

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/Group Name
グループ B/Group B

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
須田 恭平 Kyohei Suda

グループメンバ/Group Member

奥村 輝 Teru Okumura
對馬 武郎 Takuro Tsushima
山本 侑吾 Yugo Yamamoto
須田 恭平 Kyohei Suda

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

近年の現代社会では様々な場所に店員としてロボットが使われている。例えば、飲食店の案内やホテルのフロントなどでも起用されている。その背景には、企業側の人手不足、人件費などのコストの削減、単純作業の効率化などがある。しかし、多数の店員ロボットが開発され、多くの有用なロボットが使われているが、企業側、利用する側どちらの視点でも未だ使いづらい部分や不足していると思われる機能も多い。そこで私たちは、主に機能の面の開発、改良を進め、理想の店員ロボットを開発することを目指した。昨年プロジェクト学習の取り組みでは PaPeRo i を用いて店員ロボットの開発が行われたが音声機能に問題点があった。会話におけるコミュニケーションにおいて、反応の遅さなどを原因として、利用者がロボットの動作を待たなければならない様なシーンが見られ、利用者に与える負担が大きかった。私たちの考える理想の店員ロボットでは、シームレスな会話の実現を目指している。しかし、既存のロボット型インタフェースを拡張する方法では、ハード面での制約が重大な問題点となった。そのため、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どちらも 1 から作ることにした。私たちは、その理想の店員ロボットの実現のため、主に音声認識機能の改善を目標とする。以前の反応の遅いコミュニケーションではなく、人間と変わらないような反応の早いコミュニケーションを目指す。また、1 からロボットを作成するにあたり、ロボットの姿が人に威圧感や不快感を与えることなく、親しみを持てるような形状にすることも考え、開発していく。

キーワード PaPeRo i, コミュニケーション, 音声認識機能

(※文責: 奥村輝)

Abstract

In modern society in recent years, robots are used as clerk in various places. For example, it is also used for restaurant information and hotel front desks. Behind this are labor shortages on the part of companies, reduction of costs such as labor costs, and efficiency of simple work. However, although many clerk robots have been developed and many useful robots are used, there are still many functions that are difficult to use or lack in terms of both the company side and the user side. Therefore, we mainly proceeded with the development and improvement of the functional aspects, and aimed to develop the ideal clerk robot. In last year's project learning initiative, a clerk robot was developed using PaPeRo i, but there was a problem with the voice function. In communication in conversation, there was a great deal of consideration and burden on the customer side, such as slow response. Our ideal clerk robot aims to realize seamless conversation. However, in the method of extending the existing robot-type interface, the hardware limitation has become a serious problem. Therefore, in this project this year, we decided to make both hardware and software from scratch. We mainly aim to improve the voice recognition function in order to realize the ideal clerk robot. We aim for fast-responsive communication that is no different from humans, rather than the previous slow-responsive communication. In addition, when creating a robot from scratch, we will consider and develop a shape that makes the robot familiar without giving a feeling of intimidation or discomfort to people.

Keyword PaPeRo i, communication, voice recognition function

(※文責: 奥村輝)

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	現状	1
1.2	現状の問題	1
1.3	目的	2
1.4	グループにおける目標	2
第 2 章	プロジェクトの概要	3
2.1	問題の設定	3
2.2	本グループにおける開発目標	3
2.3	解決する課題	4
2.4	課題の設定	4
第 3 章	課題解決のプロセス	5
3.1	課題の割り当て	5
3.2	Fusion360 による 3DCAD の設計	6
3.3	音声認識機能の設計	6
3.4	動作の制御の設計	6
第 4 章	課題解決のプロセスの詳細	7
4.1	外観の設計	7
4.2	シームレスな対話機能	10
4.3	首・口・尻尾の動作	13
第 5 章	結果	15
5.1	プロジェクトの成果	15
5.2	プロジェクトにおける各個人の活動詳細	16
第 6 章	まとめ	19
6.1	活動の振り返り	19
6.2	今後の展望	20
	参考文献	22

第 1 章

はじめに

この章ではロボット型インタフェースの需要や問題点を踏まえながら，その作成と運用について本プロジェクトで解決すべき課題について述べる。

1.1 現状

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フェースを導入する例が増えている。従来ではロボットを導入する目的として工場や，災害現場など怪我や事故，あるいは二次災害などのリスクが潜む危険な場所において，人に代わって作業をすることが多かった。しかし，近年増加する傾向にあるロボット型インタフェースでは，商品紹介や店舗案内などの単調で長時間続く作業を人から機械に置き換えることや，グローバルゼーションを意識した外国人向けの多言語での対応，ロボット型インタフェースに興味を持つお子さんへの対応など，作業が増える現場であり人手を割くことができない業務を代行させることを目的としている。

(※文責：山本侑吾)

1.2 現状の問題

現状の課題として，ロボットの動作のぎこちなさが子供をはじめとした利用者に与える不安感や，コミュニケーションにおいて致命的な反応の遅さなど，まだインタ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フェースを実現することは望ましい事であるが，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，実際に伝えたい情報が伝わりづらいことがあると否めない。昨年度使用した PaPeRo i[1] ではサーバを経由する会話のシステム上，特に会話によるコミュニケーションにおいて返答や応答速度に大きな遅延があり，利用者がロボットの動作を待たなければならない様なシーンが見られ，彼らの負担が大きかった。

(※文責：山本侑吾)

1.3 目的

本プロジェクトでは、「シンプルな仕組みで効果的なロボット型インタフェースとは何か」について模索し、音声認識などを利用したソフトウェアとロボットの機構や外観などのハードウェアの両面で実現することを目的とした。作成したロボット型インタフェースを大学の案内ロボットとして運用することを目指し、グループごとに新しい店員ロボットのハードウェアを作ることを新たに試みる。

(※文責：山本侑吾)

1.4 グループにおける目標

グループ B では 1.3 節で述べた「シンプルな仕組みで効果的なロボット型インタフェース」を元に、昨年度のコミュニケーションにおける問題に着目し、次の 2 点を解決すべき課題とした。1 つ目は昨年度の大きな課題となった音声認識の改善を行うことでシームレスな会話を実現するロボットの作成とした。この目標に向け 2 つ目はデザインを既存のものから一新することで、ロボットの姿が人に威圧感や不快感を与えることなく、親しみを持てるようにすることである。

(※文責：山本侑吾)

第 2 章

プロジェクトの概要

この章ではグループ B の目的を明確にし、目的を達成するために必要な課題について述べる。

(※文責：須田恭平)

2.1 問題の設定

1.2 節で述べた問題を具体的に以下のようにまとめた。

- 動作のぎこちなさ
- 対話の反応速度の遅さ
- 人物・発話内容の認識
- 動作の不安定さ

グループ B では上記の問題のうち、人間がロボットとコミュニケーションを行う上で対話から違和感を感じないことに重点を置き、対話の反応速度や動作の改善を目指す。

(※文責：須田恭平)

2.2 本グループにおける開発目標

グループ B では、店員の理想的な接客の「機能」を再現する。そのために以下の 4 つの機能の実装を目標として設定した。

- よりレスポンスの速い音声認識の実装
- 人のいる方向・接近を検知し、尻尾・耳・口・首を動かす機能の実装
- 会話機能の実装
- 飽きさせないコンテンツの実装

(※文責：須田恭平)

2.3 解決する課題

1.3 節で述べたように音声の認識が不安定であったため、会話によるコミュニケーションにおいて返答や応答速度に大きな遅延があり、利用者にかかる負担が大きかった。また、動作のぎこちなさや外観から人に威圧感や不快感を与えることがあった。本節では 2.1 節で述べた問題の解決をするための課題を具体的に説明する。

利用者が発話してからロボットが処理を行い、返答や動作を行うまでに従来のロボットではタイムラグが発生していた。この原因は、単に言葉を返すのではなく、会話の流れを分析し不自然でない会話の返答を処理したり、カメラを用いた年齢判定の機能 [2] など多くの機能を採用していたためである。これらのデータを処理するにはロボット内部で完結させることは難しく、インターネットを介して外部のサーバに処理を行わせることでこれらの機能が実現されていた。グループ B では、「シンプルな仕組みで効果的なロボット型インタフェース」を目標としたため、機能を絞ることでロボット内でのみの処理で完結させることによりシームレスな対話を実現することとした。動作のぎこちなさと外観については、生物の具現化による不気味さの発現がある [3]。これは人間に近づけたロボットでは本物の人間と無意識のうちに動きや外観を比較してしまうために不自然感が発生していると考えた。この問題を解決するためにロボットの外観は動物である犬の見た目を採用した。

(※文責：須田恭平)

2.4 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。

- できるだけ低コストで開発を行う。
- 無意味な作業をなくす。
- 情報処理演習 II の講義やその他の講義内で得た知識や技術を生かす。
- 大学の講義内容より発展した内容を自習や担当教員との相談により習得する。

その結果、以下の具体策が提案された。

- ロボットのハードウェア開発にかかわる備品購入はグループ内でよく議論してから行う。
- 各個人に作業内容を割り当てることにより、効率的な作業を行う。
- それぞれの知識や興味に応じて作業分担を行う。
- 自身で解決できない問題を他者に相談できる流れを作る。

問題を解決するために、上記の具体策を活動課題とした。

(※文責：須田恭平)

第3章

課題解決のプロセス

3.1 課題の割り当て

2.3 節および 2.4 節で述べた課題を解決するために、大きくデザイン面と機能面に分けて以下のように手順を設定した。

デザイン面

- 既存のロボットのデータを収集
- ロボットのデザイン案の検討
- デザイン案を 3DCAD ソフトを用いてデータ化
- 3D プリンタを用いた試作品の出力
- 機能面の作業者と動作テスト
- 動作テストから得られた問題をもとに細かな微調整を行う
- 完成したロボットについてのアンケートを実施し改善する

機能面

- 既存のロボットで実現されている機能を調査
- 実現されている機能のうち実装が可能な機能に絞り込む
- 目的にあっているか確認し、実装する機能を決定
- 担当者を機能ごとに分けて実装を行う
- デザイン面の担当者と動作テスト
- 動作テストから得られた問題をもとに調整を行う
- 機能についてのアンケートを実施し改善する

以上の内容を踏まえ、理想とする「機能」をもつロボットの実現のために以下の基準により課題をメンバーに割り当てた。

- 各自の興味がある内容
- 各自の得意な分野
- 作業負荷の均一性

Practical application of the robot-type interaction

割り当ての結果、デザイン面の課題解決については奥村と山本が中心となり活動を行い、機能面の課題解決については須田と對馬が中心となり活動を行うこととした。加えて今年度は COVID-19 の影響から対面での活動に期待ができない。そのため、毎回それぞれが行った作業を全体に共有することで作業の遅れが出ていないか確認することとした。割り当てを詳細に設定し、個人がそれぞれの役割を意識することで、スムーズに活動を進めることができると考えた。

(※文責：須田恭平)

3.2 Fusion360 による 3DCAD の設計

設定された目標のうち、Fusion360 による 3DCAD の設計には 3.1 節で述べたようにグループ内 2 人が課題解決に割り当てられた。今年度における本プロジェクトではハードウェアを 1 から制作するため、3D プリンタを用いて設計した部品を出力しロボットを組み立てる手法を採用した。設計ソフト Fusion360 とその講義動画や資料などを用いて 3DCAD での設計方法を学習した。習得した技術を用いてデザイン案から具体的な構造設計へと落とし込んでいった。また、設計は部品ごとに分担して行うこととした。

(※文責：對馬武郎)

3.3 音声認識機能の設計

設定された目標のうち、音声認識機能の設計には 3.1 節で述べたようにグループ内 1 人が課題解決に割り当てられた。前述の通り、昨年プロジェクトでも音声認識機能は実装されていたが、その設計上インターネットを介した処理を挟むので反応速度が遅いという問題があった。今年度のプロジェクトではこの問題を解決するために音声認識の設計を 1 から見直すこととした。具体的な手法としては Raspberry Pi の音声認識ライブラリ、Julius を用いてインターネットを介さない内部処理で実装する。

(※文責：對馬武郎)

3.4 動作の制御の設計

設定された目標のうち、動作の制御の設計には 3.1 節で述べたようにグループ内 1 人が課題解決に割り当てられた。今年度における本プロジェクトではハードウェアを 1 から制作するため、可動部分に使用するモータの制御を設計する。基本的には Arduino を用いて動作制御を行うが、上記の音声認識や外部からの入力と連動させるためにシリアル通信による Arduino - Raspberry Pi 間の連動を実装する。

(※文責：對馬武郎)

第 4 章

課題解決のプロセスの詳細

4.1 外観の設計

4.1.1 初期設計

グループ B では” シンプルな仕組みで効果的なロボット型インタフェース” を模索し、ロボットの姿が人に威圧感や不快感を与えることなく、親しみを持てるようにすることを目標とした。Pepper や PaPeRo i は大きさこそ違うものの人型を模しており、それが人に恐怖や不快感を与える原因ではないかと分析し、グループ B の 3DCAD 設計班は初期の設計として犬型ロボットを作成することを決定した。またこの犬型ロボットの見た目は出来るだけ現実の犬に似せていくこととした。姿勢は後脚でお座りの姿勢を保ちながら、前脚を、ロボットの前面に配置した利用者とのコミュニケーション用のタッチスクリーンの上部に乗せ身を乗り出すような形を想定した。設計に使用したソフトウェアは Autodesk 提供の Fusion360 である。このソフトウェアはモデル機能でソリッド形状が、パッチ機能でサーフェス形状が扱えるようになっている。初期デザインの設計に用いたのは Fusion360 に独自に用意されているスカルプトという複雑な局面を表現する機能を用いて、ロボットの部位ごとに可能な限り本物の犬に似るよう忠実に設計を行った。

(※文責：山本侑吾)

4.1.2 後半の設計

初期設計では、本物の犬に似るように作った結果、見た目が少し怖く、親しみを持てるようなロボットではなくなっていた。そこで、デザインの方向性をもう一度検討しなおし、まず、デフォルメした犬のイラストを基にスタイロフォームを使い、大まかなロボットの形を表現した。そして、スタイロフォームを参考に、デザインの一部修正を行いつつ、プロトタイプ的设计を行った。プロトタイプでは、耳、手足、尻尾などパーツごとに出力できるように分割し、作業時間の削減と効率化を図った。次に、モータや配線を通す場所の設計を行った。各パーツの大きさをノギスで正確に測り、測った大きさより少し幅を取ることで、パーツがしっかりと収まるスペースを作った。

(※文責：奥村輝)

4.1.3 出力

設計が完了したロボットのパーツは3Dプリンタを用いて実際に出力を行っていった。素材は他の素材と比べて耐久力が高く、熱可塑性の比較的低いABSを使用した。3Dプリンタを用いるとき、出力するパーツの強度などの設計を細かく指定できるが、今回は軽くモータなどで動かす程度であるので強度よりもパーツ自体の軽さを追求しインフィルは必要最小限にとどめた。コンパクトなサイズになるよう設計したが、それでもサイズが大きかったためパーツの出力は一度に行うのではなく、何回か複数部位に分けて出力を行った。再設計や調整などが入ったときに胴体や頭部などの大きなパーツだと作り直す度にかなりの時間がかかってしまうことが今後の課題にあげられた。

(※文責：山本侑吾)

4.1.4 外箱の作成

ArduinoやRaspberry Piを入れる外箱は、MakerCaseというサイトを使い、設計図を作成した。箱に入れる予定であった上記のハードウェア類を重ねて幅、奥行き、高さのある程度予測したうえでそれらがちょうど収まるような箱を作った。設計材料にはMDF (medium-density fiberboard)を選択した。MDFは軽量で高い加工性を持ち、安価で耐久性にも優れているため、この用途には的確であった。作成した設計図を用いて、MDFをレーザーカッターで加工した。

(※文責：奥村輝)

4.1.5 組み立て

3Dプリンタによる出力が完了したパーツを合わせて組み立てを行った。うまく実装できたパーツもあった一方で、設計ミスや3Dプリンタでの出力時のずれがために、しっかりとはめることができなかったパーツもあった。そこで、そういったパーツに関してはやすりや糸鋸などを用いて、修正を行っていった。また、3Dプリンタで出力した物の表面はフィラメントのかすや糸引きが付着してしまうことがあり、見栄えや表面の質感を重視するためにやすりで磨き、滑らかにした。出力したパーツの表面の加工や、摺り合わせをよく行ってからすべてのパーツの組み立てを行った。パーツの組み立てについては、部品同士を合わせるだけで組み立てが完了したものや、それだけでは強度などが不十分なものがあつた。強度が不十分なものはアクリサンデーという樹脂系素材用の接着剤や瞬間接着剤を用いて固定し組み立てた。

(※文責：奥村輝)

4.1.6 機構を考慮した部品の作成：全般

パーツを設計する際、外面は犬型にするという目的のみであったため簡単であったが、内部の形をどうするかについては機構班の使用するモータやギアなどの仕組みを理解したうえでお互いが干渉しないように設計をしなければならなかったためとても苦勞の多い場面が見受けられた。まず一

Practical application of the robot-type interaction

番シンプルなものとして、配線を通すための空洞である。これは頭部のパーツの中ほどから胴体の底部まで一直線に四角形の空間を作ることで対応した。また、全体的に可動部を持つパーツやその周辺については面取りやフィレットという加工を行いパーツが動作したときに他の部分に干渉することが無いようにした。

(※文責：山本侑吾)

4.1.7 機構を考慮した部品の作成：口，尻尾

口や尻尾の可動部については、口や尻尾のパーツが胴体と接触する面にサーボモータの羽が来る位置を確認したうえで羽がちょうどはまるような穴を開けた状態で設計を行った。サーボモータの位置については、口なら頭部パーツのあご部分の側面に固定し、羽が口の方向を向くようにした。尻尾の場合は胴体パーツの底部、配線用の空間のすぐ横側にサーボモータを丁度収めて配置出来るようにスペースを確保した。そこにサーボモータを入れたうえでモータの羽が外部の尻尾まで届くようにモータの軸から尻尾の横に動く稼働範囲を考慮して扇状に広がる羽の通るスペースを作った。

(※文責：山本侑吾)

4.1.8 機構を考慮した部品の作成：頭部，首

機構を考慮した部品の作成において、一番工夫を凝らしたのは胴体から頭部パーツへの接続であった。

まず頭部は人の声の聞こえた方向に向かって上下左右に動かすことを想定していたので、サーボモータを2つ合わせて縦・横方向に柔軟に動かせるようにしなければならなかった。そこでモータ2つを付けるために考えられた設計は、モータの一つを胴体パーツの首のあたりに埋めてモータの軸が頭部と接続するために上を向くようにした。このモータで首の横方向の振り向きを実現した。もう一つのモータは頭部パーツの中が空洞になっているのでその位置に固定できるようにした。モータ自体を固定するための専用のケースを作り、モータの軸が出ている方向とは対象に反対側の同じ位置に、ケースが頭部パーツの中で位置を固定しつつ中空状態を保ち、モータの回転だけを頭部パーツのみに伝えるようにするための丸いでっぱりを作り、頭部パーツのその穴が接触する平面の位置にはそれより少しだけ大きい穴を用意して、専用ケースのでっぱりが頭部パーツの穴にはまるようにした。このモータで首の縦方向の動作を実現した。

次にそれぞれの羽の変更点について述べる。胴体に埋まった横方向用のモータの羽はそれを補強するための、レーザーカッターで成形された円状の亚克力板を作り、羽の拡張という形で、羽と亚克力板をアクリサンデーを用いて固定した。その固定した亚克力板を、頭部側のサーボモータが収納されているケースの底部に同じように固定した。頭部側のサーボモータの羽に関しても同じように拡張の円盤亚克力を接着し、それを頭部パーツの内側側面に皿ねじ2つを用いて固定をした。これにより、前述のとおり反対側のでっぱりと穴に関しては位置を固定しているだけとなり、モータの動きが頭部パーツだけに及ぶようになった(図 4.1)。

(※文責：山本侑吾)



図 4.1 頭部内の機構

4.2 シームレスな対話機能

4.2.1 音声認識と方向検知

シームレスな対話機能を実現するために、音声の認識と話しかけている人物がどの方向に居るのかを検知する必要がある。標準的なマイクと動体センサを組み合わせる案もあったが今回は Seeed 社の ReSpeaker Mic Array v2.0 (図 4.2) を採用した。このマイクアレイデバイスには Raspberry Pi に音声インタフェースを追加し声入力処理を実現するための機能が多数搭載されており、発声方向を検知する Direction of Arrival 機能、発話者の方向からの音にフォーカスする Beam Forming 機能、背後の雑音を無視する Noise Suppression 機能、環境内の残響を低減する de-reverberation 機能、音響エコーを除去する Acoustic Echo Cancellation 機能などがある。

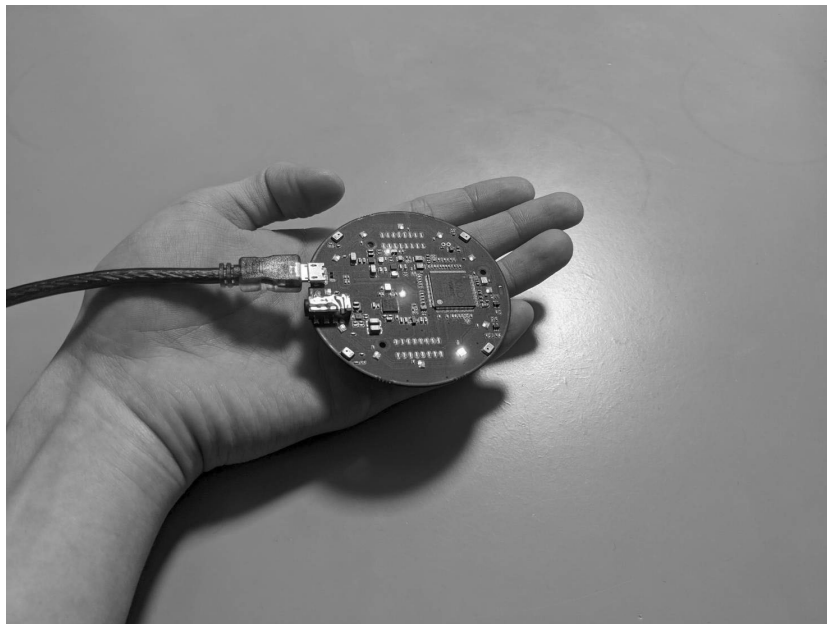


図 4.2 ReSpeaker Mic Array v2.0

シームレスな対話機能を実現するために最適なデバイスであり、標準的なマイクと動体センサを組み合わせる手法よりシンプルで高性能な音声認識機能を実現できる可能性が高いと考えた。

(※文責：對馬武郎)

4.2.2 汎用大語彙連続音声認識エンジン Julius

Julius は、音声認識システムの開発・研究のためのオープンソースの高性能な音声認識エンジンである [4][5]。数万語彙の連続音声認識を一般の PC やスマートフォン上でほぼ実時間で実行できる軽量さとコンパクトさを持っている。これにより短時間での音声処理が可能になり、グループの目標としていたシームレスな会話機能を実現した。また Julius は単語辞書や言語モデル・音響モデルなどの音声認識の各モジュールを組み替えることで、音声認識の精度を高めることができる。単語辞書に反応する最低限の語のみを登録しておくことで辞書探索の時間を短縮、他の言葉や雑音に反応しないようにした。雑音の多い環境下ではどうしても音声認識の精度が落ちてしまう。この対策として Julius の機能の一つであるスペクトルサブトラクションを利用した。あらかじめ指定時間分の音声のない雑音音声をマイク入力から録音し、その短時間スペクトラムの平均を認識した音声から減算する。これによりある程度の雑音下でも問題なく認識できる程度に精度を改善した。

(※文責：對馬武郎)

4.2.3 ソケット通信とシリアル通信

Julius をモジュールモードで起動することでソケット通信で接続したプログラムに認識した単語と信頼度などの情報を送ることができる。これらの情報を元に反応として行うアクションを選択する。画面表示を行うプログラムにはソケット通信で表示する単語の情報を送信し、Arduino にはシリアル通信を用いて行うアクションの指示と音声を検知した方向の情報を送信する。独立した各プログラムをそれぞれの通信手段で連携し全体のプログラム（図 4.3）を構築した。

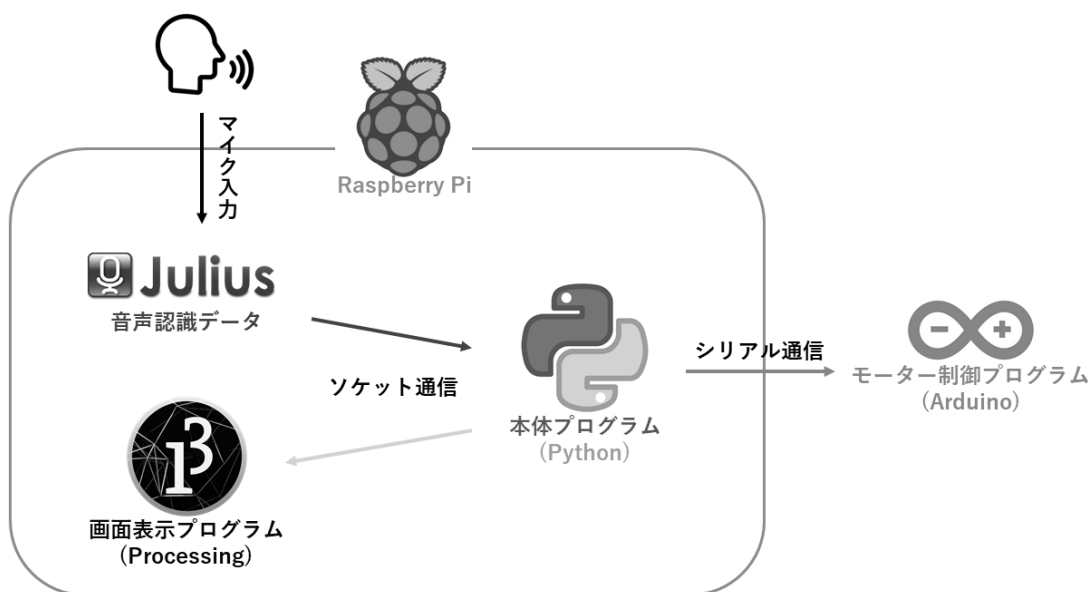


図 4.3 プログラム構成

(※文責：對馬武郎)

4.2.4 画面表示による対話補助

ロボットに対して一方的に話しかける場合、こちらの言葉が正確に認識されているか不明瞭であった。そこで認識した単語をディスプレイに表示することで最低限の反応を保証した。表示するプログラムは Processing を用いて作成した。音声認識プログラムから送られた情報をもとに単語を選択し表示する。

(※文責：對馬武郎)

4.3 首・口・尻尾の動作

4.3.1 動き（しぐさ）の検討

4.1 節で述べた通り，親しみを持てるロボットを目標とした．外部サーバを介さず通信を行ったことで素早い反応ができるようになった．しかし，早すぎる首の動きは利用者を驚かせてしまい不快感につながってしまう．そのため，動きを開始するタイミングは変更せずに動きの開始点から終了点までのスピードを調整し不快感を感じにくくすることとした．

(※文責：須田恭平)

4.3.2 モータの選定

ロボットの頭部を支える部分は胴体側に配置した首部分のモータとなるため，ここには頭部の重量が全てかかる．ロボットの頭部パーツを支えることができるモータを検討した際に，できるだけ小型であることと，ロボットのパーツを支えられる程度の力が必要であった．その結果，モータが支えられる力（トルク）とモータのサイズを検討事項とした．試作品の重量と，これに耐えうるトルクを考えた結果，上下左右方向に動かすためのモータは力の大きいモータを用い，尻尾のパーツを動かすモータと口の下あごを動かすモータはあまり力を必要としないため，小型で軽量の最低限の力を出せるモータを採用した．

(※文責：須田恭平)

4.3.3 動作の実装と回路図

動作の実装は Arduino を用いて行った．4.2.3 項で述べた通り，シリアル通信を用いて Raspberry Pi から Arduino へ動作の命令を送信している．Arduino では受け取った信号をもとに，サーボモータに PWM（Pulse Width Modulation）信号を送信し角度の制御を行った．回路図は図 4.4 に示す．

(※文責：須田恭平)

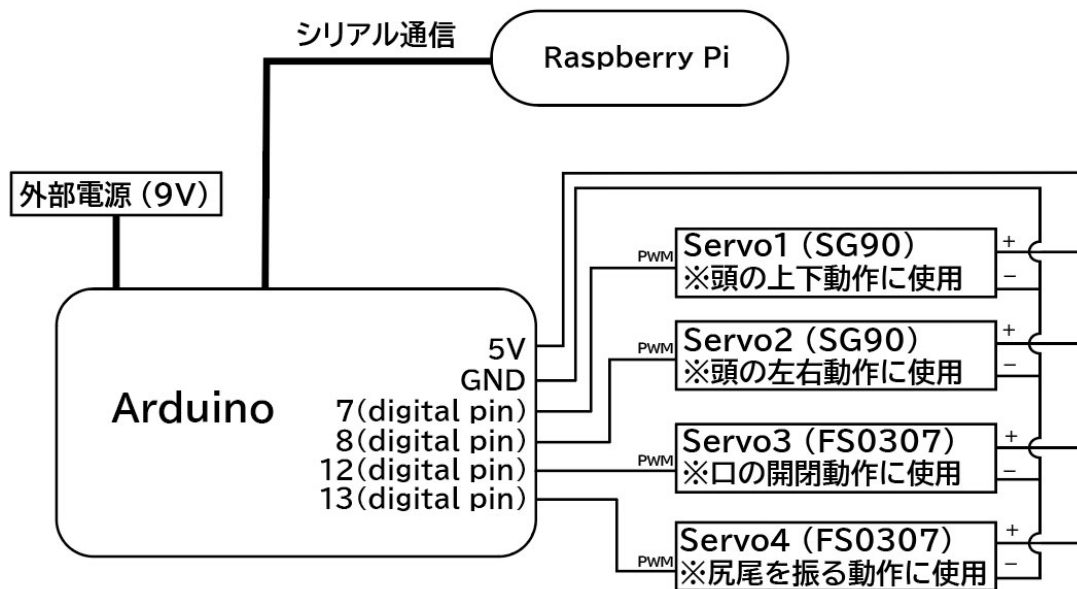


図 4.4 ロボットの配線図

第 5 章

結果

5.1 プロジェクトの成果

本プロジェクトの活動及び成果として、まず初めに、前期の活動では、店員ロボットを制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。その中においてグループ B では「機能」に注目し、昨年プロジェクトにおいて大きな課題となった音声認識機能の改善の必要があると考えた。特に、会話によるコミュニケーションにおいて利用者に与える負担が大きかったため、よりシームレスな会話を実現することを目指した。また、デザインを既存のものから一新し、ロボットの姿が人に威圧感や不快感を与えることなく、親しみを持てるようにすることも目指した。中間発表の評価から私たちの方向性が問題がないことが確認できた。その評価を活かして、後期のプロジェクト活動を行った。後期の活動では、外見の設計、回路の設計、音声認識機能の開発の3つに分かれ、個人でのロボット開発を進めた。次に、外見の設計では、Fusion360 を用いて、部位ごとに設計した。設計したデータを 3D プリンタを用いて出力し、組み合わせることでロボットの外見を作成した。回路の設計では、Arduino を用いて、ロボットの動作を制御するプログラムの開発を行った。音声認識機能とマイクなどの外部からの入力と連動させるためにシリアル通信による Arduino と後述の音声認識を行う Raspberry Pi との連動も行った。そして、音声認識機能の設計では、Raspberry Pi の音声認識ライブラリ、Julius を使い、インターネットを介さない内部処理での開発を行った。最後に、それぞれが担当したプログラムやロボットの外側、モータなどを組み合わせて、1 つのロボット (図 5.1) を完成させた。



図 5.1 完成したロボット

(※文責: 奥村輝)

5.2 プロジェクトにおける各個人の活動詳細

5.2.1 奥村輝

- 5月 まず、プロジェクト活動を行う上での必要な知識の習得を行った。ロボットに関する参考書やプロジェクト活動の進め方の学習、昨年度のプロジェクト学習の内容の把握を行った。また、どのようなロボットを作りたいか、グループごとで案を出し、話し合った。
- 6月 引き続きロボットのデザイン、機能、コンセプトなどを決めた。次に、Fusion360 マスターガイドを参考に Fusion360 での設計の学習を行った。習得した技術を使い、ロボットのプロトタイプの作成を進めた。
- 7月 ロボットのプロトタイプの頭部分の作成を行った。また、中間発表で使用する評価シートやスライドの作成を行った。中間発表では、後半での発表を担当した。
- 9月 中間報告書の作成を行った。作成をする上で必要な LaTeX の使い方を学習した。また、設計したデザインの見直しを行った。
- 10月 設計したパーツを一度出力し、機構班と話し合い、具体的なサーボモータを使った内部設計を考えた。完成した内部設計案を基にロボットの内部のスペースを作った。
- 11月 3D プリンタを使い、完成したデータを出力した。機構班と連携を取りながら、しっかりと動作するように細かい修正を行った。また、改善すべきポイントも見つけ、再度 3D プリンタで出力した。尻尾を動かすパーツは、アクリル板をレーザーカッターで加工した。
- 12月 Raspberry Pi や Arduino を入れてロボットの土台となる箱の設計を行った。そして、設計

Practical application of the robot-type interaction

したデータを使い、MDF をレーザーカッターで加工し、箱を完成させた。そして、ロボットが完成した。成果発表で使用する資料を作成し、成果発表を行った。また、グループ報告書の作成を行った。

(※文責: 奥村輝)

5.2.2 對馬武郎

- 5月 プロジェクト学習始動。グループBで制作するロボットの方向性を決定した。
- 6月 ロボットのデザイン、機能案の決定。音声認識を担当することとなったので実装方法の調査を行った。
- 7月 中間発表へ向けて準備。音声認識機能の実装計画を明確にする。
- 9月 音声認識テスト環境の構築。単語辞書を用いた認識精度向上を図る。
- 10月 音声認識と連動するプログラムを作成。Raspberry Pi - Arduino 間の通信にシリアル通信を用いた。
- 11月 音声認識の問題点を改善。特に雑音環境下での認識精度改善を図る。
- 12月 最終発表へ向けて調整。Raspberry Pi のSDカードが破損し全環境の再構築を余儀なくされる。

(※文責: 對馬武郎)

5.2.3 須田恭平

- 5月 ロボットの機構等の基礎知識について参考書を読み、学習を行った。既存のロボット及び昨年度のプロジェクトで作成されたロボットの機能を調査し、どのような形のロボットにするか案を出した。
- 6月 前月に引き続き案を出し合った。また、アイデアを形にできるようにグループ内で3DCADソフトの使い方を学習した。さらに、中旬に実施されたアジャイル開発プロセス体験ワークショップに参加し、開発手法を学んだ。
- 7月 中間発表会に向けた資料を作成する中で、プロジェクト全体の方針を決定した。様々なセンサ類を購入し、お客さんが近づいてくるのか離れていくのかを認識することや、どの方向から話しかけられているかを認識できるようなセンサ類の選定を行った。
- 9月 前月に引き続きセンサを用いて試行錯誤を繰り返した。中間報告書を作成するためにLaTeXの使い方を学習した。
- 10月 デザイン担当者と連携を取りながらロボットを動かすサーボモータの選定及び取付位置を決定し、試作品を作成した。プログラム面ではArduinoのプログラムを作成し、動作テストを行った。検討を重ねた結果、Raspberry PiとArduinoの通信方法はシリアル通信を用いることとした。
- 11月 前月に引き続き動作テストを行い、サーボモータの振動の原因を特定した。そのほかに細かい微調整を加え、外見で重要となる土台の作成を行いロボットを完成させた。
- 12月 最終発表に向けた資料を作成し、発表についてのフィードバックを受けた。また、グループ

Practical application of the robot-type interaction

ブ報告書の執筆を行った。

(※文責: 須田恭平)

5.2.4 山本侑吾

- 5月 プロジェクトメンバーと顔合わせを行った。また教授から頂いた本などの資料を元に3DCADの技術習得を行った。デモとしてマグカップなどの作成をし基本的なCADの操作に慣れた。プロジェクト全体でどう活動するか案を出し、グループを3つに分けることを決定した。
- 6月 5月に続いて自身の所属するグループでどのようなロボットを作成するかを話し合った。グループ内で設計班に配属された。Fusion360を用いて第1段階目のロボットの作成に着手した。
- 7月 中間発表に意識しつつ評価者に進捗がわかるように引き続き設計を続けた。胴体以下のスケルトンによる設計が完了した。
- 9月 中間報告書の作成を行った。設計案を見直し、より利用者に愛される可愛いロボットについて模索し、スタイロフォームなどを用いて最終的な完成版の原型を作成。それをもとにもう一度設計をやり直した。
- 10月 9月に引き続き設計を行い、大半のパーツの外面の作成に完了した。パーツはそれぞれ出力できるように分割した。
- 11月 3Dプリンタを用いて設計したモデルを出力した。機構班と話し合いをしつつ、ロボットを動作させるために必要な内部のスペースなどを把握した。
- 12月 スペースなどを確保しつつ軽量化を行ったパーツを出力した。出力したパーツが問題なく動作するように加工や調整を行った。

(※文責: 山本侑吾)

第 6 章

まとめ

6.1 活動の振り返り

6.1.1 本プロジェクトの目的

本プロジェクトでは、人に代わって大学や店舗の案内や紹介を行うロボットを、プロジェクト独自に開発することで人間の負担を減らすことを目指し、行われた。

(※文責: 奥村輝)

6.1.2 本グループの目的

グループ B はシンプルな仕組みでありながら効果的なロボットインタフェースについて模索し、音声認識を重視したソフト面と、利用者に親しみを持ってもらえる可愛げのある犬型を目指すハード面を合わせることで新しい店員ロボットの設計を目指し活動した。

(※文責: 奥村輝)

6.1.3 本グループの活動

グループ B は、ソフトとハードの両面にそれぞれフォーカスを合わせられるよう、技術班を細かに分け、設計班、音声認識班、機構班とすることで作業の効率化を図った。班ごとに 3DCAD を用いた設計、Raspberry Pi を用いた音声認識、Arduino を用いた機構のそれぞれに対して開発を進めていった。

(※文責: 奥村輝)

6.1.4 本グループの成果

グループ B では、上記の活動の結果として利用者に親しみを持っていただける音声認識によるコミュニケーションに特化した独自のロボットの作成に成功した。

(※文責: 奥村輝)

6.2 今後の展望

6.2.1 デザイン面での展望

外装面に関しては耐久力を損ねることなくデフォルメされたかわいらしいロボットが実装できた。これにより利用者に威圧感や恐怖感を与えないというグループの目標は達成できた。内部の機構用に作成したモーターケースも予想以上に滑らかに動き、自然な首の振り向きや口などの稼働部位の動作に貢献していた。しかし、デザイン面では今後の課題として大きく2つ改善すべき点が見られた。まず1つはパーツ自体の軽量化である。耐久性には問題がないということは実際の動作を通じて明確になったが、まだ軽量化できる部分が多く、今のままではサーボモータの出力がパーツの重さを下回り、ハンチングなどの不具合を起こしてしまっていた。パーツの出力を行う際にインフィル(外壁より内側の補強部)を減らすことや、外壁自体のレイヤー数を減らすことで軽量化が行えると予想する。また、2つ目の課題点は、4.1.6項で述べた機構を考慮した部品の作成についてである。今回はすべてのパーツを問題なく動作させることができたが、今後可動できるパーツを増やしていく際、内部のスペースが足りないという問題が浮上することが予想できる。一つ一つのパーツに割かなければならないスペースがとても大きかったため、コンパクトにすることが重要となる。また、些細な事ではあるが、パーツの外面のフィレットを十分に取れていなかったため、触れた際に痛みを感じる可能性があるため、今後のパーツではフィレットや面取りを強く行い、そういった恐れを払拭する必要がある。

(※文責: 山本侑吾)

6.2.2 音声認識面での展望

音声認識エンジンである Julius を用いたシステムでは、多少の雑音が含まれていても問題なく音声を認識することができた。しかし、現段階では認識できる語数が少なく、決められた言葉にしかなら反応することができない。今後は認識できる語数を増やしていくが、認識できる精度を下げないためにマイクの位置などを調整する必要がある。

(※文責: 須田恭平)

6.2.3 動作面での展望

機能面に関しては，利用者の発話からの遅延が少なくなるように動作を行うことができた．しかし，ディスプレイに発話内容を表示してから動作を行うまでには多少の遅延がまだ残っている．これは 6.2.1 項で述べたサーボモータのハンチングを防止するためにプログラム内で少しの間処理を停止する内容を挟んでいることが原因である．今後はデザイン面との連携を行い，構造の再検討を行うとともにプログラム内でのより良い改善策を検討する．

(※文責: 須田恭平)

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 (最終閲覧日: 2020 年 1 月 6 日) https://www.necplatforms.co.jp/solution/papero_i/
- [2] ユニインフォメーション | ユニインフォメーション株式会社 (最終閲覧日: 2020 年 1 月 6 日) https://www.uni-info.co.jp/news/2017/0928_2.html
- [3] 加納 政芳, 清水 太郎: なにもできないロボット Babyloid の開発, 日本ロボット学会誌 29 巻 3 号, pp.298-305, 2011.
- [4] 河原達也, 李晃伸. 「連続音声認識ソフトウェア Julius」人工知能学会誌, Vol.20, No.1, pp.41-49, 2005.
- [5] 李 晃伸, 河原 達也, "Julius を用いた音声認識インタフェースの作成", ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 11, No.1, pp.31-38, 2009.

付録 A 新規習得技術

- Adobe Illustrator
- 3D プリンタ
- レーザーカッター
- Fusion360
- スカルプトを用いた設計
- linux の基礎知識
- 音声認識機能実装技術
- python プログラミング
- シリアル通信

付録 B 活用した講義

- 情報処理演習 II
 - Arduino によるセンサ操作について活用した
- センサ工学
 - 各種センサに関する基礎知識を活用し開発を行った
- ロボットの科学技術
 - ロボットの機構に関する知識を動作の設計等に活用した
- 情報表現入門・情報表現基礎 1
 - Processing を用いた画面表示の作成に活用
- プログラミング基礎
 - Java および Python のプログラミング技術を活用

付録 C 相互評価

奥村

山本 ロボットの設計でとても協力的でいろんなアイデアや疑問を提案してくれたおかげでとても作業の効率が良かったです。また頭部の設計も任せることが出来たのでとても助かりました。

對馬 主にロボットの設計を担当してもらいました。動作部分の機構を発案してくれて、繰り返し出力と微調整を行い、滑らかに動く関節を実現してくれました。

須田 彼はグループ B のデザイン面の担当であり、ロボットの設計を行っていました。グループ内での活動では話し合いの要点をまとめてくれたり、疑問点を投げかけてくれたことで活動をうまく進めてくれました。また、3D プリンタの出力に不備があった際にも大学に登校し対応してくれており、ロボットの完成に大きく貢献していました。

山本

奥村 ロボットの設計を担当してくれました。初めて使う Fusion360 というソフトで僕が上手く使いこなせなかったのですが、彼が先陣を切って設計を進めてくれました。彼がいなければ、今回のようなロボットを作ることができませんでした。同じ設計の担当をしてくれて、とても感謝しています。

對馬 主にロボットの設計を担当してもらいました。3D プリンタについて造詣が深く、微調整と出力を繰り返すこのプロジェクトにおいて非常に頼りになりました。

須田 彼はグループ B のデザイン面の担当であり、Fusion360 を用いたデータの作成や出力を行っていました。プロジェクトを開始時から 3D プリンタを使った出力方法についての知識が身につけており、細かい微調整の修正も素早くデータに反映してくれて、不備があった際にもすぐに出力して修正対応を行うことができました。

對馬

奥村 Raspberry Pi での音声認識の開発を担当してくれました。グループの中で一番ロボットのプログラム関係に詳しくだったので、とても頼りになりました。また、他のメンバーが気づいていないポイントを指摘するなど、彼のおかげで良いプロジェクト活動になりました。

山本 グループ B で音声認識を担当してもらいました。自分にはできないことを淡々と行っておりとても頼もしかったです。発表会のあたりでは予期せぬトラブルもありましたが彼の尽力

Practical application of the robot-type interaction

のおかげで立て直すことが出来とても感謝しています。

須田 彼はグループ B のうち Raspberry Pi を用いた音声認識の開発をメインに担当していました。デザイン面では犬のデザインの発案をしてくださいました。機能面では私の担当していた Arduino 部分との連携について試行錯誤していた際にアドバイスをしていただき Arduino と Raspberry Pi との通信をうまく動作させることができました。

須田

奥村 Arduino での回路の設計を担当してくださいました。やったことがない設計も一人でやっていて、とても心強かったです。期限の連絡などのリマインドもしてくれたので、本当に助かりました。

山本 Arduino の設計行い、ロボットの目玉の一つとなる機構を作成していただきました。設計と機構の両方を重視する部分の設計では丁寧に話し合いが出来、スムーズに作業を進めることが出来ました。またグループ B では率先して作業や連絡を行っていたのでグループメンバー全員が助かりました。

對馬 主に Arduino による回路設計を担当してもらいました。ほとんどテストができないにもかかわらず連携の仕様を正確に汲み取ってくれて、こちらの意図した通りに動く完璧なプログラムを書いてくださいました。