

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2022年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：脳情報総合研究プロジェクト

ミッション名：筋電位による身体操作と仮想空間上のオブジェクトを対応付けるシステムの開発

ミッションメンバー：システム工学部2年李玟

システム工学部3年佐々木駿介

システム工学部3年藤原洋祐

システム工学部4年巽終馬

システム工学部4年中畔彪雅

キーワード：筋電位，システム開発，仮想空間，ウェアラブルデバイス，パーソナライズ

## 1. 背景と目的

人間と機械が情報をやり取りするための手段やそのための装置であるヒューマンマシンインターフェースは、技術の発展に伴い機能的なものへと進化し、人々の生活を豊かなものにしてきた。最近の事例として、元 Facebook として知られるアメリカの企業 Meta は、2020 年に開催した自社イベントにて筋電位センサを利用した腕輪型コントローラを披露し、AR 関連の開発研究として前面にアピールした。これを受けて、本プロジェクトの活動テーマを活かしたシステムの開発を行い、それをを用いて活動の幅を広げようと思い至った。具体的な目標は、検知や取り扱いの容易な筋電位を使ってオブジェクトを動作させること、そしてそのシステムを使った新たなコントローラがどのようなコンテンツやケースにおいて有用になるのかを探ることである。これらを踏まえて、本年度の研究目的を「筋電位による身体操作と仮想空間上のオブジェクトを対応づけるシステムの開発」とし、その有用性も考えることにした。



図1 筋電位センサを利用した腕輪型コントローラ

画像引用：Facebook が仮想物体を感じる腕輪型筋電コントローラを試作 | 日経クロステック (xTECH)  
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01537/00033/> (最終閲覧日 2022/6/19)

## 2. 活動内容

今年度の活動内容を大きく「筋電位を使ってオブジェクトを動作させるシステムの開発」と「筋電位センサを使ったコントローラの有用性を測る実験」の2つに分ける。

### 2.1 筋電位を使ってオブジェクトを動作させるシステムの開発

今回開発したシステムは、筋電位センサで取得した波形データを逐次 python で処理し、処理結果を unity で構築した仮想空間環境に送信することでオブジェクトを動作させるというものである。以下にシステム開発の詳細を述べる。

初めに筋電位の計測を行った。筋電位とは筋細胞が収縮活動するときが発生する活動電位のことであり、今回は PLUX wireless biosignals 社の生体情報センサーキット「Bitalino」という筋電位センサを2つ使い、前腕部の屈筋や伸筋と呼ばれる部位



図2 筋電位を計測している様子

の筋電位を計測した。次に各センサから取得した波形データの振幅値の最大と平均をもとに、正規化と閾値の算出を行った。これにより、筋電位の振幅値が閾値を超えることで筋肉に力が入っていると判定でき、またそれぞれの筋電位の振幅値を共通の最大振幅値で正規化することで筋力の大小関係を比較できる。これらの情報を仮想空間環境の実装に使用する Unity へとその都度 UDP 通信で送信し、実装するコンテンツに合わせてオブジェクトの動作に対応付けた。

## 2.2 筋電位センサを使ったコントローラの有用性を測る実験

Unity で構築した仮想空間環境上での実験により、筋電位センサを使ったコントローラ(以下、筋電位コントローラ)の有用性を調査した。今回 Unity で実装したゲームは「ブロック崩し」と「腕相撲」の 2 種類である。ブロック崩しは、既存のコントローラと筋電位コントローラの使い勝手を比較し、筋電位コントローラに代替性があるのかを検証するために実装した。そして腕相撲は、筋電位コントローラの活用先として相応しいコンテンツとなるか検証するために実装した。

初めに、ブロック崩しによる実験について説明する。被験者 5 人に、筋電位コントローラでの操作と既存のコントローラであるキーボードでの操作によってブロック崩しをそれぞれ複数回プレイさせた。このとき、筋電位センサは片腕の屈筋と伸筋にそれぞれ取り付け、操作は手首を内側か外側に曲げることで行うことにした。また、筋電位コントローラでは手首を曲げる方向、キーボードでは右矢印キーと左矢印キーでボールを反射させるバーを操作できるようになっている。ゲームのプレイ後に、それぞれの操作方法でどれだけ直感的に操作できたか、このゲームにおいてどちらがより相応しいコントローラだったかを評価するアンケートを行った。ここで、直感的な操作については、ユーザとコントローラとの関係、コントローラとコンテンツとの関係、そして全体という 3 つの視点から評価をしてもらった。

次に、腕相撲による実験について説明する。このゲームでは 2 人の被験者がそれぞれ 1 つの筋電位センサを使って操作する。被験者は、前腕の屈筋にそれぞれ筋電位センサを取り付け、腕を力むことでゲーム画面上の腕の傾きを操作する。ここでは、被験者同士で筋電位センサを使った腕相撲を 3 回行い、2 回勝った方を勝者として、その後、実際の腕相撲の結果と比較した。また、ゲームのプレイ後に、筋電位センサを使った腕相撲の結果に納得がいくかどうかを評価するアンケートを行った。

以上の 2 つの実験によって筋電位コントローラがどのようなコンテンツやケースにおいて有用であるか調査した。

## 3. 活動の成果や学んだこと

### 3.1 ブロック崩しの実験結果と考察



図 3 筋電位を利用したブロック崩し

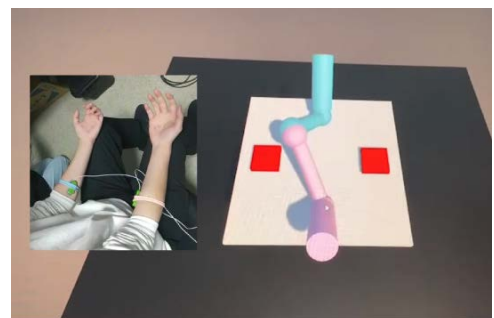


図 4 筋電位センサを利用した腕相撲

ここでは、4つの質問の結果を見ていき、それらの考察をする。

1つ目に、ユーザとコントローラとの関係性を測るために、コントローラそのものの操作性について質問し、キーボードと比べると筋電位センサの方がコントローラとしての操作性が劣るということが分かった。2つ目に、コントローラとコンテンツとの関係性を測るために、実際の操作とオブジェクトの動作の類似性について質問し、実際の操作とオブジェクトの動作について、筋電位コントローラは一致しているという回答が多く、キーボードは乖離・一致と回答にばらつきがあり、キーボードでは筋電位センサほど一致性を見出していないことが分かった。3つ目に、各コントローラを使うことの違和感について質問し、ブロック崩しのプレイにおいて、どちらのコントローラも使用すること自体の違和感はないことが分かった。4つ目に、ブロック崩しにおいてどちらのコントローラの方が相応しいか質問し、すべての人が筋電位センサよりもキーボードの方がブロック崩しのコントローラとして相応しいと回答した。

これらをまとめると、筋電位センサはキーボードと比べても、実際の操作とオブジェクトの動作の関係、このコントローラを使うことの違和感に大きな差異はなかった一方で、コントローラそのものの操作性はキーボードに劣り、結果的にキーボードの方がよいと評価された。初めて筋電位コントローラを使用したにも関わらず、これを使用することに対して違和感を覚えることがなかったのは、筋電位コントローラを操作する動作とブロック崩しに反映されている挙動が一致していたためだと考えられる。一方キーボードのほうが相応しいという結果は、キーボードが筋電位コントローラよりも細かな調子が利きやすく、操作性に優れているということに起因すると考えられる。

以上のことから、キーボードが使われる場面では、ユーザの思い通りに操作できる精確性を追及しないと筋電位センサによる代替は難しいことが考えられる。

### 3.2 腕相撲の実験結果と考察

ここでは、筋電位センサを使った腕相撲の結果と実際の腕相撲の結果の比較、そして1つの質問の結果を見ていき、それらの考察をする。

被験者5人で総当たり戦を行い、筋電位センサを使った腕相撲と実際の腕相撲のそれぞれ10試合の結果を比べると、10試合中8試合は勝敗の結果が一致した。ここから、筋電位センサを用いた腕相撲は、一部異なる結果になることはあっても、実際の腕相撲とおおむね同じ結果になる傾向があると分かった。また、筋電位センサを用いた腕相撲の結果について納得しているかどうかを質問し、すべての人が筋電位センサを使った腕相撲の結果にある程度納得していると回答した。

筋電位センサを使った腕相撲と実際の腕相撲は、細かいところで相違点が多く、コンテンツとして完全に同一視できない。しかし、コントローラとコンテンツの間には、筋肉が関連するという共通項があり、それに起因して筋電位センサを使った腕相撲は一つのゲームとして成立したと考えられる。

### 3.3 結論

以上のことから実験の結論として、筋電位センサを使ったコントローラは、既存のコントローラに迫る精確な操作性を実現できれば、代替手段となる可能性はあると考えた。

また、ユーザ自身の筋電位が反映されるという側面を活かして、筋肉が関係するようなコンテンツを中心に筋電位センサを使ったコントローラの活躍の場が期待できると分かった。

## 4. 今後の展開

### 4.1 課題点

今回の研究を通して、実用性の観点から計測時のノイズの対処や筋電位センサによるコントローラの操作の精確さを改善する必要があると感じた。

ブロック崩しにおいて、直感的な操作について3つの基準から評価をしてもらったが、今後はより多くの視点や評価項目から検討するつもりである。また、今回の研究では筋電位センサの個数や計測箇所、身体の動作、そしてコンテンツの種類を少なく限定して実験を行ったため、今後はこれらの種類を増やして今回の結論を検証していくことが考えられる。

他にも、今回は閾値を設けることで身体動作を判別したが、機械学習などの別の方法でシステムを開発し、今回のシステムと比較していきたい。

### 4.2 将来展望

本研究の目的が達成されることにより、特定のコンテンツにおいて代替性のある新しいコントローラを使うなど、ユーザの選択肢が増加するほか、既存のコントローラでは実現の難しかった新たなコンテンツの誕生につながると考えられる。

## 5. まとめ

今年度の活動で、筋電位による身体操作と仮想空間上のオブジェクトを対応付けるシステムの開発をすることができた。現段階では操作性において既存のコントローラに劣るが、操作精度の向上が実現できれば、代替手段となる可能性はあることが判明した。また、ユーザ自身の筋電位が反映されるという側面を活かして、筋肉が関係するようなコンテンツを中心に筋電位センサを使ったコントローラの活躍の場が期待できると感じた。

今年度の活動を通して、筋電位の計測やそのデータ処理、Unityでの仮想空間環境構築など、技術的な知識を学習することができた。また、実験を準備する過程で、研究の目的や意義について理解を深めることができるということを知った。今年度学んだことや身につけたことを糧に、今後も活動に精進したい。