

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 12 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01567

研究課題名（和文）前腕切断者を支援するための筋電位を用いた機器制御手法に関する研究

研究課題名（英文）Research on device control method using myoelectric potential to support forearm amputee

研究代表者

曲谷 一成 (Magatani, Kazushige)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：00181610

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は前腕切断者が利用しやすい筋電義手を開発することを目的として行った。具体的には義手利用者の前腕部に形状を合わせたソケットに電極を取り付け正確な電極位置から筋電位を導出できる小型の筋電計と手指動作識別システムを構築した。またセンシングポイントを16チャンネル持つ小型の可変容量型圧覚センサを開発し、把持力を正確に計測することを可能とした。把持力の利用者へのフィードバックは音の高低または上腕部に巻いたカフの振動を制御することで行うことで良好な結果を得た。更に指先に赤外線を用いた触覚センサを装着しその出力を光パネルの色および明るさの変化として触感を提示する手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

前腕切断者を支援するために多種の義手を使用されている。これらの中でアクチュエータを有する動力義手は、人の手指とほぼ同等の動作が可能だが、実用化されている物の多くは「握る」「開く」の2種類の動作ができるだけの簡単な物である。また使用者が義手で物体に触れた際に物体の感触を感じ取り、それに従って力を加減し動作を制御することは現状では極めて難しい。本研究では、前腕切断者の残存筋より導出した表面筋電位、および義手に配置したセンサを情報源とし、操作者の意図した通りの動力義手の制御を可能とする非侵襲なマンマシンインタフェースの構築を行い、義手利用者に資する技術を開発できたと考える。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to develop a myoelectric prosthesis that is easy to use for forearm amputees. By attaching electrodes to the socket that matches the shape of the forearm of the user, it has become possible to measure myoelectric potential from an accurate position. We have constructed a small electromyographic meter and a finger movement recognition system. In addition, we have developed a small variable capacitance type pressure sensor with 16 sensing points, which enables accurate measurement of gripping force. We have developed a mechanism for presenting the grip force of a prosthesis by vibrating the cuff wrapped around the upper arm or by varying the pitch of the sound. Furthermore, we have developed a method of presenting the output from a tactile sensor using infrared rays attached to the fingertip as changes in the color and brightness of the optical panel.

研究分野：生体医工学

キーワード：筋電義手 手指の動作認識 感覚フィードバック

1. 研究開始当初の背景

前腕切断者を支援する補装具として前腕義手がある。これらの多くのものは装飾義手であり、また実際の作業に使用する義手はいわゆる鍵手が付いた作業義手である。これらが人の手指の動作を模擬できないことは言うまでもない。普及数は少ないが電気をエネルギー源とする動力義手と呼ばれるものも存在しこれは手を握る、または開くことがスイッチのオン・オフで可能である。また少数ではあるが筋電義手と呼ばれるものも存在し、これは筋が発生する電気信号に従って動作するが、その多くのものは筋電位を検出することにより手を握る、または開く、の2動作を行うものである。

研究段階ではあるが、機構的には電気を動力源とし、人の手指と同じ動作をする義手(マニピュレータ)が開発されており、これを制御する情報源として前腕切断者の残存筋から得る筋電位が期待されている。このような筋電義手では残存筋に3～4個の電極を取り付け、そこからの筋電位の導出パターンで手指の動作識別を行うが、利用者に依らず高い識別率を達成することは困難であり、また利用者ごとに異なるであろう最適な電極貼付位置を見出すことも難しい状況である。

また、健常者は手指を使用して物に触れたり、物を把持したりする際には、触れるものの感触を確かめたり、把持する際に手に込める力を把持する物に合わせて加減したりするが、筋電義手ではそのような情報取得であったり、力の制御であったりすることはできないのが現状である。

2. 研究の目的

上記のような筋電義手のおかれた状況を考えると、義手の利用者は健常者に比較して極めて不自由な状態に置かれていると考えられる。そこで、本研究では筋電位を用いた筋電義手(ここでは人の手指と同様の動作が可能な機構を備えた義手を対象とする)の制御手法を確立し、前腕切断者の支援を行うことを目標とした。具体的には義手の利用者ごとに最適な電極位置に電極を配置し、そこから得られた筋電位を用いて高い識別率で手指の動作を認識するシステムを開発する。更に筋電義手に装着する小型の多点圧覚センサと、触覚センサの開発を行うとともにこれらのセンサから得た情報を義手の利用者フィードバックする手法を開発する。これらを合わせて前腕切断者の残存筋より導出した表面筋電位、および義手に配置したセンサを情報源とし、操作者の意図した通りの動力義手の制御を可能とする非侵襲なマンマシンインタフェースの確立を本研究の目的とする。

3. 研究の方法

本研究の目的は前腕部より導出した筋電位から手指の動作を正確に識別する手法、およびその際に筋から発生する力を推定する手法、さらに動力義手が触れる物体の圧覚情報を何らかの感触として利用者にフィードバックする手法を確立し、これらを統合し前腕部筋電位により動力義手を制御するマンマシンインタフェースを開発することである。

この目的を達成するために本課題では以下に示す 4 項目の事項について研究を行なう。
1.利用者が動作の時間遅れを意識せずに手指動作の識別を達成する手法の確立。2. 動力義手のハンド部に装着され、そこから検出した圧覚を操作者にフィードバックするための圧覚センサの開発。 3.圧覚センサからの出力を利用者に提示するための機器と効果的な手法の開発。4.以上 1~3 の成果をまとめた動力義手制御システムの構築。

4. 研究成果

我々の行った研究により以下の成果を上げることができた。

- i) 前腕部を一周するように覆う 96 チャンネル多チャンネル電極を開発した。これから導出した筋電位に対し使用する筋電位の数と電極位置をランダムに選択し識別率を計算する試行を数多く繰り返し、その中で最も識別率の高い電極数と位置をその利用者の最適なものとする手法を開発した。
- ii) 上記により求めた 4 チャンネルの電極から導出した筋電位に対して、線形識別規則である正準判別分析法を用い各指の伸展、屈曲を含む手指の基本 18 動作で平均識別率 96% 以上を達成した。また識別速度を上げるため非線形識別規則として SVM(Support Vector Machine)について検討を行い、使用するカーネルのパラメータを最適化するための手法を見いだした。
- iii) 筋力を計測するための測定器を開発し、手の動作に伴い発生する筋力と筋電位の関係を調べた。この結果、手の動作に伴う筋力は発生する筋電位の振幅にほぼ比例することを示した。これにより利用者の筋電位を計測することで発生している筋力を推定することが可能となった。
- iv) 容量変化法を用いた 16 チャンネル多点圧覚センサを開発し、これを動力義手の代替として用いたロボットアームのハンド部に装着し、ハンドが物体を把持した際のハンド部における把持力分布をリアルタイムで計測することが可能となった。
- v) 義手が物体を把持した際の把持力を利用者の上腕に巻いたカフの振動で提示する装置を試作した。この結果、動力義手の代替として用いたロボットアームが物体を把持する際の把持力を非侵襲で利用者にフィードバックすることが可能となった。
- vi) 義手の指先に装着することにより指先で触れた物の触感を検出し義手利用者にフィードバックする手法の開発を行った。具体的には 1 つの赤外線 LED の周りに 8 個のフォトダイオードを配置し、この構造の上部に張られた薄いゴム膜の振動を検知できる触覚センサを開発した。このセンサを筋電義手の指先部分に装着することにより義手の指先が物体に触れた際の微妙振動を複数のセンシングポイントで検出することが可能となる。さらにこのセンサの配列と同様にフルカラー LED 配置した発行パネルを製作し、センサからの出力により発行パネルの色が変化する触覚フィードバック機構の開発を行った。この機構により義手の指先部分が物体に触れた時におきる微小な振動を可視化することが可能になった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 曲谷一成、濱田純也	4. 巻 58
2. 論文標題 筋電義手使用者のための触覚センサと提示デバイスの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東海大学紀要工学部	6. 最初と最後の頁 13-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 曲谷一成、鈴木隆史	4. 巻 56
2. 論文標題 リニア振動アクチュエータを用いた方向提示デバイスの開発	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 東海大学紀要工学部	6. 最初と最後の頁 49-54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazushige Magatani, Takashi Suzuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Development of the Haptic Device Using Linear Oscillatory Actuators for the Disabled	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics	6. 最初と最後の頁 99-104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計48件（うち招待講演 0件/うち国際学会 10件）

1. 発表者名 曲谷一成、濱田純也
2. 発表標題 筋電義手使用者の為の多点圧覚センサと触覚フィードバックデバイスの開発
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、有我祥子
2. 発表標題 前腕部電動義手を制御するためのEMG解析システムの開発
3. 学会等名 第17回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、濱田純也
2. 発表標題 筋電義手の指先に取り付ける静電容量変化式多点圧覚センサの開発
3. 学会等名 17回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、中田 皓大
2. 発表標題 振動モータを用いて構成した筋電義手使用者のための触覚提示システムの開発
3. 学会等名 17回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、渡部哲也
2. 発表標題 ロボットアームの指先に装着する触覚検出センサの開発
3. 学会等名 第17回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、木村俊介
2. 発表標題 筋電義手の把持力をユーザーに提示する手法の開発
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.Magatani, M.Kobayashi
2. 発表標題 A development of the system that has a display to texture of an object for artificial hand user
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Biomedical Signal and Bioinformatics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.Magatani, J.Tsueda
2. 発表標題 A development of variable capacitance multi-point pressure sensor for sensing grip power distribution of an artificial hand
3. 学会等名 40th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、濱田純也
2. 発表標題 筋電義手使用者の為の振動モータを用いた触覚提示デバイスの開発
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、有我祥子
2. 発表標題 前腕部電動義手制御を目的としたEMG 解析システムの開発
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、濱田純也
2. 発表標題 筋電義手に用いる静電容量変化式多点圧覚センサの小型化
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、中田 皓大
2. 発表標題 ディスクバイプレータを用いて構成した義手使用者のための触覚提示システムの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、小林雅之
2. 発表標題 把持物体の質感を義手使用者に伝えるための手法の開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、木村俊介
2. 発表標題 筋電義手の把持力をユーザーにフィードバックする手法の研究
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曲谷一成、濱田純也
2. 発表標題 静電容量変化式多点圧覚センサのリアルタイム計測法
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、井上翔太
2. 発表標題 触覚を義手の操作者にフィードバックするための機構の開発
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、中田皓大、溝田直也、須永寛紀
2. 発表標題 ディスクバイプレータを用いて構成した義手使用者のための触覚提示デバイス
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、渡部哲也、慶長浩輝、濱田純也
2. 発表標題 筋電義手の指先に装着する触覚検出センサの開発
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、小林雅之
2. 発表標題 把持物体の質感を義手使用者に伝えるための手法の研究
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、木村俊介、岩崎和樹、朝倉響子
2. 発表標題 筋電義手の把持力をユーザーにフィードバックする手法の研究
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、朝倉響子
2. 発表標題 義手利用者のための把持力フィードバックシステムの開発
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、有我祥子
2. 発表標題 前腕部電動義手制御のためのEMG解析システムの開発
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Masayuki Kobayashi
2. 発表標題 A development of the system to display texture of the object for forearm amputee
3. 学会等名 6th International Conference of Biotechnology and Bioengineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Kyoko Asakura
2. 発表標題 Development of the Grip Power Feedback System for Artificial Hand Users
3. 学会等名 6th International Conference of Biotechnology and Bioengineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Shoko Ariga
2. 発表標題 Electromyogram Analysis System for the Electric Prosthetic Forearm Control
3. 学会等名 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Jyunya Tsueda
2. 発表標題 A development of variable capacitance multi-point pressure sensor for sensing grip power distribution of an artificial hand
3. 学会等名 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、有我祥子
2. 発表標題 前腕部電動義手を制御するための筋電位解析システムの開発
3. 学会等名 第56回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、朝倉響子
2. 発表標題 筋電義手使用者へ把持力を提示するシステムの開発
3. 学会等名 第56回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、小林雅之
2. 発表標題 筋電義手の把持力を前腕切断者にフィードバックする手法の研究
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、濱田純也、市川裕己
2. 発表標題 同期検波を用いた静電容量変化式多点圧覚センサの計測手法に関する研究
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、朝倉響子
2. 発表標題 筋電義手使用者へ向けた把持力をフィードバックするシステム開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲谷一成、井上翔太
2. 発表標題 筋電義手に用いる感覚提示デバイスの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Takashi Suzuki
2. 発表標題 Development of the Pulling Sensation Device Using Linear Oscillatory Actuators For The Disabled
3. 学会等名 The 16th International Conference on Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Kyoko Asakura
2. 発表標題 A Develop of Grip Power Feedback System for Artificial Hand Users
3. 学会等名 The 16th International Conference on Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、鈴木隆史
2. 発表標題 リニア振動アクチュエータを用いた球状触覚提示システムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、朝倉響子、小林雅之
2. 発表標題 筋電義手の把持力を前腕切断者の上腕にフィードバックする手法の開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、朝倉響子
2. 発表標題 筋電義手使用者のための把持力フィードバックシステムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、濱田 純也、市川 裕己
2. 発表標題 多点圧覚センサからの出力の提示方法に関する研究
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、井上翔太
2. 発表標題 筋電義手に用いる多点感覚センサとその提示機構の開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、有我祥子
2. 発表標題 前腕電動義手を制御するための筋電位解析システムの研究
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲谷一成、木村俊介
2. 発表標題 筋電義手の把持力を利用者に提示する手法の研究
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス後援会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曲谷一成、渡部哲也
2. 発表標題 筋電義手に装着する触覚検出センサの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曲谷一成、中田皓大
2. 発表標題 振動モータを用いて構成した義手使用者のための触覚提示システム
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曲谷一成、渡部哲也
2. 発表標題 義手使用者のための触覚検出センサ及び表示デバイスの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曲谷一成、木村俊介
2. 発表標題 音を利用した筋電義手の把持力提示
3. 学会等名 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曲谷一成、中田皓大
2. 発表標題 小型振動モータを用いて構成した筋電義手使用者のための触覚提示システムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Shunsuke Kimura
2. 発表標題 The System That Feedback Grip Power to the Prosthetic Hand Use
3. 学会等名 IEEE EMBC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazushige Magatani, Kodai Nakata
2. 発表標題 A Tactile Presentation System for Myoelectric Arm User Configured Using the Disk Vibrator
3. 学会等名 IEEE EMBC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----