

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750224

研究課題名(和文)筋電義手のための両腕協調動作生成システムにおける単腕動作への切り替え機能の評価

研究課題名(英文)Evaluation of an on-off switching control in a motion generator with bimanual coordination for myoelectric arms

研究代表者

猪平 栄一 (INOHIRA, EIICHI)

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・講師

研究者番号：70363405

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、健常腕と義手の運動を力学的に模擬するリアルタイムモーションシミュレーターを用いて、健常腕の姿勢に合わせた義手の両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能を構築することに取り組んだ。被験者の肩部の筋電信号を用いて両腕協調動作生成のオン・オフを行う。3名の大学院生を被験者として、被験者の肩部の筋電信号を計測し、オン・オフのための入力信号として利用可能であることを確認した。本機能より、健常腕による単腕動作と両腕協調動作生成をスムーズに切り替えることが可能となる。

研究成果の概要(英文)：This study targets at developing an on-off switching control in a motion generator with bimanual coordination for myoelectric arms through a real-time motion simulator calculating dynamics of a healthy arm and a myoelectric arm. Myoelectric signals at a user's shoulder are used for the on-off switching control. It is shown that measured myoelectric signals at a shoulder can be used for input signals of the on-off switching control through an experiment with 3 subject. The on-off switching control allows users to seamlessly switch between single-arm motion with a healthy arm and bimanual motions.

研究分野：ロボット工学

キーワード：福祉・介護用ロボット シミュレーション

### 1. 研究開始当初の背景

能動義手の一つに、筋肉が発する電気信号を用いて動作を制御する筋電義手がある。前腕及び上腕を失った高位切断者の場合、残存する筋肉は少ないが、筋電義手に必要となる駆動関節数は多い。そのため、近年、健常腕の動作を併用したハイブリッド式の筋電義手などが国内外で開発されているが、筋電義手によって高位切断者の失われた部位の機能を補うことは困難である[1]。

そこで、申請者らは、限られた信号源から義手の動作を生成するため、両手で物を扱うときに見られる両腕の協調動作に着目し、次のような研究を行ってきた。日常生活における多種多様な両腕の協調関係を一つずつ定式化することは困難であるため、代表的な両腕協調動作の入出力パターン間の隠れた関係を学習によって獲得できるニューラルネットワーク(以下 NN)を用いることを提案した[2]。図1に示すように、申請者が提案した両腕協調動作生成機能を持つ筋電義手は、運動計測システムにより健常腕の姿勢を計測し、学習済み NN を用いた協調動作生成システムにより義手の目標姿勢を出力し、制御器により義手の目標姿勢を追従するように義手に制御信号を送ることによって、健常腕の姿勢に合わせて義手が自動的に協調動作し、高位切断者による両手作業を円滑に実現可能である。

また申請者はこれまでに、モーションキャプチャを用いてあらかじめ計測した両腕の代表的な協調動作パターンを用いて、両腕の協調動作の関係を NN に学習させ、未学習の動作パターンに対してもある程度の範囲で望ましい協調動作が得られることを確認し、NN を用いて両腕協調動作を生成する手法の有効性を明らかにした[3]。また、動力学シミュレータを用いて健常腕と義手による両手作業の模擬を行い、一定の状況下で健常腕と義手の両手で箱やトレイを持つ作業が可能であることをも示した[4]。さらに、研究課題 No. 24700596 において、筋電義手と健常腕の両手を用いた両手作業の達成度により両腕協調動作生成システム的能力を評価するため、被験者の健常腕の姿勢を実時間で反映させることができるリアルタイムモーションシミュレータを構築した。

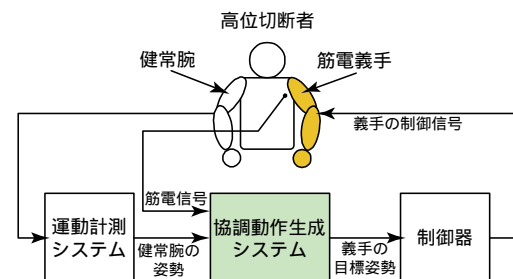


図1 両腕協調動作生成機能を持つ筋電義手の構成(先行研究では筋電信号は未使用)

### 2. 研究の目的

これまで両腕協調動作生成機能を持つ筋電義手に関する研究では、両腕協調動作を利用した状況のみを想定していた。一方で、日常生活において常に両手で作業するわけではなく、片手で物を扱う場合には健常腕のみで作業するため両腕協調動作は不要である。提案する義手を実用化するためには、これまでの研究成果に発展させて、使用者の意図に従って両腕協調動作と単腕動作を切り替える機能を付け加える必要がある。そこで本研究では、筋電義手を装着する側の肩部の筋電信号を利用し、両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能を構築し、その有効性を評価することを目的とする。

### 3. 研究の方法

筋電義手のための両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能を評価する為、義手のプロトタイプをリアルタイムモーションシミュレータ上に構築し作業実験を行う。本研究は以下の三つのステップに分けられる。

- (i) 両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能の構築
- (ii) 両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能の評価
- (iii) 両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能が使用者に及ぼす影響の解析

研究課題 No. 24700596 (若手 B, H24-H25) で構築した、健常腕と義手の運動を力学的に模擬するリアルタイムモーションシミュレータ(図2)を用いて、両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能を構築する。図3に示すように、被験者はモニタ上の両手のモデルを見ながら健常腕を動かすことによってシミュレータ上で与えられた両手作業を行う。本研究において新たに開発、改良する部分は、筋電信号計測システムと協調動作生成システムである。筋電信号計測システムでは、無線方式の装着型筋電信号計測装置を用いて義手装着側の肩部の筋電信号を計測する。協調動作生成システムでは、計測した肩部の筋電信号を用いて、両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える。基本的には、義手装着側の肩部の筋肉に力を込めたときのみ両腕協調動作生成がオンになり、義手が動作して健常腕と義手の両手作業を行うことを想定している。

新たに追加した筋電信号計測システムとして、図4に示す追坂電子機器製ワイヤレス筋電センサを導入した。肩部の筋電信号を計測するために、図5に示す位置に筋電センサを貼り付ける。被験者が肩部を上下に動かすことにより僧帽筋が活動し、それを筋電センサで計測することができる。このときの筋電信号を用いて、両腕協調動作生成のオン・オフを制御する。

その他のサブシステムは、研究課題 No. 24700596 で開発されたものを流用した。磁気式三次元位置計測システムを用いて、被験者の肩と手の位置姿勢から腕の関節角度を計算する。腕の関節角度の計算、両腕協調動作生成システム、動力学シミュレーションの各プログラムは連携し、シミュレーション結果をモニタに表示する。

実験システムに加えた工夫は、大型液晶モニタの導入である。被験者は腕を大きく動かすため大きな作業空間が必要となり、モニタとの距離が大きくなる。そこで、大型液晶モニタを導入し、被験者が離れた位置からでもモニタ上の表示内容を視認できるようにした。

腕協調動作生成のオン・オフを切り替える方式として、(a) 筋電信号の振幅が一定のしきい値を越えた時点で両腕協調動作生成をオンにする方式が、(b) 筋電信号の振幅に比例して義手の運動速度を制御するの二方式が考えられる。(a)の方式は簡単であるが、義手の運動を突然止めたり、動かしたりすることになり、安全対策を十分考慮する必要がある。(b)の方式は切り替え機能の調整が複雑であるが、切り替え時の義手の挙動が滑らかになるように肩部の筋電信号の強弱を使用者が調節することができると見込まれる。

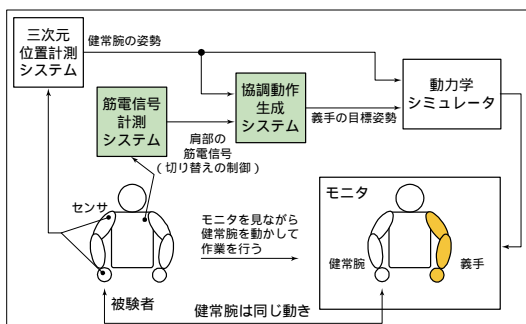


図 2 本研究の新リアルタイムモーションシミュレータの構成 (肩部の筋電信号により両腕協調動作生成のオン・オフを切り替えることが可能である)

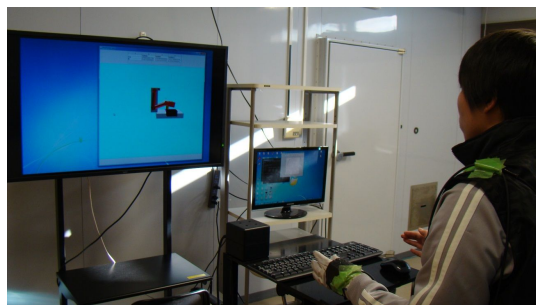


図 3 被験者とモデルを表示するモニタの対応



図 4 追坂電子機器製ワイヤレス筋電センサ



図 5 被験者の肩部に取り付けられた筋電センサ

#### 4. 研究成果

本課題では、健康腕と義手の運動を力学的に模擬するリアルタイムモーションシミュレータを用いて、健康腕の姿勢に合わせた義手の両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能を構築することに取り組んだ。被験者の肩部の筋電信号を用いて両腕協調動作生成のオン・オフを行う。筋電信号計測システムとして、無線方式の装着型筋電信号計測装置を導入した。本機能の実装方式として、筋電信号の振幅が一定のしきい値を越えた時点で両腕協調動作生成をオンにする方式 (a) について考察した。(a)の方式は簡単であるが、義手の運動を突然止めたり、動かしたりすることになり、安全対策を十分考慮する必要がある。安全対策の一つとして、健康腕が運動しているときは筋電信号がしきい値を越えても両腕協調動作生成をオンにせず、健康腕が静止しているときのみ両腕協調動作生成をオンにする方法を考案した。つまり、安全のために両腕協調動作は常に静止した状態から始めるという制約を付ける。これにより、健康腕を動かしているときに、不意に両腕協調動作生成がオンになり、義手が勝手に動き出すという状況を防ぐことが可能となる。

被験者の肩部の筋電信号を計測することが両腕協調動作生成のオン・オフを切り替える機能の基礎となる。そこで、3名の大学院生を被験者として、被験者の肩部の筋電信号を計測し、オン・オフのための入力信号とし

て利用可能であることを確認した。プログラムの開発遅延のため研究計画で挙げた点をすべて検証できなかったが、被験者の肩部の筋電信号を用いた本機能が実現可能であることを示した。本機能より、健常腕による単腕動作と両腕協調動作生成をスムーズに切り替えることが可能となり、使用者が食器を載せたトレイや布団を健常腕と義手の両手で持ち運んだり、健常腕のみでコップを持ったりといった日常生活動作を円滑に行えるようになることが期待できる。

#### <引用文献>

陳隆明、筋電義手普及の現状と課題、高位切断者に対する戦略、そして今後の展望、The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine, Vol. 49, No. 1, 2012, pp. 31-36

T. Uoi, E. Inohira and H. Yokoi, A Relation-Learning Method between Motions of Both Arms Aiming at Application to Upper Limb Prosthesis, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 3, No. 1, 2007, pp. 223-234

魚井孝則、猪平栄一、横井博一、筋電義手のための両腕協調動作生成システムによる日常動作で行う動作の生成、生体医工学、Vol. 50, No.4, 2012, pp.337-344

E. Inohira and H. Yokoi, Improvement of a Neural Network Based Motion Generator with Bimanual Coordination for Upper Limb Prosthesis, The Fifteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2010, 2010, pp. 794-797

#### 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0件)

〔学会発表〕(計1件)

猪平栄一、末松崇志、木村祐太、両腕協調動作生成機能を持つ筋電義手のためのリアルタイムモーションシミュレータの開発および評価、第30回日本義肢装具学会学術大会、2014.10.18、岡山コンベンションセンター(岡山県岡山市)

〔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  
<http://www.brain.kyutech.ac.jp/~inohira/>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

猪平 栄一(INOHIRA, Eiichi)  
九州工業大学・大学院生命体工学研究科・  
講師  
研究者番号：70363405