

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ー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 C

Group Name

Group C

プロジェクトリーダー/Project Leader

伊藤 壱 Hajime Ito

グループリーダー/Group Leader

田澤 卓也 Takuya Tazawa

グループメンバ/Group Member

小山内 駿輔 Shunsuke Osanai

田澤 卓也 Takuya Tazawa

普久原 朝基 Tomoki fukuhara

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

近年店舗などの受付や商品の紹介に、ロボット型のインターフェースを導入する例が増えている。これは商品紹介等の単調で長時間の作業を人から機械に置き換えることや、多言語での対応、お子さんへの対応など、なかなか人手を割くことが難しい業務を代行させることを目的としている。しかし、既存のロボット型インターフェースでは、ロボットの動作のぎこちなさが与える不快感や、反応の遅さなど、まだインターフェースとして改良すべき点は数多く残されている。人物の認識や、発話内容を認識した対応など、技術的に高度なインターフェースを実現することは望ましいが、一方で認識が不安定であったりするために、かえって対話感を失ったり、情報が伝わりづらいことが否めない。そこで本プロジェクトでは、上記の問題点を解決するために、「シンプルな仕組みで効果的なロボット型インターフェースとは何か」を見出し、ゼロから開発できるという特性を生かしてソフト・ハードとして実現することを目的とする。本グループでは、前期の活動において、簡単な機構を学び回路設計とロボットに実装する機能の複雑化を測りながらシンプルでおもちゃらしい見た目と動きでお客さんが「愛らしい」と思えるロボットを実現するという課題を設定した。ここでいう「愛らしい」とは、お客様が一見して惹かれるような見た目や動作のことである。この課題の元、グループCでは実際にコンセプトに合うデザインと動き方を考案し、スタイルフォームを用いてのモデリングを行い実物のサイズ感の確認を行った。前期終了時の課題として、グループCのコンセプトである「愛らしさ」の具体化や回路設計の学習と実装、そしてロボットの機能実装が挙げられた。後期活動では、前期終了時に挙げられた上記課題に対してグループメンバーで「愛らしさ」というコンセプトに合うロボットの表情や動きを再定義しロボットの筐体作成、Processingによるアニメーションを用いての表情のコーディングとモーターシールドを用いてのロボットの腕と脚部分の制御を行なった。今後の目標として、音声認識や赤外線センサなどを用いることにより、より「店員らしい」会話や対応を目指すこと、肘関節の実現や首部分の動作の潤滑化などのハードウェア面での拡張、実証実験によるユーザーの感想やフィードバックの獲得とそのフィードバックを受けてのロボットの改良という3つの点が挙げられる。

キーワード：コミュニケーションロボット, Arduino, Raspberry Pi

(※文責：普久原 朝基)

Abstract

In recent years, there has been an increase in the use of robotic interfaces for reception and product introduction in stores. The purpose of this is to replace monotonous and lengthy tasks such as product introductions with machines, or to take over tasks that are difficult to do by hand, such as dealing with multiple languages or dealing with children. However, there are still many things that need to be improved in existing robot-type interfaces, such as the sense of anxiety caused by the awkwardness of the robot's movements and the slowness of its response. While it is desirable to realize technologically advanced interfaces, such as those that recognize people and respond to their speech, it is undeniable that unstable recognition can lead to a loss of interactivity and difficulty in conveying information. Therefore, in order to solve the above problems, this project aims to find out "what is an effective robot-type interface with a simple mechanism" and to realize it as software and hardware by taking advantage of the characteristic of being able to develop from scratch. In the first semester of the project, the group learned simple mechanisms, designed circuits, and measured the complexity of the functions to be implemented in the robot, and set the task of realizing a robot that customers would find "adorable" with its cheap and toy-like appearance and movements. The term "adorable" here refers to the appearance and movements that customers are attracted to at first glance. Under this challenge, Group C actually devised a design and a way to move that fit the concept, and modeled the robot using Styrofoam to check the size of the actual robot. The tasks at the end of the first semester were to concretize Group C's concept of "loveliness," to learn and implement circuit design, and to implement the robot's functions. In the second semester, the group members redefined the expressions and movements of the robot that fit the concept of "loveliness", created the robot chassis, coded the expressions using animation in Processing, and controlled the robot arms and legs using motor shields. The robot's arms and legs were controlled using motor shields. Our future goals are: to aim for more "store assistant-like" conversations and responses by using voice recognition and infrared sensors, to expand the hardware by adding elbow joints and lubricating the neck, and to obtain user impressions and feedback through demonstration experiments and to improve the robot based on the feedback. and improve the robot based on the feedback.

Keyword : Communication Robot, Arduino, Raspberry Pi

(※文責：普久原 朝基)

目次

第 1 章	背景	1
1.1	ロボット型インターフェースの実情	1
1.2	本グループの課題	2
第 2 章	課題の分析と製作方針について	3
2.1	本プロジェクトにおける課題の位置づけ	3
2.2	理想の店員とは	3
2.3	グループとしてのテーマ（到達目標）	4
2.4	解決に向けたプロセスの概要（前期）	5
2.5	最終的な方向性の変更	5
2.6	解決に向けたプロセスの概要（後期）	5
第 3 章	課題への取り組み方とプロセス	6
3.1	課題解決に向けての具体的な流れ	6
3.2	課題解決の方法に対して分担を行う手順	6
3.3	後期の活動における変更点	7
第 4 章	製作物詳細	11
4.1	製作したロボットの概要	11
4.2	各部位および内部機能の説明	13
4.3	担当分担課題の評価	24
4.4	製作した機体に期待する効果と検証	26
第 5 章	各人の課題とその取り組みについて	27
5.1	各人の課題の概要	27
5.2	担当課題解決過程の詳細	28
5.3	担当課題と他の課題の連携内容	30
第 6 章	プロジェクト発表について	31
6.1	中間発表について	31
6.2	成果発表について	32
第 7 章	まとめと展望	35
7.1	前期までの進捗および成果	35
7.2	成果発表会までの進捗および成果	36

Practical application of the robot-type interaction

7.3	成果発表を終えて	38
参考文献		40
付録 A		41
A.1	課題解決のための新規取得技術（前期後期合わせて）	41
A.2	課題解決のための技術（講義）	41
A.3	相互評価（前期）	41
A.4	相互評価（後期）	42

第1章

背景

この章では、ロボット型インターフェースが現在の社会で置かれている実情と、それに伴い製作するロボット型インターフェースに対して設定した背景について述べる。

(※文責：普久原朝基)

1.1 ロボット型インターフェースの実情

現在、社会のあらゆる状況において、コミュニケーションの機械化が加速している。相手と直接顔を合わせることなくインターネットを用いて会議やテレワークなどを実施する様子はその最たる例といえるだろう。一方、コミュニケーションのツールとして機械を介するだけではなく、その機械、すなわちロボットとコミュニケーションをとる機会が非常に増加傾向にある。飲食店や小売業の店舗などには「Pepper[2]」などに代表される店員ロボットが導入され、ロボットが受付や接客、案内を行う様子はもはや一般的になりつつある。しかし、実情として店員型ロボットは不完全な部分が顕著にみられ、顧客との対話に齟齬が生じたり、顧客がロボットに対する抵抗感を覚え、なかなか話しかけにくいため問題が生じている。これは、日本はロボットの形状を人型を模して製作する傾向が強いため、顧客が機械と対話した時、人間らしいロボットに不気味さや恥ずかしさを感じてしまったり、人とロボット間の会話の水準に差が生じる場合やセンサ等の性能によりうまく聞き取れないなど、コミュニケーションをとる上でロボットはまだ未熟であるということが挙げられる。しかし、これらの問題を解決し、不気味さを取り除いて、円滑なコミュニケーションを行うロボット型インターフェースが開発されれば、より顧客に対し親密かつ実用的な店員ロボットの導入につながるだろう。そこで私たちは、顧客側が親近感を覚えるとともに、「愛らしい」と思えるロボットの開発を目指したいと考えた。ここでの「愛らしい」とはお客様が一見して惹かれるような見た目や動作である。人物の認識や発話内容の認識など、技術的な面でどうしても会話が拙くなりお客様から会話をやめてしまう場面があるが、ロボットが「愛らしい」見た目だとお客様が可愛さに免じてその会話の拙さを考慮して会話を続けてくれる可能性が高くなるのではないかと考える。

(※文責：普久原朝基)

1.2 本グループの課題

グループCでは、ゼロからハード設計を行うことを活かし、簡単な機構を学び、回路設計とロボットに実装する機能の複雑化を図りながらチープでおもちゃらしい見た目と動きでお客様が「愛らしい」と思えるロボットを実現するという課題を設定する。

(※文責：普久原朝基)

第 2 章

課題の分析と製作方針について

この章では、本グループが第1章で設定した課題についての具体的な位置づけなどに関する分析や、それを解決するためにどのようなプロセスを行っていくのか、製作するロボットの到達目標についてなどの方針について記述する。

(※文責：小山内駿輔)

2.1 本プロジェクトにおける課題の位置づけ

我々は、1章で述べた課題の解決のために、デザインおよび外見の部分を重要視し、アプローチをかけていこうと考えた。現在一般的に使用されている店員ロボットの特徴や与える印象などについてグループ内で考察、議論した結果、以下のような結論に至った。

- デザインを人間に近づけすぎるゆえに、「不気味の谷現象」が起こり逆に不快感を与えているのではないか。
- 昨年度使用していた「PaPeRo i[1]」に限らず店員型ロボットは見た目が白基調かつ丸みがあるものが多く既視感を与えてしまうのではないか。

この結論に基づき我々は、人間らしさから遠く、目新しさのある「愛らしい」デザインに重点を置き、活動を行った。

(※文責：小山内駿輔)

2.2 理想の店員とは

課題解決のため、製作を行うロボットのモデルを「理想の店員」として以下のようにグループで定めた。グループCがイメージする「理想の店員」とは「知識が豊富で、親切で丁寧な接客を行う家電量販店の店員」である。「理想の店員」として役割を担えるロボットとするには1. コミュニケーションには「笑顔」のような表情の変化で感情を相手に伝える2. 親しみを持ってもらえるなど人を引き付ける要素がある。3.1と2を伴ってお客様に頼ってもらえるようにお店の情報を提示できる。以上3つを「理想の店員」ロボットを作る上で必要な要素として考えた。

(※文責：田澤卓也)

2.3 グループとしてのテーマ（到達目標）

グループ C では先の「理想の店員」をモデルとして課題解決を図るために、人間らしさから遠く、目新しさのある「愛らしい」デザインとして、シンプルでおもちゃらしいデザインというテーマを掲げた。理由として、シンプルでおもちゃらしい、すなわち子供が工作で作ったようなロボットのような見た目によって「Pepper[2]」や「PaPeRo i[1]」などといった既存のロボット以上の愛らしさやそれにはない目新しさを与える、興味をひかせられるのではないかと考察したためである。さらに、単純でシンプルな機構を実装しやすく、改良、修正が容易にできると考察したためである。また、プロジェクト開始時に、先生から完成品のサイズ感のイメージ画像を共有していただいた（図 2.1）。よって、これらを踏まえ以下のような機能を満たすロボットの完成を到達目標として掲げて活動を開始した。

- できる限り既視感を与えず、目新しさを与える
- 「愛らしさ」のある子供が作ったおもちゃのロボットのような見た目、挙動をする
- 単純かつ最小限を追求しながら、シンプルな機構を詰め込む
- 机の上に置いても邪魔にならないコンパクトなサイズ感
- お客様を和ませるとともに、店舗のイメージを損なわない
- お客様にお店の情報を分かりやすく伝える

また以下に、設定したテーマに基づいてスケッチしたイメージ図（図 2.2）を示す。



図 2.1 全体目標とするロボットのイメージ

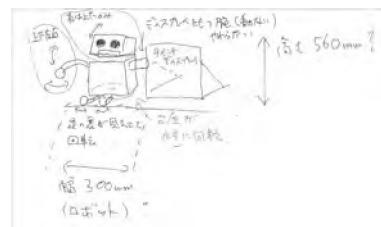


図 2.2 製作予定のロボットのラフ

(※文責：小山内駿輔)

2.4 解決に向けたプロセスの概要 (前期)

本グループでは課題解決のために、形のアイデア出しや機構の考案など土台となる部分をグループ全員で行い、3DCADによるモデリングや回路設計、ロボットへの回路と機構の実装を現時点で各個人が持っているスキルや能力、知識に応じて各メンバーに分担し、取り組むようにした。また、各個の役割に対して助言や意見を出しあうことによって、実現できるかもしれない多くのアイデアを交換し、より良い構造を実現できるように設定した。

(※文責：小山内駿輔)

2.5 最終的な方向性の変更

前期の活動及び中間発表会終了後、改めてプロジェクトの活動方針について先生方を含めたプロジェクトメンバー全員で話し合った。プロジェクト開始直後は、前期はグループに分かれて活動し、既存の店員ロボットが抱える課題点を「動作」「機能」「デザイン」の3面から分析、各方面からのアプローチをかける工夫や手法などを学び、後期はそれらを統合して全員の知識を持ち合わせることによって一体の店員ロボットを製作する予定だった。しかし、一部のメンバーや先生方から「一つの機体を作るのもいいが、各々が学んだノウハウを詰め込んだ異なる方向性のロボットが複数作られても面白いのではないか」という意見が上がった。この意見をもとに再度話し合いを行った結果、グループの活動を継続し、各グループが掲げたテーマに従ってそれぞれのロボットを完成させることに決定した。

(※文責：普久原朝基)

2.6 解決に向けたプロセスの概要 (後期)

後期では、前期からの進捗や2.4節での方向性の変更を踏まえて、設定したプロセスや各自に与えられた仕事を再度見直した。その結果、製作物に関する最終的な方向性の設定や基礎的話し合いの部分などは全員で行い、3DCADによる設計、モータの動作、表情の作成といった各作業をもう一度メンバーに振り分け直し、作業を進めることに決定した。また、余裕のあるメンバーは、担当外の作業であっても出来る限りサポートし、時間を持て余す人がいないように活動を行っていった。詳細については3.3節で述べる。

(※文責：小山内駿輔)

第3章

課題への取り組み方とプロセス

この章では、設定した課題を解決するための具体的なプロセス、それに対応するメンバーの役割について記述する。

(※文責：小山内駿輔)

3.1 課題解決に向けての具体的な流れ

本グループでは、設定した課題を解決するために、取り組む作業に対して以下のような順番を設定した。

- (1) 課題定義・ブラッシュアップ
- (2) 「シンプルでおもちゃらしいデザイン」というコンセプトの決定
- (3) コンセプトに合うデザインの決定
- (4) デザインに合う動作の決定
- (5) 動作に合う機構の決定
- (6) 3DCADによるロボットのデザイン・機構のモデリング
- (7) ロボットに実装する機能の検討
- (8) 回路設計の学習と機構の実装（腕、脚など各部分の連携）
- (9) モデリングしたロボットを3Dプリント
- (10) 回路と機構をロボットに実装
- (11) 機能の実装
- (12) 動作テスト
- (13) 完成

(※文責：小山内駿輔)

3.2 課題解決の方法に対して分担を行う手順

各プロセスおよび必要に応じて役割を分担し、作業を行った。

- (1)～(5)：全員
 - 必要に応じてアイデア出しや各機構についての考察を話し合いながら決定していった。

- 必要に応じて Google JamBoard や Discord, Microsoft Teams などの共同作業ツールを使用し、デザイン案のスケッチや推敲、アイデアの策定を行った。

(6) 3DCAD によるロボットのデザイン・機構のモデリング：小山内駿輔

- 3DCAD に関するノウハウをある程度もっていた。
- 他 2 人がスケッチしたアイデアを実際に図面に起こした。

(7),(9)(13)：全員

- 機能の実装などは互いの意見を聞きながら一番良いと思われるものを採用する。
- 全員が実装時に発生した問題に対して対応できる。

(8) 回路設計の学習と機構の実装（腕、脚など各部分の連携）：田澤卓也、普久原朝基

- 電子工作キットを私物として持っていたため、手を動かしながらの学習が可能。
- 効率を重視し、互いに教えあうことが出来る。

(※文責：小山内駿輔)

3.3 後期の活動における変更点

後期のプロジェクト活動時に先生方や工房職員から作業効率を向上させるためのアドバイスや理想の動作の実現に有用と追われる部品の提供をしていただいた。これらを踏まえて理想のロボットの製作、品質の向上を図るために再度メンバー内で話し合い、仕様およびプロセスの変更を行った。以下に改善すべきと判断した点と先生方からのアドバイスをまとめる。

- 部品や筐体の出力に 3D プリンタを用いると、非常に時間がかかりすぎて作業効率が格段に下がってしまう。また、細かいパーツの出力や再加工が難しい。目標としているロボットが曲面の少ない「ロボットらしい角ばった見た目」、「シンプルな機構や構造」を実現させるのであれば、加工が容易で、出力、修正が手早く行うことが出来るアクリル板をレーザーカッターを用いて切断し、アクリサンダーなどの溶剤を用いて接着を行うと作業効率が向上するかつグループが掲げたシンプルな機構が実現しやすいかつ「ロボットらしい角ばった見た目」に近づけやすいのではないか。
- Raspberry Pi の GPIO を使用して出力を行うモニタ [5] (図 3.1) を用いると、タッチパネル機能を使えるため、表情の出力以外にもタッチパネルを用いたインタラクションが実現できるのではないか。
- トランジスタを用いて H ブリッジ回路を組むと、モータの逆起電力吸収用ダイオードなどより多くの部品を組み込む必要があり、回路が複雑になるかつ安全性に問題が生じる恐れがある。そのため、回路を 1 から組むよりもモーターシールド [6](図 3.2) を用いて Arduino を拡張することにより、安定かつ安全モータ制御が実現できる。

また、「シンプルな仕組みで効果的なロボット型インターフェース」を実現するため、改めて実現可能な機能から開発に取り組めるよう前期までの活動で行ったアイデア出しについて見直しを行った。これらを踏まえ、3.1 節で設定したプロセスのうち、(5) 以降のプロセスおよび担当を以下の 3.3.1 項および 3.3.2 項のように変更して後期は活動を行った。また、プロセスが終了しても部品やプログラムの不具合の調整は適宜行い、問題解決に努めていくこととした。

Practical application of the robot-type interaction



図 3.1 使用したモニタ (Raspberry Pi に接続、設定済)



図 3.2 使用したモーターシールド

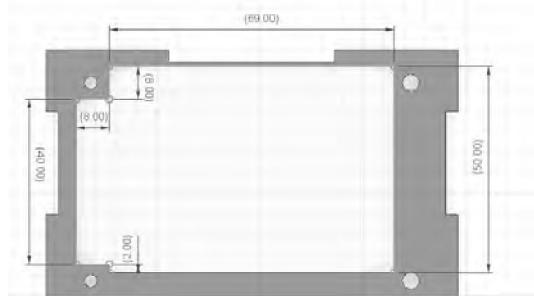


図 3.3 使用したモニタの大まかなサイズ

(※文責：普久原朝基)

3.3.1 再設定したプロセス

- (5) 動作に合う機構の決定
- (6) 3DCAD によるロボットのデザイン・機構のモデリング
- (7) レーザーカッターによるモデリングしたロボット筐体及びパーツの出力・溶剤による接着
- (8) ロボットに実装する機能の検討
- (9) モーターシールドを用いた実験、複数のモータの制御の試験
- (10) GPIO モニタの設定、表情および動作のコーディング
- (11) プロセス (7),(9),(10) で製作した部品、機能の実装
- (12) 動作テスト

(※文責：田澤卓也)

3.3.2 各プロセスの概要およびその担当

(5) : 全員

- アイデア出しや各機構についての考察を話し合いながら決定していった。必要に応じて Google JamBoard や Discord などの共同作業ツールを使用し、デザイン案のスケッチや推敲、アイデアの策定を行った。

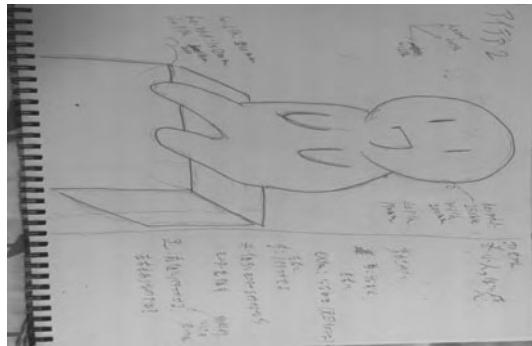


図 3.4 アイデア出し 1

(6)(7) : 小山内駿輔

- プロセス(5)で集まったアイデアをもとに、書籍や過去の講義資料、先生のアドバイスをもとに腕や足、首などの動力部の機構を詳細かつシンプルに設計、Fusion360 を用いて図面をパソコン上に書き起こした。
- 工房職員からアドバイスをいただきながら、レーザーカッターや工具類の使用法を学び、作成したデータを参照しながらアクリル板を切断し、アクリサンダーなどの溶剤を用いて接着、組み立てを行った。

(8) : 全員

- Discord でミーティングを行って動作をイメージして(試作に)取り組めるように行う開発に取り組む作業を仕様書としてまとめ、「愛らしさ」をコンセプトに具体化を行った。まず表情の変化を実装する機能の中心に据えることを確認し、付随するジェスチャーを考えた。さらに「理想の店員ロボ」とするための必要な機能についても考え、「音声認識」や「ロボットがお店の情報のディスプレイに表示する」といった機能の仮想定を行った。

(9)(10) : 田澤卓也, 普久原朝基

- (8)で話し合って決定した内容をもとに、先生方が提供してくださいました物品の使用方法や設定の仕方を自ら調査しながら、1 年次の情報表現入門や情報表現基礎などで学習した Processing を用いた「愛らしさ」を実現させるような表情の作成、従来の店員ロボット以上の自由度を実現させるためのモータ駆動のプログラミング等を行った。
- モータの駆動や制御を行うモーターシールドと Arduino、ディスプレイの出力と外部からのタッチ動作の処理を担う Raspberry Pi と GPIO モニタ、モニタに映し出す表情とその変化、Arduino への制御命令を行う Processing Sketch との間で連携を図り、互いに整合性を保

Practical application of the robot-type interaction

ながら、決定した機能が実現できるかコーディングや動作実験を行った。

(11)(12) : 全員

- 全員でそれぞれ担当したものを持ち寄って、責任をもって組み立てていった。
- 不具合や動作不良が起こった場合は発生したインシデントに対応したメンバー（部品や筐体は小山内、モニターやモータは田澤と普久原）が修正作業を行い、問題解決に努めた。

（※文責：田澤卓也）

第4章

製作物詳細

4.1 製作したロボットの概要

今回製作したロボットの外観を以下に示す(図4.1,図4.2,図4.3)。今回我々は、「愛らしさ」と「シンプルな機構」を実現するために、第一にできる限りコンパクトかつ邪魔にならないサイズ感を実現すること。第二に単純ながらも豊富な表情やリアクションで感情表現を行い、お客様の心を和ませること。第三にシンプルな機構を多数組み込むことで、既製品以上の柔軟な動作を実現することの三点に重点を置き製作した。その結果、作成した筐体を実際に組上げたときの全体のサイズは縦170mm *横100mm *奥行き110mm(足を最大に伸ばしたとき)というサイズになり、非常にコンパクトな筐体となった。またほとんどのパーツを3Dプリンタではなく、アクリル板を用いて出力したことによりカクカクとしたロボットらしい見た目を実現でき、従来の店員ロボットのデザインとは一線を画す目新しさを与えるようなデザインに仕上がった。実装した内部機能としては、Raspberry PiのGPIOピンを利用したタッチパネルを顔面部分に搭載し、タッチパネルを触るというお客様のアクションを受けたのち、対応した表情や簡単なジェスチャーを行わせる相互的なインタラクションを実現させることができた。

(※文責：小山内駿輔)

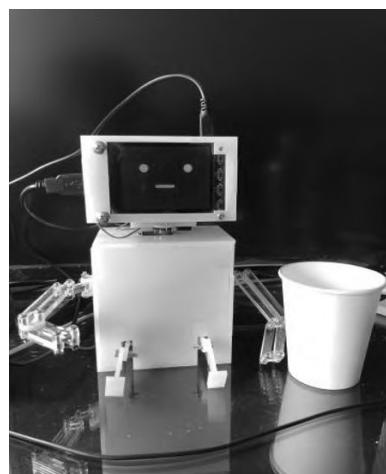


図4.1 製作したロボット外観(デフォルト状態)

Practical application of the robot-type interaction

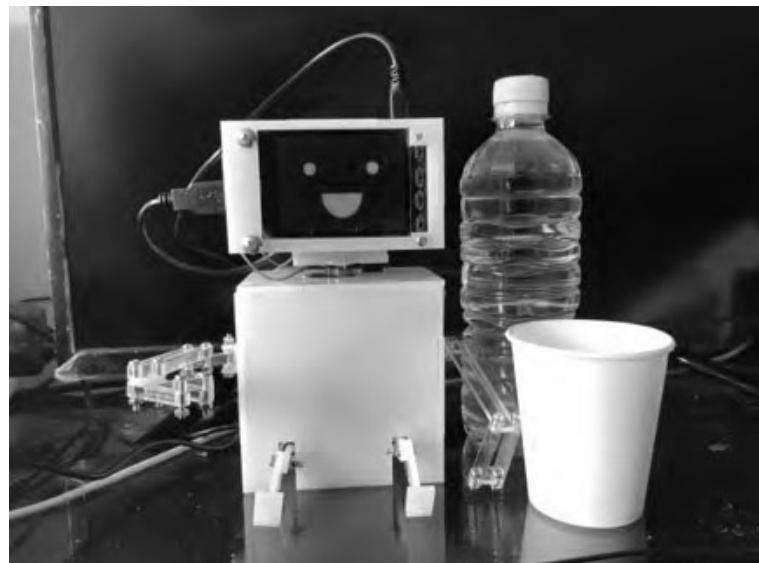


図 4.2 製作したロボット外観（正面）



図 4.3 製作したロボット外観（側面）

4.1.1 使用した部品について

今回作成したロボットには以下の部品を採用して、動作を実装した。

- 右腕部、頸部の横方向への首振り：サーボモータ (SG-90)[3]
- 脚部、頸部の縦方向へのうなずき、：ギヤードモータ (150:1 シャフト付き超小型メタルギヤードモータ HPCB 6V)[4]
- 表情の表示：Adafruit 2.8 インチ TFT タッチシールド v2(抵抗膜方式)[5]
- モータ制御：adafruit motor shield v2.3[6]

(※文責：小山内駿輔)

4.2 各部位および内部機能の説明

今回我々が作成したロボットについての詳細な機能および機構の説明を行う。作成した成果物の各部位および内部機能は、それぞれ以下のような機構、構造となっている。なお、部品の出力に使用したモデリングデータおよび寸法も掲載する（端数はアクリル加工時の補正）。

(※文責：小山内駿輔)

4.2.1 腕部

昨年のプロジェクトで用いた「PaPeRo i[1]」は非常にコンパクトな構造であったが、手足が存在せず、ロボット自体の駆動部位としては首のみと非常に少ないものであった。そのため、お客様の方向を向く動作や頷く動作や簡単な感情表現はできても、悲しみや怒りなどといったより複雑な感情を表すのは難しいうえに、お客様に対するインタラクションの種類にも限界があると考えた。それを踏まえて私たちのグループは、顔だけで感情を表すのではなく、腕を製作することによって感情表現の幅が広がり、より多彩な表情や挙動が実現できるとともに、設定したコンセプトである「愛らしさ」の実現しながらロボットに対するお客様のアクションに対して「まるで頭をかいて照れているような動き」や「バンザイをして喜ぶ動き」などといった幅広いリアクションを返し、「愛らしさ」を与えることによってお客様の心を和ませることが出来るのではないかという結論を出した。この結論に基づき、腕部は最初にグループで話し合って決定した平行リンク機構を採用し、5mm厚アクリル板を用いて製作した（図4.4）。平行リンク機構は卓上電気スタンドやショベルカー等に利用される機構の一種で、支点と先端部が常に平行を維持しつつ、先端部を常に水平に保つことが可能な機構のことを指す。平行リンク機構を利用することによって、肩関節を支点にから腕を上下に動かしても肘から手先の角度が変わることなく駆動させることができ、肘から手先の動作の自由度が高まるため機能や状況、用途に合わせて別途調節することを可能にした。また、この機構を2つ連結させて肩関節を支点に肘を動かす「上腕部」、肘関節にブーリー（滑車）を組み込むことにより、肘関節を支点に手先を動かす「前腕部」の二段階の構造にすることにより、実際の人間の腕のような構造になり、幅広い感情表現をやリアクション行うことが出来るように設計、出力した。機構としては、胴体右側内部に右腕モータ固定パーツ（図4.8）をアクリサンダーを用いて溶着し、固定パーツにサーボモータを差し込むことによって上腕部を正面方向に向かってに振る機構、くみ上げた腕本体（図4.5）を右腕動作パーツ（図4.7）で挟み込むような構造にすることによって腕全体の角度を変化させる機構、胴体右側内部にギヤードモータを入れる箱（図4.34）を溶着し、中に手先と肘関節のブーリーとギヤードモータの軸を繋いだものを入れ、前腕部を駆動する機構をそれぞれ設計した。実際の動作としてはプロジェクト活動期間内で上腕部の駆動及び腕の角度の変更の実現には至ったものの、成果発表までに最適かつ実用できるレベルの条件を満たす糸が見つからず、前腕部の駆動の実現には至らなかつたため、今後は前腕部の駆動の実現を目指して開発を進めたい。

(※文責：小山内駿輔)

Practical application of the robot-type interaction



図 4.4 製作したロボット腕部

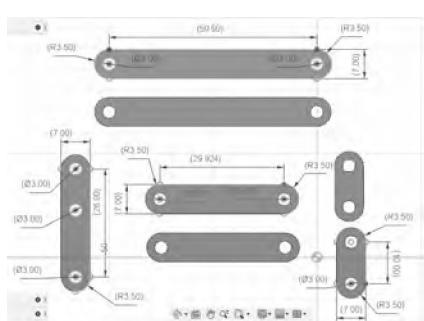


図 4.5 腕部メインパーツ (左右共通)

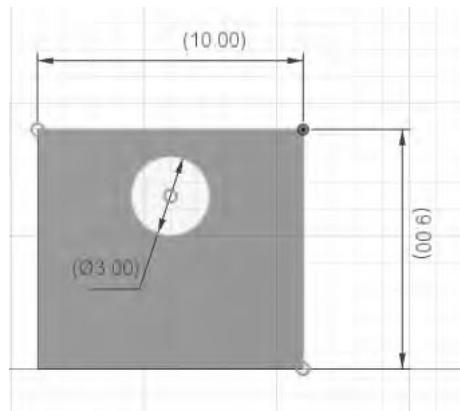


図 4.6 左腕固定パーツ

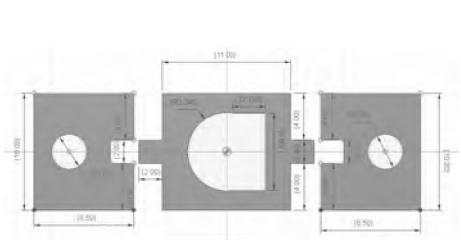


図 4.7 右腕(肩)動作パーツ

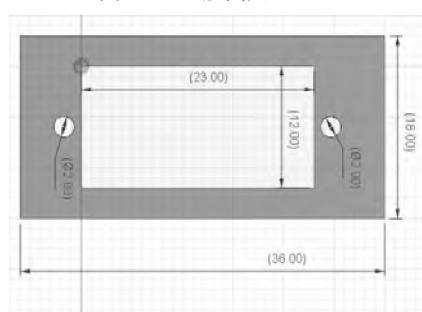


図 4.8 右腕モータ固定パーツ

4.2.2 脚部

4.2.1 項でも述べたように、昨年のプロジェクトで用いた「PaPeRo i[1]」には手足が存在せず、ロボット自体の駆動部位としては首のみと非常に少ないものであったため、お客様に対するインタラクションの種類や感情の表現に限界があると考えた。そこで我々は、さらに脚部を製作し、前後にぱたぱたと動作させることによって、「PaPeRo i[1]」以上に「喜び」の感情が表現できるようになるとともに、「楽しそう」や「嬉しそう」といった印象をお客さんに与え、かわいらしさを感じさせて心を和ませる効果があると考えた。また、小さい子が思い描くようなロボットらしい見た目に近づくのではないかと結論付けた。この結論を踏まえ、脚部はグループでの話し合いと先生のアドバイスをもとに、厚さ3mmのアクリル板とスライダクランクを用いた往復リンク機構を採用することで実現した(図4.9)。スライダクランク機構は車のエンジン等にも用いられている機構の一種で、スリットにピンを通し、モータを用いてピンをクランクのように回転させることによってモータの1回転を1水平往復運動に変換できる機構のことを指す。スライダクランク機構を用いることによって、歯車のギア比や噛み合わせなどを考慮せずともモータの回転運動のみで足をぶらつかせる動き(往復運動による上下駆動)に変換させることが容易に実現できるため、歯車などや複雑な機構を使うことなく「シンプル」に実現することが出来た。また、両足のスリットをワイヤーで連結することによって、両足をぶらぶらさせるという動作をモータ1つだけで簡単に実現することが出来た。機構としては、胴体底部の中心付近にギヤードモータを入れる箱(図4.34)を溶着し、ギヤードモータを中心に挿し込み、脚のスリットと駆動用の円盤(図4.13)にピン(今回は釘を切断して長さを調節したもの)を軸部分にはめ込むといった形で設計した(図4.10)。実際の動作としては、ワイヤーで繋げたことによってモータを回すと脚を同時にぱたぱたと動かす上下運動が実現し、理想にかなり近しい動きが出来たが、ピンと円盤の接着が弱まりやすく、たまにもげてしまうことがあるため、円盤のサイズや円盤のピン穴のサイズを調整するなどして精度を高めていきたい。また、右足と左足の動きを連動させず、それぞれ独立させて動かせるような機構の実現も視野に入れていきたいと考える。

Practical application of the robot-type interaction

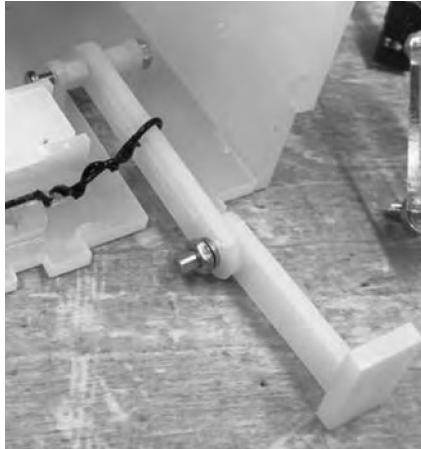


図 4.9 製作したロボット脚部(概形)



図 4.10 製作したロボット腕部(機構部)

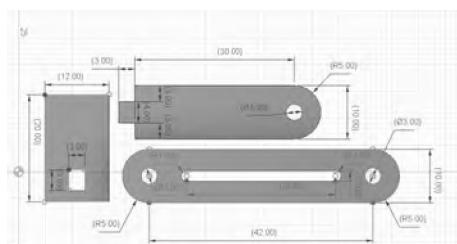


図 4.11 脚部メインパーツ

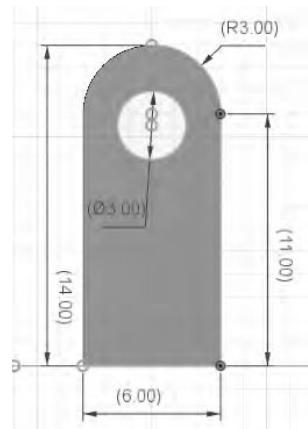


図 4.12 脚部固定パーツ

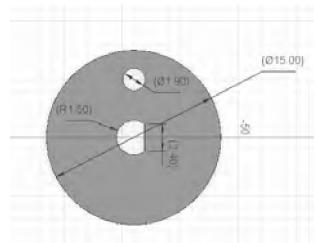


図 4.13 円盤パーツ

(※文責: 小山内駿輔)

4.2.3 頸部

プロジェクト開始時に、円滑なコミュニケーションを行うためにはどのような要素が必要かをグループ内で話し合った。その結果、人間同士が会話をするときや、店員がお客様に対して接客を行うときなど対人コミュニケーションを図る際には相手の方を向くことによって、話し手は聞き手がしっかり聞いていることを確認できるとともに、聞き手は話し手の話している内容を正確に理解できていると考察した。この考察をロボットに対して適用することによって、ロボット対人間のコミュニケーションも円滑かつに進むのではないかと考え、できる限り話しかけてきたお客様の方を向くことによって、違和感のないインタラクションが実現できると結論付けた。この結論をもとに、頸部はできるだけ頭及び顔面部に設置したモニタがお客様の方を向くことが出来るように設計を行った。機構としては、サーボモータとギヤードモータを1つずつ使用し、左右に首を振る動作と上下にうなづく動作を実現できるようにしたと共に、できる限り恐怖感や違和感の覚えない範囲でお客様の方向を向き直れるような角度にモータを設置、調整できるように設計し（図4.14）、それぞれ胴体部にねじ止めしたサーボモータを用いて首を左右に振りながら、頭の内部に取り付けたギヤードモータでうなづくような動作を実装した。それぞれのモータが独立していて干渉しないため、左右に首を振りながら上方向を見上げるという動作も可能になった。この機構が実現したことによって、うなづいて同意をするような動きや首を振って否定するような動きをすることが出来たため、感情表現の幅が広がったとともに、お客様の方を向いてアクションするなど、よりお客様に寄り添ったインタラクションが可能になった。しかし、モータ駆動パーツ（図4.18）に開けた軸穴挿入用の穴とギヤードモータの軸の間に隙間が出来てしまったために、急激に首を動かした際にグラグラしてしまったりなど不安定さが残ってしまったため、穴のサイズを狭めたり軸を太くするなどして、動作の安定性を高めたい。また、顔面部にモニタの重さが偏ってしまったため、せっかく顔を持ち上げてもモータが耐えられずに顔が下がってしまう問題が発生したため、モータの改良や制御量の調整を行うことで改善していきたい。

（※文責：小山内駿輔）

Practical application of the robot-type interaction

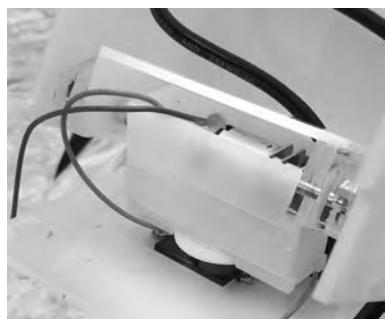


図 4.14 製作したロボット頸部



図 4.15 サーボモータ駆動パーツ

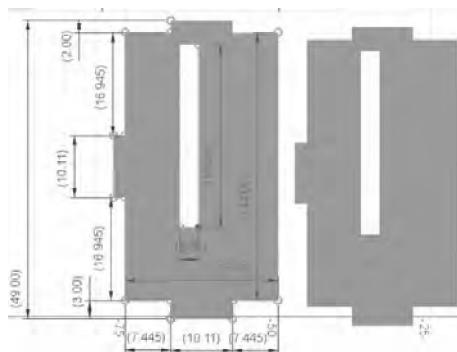


図 4.16 ギヤードモータケース側面 1

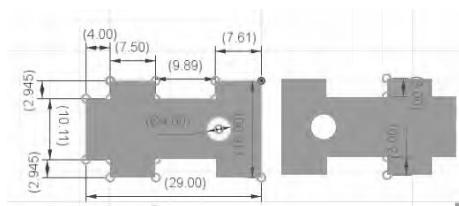


図 4.17 ギヤードモータケース側面 2



図 4.18 ギヤードモータ駆動パーツ（側面を
5mm 厚アクリルで延長し使用）

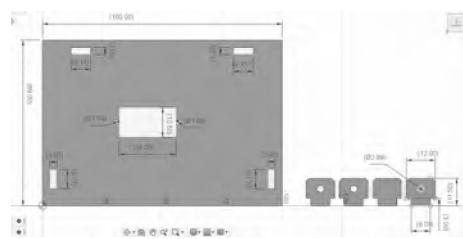


図 4.19 胴体と頸部の連結パーツ

4.2.4 筐体

掲げたコンセプト及び設定した課題解決を行うための筐体を製作するうえで、私たちのグループは特に「ロボットらしく目新しい」、「愛らしさがある」、「コンパクト」の3点を重視した。これらに基づき、前期の活動時はスタイルフォームを用いて大まかな模型(図7.1)を製作し、サイズ感や実際に設置してみたときの雰囲気のイメージを確かめ、後期は実際にCADに起こし、3Dプリンタを用いて出力を行いそれを加工、組み立てを行っていく予定であった。しかし、後期の活動時に工房職員の方から3Dプリンタで製作すると出力に膨大な時間がかかるために修正や再出力が難しく、細かな仕様変更をするには向いていない。また、フィラメントの性質上、直線的な部品や空洞のある部品を出力すると、熱によって収縮が起こり、形の歪みや破損が起こる可能性があるというアドバイスをいただいた。これを踏まえ、素材の再検討を行った結果、レーザーカッターを用いて容易に出力、加工、修正が行えるかつある程度の耐久度と直線性が保証されているとともに、厚さや色などの種類が豊富なアクリル板を用いて製作を行うことにした。これらを踏まえ、筐体はできる限りシンプルでロボットらしさを感じるような角ばった見た目と、最初に製作したスタイルフォームの模型や、活動開始時に先生方から提示された理想のモデル(図2.1)から大きく逸脱しないよう、「机の上においても邪魔にならないコンパクトなサイズ感」を意識して製作した。その結果、子供が工作したような角ばったロボットの見た目にかなり近づいたビジュアルで、設定したコンセプトからぶれないかつコンパクトでロボットらしさとシンプルさ、愛らしさをより感じさせるデザインに仕上がったとともに、最初に製作した模型とほぼ変わらないサイズ感を実現させることができた(図4.20、図4.21)。加えて、パーツが破損したり異常が起こった際に、取り外しや修正などを容易かつ正確に行えるように、Fusion 360で設計したもの以外にも必要に応じて適宜穴あけや研磨を行うことで、見た目の仕様を大きく変更せずともアクシデントに迅速に対応できるように工夫を施した。さらに、電源ケーブルやArduinoのシリアル通信を行うUSBケーブルなどをあえて隠さず露出させることによってより機械らしい見た目になるように製作した。しかし、成果発表会の際に「ケーブルを露出させるとビジュアルがいかつくなり、愛らしさを損なってしまうのでは」というフィードバックをいただいたため、今後はメンバーや先生方から意見をもらい、ケーブルができるだけ隠せるかつ現在のサイズ感を損なわないような筐体の開発およびバージョンアップも視野に入れていくたい。

(※文責：小山内駿輔)

Practical application of the robot-type interaction

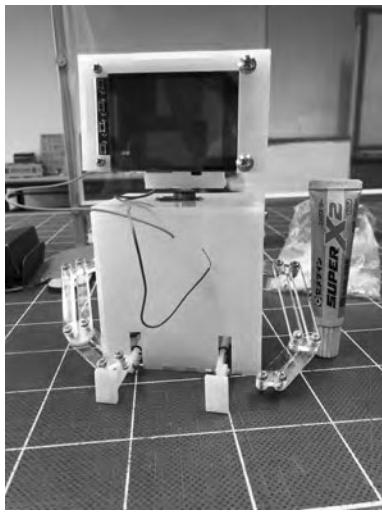


図 4.20 一番最初に製作した筐体

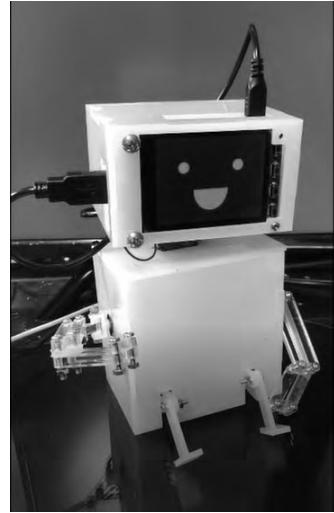


図 4.21 完成した筐体の全体図(配線済)

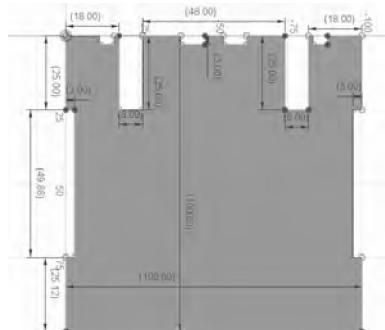


図 4.22 胴体前面部

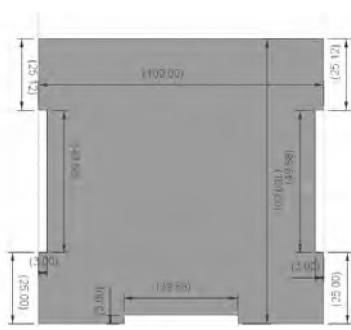


図 4.23 胸体背部

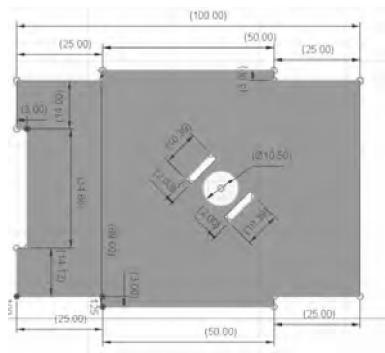


図 4.24 胴体左側

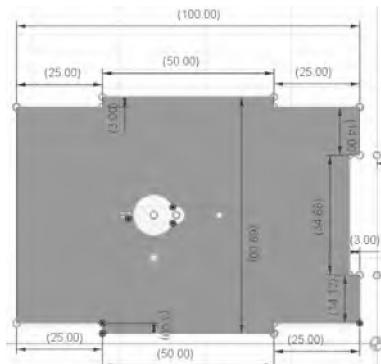


図 4-25 瞳孔右側

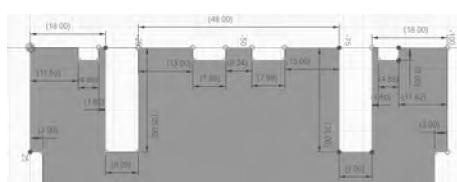


図 4.26 胴体前面と底面の連結部の寸法(前面部側)

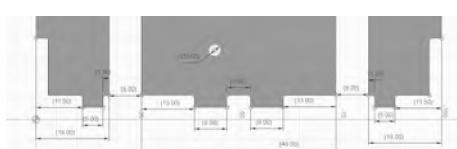


図 4.27 胸体前面と底面の連結部の寸法（前面部側）

Practical application of the robot-type interaction

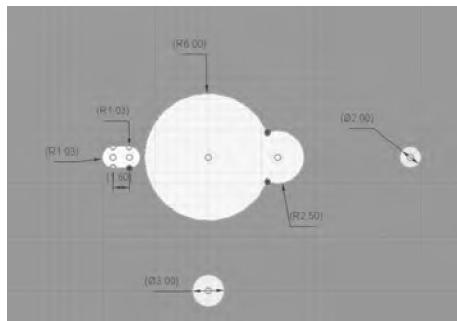


図 4.28 胸体右側（サーボモータ挿入部）

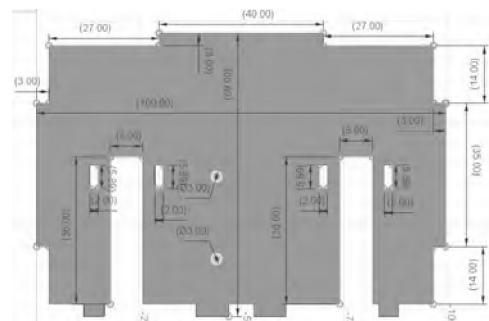


図 4.29 胸体底面部

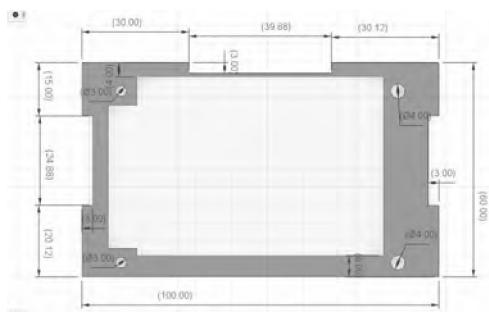


図 4.30 顔面部

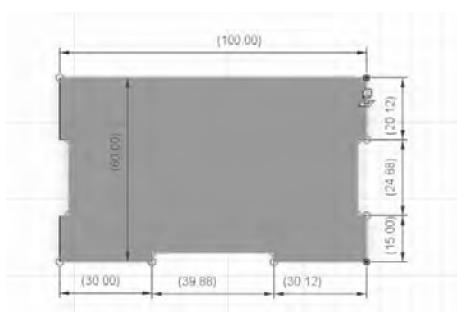


図 4.31 後頭部パツ



図 4.32 側頭部パーツ (2枚使用)



図 4.33 頭頂部パーツ

4.2.5 ギヤードモータを入れる箱

ロボットを動作させるにあたり、モータの実装は必至であった。しかし、今回使用したギヤードモータは設置が難しく、そのまま実装するとモータのずれが発生し、動作に不具合が起こる可能性が高かった。そのため対策として、以下のようなギヤードモータがちょうど一つ入るような箱（図4.35）を作成し、実装に取り掛かった。箱全体のサイズは31mm*16mm*14mmと、製作した筐体に余裕をもって設置できるサイズで設計し（図4.34）、結果として脚部の動作を問題なく実装することが出来た。また、実装には至らなかったが、右前腕具を動作させるために設置し、モータ自体の駆動を問題なく行うことが確認出来た。そのため、最適な素材の糸とギヤードモータを用いて右前腕部の駆動に取り掛かりたい。



図4.34 使用した箱



図4.35 設計図

(※文責：小山内駿輔)

4.2.6 頭部(表情)

本グループでは、既存のロボットは人間に近づけすぎた為ユーザーが不気味に感じてしまうがためにユーザーからロボットへコミュニケーションを取りづらくなるという問題から、ユーザーがロボットに対して「愛らしい」と思ってもらえるようなロボットの製作という課題を解決するために、ロボットの顔部分にタッチパネルを実装し、タッチすることにより、表情アニメーションが変化するという方法でロボットの表情変化を実装した。そして、表情ごとに腕部分と首部分を動作させることにより、「可愛らしい」動きを実現した。上記のような機能によりユーザーに「愛らしい」と思われるようなロボットの実現を目指した。具体的には、Processingを用いて表情をコーディングし、Raspberry Piに搭載したGPIOモニタで表情を表示させた。以下の画像が、実際にコーディングしたアニメーションの例である（図4.36、図4.37、図4.38）。通常時には、数種類の表情がランダムで遷移する。表情によりモータを動作させ、ロボットの頸部や腕部分を動かせる。ロボットの顔モニタでタッチを感じた場合、ロボットがタッチを感じた場合の表情に遷移し、その5秒後にランダム状態に遷移するという流れになっている。ロボットの表情を変化させることにより、「可愛らしさ」を表現しユーザーとのコミュニケーションの手助けになるとを考えている。今後としてはロボットの表情の変化パターンと腕部分と首部分の動作パターンを増やすことや、ロボットに声をかけることにより表情や腕が動くようにすることにより、ユーザーにより「可愛らし」く、より「愛らしい」と思ってもらえるようなロボットを実現したい。

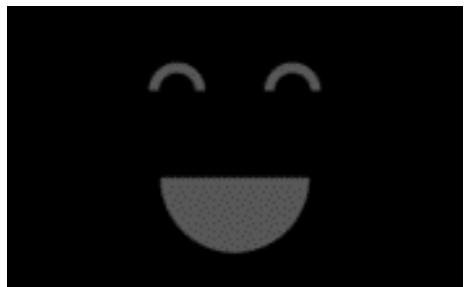


図 4.36 顔 1

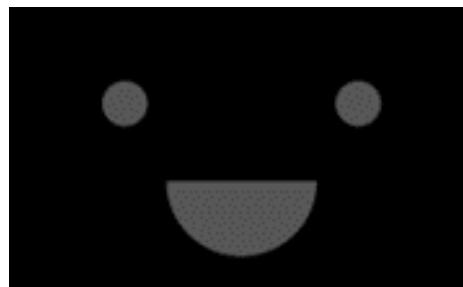


図 4.37 顔 2

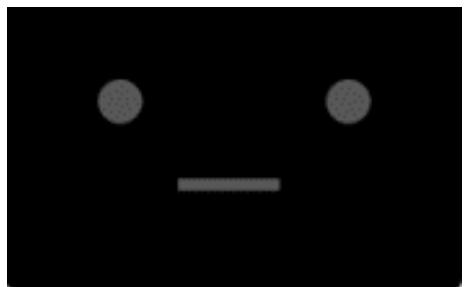


図 4.38 顔 3

(※文責：普久原朝基)

4.2.7 各部位と表情の連携

ユーザーとコミュニケーションを行う上で「愛らしさ」を表現するために、ロボットらしいジェスチャーの実現は重要である。表情の遷移とタッチによる変化に合わせた腕と首の左右の動きを分かりやすく同期させることに努めた。表情とロボットの各パーツのモータの動きは Processing と Arduino はシリアル通信を用いて常に状態を数字で送信することで同期を実現している。ロボットの電源は、頭部上面に開いた部分に USB 端子を Raspberry Pi に接続することで起動する。Processing の起動には Raspberry Pi の OS の機能である LXDE 上の autostart ファイルを用いた。Processing Sketch をアプリケーションとして出力後、autostart にはその実行ファイルを bash で起動するように登録した。

(※文責：田澤卓也)

4.3 担当分担課題の評価

先の 3.3.1 項(8) のプロセス上で具体化した作業に対して,(9) のプロセスを経て(11)(12)における進捗を踏まえ担当分担課題について以下に挙げる。

小山内：主な担当として,Fusion 360 を用いてロボットの筐体や腕, 足や内部の必要な部品等のハードウェア設計, 全員で話し合った内容をもとに機構や駆動のためのモータ等の位置の設定および実装, レーザーカッターを用いてアクリル板を切断しての部品の出力やアクリサンダーを用いたロボットの組み立てを行い, 設定した課題に対してハードウェア面からのアプローチを行っていった。プロジェクト開始時に設定したコンセプトにできる限り沿えるように「シンプルで単純な機構」と「愛らしくコンパクトでロボットのようなビジュアル」にこだわり, できる限り小さいサイズ感と角を残したデザイン, 歯車などの複雑な機構を避け, リンク機構を用いた単純明快な機構, コンパクトながらもモータや Arduinoなどをコンセプトから逸脱しない程度に出来る限り実装し, 幅広い感情表現を行うことで愛らしさとお客様の心を和ませるロボットを製作することを念頭に置き活動を行ってきた。結果としては, ロボットらしいビジュアルと, 机の上においても邪魔にならないくらいの小さなサイズ感を実現できた。また, 腕や足, 首などを駆動させるように設計, 動作を実現させることが出来たため, 昨年使用していた「PaPeRo i[1]」以上に動作の幅が広がったため, 普久原君が制作した表情や田澤君が制作したモータ制御のプログラムと連携してより多彩な感情実現やジェスチャーを行うための土台が出来上がった。また, シンプルな機構を多数実装したことにより, 改良や修正, 機能の追加が容易に行えるため, 状況やユーザーの需要に応じてより多くのインタラクションの実現が期待できる仕上がりとなった。しかし, いくつかの課題点が生まれた。第一に, パーツの精度の向上である。7.2.2 項の円盤パーツのピン挿入部やや 7.2.3 項のギヤードモータ駆動パーツの軸挿入部などの設計の精度が低く, ピンがもげて外れてしまう, 首のうなづき動作の際に顔がガタついてしまうという問題が発生してしまった。そのため, より穴を小さめに設計することによって, 精度の向上に努めていきたい。第二に, 駆動が不完全の箇所が出来てしまったことである。7.2.1 項で述べたように, 理想の条件を満たす素材が見つからなかったことにより前腕部の駆動など計画した動作すべての実装に至らなかった。そのため, 未実装に終わってしまった部分の実装を進めながら, 実装済みの箇所を含めた動作の精度を高めていきたい。第三に, ビジュアル面の改良である。7.2.4 項で述べたように, 成果発表時に, 「ケーブルを露出させるとビジュアルがいかつくなり, 愛らしさを損なってしまうのでは」という意見をいただいた。今回, プロジェクト活動期間内に実証実験を行うに至らなかったので, フィードバックとしてかなり参考になる意見だと考えた。そのため, コード類を筐体内に収めていかつさを与えないデザインに改良する, Arduino のシリアル通信を行う USB ケーブルなどを Bluetooth モジュールに置換し, できる限りコードの使用を避けるなどといった対策を講じて「愛らしさ」と「コンパクト」さを両立させられるようなロボット型を目指していきたい。

(※文責: 小山内駿輔)

Practical application of the robot-type interaction

田澤：電源を入れたときのロボットの動作がプロトタイプとして完成した。その電源の仕様について、購入先に適切なスイッチ AC アダプタが見当たらなかったため、ロボットの動作のスタートが表情用ディスプレイがついている Raspberry Pi に直接 AC アダプタを差し込むことになっている。常に電源が入った状態でスタンバイを行ってユーザーとのコミュニケーションを行うことを想定した店員ロボとしては問題ないかもしれないが、使いやすい仕様とは言えない。モータの制御のためにモーターシールドを採用したことでの電子回路設計は不要になったが、今後筐体への電源ボタンの設置やバッテリーの搭載などを検討したうえで電子回路を設計して仕様変更を行う必要がある。筐体への反映については筐体制作の小山内君と連携して設置位置などを考えたい。つづいて、電源を入れたときの動作上で Arduino と Raspberry Pi は最初の相互通信を記録した後に、ロボットがスタンバイ（デフォルト）状態に移るよう開発した。スタンバイ状態では表情の変化に合わせた腕の上下と首の左右の動きによるジェスチャーを行える。このジェスチャーについて、ユーザーに表情に合わせたジェスチャーの変化が伝わりやすいようにタイミングをしっかりと計って切り替わるように改善する余地がある。表情の変化を製作している普久原君と表情の変化を直接通信方法へ信号に反映させるかなど相談して仕様の改善を図りたい。また現在の駆動機構では筐体頭部の向き、腕の角度や回転速度・加速度に対してフィードバックがない。成果発表のフィードバックでも頂いた滑らかな動きの実現は、ロボットの行うユーザーとのコミュニケーションを考える上で表現が豊かになることに繋がると考える。またその他前期に想定していたが実装に取り組むことができなかつた課題として、センサ類を用いてユーザー（お客様）の方向を判別し、特定の方向を向くということを考えていた。筐体を待たずもっと行う作業を具体化に早く取り組むべきだった。ユーザーとのコミュニケーションをより豊かに行えるようにアップデートを行いたい。

(※文責：田澤卓也)

普久原：モータを動作させるための信号を Arduino に送るための時間管理用の関数を作成していたが、Processing の仕様上の問題やアニメーションと動作の連携の調整の難しさからプログラムを一時的に止める関数である `delay()` を用いて時間管理を行なっていた。しかし、この手法では今後拡張するであろうと考えられるアプリケーションや音声認識による応答との連携に支障が出るであろうと考えられる。また、アニメーションとモータの動作にラグが生じてしまい動きに若干の不自然さを感じた。これは、`delay` 関数によりプログラムを一時停止しているため、Arduino とのシリアル通信のタイミングがズレている可能性があると考える。今後としてはアニメーションの `delay` 関数とモータの信号の送信のタイミング調整と時間管理用の関数の実現によりアニメーションと拡張機能の連携に対応していく必要があると考えられる。

(※文責：普久原朝基)

4.4 製作した機体に期待する効果と検証

グループとしてロボットの筐体の設計や使用上、表情の変化やジェスチャーによる感情表現は、先の課題に対する効果や検証を以下のように期待している。まず今回のロボット制作では筐体の素材や各パーツで採用する機構も含めゼロから自由に選べるため、その強みを活かしつつシンプルな仕組みを基本に機体の製作に取り組んだ。アップデートによる拡張性でも自由度が高い。具体的に、モーターシールドの採用は、回路設計を省略し、シンプルでおもちゃらしい見た目コンセプトに合わせてお客様にこちらから表現し示すジェスチャーを自由に設計できるメリットがあった。また第二に、シンプルなロボットらしいビジュアルを意識したシンプルでおもちゃらしい見た目は、お客様とのコミュニケーションにおける印象として親しみやすさを意図したものである。コミュニケーションを行うためのお客さんを興味を惹く印象について実際の店舗において、既存の店員ロボットと比較した印象の違いなど検証を行いたい。第三に、お客様にタッチパネルに触れてもらい表情変化とジェスチャーで感情を伝える仕様は、今後理想の店員に近づける中でお店のより詳細な情報の提示を伴うことを想定している。シンプルでおもちゃらしい見た目のデザインが、詳しいお店の情報を提示する際に、店員の役割を担って、人の代わりに案内など詳しい情報を適切なタイミングで感情表現と合わせて提示する実用性については検証が必要である。

(※文責：田澤卓也)

第5章

各人の課題とその取り組みについて

この章では設定したプロセスに基づいて、各メンバーに与えられた課題やその連携を考慮しながら一年間どのような活動を行ってきたかを記述する。

5.1 各人の課題の概要

小山内の担当課題は以下のとおりである。

5月：活動開始、製作する機体のコンセプトや活動方針の話し合い

6月：製作するロボットのラフ案製作（デザイン、機構、機能）

　機構や Arduino, 3DCAD に関する学習

　使用できそうな部品の調査

7-9月：スタイルフォームを用いた概形の作成

　Fusion 360 を用いた筐体及び各パーツの設計

10月：Fusion 360 を用いた筐体及び各パーツの設計

　レーザーカッターを用いた部品の切り出し、組み立て

11月：ロボットの組み立て、各機構の修正、調整

　GPIO モニタのセットアップ

12月：製作した機体の最終調整

（※文責：小山内駿輔）

田澤の課題は以下のとおりである。

5月：プロジェクトの進め方についての話し合いを行う。

6月：グループで制作するロボットについてアイデア出しを行いながら、ロボット製作を行うために必要な知識について学習する

7-9月：ロボット製作に取り組むための課題設定の確認、電子工作について学ぶ

10月：グループのコンセプトに基づくロボットの仕様の具体化と担当分担課題の設定、スケジュール化、Arduino と Raspberry Pi 間の通信の実装

11月：Servo モータを用いたジェスチャーの実装

12月：成果物の進捗確認と成果発表の準備、成果発表の評価の振り返り

（※文責：田澤卓也）

Practical application of the robot-type interaction

普久原の課題は以下のとおりである。

5月：活動開始、製作する機体についての話し合い

　コンセプトや活動方針の決定

6月：

7-9月：機構・歯車の学習と考案

10月：Processingによる顔表情のコーディング

11月：モータと顔表情の調整

12月：製作した機体の最終調整

(※文責：普久原朝基)

5.2 担当課題解決過程の詳細

小山内

5月：Google JamboardやMicrosoft Teamsなどを用いてオンライン上で自分たちがどのようなロボットを作っていくのか、どのような問題にアプローチして、どのように解決していくのかを話し合った。

6月：Google JamboardやMicrosoft Teamsなどを用いて課題解決についてどのような機能をつけるべきか、どのような形にするのか、どのような機構を使うかなどを話し合い、まとめていった。また、機構や必要と思われる部品の調査をインターネットや書籍を用いて行っていった。

7-9月：まとめたアイデアをもとに大学の工房に行き、スタイルフォームおよび電熱カッターを用いて仮のモデルを製作して製作する機体のイメージをつかんだ。また、Fusion 360を用いて実際のロボットに必要なパーツの設計を開始した。

10月：Fusion 360を用いて本格的に機構や筐体の設計に着手した。また、製作したデータをもとに、レーザーカッターを用いて部品の出力を逐一行っていった。さらに、ねじなどを用いて腕部や脚部のスライダクラシク機構などの細かい部分の組み立てに着手した。

11月：本格的に組み立て作業に着手した。アクリサンデーやねじ、工具を用いて筐体や首の動力機構部などの大きな部分の組み立てを行っていった。組み立て途中で不具合が発生した場合は再出力や調整を行い、ハード完成に努めた。この際、レーザーカッター講習修了書を取得し、工房職員の立会無しで部品の出力が行えるようになったため、作業スピードが向上した。また、先生からGPIOモニタの提供を受けたため、並行して表情の表示などを行うためのセットアップ作業に着手した。

12月：組み立てが完了したロボットの細かな調整や動作の確認を行い、動作を円滑に問題なく行えているかを確かめた。

(※文責：小山内駿輔)

田澤

5月：プロジェクトの進め方についてZoomのミーティングを通して話し合った。プロジェクト全体でコミュニケーションを取るツールとしてSlackを用いること、プロジェクト学習時間中の通話をDiscordで行いグループ活動に取り組むことなどを決めた。

現時点での作るロボットに欲しい機能のアイデア出しをGoogle Jamboardを用いて行った。

6月：グループのロボットの制作案のスケッチをGoogle Jamboardに行う。

Practical application of the robot-type interaction

具体的にロボットの動作フローを考えてみた。必要な購入品を調べながらグループで検討した。

取り組むことが必要だと考えられることを OneNote へ書き込む。

機構に関するテキストを読んだ。

7-9月：中間発表に際し、プロジェクト全体での活動の目的を話し合いで共有して確認した。

プロジェクト全体の目的と背景を踏まえ、グループで取り組む課題とテーマを話し合った。

用いる機器についてテキストを用いてグループのメンバーと検討した。

電子工作を試した。

グループのロボットの外観を CAD を使って描いてみた。

少ない開発スケジュールで、効率的に開発に取り組むことを目指し、ロボットの仕様書を考え、取り組む作業の具体化した

10月：グループの成果物となるロボットの仕様を固める（作業の具体化）、具体化した作業を自分の担当分担課題の欄にグループ全体のスケジュールに反映させた。

電源を入れたときのロボットの仕様の実装に取り組む。Raspberry Pi と Arduino を通信させた。

11月：Servo モータを動かし、筐体のパーツの可動範囲の確認、ロボットの具体的なジェスチャーの実装と顔の表情との連携を実装させる。

12月：進捗に合わせて発表に用いる機体の動作を動画に取る。活動を振り返りながら成果発表の評価をフィードバックとして検証し、製作した機体の課題点、必要な実証実験などについて今後の展望としてグループで話し合った。

報告書の編集に取り組んだ。

(※文責：田澤卓也)

普久原

5月：機体のデザインや機能、コンセプトについて

グループメンバーとの話し合い

6月：

7-9月：ロボットに使用する腕部分や首部分の

機構や歯車の考案

10月：Processing を用いての顔部分の表情

アニメーションのコーディング

11月：腕と顔部分のモータと表情のアニメーションの調整

12月：発表に向けての機体の最終調整

(※文責：普久原朝基)

5.3 担当課題と他の課題の連携内容

小山内：モータ制御を担当した田澤君と連携し、各部位ごとにどのモータを使用するか、使用しようとしているモータのトルクやスピードは適切かどうかを話し合い、モータの制御量や使用する部品や出力したパーツの重さ等を調整し、十分に性能を満たしながらも無駄のないように実装していった。また、ArduinoとRaspberry Piとの連携方法を確認したのち、普久原君の作成した表情とそれに対応した動作やジェスチャーが十分に表現可能かを確認しながら機構の修正や設計を行っていった。最終的には、ロボットの顔を触ることによって普久原君の作成したプログラムでロボットの表情を変えながら、田澤君の製作したモータ制御プログラムと連動して製作した各パーツが動作することによって想定した挙動が実行できていることを確認できた。

(※文責：小山内駿輔)

田澤：筐体制作の小山内君と連携し筐体の各パーツを動かすために重さなどを考慮してモータの種類を決める必要があった。モータの種類を小山内君に確認後、DCモータはモーターシールドのライブラリを用いてArduinoのコーディングを行った。Servoモータはスピード調整が容易なVarSpeedServo.hというライブラリを使用しコーディングを行った。また、表情のモニタが付いたRaspberry Piとの通信方法は有線で行うことを確認し、USBケーブルに合わせた筐体の切り出しをお願いした。表情の変化にはRaspberry Pi上のProcessingSketchで実現しているため、ArduinoとRaspberry Piの通信を実装する際のArduinoのコード上で通信方法に合わせてProcessingSketchのコードを書いてもらうように表情の変化の実装に取り組んだ普久原君と連携してコーディングを行った。

(※文責：田澤卓也)

普久原：モータ制御の田澤くんと連携してProcesingの顔の表情のアニメーションとロボットの腕部分と首部分のモータの動きのタイミングを合わせた。当初は時間関数を用いてのモータの動きの制御を行おうと考えていたが、Processingの仕様のために実装が難しいためプログラムを一時的に止めるdelay()関数を用いることによりタイミング問題を解決した。筐体製作の小山内くんとは、Raspberry Piの設定と腕部分の機構の考案で連携した。Raspberry Piの設定ではRaspberry PiのタッチパネルによるタッチでProcessingを操作するためにアドバイスや実際のタッチの設定を行ってもらった。腕部分の機構については平行クランク機構のアイデアを出し、そのアイデアを小山内くんにモデリングと3Dプリントを行ってもらった。

(※文責：普久原朝基)

第 6 章

プロジェクト発表について

6.1 中間発表について

昨年の課題として挙がった既存プラットフォームにおける動作機能の制約が多い点を踏まえ、店員ロボットに多いデザインに着目し、ゼロからハード設計する今回のプロジェクトの強みを活かすという目的と経緯、前期までのアイデア出しと考案中のロボットの動作について、さらに今後制作するロボットについて、事前に説明動画を撮影し、質疑応答時に動画再生しながら質問を受け付け随時回答する形で発表を行った。

発表の技術に対する評価について

グループ C に対する発表技術の評価では概ね好評価をいただいた。前期の活動と後期以降の活動についてしっかりと説明が行えた。

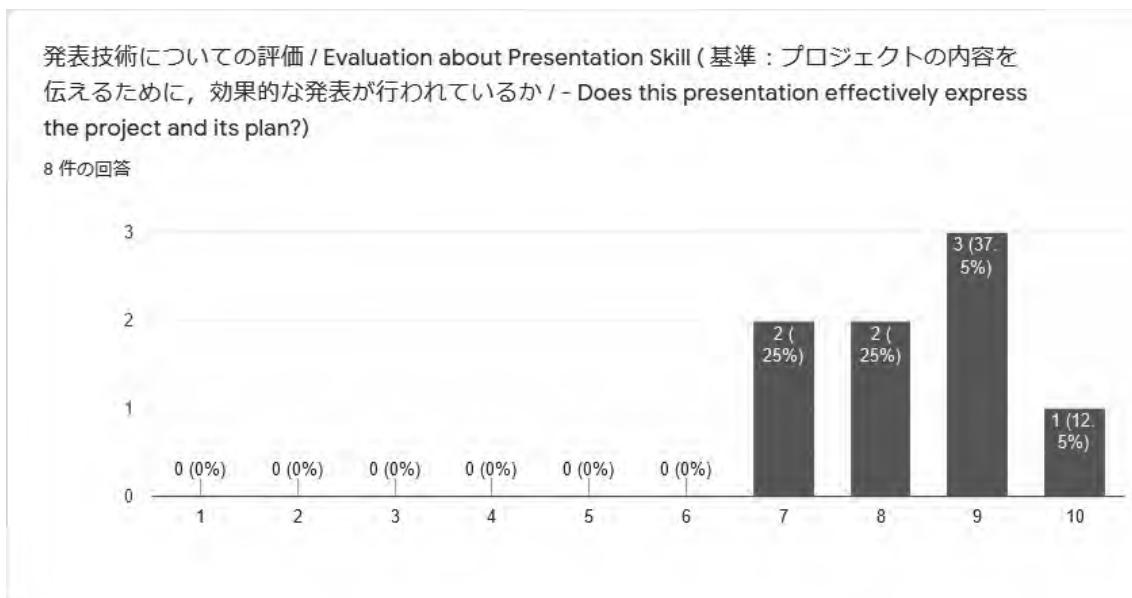


図 6.1 発表技術 groupC 中間

発表の内容に対する評価について

中間発表の内容に対する評価としては以下のフィードバックを頂いた。回答を一部抜粋する。

評価回答 1：発想他良いと思います。何かできると実用化できることになるのか明確にして、達成度を客観的に評価できるようにしましょう。実用化できたというのは誰が判断するんでしょうね？そこも事前に明記しましょう。

評価回答 2：昨年はキングベイクで評価したように覚えていますが、今年はどこで評価するのでしょうか？評価する場所が決まっている方が、対象が具体的になるため、取り組み易いと思います。

評価回答 3：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ように思えた。

これらを受けて、グループ C の提案する店員ロボットについて再度検討を行った。評価回答 1 を参考に「何ができると実用化できることになるのか」ということについて検討する上で、「想定するコミュニケーションを具体的にするべきではないか」と考えた。そこで本グループでは、ロボットが行うお客様とのコミュニケーションとして、表情の変化とともにお客様にお店の商品についての情報を提示することと想定した。評価回答 2 を参考に、ロボットを置く場所を具体的に想定する必要があると考え、検討を行いお店のレジ横や入口に置くことを想定して機能を考えることとした。評価回答 3 を踏まえ、想定するコミュニケーションやロボットの置く場面も考慮にロボットの「愛らしさ」を具体化を取り組むことをグループで確認した。

(※文責：田澤卓也)

6.2 成果発表について

着目した課題点とコンセプトを踏まえて後期の活動を経て、進捗があった成果物を中心にプロジェクト発表を行った。質疑応答時間では各グループの成果物について軽く説明を行って、実際に成果物のロボットが動いている動画を紹介した。

発表内容に対するフィードバック

成果発表の内容に対して以下の評価を頂いた。

1. 商業空間というサービスのやりとりの場所でのデバイス投入という難しい課題に挑戦している点を高く評価したいと思います。挙動に加え、人工物自体の意匠（サイズ、色や形、質感など）まで、を設計の対象としているため、開発に困難を極めたのでは、と推察します。こうした開発プロセスに際しては、デザイン思考のアプローチが有効ですが、このことをあまり意識しないで、ナチュラルに同様な形でアプローチされている事がわかって感銘を受けました。なお、行われているはずのユーザビリティテストに関する言及がなかったのが、残念だった。ターゲットが「人間」と人工物とのインタラクションであるから、この部分の評価がどのように行われ、その結果がどのような物だったのか、そしてそこから導き出された課題は？？？、この部分もじっくりお聞きしたかった。

Practical application of the robot-type interaction

2. 店員ロボ、に求められるモノは何か、をスパッと伝えられるとより良くなると思いました。モノが作れたのは良かったですね。
3. 質問があった通り、理想の接客要素とデモ動画が離れているように感じたので、もう少し寄せたほうがいいのかなと思いました。
4. 首の動きにおけるモータ制御で速度制御ができるとより滑らかな動きが実現できて面白ううだと感じました。
5. 目的や機能、今後の展望は示されていたが、そこに至った経緯は少し疑問が残った。また、実際に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。
6. 各チームごとのロボットの特徴について十分伝わる内容で良い発表だと思いました。動画の最後の方に、実証実験がまだ出来ていないとありました、大学生協など、実際に未来大生の声が聞けるような場所で実験してみるとフィードバックが得られやすいのではないかと思いました。
7. それぞれの分野に特化したロボットを開発し、それらの長所を統合してさらに新しいロボットを開発するという展望が非常に明瞭で良かったと思う。
8. 目的にに対してグループごとで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こと。

評価1～5に対して、自分たちの制作したロボットについて課題として以下のものがあげられる。まず1については、人とロボットとのインタラクションを考えるうえで使う人の想定をしっかりと定義したうえで機能を考えるなどのユーザビリティテストがない点である。これは2, 3, 5で頂いた評価にも通じていて、今後現在の進捗としてあるプロトタイプのアップデートを考える上で「理想の接客要素とは何か」や「店員ロボに求められるものは何か」に対してグループCのコンセプトに合った定義やユーザビリティテストを行いたいと考えている。また4について現在の仕様では、モータの角度や、ロボットの姿勢に対してジェイロセンサなどのフィードバックを得る仕組みがないため、筐体のデザインの再検討と合わせてコンセプトにあったジェスチャーの実現に向けて実装したいと考えている。好評価としては6～8のようなフィードバックをいただき、プロジェクト全体の目標と課題に対してグループとして時間を掛けて検討を重ねたコンセプトがうまく伝わったと考えている。

(※文責：田澤卓也)

成果発表を終えて

成果発表会では、新型コロナウイルス(COVID-19)の感染問題のために会場は公立はこだて未来大学ではなくクラウド型ビデオチャットZoom上で行われた。そのために、実際に目の前にロボットを見せることができないために製作したロボットを動画で撮影しZoom上で動画を流すという発表方法となった。そのために、発表相手に対してロボットを見せられることができないためどういう動作をするのかわかりづらいのではという懸念があった。しかし、発表後に集計したアンケートではそのような内容のコメントは無く、むしろ動きがわかりやすいという内容のコメントが多くみられた。しかし、発表の釈の関係で中間発表で説明をした内容を省いたため、今回のプロジェクト発表会から発

Practical application of the robot-type interaction

表をみられたという方から中間発表の内容は省略しないでほしいというコメントがあった。また、グループBとグループCのデザインに関してのコンセプトが似ているなどのグループ間での違いを明確にすべきという内容のコメントも見られた。このことから、グループCではよりシンプルで「可愛らしい」デザインというコンセプトを全面に押しだし、他のグループと差別化できるような発表にすべきであったと考える。また、3つのグループのロボットの要素を合体させたロボットの完成に期待する、という内容のコメントも多々あった。今年度のプロジェクト学習では、新型コロナウイルス(COVID-19)の感染問題のために工房の利用に制限がかけられていたために、3つのグループとともにロボットの完成予定が大幅に遅れてしまい3つのグループのロボットの要素を合体させる段階まではいかなかった。予期せぬ事態ではあったがロボット開発のスケジュール管理が課題であると痛感させられた。

(※文責：普久原朝基)

第7章

まとめと展望

7.1 前期までの進捗および成果

7.1.1 進捗

3.1節で設定したプロセスのうち,(1)~(4)にあたる項目を了した。なお,(4)の「デザインに合う動作の決定」については、機構の決定やデザインのモデリング、実機への実装など以降の作業の進行具合や状況等に応じて、再度検討、修正する必要があると考察した。

(※文責：小山内駿輔)

7.1.2 成果

前期の活動を通して、以下のような成果を得た。

ロボットのモデリングと実物サイズの決定

コンセプトにあったロボットの見た目と動きのデザインをスケッチし、大まかなロボットのサイズを仮決定した。その後、スタイルフォームを用いて仮決定したサイズのモデルを作成しサイズの修正を行い、実物サイズを決定した（図7.1、図7.2）。

機構部分の仮決定

腕部分の機構について、並行リンク機構を用いる事を仮決定した。後期では腕機構を3Dプリントして動き方の実験をする予定。

(※文責：田澤卓也)



図 7.1 製作したモデル



図 7.2 製作したモデル 2(図はメガネケースと比較)

7.1.3 前期活動評価

中間発表のための前期活動内容の振り返りと反省、そして後期活動に向けての課題点の洗い出しを行った。課題として自主学習が足りずに他グループより進捗が少し遅れていたので、後期は各グループメンバーがより自主学習を行い前期よりも進捗を生み出せるように、具体的に 3DCADなどを用いてより詳細かつ実装可能な機構の考察や配られたセンサ、スピーカーなどの動作チェックを行い、いかにして実機に組み込んでいくか試行錯誤を行うことと、Raspberry Piなどを用いて音声およびタッチパネルディスプレイの実装など機構だけでなく内部機能の面にも着手していくことを確認し共有した。

(※文責：田澤卓也)

7.2 成果発表会までの進捗および成果

7.2.1 進捗

前期の進捗を受けて、3.3.1 項で設定したプロセスのうち (8) (10) の中で、少ない開発スケジュールで、効率的に開発に取り組むことを目指し、ロボットの仕様書を考え、取り組む作業の具体化に取り組んだ。具体化した作業をもとにグループの開発スケジュールを Excel にまとめた。スケジュールを確認しながら 3.3.1 項 (11)(12) のプロセスに取り組んだ。具体的な作業としてロボットの筐体にはアクリルを加工し使用した。組みあがった筐体内部に、Raspberry Pi, GPIO モニタ, Arduino と各パーツのモータを配置し、プロトタイプを制作した。機能としてまず電源を入れたときのロボットの動作実装に取り組んだ。お客様を想定したユーザーの頭部の表情ディスプレイへのタッチによって、4 種類の表情の変化とそれに合わせたジェスチャーを左右の首の動きと腕の上下によって実装した。

(※文責：田澤卓也)

7.2.2 成果

後期の活動を通して、以下のような成果を得た。

各駆動部位及び駆動方法の決定

前期でスタイルフォームを用いて作成したロボットのモデルをもとに、どこの箇所を動かしたら自分たちのコンセプトにそぐわないかや、お客様に対して愛らしさを感じさせるためにどのような動かし方をさせたらよいのかなどを話し合い、自分たちが目指す理想のロボットが実現できるような駆動部位と動作を実現させるために必要なモータの配置などの駆動方法を決定した。

機構の決定

決定した駆動部位および駆動方法を実現するために、自分たちの理想に近しい挙動が出来るような機構を調べて、それらを腕や足など各駆動部位に出来る限りシンプルに実現できるように設計、実装した。

(※文責：小山内駿輔)

Arduino と Raspberry Pi(Processing Sketch) 間の連携

ロボットを実用化するにあたり、3.3.2 項のプロセス(8)で話し合った結果、ロボットとして起動の完了、各表情の変化がロボットが何を表現しているのか理解しやすいロボットの仕様になるよう開発に取り組んだ。

- ロボットの自動起動

Processing Sketch は Raspbian 上の簡単な bash スクリプトを用いて自動起動するように設定した。

- Arduino と Raspberry Pi 間の通信

電源供給後、Raspberry Pi 上の OS の起動には時間がかかる。また Arduino とのシリアル通信にはある程度表情のタイミングを合わせてモータを動作させ、ユーザーにロボットの表情と動きが何を表現しているのか分かりやすくする必要があると考えた。そこで、ソースコード上では Processing Sketch 上の Void draw() 内ではシリアル通信を用いて Arduino と送り合うバイナリデータを「状態」の基準とし、1 つの動作の完了と次の状態への遷移を実現した。

モーターシールドによる複数のモータの同時制御

仕様上ロボットがモータによって動くパーツは 4 つあり、筐体のアップデートで最大 5 つのモータ(サーボモータ 2 つ、DC モータ 3 つ)動かすことを想定していた。モーターシールド(Adafruit Motor Shield V2)を用いることで、Arduino 上で先の通信に合わせて、簡単に動作を実現することが可

能になった。

(※文責：田澤卓也)

Processing による表情作成および GPIO モニタを使った Raspberry Pi による出力

前期終了時、ロボットのアニメーションに関して、Python の GUI ライブラリである Kivy を用いての実装を想定していた。しかし、Kivy に関する実用例やアプリケーションとしての情報が少ないという点や、さらに Python と C 言語がベースである Arduino との連携、具体的にはタッチパネルからのタッチ感知後に Arduino に信号をモータを動作させるための命令を意味する信号を送るという連携の難しさを考えると、Kivy を用いてのアニメーションの実装は難易度が高いと想定した。そこで、タッチパネル制御の RaspberryPi とモータ制御の Arduino の連携の容易さやアニメーションのコーディングのしやすさ、また 1 年次の情報表現入門や情報表現基礎での学習に用いていたという点を考え、後期開始時に Processing を用いての表情の実現に方向転換し、実際にロボットの顔表情のアニメーションと Arduino への信号を送るためのコーディングを行なった。

(※文責：普久原朝基)

7.3 成果発表を終えて

7.3.1 今後追加予定の機能

顔の表情として 5 種類の表情を実装し、その表情をランダムに変化させ、顔のタッチパネルをタッチするとロボットの表情がタッチ感知を検出した表情に変化し、数秒後にまたランダムに顔の表情を変化させるというループ状態に戻るというようなロボットを製作したが、これだけではロボットの動きとロボットの表情のパターンが限られてしまう。また、顔のタッチだと昨今の新型コロナウイルス (COVID-19) 感染問題に対しての対策という観点からすると、ロボットとコミュニケーションを図るために、ロボットのタッチパネルにタッチしなければいけない。従って、感染対策のためにユーザーがタッチパネルに触るたびにタッチパネルを消毒しなければいけなくなり、店員の役割を担う目的で作成したはずが消毒するために店員の作業量が増えてしまい本末転倒な状況となってしまう。そこで、ロボットのコミュニケーション方法をタッチパネルによる接触を伴うコミュニケーションだけでなく音声認識やユーザーの動作を認識するなどの動作を介したコミュニケーションなどを追加することにより新型コロナウイルス (COVID-19) 感染問題対策という観点やロボットの動きとロボットの表情のパターン問題の解決につながるを考えている。また、店員としての機能の追加を考えている。具体的には、接客やユーザーとのたわいもない話など、実際に人間の店員が行なっている作業などである。接客機能では、ユーザーがロボットに求める商品の場所や種類などを音声認識や顔のタッチパネルの他に用意した意思疎通用のタッチパネルを用いてロボットに認識させ、ロボットは商品データベースを検索して商品の場所や種類をユーザーに提示するという機能である。また、ユーザーとのたわいもない話については、ユーザーからの対話パターンを想定し、その返しをロボットに記憶させる。つまりユーザーとの対話について教師つき学習を行わせてある程度のパターンの会話について対応できるようにするということである。以上の点が追加予定として考えられる機能である。

Practical application of the robot-type interaction

(※文責：普久原朝基)

参考文献

- [1] PaPeRo i (パペロアイ) : ソリューション・サービス|NEC プラットフォームズ
https://www.necplatforms.co.jp/solution/papero_i/
- [2] Pepper (ペッパー) |ロボット|ソフトバンク
<https://www.softbank.jp/robot/pepper/>
- [3] マイクロサーボ9g SG-90
<https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-08761/>
- [4] 150:1 シャフト付き超小型メタルギヤードモーター HPCB 6V
<https://www.switch-science.com/catalog/6088/>
- [5] PiTFT Plus - Raspberry Pi A+/B+/2 用 2.8 インチ TFT+ 静電容量式タッチスクリーン液晶
<https://www.switch-science.com/catalog/2449/>
- [6] Overview |Adafruit MotorShield V2 |Adafruit Learning System
<https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-shield-v2-for-arduino/overview>
- [7] 山田学めっちゃメカニカル機構, 井水治博, 日本工業新聞社,2016
- [8] 遠藤敏夫 わかる電子工作の基本 100
- [9] 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
- [10] 鈴木健司, 森田寿郎基礎から学ぶ 機構学, 竹生修己, 株式会社オーム社,2010
- [11] 伊藤茂メカニズムの事典, 村上和夫, 株式会社オーム社,2016
- [12] 後閑哲也作る, できる/基礎入門 電子工作の素, 片岡巖, 株式会社技術評論社, 2016

付録 A

A.1 課題解決のための新規取得技術（前期後期合わせて）

- Google Jamboard,Microsoft Teamsなどを用いたオンライン上での情報共有
- Fusion360による3D CAD
- Arduinoによる各種センサの活用方法
- 構成作成用のスタイルフォームの加工に伴う機械の使用方法
- アクリル加工のための工具や工房でのレーザーカッターの使用方法及びレーザーカッター講習修了書
- モーターシールドを用いた複数のモータの同時制御のノウハウ
- Raspberry Piを用いたGPIOモニタの使い方及びそれに伴う出力
- Processing,Arduino(モーターシールド),Raspberry Pi(GPIOモニタ)間の連携方法
- Processingとタッチパネルによる出力グラフィックのシーケンスな変化

A.2 課題解決のための技術（講義）

- Arduinoによるモータの駆動(情報表現基礎I)
- KJ法(Communication III)
- ブレインストーミング(Communication III)
- ロボット用センサ,リンク機構などロボットの基礎知識(ロボットの科学技術)
- Processingを用いた表情の作成及びArduinoとの通信(情報表現入門,情報表現基礎I)

A.3 相互評価(前期)

小山内駿輔

- コメンター氏名：田澤 卓也
積極的に意見を言ってもらった。今後も一緒にロボット作り頑張りましょう。
- コメンター氏名：普久原 朝基
スライド制作や週報で大変お世話になりました。これから勉強頑張っていきましょう。

田澤卓也

- コメンター氏名：小山内駿輔

文書の作成が上手で、週報を書くときや知識の共有を行う時には非常に助かりました。また、情報の共有が迅速かつ確実で、非常に頼りになりました。

- コメンター氏名：普久原朝基
話の要約が分かりやすかったです。よくまとめられていました。

普久原朝基

- コメンター氏名：小山内駿輔
発想が非常に面白く、何度も関心する場面がありました。また話しやすく非常に優れたムードメーカーでした。
- コメンター氏名：田澤卓也
とても積極性と協調性があって頼りになった。今後も必要な知識を得ながら一緒にプロジェクト頑張りましょう。

A.4 相互評価（後期）

小山内駿輔

- コメンター氏名：田澤 卓也グループのロボットの筐体が後期早い段階で目途をつけてくれたおかげで、後半ロボットの具体的なロボットの動作を確かめながらジェスチャーの開発に取り組むことができました。こちらからジェスチャーの試作のなど前期夏季休暇中に投げれば筐体の設計などやりやすかったと思うのが申し訳ないです。グループのロボット開発の先頭で具体的な作業に一番取り組んでくれたと思います。
- コメンター氏名：普久原 朝基

筐体の作成担当でしたが3dモデリングの学習や実際のモデリング、そして3dプリントと一番作業量が多く時間も拘束され大変だったと思います。ですがしっかりと作業をこなしきってくれました。またRaspberry Piの設定なども行なってくれて本当に助かりました。グループの中で一番活躍した人だと思います。

田澤卓也

- コメンター氏名：小山内駿輔
行った作業をわかりやすくまとめてもらつたため、作業の進捗やこれから取り組むべきことが一発で分かり、非常に円滑に作業を進めることができた上に仕様書や予定表などを作りこんでくれたため、何を目指すべきかが見えやすく、作業の質が高まりました。また、モータの細かな制御や電源や起動の設定などロボットの質を高めるために大きく尽力してくれました。
- コメンター氏名：普久原朝基

グループCは明確にグループリーダーを決めていませんでしたが、実質的に田澤君がその役割を担ってくれていました。プロジェクトでのミーティングの時もグループCの意見を

Practical application of the robot-type interaction

まとめ的確に表現していたので素晴らしいと思いました。また、ロボット製作でも電気回路関係で役立ってくれました。感謝しています。

普久原朝基

- コメンター氏名：小山内駿輔

1年時に学習した Processing の内容を生かしながら Raspberry Pi と Arduino の連携や私たちのグループのロボットの要である表情づくりを担当してくれました。作成された表情は非常に愛らしく、設定した課題及びコンセプトの達成に大きく貢献してくれたと思います。また、作業で行き詰った時などは励ましてくれたり、解決案を出してくれたりなど、非常に助けてもらいました。

- コメンター氏名：田澤卓也

ジェスチャーの実装で、表情の変化と合わせるため積極的にコミュニケーションを取ることができました。ジェスチャーを考える段階で具体的な表情がすでにいくつかできていたので、表情と筐体の仕様と合わせた「愛らしい」ジェスチャーの仮決めがしやすく作業に取り組みやすくなりました。