

# 筋電位計と機械学習に用いたアームロボットの制御

侯, 志昊 / HOU, ZHIHAO

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

65

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2024-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030698>

# 筋電位計と機械学習に用いた アームロボットの制御

USING ELECTROMYOGRAPHY AND MACHINE  
LEARNING TO CONTROL OF ARM ROBOT

侯志昊

HOU ZHIHAO

指導教員 鳥飼弘幸

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

In this study, machine learning is used to classify myopotential data of a human arm obtained from an electromyography implemented with an analog circuit, and to control an arm robot. Three patterns of human arm movements are determined, and the EMG data during the movements are input to an electromyography for measurement. By inputting the measured data into the model implemented in the machine learning system, we verify that the arm robot can reproduce the same movements as those of a human arm through circuit implementation and experiments.

**Key Words** : EMG, machine learning, arm robot

## 1. はじめに

本研究では、機械学習による筋電位計の最適化を行い、筋電位によるアームロボットの制御システムを実装する。第1章では、筋電位計と機械学習を用いてアームロボットの制御実験の前段階として筋電位計について説明する。第2章では、筋電位計の最適化方法を提案し、筋電位計の実装について説明する。本稿では、筋電位計をアナログ回路で実装し、最適化を行い、機械学習で分類し、アームロボットを制御について示す。

電子回路で実装された筋電位計は多くの研究者によって提案された。筋電位計は、医療分野やリハビリ分野、体育スポーツ分野などで、筋の機能解析や運動機能解析、動作解析を目的に広く利用されている技術である[1][2][3]。典型的な筋電位計は、高入力インピーダンス差動増幅回路、直流分カットのためのHPF、電圧フォロワ、低入力インピーダンス反転増幅回路、バンドストップフィルタ、包絡線検波回路、比較回路などの部分を持つ。本研究では、アナログ回路で実装した筋電位計から得られる人の腕の筋電位データを機械学習で分類する。実験と解析の結果、分類結果を用いて、筋電位計のパラメータ値を調節するより、分類効果が高まることが分かった。分類された筋電位を利用してアームロボットを制御し、アームロボットが人の腕の動きを再現することを検証する。

図1に示すように、筋電位を読み取り、その人がこれから行いたいと考えている腕の動きをアシストするデバイスの例を示しています。[4]このような研究は事故や病気などで腕を動かせなくなった人のサポートをするため有効です。

本研究では、機械学習による筋電位計の最適化を行い、筋電位によるアームロボットの制御システムを実装する。

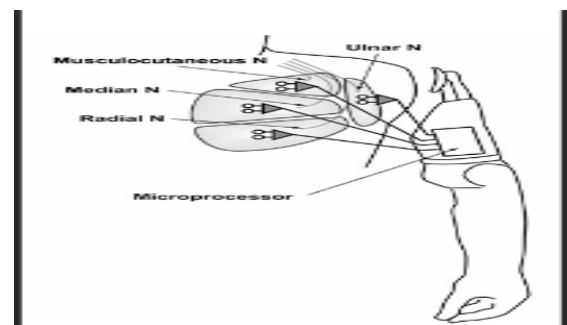


図1 デバイス制御の例

## 2. 筋電位計と筋電位計の最適化

(a)筋電位計

図2(a)は、筋電位計の回路図を示している。この中には、

高入力インピーダンス差動増幅回路，直流分カットのための HPF，電図 5 異なる動作による腕の筋電位波形圧フォロワ，低入力インピーダンス反転増幅回路，バンドストップフィルタ，包絡線検波回路，比較回路の 6 つの部分で構成される．図 2(b) は筋電位計をハンダ付けによりアナログ回路で実装した筋電位計を示している．オシロスコープと電極が接続され，完全な測定回路が完成する．図 3 は腕の筋電位の測定波形を示している．この信号が筋電位計の入力電圧  $V_{in}$  であり，筋電位の典型的な時間波形である．

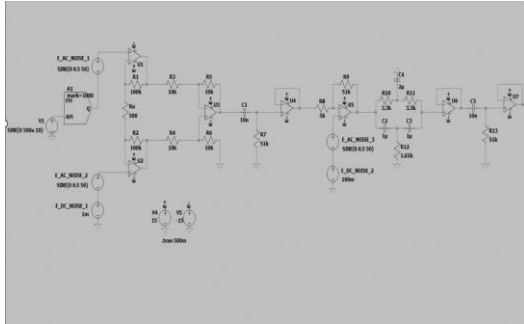


図 2(a) 筋電位計の回路図

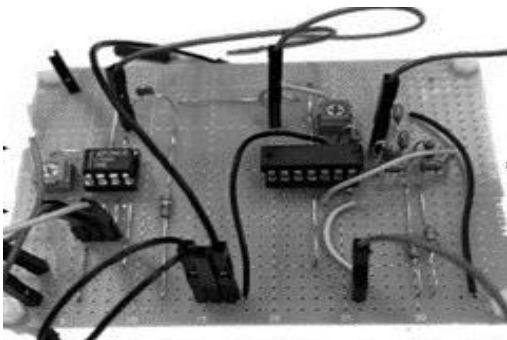


図 2(b)実装した筋電位計

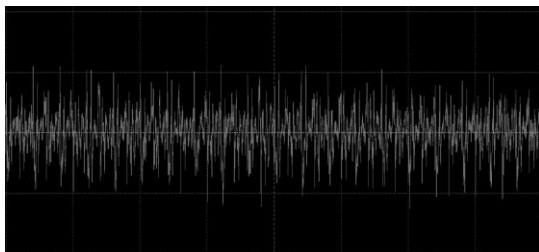


図 3 測定した波形

(b)筋電位計の最適化

アームロボットの制御は 2 つのステップに分けられ，図 4 に 赤線で筋電位分類モデルの学習を示している．A は筋電位計， $V_{in+}$  と  $V_{in-}$  は筋電位計の入力電圧， $G$  はグラウンド， $V_o$  は筋電位計の出力電圧である．C は機械学習， $T$  は機械学習における教師データである．教師データとして筋電位計で測ったデータを機械学習に入力し，機械学習を行う． $R$  は分類精度を上げるためにモデルの学習結果を筋電位計の可変抵抗にフィード

バックする信号である．

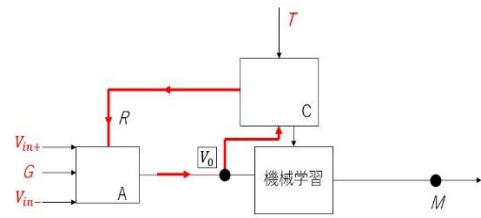


図 4 筋電位分類モデルの学習

そして，図 5 に青線でアームロボットの制御を示している．機械学習は機械学習の学習済みモデルによる分類結果を Field Programmable Gate Array (FPGA) に入力するブロックである．機械学習から出力される信号  $M$  は FPGA が分類結果を基にアームロボットに指令を出す信号である．

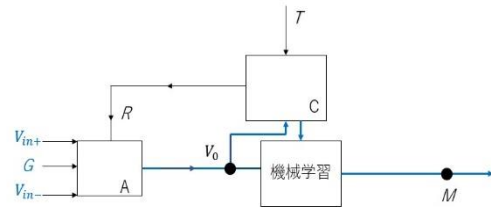


図 5 アームロボットの制御

### 3. アームロボットの制御実験

この節では，筋電位でアームロボットを制御する方法について説明する．図 6 はアームロボットの制御システムを簡略化した図である．

ステップ 1 (設定) : 肌に電極を貼り付け，筋電信号を収集する．

ステップ 2 (信号処理と特徴の抽出) : 腕は三つの動きをし，三つの動きの間に捕捉された筋電信号から，有用な特徴が抽出される．

ステップ 3 (変更) : 測定筋肉の位置腕を変え，前と同じ動作を繰り返す．

ステップ 4 (制御設計と実装) : 適切な制御アルゴリズムを用いて，第 2 ステップで抽出した特徴を使用してアームロボットの運動命令にマッピングする．

ステップ 5 (観察) : 実験を行い，リアルタイムで筋電信号を収集してアームロボットを制御し，アームロボットの動きの反応を観察する．アームロボットは FPGA を用いて制御した．腕の筋肉の動作は 3 パターンがあり，アームロボットは腕と一致した動きをした．筋電位計で測定したデータによるアームロボットの腕の動きの再現することが確認できる．図 7 は腕の動作パターン (左) とそれに対応したロボットの動作である．

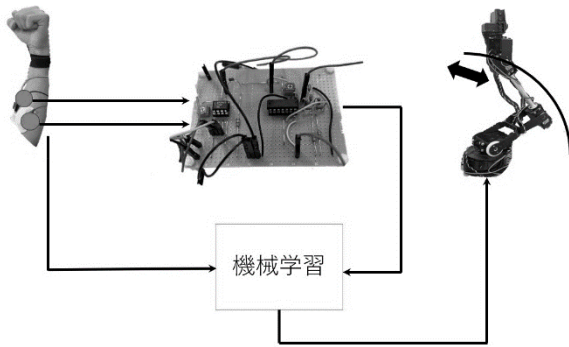


図6 制御システムの簡略図



図7 腕の動作パターン（左）とそれに対応したロボット（右）

#### 4. 結論

本稿では、筋電位計と機械学習を用いてアームロボットを制御し、腕の動きを再現できることを示した。まずはアナログ回路による筋電位計を実装した。また、機械学習を用いた筋電位による腕の動作を分類した。さらに、機械学習モデルを用いて筋電位計の可変抵抗 $R_a$ を変えることで最適化を行い、筋電位の分類正答率による抵抗値の最適値を確認した[5]。したがって、本研究は事故や病気などで腕を動かせなくなった人のサポートをするため有効であり、今後の装置を開発するための課題として、(a) より複雑なアームの運動制御システムの開発、(b) 脳波によるロボット制御のシステム開発、が挙げられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、研究の内容、方針についてご丁寧な指導を受け賜りました鳥飼弘幸教授には、心より深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1)Shotaro Okajima, Quantification of Extent of Muscle-skin Shifting by Traversal sEMG Analysis Using High-density sEMG Sensor, pp.3- 71,2019.
- 2)Husamuldeen K. Hameed, Identifying the Best Forearm Muscle to Control Soft Robotic Glove System by Using a Single sEMG Channel, pp.5-

190, 2020.

3)Pragathi Venkatesh, Smartphone App-Enabled Flex sEMG Patch using fowlpf, pp.2-156, 2022.

4)Kathy A. Stubblefield *et al.*, Occupational therapy protocol for amputees with targeted muscle reinnervation. Volume 46 Number 4, Pages 481 - 488, 2009.

5)侯志昊, 鳥飼. 筋電位計とAIを用いたアームロボットの制御について, 電子情報通信学会信学技報, NLP2023-82, 2023.