

生体信号を利用した身体拡張インタフェース～ASHURA～

Body augmentation interface using biological signals ~ASHURA~

宮尻琴実 Kotomi Miyajiri

1. 背景

私たち人間の動作には、もともと備わっている器官の構造や機能に依存する限界がある。例えば、ものを持ち運ぶとき、持てるものの重さは筋力に依存している。この時、パワーアシストスーツを装着することで、デバイスが身体の動きと連動し、普段では持てない重い荷物を持ちあげるといった身体能力や、短時間に繰り返し荷物を持ち運びができるといった作業能力を高めることができる。このように、外部のデバイスを自身の身体として扱うことができれば、従来とは異なる身体の構造や能力を手に入れることができる。それに伴い、動作の変容を促すことが可能となる。プロジェクトを進める中で、身体とは何かについて話し合いを行った。その中で、自身の身体の一部であると認知していることが重要であると考え、本年度のプロジェクトでは、身体を身体所有感と運動主体感を満たすものと定義した。

そこで、私たちのプロジェクトは、身体と外部デバイスを連動させるために、生体信号の一つである筋電位に着目した。筋電位とは、筋が収縮するときに生じる細胞内外の電位差のことである。身体を動かすとき、その部位の活動に伴った筋電位を、リアルタイムに計測することができる。私たちは、この筋電位を用いてデバイスを制御することで、よりデバイスを自分の身体のように扱うことができると考え、筋電位測定を利用したインタフェースを製作し、身体拡張を目指した。今年度は、このテーマのもと 3 グループに分かれ、活動を行った。GroupA では、広い場所のスポーツ観戦において、双眼鏡を用いて観戦を行う場合、腕の疲労がたまり観戦に身が入りづらいという課題に着目した。GroupB では、障がい者の方が日常生活で困っていることをもとに、本プロジェクトが長年行っている、筋電義手の開発に取り組んだ。GroupC では、Zoom を用いた同期型オンライン授業において、教員が抱える課題に着目した。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

本年度のプロジェクトでは、各グループのテーマを決定するために、少人数グループに分かれ、生体信号を用いた製品について情報を集めた。その後、行いたいテーマについて個人で案を出し合った。出た案の一例として、握力増強グローブや音声認識でコミュニケーションの円滑化を目指すもの、指の判別ができる義手などが挙げられる。これらの案から bioSync:[1]の技術を用いたグループ、筋電義手を開発するグループ、ロケットスタートを目指すグループの 3 グループに分かれ活動を行った。活動を行う中で、製作期間と製作技術の問題から、bioSync:のグループは視力、ロケットスタートのグループは表情表出にテーマを変更した。以下に各グループが取り組む課題の設定と到達目標について詳細に記述する。

2.1 GroupA 「MonoZoom」

大きなスタジアムなどの広い場所でのスポーツ観戦において、双眼鏡を使う際に、腕の疲れなどが生じる可能性がある。これらの問題を解決するために、腕を使わずにズームイン・ズームアウトができるデバイスの製作を課題として設定した。また、到達目標は、目の周辺に生じる筋電位の変化に応じて、カメラの映像の拡大率を変更することができるデバイスを作成することである。本グループでは、身体機能の一部として双眼鏡の機能を獲得することで、視力における身体拡張を目指した。

2.2 GroupB 「筋電義手」

義手を使用している障がい者の方が、日常生活で困っていることの一つとして、魚を捌く際に、魚をしっかりと固定することができないため、体に大きな負荷がかかり捌きにくいことが、障がい者の話から挙げられた。また、

ものを抑えたつもりでも固定できているのか、周りの人やものに義手がぶつかっていないかという不安もあるということも挙げられた。これらの問題点から、魚を捌く際に魚を抑えやすく、触れた感覚をフィードバックできる筋電義手の製作を課題として設定した。また、以下の3点を達成目標とした。

- ・製作した義手が魚をしっかり押さえることができること
- ・ものにふれているとき、圧力センサからの信号から振動モーターを動作させ、感覚フィードバックを行うことができること
- ・義手に超音波センサをお取り付け、周囲の人間やものの存在をブザーで伝えることができること

本グループでは、これらの目標を達成した筋電義手を製作することで身体拡張を目指す。

2.3 GroupC 「EG sharing」

2020年から広く普及した、Zoomを用いた同期型オンライン授業において、本学の複数の教員から、受講者がビデオをオフにしているため、教員側からは受講者の表情が分からず、授業しづらいという話を伺った。そこで、受講者の表情を教員が把握することで、Zoomを用いた同期型オンライン授業を行いやすくするためのシステムの開発を課題として設定した。また、達成目標は、システムを用いることで、同期型オンライン授業が行いやすくなったと教員が実感すること、ディスプレイ上に表示される表情の変化を通して、教員が受講者の様子を把握することができることとした。本グループでは、受講者がディスプレイ上に表示されるイラストを自らの顔と認識することで、表情表出における身体拡張を目指した。

これらの各グループの課題・到達目標から、本プロジェクト全体における達成目標は、筋電位を用いてインタフェースを制御することで、装着者の意思や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とした。

3. 課題解決のプロセスとその結果

全グループ共通のプロセスとして、インタフェースを制御するために用いる筋電位について、基礎知識を得るために、講義を受けた。その中で、筋電位が発生する原

理と、筋電位を計測するための筋電位計測回路と電極の仕組みについて詳細に学んだ。次に、実際に筋電位計測回路を各グループの用途に合うよう、ブレッドボードに各グループの回路班が、筋電位計測回路を作成した。最後に、はんだ付けを行った。各グループの課題解決プロセスとその結果について下記に記述する。

3.1 GroupA 「MonoZoom」



図 3.1.1 「MonoZoom」の外観

本グループでは、腕を使わずにズームイン・ズームアウトができるようにするために、「目を細めると見やすくなる」[2]という現象に着目した。この現象をもとに、目を細めるときにズームインし、反対に、目を見開くときに、ズームアウトが行うこととした。そして、これらの動作が、どこの筋肉によって引き起こされているのかを調べるために、作成した筋電位計測回路を用いて目の周辺の筋電位を計測した。その結果、目を細めるときは皺眉筋、目を見開くときは眼輪筋を大きく動かすことが分かった。映し出す映像は、ディスプレイに同じ2つの映像を出力されるようになっている。デバイス全体を制御するためにマイコンボード (Raspberry Pi 3B) を利用した。そのほかに、外部の映像を取り込むための広角レンズ/Raspberry Pi 用カメラモジュール、映像を表示するためのディスプレイ、目から近距離なディスプレイと目との焦点を合わせるための凸レンズ、マイコンボードへの電気供給のためのバッテリー、マイコンボードとつながることで、スイッチでシステムを起動するようにするためのタクトスイッチ、デバイスを装着者の頭に固定するためのベルトを用いた。そして、これらの組み立てを行った。

成果として、装着者が目を細めたときの筋電位を検知した時、装置の映像を拡大し(図 3.1.2(2))、装着者が目を見開いたときの筋電位を検知した時、装置の映像を縮小することに成功した(図 3.1.2 の(4))。一方で、遠くの

ものを見るには映像の解像度が低く、ラグがあることや、デバイス自体が重く装着感が悪かったことから、デバイスの設計と映像表示のプロセスの変更が必要であることが分かった。

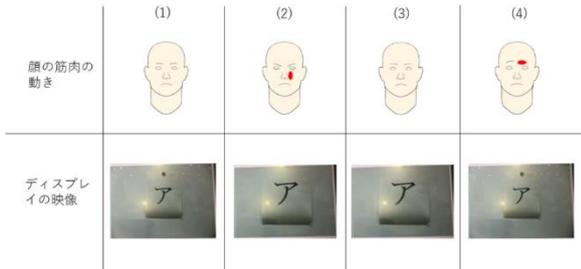


図 3.1.2 操作時の顔の筋肉の動きとディスプレイの映像の対応

3.2 GroupB 「筋電義手」



図 3.2.1 製作した筋電義手の外観

本グループでは、魚をしっかりと抑えるために、あしで魚をとらえる鳥の趾の構造をモデルとした。その際、力を加える向きを4方向にすることで、均等に力が加えることができ、安定して魚をつかむことができるのではないかと考えた。(図 3.2.2)

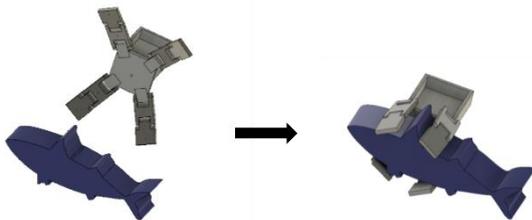


図 3.2.2 筋電義手で魚をおさえるときの様子

「手を握る・開く」「指を横に開く・閉じる」動作に応じた生体信号を得るために、前腕欠損部付近の筋電位を利用した。また、筋電義手を小型化するために携帯可能なバッテリーを利用した。ものにふれているときの感覚フィードバックを行うために、義手の指先に圧力センサを装着した。これにより、ものをつかんだときにセンサが反応し、圧力センサと連動させた振動モーターで装着者の装着部を振動させ、つかんだことを知覚することができるようにした。ほかにも、周囲の

人間やものの存在を知らせるために、超音波距離センサと圧電ブザーを用いて、超音波距離センサと周囲の人やものの距離がある一定の距離以内であった場合、電子ブザーを鳴らすことで義手が衝突する危険性があることを知覚させるようにした。

成果として、非装着時と比較して魚を滑らずにおさえることができた。それにより、体と義手が密着することができたため、体への負担が軽減することが可能となった。一方で、想定外の動作によって筋電位が計測され、被験者が意図しない動きをすることがあったこと、手掌部の中心が長いことで義手全体のサイズが大きくなり、多様なサイズの魚には対応しにくいことが挙げられる。これらの結果から、目標であった「魚を押さえること」は成功したといえる。しかし、圧力センサが装着している箇所と、魚を押さえている箇所が異なることや接触不良によって圧力センサが動作しなかったことによって、握った感覚のフィードバックを得ることはできなかった。

3.3 GroupC 「EG sharing」



図 3.3.1 「EG sharing」を使用しているオンライン授業の画面

本グループでは、Zoom を用いた同期型オンライン授業を行いやすくするために、Zoom 上で受講者の表情が教員側からリアルタイムにわかるシステムを製作した。受講者の表情の種類として、笑顔、困り顔、真顔、うなずきが表示されるよう、受講者の笑筋、皺眉筋、胸鎖乳突筋の3か所の筋電位を利用した。計測した筋電位を、Arduino を用いて数値化し、その値を入力として PC に送る。上記3つの筋の活動に応じて、対応する表情のイラストを processing の実行画面に表示する。そして、受講者の表情を教員側から見えるようにするために、Open Broadcaster Software Studio (OBS) を用いて、自分のビデオの部分に表情が表示されるよう設定する。これにより、受講者の表情が教員側から一覧で見ることが

可能となる。

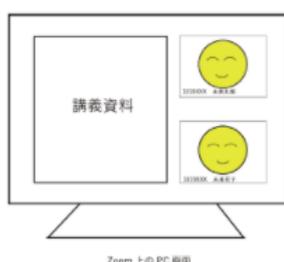


図 3.3.2 Zoom 上の PC 画面

成果として、受講者の表情の切り替わりとディスプレイ上の表情の切り替わりから、システムの正確さを求めたところ、システムの正確さは 47.67%という結果を得られた。また、システムを使用して初めての講義について、「講義を行いやすくなった」という問いには、否定的な意見が多かったものの、「今後の講義に活用してみたい」という問いに対しては、肯定的な意見が多いことが分かった。(図 3.3.3)

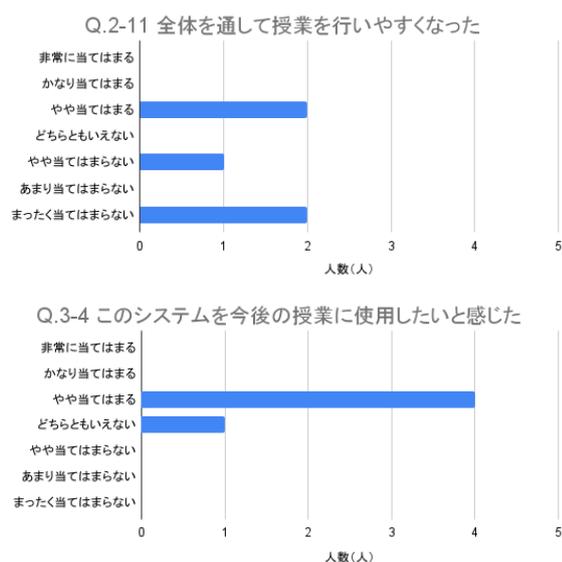


図 3.3.3 教員を対象としたアンケート結果

4. 今後の課題

今年度は、昨年度に引き続き、前期はオンラインでの活動が主となった。そのため、身体拡張やテーマについての話し合いに多く時間を割いてしまった。それにより、前期の成果発表にて、すべてのグループがプロトタイプを完成させることができなかった。それにより、最終成果発表会において、機能や正確性などが十分なものを、完成品とすることができなかった。このことから、前期の成果発表において、全グループがプロトタイプを完成

することが重要であったと考えられる。また、通年を通してスケジュール調整が不十分であったと考えられる。以下に各グループの今後の課題について、詳細に記述する。

4-1 GroupA 「MonoZoom」

実験の結果から、今後の課題として、使用感や装着感についての問題が挙げられた。使用感を向上させるために、より解像度の高いディスプレイの使用、画像処理アルゴリズムの開発、プログラムの処理を光学ズームに変更する必要があると考えられる。また、装着感を向上させるために、小型のディスプレイやマイコンの使用、回路の小型化、筐体の設計の見直しが挙げられる。

4-2 GroupB 「筋電義手」

魚をおさえるうえで、現段階では、特定の大きさのものしか十分に抑えることができないので、手掌部の大きさを小さくすることで、様々なサイズの魚に対応できるようにすることが考えられる。また、圧力センサによる感覚フィードバックがうまくいかなかったことから、圧力センサをつける場所を指先だけでなく手掌部にも設置する必要があると考えられる。

4.3 GroupC 「EG sharing」

画像の切り替わりが早いので、どの表情であるのかわからないという声が多かったことから、ディスプレイ上に表示する画像の速さを調整することで、より正確で、教員側からわかりやすいようにすることが考えられる。また、システムの正確性が低い原因の1つとして、電極がはがれやすいことが挙げられることから、電極の貼り方を工夫することで長時間でもはがれにくいようにする必要がある。

参考文献

- [1] bioSync: 人々の運動覚体験を融合するウェアラブルデバイス. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 22(1), 51-60, 2017
https://www.jstage.jst.go.jp/article/tvrsj/22/1/22_51/_pdf/-char/ja
- [2] 福岡の川原眼科. 医院コラム 目を細めると見やすくなる?. 2020.
<https://www.kawahara-ec.jp/column/post-299/>