

公立はこだて未来大学 2020 年度システム情報科学実習 グループ報告書

Future University Hakodate 2020 System Information Science
Practice Group Report

プロジェクト名

生体信号を利用した身体拡張型インタフェース～ASHURA～

Project Name

Body Augmentation Interface Using Biological Signal ASHURA

グループ名

Aug.Hand 班

Group Name

Group Aug.Hand

プロジェクト番号/Project No.

20-B

プロジェクトリーダー/Project Leader

1018016 保坂湊人 Keito Hosaka

グループリーダー/Group Leader

1017032 高橋那有 Nayu Takahashi

グループメンバ/Group Member

1018189 宮本拓門 Takuto Miyamoto

1018147 森口和樹 Kazuki Moriguchi

1018212 山本一希 Itsuki Yamamoto

指導教員

櫻沢繁 高木清二 辻義人 安井重哉

Advisor

Shigeru Sakurazawa Seiji Takagi Yoshihito Tsuji Shigeya Yasui

提出日

2021 年 1 月 14 日

Date of Submission

January. 14, 2021

概要

本プロジェクトでは、主に生体信号の1つである筋電位を用いた身体拡張デバイスの製作を行ってきた。それに加え、筋電位で操作する翼や精神的な緊張を音で表現するデバイスの製作などを行ってきた。今年度の活動では、プロジェクト全体で議論を行い、身体及び身体拡張とはなにかを定義した。そして、これらの議論から導き出された定義に従い各グループでデバイスの製作を行った。「身体とは何か考え、生体信号を用いた新しい身体拡張インタフェースをつくる」というテーマに基づき2グループでの活動を行った。本グループは、昨年度まで本プロジェクトで製作されてきた義手とその拡張性に着目した。義手は事故や病気などの原因で上肢を欠損した人が、その外観や機能を補完するために使用する義肢である。すなわち、従来の義手は、身体を補うことを目的として研究・開発されてきた。一方、人間拡張工学の分野で行われている研究の中には、マイナス要素を補うだけではなく更にプラスになる要素を加える内容のものが存在する。我々は、それらの研究事例を参考に、マイナス要素を補うだけではなく更にプラスになる要素を加えることを考えた。次に、我々が日常生活を送る中で不便に感じる場面を問題点とし、そのなかでも手を利用する場面を考えた。その中でも本グループは、手が届かない場面に着目した。この不便を解消するために、義手に「伸びる」機能を付加したデバイスの製作を考えた。よって、従来の義手が補綴を目的としたものであることに対して本グループが目指すのは拡張を目的としたデバイスであることから、製作するデバイスの名称を「Aug.Hand」とした。本デバイスを製作するにあたって、「伸縮機能」と「把持機能」の2つの機能を持たせた。それぞれ異なる筋の活動に対応づけし、制御を行った。また、本デバイスを前腕部に装着することで、腕を伸展した先で人間の手の把持機能を再現し、この際の身体感覚を得ることを目指した。

キーワード：生体信号、身体拡張、義手、伸縮、把持

(※文責 :山本一希)

Abstract

In this project, we have mainly manufactured body expansion devices using myoelectric potential, which is one of the biological signals. In this year's activities, we discussed the entire project and defined the definition of biological signals and what the body and body expansion are. Then, each group manufactured the device according to the definition derived from these discussions. Based on the theme of "thinking about what the body is and creating a new body expansion interface using biological signals," we conducted activities in two groups. This group focused on the artificial limbs produced in this project until last year and their expandability. We paid attention to the following two points. First, we considered the characteristics of artificial limbs. An artificial limb is an artificial limb used by a person who has a defect in the upper limb due to an accident or illness to complement its appearance or function. That is, the conventional artificial limbs have been researched and developed for the purpose of supplementing the body. We saw this as a drawback of artificial limbs. With reference to research cases of human expansion engineering, we considered not only supplementing the negative factors but also adding more positive factors. Next, we considered the situations where we felt inconvenient in our daily lives, and among them, the situations where we used our hands. Among them, this group focused on the "out of reach" scene. In order to eliminate this inconvenience, we considered the production of a device with a "stretching" function added to the artificial hand. Therefore, the name of the device manufactured by this group is "Aug.Hand" because our goal is to expand the device while the conventional artificial hand is intended for prosthesis. In manufacturing this device, it was given two functions, "expansion and contraction function" and "grip function". Each mechanism is referred from a separate device and controlled by associating a myoelectric potential with each function. In addition, by attaching it to the forearm when using this device, we aimed to reproduce the gripping function of a human hand at the point where the arm is extended, and to obtain a physical sensation at this time.

Keywords: biological signal, body expansion, artificial limb, expansion and contraction, grasping

(※ Responsibility for wording: Itsuki Yamamoto)

目次

1	イントロダクション	2
1.1	背景	2
1.2	手の拡張に関する研究事例	2
1.3	目的	2
2	グループ活動概要	4
2.1	研究内容に関する知識の習得と事例の調査	4
2.2	生体信号の利用	4
2.3	グループの位置づけ	4
2.4	身体拡張の定義	4
2.5	問題設定	5
2.6	伸縮ブーム構造	5
3	課題解決のプロセス	7
3.1	製作方針	7
3.2	手の製作	7
3.3	腕の製作	14
4	結果	18
5	考察	19
6	中間発表会	20
6.1	中間発表前の手続き	20
6.2	中間発表における評価方法	20
6.3	中間発表に対する評価	21
7	最終成果発表会	23
7.1	成果発表前の手続き	23
7.2	成果発表における評価方法	23
7.3	成果発表に対する評価	24
8	各人の担当課題及び解決過程	26
8.1	個人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ	26
8.2	担当課題と連携内容	27
9	相互評価	29
10	結論	31
付録 A	新規習得技術	32
付録 B	活用した講義	32

1 イン트로ダクション

1.1 背景

義手は、事故や病気などの原因で上肢を欠損した人が、その外観や機能を補完するために使用する義肢である。義手は、構造により殻構造義肢と骨格構造義肢に分類される。また、機能により、装飾用義手・作業用義手・能動義手・筋電義手に分類される [1]。義手などの従来の身体に関わるテクノロジーは、主に身体の補綴に用いられることが多かった。つまり、障害者の身体におけるマイナス要素を補い、いわゆる健常者に近づけるためのものとして研究・開発されてきた [2]。一方、人間拡張工学は、人間が生得的に有する感覚機能、運動機能、知的処理機能を物理的、情動的に補償・拡張することを目指す研究開発領域であり、自らやりたいことを身体能力に関わらず自由自在に行うための技術確立することを目指している [3]。近年、人間拡張工学の分野の研究の一部として手の拡張に関する研究・開発が行われている。例として、「The Third Thumb(第3の親指)[4]」や身体装着型ロボット「第3の腕 [5]」などの研究が挙げられる。これらの研究結果から、デバイスを使用することによって新たな身体感覚を得ることができたという結果が報告されている。例えば、The Third Thumb の使用者からは「柔軟に動く親指と、頑丈な手のパーツのおかげで、物を持ったときに、物の重みを手の一部に感じる」「装置を外すと、何かが足りない気分になり、まるで幻肢のような感覚になる」等の結果が報告されている。これらのことから、運動機能を物理的に拡張するデバイスを製作し、それを使用することで新たな身体感覚を得ることができると考えた。

(※文責 :山本一希)

1.2 手の拡張に関する研究事例

背景にて述べた「手の拡張」の研究事例について詳細を記載する。まず1つ目は「The Third Thumb[4]」である。「The Third Thumb」は、3D プリンターでできたもう1本の親指である。本デバイスの開発者、は人間にとって親指は特別なものであると述べている。本デバイスは、親指のユニークな動きを、2つのモーターを用いて実現したものである。ユーザーは、足のつま先に取り付けたコントローラーを使用し、Bluetooth 接続でもう1本の親指をコントロールしている。次の事例として、「第3の腕 [5]」が挙げられる。「第3の腕」は樹脂パイプを3D プリンター部品により接合して製作されている。操作者は、顔面ベクトルと呼ばれる顔の向きを用いて目標物を定め、第三の腕を操作することができる。顔面ベクトルを行うために、アイグラス型インタフェースを利用する。アイグラス型インタフェースを用いることで、顔の向いている方向、また、顔と物体までの距離を計測することができる。これにより、顔の向きによって、腕部の操作が可能となるのである。

(※文責 :山本一希)

1.3 目的

我々が日常生活を送る中で不便に感じる場面が多く存在する。本グループでは、筋電義手の機能を応用することで身体を拡張するためのデバイスの製作を考えていたことから、日常生活の中でも手を使用する場面限定して考え、その中でも「手が届かない」場面に着目した。遠い場所や高い場所などの自身の手の届かない範囲にあるものを取りたいというような場面に対し、身体拡張デバイスによって腕を更に伸ばすというアプローチを行う。我々は、筋電義手に伸縮機能を付与することによって、伸縮・把持の機能を持つデバイスを考えた。このデバイスを前腕部に装着することで

「手が届かない」場面を解消する。そして、日常生活における動作を広げ、新たなライフスタイルを得ることを考えた。例えば、今まで背が低くて届かなかった戸棚の上に手が届くようになることで踏み台を探す必要がなくなるように、これまでのライフスタイルに変化が起きると考えられる。マジックハンドのような道具としてではなく、自らの身体の一部のように自然に動かすことができ、更に、上肢の欠損等の身体障がい者だけではなく、健常者にも使用できるデバイスの製作を目指した。また、背景で述べたように、身体拡張デバイスによる新たな身体感覚が報告されていることから、我々は、本デバイスがただ伸びるだけではなく、腕が伸びた際のその先の身体感覚を得ることができる考えた。よって、我々は、以下の2点を目的として活動した。

- 伸縮・把持の機能を持つ「伸びる義手」の製作。
- 本デバイスを使用した際の身体感覚の調査。

(※文責 :山本一希)

2 グループ活動概要

2.1 研究内容に関する知識の習得と事例の調査

本プロジェクトではまず、担当教員による講義が行われた。本プロジェクトの基礎となる知識として、生体信号に関する基礎的知見、また、表面筋電位の計測方法について学習した。学習後、ペアワークとして、生体信号とその先行研究について及びそれぞれの考える身体拡張について調査・発表が行われた。書籍や論文、ウェブサイトを利用して調査を行い、十分程度の内容としてまとめたプレゼンの後、質疑応答が行われた。発表では、生体信号が医療・福祉・ゲームなどの様々な分野において活用されていることが報告された。それぞれのプレゼン等の活動内容を踏まえて、プロジェクト全体で研究テーマについて話し合い、今年度に行う研究テーマを決定した。

(※文責 :山本一希)

2.2 生体信号の利用

生体信号とは、心拍や脳波、呼吸などの生体現象に伴い体内に発生する微弱な電氣的な信号である。これをセンサなどを用いて計測し、数値化する。計測方法としては接触計測と非接触計測がある。その中でも我々は、計測の手軽さとリアルタイムでの計測が可能である点から筋電位の計測を行い、それを用いたデバイスの製作を行うことにした。筋電位とはこの生体信号の一つであり、筋収縮に伴って筋細胞の膜で発生する微弱な電気信号を指す。電極を対象の表面に設置することによって微弱な電圧を検出し、そこで得られた電位を増幅させることでデバイスの制御に利用する。

(※文責 :山本一希)

2.3 グループの位置づけ

本プロジェクトは2つのグループに分かれて、生体信号を用いた身体拡張型インタフェースの製作が行われた。本グループでは義手とその拡張性に着目した。従来の義手はハンディキャップを補うという側面が大きかったが、我々は義手の機能を応用することで身体を拡張するための手段となるデバイスを製作したいと考えた。また、日常生活において「手が届かない」場面に着目した。よって、新たな身体拡張の形として、義手に「伸びる」機能を付与することを考えた。伸縮機能と把持機能をそれぞれ表面筋電位と対応させることにより腕を伸展させ、その先で手の把持機能を実装することで身体を拡張した。

(※文責 :山本一希)

2.4 身体拡張の定義

我々は、身体拡張の定義を行うにあたって、まず身体の定義を行った。メンバー全員がインターネットなどのツールを使用して調査を行い、自分の考える「身体とは」を共有した。それらを元に、身体とは主に、「意識的に動かす筋肉などの部位」「意識外で動く体内器官」「知覚システム」の3つの要素を複合したものであると定義した。「意識的に動かす筋肉などの部位」は、肩や肘、膝などの関節や、腕や脚などを意識的に動かすための随意筋を指す。「意識外で動く体内器官」は、不随意筋や内蔵及びその働きを指す。「知覚システム」は、感覚器官を通して得られる情報とその情報を知覚するまでのシステムを指す。これを踏まえて、身体拡張を「身体的能力や知覚システムの

制約を超え、物理的な実体のあるデバイスを自らの一部として利用することである」と定義し、私たちはこれに則って活動した。

(※文責 :山本一希)

2.5 問題設定

目標を達成するにあたり、以下の機能を備えた義手を製作する必要がある。

- 物を把持する機能
- 遠くの物を把持できるよう、腕を伸縮する機能
- 筋電位による把持や腕の伸縮の制御

そのため、物を把持するための手と、それを遠くまで届かせるための伸縮する腕を製作し、それらを筋電位を用いて制御する。また、制御に筋電位を用いるため、義手の手や腕の動きはどこかの筋肉の動きと連動することとなる。この時連動させる筋肉にどのような意味があるのかを考え、選ぶ必要がある。手の製作にあたって、2019 年度 ASHURA プロジェクト GroupA により製作された義手を参考にした。この義手はバトミントンのガットをサーボモーターで引っ張ることにより、指の屈筋腱と伸筋腱を模した構造となっている。また、腕の伸縮構造は、クレーン車のアーム部分に用いられる直進型の伸縮ブーム構造を参考にした。システムの全体像を図 1 に記載する。

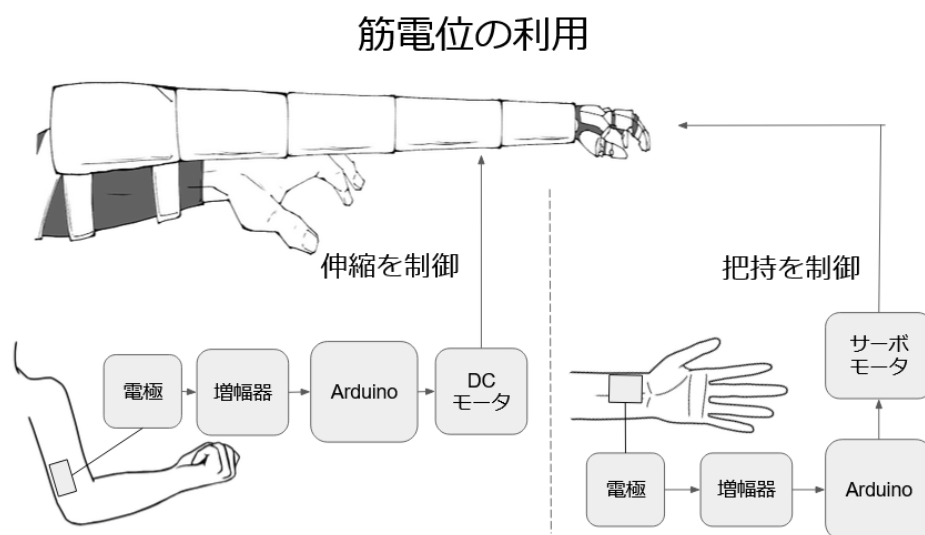


図 1 システムの全体像

(※文責 :山本一希)

2.6 伸縮ブーム構造

伸縮ブーム構造とは、複数個のサイズの異なるブームを入れ子式に組み込み、伸縮機能を持たせた構造である。具体例として、クレーン車のアーム部分がこの構造である。今回は実際のクレーン車のアーム部分を参考に製作を行った。伸縮ブーム構造と動作の仕組みを図 2 に記載する。3 段のブームの内部に、ボールねじ、ワイヤロープ、シーブ（滑車）が取り付けられている構造となっている。伸縮する仕組みは、ボールねじによって 2 段ブームが伸縮する。3 段ブームは伸びる場合、2 段ブームが伸びると同時に、3 段ブーム伸長用シーブにかけられた 3 段ブーム伸長用ワイヤロープ（端は 3 段ブームに固定）が引っ張られ、3 段ブームが引っ張り出されて伸びる。また縮む場合は、

2 段ブームが縮むと同時に、3 段ブーム縮小用シーブにかけられた 3 段ブーム縮小用ワイヤロープによって基本ブーム側へ引っ張られて縮む。

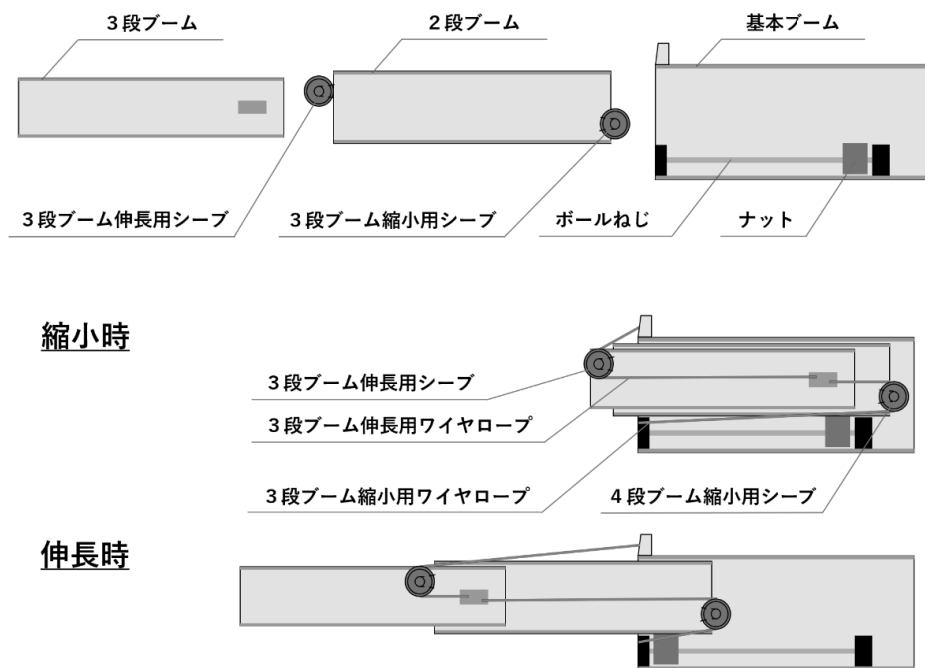


図 2 伸縮ブーム構造と動作の仕組み

(※文責 :森口和樹)

3 課題解決のプロセス

3.1 製作方針

本プロジェクトでは、把持と伸縮を可能とするデバイスとして、Aug.Hand の製作を試みた。Aug.Hand の命名に際して、従来の手腕部の機能を拡張（augmentation）することを意図している。Aug.Hand の構成は、伸縮するための腕部分と物を把持するための手部分の 2 つに分けられる。手は、腕を伸ばした時、位置が肩や肘から遠くなる。このため手の質量は、肩や肘を回転軸とした慣性モーメントへの影響が大きくなり、腕にかかる負担が増加する。また、伸縮ブーム構造は入れ子の様な構造をしているため、内側のブームほど細くなっている。手を固定するブームは一番内側のブームであり、部品を配置するには内部のスペースが狭い。このことから手はなるべく軽量に、またスペース内に収まるよう少ないパーツで構成した。腕は人の前腕に装着するため、腕本来の動きを阻害しないことを目指した。そのためには軽量であり、サイズも小さいことが望ましい。

(※文責 :宮本拓門)

3.2 手の製作

まず、手の機能について検討した。参考にした 2019 年度 ASHURA プロジェクト GroupA により製作された義手は、5 本の指を制御するのに計 7 個のモーターを使用している。我々の義手の場合、重量の問題から 7 個のモーターを使用するのは難しい。そのため、親指にのみこの構造を採用した。親指と固定された他の指で挟むことにより、把持能力を実装した。次に製作方法を検討した。先述した通り手は軽量である必要がある。我々は Makerbot Replicator 2X という 3D プリンターを使用した。この 3D プリンターを使用した場合、内部がハニカム構造で印刷される。これにより丈夫かつ軽量のパーツを製作することが可能となる。しかし、使用時間が限られていたことから、一部パーツは ANYCUBIC Photon-S という 3D プリンターを使用した。以上の事を踏まえた上で手の製作を行った。まず 3D プリンターで印刷するために手の 3D モデルを Fusion360 で作成した。3D プリンターを使用する場合、印刷できる大きさに制限があるため、複数のパーツに分けて製作した。製作したモデルを図 3 に記載する。手のひら、親指、手首の 3 部位に分けて説明する。

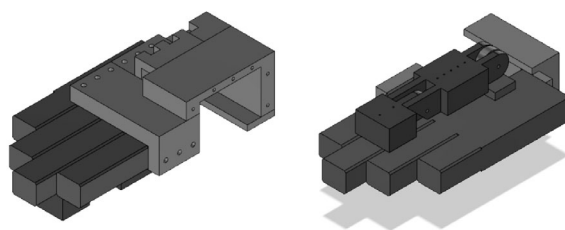


図 3 作成した手の 3D モデル

(※文責 :宮本拓門)

3.2.1 手のひら

手のひらの役割は、親指と併せて物を把持することである。製作にあたり、自身の手の大きさを参考に製作を行ったが、軽量化のため実際より小さくした。図4に図面を記載する。正面図及び側面図にて、下側に突き出ている部分は親指を固定するためのものである。平面図右上の35mm×35mmの空間は親指を動かすためのモーターを配置するためのものである。また、親指からモーターへと繋がるガットの通り道も確保している。モーターにガットを誘導するヒートンを固定するための直径1mmの穴を開けた。

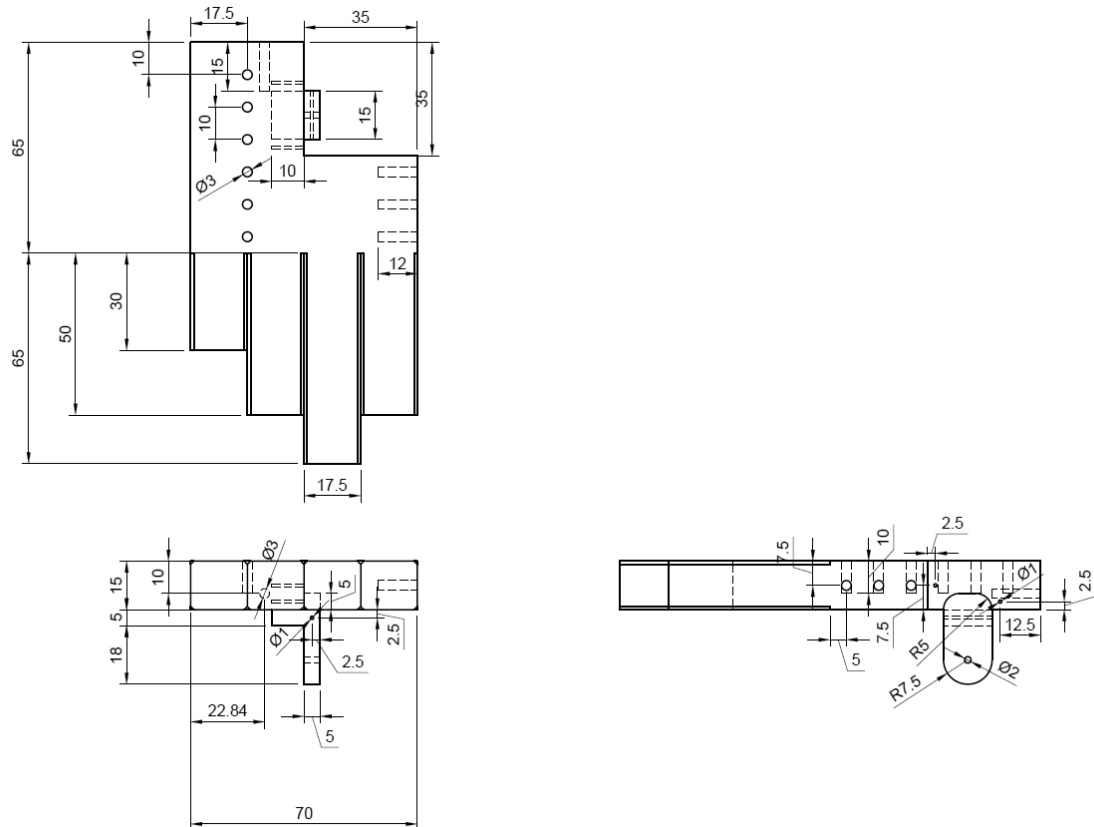


図4 手のひらの図面

(※文責 :宮本拓門)

3.2.2 親指

親指の役割は手のひらと併せて物を把持することである。親指は指先と指の腹の2つのパーツで構成される。この親指をモーターとガットで制御することで把持能力を持たせる。図5、図6に図面を記載する。手のひらと同じく、ヒートンを固定するための直径1mmの穴が指先に2つ、指の腹に5つ開けられている。ただし、実際は指先は両面に1つずつ、指の腹は両面に2つずつヒートンを固定した。指先の右側、指の腹の両側に突き出た部分は、関節部である。直径2mmの穴は、ねじを通し、関節を作るためのものである。図6の正面図から見て、左側は指先と、右側は手のひらの接続部と繋ぐ。指の腹の関節部は、間に7mmの隙間がある。この間に指先、手のひらの関節部を入れ、穴を合わせ、ねじを通す。関節は指の腹左側を除き、半円状になっている。指の腹左側は、第一関節の可動域を制限するためにこのような形状となった。

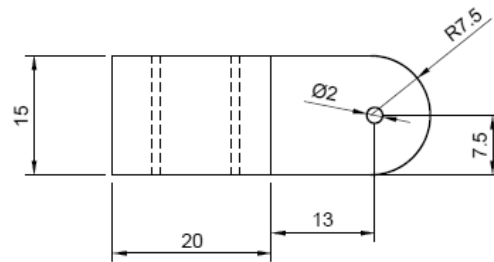
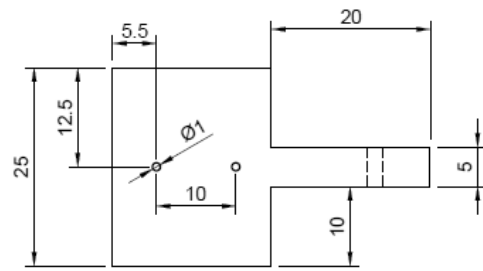


図 5 指先の図面

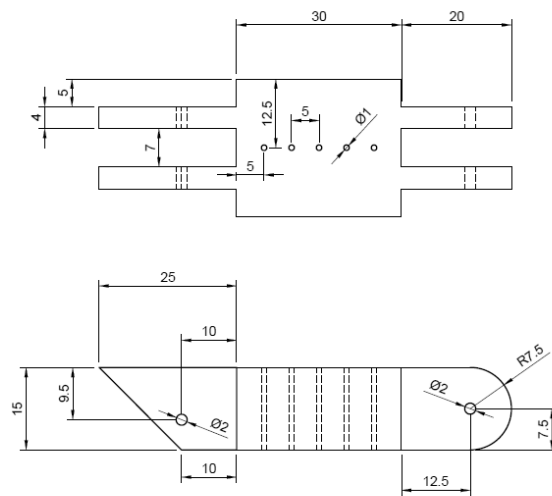


図 6 指の腹の図面

(※文責 :宮本拓門)

3.2.3 手首

手首の役割は、手と腕を繋げることである。親指を動かすためのモーターを格納し、腕に固定できる様に設計した。腕のパーツは4つあり、それぞれの図面を図7、図8、図9、図10に記載する。これら4つのパーツを図11のように組み合わせる。パーツAとCは手側、パーツBとDは腕側に固定し、パーツ同士を固定することで手と腕を繋げている。実際に腕に固定した様子を図12に記載する。パーツBとDを腕の中に差し込み、ねじで固定した。モーターのコードを通す穴を設計していなかったため、印刷後パーツBの一部に穴をあけた。

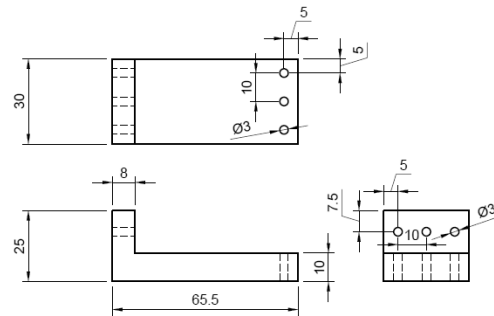


図7 手首パーツ A

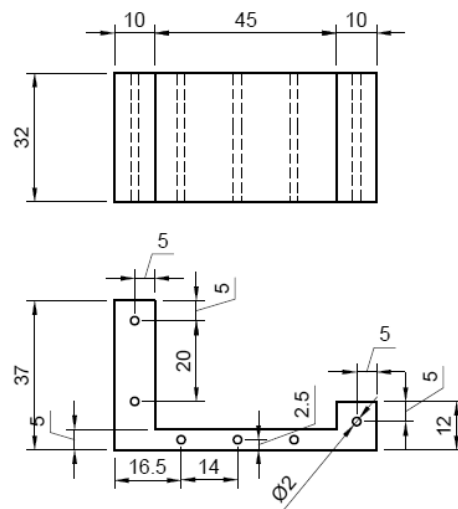


図8 手首パーツ B

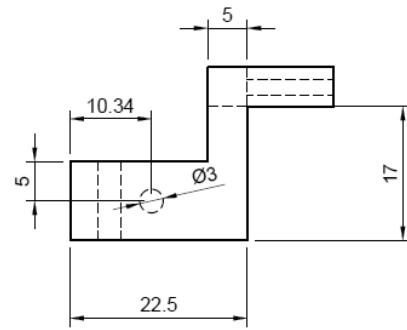
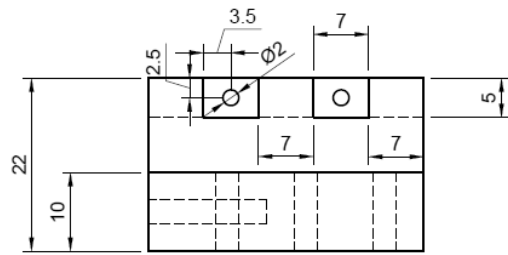
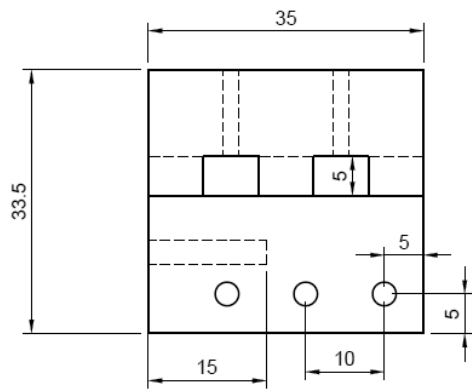


図9 手首パーツ C

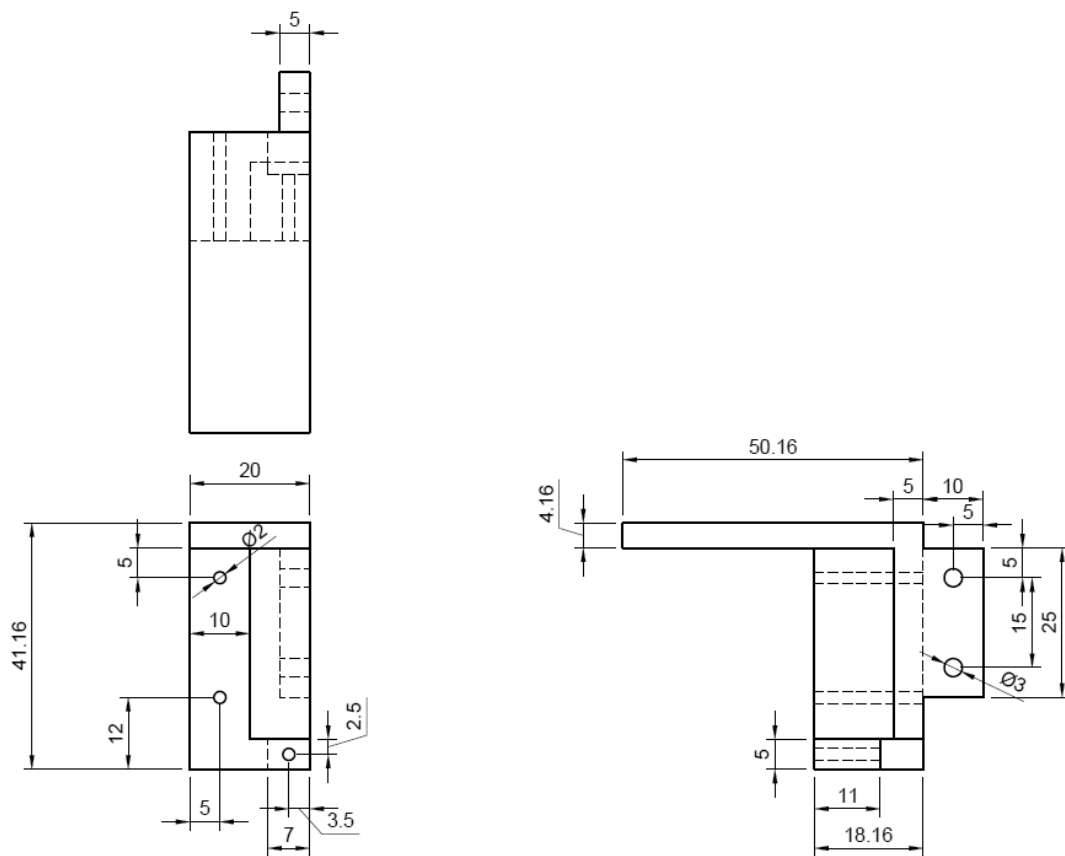


図 10 手首パーツ D

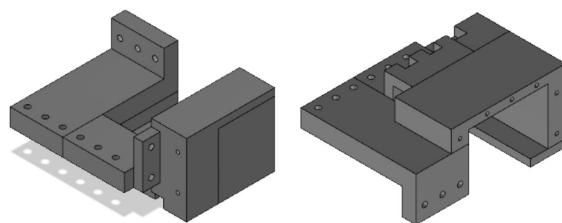


図 11 手首パーツを組み合わせた様子

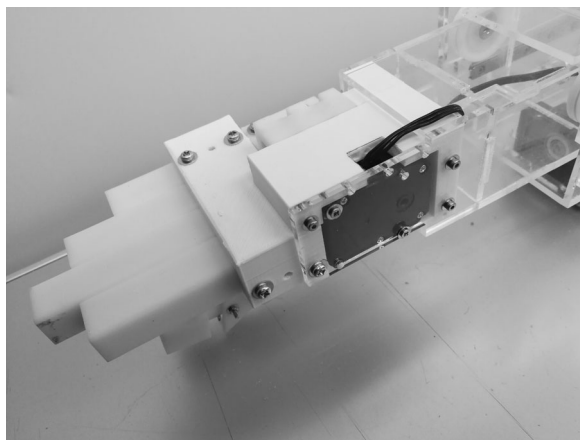


図 12 手と腕を組み合わせた様子

(※文責 :宮本拓門)

3.2.4 把持能力

先述の通り、2019 年度 ASHURA プロジェクト GroupA により製作された義手を参考にした。親指のパーツにヒートンを固定し、ヒートンにガットを通した。制御には屈筋腱に 2 本、伸筋腱 1 本のガットを用いた。屈筋腱の 2 本のガットは、それぞれ指先パーツと指の腹パーツに固定されている。しかしながら、ガットの固定位置を指先パーツとすると、指先が屈曲タイミングが不自然な動きを示す結果となった。具体的には、第一関節から先に屈曲し、その後に、第二関節が屈曲する動作となる。この場合、手指の屈曲タイミングが不自然であることに加え、物体の把持が難しいことがわかった。これを防ぐため指の腹パーツにもガットを固定し、同時に引っ張ることにより先に第二関節が曲がるようにした。本来は筋電位を用いて制御する予定だったが、時間の都合上、完成に至らなかった。

(※文責 :宮本拓門)

3.3 腕の製作

Aug.Hand はデバイスを前腕の上に載せ、マジックテープのバンドで固定する形を想定して製作された。伸びる部分の機構については、クレーン車のアーム部分に用いられている直進型の伸縮ブーム構造を参考にした。また伸ばす長さを決める際、グループ内でどのくらいが最適か議論した。まず、腕が伸びた場合の空間把握と、先端の手の位置制御について調べた。手に長さ 15～200cm の棒状の物を持ち、手の届かない場所にある 500mL のペットボトルを正確に触れることができるかという実験を行った。その結果、100cm を超えた棒では、正確に触れることが難しく、当たって倒してしまうことがあった。また 15～30cm の棒では、正確に触れることはできたが、ペットボトルとの距離が近く、遠くの物に触れている感覚が全く無かった。そのため、30～100cm の範囲内で伸ばすこととした。次に、伸びた先の手で物を持った際に腕にかかる負担を調べた。棒の先端に、水を入れた 500mL のペットボトルをくくりつけ、それを手に持った際に、どのぐらいの長さなら、持ち続けることができるかという実験を行った。その結果、15～40cm の範囲であれば、持ち続けることができることがわかった。これより、伸ばせるだけ伸ばしたいという話し合いの結果から、40cm 伸ばすこととなった。

(※文責 :森口和樹)

3.3.1 ブームのフレーム

フレームは強度の強さ、軽さ、加工のしやすさなどから、ABS 樹脂のフィラメントを 3D プリンターで印刷する予定だった。しかし、1 つのパーツの印刷に 10 時間以上かかり、工房が利用できる時間が限られていることから、期末発表までに製作が間に合わない判断した。そこで、厚さ 3mm のアクリル板をレーザーカッターで加工し、箱状に組み立てたものをフレームとした。しかし、3D プリンターとは違い、レーザーカッターでは立体を作れないため、立体部分は 3D プリンターで印刷し、図 13、図 14 のようにアクリル板と組み合わせた。箱状に組み立てる際、アクリル専用の強力な接着剤を用いて接着した。しかし、ただ接着するだけでは安定性に欠けるため、図 15 のようにフィンガーを作り、接着剤なしでも箱状に組み立てれるようにした。一度加工したアクリル板を接着剤なしで組み立てたところ、フィンガーの凹部分が大きく、凸部分が小さかったため、全くはまらなかった。その原因として、レーザーカッターの熱によってアクリルの切断面が 0.08mm 程度溶けていることがわかった。その解決法として、図 16 のように、フィンガーの凹凸の凹の部分の寸法はそのまま、凸の部分の寸法を 0.16mm 大きくした。これにより、接着剤なしでも組み立てることが可能になった。

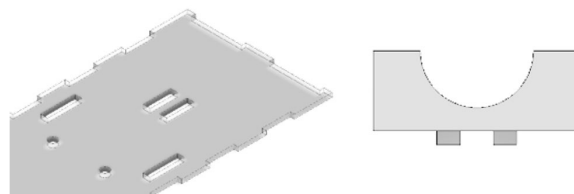


図 13 アクリル板（左）と立体部分（右）の組み立て前

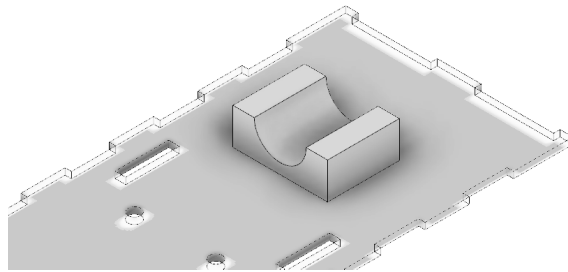


図 14 図 12 の組み立て後

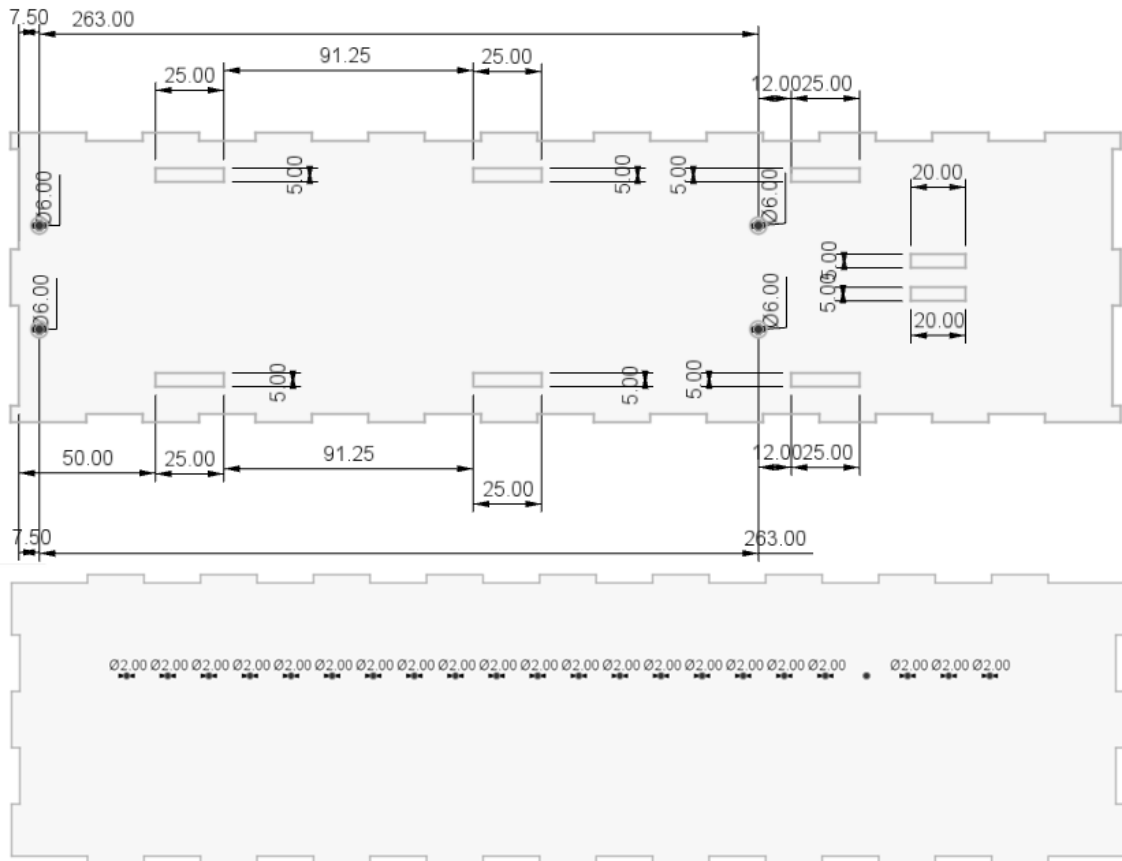


図 15 基本ブームのフレーム 底面（上）と側面（下）

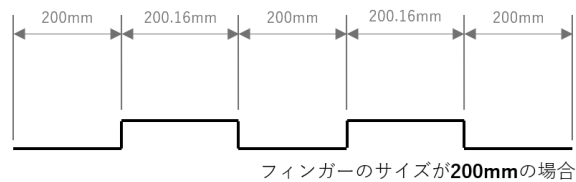


図 16 フィンガーの切り口

(※文責 :森口和樹)

3.3.2 基本ブーム

油圧シリンダを作動させるには、作動油タンクや油圧ポンプなどを組み合わせた油圧制御装置が必要になる。そのため、サイズ、重量ともに前腕の上に載せるのは不可能であると判断した。そこで成果物では、装置が小さく、制御も比較的容易な DC モーターと、回転運動を直進運動に変えるボールねじを用いて 2 段ブームを伸縮させた。2 段ブームは図 17 のようにボールねじのナット

の上に載せるような形で固定する。しかし、この一箇所の固定だけでは安定性が低く、負荷が大きい。そのため図 18 のように、基本ブームの側面にリニアレール（レールとブロックの間にベアリング加工がされたもの）を取り付け、挟みこむようにして 2 段ブームにブロックを固定し、安定性の強化と負荷の分散をした。実際に使用した部品は以下の通りである。

- ミスミ 転造ボールねじ STD. ナット [BSSR1010-300]
- ミスミ サポートユニット角型 固定側標準タイプ [BSW8S]
- ミスミ サポートユニット角型 支持側標準タイプ [BUN8]
- ミスミ ボールねじナットブラケット ブロックタイプ [BNFB1010R-17]
- ミスミ ミニチュアリニアガイド 標準ブロック [SSE2B8-250] × 2
- ジョー形カップリング -セットスクリュータイプ- JAC [JAC14-2-6]
- マイクロモーター 12V [RF146W-11210-25]

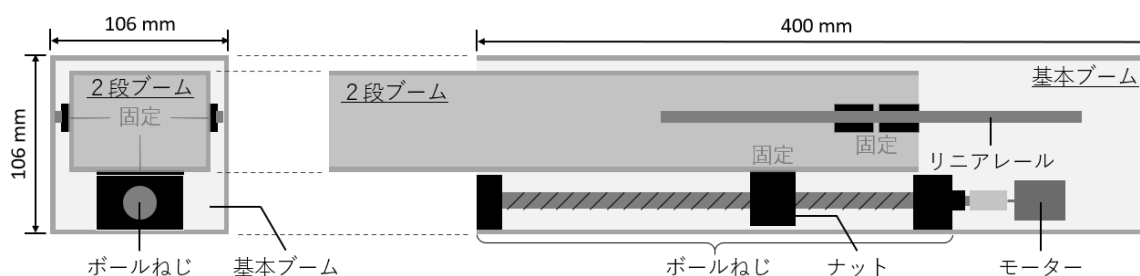


図 17 基本ブームの構造 正面（左）と横（右）

(※文責 :森口和樹)

3.3.3 2 段ブーム

今回使用するボールねじは、単体で 25cm の直進運動が可能である。前述の通り、伸ばす長さは 40cm で、先端のブームはワイヤーロープとシーブにて 15cm の伸縮が可能のため、成果物は 3 段のブームで伸縮させることとした。2 段ブームには、3 段ブーム伸縮用のシーブとワイヤーロープ、3 段ブームを支えるリニアガイドが必要になる。シーブは 3 段ブームを引っ張った際、傾いて伸縮しないよう安定性を強化する必要がある。そのため、伸長用と縮小用をそれぞれ 2 つずつ側面に取り付けた。このとき、シーブを固定している部分のフレームが割れてしまう可能性があったため、シーブの軸周りのフレームを 2 重にし、強度を上げた。また、シーブの軸のネジが短く、固定する手段が無かったため、フレームに軸の呼び径より少し小さめの穴をあけ、ハンドタップでネジ山を作った。伸縮用のワイヤーロープには、バドミントンのガットを使用した。リニアガイドは、基本ブームと同じように、側面に取り付け、挟みこむように 3 段ブームにブロックを固定した。しかし、そのまま固定してしまうと、シーブと 3 段ブームが当たってしまい、3 段ブームが伸縮できないため、ブロックと 3 段ブームの間に合わせ板を 1 枚挟んだ。実際に使用した部品は以下の通りである。

- ミスミ ミニチュアリニアガイド 標準ブロック [SSE2B8-250] × 2
- トックベアリング 樹脂付きベアリング DV（外側 V 溝タイプ） [DV-30-B0.5-0.5R] × 4
- ヨネックス（YONEX） バドミントン スtring BG66 アルティマックス

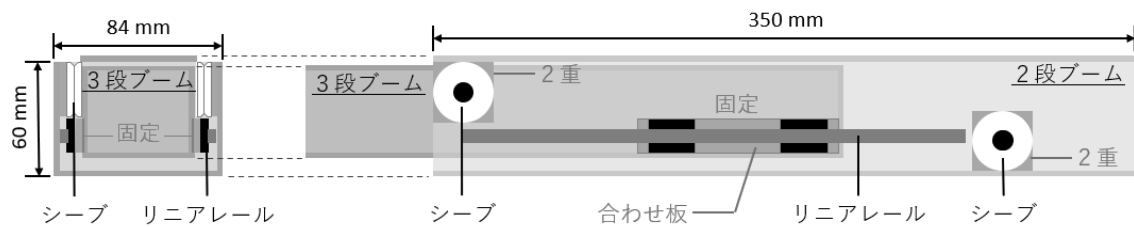


図 18 2 段ブームの構造 正面 (左) と横 (右)

(※文責 :森口和樹)

3.3.4 3 段ブーム

3 段ブームは先端に 3.1 の手を付ける必要がある。そのため、図 19 のように側面の先端部分の形状を変え、ボルトで固定できるようにキリ通しをした。また、他のブームとは違い、3 段ブーム内部には、何も部品を取り付けていない。そのため、手の重さの負荷が、全てフレームの接着面にかかってしまい、壊れてしまう可能性がある。そのためブームの中のような節を作り、3 箇所固定して、強度を上げた。さらに、3 段ブーム伸縮用のワイヤーロープの端は 3 段ブームに固定するため、固定できるように事前に穴を開けておいた。図 19 と図 20 を組み合わせたものが 3 段ブームとなる。

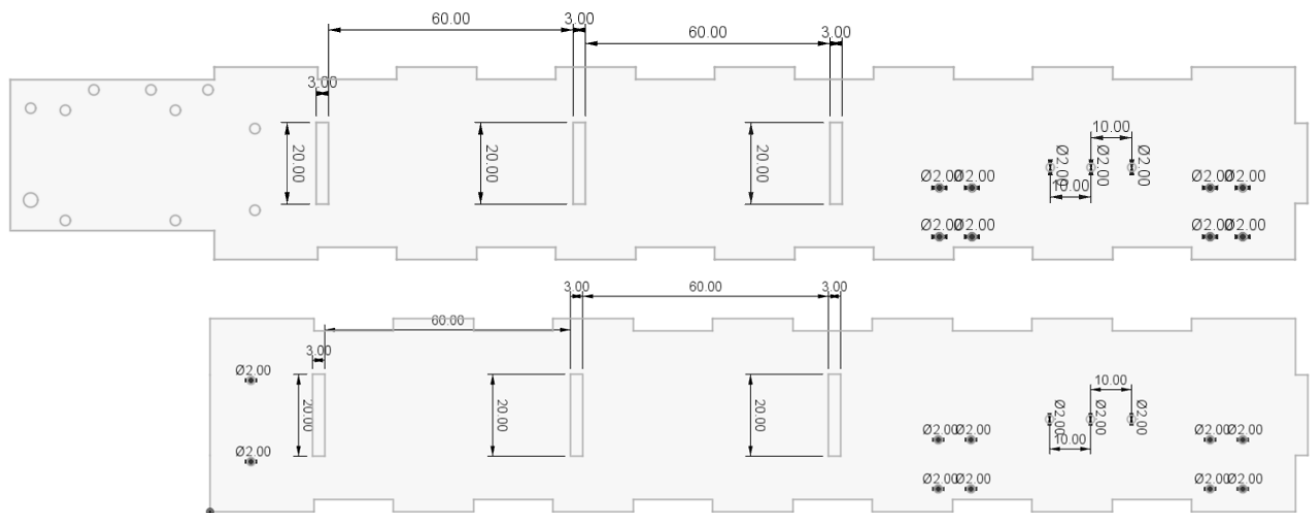


図 19 3 段ブーム側面の設計図

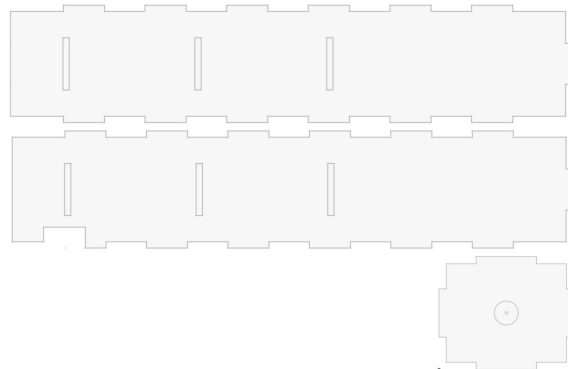


図 20 3 段ブームの底面 (上)、上面 (中)、節 (下)

(※文責 :森口和樹)

4 結果

以上のプロセスで、成果物の製作を進めた。その結果、成果物は完成に至らなかった。未完成の状態ではあるが、期末発表時点における成果物を、以下の図 21 に示す。本来は成果物を前腕の上に載せて使用することを目的としていた。しかし、サイズや重量、形状の問題から、不安定で取り回しが悪く、腕への負担が大きいため、当初に想定していた前腕部に装着して活用することは困難な結果となってしまった。進捗状況として、伸縮の担う腕の部分は試運転の段階までしか進むことができなかった。また、試運転の段階において、モーターが動作しなかった。そのため、ブームが伸縮する結果は得られなかった。しかし、製作者自身の指でボールねじを回転させたところ、図 22 の通り、伸縮ブームは正常に動作した。この結果より、ブームが伸縮しなかった原因として、モーターのトルクが不足している可能性が示唆された。一方で把持を担う手の部分については、試運転を通して、正常な把持動作が可能であることを確認した。動作確認時において、お菓子のボトルを把持した状況を以下の図 23 に示す。しかし、筋電位を用いてデバイスを動かす段階には至っていない。なお、本グループの 1 つの目的でもある、Aug.Hand 使用時の身体感覚を調査することは、成果物が完成しなかったため、不可能であった。

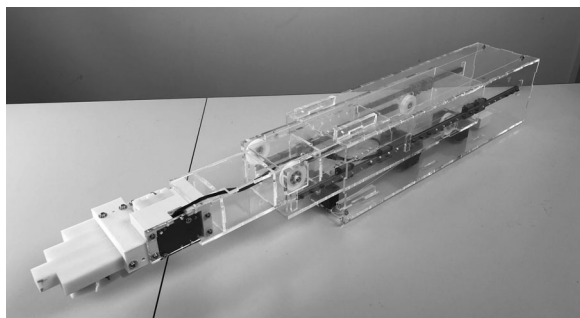


図 21 「Aug.Hand」全体像

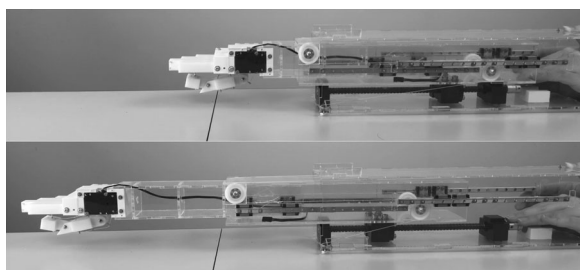


図 22 手で動かした際の「Aug.Hand」

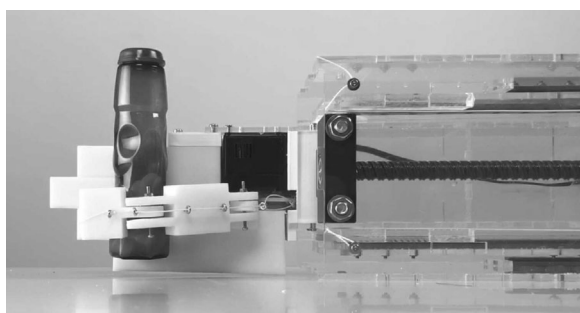


図 23 「Aug.Hand」把持動作

(※文責 :森口和樹)

5 考察

我々は、伸びる腕 Aug.Hand を製作し、腕が伸びた際の身体感覚を調査することを目標に活動してきた。結果として、重量、サイズに問題があり、腕に装着して使用するのは困難となった。重量計が無かったため、具体的な重さを測ることが計ることが出来なかったが、腕に載せるには困難な重さである。

原因としてブームに使ったアクリルが重かったのではないかと考える。使用したアクリルの体積からアクリルの比重を $1.2(\text{g}/\text{cm}^3)$ として計算したところアクリル全体の重さは 1139.04g であった。この時点で腕に載せて使用するには問題がある重量だと考える。ブームに使用する素材自体を考え直す必要があるだろう。手と同じく 3D プリンターを用いる事も考えられる。内部がハニカム構造となっているため密度が低く軽量である。しかし問題点がある。Makerbot Replicator 2X の印刷できる大きさは $246 \times 152 \times 155(\text{mm})$ であり、ブームを印刷しようとするとも 1 つの面だけでいくつものパーツに分ける必要があり、強度の問題が出てくると考えられる。また印刷にはフィラメントを用いるのだが、フィラメントは冷えると縮む性質がある。これによりパーツの寸法が変わってしまったり、パーツが湾曲するなどの歪みが出てくることがある。これらを制御するのは難しく、また多くのパーツを組み合わせるとなると歪みが許容できなくなるのではないかと考える。

サイズにも問題がある。2、3 段ブームを格納する都合上基本ブームが太くなってしまった。また基本ブームの長さは 40cm となっている。人の腕に載せて使用するにはサイズが大きく、例えば軽量化に成功しても、周りにぶつけてしまうなど使用感が悪くなるだろうと考えられる。またそのような自体が多発すると義手の故障にも繋がるだろう。ブーム数を減らすと、格納するブームの数が減るため基本ブームを細くすることが出来る。しかしその場合伸びる長さが短くなる。もしそれを補おうとすると今度はブームを長くする必要性が出てくる。よりコンパクトな伸縮構造を考える必要性がある。長さの基準はボールねじ及びそれを動かす動力であるモーターを合わせた長さが基準となっている。この長さを短くするにはボールねじの長さそのものを短くする必要がある、その場合腕を伸ばせる長さも短くなる。また、ボールねじは格納されているブームとはまた別にスペースを取っており、太さの一因となっている。動力部であるボールねじを別の物に変えたり、今よりもコンパクトな物を探す必要があるだろう。

また、分解するともう一度組み立てるのが困難という問題点がある。これが出来ない場合、1 つの部品が壊れてしまった場合、そこだけ取り換えるということが出来ず、全て作り直さなければならない。腕の組み立てにアクリサンデーというアクリル用接着剤を用いた。これは接着面のアクリルを溶かして溶接するものである。そのため一度接着すると容易には分離できなくなる。それぞれのブームは 4 枚のアクリル板をアクリサンデーで溶接し筒状にした。その結果、組み立ての際は特に問題はなかったが、後から分解するといったことが難しくなってしまった。しかしながら強度を考えると多くの箇所をアクリサンデーに頼る必要がある。リニアレールを固定しているナットをすべて外せばブームごとに分解はできる。しかし、もう一度組み立てるためにはブームの内側からねじを通す必要がある。ブームの内部は狭く、作業をこなすのが困難であり、組み立てが出来なくなってしまう。解決案としてリニアレールの固定方法を変えるというのが考えられる。基本ブームと 2 段ブームを例にとると、成果物は基本ブーム側にレールを固定し、2 段ブーム側にブロックを固定している。これを基本ブーム側にブロックを固定し、2 段ブーム側にレールを固定する。これにより分解、組み立て共に腕の外側から可能になると考える。ただ、これでもレールとブームを一度分解してしまうと組み立てが不可能となる。ブームそのものを分解できるようにし、内側からも作業できるようにする必要があると考える。

(※文責 :宮本拓門)

6 中間発表会

2020 年 7 月 17 日に通年を通して行ったプロジェクト活動内容を説明しているスライドを用いたプロジェクト紹介動画と動画の内容を一枚にまとめた PDF ポスター製作した。発表当日には、プロジェクトワーキンググループが運営するサイト上で動画とポスターを公開し、その後ウェブ会議アプリ Zoom の機能であるブレイクアウトルームを各プロジェクトブースとし 15 分間の質疑応答を行い、終了後、聴講者には動画やポスターなどの成果物及び質疑応答の対応に関してのアンケートにて評価をしてもらった。

(※文責 :森口和樹)

6.1 中間発表前の手続き

中間発表会を行うにあたり、プロジェクトの活動内容を説明するための A1 サイズのポスターを模した PDF1 枚と各グループの発表とプロジェクト紹介動画を用意しプロジェクトワーキンググループが運営するサイト上にて公開した。発表会当日は、15 分間の質疑応答を前後半各 3 回ずつ行った。

(※文責 :森口和樹)

6.2 中間発表における評価方法

動画視聴者及び質疑応答の聴講者に対して Google フォームを利用して発表技術と発表内容についてのアンケートを作成した。それらに回答してもらうことで評価を受けた。アンケート項目は、以下の通りである。

- 発表技術についての評価 (基準：プロジェクトの内容を伝えるために、効果的な発表が行われているか)
- 発表内容についての評価 (基準：プロジェクトの目標設定と計画十分なものであるか)

以上二項目の設問に対する回答方法は、10 段階評価または任意でのコメントである。図 24、図 25 のヒストグラムは、中間発表でのアンケート回答者全 39 人（内訳:学生 33 名/教員 6 名）から受けた評価を発表技術と発表内容で表したものである。

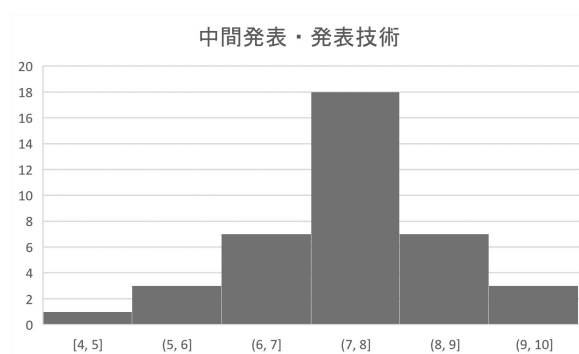


図 24 発表技術の評価

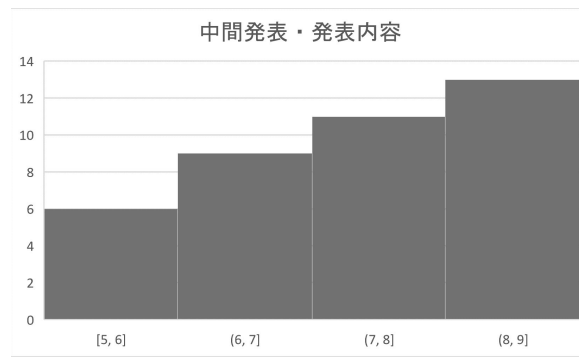


図 25 発表内容の評価

(※文責 :森口和樹)

6.3 中間発表に対する評価

発表技術について (抜粋)

- Thank you for your online presentation. You spoke clearly but quickly, with good intonation.
- 初見の人にもわかるような技術の解説が最初されていて良かったと思います。(「補綴工学」など勉強になりました。) 簡単な実験の様子を示しているのも具体的な前期の活動がわかって良かったです。
- 発表では、すこし声が聞き取りづらい場面があった。質問に対する回答が、遅い場面があり、準備対策が十分でないと感じた。
- 動画の内容も、デザイン、説明共にクオリティが高く、私のプロジェクトでも参考にしたいと思う点がいくつかありました。
- 受け答えに慣れていない部分があったように思うので、自信を持って答えてもらえるともっと良くなると思いました。
- スライドを切り替えるスピードが少し早過ぎたと感じました。内容はわかりやすかったです。
- 分かりやすく丁寧な発表されていて良かったと思います。質疑応答の際にも丁寧で大きな声でとても伝わりました。

発表内容について (抜粋)

- 身体拡張の定義を説明してから目標成果物の説明がされていて分かりやすく良かったと思いました。
- 発表の提案におけるアプローチは良いと思うのですが、その前提となる「身体拡張」の解釈には共感しにくい部分がありました。
- 難しい単語が多かったので、もうすこし詳しい解説があると分かりやすいと思いました。
- どんな技術を用いるのかや、この方法ならできるのではないかという内容が明確だったので、成果物発表会で見るのが楽しみです。作るものもどちらのものも面白そうでいいなと思いました。
- 質疑応答の際に「検討中です」といった内容が他と比べて多くあったように感じました。予想されるであろう質問を事前に検討し準備はしたかもしれませんがせっかくプロジェクト内で2つに分割されているならそこでお互いに質問の検討を行う等の対策をするとよいと思いました。最終成果物が楽しみです。

- 質疑応答でも言いましたが、難しい内容を伝えるには zoom の方が良いですね スライドで丁寧に説明されていたかと思います。「この方法を取りました」という説明だけでなく、なぜその選択肢を取ったのか、他の方法はあったのか、どんな議論をしたのか、といったようなことまで膨らませられるといいかと思います。2つの班のテーマそれぞれ、身体拡張という目的にかなっていて良いと思います 後期の実装に向けた活動に期待します。

(※文責 :森口和樹)

7 最終成果発表会

2020 年 12 月 4 日に通年を通して行ったプロジェクト活動内容を説明しているスライドを用いたプロジェクト紹介動画と動画の内容を一枚にまとめた PDF ポスター製作した。発表当日には、プロジェクトワーキンググループが運営するサイト上で動画とポスターを公開し、その後ウェブ会議アプリ Zoom の機能であるブレイクアウトルームを各プロジェクトブースとし 15 分間の質疑応答を行い、終了後、聴講者には動画やポスターなどの成果物及び質疑応答の対応に関するアンケートにて評価をしてもらった。

(※文責 :高橋那有)

7.1 成果発表前の手続き

最終成果発表会を行うにあたり、プロジェクトの活動内容を説明するための A1 サイズのポスターを模した PDF1 枚と各グループの発表と使用した筋電位等の説明を含むプロジェクト紹介動画を用意しプロジェクトワーキンググループが運営するサイト上にて公開。発表会当日は、15 分間の質疑応答を前後半各 3 回ずつ行った。

(※文責 :高橋那有)

7.2 成果発表における評価方法

最終成果発表会当日、動画視聴及び質疑応答の聴講者に対して Google フォームを利用して発表技術と発表内容についてのアンケートを作成。それらに回答してもらい聴講者より評価を受けた。アンケート項目としては中間発表会も期末発表会においても以下の通りである。

- 発表技術についての評価 (基準：プロジェクトの内容を伝えるために、効果的な発表が行われているか)
- 発表内容についての評価 (基準：プロジェクトの目標設定と計画十分なものである)

以上二項目の設問に対し回答方法は 10 段階評価と任意でのコメントを回答してもらった。図 26、図 27 のヒストグラムは期末発表でのアンケート回答者全 39 人（内訳:学生 34 名/教員/4 名職員/1 名）から受けた評価を発表技術と発表内容で表したものである。

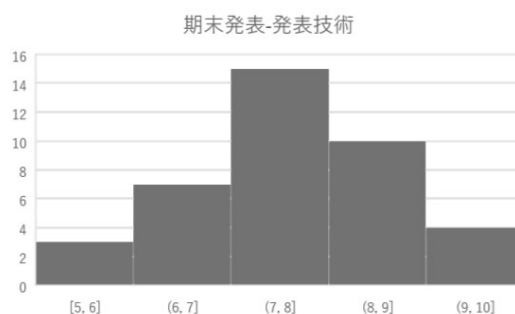


図 26 発表技術の評価

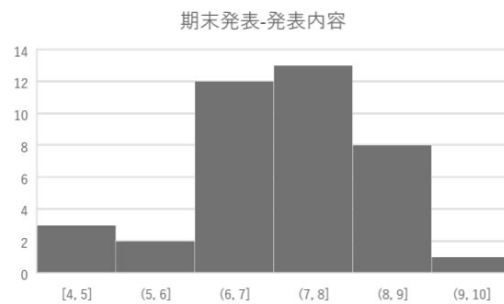


図 27 発表内容の評価

(※文責 :高橋那有)

7.3 成果発表に対する評価

発表技術について (抜粋)

- 受け答えは非常にはっきりしていてわかりやすかったと思う。現状の問題点や機能が明確に伝わった。
- ポスターの文字の量が多く、もう少し要点をまとめると見やすくなるのかなと思いました。
- 原稿を読む際や画面切り替えにすこし戸惑っていたように感じました。質疑応答の際は、スライドをずっと画面共有したままのほうがわかりやすくなると思います。
- 初めて聞く用語が多かったが簡潔に説明されていて理解しやすかった。
- あまり馴染みがないような単語があっても理解しやすいような内容で、イラストや動画が多く使われていてわかりやすかったです。
- 動画内でただしゃべるだけでなく、実際に制作したデバイスを動かしている様子を動画中に組み込むなど、どんなものを作ったのかわかりやすいように工夫がされていた。

発表内容について (抜粋)

- 毎年独特の視点から面白い機構を制作しているプロジェクトで、今年も楽しく成果を見ることができました。課題を明らかにしつつ、工夫点を述べて、実装の結果を示すという流れは非常にわかりやすかったです。(中略) Bグループではそのあたりにはあまり触れられていないまま、うまくいかなかった結果の報告に終わってしまったので、うまくいかないなどの工夫点を発表してくれると良かったように思います。ポスターについてはその傾向がより強くなっているので、ちょっと淡泊すぎるポスターになっているように思います。また、成果に関しては、プロジェクト学習として何を学べたのかについても触れてもらえると良いですね。(後略)
- (前略) 伸びる義手は義手の伸び幅を上腕三頭筋の筋電位では制御できないみたいなので制御できるようになるとさらに有用性が増すと感じました。完成を期待しています。
- 大学でしか作業が進めにくいプロジェクトにとってこのコロナ渦での活動はとても厳しいものですが、実際に完成したものを見れなかったのは残念です。完成すればとても有用性のあるものになりそうなのはよく伝わりました。
- コンセプトはとても面白いと思うので、グループ B の成果物も実装されたら使ってみたいとかんじました。
- 説明が丁寧に描かれていてよかったと思います。AugHand については、どんな体験ができるかが説明されているともっと伝わりやすかったと思います。
- 発表内容などは、非常に興味深く面白い内容だと思いました。(中略)Aug.Handの方は、質

問でもしましたが、腕が伸びることでどのような感じになるのかというところまで持って行けたらよかったなと思いました。

- テーマに沿った技術の開発ができていた。

(※文責 :高橋那有)

8 各人の担当課題及び解決過程

8.1 個人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

8.1.1 高橋那有

高橋那有の担当課題は以下の通りである。

<前期>

5月：担当教員指導のもと、剛体力学や筋電位などのプロジェクトに必要な基礎知識を習得した。
また、成果物のアイデア出しとテーマ決めを行った。

6月：本グループの目的、身体の定義、生体信号を使用する意義などについて話し合いを行った。
また、成果物の機構についてアイデア出し、絞り込んだ。

7月：中間発表で使用するスライドと原稿の作成を担当した。また、中間報告書の作成を行った。

<後期>

9月：成果物の機構について続けて調査し、詳細まで決定した。

10月：成果物の製作に必要な部品を発注した。

(※文責 :高橋那有)

8.1.2 森口和樹

森口和樹の担当課題は以下の通りである。

<前期>

5月：担当教員指導のもと、剛体力学や筋電位などのプロジェクトに必要な基礎知識を習得した。
また、成果物のアイデア出しとテーマ決めを行った。

6月：本グループの目的、身体の定義、生体信号を使用する意義などについて話し合いを行った。
また、成果物の機構についてアイデア出し、絞り込んだ。

7月：中間発表で使用するポスターの作成を担当し、スライド作成にも携わった。また、中間報告書の作成を行った。

<後期>

9月：成果物の機構について続けて調査し、詳細まで決定した。

10月：成果物の製作に必要な部品を発注した。また、伸縮する腕部分の製作を行うため、Fusion360に関する知識を習得する。

11月：アクリル板を加工するため、レーザーカッター講習を受け、実際にアクリル板を加工した。
届いた部品と加工したアクリル板を組み立てた。

12月：届いた部品と加工したアクリル板を組み立て、試運転を行った。最終発表では、質疑応答を担当した。

1月：最終報告書を作成した。

(※文責 :森口和樹)

8.1.3 宮本拓門

宮本拓門の担当課題は以下の通りである。

<前期>

5月：担当教員の指導のもと、筋電位や力学などのプロジェクトに必要な基礎知識を学んだ。

6月：伸びる構造を持つものをインターネットで調査し、伸びる構造を検討した。

7月：中間発表の原稿の作成を行った。また、筋電位を計測するための回路について学んだ。

<後期>

9月：製作物の仕様を決めながら、製作物に必要な部品を検討した。

10月：製作物に必要な部品を発注した。また筋電回路の製作を行った。

11月：Fusion360を用いて手の3Dモデルを作成し、3Dプリンターで印刷した。またそれを組み立て、サーボモーターで動かした。

12月：製作した手と腕を組み合わせ、テストを行った。最終発表では質疑応答を行った。

1月：最終報告書を作成した。

(※文責 :宮本拓門)

8.1.4 山本一希

山本 一希の担当課題は以下の通りである。

<前期>

5月：当教員の指導のもと筋電位の基礎知識を習得した。また、グループ分けを行い製作物のアイデア出しやテーマ決めを行った。

6月：本グループの目的を決定し、具体的な実装方法等に関する話し合いを行った。

7月：中間発表で使用するポスターを製作し、中間報告書の製作を行った。

<後期>

9月：グループメンバーで話し合い、前期の結果を踏まえて後期の目標を定めた。

10月：発注が必要となる部品を検討した。

11月：最終発表で使用するポスターとスライド、スライドに使用するイラストの製作を行った。また、最終発表に向けての練習と本番の発表を行った。

12月：最終発表で使用するポスター及びスライドの製作を行った。また、最終発表に向けての練習と本番の発表を行った。最終報告書の製作も行った。

1月：最終報告書を作成した。

(※文責 :山本一希)

8.2 担当課題と連携内容

8.2.1 高橋那有

前期では、山本と協力して中間発表に用いるスライドと原稿の作成を行った。

(※文責 :高橋那有)

8.2.2 森口和樹

前期では、高橋とグループAのメンバーと協力し、ポスターの作成を行った。後期では、宮本とレーザーカッターの講習を受け、伸縮部分の製作を行った。また、宮本と連携をして把持部分と伸縮部分を組み合わせる部分の微調整を行った。

(※文責 :森口和樹)

8.2.3 宮本拓門

前期では、グループ内で腕の伸縮構造や、どのくらいの長さまで伸ばすか、伸びる腕になにができるか、などの内容について議論を行った。後期は手の製作を担当した。腕の製作を行った森口と協力し、手と腕を組み合わせることができるよう、それぞれの仕様を検討した。

(※文責 :宮本拓門)

8.2.4 山本一希

前期では、グループメンバーと共に製作物のテーマや目的、機能の実装方法などについて議論を行った。また、中間発表ではそれらの内容をまとめた。後期では、製作に必要となる部品の検討を行った。また、最終発表で使用されるポスターとスライド、スライドに製作するイラストの製作を行い、発表を行った。

(※文責 :山本一希)

9 相互評価

- 高橋那有
 - － 森口和樹
 - * スケジュール管理やグループの活動の進行に貢献していた。
 - － 宮本拓門
 - * 予定の管理や前期のスライドのイラストや発表などを担当してもらった。
 - － 山本一希
 - * 中間発表時にはイラストや発表を担当した。また、全体を通してグループ活動の進行に貢献した。
- 森口和樹
 - － 高橋那有
 - * 義手の本体部分の制作や発注などを担って下さり、後期の成果物作成には欠かせない存在でした。同じく制作をしていた宮本くんとの協力関係などもあり、助かりました。
 - － 宮本拓門
 - * 前期はポスターの制作、後期は腕の製作に貢献してもらった。
 - － 山本一希
 - * 前期は議論に加えてポスター製作を担当した。後期は成果物の設計やパーツの製作、組み立て等、成果物の製作に大きく貢献した。
- 宮本拓門
 - － 高橋那有
 - * 義手可動部分の制作など全般的に担って下さり、後期の成果物作成には欠かせない存在でした。寡黙なところもありましたが等しく最後まで作業を行って下さり、助かりました。
 - － 森口和樹
 - * 豊富な知識と機転の利いた発想には、物事を解決するのにとても助けられた。また時間外に自宅にて作業の続きをやってもらったりと、製作においては欠かせない存在だった。
 - － 山本一希
 - * 前期の議論では、提案に対して否定的な意見を述べることで議論をより良いものとした。後期では時間外に自宅で製作を進めるなど、成果物の製作に大きく貢献した。
- 山本一希
 - － 高橋那有
 - * 後期での成果物発表におけるスライドの制作を行って下さり、A グループとのやりとりも行ってくださいました。前日まで A グループとも連携して作業を行って下さり、助かりました。
 - － 森口和樹
 - * 主に発表スライド、原稿、ポスターの製作を担当してもらった。前日の夜遅くまで作業をしてくれたこともあり、期日に間に合うことができた。
 - － 宮本拓門

* スライドの制作、修正、発表に貢献してもらった。

(※文責 :山本一希)

10 結論

従来の義手は、身体の補綴に用いられることが多かった。そこで我々は、人間拡張工学の観点から、義手を補綴ではなく身体を拡張するデバイスとして製作し、それを使用することで新たな身体能力を得ることができると考えた。本グループでは、手の届かない場面に着目した。手の届かない場所に手が届くと、日常生活における動作を広げ、新たなライフスタイルを得ることや、腕が伸びた際の身体感覚を調査することができると考えた。本グループでは、腕部の動作を拡張することを意図し、伸縮と把持の機能を持つ義手の製作を目的として活動を行った。目的を達成するため、手の把持能力と腕の伸縮構造の実装、そして筋電位による把持、伸縮の制御が必要となり、これらの解決に向けて製作を開始した。義手を人の前腕に装着するため、腕の負担にならないよう重量、サイズを考慮し、製作を行った。手の製作においては、2019 年度 ASHURA プロジェクト GroupA により製作された義手を参考にし、把持能力を実装した。また、デバイスの軽量化を意図し、把持動作を行う指を親指に絞ることで、動作を担うパーツ構成の簡素化を実現した。腕の製作においては、伸縮ブーム構造を参考にし、伸縮機能を実装した。結果、把持や伸縮の機構を完成させた。しかし、伸縮に使うモーターのトルク不足や、筋電位を用いた制御の未実装など、成果物の完成に至ることはできなかった。また、サイズや重量に問題があり腕に装着して使用するのは困難であった。また、メンテナンス性についても問題が見受けられた。本デバイスは、伸縮と把持に関する機構を有しているため、通常の筋電義手と比較して、構造が複雑になっている。この点について、デバイスの製作に際して、メンテナンス性についても注目する必要があるものと考えられる。このように、本デバイスの製作を通して、多くの問題点があることが示された。

今回は筋電位による制御を実装することができなかった。また、それ以前に人が装着して使うことは難しいデバイスとなってしまった。素材や構造の問題点も考えられるが、目的を絞り切れなかったことも原因であると考えられる。目的として日常生活における使用を掲げたが、これは把持する対象や、その状況が想定しきれないほど多種多様であり、それに対応できるデバイスの製作は困難である。その結果、デバイスが担う機能と、それに対応する機構との整合性に問題が生じてしまったことが考えられる。今後の展望として、より目的や使用状況を明確にし、機能や性能を絞り、人が使用できるデバイスにする必要がある。その上で、筋電位による制御の実装を行いたい。

(※文責 :宮本拓門)

参考文献

- [1] 厚生労働省, 田中宏太佳: 労災疾病臨床研究事業費補助金筋電電動義手の効果的な訓練手法を確立するための研究—装着訓練方法や試用装着期間についてのマニュアルの作成— p.12(2017)
- [2] NTT DATA, 事例&対談 稲見昌彦 (人間拡張工学研究者), 2017 年 3 月 17 日 (最終閲覧日 2021 年 1 月 7 日)
<https://www.nttdata.com/jp/ja/data-insight/2017/031703/>
- [3] 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター: (研究開発の俯瞰報告書) 情報科学技術分野 p.468(2015),(最終閲覧日 2021 年 1 月 7 日)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/report02/CRDS-FY2015-FR-04.html>
- [4] YouFab Global Creative Award, The Third Thumb (最終閲覧日 2021 年 1 月 7 日)
<https://www.youfab.info/2017/winners/haptic-design-the-third-thumb?lang=ja>
- [5] 早稲田大学, 身体装着型ロボット「第3の腕」, 2017 年 7 月 26 日 (最終閲覧日 2021 年 1 月 7 日)

日)

<https://www.waseda.jp/top/news/52266>

付録 A 新規習得技術

本プロジェクトの活動を通し、以下の技術を習得した。

- Fision360 による 3D モデルの作成
- 3D プリンターの使用方法
- レジンの取り扱い方
- レーザーカッターの使用方法
- アクリル板の加工方法
- 回路製作技術

(※文責 :山本一希)

付録 B 活用した講義

本プロジェクトの活動において、以下の講義で学んだことを活用した。

- 人体生理学
- 科学技術リテラシ
- 情報表現基礎
- 複雑系科学実験

(※文責 :山本一希)