

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23700667

研究課題名（和文） 自立的な機能訓練を支援するリハビリテーション機器に関する研究

研究課題名（英文） Assist device for self-reliant functional training rehabilitation

研究代表者

小林 順 (KOBAYASHI JUN)

九州工業大学・情報工学研究院・准教授

研究者番号：50315173

研究成果の概要（和文）：表面筋電位計測システムを開発し、肘関節駆動に関連する筋肉の筋活動モデルを構築するために筋活動計測実験を実施した。開発した表面筋電位計測システムは、計測した筋電位信号や関節角度をリアルタイムで処理し、その結果をディスプレイに表示する。このシステムを使用して三名の被験者に対して筋活動計測実験を実施した。計測実験の結果、筋活動は負荷による外力に対して線形ではなく、筋の伸びにも依存することが示された。

研究成果の概要（英文）：A measurement system for surface myoelectric potential has been assembled to collect the biological data, which is used to construct a muscle activity model for muscles involved in elbow joint movement. The measurement system processes the obtained data regarding the muscles and elbow joint angle in real time, and then displays the results on a display. Surface myoelectric potentials of three subjects were measured using the system. The experimental results showed that the muscles were nonlinearly activated for the intensity of an external force and the activity level depended on the stretch of muscles also.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

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：筋電位計測

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、伸筋と屈筋の拮抗駆動によって動作する人間の関節構造を模擬した、可変剛性関節駆動モジュールを開発していた。このモジュールは、人間の関節と同様に、関節の硬さを柔軟に変化させることが可能であり、ロボットの関節として使用すれば、そのロボットは人間と接触するような作業でも安全に行うことができるようになる。本研究課題では、この可変剛性関節駆動モジュールを、人間と接触して動作するリハビリテーション支援機器に応用することを目指した。

このような支援機器が実用化されれば、リハビリテーションを支援する理学療法士の負担が軽減され、理学療法士はより高度な作業支援に労力を費やせるようになることが期待できる。

### 2. 研究の目的

リハビリテーションを必要とする患者が、理学療法士の支援がなくても機能訓練を行えるようにするための支援機器を開発する。具体的には、人間の関節と同等の柔軟性を持つ可変剛性関節駆動モジュールを用いて、患

者の筋肉の活動状態に合わせた適切な外力によって訓練中の関節を動かすことができる機器を開発することが目的である。

### 3. 研究の方法

開発するリハビリテーション支援機器は、患者の筋肉の活動状態に合わせて適切な外力を発生しなければならない。そのような機器を実現するためには、筋肉の筋活動モデルを構築し、そのモデルに基づいて筋肉の活動状態を予測する必要がある。

本研究では、肘関節駆動に関わる筋肉の筋活動モデルを構築するために必要なデータを収集するために、表面筋電位計測システムを開発した。図1に開発したシステムを、図2にそのシステムのブロック図を示す。



図1 表面筋電位計測システム

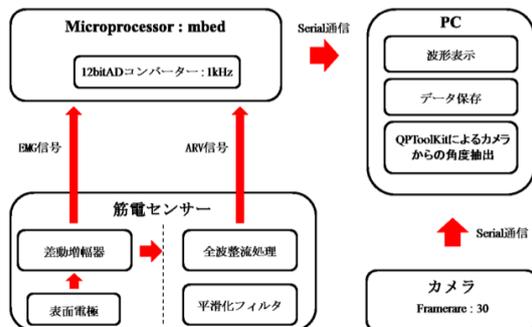


図2 システムのブロック図

開発した表面筋電位計測システムは、筋電位センサー、インターフェース回路、ARマーカー、カメラ、PCからなる。筋電位センサーには、追坂電子機器のID3PADW(図3)を使用し、伸縮性のあるバンドを巻き付けて被験筋に装着した(図4)。この筋電位センサーはアンプやローパスフィルタを内蔵しており、EMG信号のみならずARV信号も出力できる。筋電位センサーとPC間のインターフェース回路は、ワンチップ型マイコンのmbedで実現した。肘関節の角度計測は、被験者の

手首、肘、肩の位置にARマーカーを貼り付け、カメラで撮影されたARマーカーの位置から算出した。ARマーカーの位置計測には、QPToolkitと呼ばれるARマーカーによる座標計測ソフトを利用した。計測されたEMG信号、ARV信号、関節角度は、PC上でリアルタイムに処理され、その結果がディスプレイに表示される(図5)。



図3 筋電位センサー  
(追坂電子機器製 ID3PADW)

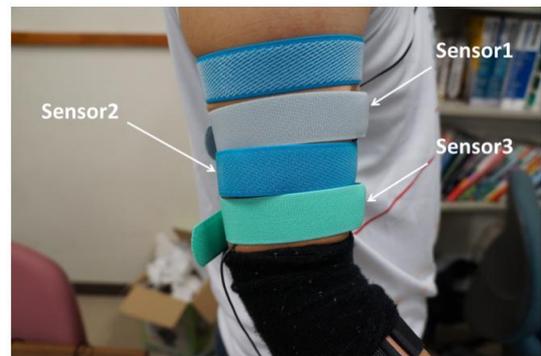


図4 筋電位センサーの装着方法

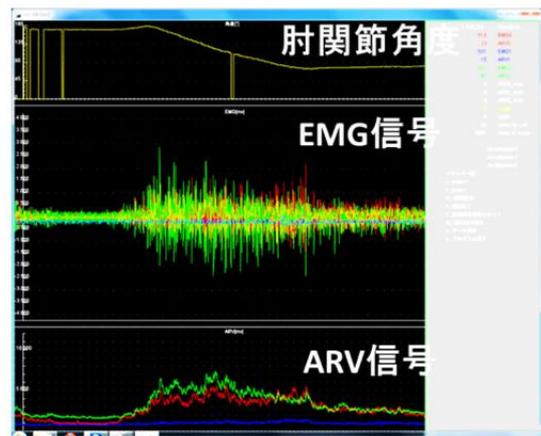


図5 リアルタイム波形表示

開発した表面筋電位計測システムを用いて、筋活動モデル構築のための計測実験を行った。具体的には、肘関節駆動に関わる上肢右上腕筋群の筋活動モデル構築に必要なデ

ータを収集するために、筋電位センサーを上腕二頭筋短頭の二カ所と上腕三頭筋外側頭の一カ所に貼り付け（図6）、筋活動を計測した。

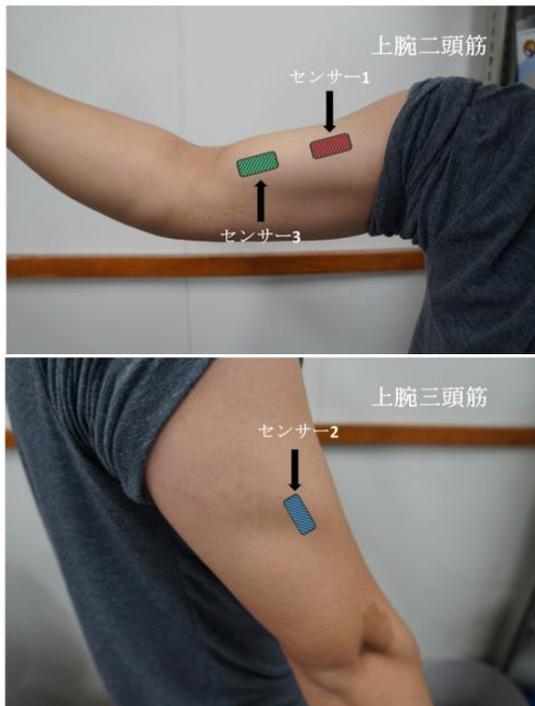


図6 筋電位センサーの装着位置

平均年齢22歳の健常な成人男性3名を被験者とし、次の二種類の運動課題を行わせた。はじめの運動課題は、被験筋が等尺性収縮している状態での筋活動を計測するための課題で、右上腕を体幹と平行にした状態で負荷（2.5kg、5.0kg、7.5kg）を右手で把持させ、肘関節の角度を固定した。固定角度は、60度、90度、120度の三パターンである（図7）。二つ目の運動課題は、屈曲運動時の筋活動を計測するための課題で、肘を伸ばした状態から屈曲限界まで、速い屈曲運動とゆっくりとした屈曲運動をさせた（図8）。

計測時間は、等尺性収縮時で負荷支持後の5秒間とした。また、負荷5.0kgの肘関節角度固定の場合において、負荷支持から30秒後の筋疲労が見られる状態での5秒間を計測した。屈曲運動の運動課題の場合も、計測時間は5秒間とし、その間に屈曲運動をさせた。

以下では、得られた結果のうち、筋活動量の差異が顕著なものを選択して示す。

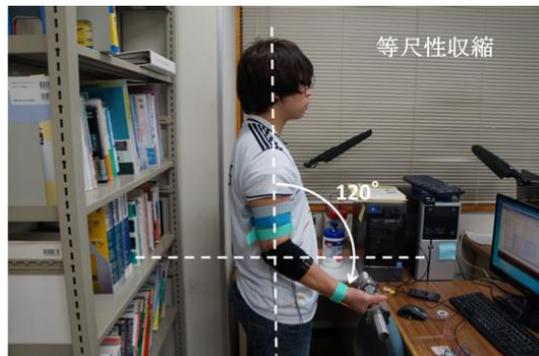


図7 運動課題1（等尺性収縮）



図8 運動課題2（屈曲運動）

図9は、肘関節を90度に固定して負荷（2.5kg、5.0kg、7.5kg）を支持させた場合の、上腕二頭筋短頭に装着した筋電位センサー1で計測した表面筋電位を示す。負荷の増加に伴い、表面筋電位が上昇、つまり筋活動が活発化していることがわかる。

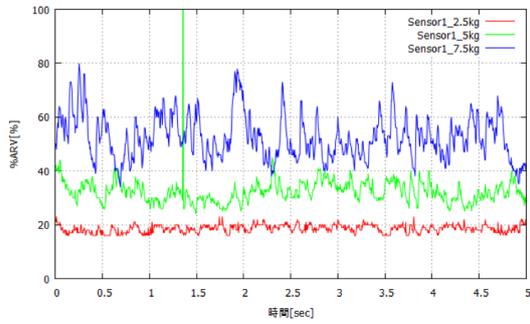


図9 等尺性収縮時の表面筋電位：  
肘関節 90 度固定、  
負荷 2.5kg (赤)、5.0kg (緑)、7.5kg (青)

図10には、等尺性収縮時に計測した表面筋電位の平均値を示す。横軸は肘関節の固定角度である。力学的には、肘関節に作用する負荷トルクは、肘関節を90度に固定したときに最大となるが、図10の実験データから肘関節を120度に固定した場合の方が、表面筋電位の平均値は高いことがわかる。この結果より、筋活動は発生する力に対して線形ではなく、筋の伸びにも依存することが推測できる。

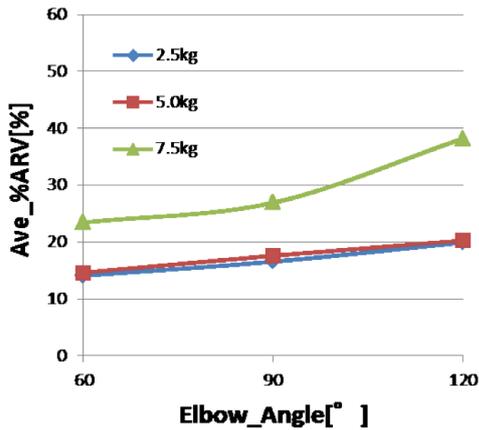


図10 等尺性収縮時の平均表面筋電位  
負荷 2.5kg (青)、5.0kg (赤)、7.5kg (緑)

図11は、筋疲労前後での表面筋電位の結果を比較したグラフである。筋疲労の影響で、筋活動が活発になり、表面筋電位の平均値が上昇していることがわかる。

図12は、肘関節を屈曲運動させたときの、上腕三頭筋外側頭の表面筋電位と肘関節角度の推移を示す。肘関節を伸ばした状態から屈曲させる運動であるが、速く屈曲した場合には、伸張する上腕三頭筋が活発に活動していることがわかる。

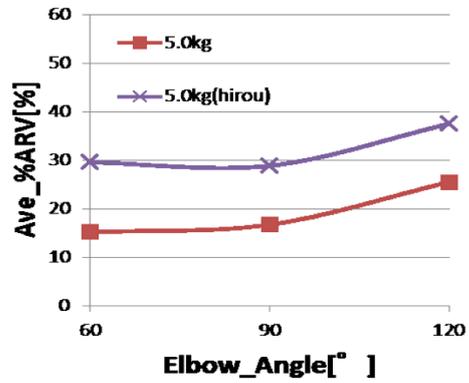


図11 筋疲労前後の平均表面筋電位

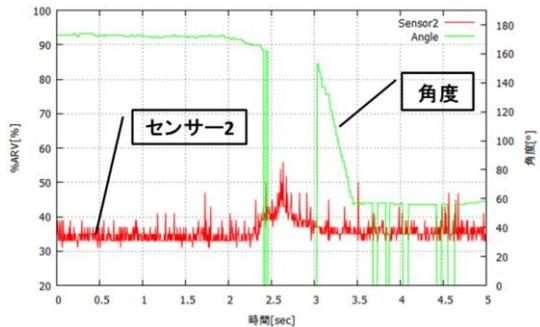
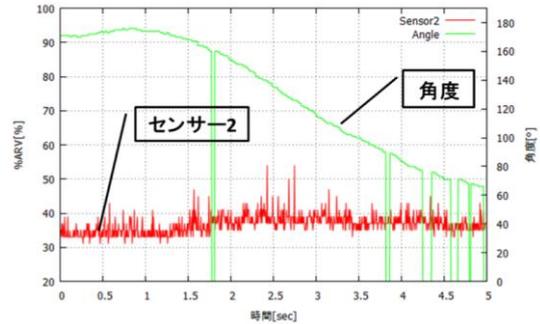


図12 屈曲運動時における上腕三頭筋外側頭の表面筋電位と肘関節角度

#### 4. 研究成果

本研究では、表面筋電位および関節運動を計測するためのシステムを開発した。このシステムを利用すると、肘関節駆動に関わる筋肉の筋活動モデルを構築するために必要な表面筋電位のデータを収集することができる。また、表面筋電位の計測と同期して関節の運動も計測できるため、表面筋電位と関節運動の関係を容易に把握することが可能である。

開発した表面筋電位計測システムを用いて実施した実験の結果は、筋活動は負荷による外力に対して線形ではなく、筋の伸びにも依存することを示した。また、筋疲労によって筋活動が活発になることも確認された。今後はこれらの要因を考慮して筋活動モデルを構築し、計測された表面筋電位より筋活動の推移を予測するシステムを開発する。

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)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 順 (KOBAYASHI JUN)

九州工業大学・情報工学研究院・准教授

研究者番号：50315173