

# 生体信号を利用した身体拡張インタフェース ～ASHURA～

## Human Augmentation Interface Using Biological Signals ～ASHURA～

高橋稜 Ryo Takahashi

### 1. 背景

本プロジェクトでは、長年にわたって身体拡張インタフェースの開発を行っている。身体拡張とは義手やロボットスーツのように人間の運動能力や感覚をテクノロジーによって拡張することである。我々は、身体拡張の満たすべき条件について「装着者が拡張部分を身体の一部として認識できるデバイス」であると考え、装着者の意図と連動した身体拡張インタフェースを製作することが必要であると考えた。筋電位とは筋繊維が収縮するときに発生する活動電位である。筋電位を制御入力に使用することで、装着者の意図を読み取り、直感的な制御が可能になると考えた。今年度は、このテーマのもと2グループに分かれ、活動を行った。

GroupA では、筋電義手を使用する障がい者の方が日常生活で困っている「重量による疲労感」と「身体所有感の欠如」の2つを課題として考え、本プロジェクトで長年行っている、筋電義手の開発に取り組んだ。GroupB では、アニメや漫画の作品内でおこる「筋肉の肥大化による身体能力の向上」に着目し、現実でもアニメや漫画のように身体能力が向上するのかを研究した。これらの課題や

問題点をもとに、各グループが、課題を解決するための身体拡張インタフェースの開発を行った。

### 2. 課題の設定と到達目標

以下に、各グループが設定した課題と到達目標について記述する。

#### 2.1. 多様な形状の物体を把持できる筋電義手

近年身体を拡張する研究の1つとして身体の不自由な部位を補完することを目的とした研究が多く行われている。その中でも手は日常生活で重要な役割を果たしているため、我々は感覚や機能を拡張する部位として手に着目した。一般的に手首欠損者は義手を用いて欠損部位を保管している。義手は使用目的によって装飾義手・能動義手・筋電義手の3種類に分類されるが、我々は手の動作に直接関係する筋電位を制御入力として用いることから、筋電義手が身体拡張の観点に基づく義手だと考えた。そして、従来の筋電義手には重量による疲労感という課題があることを知り、その影響で装着者が身体の一部であるという認識、つまり身体所有感が損なわれているのではないかと推測した。そこで、我々は身体所有感のある筋電義手の製作を目的として活動を行った。その目的を達成するために、前期では「筋電義手の軽量化すること」を

目標として活動を行った。後期ではそれに加えて前期の製作物で見つかった課題を解決するため「関節の動きをより人間の手に近づけて多様な形状の物体を把持できる筋電義手を製作すること」を目標として活動を行った。

## 2.2. 視覚的知覚を変化させるデバイス

本グループでは、アニメやマンガに登場する「筋肉の膨張によるパワーアップ」を、キャラクター自身の限界を超えた力の増幅ではなく、キャラクター自身が持つ力の最大出力以内での増幅であると考えた。この見解とプロテウス効果[1]を始めとする先行研究の結果から、本グループはデバイス装着者の身体を疑似的に拡大し、装着者が自身の身体に対する視覚的知覚を変化させることで筋出力を自身の持つ最大値以内で増幅させることを目的とした。視覚的知覚の変化方法として、筋収縮の方向に対する垂直方向の膨張を過大に表現することを考案した。また、筋電位信号を読み取ることで筋肉の収縮や弛緩の状態が分かり、筋収縮に対する膨張の表現が可能であると考えた。そして本グループは、身体の疑似的な拡大を身体拡張と捉え、筋出力を自身の持つ最大値以内で増幅させる身体拡張インタフェースの開発を行った。前期では、筋出力をデバイスによって自身の持つ最大値以内で増幅したか実験を行うことによって、仮説の実証をすることを目標に据えて活動を行った。

## 3. 課題解決のプロセスとその結果

本プロジェクトでは、最初に筋電位に関する講義が担当教員によって行われた。その後、筋電位計測回路と筋電位計測に使用する電極の製作方法に関する講義が行われた。担当教員による講義が終了すると、各グループで成果物の設計及び製作などの活動を行った。以下に各グループの課題解決プロセスとその結果を記述する。

### 3.1. 多様な形状の物体を把持できる筋電義手

前期では、筋電義手の重量により身体所有感が損なわれるという課題を解決するために筋電義手内部のサーボモータを1つにして軽量化を図った。その結果筋電義手は軽量になったが、物体を把持した際にすべての指の関節角度が同じになってしまった。人間の手は物体を把持する際にそれぞれの物体の形状に合わせて指の関節角度が異なっているこのように前期の活動では筋電義手の関節の動きが人間の関節の動きと大きく異なるという課題が残った。ここから我々は、サーボモータではすべての指に同じ制御をしつつ、それぞれの指が異なる関節角度で曲がるようにすることが難しいと考え新しい動力源を検討した。その検討の結果空気圧ゴム人工筋肉を用いて指を曲げるのが最適だと考えたため、後期では、空気圧ゴム人工筋肉を用いて多様な形状の物体を把持することのできる筋電義手を製作した。空気圧ゴム人工筋とは編組チューブの中にゴムチューブを挿入したもので、内部の空気圧を高めると長軸方向に伸長する。空気圧ゴム人工筋肉を用いるメリットは筋電位を角度に変換せず、そのまま力として制御に用いることができる点と、受動的に関節が曲がることで、全ての指に同じ制御量をかけても全ての指の関節角度が異なる状態で指の接触摩擦を均一に出すことができる点である。我々はこの片側を糸で固定し固定した面に向けて曲がる空気圧ゴム人工筋肉を製作した。これを指の内部に入れ、空気圧を筋電位によって制御することで入れた力の大きさによって指が曲がり、多様な形状の物体に対応して指の関節角度が受動的に曲がる筋電義手を製作することができた。製作した筋電義手を図1に示す。



図1. 製作した筋電義手

その結果、ワイングラスやボールなど多様な形状な物体や、1000gまでの水の入ったペットボトルを把持することができた。また、物体を把持した際にそれぞれの物体の形状に沿って筋電義手の指の関節が変化していることも確認できた。ワイングラスを把持したときの様子を図2に、1Lの水を入れたペットボトルを把持したときの様子を図3に、ゴムボールを把持したときの様子を図4に示す。しかし、手首の部分がなく人間に装着できる構造ではなかったため身体所有感が感じられるかどうかは検証できなかった。

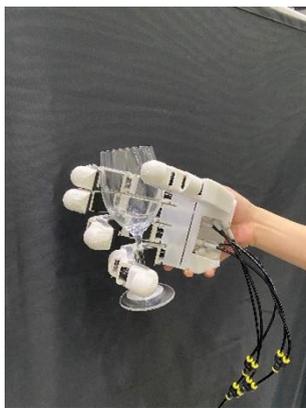


図2. ワイングラスの把持



図3. ペットボトルの把持

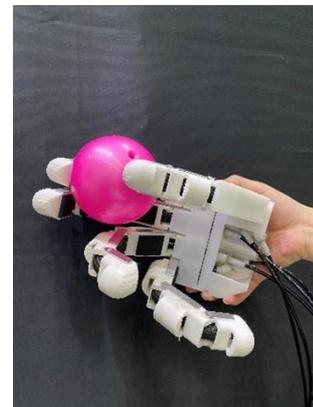


図4. ボールの把持

### 3.2. 視覚的知覚を変化させるデバイス

本グループでは、評価実験及び意見調査の結果から、「実際に筋出力は増幅しないが、デバイス装着者の気分は高揚する」という成果を得た。

得られた問題の一つに、筋肉スーツによる身体の疑似的な拡大の開始には、装着者が腕の筋肉を一定時間収縮させることを条件として設定していたことが挙げられる。つまり、装着者が腕に力を入れたことに対する応答として筋肉スーツが膨張する仕組みとなっており、これは筋電位による一種のスイッチとして考えることができる。本グループでは、筋電位信号を利用することで、筋収縮に対する膨張の表現と筋肉スーツへの没入感を生じさせることが可能であると考えていた。しかし、筋肉スーツと被験者の間には齟齬が生じていたため、没入感の

発生に筋電位信号が関わっていなかった可能性が考えられる。そのため、筋電位制御以外にもスイッチ制御や脈拍での制御などを試して、筋電位の利用が筋肉スーツの制御として有用だったのかを調べる必要がある。そして、その検証を踏まえて、筋電位の扱いと筋肉スーツへの筋収縮の状態の反映方法について再考する必要があると考える。

#### 4. 今後の課題

以下に、各グループの今後の展望について記述する。

##### 4.1. 多様な形状の物体を把持できる筋電義手

今後の課題は、手首部分を製作すること、より多様な形状の物体を安定して把持するために親指の可動域を大きくすること、手のひらを使った把持ができるように手のひらの構造を工夫することである。

##### 4.2. 視覚的知覚を変化させるデバイス

本グループでは、「デバイス装着者の身体を疑似的に拡大し、装着者の身体に対する視覚的知覚を変化させることで筋出力を自身の持つ最大値以内で増幅させるデバイスの製作し、身体を拡張すること」を目的として筋肉スーツを製作した。得られた成果として、筋肉スーツによる視覚的知覚の変化によって実際に力の出力は増幅しなかったが、筋出力が増加している気持ちにすることができたというアンケート結果が得られた。プロジェクトを通して得た問題を解決するためには、筋肉スーツ、筋肉袋、動作機構など様々な面で改善を行う必要がある。また、本実験では筋肉スーツを着用し、実際に筋力が増加した結果は得られなかったが、装着者に対して高揚感を与えられ、プロテウス効果と似た効果が得られた。そのため、得られた効果はプロテウス効果と同様の効果なのかを確かめる実験を行いたい。実験では、主観的疲労

感の評価の変化と重量知覚に対する影響を調査したいと考える。例えば、主観的疲労感の評価の変化の調査方法には、筋肉トレーニングの器械であるラット・プルダウンを使用し、カウンターバランスを考慮した上で、筋肉スーツの有無による疲労の感じ方のアンケートの実施が挙げられる。重量知覚に対する影響の調査方法には、ダンベルを使用し、カウンターバランスを考慮した上で、筋肉スーツの有無による重量知覚の感じ方のアンケートの実施が挙げられる。プロテウス効果と同様の効果だと示唆するために実験の実施が必要であると考えている。

#### 参考文献

- [1] Yee, N. and Bailenson, J. (2007) The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. *Human Communication Research*, 33(13), pp.271-290