

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：54101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25420234

研究課題名(和文) 新しい筋電位駆動モータを用いた介護用ロボットアームの開発に関する研究

研究課題名(英文) New robotarm control system for nursing with myoelectric potential

研究代表者

伊藤 明 (Ito, Akira)

鈴鹿工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：40259883

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)： 利用者の意思に沿って動作するパワーアシストスーツや筋電義手への利用を目的として、計測した筋電図から筋収縮のトリガーとなる活動電位(AP)を推定する方法を検討した。本研究では、筋収縮力を詳細に計算できるヒト骨格筋モデルを取り入れリアルタイムに信号処理をすることを目指した。マルチスレッドプログラミングを用いて実時間処理という形で行うことができた。実用化を検討する際には、PCよりも小規模な計算機でも処理できるようにモデルの計算を簡略化する必要があることが明らかになった。推定の政策差を向上させるためのAP推定と筋肉群の分類方法を改善し定量的な評価が必要であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)： I studied a method to estimate the action potential (AP) that triggers the muscle contraction from the measured electromyogram with the aim of using it for power assist suit and myoelectric prosthesis that operate according to user 's intention. In this study, we aimed to process signals in real time by incorporating human skeletal muscle model which can calculate muscle contraction force precisely. The system consists of real time processing using multithread programming. When logging on practical application, it became clear that it is necessary to simplify the calculation of the model so as to be able to process with even smaller computers than PC. It was revealed that AP estimation for improving estimation policy difference and quantitative evaluation are needed to improve classification method of muscle group.

研究分野：生体工学

キーワード：筋肉モデル ヒト生体骨格筋

1. 研究開始当初の背景

ロボットは現在まで、主に工場で産業用として利用されてきた。今後、少子高齢化が進む日本では、“老老介護”の支援など家庭で人間を対象とした需要が高まる。訓練を受けていない高齢者が操作できるためには、ヒトの動きにより近いコントロールシステムが不可欠である。我々の研究グループは、従来広く用いられてきている Hill タイプの筋肉モデルでは再現困難であったヒトの非線形でヒステリシスな運動を、十分に再現できる新しい筋肉モデルをすでに国際会議・論文などに報告してきている。

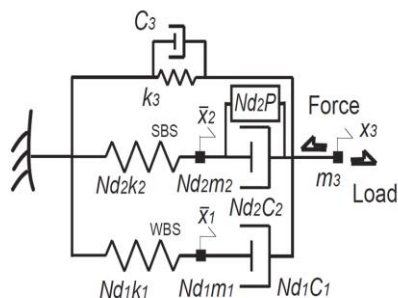


図 1 我々の研究グループが報告している二つのマクスウェル要素からなる骨格筋の力学モデル。

2. 研究の目的

多チャンネル表面筋電位測定から推定される各筋肉群の活動電位を新しい筋肉モデルの入力とすることで、介護補助用ロボットアームの実現のために必要な、より人間の動きに近く違和感が少なく長時間利用しても疲労が少ないシステムの作成を目指している。

3. 研究の方法

(1) 4チャンネル表面筋電位測定を行い、活動単位の運動参加順位を考慮した複数筋肉群からの活動電位の分離推定をする(図2)。

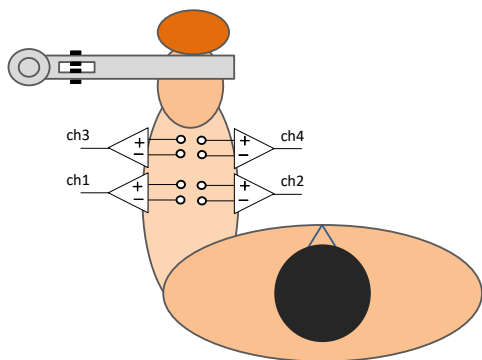


図 2 随意収縮時の上腕二頭筋活動電位を好いているするためのアンプ内蔵 4チャンネル表面筋電位測定の様子。(筋収縮状態は手首レバーのひずみゲージで測定。)

図3の回路を作成し、図2のように配置された4チャンネルの信号の強度比(図4)と位相差から、図5の流れで信号処理し各運動単位の活動電位を推定する。

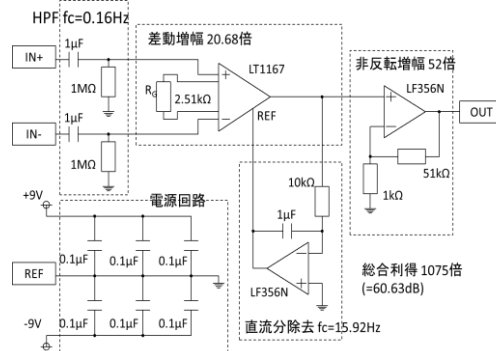


図 3 本研究で用いた表面筋電位の測定回路の概要

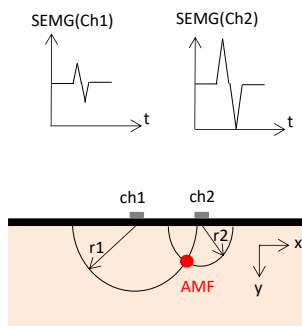


図 4 活性化された筋繊維 (AMF) を伝搬する表面筋電位の異なる距離に配置された2チャンネルの表面筋電位 (SEMG) の信号変化の様子。

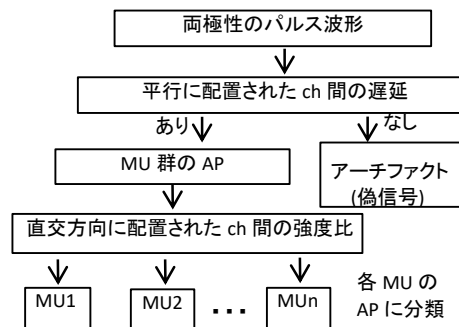


図 5 活動単位 (MU) を 4チャンネル表面筋電位から推定する流れ

(2) 活動電位を各筋肉群の骨格筋モデルに入力信号として、筋収縮力を実時間 (リアルタイム) で計算し筋収縮力を表示する。

(3) 複数の筋肉群の筋収縮状態を非接触で簡便に評価するために、マルチライン光を用いた非接触筋収縮力評価方法を検討する。

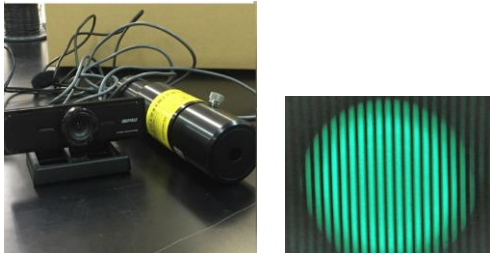


図 6 実験に用いたビデオカメラとマルチライン投光機(左図)、マルチライン光を平板へ投光した画像例(右図)

4. 研究成果

(1) 最大髄収縮の 30%で随意収縮した場合の上腕二頭筋を対象とした場合、3 つの活動単位からの活動電位パルスを推測できた。

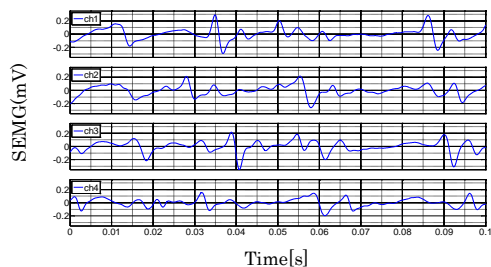


図 7 4チャンネル表面筋電位の測定例

表 I 分類された 3 つの活動単位のパルス

運動単位	パルス高さ (mV)	直交方向の ch 間強度比		発火頻度 (pulse/sec)
		ch2/ch1	ch4/ch3	
MU1	0.06~0.14	-	-	24
MU2	0.10~0.18	0.7	0.8	20
MU3	0.02~0.08	2.0~2.5	1.6~2.0	12

(2) 増幅率 1000 倍の小型アンプ出力を、16bit の AD コンバータを用いてサンプリングレート 44.1kHz で PC へ取り込み、LPF 処理し活動電位パルスを推定し筋肉モデルへ入力し、運動単位毎に計算した出力値を実時間で足し合わせ求めるプログラムを作成した。

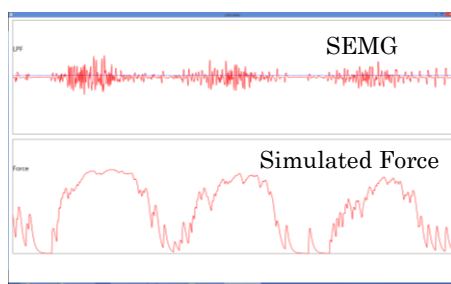


図 8 実時間での筋出力の計算例

マルチスレッドプログラミングを用いて実時間処理という形で行うことができた。実用化を検層する際には、PC よりも小規模な計算機でも処理できるようにモデルの計算を簡略化する必要があることが明らかになった。推定の政策差を向上させるための AP 推定と筋肉群の分類方法を改善し定量的な評価が必要である。

(3) 上腕二頭筋の筋収縮状態を非接触に評価するために、LED を用いた 13 本のライン光を照射できるスリット光投影機を外部業者に作成を依頼し、ビデオカメラを用いて、プログラミング言語 Python と画像処理ライブラリ OpenCV により表面の凹凸を評価するシステムを作成し、ひずみゲージを用いた筋収縮力との相関を評価した。随意収縮の実験から、マルチレーザ光を用いた非接触筋表面高さ変化の定性評価を行うことはできた。定量評価を行うためには、今後測定器具を工夫するなどして簡便なキャリブレーション方法の検討が必要である。定量評価が可能となることで、より人の動きに近い筋電義手の開発に必要なモデルパラメータ決定するための、低周波での粘弾性測定の前接触評価が可能となる。非接触評価は、本研究で対象とした上腕二頭筋のほかの下肢など複数の筋肉群からなる部位の検討の際に有用である。また、スポーツトレーニングの指導や、筋肉の疲労評価などの分野にも適用が可能である。

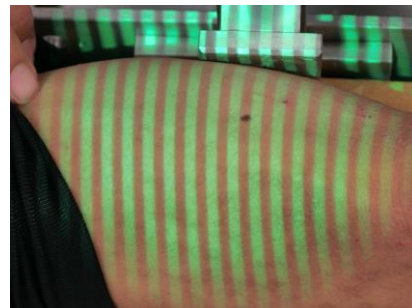


図 9 上腕二頭筋にスリット光を照射画像例

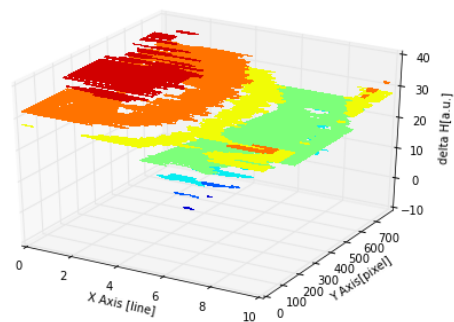


図 10 直線からのズレから求めた表面の凹凸測定値の収縮時と弛緩時の差分結果の例。筋肉表面の隆起部分の値と、手首レバーでの筋収縮力と正の相関を確認。

<引用文献>

1) "The phenomenological model of muscle contraction with a controller to simulate the excitation-contraction (E-C) coupling", Y. Tamura, M. Saito, A. Ito, J. Biomech., pp. 400-403, Vol. 15 (2009)

2) 研究代表者：齊藤、研究分担者：田村、伊藤、『筋収縮過程の非線形特性を考慮したニューロマスキュラーシステムのモデリングに関する総合的研究』科学研究費補助金研究成果報告書：基盤研究(C)(2)：課題番号1550036 平成15年度～平成17年度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

①伊藤明、萩誠二郎、田村陽次郎、マルチライオン光を用いた非接触筋収縮力評価システムに関する研究、計測自動制御学会中部支部第158回教育工学研究会 論文集、査読あり 2017年12月(投稿中)

②森河俊成、伊藤明、田村陽次郎、4チャンネル表面筋電位測定による運動単位の活動推定、計測自動制御学会中部支部第159回教育工学研究会論文集、査読あり、vol. 39、2016年12月、pp. 13-15

〔学会発表〕(計5件)

①伊藤明、島創大、箕浦弘人、田村陽次郎、OpenSimを用いた下肢運動評価、ロボティクス・メカトロニクス講演会、2017年5月12日、福島

②森河俊成、伊藤明、田村陽次郎、表面筋電位を用いたヒト骨格筋モデルに基づくリアルタイム制御、ロボティクス・メカトロニクス講演会、2016年6月10日、横浜

③森河俊成、伊藤明、田村陽次郎、4チャンネル表面筋電位測定による運動単位の活動推定、計測自動制御学会中部支部第159回教育工学研究会、2016年3月19日、名古屋

④伊藤明、平山敦基、田村陽次郎、骨格筋モデルに基づくロボットアーム制御に関する研究、ロボティクス・メカトロニクス講演会、2015年5月18日、京都

⑤伊藤明、田村陽次郎、齊藤正美、Force Simulation of Human Biceps Brachii Using 4-Channel Surface Electromyography、Eighth Asian-Pacific Conference on Biomechanics、2015年12月19日、札幌

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：

権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤明 (ITO, Akira)
鈴鹿高専・電子情報工学科・教授
研究者番号：40259883

(2) 研究分担者

田村陽次郎 (TAMURA, Youjiro)
鈴鹿高専・物理教室・教授
研究者番号：20163701

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()