 耐水性筋電アクティブセンサの開発

一般的な差動増幅回路を用いた電極を試作した。この電極の性能を調べるために、徐々に力を増加させたときに計測できる筋電図を市販の電極と比較した。



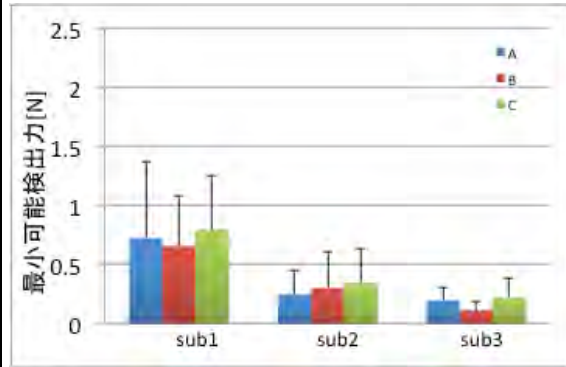
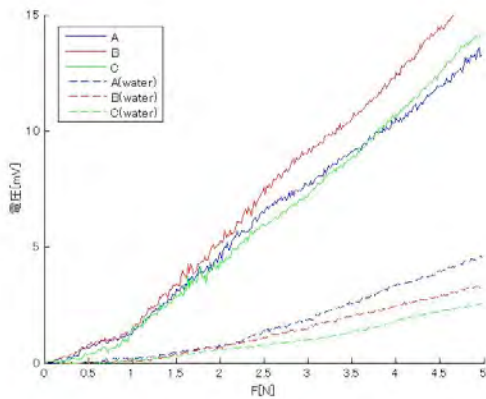


図のA、B、Cは、グラウンドの面積の違いである。図からわかるように市販のアクティブ電極と同程度の性能を持っていることを確認した。

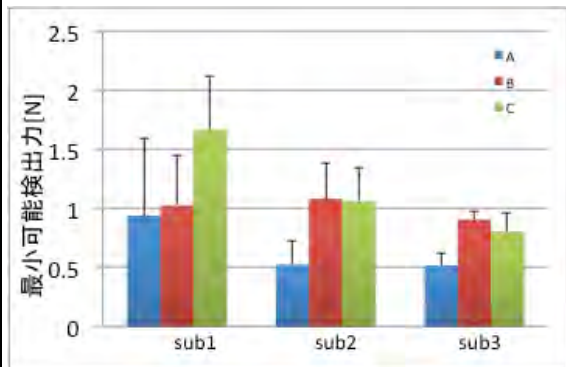


さらに、差動増幅した信号が水中でどのように変化するかを調べるために、空中と水中で同じ力を発生しているときの信号を比較した。

実線が空中で点線が水中である。図を見てわかるように、水中では傾きが小さくなっており、電圧が低下していた。このため、検出できる最低の力が減少することが懸念されるため、空中と同様、検出可能な最小の力を比較した。



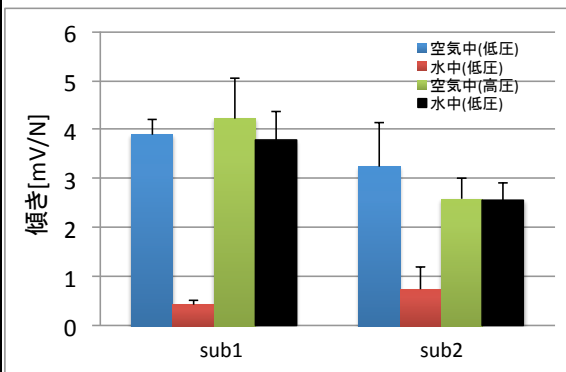
空气中



水中

水中では、検出できる最小聴力は増加するが、その程度はわずかであった。

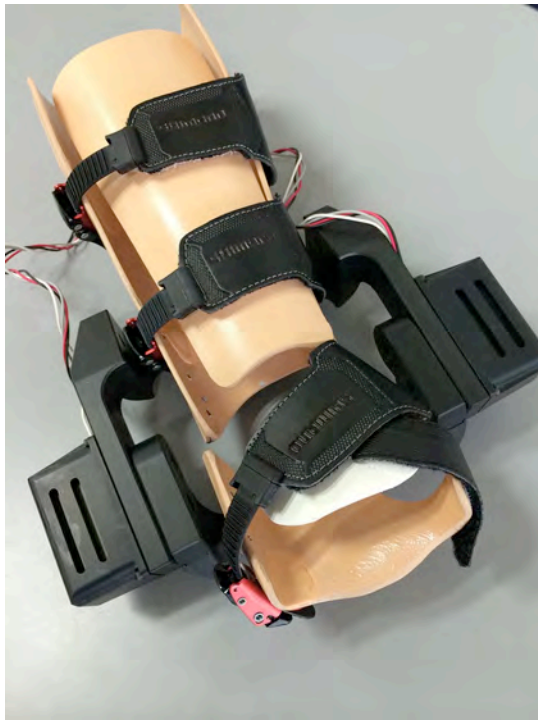
この原因は電極と皮膚の間に水分が含まれることだと考え、電極を皮膚に密着させる力を変えることで性能の改善を試みた。



この結果、圧力を高めることで、空中と同程度の感度を保つことも確認できた。

### (3) 耐水性ハンドの開発

1 kg 程度の重さのものが持ち上げられるように手首のトルクを考えロボットハンドを試作した。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① A. N. Belkacem, Hideaki Hirose, Natsue Yoshimura, Duk Shin, Makoto Sato, Yasuharu Koike, Classification of Four Eye-directions from EEG Signals for Brain-Computer Interface, J. Med. and Biologi. Eng., 査読有, 2014, in press  
DOI : 10.5405/jmbe.1596
- ② 小池康晴, 神原裕行, 吉村奈津江, 辛徳, 運動と姿勢の動作解析, 作業療法ジャーナル, 査読無, Vol.47, No.6, 2013, pp.492-496  
<http://www.fujisan.co.jp/product/988/b/937971/>
- ③ Duk Shin, Atsushi Katayama, Kyoungsik Kim, Jaehyo Kim, Natsue Yoshimura, Hiroyuki Kambara, and Yasuharu Koike, A Virtual Instrument System Operated by Electromyographic Signals, INFORMATION, An International Interdisciplinary Journal, 査読有, Vol.16, No.5, 2013, pp.3275-3285  
<http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/201302282062307510>

〔学会発表〕(計6件)

- ① 小川展夢, 神原裕行, 小池康晴, 予測の不確実性に応じた手首インピーダンス制御モデル, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2013.11.22, 東北大学(宮城県)
- ② Hiroyuki Kambara, Hiromu Ogawa, Duk Shin, Yasuharu Koike, A motor

control-learning model enabling stiffness adjustment according to uncertainty of object's weight during load-on task, 43<sup>rd</sup> annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN2013), 2013.11.11, The San Diego Convention Center (米国)

- ③ 山口和真, 神原裕行, 辛徳, 吉村奈津江, 小池康晴, 筋電図取得のための防水能動電極の開発, 第14回日本電気生理運動学会大会(JSEK2013), 2013.7.7, 大阪大学(大阪府)
- ④ Natsue Yoshimura, C. S. Dasalla, Toshiriro Kawase, Hiroyuki Kambara, Takashi Hanakawa, Masaaki Sato, Yasuharu Koike, Controlling a robot using muscle activity signals reconstructed from electroencephalography cortical currents, 42nd annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN2012), 2012.10.16, Ernest N. Morial Convention Center (米国)
- ⑤ 吉村奈津江, Charles Sayo Dasalla, 川瀬利弘, 神原裕行, 辛徳, 花川隆, 佐藤雅昭, 小池康晴, EEG信号源電流を用いたロボット制御, 第35回日本神経科学大会, 2012.9.21, 名古屋国際会議場(愛知県)
- ⑥ 小池康晴, 脳波を用いたロボット制御とその応用, Japan Society for Motor Control & Neuro-rehabilitation 2nd Congress, 2012.7.29, 札幌医科大学(北海道)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小池 康晴 (KOIKE, Yasuharu)

東京工業大学・ソリューション研究機構・教授

研究者番号 : 10302978