

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 Project Group Report

プロジェクト名

ロボット型ユーザインタラクションの実用化
- 「未来大発の店員ロボット」をハードウェアから開発する-

Project Name

Practical application of the robot-type interaction

プロジェクト番号/Project No.

8

グループ名

グループ A

Group Name

Group A

プロジェクトリーダー/Project Leader

1018194 伊藤 壱 Hajime Ito

グループリーダー/Group Leader

宮嶋 佑 Tasuku Miyajima

グループメンバ/Group Member

伊藤 壱 Hajime Ito

木島 拓海 Takumi Kijima

藤内 悠 Haruka Fujiuchi

宮嶋 佑 Tasuku Miyajima

指導教員/Advisor

三上 貞芳 Sadayoshi Mikami

鈴木 昭二 Sho'ji Suzuki

高橋 信行 Nobuyuki Takahashi

提出日

2021 年 1 月 14 日

Date of Submission

January 14, 2021

概要

これまでに様々な形で実店舗において店員ロボットが導入されてきた。最近ではファミリーマートで遠隔操作で商品の陳列ができる店員ロボットの試験導入が行われたという例がある。店員ロボットを導入する動機は様々であるが、人手不足の軽減や、人と人の接触を避けること、遠隔で操作する人間の身体拡張などがある。このように店員ロボットは数多くの有用性を持つ一方で、現場への導入は未だにハードルの高いものとなっているのが現状がある。その原因の一つであると考えられているのが「ロボットの無機質さ」である。ロボットに不慣れな人はロボットに対して、怖い、もしくは不気味という印象を抱いてしまう。そのような問題を解消すべく、ロボットと人間のインタラクション(相互行為)という観点からロボットと人間のより良いコミュニケーションを再設計し、その実現に取り組むことで現場へ導入し易いロボットの開発を行った。また、有用な店員ロボットを開発するにあたって、実店舗における店員と顧客とのインタラクションが持つ役割を分析し明確にすることで、店員ロボットが実現しなければならない役割を明らかにした。その役割において、特にインタラクションに関連する部分である「顧客の購買意欲の向上」や、「店舗内の居心地の良さの向上」の実現を目指した。顧客の購買意欲向上の実現にあたって、お勧め商品の紹介を行う機能を導入した。商品紹介においてもロボットの無機質を解消するため、ロボットが該当商品を欲しいと考えている思考を顧客が覗き見る形での商品紹介にこだわった。店舗内の居心地の良さ向上のためには、挨拶を行う機能を導入した。挨拶においてもロボットの無機質さを解消するため、ロボットが顧客の入店を感知し、それに合わせて自分から挨拶を行うことで、常に顧客の入力を待つロボットらしい待ち動作を減らして人間らしい自発的な動作にこだわった。加えて、顧客とロボットのコミュニケーション促進を図るため、身体的接触によるインタラクションを実現する「撫でられ機能」を用意した。最後に、既存のロボット型インタフェースとは一線を画す機能として「非同期動作」の実現に努めた。非同期動作とは顧客の入力がない待ち状態において、ロボットに人間らしい暇つぶしを行わせる機能である。ロボットが入力待ちで固まっている様子はロボットの無機質な印象を助長するものであり、その解消が重要であると考えた。これらのサービスを実現するには、既存のロボット型インタフェースを拡張する手法ではハードウェア性能による制約が重大な問題点になってしまう。従って今年度における本プロジェクトではハードウェアとソフトウェアの両面から柔軟に店員ロボットを開発すべく、ロボット型インタフェースから開発する手法をとった。

キーワード ハードウェア, ロボット型インタフェース, コミュニケーション

(※文責：伊藤壺)

Abstract

Sales clerk robots have been introduced into actual stores in various ways. Recently, FamilyMart introduced a remote-controlled sales clerk robot that can display products. There are various motivations for introducing sales clerk robots, such as alleviating the shortage of labor, avoiding human-to-human contact, and augmenting the human body with remote control. Thus, while sales clerk robots have numerous usefulnesses, their introduction into the field is still a high hurdle. One of the reasons for this is thought to be the "inorganic nature of robots. People who are not familiar with robots have the impression that they are scary or creepy. In order to solve such problems, we have been studying the interaction between robots and humans from the viewpoint of "interaction". In order to solve such problems, we redesigned the communication between robots and humans from the viewpoint of interaction between robots and humans, and developed robots that can be easily introduced into the field by working on their realization. In addition, in developing a useful sales clerk robot, In order to develop a useful shop assistant robot, we analyzed and clarified the role of the interaction between the sales clerk and the customer in a real store, In addition, we analyzed and clarified the roles of interactions between store clerks and customers in real stores in order to develop useful store clerk robots, and clarified the roles that store clerk robots must achieve. In this study, we aimed to realize "improvement of customers' motivation to buy" and "improvement of comfort in the store," which are especially related to the interaction. To improve the customer's purchasing motivation, we introduced a function to introduce recommended products. In order to eliminate the inorganic nature of the robot, we focused on introducing products in a way that customers can see the robot thinking about the products they want. In order to improve the comfort in the store, we introduced a function to greet the customers. In order to eliminate the inorganic nature of the robot greeting, the robot senses when a customer enters the store and greets the customer by itself, In order to reduce the inorganic nature of the robot greetings, the robot senses when a customer enters the store and greets the customer by itself, thus reducing the robot-like waiting behavior and focusing on the human-like spontaneous behavior. In addition, in order to promote communication between the robot and the customer, we have prepared a "petting function" to realize interaction through physical contact. Finally, we tried to realize "asynchronous behavior" as a function that is distinct from existing robot-type interfaces. Asynchronous behavior is a function that allows the robot to kill time in a human-like manner while waiting for no input from the customer. We believe that it is important to eliminate the impression that robots are inorganic when they are frozen waiting for input. In order to realize these services, the limitation of hardware performance becomes a serious problem in the method of extending the existing robot-type interface. Therefore, in this year's project, we adopted a method of developing a sales clerk robot from a robot-type interface in order to develop a robot flexibly from both hardware and software aspects.

Keyword HardWear, robot-type interface, communication

(※文責：伊藤 亮)

目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	課題	2
1.3	目的	3
第2章	プロジェクトの概要	4
2.1	問題の設定	4
2.2	課題の設定	4
2.3	到達レベル(目標)	5
2.4	目標を達成するための割り当て	5
2.5	後期の活動による目標の追加	6
第3章	課題解決のプロセス	8
3.1	プロジェクト内における課題の位置付け	8
3.2	課題解決の方法	9
3.3	ハードウェア作成に当たって	10
3.4	作成中に発生した課題点	11
3.5	ソフトウェアとの連動動作テスト	12
3.6	今回開発したロボット型インタフェース	13
3.7	各個人における取り組み	14
第4章	プロジェクト内のインターワーキング	16
4.1	各個人におけるインターワーキング	16
4.2	オンライン上での協調作業の取り組み	18
第5章	結果	20
5.1	前期における成果	20
5.2	後期における成果	20
5.3	課題の解決手段と評価	21
5.4	成果の評価	22
5.5	担当分担課題	22
5.6	中間発表	23
5.7	成果発表	25

Practical application of the robot-type interaction

第 6 章	まとめ	28
6.1	プロジェクトの成果	28
6.2	プロジェクトにおける各人の役割	28
6.3	今後の課題	29
6.4	今回実現できなかったこと	30
参考文献		31
付録 A		32
A.1	課題解決のための技術（新規取得）	32
A.2	課題解決のための技術（講義）	32
A.3	相互評価（前期）	32
A.4	相互評価（後期）	33

第1章

はじめに

この章では、現在のロボット型インターフェイスの現状とその問題、本プロジェクトで作成するロボット型インターフェイスの目的について記述する。

(※文責：伊藤壺)

1.1 背景

新型コロナウイルスの蔓延による社会情勢において、オンライン会議に代表されるような非接触のコミュニケーションが推進されている。小売業の実店舗において、人間同士の接客サービスが避けられる中、その代替手段としてロボットの接客に注目が集まっている。これは、小売業の人手不足による店員ロボットの導入に拍車をかける形で需要を増やしている。このような状況を受けて、ロボット産業の市場規模は2035年までに5倍となる見通しも出ている。産業ロボットといえば、工場のオートメーション化に用いられるロボットが想起されるが、現在では店員ロボット導入の試みが至る所で行われている。しかし、店員ロボットの分野はまだ未発達であり、ロボットの性能の問題や、顧客がロボットに馴染めないという意識的な問題を抱えている。その理由として、店員ロボットは人間が働く環境で人間の行う仕事をそのまま引き受けて働くという状況にあり、工場で稼働されるような他の産業用ロボットよりも汎用的な性能を求められる点がある。そのような店員ロボットの性能の問題を、人間が遠隔で操作をするという形で乗り越えるのが近年のトレンドになっているアバターロボットである。アバターロボットとは、人間の身体の拡張であると捉えることが出来る。しかし、現状でのアバターロボットは人間の指示の通りに動作をするのみであり、無機質さの解消には至っていない。もし、人間に親しまれる機能をもつロボット型インターフェイスを開発することが出来れば店員ロボットの導入の増加が期待されるほか、トレンドとなっているアバターロボットの実用性をさらに高めることが出来るだろう。そこで私たちは、ロボットの持つ無機質さの解消に努め、顧客が馴染みやすい店員ロボットの開発を目指すことにした。

(※文責：伊藤壺)

1.2 課題

1.2.1 現状の問題

産業界で工場などに導入されるロボットは生産技術を担う技能職の代替としての仕事が期待されるが、小売り業の実店舗などに導入される店員ロボットは接客を行うサービス職の代替としての仕事が期待される。一般にロボットは無機質な外観をしており、人と同じかそれ以上大きく、素材も金属であったりする。そのため、ロボットに対して威圧感を感じる人も少なくない。これは、サービス業を担う店員ロボットとしては重大な問題である。また、店員ロボット用に開発された機体においても外観の問題は解決されているが、人間からの入力がない場合に固まってしまう、同じパターンの動作を無機質に繰り返してしまうという問題が見受けられる。

(※文責：伊藤 壱)

1.2.2 従来例

私たちが抱いているロボット型インタフェースの現状の問題点について、昨年度のプロジェクトでも同様の問題点の指摘があった。昨年度プロジェクトではPaPeRo iを拡張することで問題の解決を図っていた。PaPeRo iに音声認識システムを実装し人間の声に反応させることで有機的なインタラクションを可能にさせる試みや、外付けディスプレイに動画を流しロボットの動作と連動させることで表現力を高める試みなどが行われていた。

(※文責：伊藤 壱)

1.2.3 従来の問題

上記で述べたように、従来は完成品のPaPeRo iなどのロボット型インターフェースを拡張する方法での問題解決が行われていた。しかし、完成されているロボット型インタフェースにはハードウェアの制限があり、外見や動作の拡張には限界があった。そのような課題を解決するべくハードウェアから開発することが今年度の出発点となった。

(※文責：伊藤 壱)

1.2.4 課題

ロボットの持つ威圧感を解消するために以下の工夫をした。

- 動物をモチーフとした可愛らしいデザインを採用。
- 威圧感を与えない程度のサイズ調整。
- 印象の大きい頭と腕を可愛らしく動かす。
- 人間の言葉を発話させる。
- ロボットから会話を始めさせる。

先にあげた工夫について説明する。はじめに、無機質なロボットのイメージを避けるため実在の動物やぬいぐるみのような外見のデザインを採用した。今回、私たちは実際に広く人気のあるBE@RBRICKのようなおもちゃらしさを参考にし、動物の猿をモチーフにし茶色のフェルトで表面をコーティングした。次にロボットの威圧感を生む一番の原因だと考えられる大きさの面について解決をした。大きさをできるだけ小さくするよう電子回路をできるだけ小さく設計し、マイクロコンピュータもIot機器向けのArduino nano everyを利用した。動作においても親しみやすい印象を強める工夫を行った。Arduinoではモーターを制御するためのピンの数が限られているため、動かすパーツを選択する必要がある。そこで私たちは人間が目しやすであろう頭と腕を動かすことにした。パーツを動作させる際には人間のように頭部を二軸で動かすようにし、親近感を感じさせる効果を狙った。また、人間の言葉を発話させることで、ロボットから顧客へのコミュニケーションを可能にした。ロボットから進んで顧客とのコミュニケーションを行うため、測距センサーで顧客が傍にいることを感知し挨拶を行う機能を実装した。

(※文責：伊藤 壱)

1.3 目的

1.2.1項述べた通り、小売業などでの店員ロボットの導入は進んでおり、アバターロボットのよ様な形態での導入がトレンドになりつつある。しかし、1.1.2項で述べたようにロボットの持つ無機質さの解消が大きい課題となっている。そこで本プロジェクトでは、有用性のある店員ロボットを目指しつつ、人間が馴染みやすいロボットの動き、機能の充実を実現する。実現の手段としては、1.2.4項で述べたようにハードウェアレベルからのアイデア出しを行い、電子回路設計、CAD設計図、動作プログラムを全て自分たちの手で開発することにした。

(※文責：伊藤 壱)

第2章

プロジェクトの概要

この章では、第1章を元に問題と課題の設定、それらの到達目標、到達目標を達成するための各個人の割り当てについて述べている。

2.1 問題の設定

1.1.2項で述べた既存のロボットの問題を以下のようにまとめた。

- 外観が無機質で、威圧的に感じてしまう場合がある
- 客からの入力がない場合、静止する状態が続く。または、同じパターンの動きを繰り返してしまい、不気味に見えてしまう。

我々のグループは2つ目のロボットの「動き」に関わる問題に重点を置き活動をする。

(※文責：宮嶋佑)

2.2 課題の設定

2.1節で述べた問題を、以下の制約条件下で解決することを考えた。

- コロナウイルス感染対策を念頭に置き、対面での活動は必要最低限にする。
- 低予算でかつ、高効率で安全に活動できる
- 無意味な作業をなくす。
- 大学の講義内で得た知識、技術を生かす。
- 新たに学習を行い、大学の講義では得ることのできない知識、技術の習得も行う。

その結果、以下の具体策が提案された。

- 各個人の作業を分担することで、作業の明確化を行う
- 備品を購入する際には、金額や必要性をよく考え、自身の判断だけでなく、グループメンバーにも確認を取ってから、先生に備品購入の申請を行う。
- 各個人で分担する作業には、今までの学習内容と、作業する上で新たに学習する必要がある領域の2つを含む。
- KJ法を用いることで、多くの意見を引き出す。

Practical application of the robot-type interaction

- ブレインストーミングを用いることで、効率的に関連性を見つける。

問題を解決するために、上記の具体例を活動課題とした。

(※文責：宮嶋佑)

2.3 到達レベル(目標)

2.3.1 ロボットの到達レベル(目標)

グループAでは、店員の理想的な接客の「動き」を再現する。大きく2つの動作にわけ、さらにその中で2つの動き、合計で4つの動きの実装を目標として設定した。

自発的な動作

- ロボットらしさを感じさせない、自然な動きの実装
- 押し付けがましくない、コンテンツの紹介を行う機能の実装

客からの反応に答える動作

- 客がいることを認識し、挨拶をする機能の実装
- ロボットが触られて、それに反応する機能の実装

以上のロボット開発における目標を達成することで、客と自然なコミュニケーションを図ることのできるロボットの動きが実現できると考える。

(※文責：宮嶋佑)

2.3.2 活動の到達レベル(目標)

コロナウイルスの影響で、前年度とは全く違う活動方法となった。オンラインによる活動は新たな試みであり、わからない部分も多くある。また、対面の活動と比べ、コミュニケーションの取り方が非常に難しい。そのため、オンラインによる活動に目標を設定した。

- 対面の活動よりも高頻度の報告と連絡をする。
- 音声だけではなく、画面共有やイラストを用い、コミュニケーションの相違をなくす。
- 活動を始める前にやるべきこと、終了する前に個人の進捗報告や意見交換の時間を設ける。

以上の活動における目標を常に意識することで、オンラインによる活動でも、円滑で間違いのない活動を行うことができると考える。

(※文責：宮嶋佑)

2.4 目標を達成するための割り当て

意見交換を行い、以下の基準を提案しロボットを開発する上で、どの部分を担当するか、割り当てを行なった。

Practical application of the robot-type interaction

- 各個人の得意分野
- 各個人の興味のある分野
- 各個人が習得したい技術
- 作業負荷の均一性
- パソコンのスペック (3D CAD を使用するには, ある程度のパソコンの動作環境が必要である.)

以上より, 各個人の割り当ては以下のようになった.

伊藤 吉

- 電子回路を中心に学習, 設計

木島 拓海

- リンク機構を中心とした, 動きを実現する機構の学習, 設計

藤内 悠

- 歯車設計などを中心とした, 動きを実現する機構の学習, 設計

宮嶋 佑

- Fusion360 による 3D CAD の学習, 設計

また, 割り当てごとに連携も行うことで, 実現可能な動きか, 実現するための変更点などの共有も行う.

(※文責: 宮嶋佑)

2.5 後期の活動による目標の追加

後期では, 設計図などに基づき実際にロボットの製作を行った. そこでいくつか目標の追加や変更が行われた.

2.5.1 活動の到達レベル (目標) の追加

後期は, 大学の工房に行き, 3D プリンタやレーザーカッターを用いて, 製作を行った. しかし, 工房には利用時間や利用人数に制限があった. また, 前期に設定した活動の到達レベル (目標) はオンラインによる活動のみであった. そのため, 何点か対面による活動の到達レベル (目標) を追加した.

- 工房に行く人は基本的に工房の機材を使用する人のみが行く. これは工房は利用人数に制限があるため, 必要最低人数で利用するためである.
- 第三者が見ても何をどう製作するかわかりやすいような設計図やオンラインによる事前の打ち合わせを行う. これは, 製作物の代行する場合があるため, 常に客観的に見てもわかりやすい設計図や指示を行うためである.
- 工房利用時は, 事前に活動内容や製作物を明確にする. そのため, 事前に設計図を用意し, 打ち合わせを行う. これは, 利用時間に制限があるため無駄なく活動するためである.
- 工房で新たに機構や部品の設計を行う際は, はじめにホワイトボードに大きさや形を書いていく. これは, アイデアの相互交換やメンバーとの相違をなくすために視覚的にわかりやすく設計図のイメージを提示する必要があるためである.

Practical application of the robot-type interaction

- 資源や製作した物品は, 基本的にはプロジェクトのロッカーに入れておく. これは, 誰かが持っていて, 他の人が活動ができないことを防ぐためである.
- 製作したものは常に進捗として報告し, 可能であれば製作物の写真を送る. これは, メンバー全員が進捗確認を確実に言い, 次回の打ち合わせに漏れがないようにするためである.

(※文責:宮嶋佑)

2.5.2 目標を達成するための割り当ての追加

2.4節では, 設計までの作業割り当てであった. 後期からは実際にロボットの製作を行っていった. また, 各グループの統合はしなかったため, より詳細なロボットの製作による割り当てを行う必要があった. そのため, 各個人の目標を達成するための割り当ての追加を行った.

伊藤 壱

- 電子回路の製作
- 発話, 触覚センサなどのソフトウェアの製作

木島 拓海

- リンク機構を中心とした製作
- 動きを実現するための内部機構の部品の設計, 出力と製作

藤内 悠

- 歯車設計を中心とした製作
- 動きを実現するための内部機構の部品の設計, 出力と製作

宮嶋 佑

- 2Dによる設計図を元にプロトタイプ製作
- Fusion360のアニメーション機能を利用し, 干渉などがいないかの確認を行う.
- 2Dによる設計図を元にした3D設計図の製作
- 3D設計図を元に, 各パーツの出力と製作
- 動きを実現するための内部機構の部品の設計と出力

(※文責:宮嶋佑)

第3章

課題解決のプロセス

3.1 プロジェクト内における課題の位置付け

3.1.1 解決すべき課題

今プロジェクトにおいて主に以下の二つの課題の解決を中心とした。

- 店員ロボットにおける理想の「動き」
- ハードウェアによる実現

これらを解決するロボットをハードウェア・ソフトウェアの双方において一から開発することを目標としてこれらの課題とその問題,そして解決方法へと取り組むこととした。また主に前期は理想の「動き」の考察とハードウェアによる実現のための設計準備を中心とし,後期に試作と改善を繰り返し11月までの完成を目標とした。

(※文責:藤内悠)

3.1.2 課題の持つ背景

現在の店員ロボットは決してそのスペックの低さ故に取り扱わない店舗が多いというわけでは無い。むしろ有り余る性能を持つにも関わらず普及しているとは言い難い。その理由として従来の店員ロボットの動きが無機質さがあり,そのためお客さんには近寄り難い雰囲気を与えたり,それを設置する店側としてはかえって不利益を被るということがあるのでは無いかと考察した。グループAにおいては概要でも述べた通り「動作」に着目し,理想的かつ簡易で表現できる動きとは何か,またそれを再現する上でハードウェアに必要な要素として機構や外観の作りを考察するに至った。そのためにまずは店員が果たすべき振る舞いとはどのようなものかを実際の店員の観察や認知心理に基づく理由を含め考察し,具体的にどのような動作があるのかといったことを実現可能な範囲で挙げることで,その動作を全て実現可能とする店員ロボットの外観及び内面機構の設計が最終的な課題となった。

(※文責:藤内悠)

3.2 課題解決の方法

3.2.1 理想の「動き」への考察

まず理想の店員を考察するにあたり、一言に店員と言えどそのあり方は多種多様である。例えばお客さんの質問を聞いてそれに答えるものもあれば、お客さんとの対話を通じて抽象的な要望を現実的な答えとして提示するものもある。具体的にどのような場における店員をモデルにするべきかを話し合い定義をした。理想的な店員という抽象的な概念を各々の経験談を用いて情報を共有し、それらの店員がなぜ理想的と感じたかを分析することとした。また、理想的な振る舞いに対してどのような動作が所謂「無機質」と感じられてしまい敬遠されてしまうかについての考察と議論を重ねた。そこで一つの原因として待機状態において全く動作しないことであった。人間の店員であれば、お客さんとのコミュニケーションがない状態であっても何かしらの動作がある。それは何かしらの作業に取り組んでというだけではなく、お客さんからのコミュニケーションを待機するような状態でもある。現実における理想的な店員の振る舞いではお客さんがそのような何か作業をしている店員であっても助言や意見を求めて店員が受動的にコミュニケーションを始めることが多い。しかしロボット店員ではそれがなされないことが多い。

しかしながら、店員ロボットが何かしらの作業を行っていた場合に話しかけるお客さんはあまりいない。さらに言えば店員ロボットによっては「僕とお話ししようよ」と音声を出しつつ待機しているにも関わらず奇異の目で見られたり興味はあっても近寄られないということが多い。そこで直接的にコミュニケーションを促すのではなく抱いている興味からその店を訪れたお客さんがそのロボットを見て思わず何をしているのかと気になって近づくような待機状態の動作が解決策になると考察した。加えて待機状態だけではなく当然コミュニケーションを図っている際にも無機質さを感じさせないような細かな所作として2.3.1で挙げた4つの動作を元として設定することとした。

(※文責：藤内悠)

3.2.2 ハードウェアによる実現への考察とプロセス

自然かつ無機質でないような動きを第2章でも触れた自発的な動作と客からの反応に答える動作、それぞれに二種類の動作の計4種類の動作の具体的な動作をフローとして明確にした。一つ一つの動作においてどのような条件が必要か、またその条件を取得するためのセンサ等はどの程度必要かの目星をある程度付けGoogle Jamboardを用いて図示をおこなった。その際に動きを再現するための機構や制御を複数の案を出しつつ選定・改善を行い各動作の一連の処理を決定するに至った。またそれと並行しつつ動作を無理なく再現できるようにロボットのハードウェアの側面で可能な工夫や内部の機構等を図面として起こし、身近な素材による簡易版や動きの再現を確認することで解決に取り組むこととなった。

(※文責：藤内悠)

3.3 ハードウェア作成に当たって

3.3.1 作成素材における取り組み

前期の活動では製作するロボットは3Dプリンターで出力し、フィラメントを素材とすることを検討していた。しかし出力に膨大な時間がかかる点、また3Dプリンタは曲面の形状をするロボットには適しているが我々の製作するロボットは角ばっている点を踏まえて別の素材で作成する方法がないか改めて検討することとした。その結果、加工しやすい木材素材のMDF”Medium Density Fiberboard”を試用しプロトタイプの作成及び改善箇所の検討に取り組んだ。MDFは様々な種類の厚みがある為、素材の耐久度も部位ごとに調整が可能な利点が存在し、触れられることを想定した部分や活発に動かすために軽い部品も必要となるため非常に相性の良いとされた。加えて見た目の愛らしさの表現のために既に着色がされている素材や塗装などによるものよりも後に布を被せたりロボットの素体の表面にフェルトなどを貼るということに決定した。このように至った経緯としては触れた際にロボットの素体に直接接触した場合の肌触りとして硬いものに触れるよりもぬいぐるみや小動物のような温かみが表現できれば「無機質さ」の解消に繋がるであろうとしたためである。

(※文責：藤内悠)

3.3.2 作成方法における取り組み

作成に当たり以下の二つを主軸に取り組みを進めた

- 2D CADによる内部機構の設計
- 3D CADによるロボットフレームの作成

前期の活動にてロボットの動作を基にそれを可能とする形としての設計として進めた。大きさは圧迫感を与えないように最初は大きさの最大値をグループメンバー並びに担当教員との相談の末30.0cmに収まる大きさで仮決定しそれに沿った形で前期の終盤に概形を決定した。しかし内部機構の設計を進めると同時に大きさや形の修正が必要な個所が生まれた。元々は人に好かれやすい様に猿の形状に合うような内部の機構を考案し、可能な範囲で機構を考案する順番で製作を行うことを想定していた。そのため2D CADによる製作と3D CADによる製作は二つを主軸にすると同時に並行して取り組む形が組まれた。また形状だけではなく動作として制作を勧める段階で必要不可欠な個所に優先順位を設け作成に取り組むこととした。

具体的に挙げられたものでは、動作の中で手首や足首が動かないといけないということがないのではないかと。もしくは2箇所や複数個所の動作それぞれに動力を用意する方法以外にも複数の機構を共通の動力で動かす機構上の工夫や、バネの慣性を利用した動作やギアあるいはリンクの工夫によって同じモーターで制御ができないかの検討がなされた。その際には市販の子供向けおもちゃを分解し内部の機構への研究に取り組む形となった。

(※文責：藤内悠)

3.4 作成中に発生した課題点

製作を続ける間にいくつかの課題が生まれた。この項目では課題の内容とその背景について取り上げる。ここで挙げる課題は製作として難易度が高いものに直面したものや、グループとしての活動目的に沿っているかがメンバー内で疑問に感じられた事例を挙げる。

3.4.1 ロボットの姿勢に関して

ハードウェアの概形の検討にあたってはスタイロフォームを切断し大まかな模型として制作した。その際に立ち上がった状態では動作した場合に安定性が損なわれる可能性が課題として挙げられた。この状況を解決するにあたっては二つの解決策が検討された。

- ロボットの重心を中央下部にする
- 座った姿勢で安定化を図る

前者に関してロボットの素材として決定されたMDFの厚みを部位ごとに変更する方法や空洞となった箇所に重りとなる物体を淹れる方法。また内部の機構で重心のバランスを踏まえた上での設計などが提案された。しかし機構として重心を考案する場合には基本の待機状態の重心だけではなく動作を完了後に重心を維持できている状態であることも必要不可欠であるため実装するには非常に難易度が高いと判断された。

一方後者に関しては台座などを用意し座った姿勢とすれば安定化を容易に実現することが可能であり、加えて台座の中にArduinoなどの機材を収納することが可能になるという利点が話し合いの中で挙げられた。また座らせることで座高の高さで最大値を超えない設計として作成する可能性もあった。しかしながら座らせることによってロボット自体が移動することが「自然な動作」の中では制限されることとなり、お客さんに対して首だけで向きを決定することにもなるとしてどちらも一長一短であった。最終成果物としての完成にまで至らない可能性を少しでも低くするために作成の難易度が低い後者による解決を選び、動作テストの完了後に作成する余裕があれば前者の方法を試すということに決定された。

(※文責：藤内悠)

3.4.2 ロボットの動作に関して

Arduinoによる制限

前期の時点では腕と足のふらつき動作、首のふらつき、お客さんの方を向いて挨拶をする、撫でられた際に照れるような動作をする。という動作を行うことが予定されていたがこれを再現するために必要なサーボモータの数が頭が二軸で回転させるために2つ、両腕を動かすための2つと手首の回転に両腕で2つ、足をふらつかせるために最低1つのサーボモータが必要とされ計9つの制御が可能なピン数が必要となった。ここで使用するマイクロコンピュータをArduino UNOもしくはArduino microのどちらかを検討していたが上記の座らせる構造上Arduino UNOの大きさでも問題ないと判断されたがPWM制御が可能な数が最大で6つということが判明しピン数の課題とされた。

その解決策として提案されたことはいくつかの機能を削除して実装するというものであった。自然な「動作」を活動の中心としているため動作に制限を設けることは避けるべきというグループ全体としての認識は当然あったがここで前期で挙げられた基本動作の趣旨ということに焦点を改めておいて議論を重ねた。そこでロボットのコンセプトである「人に愛されかつ先手を打つコミュニケーションロボット」においては手首や足の動作は愛される要素にはなり得るがコミュニケーションの側面で見ただけ必要とも限らないと判断し別の手段でかわいらしさの表現を補助できないかという新たな課題が生まれた。それに伴って腕の振る動作や首を動かす動作を無機的な動きではなく微動や想定以上の動きをして愛らしさやかわいらしさの表現となるのではないかをグループのメンバー全員で検討し実装することを検討した。

動作箇所の再検討

ふらつき動作は腕のみ、お客さんの方を向き挨拶、撫でられた際には頭の動作で照れている様子を表現し、サーボモータを二つ使用し疑似的な二軸を再現を行った。首を水平方向へ動かす方向のモータを土台としその上に直接首の頷き動作のモータをその台座ごとの回転を伝える動力として作成した。初期段階ではギアやリンクによって動力を伝えることを想定していたが、ギアを設置するための台座を改めて作成する必要があること、リンクによっても同様の問題があることが試作の段階で判明した。そこで首の頷き動作は片方の内側の壁にサーボモータの動きをアクリル板で作成したプレートで伝え反対側にはアルミパイプで同じ動きを伝える機構を作成した。また動作が不安定にならないようにモータ側のアクリル板と頭の内部のMDFはネジ穴を開けネジで固定することで強固な作りとなった。

腕はサーボモータの回転を同期させるためにサーボモータの先端部と腕の内部機構をアルミパイプを通し、それらを腕の内側と体の内側にアクリル板を接着することで動作の安定化を図った。また前項にあるように足と手首の動作を削除したことで別の手段による表現ができないかという検討がなされた。そこで挙げられたのが表情による表現であった。具体的な案として目となる部位を作成し眉の形で表情を表すものや、LEDライトの色で喜怒哀楽を視覚的に伝えるアプローチなどが考案された。ただし表情による取り組みは優先事項の高い頭と腕の動作、そして基本となるソフトウェアとの連動が確認された後に取り組むことが決定された。

(※文責：藤内悠)

3.5 ソフトウェアとの連動動作テスト

ハードウェアの試作を重ね11月の時点で動作箇所に関しての課題は大まかにいくつか確認されていた。まず第一に接触センサの感度がロボットに取り付けMDFの素材の上からフェルトを貼り付けた場合に多少変動したことが確認された。本来想定されていた状態は頭を撫でられたことをセンサで取得しお客さんに対し「ありがとう」とお礼を言う動作であった。しかしセンサが動作する時とそうでない時が起きる事態が発生した。原因としてロボットの骨格であるMDFの方にセンサが偏ってしまったためと考えられた。改善方法としてロボットではなくロボット表面を覆うフェルト生地裏側にセンサを取り付けることで改善の傾向が見られ解決とした。

また他にみられた問題として首の動作に関して頷き動作においてサーボモータが空回りし、想定していた動作とはならなかった。原因としては安定させるために取り付けられたネジが強く固定されてしまったため頭部の内側側面の動作を行うサーボモータのアクリル板が空回りを起こして

いたことにあった。解決のためにネジの大きさを変更し、より大きなネジ穴をあけアクリルの固定を緩めるという手段で解決を図った。しかし次の問題が発生した。新しく取り付けたいネジがモータとアクリル板に引っ掛かりモータの回転に干渉した。これを解決するためにネジの長さを切断して調整することが検討されたが、その場合には固定されなくなると本末転倒な事態が判明したため別の方法による解決が必要となった。そこでモータに付属されているホーンを直接内側の側面に貼り付けたところ想定していた動作とすることが出来たが、安定性にはやや欠けるため更なる改良が必要とされた。

(※文責：藤内悠)

3.6 今回開発したロボット型インタフェース

今回、私たちが開発したロボット型インタフェースについて述べる。実際に開発したロボットの写真を図 3.1 に掲載する。

(※文責：伊藤壺)

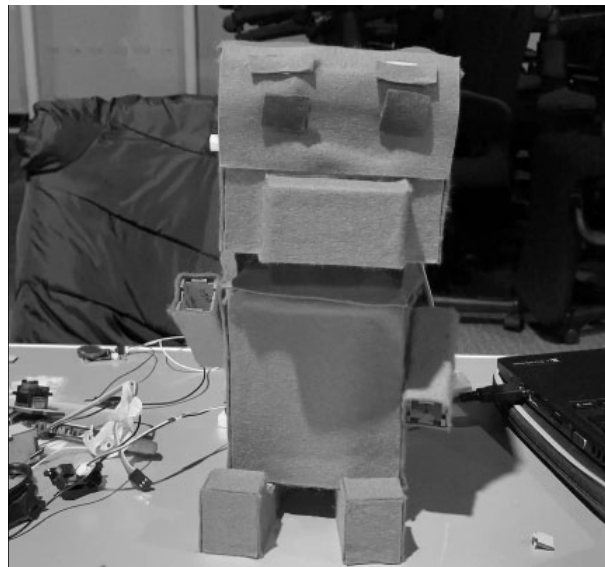


図 3.1 今回開発したロボット

3.6.1 基本仕様

- 大きさについて：高さ 23 センチ，横 15 センチ，奥行き 15 センチとなっている。
- 主要な部品について：ロボットの発話には音声合成 LSI(AquesTalk pico LSI)，ロボットの動作にはサーボモータ (SG90)，測距センサーには赤外線距離センサ (GP2Y0A21YK) をそれぞれ用いた。タッチセンサには静電容量センサを自作 (Arduino ライブラリを使用) した。それぞれの部品は Arduino Nano Every 上で動作するプログラムによって制御されている。
- 動作部位：頭部分が 2 自由度，両腕部分が 1 自由度でそれぞれ動く。

以上が今回開発したロボットの基本仕様となる。大きさについてはレジの横においても邪魔にならない程度のサイズを意識して設計した。サーボモータは頭部に2つ、両腕に1つずつ搭載した。赤外線距離センサは胸部に搭載した。静電容量センサは頭頂部に搭載した。機体を制御するArduino Nano Everyを含む電子回路は胴体の中に格納されている。

(※文責：伊藤 壱)

3.6.2 外見上の工夫

本プロジェクトにおいて人間から親しまれるロボットを開発することは達成すべき目標の一つであった。したがって、私たちは人間から親しまれるように、動物のぬいぐるみをモチーフにデザインを設計し、表面にはフェルトを張り付けた。また、ロボットの大きさも片手で持ち運べる程度の小柄なサイズに設定し威圧感を減らす効果を狙った。

(※文責：伊藤 壱)

3.6.3 想定される用途

サービス業を行う実店舗のカウンターや入口近くに設置することが想定されている。入店時の顧客を測距センサーで感知し挨拶動作を行い、顧客を迎え入れる。ロボットの頭が撫でられた場合には「ありがとう」などの発話を行うことで、顧客とのインタラクティブなコミュニケーションを実現する。この他に、おすすめの商品を紹介する機能の導入が予定されている。これらの機能は店舗において顧客に居心地の良さを感じてもらおうこと目的に設定されたものである。

(※文責：伊藤 壱)

3.7 各個人における取り組み

上記の課題の発見と解決の取り組みはグループ全員で行ったが、以下では個人としてどのようなアプローチを行ったかを記す。

伊藤 壱 (プロジェクトリーダー, 電子回路・ソフトウェア担当)

1. 電子回路に関わる動作箇所に関する検討
2. 触覚センサとハードウェアの連動テストの課題発見
3. ハードウェア担当者と相談しつつ改善策の考案と実装

木島 拓海 (機構設計, 資材準備担当)

1. 既存の機構のロボット動作として改善する余地の検討
2. 試作とその改良の記録を取り測定した結果から改善案の検討と実現
3. 必要とされる素材や資材の管理と確認

藤内 悠 (機構設計, 2D CAD 製作, 実物製作担当)

1. 2D CAD を用いた機構の3図面の作成と図面上での動作シミュレート
2. Illustrator を用いたレーザーカッター出力用のファイル作成
3. 動きを実現するための内部機構の部品の設計, 出力と製作

Practical application of the robot-type interaction

宮嶋佑 (GroupA リーダー, CAD 設計担当)

1. ロボットのデザイン及び動作の具体的な所作の思案
2. 機構設計と連携し稼働などを実現するための設計
3. 3Dcad 及び図面の作成, 部品の作成と改善

(※文責：藤内悠)

第4章

プロジェクト内のインターワーキング

4.1 各個人におけるインターワーキング

伊藤 亮 (プロジェクトリーダー, 電子回路・ソフトウェア担当)

プロジェクトリーダーとして、積極的にプロジェクト運営に携わった。ほとんどの作業時間をオンライン環境で過ごす必要があったので、プロジェクト全体での知識共有やファイル管理の効率化を図った。具体的には通常の連絡をSlackで行い、ファイル管理にはGitHubを導入した。GitHubを用いることでファイルの消失リスクを低減し、バージョンの管理を行うことができるので期末提出物などの連携作業に非常に役立てることが出来た。また、オンラインでの同期的連携作業を効率化するため、Google DocumentsやGoogle Jamboardなどクラウドでの作業をプロジェクト標準にすることで、作業のコミットを結合する時間を大幅に減らすことが出来た。毎実習時間の会議では私が司会進行を務め、会議内の重要事項や連絡について記述したテキストファイルを会議後に共有することで情報伝達のミスを防ぐことが出来た。電子回路・ソフトウェア担当者としては、電子回路における物理的な制約を機構設計者に共有することで密接な連携を図った。また、自分で設計した電子回路を電子回路図に起こし、同じ技術に取り組んでいる他のグループのメンバーへ積極的な技術共有を行うことが出来た。報告書作成時には、Latexの体裁を整えるプログラムを書き、他のメンバーが後から理解できるように全てのプログラムにコメントアウトを付けた。完成品の組み立ては機構設計者と私が共同で最終調整を行った。成果発表や中間発表ではZoomミーティング担当者と共に発表会の進行について策定した。

(※文責：伊藤 亮)

木島拓海 (機構設計担当)

その中で予めロボット作成後に必要になるフェルトを購入し、グループの店員ロボットに合うかなどを確かめた。また、今年度は工房の利用者がプロジェクトの3分の1になったため、プロジェクトのどのグループが登校し、どここの場所を利用するかなどを簡単に確認できるようにGoogleスプレッドシートを用いてプロジェクト登校者リストを作成した。機構設計担当としては、特に、首の部品の3Dプリンターの出力が必要なところでは、大きさによっては頭の可動領域が大きく変動してしまうためCAD設計担当と緻密なコミュニケーションをとった。結果的に、首の動きはモーター二つの2軸で動作を可能にした。

(※文責：木島拓海)

藤内悠 (機構設計, 2D CAD 製作, 実物製作担当)

グループ全体として対面して集まった活動を行うことが難しくオンライン上で活動する際には Google Documents や Google Jamboard を利用しました月ごとの活動の成果を一つのファイルとしてまとめメンバー全員が利用しやすいように工夫をした。また同じプロジェクトの機構設計の担当者とは直接対面で活動を複数回行い、特に市販のリンクギヤセットを用いた機構の再現と考察において他グループの機構設計の担当者とも共同で作業をしプロジェクトとしての相互的な連携に取り組むことに繋がった。また主に 2D CAD による二次元図面で機構の設計を行い、図面上で動作のシミュレーションを行った上で 3D CAD の担当者に製作依頼をすることで可能な限り正確な部品の製作を行えた。その際には図面を作成したものをグループ及びプロジェクト全体に確認を要請し助言、質問などを受け取り改善をし、3D プリンタによる印刷を必要最低限の回数で行えるように取り組むことができた。また、登校人数に制限がかかっていた為、工房を利用できる人数がグループによる偏りがある場合は他のグループが工房で印刷する予定の部品の作成を相互的に補助しあい、結果的に技術的な共有にもつながった。加えて直接対面できない場合においても製作過程の記録を逐次報告しソフトウェア担当者との連絡と確認を続け、結果として動作テストの際には円滑に進めることができた。

(※文責：藤内悠)

宮嶋佑 (GroupA リーダ, 3DCAD 設計担当)

グループリーダーとして、各担当の進捗や勉強範囲を確認し、予定通りにロボット完成へと導けるよう連携を行なった。特に、オンラインの作業は意見の相違が起きやすい。そのため、Google Document や Discord による画面共有などを用いて、視覚的に意見が伝わりやすいようにし、意見交換のしやすさや相違をなるべく減らせるような環境づくりに徹した。また、なるべく意見が出やすい雰囲気づくりをするために、なるべく自らはじめに発言したり、オンラインでは対面と違い沈黙の時間が非常に雰囲気を悪化させるので、なるべくグループ内を和ませられるように務めた。そのため、多くのアイデアや情報交換ができ、ユニークなアイデアや機能が生まれた。それにより、動きに特徴を持ったロボットを製作できたと考える。また、CAD 設計担当としてプロジェクト活動当初は、現在ある店員ロボットの外観をなるべく多く情報交換できるように務めた。ロボットの外観を設計する担当として、人々に愛されるような見た目を持ったロボットにできるよう活動した。また、客にとってコミュニケーションが取りやすいロボットの条件を、率先して挙げていった。グループメンバーの意見を元に、前期は客に寄り添ったロボットの機能や見た目を鑑み、ロボットの設計図までを製作した。後期からの、ロボットの製作過程では、主に機構担当と連携し、実現する可動域やギアなどの実装を踏まえ、実現する動きに支障のないよう配慮した。機構担当が作成した、2DCAD の設計図を元に、3DCAD で書き起こし、部位によって MDF または 3D プリンタで出力を行うべきか、材料の選定にも重点をおいた。想定する機構が完全に再現でき、かつ見た目にこだわったロボット設計を行なった。特に、ロボットの首の動きを実現する部分では、首の可動範囲に干渉がないよう、密に連携を行った。実際に Fusion360 内でアニメーションを作成し、干渉がないか、実際に動いた時の見た目を確認した。最終的に、頷き動作と首ふり動作の 2 軸での動きの実現をすることができた。また、動きや大きさを実現しながらも、電子回路や各種センサーを内蔵できるようなスペースを確保するために、電子回路担当ともコミュニケーションをとり、なるべく内部に大きなスペースを確保しつつ、動きに耐えられる強度や重心の設定を

行った。

(※文責：宮嶋佑)

4.2 オンライン上での協調作業の取り組み

今年度、私たちは演習時間の大半をオンラインで過ごした。そのような状況におけるオンライン環境ごとの協調作業の取り組みについて報告する。

(※文責：伊藤壺)

4.2.1 Zoom ミーティング

私たちは毎演習時間のプロジェクト全体における会議を Zoom 上で行った。会議の形式としては、プロジェクトリーダーが計画や議題を持ち込み、それらについて全体へ報告し、それについて他のメンバーが意見を述べるというものであった。全体的に見られた傾向として、プロジェクトリーダー以外のメンバーの発話回数が他のツールを用いた場合よりも少なかったことが挙げられる。一方、Zoom の機能により誰が発話しているのかが明らかであったため、顔と声が一致しない状況下でも互いに認識し合ってコミュニケーションをすることが出来た。

(※文責：伊藤壺)

4.2.2 Discord グループ会議

各グループごとに会議をする場合は、Discord 上に各グループのボイスチャンネルを作成しグループごとに通話を行った。Discord のボイスチャンネルの特徴として、ボイスチャンネルごとの移動が簡単にでき、誰がどのボイスチャンネルにいるのか明白であるという点があった。その特徴によって、各グループのボイスチャンネル同士の移動が頻繁に確認でき、他のオンラインツールに比べ非常に流動的なコミュニケーションが多く見られた。また、Zoom ミーティングに比べてメンバーの発話回数が増える傾向があった。

(※文責：伊藤壺)

4.2.3 Slack ワークスペース

事務連絡や教員とのメッセージングは主に Slack ワークスペースで行った。Discord のテキストチャンネルでは私的なコミュニケーションが発達しており、一方で Slack ワークスペースでは公的なコミュニケーションが発達していた。Slack ワークスペースは個人がプロジェクト全体へ向けてメッセージを送る際によく使われていた。簡易的なファイルの共有などにも利用された。開発グループごとにチャンネルを分けるほか、技術共有のために技術班ごとにチャンネルを持っていた。バージョン管理などのしっかりとしたファイル管理を行う場合は後述する GitHub での管理が行われた。

(※文責：伊藤 壱)

4.2.4 Google Jamboard

プロジェクト学習初期におけるアイデア出しの際に頻繁に利用した。KJ法の実践や、絵などを用いてアイデアを伝えるために用いられていた。特に、機構の設計について議論するときにはスケッチをしながら伝えるのに非常に適していた。特に私たちのグループでは、ロボットのデザイン案の共有や機構設計案の共有などに使われていた。加えて、他の開発グループへ向けたアイデア共有の際にもよく利用した。

(※文責：伊藤 壱)

4.2.5 Google Document

Google Jamboardでは主にスケッチやイラストなどの視覚的な情報交換に使用されていた一方で、Google Documentでは文字を使った情報交換を行った。主に各個人のアイデア共有やメモ、発表前に伝えるべきことを文字として書き起こし、掲示板のように扱うことで確認を取り合っていた。グループ内のみならず、プロジェクト全体での情報交換にも使用し、非常に重宝した。

(※文責：宮嶋 佑)

4.2.6 GitHub

プロジェクトの始まりから終盤まで使用された。主に各個人の成果物や、発表においての資料や提出物をまとめるための情報の保管庫として利用、共有されてきた。提出物をまとめたり、各個人の進捗やファイルを通じた情報交換に非常によく使われた。

(※文責：宮嶋 佑)

第5章

結果

5.1 前期における成果

新型コロナウイルスの影響により、プロジェクト内でのコミュニケーションもオンラインになったことにより難しくなった。そのため全体会議などはZoomを利用し、各グループの話し合いはDiscordを利用した。前期の活動及び成果として、プロジェクト開始後、店員ロボットを製作するにあたっての問題点や役割についてディスカッションを行い「動き」「機能」「外見」の3つの観点に着目した。その中において我々のグループでは「動き」に注目し、「動き」の動作を考察する上で、どんなに機能が優れていても、無機質な店員ロボットはいないのと同じであり、自分からお客さんに話しかけてもらうためのアプローチが必要であると考察した。また、今までのロボットらしくない動作を改善するため、実際の店員の動きなどを観察や認知心理に基づく理由を考察し、具体的にどのような動作があるかといったことを実現可能な範囲で挙げた。そして、大きく自発動作と反応動作の2つ動作に分けることができると考察した。中間発表のアンケート結果より、「動き」の観点から課題解決を図る方向性に問題はなかった。質疑応答の時間に動画を流したことにより、肝心の質疑応答の時間が少なくなってしまい、質疑応答に回答できなかった人の疑問点を解消できず終わらせてしまった。他に、明確データなどがなく具体性に乏しさを感じさせるものとなってしまった。また、今年度のプロジェクト学習は新型コロナウイルスの影響で製作及びグループ内での連携が難しい状況下であったため、オンライン上での情報共有ではGitHubを用いることにより、簡単に必要な情報にアクセスすることができるため、コストが削減できた。また、アイデア出しなどをオンラインホワイトボードのGoogle Jamboardを用いて可視化的に行なった。前期の活動期間である程度の店員ロボットの図面は完成した。後期ではそれを大学の工房で3Dプリンターで出力し、製作と修正を繰り返して完成度の高い店員ロボットの制作が目標となる。

(※文責：木島拓海)

5.2 後期における成果

前期の活動及び成果として、後期活動開始後、店員ロボットを製作するにあたってコロナウイルスの影響により、購入した部品などの到着が遅延や前年度とは工房利用するにあたり大きく制限がかかり我々が予想していた以上に製作に長時間確保することが難しくなった。そのため、3Dプリンタによる製作は、時間を多く必要と上に手直し難しいと判断した。製作時間の問題を解決す

るために、加工が簡単で手直しが簡単であるMDFをメインの材料として製作することにした。また、前期からのロボットの変更点としては、立っているデザインにすると腕や頭を動かした場合に不安定になってしまうことを考慮し、座っているデザインへ変更することにより低重心化を図り、ロボットが動かしても常に安定しているようにした。また、後期では、前期での4つの動作を思考し、実現とロボットの製作を並行して進めた。製作にあたり2D CADによる機構図の作成及び3D CADによる外観と動作確認を行なった。また前期ではロボットとディスプレイとの連携動作、商品紹介機能、効果的な非同期動作の検証の実現を目指していたが、上記のような状況により実現することができなかった。前期は新型コロナウイルスの影響によりオンラインでの会議が主に多かったが、後期からは工房利用により大学に登校する人との個人間での情報共有がより難しくなったため、GitHubとDiscordでの情報共有をすることにより必要な情報にアクセスしやすくし、コストの削減に努めた。

(※文責：木島拓海)

5.3 課題の解決手段と評価

今年度のプロジェクト学習は新型コロナウイルスの影響により、プロジェクト内でのコミュニケーションもオンラインになったことにより難しくなった。そのような状況でもグループ内での誤りのある情報などが生じないように、環境によっていくつかのコミュニケーションツールを利用した。まず全体会議では、Zoomを利用し各グループが画面共有を用いて情報共有を行なった。また各グループの会議ではDiscordを利用し、ボイスチャンネル及びテキストチャンネルで、それぞれのグループが情報に簡単にアクセスできるようにした。さらにボイスチャンネル間での移動も簡単であり、他のグループに簡単にアクセスできるという利点からもDiscordを利用した。事務連絡及び教員との連絡共有はSlackワークスペースを利用した。Slackワークスペースは事務連絡及び教員との連絡共有だけでなく、個人から全体への連絡時にも利用された。このように、コミュニケーションが難しい状況下でも様々なコミュニケーションツールを利用することによって情報誤差などを解決した。さらに、後期では工房の利用に大きく制限がかかった。そのため、製作時間に制限がかかり前期の活動時に考えていた機能、材料の変更及び内部機構の簡素化する必要があった。さらに、大学に登校する人がどここの場所をいつ利用するかを簡単にわかりやすくするためにGoogleスプレッドシートを利用して登校者リストの作成し管理した。従来、3Dプリンターによりロボットの側面を制作する予定を、3Dプリンタでの製作した場合の手直しの難しさなどを考慮した結果を考え、加工が簡単で製作する時間も短いMDFを主な材料に変更した。また、製作時間の制限により、前期活動では「ぶらつき動作」及び「思考開示動作」をロボットの機能に追加する予定であったが、工房の利用に大きく制限と期末発表までの残り時間の中を考慮して機能を省略することにした。ロボットが動作時に姿勢の安定化をさせるために、座っているデザインに変更することにより低重心化を図ることで、ロボットが動作しても安定するように図った。さらに、私たちは動きの中でも特に首の動きに注目した。滑らかな動作を実現するために、図5.1のように首に二つの軸のモータを活用しセンサに合わせて首を動かし、一つは左右の首を振る動き、もう一つは上下のうなづくような動きを実現した。

(※文責：木島拓海)

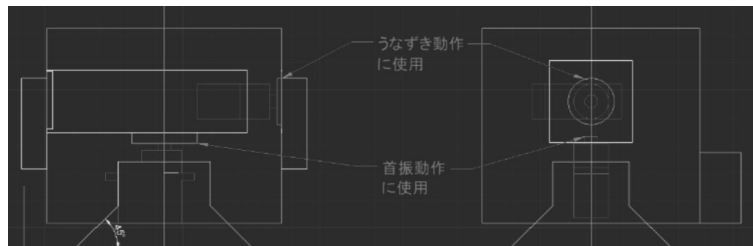


図 5.1 首の 2 軸のモータ

5.4 成果の評価

現在の店員ロボットの抱える課題として「客側から話しかけにくい」「大きくて場所をとってしまう」「無機質な印象」がある。そのため、製作した店員ロボットでは、そのような無機質な印象などを改善するために「人に愛され、かつ先手を打つコミュニケーションロボット」を目標にして開発を進めた。3つの課題を乗り越えるには現状のどのようなことに改善及び改良の余地があるのかを考察した。その結果、我々は「動き」に注目し、店員ロボットとして機能面では部分的なモノに絞り込み、機構及び動作で人に関わる店員ロボットの製作した。また、動きでも特に首の動きに注目しました。無機質さを解消する上で、触られることにコミュニケーションについて考え、センサを活用し、センサに合わせて首を動かすように設計し、一つは左右の首を振る動き、もう一つは上下のうなづく動作を二つの軸のモータを活用し滑らかな動作として実現した。新型コロナウイルスの影響もあり、期末発表までにはロボットの一部機能であるディスプレイの連携、商品紹介、非同期動作などの実現できなかった部分もあるが、ある程度の完成まで至ったが。また、店頭においての実証実験を行うことができなく、外部の評価を得ることができなかった。しかし、今後さらに無機質な印象を解消すべく自発動作と反応動作、2つの動作を追加すること及び上記で挙げたロボットとディスプレイの連携、商品紹介、非同期動作の実現が目標である。また、店頭での実証実験を行い、フィードバックをもらうことでより洗練された店員ロボットを製作していく。

(※文責：木島拓海)

5.5 担当分担課題

本プロジェクトの前期の各個人の担当課題及び評価は以下ようになった。

伊藤 壱

電子回路を中心に学習, 設計

- 直流回路と並列回路に纏わる電流、電圧の計算とコンダクタンスについて。
- 容量とインダクタの特徴とそれを表す数式、回路記号について。
- センサ類などのソフトウェアの製作
- 電子回路の製作

木島拓海

リンク機構を中心とした、動きを実現する機構の学習, 設計

Practical application of the robot-type interaction

- ロボット工作を購入し, 組み立て機構や動きを学習
- おもちゃ工作での機構の学習
- 内部機構の部品の設計及び製作

藤内悠

歯車設計などを中心とした, 動きを実現する機構の学習, 設計

- 腕の機構について
- 遊星機構やユニバーサルジョイントを利用することの検討
- be@brick の 3d モデルを参考にしつつ内部の大まかな構想
- 内部機構の部品の設計及び製作
- 2DCAD を用いて機構の図面を作成

宮嶋佑

3DCAD でのロボットの設計、製作

- ロボットを 3D CAD で試作し, 駆動域, モーターが実装可能かの確認
- Fusion 360 の学習: マスターガイドを参照
- 3DCAD でのロボットの設計及び、部品の製作
- 3D プリンターによる部品の製作

(※文責: 木島拓海)

5.6 中間発表

前期の活動として中間発表会に出展した。新型コロナウイルスの影響により前年度のプロジェクトの中間発表会とは違い zoom を用いたオンラインでの開催となった。発表では画面共有を行なって動画による今後制作する店員ロボットについて説明を行ない、その後質疑応答を行なった。また、同時に Google フォームを用いてアンケートを実施した。プロジェクト全体と各グループのアンケート内容は発表技術と発表内容についてである。それぞれ 10 段階での評価と、なぜそのような評価になったのかという理由や感想の記入をしていただいた。また、本報告書ではプロジェクト全体とグループ A の発表技術と発表内容について書かれた内容を紹介する。最終的に 39 人の方々からアンケートを回答していただくことができた。まず、発表技術について評価を図 5.2 のグラフに示した。39 人からの評価をいただき平均値は 6.9 という結果であった。またなぜその評価になったかという記述で多かった意見を抜粋したところ、

- グループごとに異なる課題に取り組んでいるため各観点の進展が分かりやすかった
- 図を多く利用したわかりやすいスライドだった
- 映像での発表でわかりやすかった

などの意見があり、一方で、

- 発表時間に比べて、質問時間が短かったと思います。時間配分が課題です
- 動画を最初に再生していたため、チャットで質問する形式はよかったが、全体的な質問をする時間が短くなってしまったのではないかと感じた
- 発表スライドを統一してほしいです。黒枠があると文字がつぶれて読みにくかったです

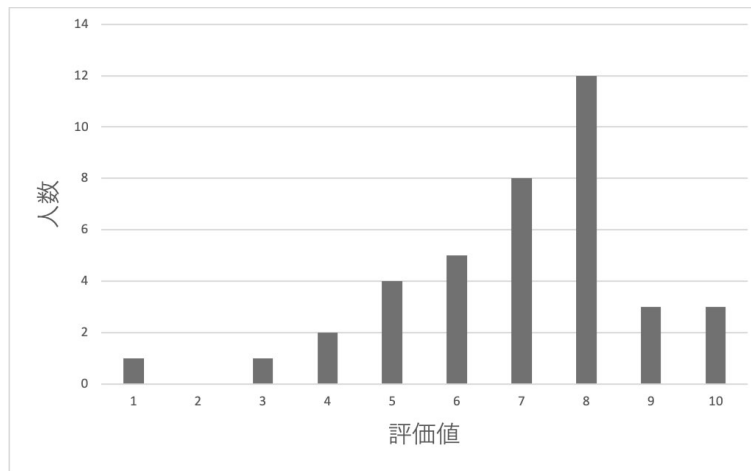


図 5.2 中間発表の技術の評価を示したグラフ

などの意見をいただいた。

発表技術の総評としては、動画に図を利用したことなどから各グループの製作していく店員ロボットについて具体的に知っていただけたと言える。しかし、発表時間に対しての質疑応答の時間があまりにも少なすぎたため、チャットで質問する形式での質問も受け付けたが聴講者からの全ての質疑応答に回答することができず、多くの指摘を受けた。また、Google フォームからも質問を受け付けたがそちらから質問をした人はいなかった。そのため、発表時間の中でもっと聴講者が納得できるように質問に対して十分に回答できるような時間を設ける必要がある。よって、発表技術においては質疑応答時間などもっと聴講者が我々の製作する店員ロボットに理解していただけるように時間配分などを見直していく事が期末発表での一番の課題であると言える。最後に発表内容についての質問についての評価を図 5.3 のグラフに示した。同じく 39 人からの評価をいただき平均値は 7.7 という結果であった。またなぜその評価になったかという記述で多かった意見を抜粋したところ、

- 課題、その解決のためにやったこと、今後やることが明確でわかりやすかった
- ロボットの外見の親しみやすさなど、機能以外の点も考えられていてよいと思った
- ロボットの機能について、理由も含めて具体的に考えている

などの意見があり、一方で、

- 実用化を狙っているということでしたが、ロボットの頭を撫でるという行為はコロナ禍では受け入れられづらいのではないかと
- したいことは明確に見えてきたのだが、そこに至る過程や根拠などが全体的に足りていない

などの意見もあった。

発表内容の総評としては、それぞれの課題に向けて解決に向かう姿勢という点は評価できたといえる。しかし、それぞれが過程や根拠が不足しており説明不足になっていたため、我々のグループが伝えなかった内容をしっかりと理解してもらえなかった点を踏まえ、今後の期末発表会においては実証実験などの店員やお客の外部評価をスライドに取り入れることなど見直す必要がある

ことが課題であるといえる。

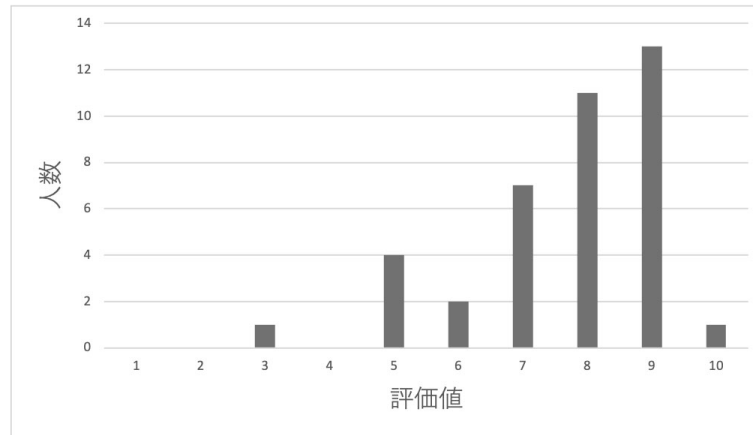


図 5.3 中間発表の内容の評価を示したグラフ

(※文責：木島拓海)

5.7 成果発表

後期の活動として成果発表会に出展した。中間発表会と同じように新型コロナウイルスの影響により前年度のプロジェクトの成果発表会とは違い zoom を用いたオンラインでの開催となった。また、中間発表会では質疑応答の時間が短く聴講者の全ての質疑応答に対して回答できなかったため、発表では画面共有を行なってスライドとそれぞれのグループが製作した店員ロボットの動作の3分程度の動画を用いて説明し、聴講者に質疑応答を行なった。中間発表と同様に、同時に Google フォームを用いてアンケートを実施した。アンケート内容は発表技術と発表内容についてである。それぞれ10段階での評価と、なぜそのような評価になったのかという理由や感想の記入をしていただいた。最終的に38人の方々からアンケートを回答していただくことができた。まず、発表技術について評価を図5.4のグラフに示した。39人からの評価をいただき平均値は8.0という結果であった。また多かった意見を抜粋したところ、

- 文章的な説明だけでなく、実際にどのような挙動をするのかを動画を交えて視覚的に表現しており、理解しやすかった
- 内部構造の図や映像を使ってしっかりとまとまっていた

などの意見があり、一方で、

- 最初の全体パートで、何が達成できたかを最初に伝えると良いと思います

などの意見をいただいた。

発表技術の総評としては、中間発表会は聴講者の質疑応答時間を十分に確保できなかった点を踏まえて、成果発表会では、スライドとロボットの動作の3分程度の動画で説明し、十分な質疑応答の時間を確保したため全ての聴講者からの質問に対して回答することができた。また、質疑応答に対しても、各グループの代表者の一名が回答することでスムーズに回答が行えた点が評価でき

Practical application of the robot-type interaction

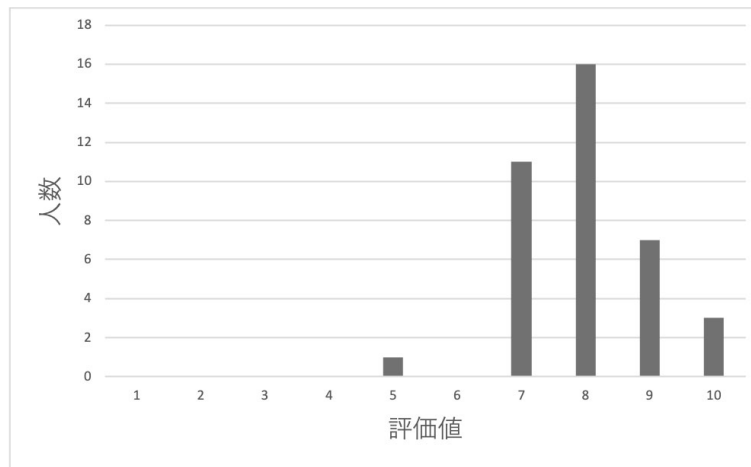


図 5.4 成果発表の技術の評価を示したグラフ

たとえば、最後に発表内容についての質問についての評価を図 5.5 のグラフに示した。同じく 38 人からの評価をいただき平均値は 7.7 という結果であった。また、なぜその評価になったかという記述で多かった意見を抜粋したところ、

- 目的に対してグループごとに具合的なコンセプトを設定し、それに沿った方法で成果物を実装していた
- 成果物の説明だけでなく、当初の予定と現実が対比されていて、わかりやすくよかったです
- 動画がわかりやく効果的だったと感じられた

などの意見があり、一方で、

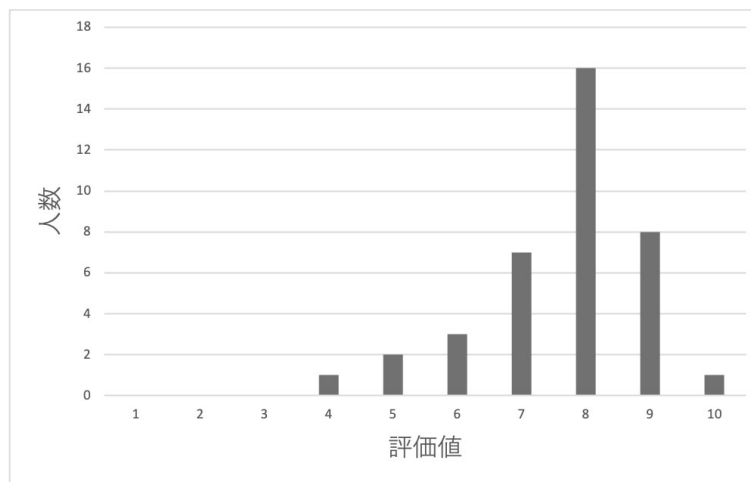


図 5.5 成果発表の内容の評価を示したグラフ

- 問題解決が出来たのかどうかはっきりとしていなかった
- 今後店舗へ設置し、活用するところはどこなのか分かりにくかった

Practical application of the robot-type interaction

- ロボットの実際の動作映像をもっと載せてほしかった

などの意見をいただいた。

総評としては、オンラインでの発表により実際の店員ロボットを見せることができなかったが、店員ロボットの動作がどのようなものかを動画を用いて共有したことによって具体的なものとしたが、実際の動作映像が少なかつたため聴講者に十分なロボットの動作をお見せすることができなかつた。スライドでの説明を取り入れたことにより伝えたかったコンセプトの内容をしっかりと理解してもらえた。しかし、新型コロナウイルスの影響により、店員ロボットを店頭での設置し実証実験などができなかつたことから、店員及びお客からのフィードバックがなかつたためどのように活用するのかを明確に聴講者に理解してもらえなかつた。

(※文責：木島拓海)

第6章

まとめ

6.1 プロジェクトの成果

プロジェクトの成果として、それぞれの担当の技術分野について学ぶことができた。主には、電子回路や各種センサの利用方法およびコーディング、ロボットを可動させる上での様々な歯車の種類や機構、3D、2D CADである。最終的には各担当ごとに学習した分野やアイデアをもちより、ロボットを完成させることができた。

また、どのようにして人の動きを分析するかを知った。これは、接客を受ける客はどのような店員に接客を受けると気持ちよくコミュニケーションが図れるのか、またロボットと人では何が異なり、よりロボットの接客を人に近づけるためには何が必要なのかを分析した。

そして、メンバーやグループ全体でのコミュニケーションの取り方である。コロナウイルスの影響もあり、オンラインによるコミュニケーションがほとんどであった。その中で、よりコミュニケーションが取りやすいアプリケーションを選択し、時と場合に応じて使用するものを変えてきた。例えば、先生やグループ全体での会議ではzoom、先生やグループ全体での事務連絡や記録にはSlack、グループ内での作業ではDiscordを使用した。このように、対面でのコミュニケーションとの差をなるべく少なくするために、使用用途に応じたコミュニケーションツールを選択した。

(※文責：宮嶋佑)

6.2 プロジェクトにおける各人の役割

伊藤 寺 (ソフトウェア・電子回路担当, プロジェクトリーダー)

- 電子回路の製作
- 各種センサなどのソフトウェアの製作

木島 拓海 (内部機構担当)

- リンク機構を中心とした製作
- 動きを実現するための内部機構の部品の設計, 出力と製作

藤内 悠 (内部機構担当)

- 歯車設計を中心とした製作
- 動きを実現するための内部機構の部品の設計, 出力と製作

宮嶋 佑 (ハードウェア担当, グループリーダー)

- 3DCADによるロボットの設計, 製作, アニメーション
- ソフトウェア, 機構と連携し可動などを実現するための設計

(※文責:宮嶋佑)

6.3 今後の課題

本プロジェクトの今後の課題は主に以下の5点である。

- 待ち動作の実装
- ディスプレイの実装
- 実店舗に設置し, フィードバックをもらう
- 3Dプリンタによる製作
- 各グループが製作したロボットの統合

はじめに, 待ち動作の実装である。ロボットと人の客をなくすために, 自然な待ち動作を実装する予定であった。待ち動作とは, 例えば足をぶらつかせたり首を傾げたりなど, 人間が何もしていないときに行う自然な動作のことである。時間の余裕がなく実装はできなかったが, 動きを重視するグループであるため今後の課題の中では一番重要であると考ええる。

また, ディスプレイの実装も同様である。設計段階では, ディスプレイを設置し, ロボットの思考や店の販促動画を再生できるような機能を実装する予定であった。ロボットの思考とは, ロボット自身が考えていることを, ディスプレイをマンガの吹き出しに見立て, 待ち動作中に考えていることをディスプレイに映し出したり, 客の前では, 音声とディスプレイを用いてコミュニケーションが図れるようにする予定であった。

次に, 完成の遅れやコロナウイルスの影響で実店舗への設置までは至らなかった。プロジェクトはじめの計画では, ロボットの完成は, 実店舗へ設置をし店員や客からのフィードバックをもらい, 機能の充実や洗練を行う予定であった。

そして, 3Dプリンタによるロボットの製作である。製作時間の短縮化や手直しの容易さから, 主にMDFを材料とし, レーザープリンタを用いて加工をし製作を行った。しかし, 3Dプリンタによる製作は, MDFと比較し曲線の表現が容易である。また, 継ぎ目もなく強度もある。最終的な完成形は, 3Dプリンタで製作したロボットにしたいと考える。

最後に, 各グループのロボットの統合である。プロジェクトの始めは, 前期中は各グループの強みを重点的に勉強, 設計を行い, 後期ではそれぞれの強みを統合し, 1台のロボットを製作する予定であった。しかし, 前期末に, 統合はせず各グループが設計をしたロボットを製作することとなった。今後としては, 上記にも挙げたように, 各グループが店員や客からフィードバックをもらい, 各グループの特徴をさらに伸ばせるような昨日の充実や洗練を行いたい。その後, 1台のロボットとして統合したいと考える。そうすれば, 各グループの特徴を併せ持ち, 現在販売されている店員ロボットを上回るようなロボットが完成できると考える。

以上の5点が今後の課題として挙げられるもので, 上から順に実現すべき課題の優先順位である。

(※文責:宮嶋佑)

6.4 今回実現できなかったこと

今年度、コロナウィルスの影響で部品運搬の遅延や、工房利用の制限などハードウェア開発の遅延が見込まれる状況が多々存在した。私たちが目指したロボットの機能を全て実現することが出来なかったため、それらについてここで記述することにした。以下に、実現できなかった項目を箇条書きで掲載する。

- 外付けディスプレイとの連係動作
- 商品紹介などの店員業務の代替え機能
- 実店舗への導入実験
- 効果的な非同期動作の検証

当初、外付けディスプレイのコンテンツとロボットの動作を同期させることで表現力の強化を狙っていた。しかし、ディスプレイに映すコンテンツの作成をする余裕がなかったことや、機構部分の実装が遅延し動作テストが早い段階で行えなかったことから今回の実装は見送ることになった。外付けディスプレイで本来行う予定であった商品紹介の機能についても同様の理由から実現を見送った。また、実店舗への導入実験も実現することが出来なかった。前期時点でプロトタイプを完成することが出来ず、後期へ開発期間が伸びたため実店舗への導入実験に向けて十分な時間が設けられなかったため見送りとなった。導入実験でのテスト項目であった効果的な非同期動作の検証も行うことが出来なかった。人間が親近感をもつようなロボットの動作を実装するにあたって、第三者の意見を取り入れる予定であったが導入実験を見送ったため、代わりにグループ内での評価を行うようにした。

(※文責：伊藤 壱)

参考文献

- [1] 伊藤茂メカニズムの事典, 村上和夫, 株式会社オーム社,2016
- [2] 遠藤敏夫 わかる電子工作の基本 100
- [3] 小原照記, 藤村祐爾 Fusion360 マスターガイドベーシック編. 柳沢淳一, 久保田賢二, 株式会社ソーテック社,2018
- [4] 馬場政勝 ロボットキットで学ぶ機械工学. 星正明, 株式会社工学社,2018

付録 A

A.1 課題解決のための技術（新規取得）

- Fusion360 をもちいた,3D CAD
- Arduino による各種センサの活用方法

A.2 課題解決のための技術（講義）

- Arduino によるモータの駆動 (情報表現入門)
- KJ 法 (Communication III)
- ブレインストーミング (Communication III)
- リンク機構 (ロボットの科学技術)
- ロボット用センサ (ロボットの科学技術)
- ブレインストーミング (Communication III)

A.3 相互評価 (前期)

伊藤 壱

- コメンター氏名：木島 拓海
プロジェクトリーダーとして円滑に話を進めてもらっただけでなく,知識も豊富で様々な角度からの意見がもらえて助かりました.
- コメンター氏名：藤内 悠
プロジェクトのリーダーを平行しつつグループの作業方針についても中心的な役割を果たし,方向性を指し示すことが多かったと思います.group1に限らずプロジェクト全体が計画性をもって作業できたのは伊藤君のおかげです.
- コメンター氏名：宮嶋 佑
プロジェクトのリーダーを務めていながらも,グループ内でも率先してアイデアを出したり,意見を出していました.また,任された学習領域の電子回路の部分では,積極的に学習を進めて行ったり,知識の共有を行っていました.

木島 拓海

- コメンター氏名：伊藤 壱
木島君はどんな状況でも軽快に話をしてくれるので,多くの班員がその雰囲気になまさ

Practical application of the robot-type interaction

れたと思います。これからも持ち前の気前の良さでプロジェクトを支えてほしいと思います。

- コメンター氏名：藤内悠
木島君は話し合いの場で方向性の確認や脱線をしないように適宜指摘をしてくれたと思います。また、活動の際に多角的な指摘で意見を出してくれた為、様々な間違いを早期に発見し非常に助かる場面が多くありました。
- コメンター氏名：宮嶋佑
グループ内での中間発表のスライド資料作りでは、的確な意見がもらえて助かりました。また、必要となった学習領域の割り当ての際、率先してそその学習領域に就いていました。

藤内悠

- コメンター氏名：木島拓海
Google ジャムボードでわかりやすく図で説明してくれたため理解するのが容易でとても助かりました。また、様々な視点から建設的な意見がもらえてとても助かりました。
- コメンター氏名：宮嶋佑
ロボットの動きを考える時に、積極的に図示して説明していて、納得させられるところが多かったです。また、意見交換をする際に、率先して意見交換の場 (docs など) を開いてくれるので、円滑に物事を進めることができました。
- コメンター氏名：伊藤壱
藤内君は班員として励むだけではなく、プロジェクト全体の視点を持って熱心に取り組んでいました。その姿勢をととても尊敬しています。私がプロジェクトを進める上でとても助けられることが多かったと感謝しています。

宮嶋佑

- コメンター氏名：伊藤壱
とても頑張っていたと思います。宮島さんの論理的な意見に何度も助けられました。責任感が強く最後まで仕事をやり抜く力を見習いたいと思います。
- コメンター氏名：木島拓海
中間発表ではスライド資料の作成や動画の進行などやってもらいとても助かりました。また、CAD ではベアブリックの腕の様々な角度でどうなっているかを画像で送ってもらいとても参考になりました。
- コメンター氏名：藤内悠
話し合いや全体での作業が滞ってしまいそうな時に革新的なアイデアを提示し、参考になりそうな情報や資料を前もって準備する姿勢にはグループ全体として助けられたことが多くありました。

A.4 相互評価 (後期)

伊藤壱

- コメンター氏名：木島拓海
伊藤くんはソフトウェア設計, arduinoなどを担当してくれ、ロボットの側ができてか

Practical application of the robot-type interaction

らの組み込みを素早くやってくれました。またプロジェクトリーダーとして全体をうまくまとめくれ伊藤くんはロボットの製作に大きく貢献してくれました。

- コメンター氏名：藤内悠
プロジェクトリーダーとして最終成果物やその中間目標の設定に加えて、groupA の中ではソフトウェアの開発が中心ながらも時間のある時には設計の相談にも付き合っていたいただき非常に助かりました。
- コメンター氏名：宮嶋佑
ソフトウェア面ではほぼ任せきりとなってしまいましたが、ほぼ理想通りの動き、機能を実現していました。伊藤さんの学習意欲と実現力はすばらしいと感じました。

木島拓海

- コメンター氏名：伊藤壱
設計担当という仕事だけではなく、プロジェクト内の工房利用の管理を進んで行うなどプロジェクト全体の活動にも寄与していました。工房利用が制限される状況下で機構や外観を完成させるサポートをしてくれてありがとうございました。
- コメンター氏名：藤内悠
同じ設計担当として助けられる場面が何度もありました。図面の作成にあたっての測量やMDF並びにアクリル板の準備、加えてロボット作成後に必要なフェルトを前もって大量に購入しておくなど製作を滞りなく進めることができたのは木島君のおかげです。
- コメンター氏名：宮嶋佑
後期では、対面での交流も多くアイデアに富んだ意見を多くもらいました。外観と機構という制約の中で、ここまで完成できたのも木島さんの意見があったからだと思います。

藤内悠

- コメンター氏名：伊藤壱
積極的に機構設計案を出してくれてとても助かりました。藤内君の二次元、三次元問わずに製図ができる能力や、レーザーカッターや3Dプリンターの技術力のおかげでロボットを完成させることが出来たと思っています。
- コメンター氏名：木島拓海
このコロナウイルスの影響下であるが、2D CADから内部機構の設計・修正し、限られた工房利用でも計画的にレーザーカッターや3Dプリンターを利用し藤内くんはロボットの製作に大きく貢献してくれました。
- コメンター氏名：宮嶋佑
外観に合わせて、内部の機構の大きさ動きなど試行錯誤してもらいました。首の動きを実現する部分では、私が思いつかないようなアイデア、機構を多く考えてくれました。

宮嶋佑

- コメンター氏名：伊藤壱
3DCADでのシミュレーションやロボットの制作作業などいつも良いタイミングで正

Practical application of the robot-type interaction

確に早く仕事をこなしてくれるので、周りからとても重宝されていたと思います。

- コメンター氏名：木島拓海

3DCADでロボットの設計及び必要になった首の部品を素早く設計し、3Dプリンタで出力してくれました。また、内部機構でも様々な優良な意見をもらい宮嶋くんはロボットの製作に大きく貢献してくれました。

- コメンター氏名：藤内悠

主に2D CADで設計したものを3dCADに書き起こしてもらった作業では曖昧な要望をしてしまった箇所を入念に確認し、またそれを作成して問題はないかといった検討・指摘をしていただき大きなミスの予防につながりました。