

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350680

研究課題名(和文) 前腕切断者の作業を支援する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) A development of the control method of the artificial hand for the amputee using EMG

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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：我々の研究目的は前腕切断者の残存筋から導出した多チャンネルの筋電位を用い切断者の意思に従った手指の動作を推定するマンマシンインタフェースを構築することである。我々はまず手指の高精度な動作推定を行うための電極位置推定手法を開発し、これにより5指の動きを含めた手指の18動作で平均96%以上の認識率を達成した。次に義手が物体に触れる感覚を切断者に非侵襲な方法で提示し、義手の動作に伴う力を筋電位で制御するクローズドループシステムを確立することを目標とし研究を行った。ここでは切断者の上腕部にカフを巻き、カフ圧が義手のハンド部が受ける力に応じ変化する機構により物体を把持する感覚を提示する手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Our objective of this study is the development of a man machine interface that is able to estimate many type of the hand motion using mulch channel Electromyogram measured from forearm of the amputee. At first, we developed the determination method of the suitable place of electrodes that will establish high recognition rate of the amputee's hand motion. In this method, the suitable place is determined using the Monte Carlo method. Using this method, the recognition rate of 18 hand motions, including 10 finger movements were more than 96%.

Next, we investigated about the new method that was able to display the grasping power of an artificial hand to the amputee. If it possible, an amputee who uses our aimed system can feel much information about a his/her grasping object. So, we developed the system that could display the grasping power of an artificial hand as the variable pressure of the cuff that was set on the operator's upper arm.

研究分野：生体医工学

キーワード：表面筋電位 多チャンネル筋電位 手指の動作識別 義手制御 筋電義手

1. 研究開始当初の背景

前腕切断者においては健常者が手指の動作により行う作業を行うことができないため、健常者に比較し著しく不自由な生活を強いられることになる。このため前腕切断者の生活を支援する機器として多くの義手が開発され使用されている。このような義手の中でアクチュエータを用い手指を動かすことの出来ないいわゆる動力義手が存在するが、先端研究においては多自由度を有し人の手指とほぼ同様の動作が可能なものが開発されているものの、実用化されているものの多くは「握る」「開く」の二種類の動作しかできない簡単な構造の物である。これは多自由度を有する義手の製作に多額の費用や手間がかかることも理由の一つであるが、人の手指と同じような複雑な動作を制御するためのマンマシンインタフェースが確立していないことが最も大きな原因であり、このインタフェースを開発することは障害者の生活の質の向上に大きな貢献をなすと考えられる。

2. 研究の目的

前述のとおり、もしも人の手指と同じような複雑な動作を制御するマンマシンインタフェースを構築できるなら、これを使用して動力義手のみならず複雑な動作を行う様々な機器の制御が可能となり前腕切断者の生活の質を向上させることが可能となる。本研究では切断者の前腕残存筋より非侵襲に導出できる多チャンネル表面筋電位を情報源とし、人の手指と同じような複雑な動作を制御可能なマンマシンインタフェースを構築することを目的とする。

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を開発し、これらを統合し前腕部筋電位により動力義手に代表される機器を制御する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5項目の事項について研究を行った。

1. 利用者毎に最適な導出筋電位数と筋電位導出位置を決定する手法の開発。
2. 利用者が動作の時間遅れを意識しないような手指動作の識別時間の達成。
3. 筋電位信号から筋が発生している力をリアルタイムで推定する手法の開発。
4. 識別した手指の動作を実際にコンピュータや動力義手等の入力動作に割付け、機器を制御するためのインタフェースの開発。
5. 動力義手のようなアクチュエータを有する機器を制御する場合の、機器が発生する力とそれを利用者にフィードバックする制御システムの開発。

4. 研究成果

ここでは前述の5項目について得られた成果について述べる。

1. 人の前腕を構成する筋の種類は皆同じであるが、その発達度合は人によりさまざまである。従って前腕部から複数の筋電位を導出し手指の動作の識別をしようとする場合、人により最適な筋電位導出位置は当然異なったものとなる。この個体差を解消しない限り高精度の手指の動作識別は望めない。

そこで我々は前腕部に図-1に示すような96チャンネルからなる多チャンネル電極を貼付し、そこから得た手指の動作ごとの筋電位を解析することにより、利用者にとって最適な筋電位導出位置を見出す方法を確立した。

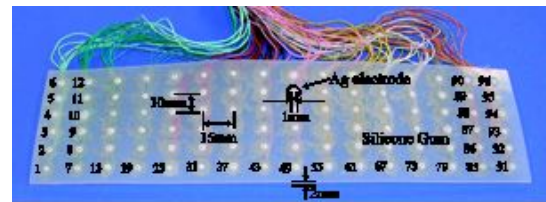


図-1 96チャンネル多チャンネル電極

具体的には、96チャンネルの電極のうち使用したい電極数を決定し、乱数を用いてその電極位置をランダムに設定する。この状態で手指の動作ごとにあらかじめ計測しておいた筋電位を用い動作識別率のシミュレーションを行う。この一連の試行を1000回程度行いそのうちの手指動作認識における平均識別率が最大となるような電極位置をその人の最適な電極位置として決定する手法である。この手法を導入することにより線形識別別である正準判別分析法を用い、電極数4で平均識別率96%以上を達成した。ここでは選択した筋電位導出チャンネル数と手指の基本18動作の平均識別率の関係を7名の健常被験者について調べたものを図-2に示す。

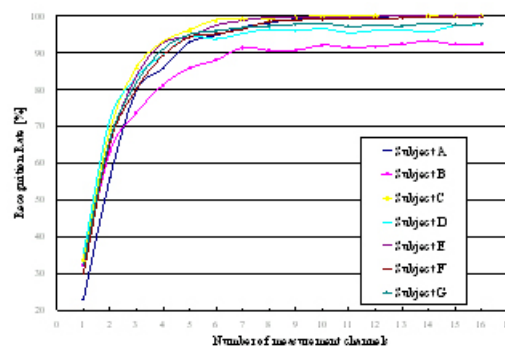


図-2 電極数と識別率の関係

2. 上記の識別手法では手指の動作ごとに発生する筋電位に対して、その振幅の絶対値を一定時間積分した値を特徴量として使用している。この特徴量について積分時間と識別率の関係を計測したところ、

積分時間が長いほど識別率は向上するが、動作認識にかかる時間はその分長くなってしまいます。図-3は選択を行った筋電位導出チャンネルの積分値の分散と、積分時間との関係を求めグラフとして表示したものである。そこで、複数人の健常被験者による実験を行い現在では300msの積分値により識別を行うのがシステムの即応性の点からも最適であるとの結果を得た。また、識別規則を線形識別則から最近脳コンピュータインタフェース等で用いられることの多いSupport Vector Machineに変更し識別にかかる時間が短縮できるかを試みた結果、識別時間はある程度短縮できるものの識別率を向上させるためにはSVMで用いるパラメータの設定が難しいとの結論を得た。

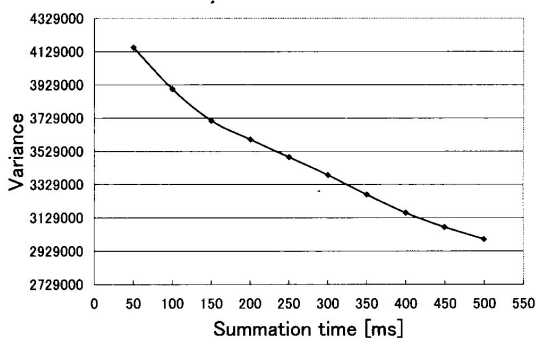


図-3 積分時間と特徴量の分散の関係

- 現在実用化されている電動義手は単純に握りと開きができるだけのものが多い。手指の複雑な動作を識別し、それを義手の制御に反映することは前述のとおり重要であるが、義手が発生する力を制御する技術の開発も同じく重要である。筋から発生する筋電位の振幅の大きさは筋の発生する力にほぼ比例するといわれているが、ここでは図-4に示すような握力計を改良しリアルタイムに発生する握力と筋電位の関係を計測するシステムを開発し、発生する筋力と筋電位の振幅との関係を調べた。

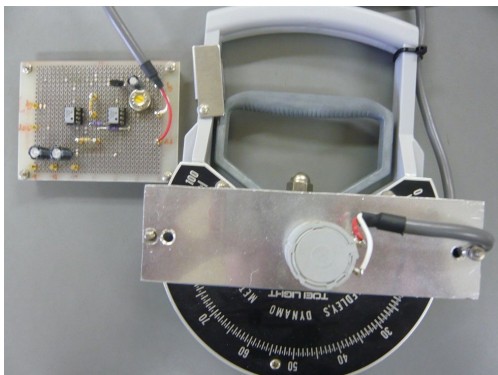


図-4 握力を電気信号に変換する装置

その結果、筋の発生する力がごく弱いところでは線形性が若干崩れるものの、ほ

ぼ筋力と筋電位の振幅は比例すること、またその比例係数は人によって異なることが確認された。これにより筋電位の振幅を評価することでリアルタイムで筋の発生する力を推定することが可能となった。実測した握力と我々の開発した手法により推定を行った握力との関係を図-5に示す。

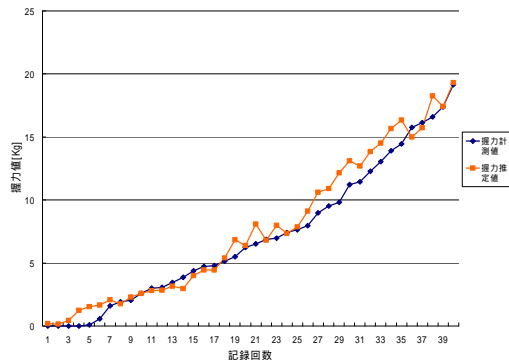


図-5 実測した握力と推定結果

- 上記の開発した手法を用い、産業用ロボットアームを電動義手に見立て前腕部から導出した筋電位を用いたリアルタイムでのロボットアームの制御実験を行った。使用したシステムはコンピュータに入力したデジタル化された筋電位によりシリアル通信回線を通してロボットアームをコントロールするものであるが、若干リアルタイム性に問題が見られたもののほぼ問題なくロボットアームの動作を制御することができた。今後の課題としてはシステムが手の動作を誤識別した場合の対処法を確立することが上げられる。
- 人は手指を動作させるとき、動作に伴い指先や手に受ける感触を頼りに動作のコントロールを行っている。従って筋電計を用いた場合も、義手が物体に触れた場合に義手が受けるさまざまな力を操作者にフィードバックできれば、より繊細に義手をコントロールすることが可能になると考えられる。ここでは義手を模したロボットアームのハンド部に感圧センサを取り付け、その出力に応じた何らかのデータをロボットアームの操作者にフィードバックするようなシステムを考えた。このシステムではハンドが物体を把持したときの把持力を感圧センサで検出し、操作者の上腕部に巻いたカフ(血圧測定に用いるゴム袋)の空気圧を把持力に応じてリアルタイムに変化させることにより把持力を操作者にフィードバックする構造となっている。また、使用したロボットアームではハンドの把持力をソフトウェアでコントロールすることが可能である。そこでカフ圧によるフィードバックを受けた操作者はこの提示された把持力情報に基づき自分の力の入れ具合を制御し、その結果発生

した筋電位からシステムは操作者の筋力を推定しそれに応じた把持力をハンドに伝達するというクローズドループシステムの構成を行い、ハンドの制御実験を行った。このシステムのブロック図を図-6に示す。また実際に実験を行っている状態を図-7に示す。

ここでは上腕部に巻いたカフの圧を制御したが、このシステムを完成させるにはハンド部の多点から情報を得る必要があること、またそれを非侵襲で操作者にフィードバックすること等、今後解決しなければならない多くの問題があるが、ハンド部の1点における把持力のフィードバックであっても操作者に対し今までの義手にはない有益な情報が提示されることが実験により確認された。

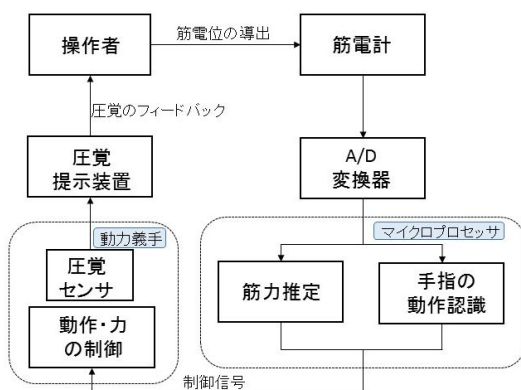


図-6 感覚をフィードバックするシステム



図-7 フィードバックシステムの実験

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)

[雑誌論文](計 2 件)

1. 二股大央、永田健太郎、曲谷一成：“ SEMG を用いた多クラス SVM による前腕部の動作識別におけるカーネルとパラメータの検討 ”、東海大学工学部紀要、査読有、Vol.52、No.2、pp157-164、(2013)
2. 二股大央、永田健太郎、曲谷一成：“ 表面筋電位を用いた多クラス SVM による手指の実時間動作認識システムに関する

検討 ”、計測自動制御学会論文集、査読有、Vol.50 No.1、pp37-43、(2014)

[学会発表](計 21 件)

1. 曲谷一成、他：“ SEMG を利用したロボットアーム制御機構の開発 ”、ロボティクスメカトロニクス講演会 2013(つくば国際会議場)
2. 曲谷一成、他：“ SEMG を用いたロボットハンド把持圧力分布制御システムの開発 ”、ロボティクスメカトロニクス講演会 2013(つくば国際会議場)
3. 曲谷一成、他：“ 前腕部回旋時に筋が発生するエネルギーの変化と SEMG との関連性 ”、ロボティクスメカトロニクス講演会 2013(つくば国際会議場)
4. 曲谷一成、他：“ 操作者に把持力を提示可能な SEMG によるロボットアーム制御システムの開発 ”、システムインテグレーション部門別講演会 2013(神戸国際会議場)
5. 曲谷一成、他：“ ロボットアームに用いる把持力検出システムの開発 ”、システムインテグレーション部門別講演会 SI2013(神戸国際会議場)
6. 曲谷一成、他：“ 前腕部回旋時に筋が発生する力の変化と SEMG の関連性 ”、システムインテグレーション部門別講演会 SI2013(神戸国際会議場)
7. Kazushige Magatani et. al.：“ A study on the Closed Loop Robot Arm Control System Using SEMG ”, The15th International Conference on Biomedical Engineering(2013 Singapore)
8. 曲谷一成、他：“ 把持力提示機構を有するロボットアーム制御システムの開発 ”、ロボティクスメカトロニクス講演会 2014(富山市総合体育館)
9. 曲谷一成、他：“ ロボットアームの把持力を感覚的にフィードバックするシステムの開発 ”、ロボティクスメカトロニクス講演会 2014(富山市総合体育館)
10. 曲谷一成、他：“ 把持力フィードバック機構を備えた筋電義手に関する検討 ”、第 53 回日本生体医工学会大会(仙台国際センター)
11. 曲谷一成、他：“ ロボットハンド操作者に把持力分布状態を提示するデバイスの開発 ”、計測自動制御学会システムインテグレーション部門別講演会 2014(東京ビッグサイト)
12. 曲谷一成、他：“ 人の 5 指に対するロボットハンドの把持力提示デバイスの開発 ”、計測自動制御学会システムインテグレーション部門別講演会 2014(東京ビッグサイト)
13. 曲谷一成、他：“ 指先装着によるロボットハンド把持力提示機構の開発 ”、ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015(京都市勧業館)

14. 曲谷一成、他：“感圧導電性ゴムを利用した圧力分布状態を提示するデバイスの開発”、ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015(京都市勤業館)
15. Kazushige Magatani et.al.: ” A development of the robot hand for the disability which include sensory feedback ” , World congress on medical physics & biomedical engineering 2015 (Toronto Canada)
16. Kazushige Magatani et.al. :” A development of the pressure distribution display which is used in robot hand for the disability ” , World congress on medical physics & biomedical engineering 2015 (Toronto Canada)
17. Kazushige Magatani et.al. :” A development of the robot hand grasping force display which supports the disability ” , 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (Milano I)
18. 曲谷一成、他：“義手の把持力及び感覚を操作者にフィードバックする機構の開発”、第 16 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 (2015 名古屋国際会議場)
19. 曲谷一成、他：“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”、第 16 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(2015 名古屋国際会議場)
20. 曲谷一成、他：“リニア振動アクチュエータを用いた触覚提示デバイスの開発”、第 16 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(2015 名古屋国際会議場)
21. 曲谷一成、他：“義手の把持力分布を計測し提示するデバイスの開発”、第 16 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(2015 名古屋国際会議場)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1)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