

公立はこだて未来大学 2018 年度 システム情報科学実習  
グループ報告書

Future University-Hakodate 2018 System Information Science Practice  
Group Report

プロジェクト名

複雑系知能ロボットへの挑戦

**Project Name**

Challenge of Complex Intelligent Robot

グループ名

メカ班

**Group Name**

Mecha team

プロジェクト番号/Project No.

12

プロジェクトリーダー/Project Leader

1016130 平野香介 Kyosuke Hirano

グループリーダ/Group Leader

1016193 小淵佑真 Yuma Kobuchi

グループメンバ/Group Member

1015147 平尾美紗 Misa Hirao

1015168 服部将大 Syota Hattori

1016130 平野香介 Kyosuke Hirano

1016160 竹内裕哉 Hiroya Takeuchi

1016168 三須洗一 Koichi Misu

1016217 根本尚侑 Naoyuki Nemoto

指導教員

松原仁 鈴木恵二

**Advisor**

Hitoshi Matsubara Keiji Suzuki

提出日

2019 年 1 月 16 日

**Date of Submission**

January 16, 2019

## 概要

私たちは学内のゴミに関する問題を解決するために、ゴミ箱ロボットを制作する事を目標に活動してきた。

学内のゴミに関する問題とは、机の隙間にゴミが放置されていたり、誰かが捨ててくれるだろうという他力本願で身勝手な思いから自身が飲み残したペットボトルを放置したままにしたりする問題を指す。これらの問題は、ゴミを捨てるのが煩わしいという気持ちが学生にあるから起こると考える。これらの問題を解決するために私たちは、従来の設置型のゴミ箱ではなく、捨てたい人、つまりユーザの足元まで自分から近寄ってくるようなロボットを制作することにした。

近年、超音波センサを用いてゴミがどの程度溜まっているのかを検知するロボットや、投げられたゴミの落下地点を予測して、自分から落下地点まで移動するロボットが話題となった。これらを参考に、車輪と超音波センサ、カメラを搭載した、ユーザが呼べば来るようなロボットを制作する。私たちはメカ班とソフト班に分かれて制作を行う。本グループはメカ班であり、主にサブサンプションアーキテクチャ (以下 SA) を用いたロボット本体の開発と、各センサの調整、そしてロボットの外装の作成を行っていく。

SA とは人工知能の概念である。多数の簡単な振る舞いを組み合わせることで、複雑な知的振る舞いを行っているように見せることが可能である [1]。今回作成するロボットの最終的な目標は、人の足元まで近寄り、ゴミが捨てられたと認識すれば再び離れて移動を開始するという一連の動作を行わせることである。これらの動作を行わせるために SA に実装する機能は、ランダムに移動する機能、障害物を検知して移動する機能、目標となるユーザを識別して近づく機能、そしてユーザの足元で停止する機能である。これらを実装することで、ロボットがユーザを認識して足元で止まるという知的な行動が可能となる。

(※文責: 平尾美紗)

# Abstract

We have been working with the goal of producing trash box robots to solve problems related to garbage in the university.

Problems related to garbage in the university are problems that garbage is neglected in the gaps of the desk or someone else is willing to throw away PET bottles left by themselves because of selfish thoughts. I think that these problems arise because the students have a feeling that it is annoying to throw away the garbage. In order to solve these problems, we decided to create a robot that comes close to himself from the person who wants to throw away, not the traditional installed trash can, that is, the user's feet. In recent years, a robot that detects how much dust is accumulated by using an ultrasonic sensor, and a robot that predicts the falling point of thrown dust and moves to the falling point from himself became a topic. With reference to these, we will create a robot that the user can call if it comes with wheels, ultrasonic sensors, and cameras. We are divided into mechanic team and soft team to produce. This group is a mechanic team, mainly develops the robot body using Subsumption Architecture (SA), adjusts each sensor, and creates exterior of the robot.

SA is the concept of artificial intelligence. By combining a number of simple behaviors it is possible to make it appear to be performing complex intellectual behaviors[1]. The final goal of the robot to be created this time is to make a series of actions such as moving closer to the feet of the person and once again recognizing that the garbage has been thrown away, starting moving again. The functions to be implemented in the SA to perform these operations include a function of moving randomly, a function of detecting and moving an obstacle, a function of identifying and approaching a target user, a function of stopping at the user's feet. By implementing these, intelligent behavior that the robot recognizes the user and stops at the feet is possible.

(※文責: 平尾美紗)

# 目次

|              |                       |           |
|--------------|-----------------------|-----------|
| <b>第 1 章</b> | <b>要約</b>             | <b>2</b>  |
| <b>第 2 章</b> | <b>背景</b>             | <b>4</b>  |
| 2.1          | 現状における問題点と課題          | 4         |
| 2.1.1        | 基本動作                  | 4         |
| 2.1.2        | 障害物回避                 | 4         |
| 2.1.3        | 画像解析                  | 4         |
| 2.1.4        | 外装                    | 4         |
| <b>第 3 章</b> | <b>到達目標</b>           | <b>5</b>  |
| 3.1          | 基本動作                  | 5         |
| 3.2          | 障害物回避                 | 5         |
| 3.3          | 画像解析                  | 5         |
| 3.4          | 目標物検知                 | 5         |
| 3.5          | 外装                    | 6         |
| 3.6          | 課題の割り当て               | 6         |
| 3.6.1        | 前期                    | 6         |
| 3.6.2        | 後期                    | 6         |
| <b>第 4 章</b> | <b>課題解決のプロセス (概要)</b> | <b>7</b>  |
| 4.1          | 基本動作                  | 7         |
| 4.2          | 障害物回避                 | 7         |
| 4.3          | 画像解析                  | 7         |
| 4.4          | 目標物検知                 | 8         |
| 4.5          | 外装                    | 8         |
| <b>第 5 章</b> | <b>課題解決のプロセス (詳細)</b> | <b>9</b>  |
| 5.1          | 各課題解決過程の詳細            | 9         |
| 5.1.1        | 基本動作                  | 9         |
| 5.1.2        | 障害物回避                 | 10        |
| 5.1.3        | 画像解析                  | 11        |
| 5.1.4        | 目標物検知                 | 13        |
| 5.1.5        | 外装の色                  | 13        |
| 5.1.6        | 外装の形状                 | 14        |
| 5.2          | 各課題とほかの課題の連携内容        | 15        |
| <b>第 6 章</b> | <b>結果</b>             | <b>17</b> |
| 6.1          | 基本動作                  | 17        |
| 6.2          | 障害物回避                 | 17        |

|               |                              |           |
|---------------|------------------------------|-----------|
| 6.3           | 画像解析 . . . . .               | 17        |
| 6.4           | 目標物検知 . . . . .              | 18        |
| 6.5           | 外装 . . . . .                 | 18        |
| <b>第 7 章</b>  | <b>中間・成果発表会</b>              | <b>19</b> |
| 7.1           | 中間発表会及び成果発表会の概要 . . . . .    | 19        |
| 7.2           | 中間発表会 . . . . .              | 19        |
| 7.2.1         | 結果 . . . . .                 | 19        |
| 7.2.2         | 反省点 . . . . .                | 20        |
| 7.3           | 成果発表会 . . . . .              | 20        |
| 7.3.1         | 結果 . . . . .                 | 20        |
| 7.3.2         | 反省点 . . . . .                | 21        |
| 7.3.3         | 中間発表会と比べて改善できた点 . . . . .    | 21        |
| <b>第 8 章</b>  | <b>まとめ</b>                   | <b>22</b> |
| 8.1           | プロジェクトの成果 . . . . .          | 22        |
| 8.2           | 成果の評価 . . . . .              | 22        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>各自評価</b>                  | <b>23</b> |
| 9.1           | 平尾美紗 . . . . .               | 23        |
| 9.2           | 服部将大 . . . . .               | 23        |
| 9.3           | 平野香介 . . . . .               | 26        |
| 9.3.1         | 前期 . . . . .                 | 26        |
| 9.3.2         | 後期 . . . . .                 | 27        |
| 9.4           | 竹内裕哉 . . . . .               | 28        |
| 9.4.1         | プロジェクト内における位置づけ . . . . .    | 28        |
| 9.4.2         | 活動の目標設定 . . . . .            | 28        |
| 9.4.3         | 前期の活動 . . . . .              | 29        |
| 9.4.4         | 後期の活動 . . . . .              | 29        |
| 9.4.5         | 今後の課題 . . . . .              | 30        |
| 9.4.6         | プロジェクトの成果として得られたこと . . . . . | 31        |
| 9.5           | 三須洗一 . . . . .               | 31        |
| 9.6           | 小淵佑真 . . . . .               | 33        |
| 9.7           | 根本尚侑 . . . . .               | 35        |
| <b>第 10 章</b> | <b>今後の課題と展望</b>              | <b>38</b> |
| 10.1          | 制御 . . . . .                 | 38        |
| 10.1.1        | 前期の時点での課題 . . . . .          | 38        |
| 10.1.2        | 課題と展望 . . . . .              | 38        |
| 10.1.3        | 基本動作 . . . . .               | 39        |
| 10.2          | 外装 . . . . .                 | 39        |
|               | 参考文献                         | 41        |

# 第 1 章 要約

今日、公立はこだて未来大学のゴミ問題は深刻である。ゴミ箱のゴミがあふれていたり、ゴミをそのままにして机に放置してあったり、ごみの分別ができていないことが多い。そこで、私たち複雑系知能ロボットへの挑戦プロジェクトでは、本学のごみ問題を解決するためにゴミ箱ロボットを開発することにした。その中でも私たちメカ班はゴミ箱ロボットを作成するにあたり、ゴミ箱ロボットの制御・画像認識・外装の3つの機能を実装することを目標に活動を進めていった。前期は各々に分かれて活動を進めていった。ロボット本体は三輪駆動で動き、Arduinoで制御できるようになっている。制御班は、自動で自分のもとにゴミ箱ロボットを呼び出す機能を付けるために、ゴミ箱ロボットの動きを正確に制御するためにゴミ箱ロボット本体に取り付けられたArduinoのサンプルプログラムの解説を行った。画像班は、ゴミの分別をするために、画像解析を行った。現状、PythonのOpenCVを用いて画像の認識ができるが、判別がまだできていない状態である。外装班は、ゴミ箱ロボットのゴミ箱部分完成を目的として活動している。そのために、外装の試作品を製作した。前期の今後の課題としては、外装を完成させてロボット制御を正確にできるようにすることと、ごみの判別ができる機能を追加することである。そして、ソフト班との連携を実現し、試運転を行い検証できる状況までを目標と考えている。後期からの活動としては、初めにサブサンプション・アーキテクチャ(SA)に基づいて活動を進めていった。サブサンプション・アーキテクチャ(SA)とは、ロボット工学を期限とする人工知能の考え方のことである。実装したい目標を階層構造にすることで、一つの課題が実装でき、次の課題を実装しようと考えているとき、何かしらのエラーが発生したとする。その時にまた一番初めから実装を進める必要がなくなるのである。これがサブサンプション・アーキテクチャ(SA)の考え方である[1]。目標など計画を見直し、もう一度、使用者にとって捨てやすいゴミ箱ロボットを作るのか、使用者にとって捨てたいと思わせるようなゴミ箱ロボットを作るのかなど、再度計画の見直しを進めていった。制御班は、超音波センサによる超音波回避と、ランダム走行の実現、目標物の検知を実装するためにさらに班を3つに分けた。まず、超音波センサによる障害物回避だが、もともと搭載されていた超音波センサが故障してしまったため、新たに超音波センサを購入し、一からプログラムを組み上げることにした。複数の超音波センサを他の機能を阻害することなく、障害物が認識できるように実行することが最終的な目標である。基本走行の制御はSAに基づいて、ランダム走行の実現を目標に活動を進めていった。前進と回転のみを使い分け、動作するようにすることで左右の車輪のパワーの差をなるべく調整する手間を減らし、まっすぐ走れるように改良した。目標物の検知は、例として、光を認識してそちらに近づいていくようにするといった風にしたかったが、ソフト班との連携が必要となってくるため、一時的に人の手を認識するとそちらに近づくように機能を実装した。画像認識は前期同様、認識をすることはできるが判別することが負荷といった状態で終わった。外装班はプロトタイプとなるゴミ箱の外装を透明なアクリル板で作成し、見た目の良い外装を作成した。ここに至るまで、様々な論文や記事を探し、使用者にとって捨てやすい色や形など試行錯誤していった。後期の今後の課題として、まず、超音波センサによる障害物回避は、画像認識カメラpixy2による画像認識との優先順位の変更が必要となる。超音波センサの方が優先されてしまうため、誤作動を起こして、手に近づいていくようにしたいのに途中で曲がってしまうといった現象が発生してしまう。よって、優先順位の変更が必要となってくる。基本走行の面での今後の課題としては、普通に

## Challenge of Complex Intelligent Robot

走る分には問題がないが、超音波センサと連携すると、最初は良いがだんだんと、壁に当たるようになってしまう点が問題となる。目標物検知だが、判定範囲があいまいで反応しないことが多々あるため、精度向上が課題として必要となってくる。画像認識は、認識できても判別できないのであれば、利用することもできず、さらには将来的なごみの分別まで達成することは不可能である。したがって、まずは画像の判別をすることが今後の課題となる。外装面での今後の課題としては、ロボットの主要部分である、Arduino ボードや超音波センサなどがむき出しになっているため、そちらが見えなくなり、なおかつ見栄えのいいゴミ箱、捨てやすいゴミ箱としての外装を作成することが今後の課題となってくるであろう。

(※文責: 小淵佑真)

## 第 2 章 背景

### 2.1 現状における問題点と課題

#### 2.1.1 基本動作

基本動作の問題点として挙げられるのは、公共の場でロボットを動かす為、人に危害を与えないような動作が必要である。公共の場で安全に人に危害を与えないような動作を実現することが基本動作での最終的な課題である。基本動作や超音波センサを利用した動作方法は今回扱ったロボットと同じタイプを扱ったものの動作を参考に各機能の実装を目指した [2]。

(※文責: 平野香介)

#### 2.1.2 障害物回避

障害物回避の問題点としては、最低でも 5cm 以内に障害物があった際、検知してよけるといった動作が必要になってくる。また、急に障害物が現れた際にも検出して回避できるようにするように実装することも必要になってくる。最終的に、完璧な精度で障害物を感知し、回避することが出来るというのが、障害物回避の課題となって来る。

(※文責: 小淵佑真)

#### 2.1.3 画像解析

ゴミ問題の一つとして、ゴミの分別を完璧に行うことが難しい現状が続いている。この問題を解決するには、ゴミの分別を自動的にしてくれるロボットを作成する必要があると考えた。分別を自動ですることができるロボットを作成することで、ゴミ箱周りの環境がよくなり、清掃員のゴミ回収作業の効率化を図れるのではないかと考えた。これを可能とするためには画像解析をするロボットを作成する必要がある。そのために、まず画像解析をしてくれるロボットを作成することを課題として行動した。

(※文責: 三須洗一)

#### 2.1.4 外装

大学のごみ問題の現状の一つとして、ごみの放置があげられる。この問題を解決するために、ごみを捨てる人、つまりユーザーがごみを捨てるという行為に対して抵抗を抱くことがない、または捨てたいという感情を抱けるようなデザインが必要であると考えた。移動するごみ箱は例外が少ないため、既存の一般的なごみ箱から得られる情報やデータを基に外装のデザインをすることが課題である。

(※文責: 服部将大)

## 第 3 章 到達目標

### 3.1 基本動作

まず、第一段階の目標としては、ロボットが移動することから始めなければいけない。具体的に言うと、ロボットがスムーズに動く、障害物を回避する、目標物へ移動するために、まずは前後・左右・回転動作を実現することである。また、ロボットの動作として目標物へ向かった後、停止をする必要がある。

第二段階として、ロボットの動作として SA の考え方を利用しているが、最下層の動作として、ランダム走行を実現する必要がある。ランダム走行は障害物も目標物もない状態での動作であり、また、SA における最下層の動きは、人間でいう反射の行動に近い為、このような条件を満たした動作を実現することが目標である。

(※文責: 平野香介)

### 3.2 障害物回避

次世代型ゴミ箱ロボットを作るにあたって、超音波センサが必要となってくる。その理由は、ゴミ箱が自律して動くために障害物の回避が不可欠であるからだ。そのためにも、超音波センサの障害物感知の精度を上げて、しっかりと避けられることが前提となってくる。そこで、我々は超音波センサを用いた障害物回避を目標に活動を進めてきた。

(※文責: 小淵佑真)

### 3.3 画像解析

前期の活動の一つとしてメカ班の画像解析班として活動した。ゴミ箱ロボットを作成するために、ゴミの種類を判別することでゴミの分別を可能にする機能が必要であると判断した。そのために、Arduino に対応したカメラモジュールを用いて画像解析を行うための機能を OpenCV や Python を使用してゴミ箱ロボットに付け加えることを目標とした。また、機械学習をすることでゴミの分別を可能にできると考えたので、機械学習を学習し、その機能をロボットに付け加えることを目標とした。

(※文責: 三須洗一)

### 3.4 目標物検知

前期の画像解析班の流れをくむのがこの目標物検知班である。目標物検知の目標として、特定の物体、あるいは色を認識させた場合その方向にマシンが進んでいくこととした。具体的には、本プロジェクトでは、マシンと連動するアプリも開発しており、基本的にはそのアプリから発せられる

サインに反応させて接近させることとした。また、実機の充電が少なくなった場合に充電可能のスペースを認識した場合、自動的にその位置へ移動させることも目標である。

(※文責: 竹内裕哉)

## 3.5 外装

外装班では、ごみ箱ロボット作成するにあたって、外装の質を上げることによってごみの収集率を上げることも必要であると考えた。そのために、様々な情報やデータを基に収集率が上がる色をデザインすることを目標にした。また、ごみ箱自体の形状によってユーザーが捨てやすい、捨てたいと思えるような形状に仕上げることが目標にした。

(※文責: 服部将大)

## 3.6 課題の割り当て

### 3.6.1 前期

平尾美紗: ゴミ箱ロボットの外装デザインの提案及び制作

服部将大: ゴミ箱ロボットの外装デザインの提案及び制作

平野香介: ゴミ箱ロボットの外装の制作及び本体 (オムニホイールロボット) の制御

竹内裕哉: ゴミ箱ロボットが行うごみの分別に利用する画像解析

三須洗一: ゴミ箱ロボットが行うごみの分別に利用する画像解析

小淵佑真: ゴミ箱ロボットの外装の制作及び本体 (オムニホイールロボット) の制御

根本尚侑: ゴミ箱ロボットの外装デザインの提案及び制作

(※文責: 平野香介)

### 3.6.2 後期

平尾美紗: グループ全体の活動の把握及び参考文献の整理

服部将大: ゴミ箱ロボットの外装デザインの提案及び制作

平野香介: 本体 (オムニホイールロボット) の基本動作の制御及びカメラモジュールの制御や調整

竹内裕哉: 画像解析及び超音波センサの制御や調整

三須洗一: 画像解析及び超音波センサの制御や調整

小淵佑真: 本体 (オムニホイールロボット) の制御及び超音波センサの制御や調整

根本尚侑: ゴミ箱ロボットの外装デザインの提案及び制作

(※文責: 平野香介)

## 第 4 章 課題解決のプロセス (概要)

### 4.1 基本動作

1. サンプルプログラムからロボットの基本的な動作を確認する。
2. 3WD100mm オムニホイールロボットがどのように動いているかの解析を行う。
3. 今回扱ったロボットは DC モータを使用していたため、DC モータの扱い方を調べる。
4. 複数の DC モータを制御する方法を調べる。
5. モータの動作を改善するために、PID 制御の学習を行う。
6. ランダム走行を行うために、どのような動きが良いか考察する。
7. ランダム走行を実装する。

(※文責: 平野香介)

### 4.2 障害物回避

1. 3WD100mm オムニホイールロボットに付属している超音波センサのサンプルコードを解析する。
2. 1つの超音波センサの検出範囲を変えたり、精度を上げたり、実験を繰り返す。
3. 複数の超音波センサで正常に動くように実装する。
4. 1つの超音波センサをモーターと連動して、正常に動作するように実装する。
5. 超音波センサの数を複数にして動作できるように実装する。
6. 1つの超音波センサをカメラと連動して、正常に動作するように実装する。
7. 超音波センサの数を複数にして動作できるように実装する。

(※文責: 小淵佑真)

### 4.3 画像解析

1. OpenCV の学習をする。
2. OpenCV に関する参考プログラムを試しに実行する。
3. Python で OpenCV を用いて実際に必要な機能を備えた画像解析のプログラムを試しに実行する。
4. カメラモジュールを使う代わりに PC に内蔵されているカメラを用いて画像解析がうまくできるかどうか確認する。
5. カメラモジュールを Arduino に接続するための回路や手順を学習する。
6. ArduinoIDE と Python を連携するためのシリアル通信を学習して、プログラムを作成する。
7. 作成したプログラムが正しく動作するのかカメラモジュールを使用して確認する。
8. ごみを分別する機能を付けるために、機械学習による画像解析の学習を行う。

(※文責: 三須洗一)

#### 4.4 目標物検知

1. カメラモジュールをの用意をする。
2. カメラモジュールの性能確認を行う。
3. プログラムを作成する。
4. 実機へカメラモジュールを搭載する。

(※文責: 竹内裕哉)

#### 4.5 外装

1. ごみ箱の形状を決める。
2. ごみ箱のプロトタイプを作成する。
3. ごみ箱に使う色を決める。
4. ごみ箱の素材を決める。
5. 完成したごみ箱を実機に取り付ける。

(※文責: 服部将大)

## 第 5 章 課題解決のプロセス (詳細)

### 5.1 各課題解決過程の詳細

#### 5.1.1 基本動作

まず初めに、3WD100mm オムニホイールロボットがどのように動いているのかを解析することから始めた。サンプルプログラムでの動きは一定時間で動作を変えらるというもので、超音波センサを利用し、障害物回避を行うものであった。表面上で動いているものではどのように動かしているのかが詳しくは分からず、サンプルプログラムの中で使用しているライブラリを調べる必要があった。ロボットは3つのモータを制御することによってさまざまな移動方法を可能であるが、それが3つのモータが連動して動いているのか、独立して動いているのかを解明することがはじめての作業であった。ライブラリを見てみると、複雑なプログラムの書き方をしており、今回扱っているロボットは各種様々なセンサを装着することができるが、数個のセンサと同時にモータを動かす場合、容易に扱えるものではないと分かった。ロボットに搭載されているモータは DC モータであることがサンプルプログラムから判明したので、DC モータの扱い方を調べた。調べた結果、DC モータは回転の向きとパワーを別々に制御をすることによって、前進・停止・後進を実行できることが判明した [3]。これにより DC モータの動かし方が判明した為、3つのモータの制御し、基本動作の実現へ移行した。基本動作を実現するためにまず、ロボットの正面を自前に設定し、正面の向きに対して様々な動作を行うことにした。正面は1つの超音波センサを二つのモータを挟んだ方向を正面とした。前進は2つのモータを制御することによって実装することができるのだが、1つのモータは正回転、もう一つのモータを逆回転させることによって前進を実行することが可能である。後進はその逆で、前進したときに正回転だったモータを逆回転に、逆回転だったモータを正回転にプログラムすることによって、実行すること可能である。左右の動作は、前進・後進より複雑で、3つのモータを動かす必要がある。モータの位置は正三角形の端に設置した位置関係にある為、正面を向いた位置から左右に動かす場合、正面から見える2つのモータを同じ方向に、残りのモータは2つのモータとは逆の方向に回転させることによって左右に移動すること可能である。ここで注意しなければいけないことは3つのモータのパワー設定である。なぜならば、すべてのパワーを同じにしてしまうと、正面から見える2つのモータのパワーのほうが大きい為、後ろ斜め方向に移動してしまう。だから、正面から見える2つのモータのパワーを残りのモータのパワー3割低いパワーに設定することで左右の移動を実行することが可能である。回転は3つのモータを同じ方向、同じパワーに制御することにより、実行することが可能である。これらより、基本動作は1つ1つの動作として実行することが可能になる。基本動作のプログラムをしているときに、ある課題が出現した。それは、3つのモータに個性のようなものがあることが判明した。個性というのは、3つのモータのパワーをプログラムする時、数値で制御しているのだが、同じ数値を与えた場合、少しずつ実際に動いているモータの速さに違いがあることが判明した。またモータの回転が始まるタイミングと終わるタイミングにも差異が存在していた。これらの問題を解決する方法として PID 制御という制御手法を利用することを考えた。PID 制御を利用することによって前述で説明したモータのパワーや回転のタイミングの差異を縮小することができる。PID 制御を利用するために、まずは制御工学の学習を行った。

次の段階として、SA の段階構造より、最下層のランダム走行の実装を行う。ランダム走行は障害物も目標物もない状態での普段の動作をするために必要な動作であり、またロボットが動作しているエリアの端に移動してしまった場合、ランダム走行を行うことによって脱出することができる可能性がある為、必要な動作である。ランダム走行の実装のための第一段階として、基本動作である前後・左右・回転動作を組み合わせる。普段の動作としては単純な方法として、前進と回転の動作さえ行えば十分であると考え、その二つの動作を一定間隔でランダムに前進か回転を呼び出すことによって第一段階としてのランダム走行を実現することで可能になる。次の段階としてはより実用的なランダム走行の実現を目指す。

(※文責: 平野香介)

### 5.1.2 障害物回避

前期では、3WD100m m オムニホイールロボットに付属していた超音波センサを利用して障害物を回避することにした。3WD100m m オムニホイールロボットを購入した際に、付属されていた Arduino IDE で編集が可能なサンプルプログラムを解析することにより、障害物を回避することにした。Arduino IDE とは Arduino の開発環境で Arduino ソフトウェアとも呼ばれる。フリーウェアで、コンパイル・ダウンロード・実行など一連の作業がこれひとつで可能な開発環境のことである。サンプルプログラムを実行すると、障害物をよけて動くことができているため、これを完全に解析することが出来れば、障害物センサの検出範囲を変更したり、精度を上げることも可能だと考え解析を進めた。しかし、サンプルコードの書き方は難しく書いていることが多く、また、検出している距離を測定しようと Arduino ボードからパソコンの Arduino IDE ヘデータを送信して内容を表示することが出来るシリアルモニタに表示させてみようとしたが文字化けが発生し、原因の解明には至らなかった。前期では思うように解析が進まず、元のサンプルコードをそのまま用いた障害物回避しかできなかった。

後期では、前期で進めていた回避を引き続きしようとしたが、原因不明による故障で、超音波センサを使うことが出来なくなった。そこで、新しく超音波センサ「HC\_SR04」を購入し、一からコードを書き直すこととした。この超音波センサ「HC\_SR04」は前方 15° の範囲のみ検出が可能で、もとの超音波センサと似たような性能を持つ。その上で、まず超音波センサがどういう仕組みで動いているのかを知ることにした。超音波センサはエコーピンと呼ばれるピンとトリガーピンと呼ばれる二つのピンが大きな役割を果たしていることが分かった。トリガーピンは超音波を発射し、エコーピンは超音波の信号を受け取る。仕組みとしては、トリガーピンが超音波を発射、超音波が障害物に当たり跳ね返る、跳ね返った超音波をエコーピンが受け取る、発射してから受け取るまでの時間を用いて距離を計測する。流れとしてはこのようなことになっている。超音波センサの概要としては、超音波センサは人間の耳には聞こえない高周波の音を出し、物に当たって反射してくるまでの時間によって距離を測定するものであり、超音波距離センサではデジタル信号の HIGH と LOW の切り替えにより、発信側と受信側の時間差を読み取ることができる。といったことになる。超音波センサが一つでは検出範囲が狭く、障害物を感知しきれない死角が生まれてしまったため、超音波センサの数を三つに増やし、より障害物検出の精度を上げることにした。一つだけで超音波センサを使うことは成功したが三つ同時に使うには時間がかかった。配線がうまくいかず、プログラムは正常に動いていたが、検出しないという状態に陥ったのである。しかし、いろいろ試しているうちに成功することが出来た。これにより超音波センサによる障害物をすることは成功した。しかし、急に出てきた障害物には迅速に対応することが出来ず、ぶつかってしまったり、最初

のうちはよけることが出来ても、時間がたつにつれて、壁にぶつかることがあったりと完璧に完成したわけではなかった。さらに画像解析カメラ「pixy2」を用いて、人の手を見つけるとそれに向かっていくといったことも実装したのだが、超音波センサと同時使用すると超音波センサの方が優先されて、人の手を避けて見失ってしまうという問題も発生した。「超音波センサによる障害物検知の精度を上げる。」「画像解析カメラ pixy2 との同時使用の際、pixy2 が優先されるようにする。」といった二つのことが障害物回避に関しては、問題点としては上げられる。

(※文責: 小淵佑真)

### 5.1.3 画像解析

画像解析を行うためのグループをメカ班の中から作った。そして、画像解析を行うために OpenCV の学習に励んだ。OpenCV を学習するにあたって、Python という言語でプログラムを作成していくことにした。

OpenCV とは、オープンソースであるコンピュータビジョンのライブラリ (Open Source Computer Vision Library) である。これを用いることで、コンピュータで画像や動画を処理するのに必要な、様々な、機能が実装されている。例えば、カメラを用いて物体を追跡するようなライブラリがある。また、動画像の特徴を検出して特徴を探索することができるライブラリなどが用意されている。このような様々な機能を用いてゴミを認識させて、ゴミの判別と分別を可能にする機能を付けようとした。今回使用したバージョンは、OpenCV3.2 である。次に、Python について説明する。Python というのは、プログラム言語の一つである。特徴としては、少ないコード量で簡単にプログラムが書けて、コードが読みやすいといったメリットがある言語である。今回使用したバージョンは、Python3.6 である。また、Spyder という統合開発環境を使用してプログラムを作成した。Spyder には、NumPy という数値計算を効率的に行う拡張モジュールや、Matplotlib という NumPy のためのグラフ描画ライブラリなどが統合されている。プラットフォームは、Windows のものを使用した。

OpenCV を学習する中で、様々なことを学習することができた。主に三つのことを学習した。一つ目は、特徴検出である。特徴検出とは、上記で少し説明した通り画像の特徴となる部分を探索する処理のことである [4]。この機能は、高速な類画像検索や動画像における物体追跡などの場面で使われる。エッジ、コーナーや円、直線の検出などをする方法を学習した。そして、画像を用いて画像から円や直線、エッジ、コーナーをそれぞれ検出するプログラムを作った。それを用いて、認識したゴミの形を検出させて、その特徴からゴミの分別ができるのではないかなどと考えた。

二つ目は、運動復元である。運動復元とは、入力された画像や映像から、映っている対象物の動きを認識する処理のことである [4]。これは、三次元形状復元や動画の効率的な圧縮、カメラの手振れ補正などに用いられる。これを、実現する手法としてオプティカルフローというものがある。オプティカルフローというのは、対象物体の動作やカメラの動作によって発生する、時間的に連続する 2 画像間の差をもとにして求まる 2 次元ベクトルの場である [4]。これを利用して、カメラのブレを補正できたら良いと考えた。

三つ目は、オブジェクト追跡である。オブジェクト追跡とは、動画像中に映った追跡対象となる物体の特徴をとらえて、変化する物体の位置を推定する処理である [4]。オブジェクト追跡をするための手法がいくつかある。テンプレートマッチング、meanshift、CAMshift などがある。テンプレートマッチングとは、入力画像の中から、テンプレートとなる画像と一致する場所を探索する処理である [4]。一致する度合いを計算する方法が 3 つある。一つ目は、差分絶対値和、二つ目は

差分 2 乗和、三つ目は正規化差分 2 乗和である。それぞれの方法で計算コストや頑健性が異なることを理解した。なので、状況に応じて使い分けてプログラムを作成しなければいけないと思った。meanshift とは、ある点群内に大きさが一定の探索窓を作成し、その探索窓内に存在する点群の密度が最大となるように探索窓を動かす処理である [4]。CAMshift とは、meanshift では探索窓が常に大きさが一定であるので、対象物体との距離が大きく変化した場合には対象物体が探索窓内に収まらず、処理に不具合が生じることもある。その不具合をなくすために、対象物体の大きさに応じて探索窓の大きさと向きを随時変更し、頑健な物体追跡を可能とする方法である [4]。これを利用すれば、人間の追跡が可能となると考えたので使っていきたいと考えた。プログラムを作成するにあたり、これらの画像解析の参考プログラムを実際に動かしてみて、どのような仕組みで動いているのかなどを理解しながら学習した。これらの画像解析の方法を組み合わせ、OpenCV を利用して物体を追跡することができるプログラムを作成することができた。物体追跡の方法は、CAMshift でやっている。追跡する物体を決めるために、特徴検出で特徴となる形を検出できる機能を付与して、物体の特徴を記憶するための時間を決めて、記憶させた物体を追跡するようなプログラムを作ることができた。

次に、試しに PC に内蔵されたカメラで画像解析のプログラムが正しく動作するのを確認した。確認した後は、ロボット本体の Arduino にカメラモジュールを接続して正しく動作するのを確認するために様々なことを調べた。画像解析で使用したカメラモジュールは Grove-シリアルカメラキットというものである。このカメラモジュールは、レンズが交換でき 1 つは標準レンズで、もう 1 つは広角レンズであり、リアルタイムの画像認識を可能としているカメラモジュールである。さらに、Arduino に対応しているためゴミ箱ロボットの土台である 3WD10mm オムニホイールロボットに装着することが可能となっている。このカメラモジュールを利用して画像認識のプログラムが動作するかを確認した。確認するために、カメラモジュールの接続方法や、カメラモジュールを動作するためのプログラムを作成した。このプログラムを作成するにあたって、ArduinoIDE と Python のシリアル通信が必要となるので、Python でのシリアル通信の仕方を学習した。これらを踏まえたうえで、プログラムを作成してカメラモジュールが正しく動作することと画像認識が正しく動作することを確認した。また、機械学習を学習した。機械学習とは、人間が持つ学習能力と同様の機能をコンピュータ上で様々なデータに基づいて実現しようとするものである [4]。機械学習をすることでロボットにゴミの判別と分別を自動で行ってくれるシステムが可能になるため学習しておいた。機械学習の方法は、まずデータを入手して、データの前処理を行う。そして、様々な機械学習の手法から一つを選択し、パラメータを選択する。さらに、モデルの学習と評価を行い、これをチューニングすることを繰り返すことで機械学習ができるようになっている。機械学習法には、様々な方法がある。例えば、主成分分析というものがある。個々のデータが高次元なベクトルで表現された大量のデータを効率的に処理するためには、個々のデータがなるべく低次元なベクトルで表現できる方が良いので、高次元データで表現された大量の入力データから、重要な情報を含んだより低次元なデータを抽出する方法の一つである [4]。また、深層学習という機械学習法がある。それは、識別問題においてこれまでのほかの機械学習法を圧倒した性能を示す。これにより、人間にとって簡単にできることが計算機では難しいとされてきた問題を解決することが可能となる。これらから、機械学習法を一つに絞って機械学習を行っていこうとした。

(※文責: 三須洸一)

#### 5.1.4 目標物検知

目標物検知を達成させるにあたり、本プロジェクトではカメラモジュールとして Pixy2 CMU-cam5(以降 Pixy2 カメラとして略す)を使用した。Pixy カメラは、高速イメージセンサによってオブジェクトを検出し、プログラムを変更することでそのオブジェクトを追尾できるカメラモジュールである。本プロジェクトでこの Pixy2 カメラを使用した理由は、目標物検知をするにあたり様々なカメラセンサを吟味する中で先生の助言により、使用することに決定したためである。

Pixy2 カメラは実機で使用している Arduino のプログラムで使用することが可能であるため、最初に実機とは別の Arduino で性能確認を行った。性能確認の結果、このカメラモジュールは本体にあるボタンを押すことで色を学習することが可能で、他にもラインの検出が可能となっていることが判明した。また、最大7色を学習させることが可能であり、その色に似通った色を認識させない場合は Pixy2 カメラのセンサの値を変更することで細かく分別することができる。

Pixy2 カメラは Arduino のプログラムで使用することが可能である。Pixy2 カメラには独自の Pixy2 ライブラリが存在し、このライブラリを使用することで Pixy2 カメラを Arduino と連動させることが可能である。学習させた色を認識することで、その色のオブジェクトを追跡することが可能であるため、私たちはまず肌色を特定色として、人の手に反応するプログラムを作成した。人の手に反応させることが可能となったため、他の色でも反応することが可能と判断し、次に実機とのモーター制御と連動させて特定のオブジェクトを追跡させるプログラム作成に着手した。

プログラムを作成した後、実機との連動に着手した。実機のモーターを制御しているプログラムに Pixy2 ライブラリを導入し Pixy2 カメラとの連動を図った。ここで、Pixy2 ライブラリには、Arduino の特定のピンの制御を不自由にするコードが存在することが判明した。この問題を解決しようとライブラリの改変、特定ピンの不使用など試みたが、ライブラリの改変を行うと、Pixy2 カメラの性能が発揮されなくなった。特定ピンの不使用にする試みは、超音波センサやモーター制御で他のすべてのピンが使用状態であったため、特定ピンの不使用は不可能であることが判明した。また、超音波センサと Pixy2 カメラの同時使用の際 Pixy2 カメラが優先される状態も判明した。

(※文責: 竹内裕哉)

#### 5.1.5 外装の色

外装を制作するにあたって、ゴミの収集率をあげるために、ごみを捨てる人が少しでも捨てたいと思えるデザインを目標にゴミ箱のデザインを考えた。

前期では、外装よりも基本動作や障害物検知などの制御面に重きを置いて活動していたため、明確なゴミ箱ロボットの外装の完成図を描けてはいなかった。そこで、まずは段ボールを用いてゴミ箱の形をしたプロトタイプを作成した。これによってロボットの上に搭載するゴミ箱の高さや直径などの大まかな大きさなどを想定することができた。

後期では、前期に作成したプロトタイプを基に、色、材質、形状などの観点からより良いゴミ箱ロボットのデザインを模索した。その中でまず「色」に着目した。色によって収集率が変化するかどうか考え、ゴミ箱の色が捨てる人へ与える影響について調査を行った。高橋(2018)によると、ゴミの種類ごとに好まれる色が異なることが分かったと述べている。例えば、燃えるゴミのごみ箱で一番好まれる色は赤やオレンジなどの暖色系の色であり、逆に好ましくないのは紫や青などの寒色系のものであった。そのほかの燃えないゴミ、ペットボトル、缶についてもそれぞれ好ましい

色と好ましくない色が存在している。すべてのごみ箱において共通して灰色が好まれる傾向があることが分かった [5]。一方で好ましくない色についてはそれぞれ異なっているため傾向を掴むことができなかった。しかしこの調査から、色がゴミの収集率に何かしらの効果があることがうかがえた。プロジェクトの当初の目標では、それぞれのごみの種類ごとに一台ずつゴミ箱ロボットを用意することを念頭に活動していたが、実際に制御しているのは一台のみなので今回の活動ではそれを踏まえたうえで、何色のゴミ箱を作成するかを決めなければならなかった。そこで、どの種類のゴミを集めるかによって、そのごみに適したそれぞれもっとも好まれる色に変えることができるのが1番良いと考えた。また、様々な論文や実験結果を調査したところ、色が直接的に収集率に対して良い変化を与えたという記述は見当たらなかったが、透明なゴミ箱を用いることでペットボトルのゴミの分別を促すことができたというデータを発見したので、少しでも効果的であるものを取り入れようと考えた。その結果、透明なゴミ箱を採用することになった。透明なゴミ箱であれば、集めるゴミの種類を変えるたびに、色画用紙などを用いることによって、そのごみの種類に1番適した色にすることができるためである。今回は、燃えるゴミ、燃えないゴミ、缶、ビン、ペットボトルのゴミ用にそれぞれ、赤、灰色、白色の画用紙を用意し、どのゴミの種類に対しても対応できるようにした。

(※文責: 根本尚侑)

### 5.1.6 外装の形状

まず初めに前期にメカ班で話し合いを行い、どのようなゴミ箱を作るのか考えていった。各々が具体的なゴミ箱を調べ、その中で一番良いものに近いゴミ箱をプロトタイプとして作ることにした。それは円柱型のごみ箱であった。当初の目標として、ゴミ箱の中のごみの量を把握する機能をつける予定であった。そのため、ごみの量を判別するために用いるセンサを取り付ける部分が必要であった。そこで、蓋ありの円柱型のごみ箱を段ボールで作成した。ロボットに合わせてゴミ箱を作ると、思いの外大きくてもう少し小さくしたほうが良いと考えた。

中間発表の時にゴミ箱ロボットは収集しやすさを重視するのか、捨てやすさを重視するのかという指摘を受けたので、完成品では収集しやすさ（ごみをごみ箱に捨てたいと思わせたい）を重視することにした。そこから具体的にどのような形状であれば収集しやすいのか考えていった。まず、蓋ありのごみ箱にするのか話し合った。蓋があればごみが見えなくなるため清潔感を保つことができるが、本来の目的の収集しやすさを考えると蓋なしのごみ箱にするほうが良いと判断した。次に全体的な形をどのような形にするのか考えた。なるべくロボットの形に合わせた形状にすることにした。ロボットのごみ箱を乗せる部分が円型なので、ゴミ箱は円柱型の蓋なしのものを作ることに決まった。

ゴミ箱の形状が決まったので、最初に段ボールを用いてプロトタイプの円柱型ゴミ箱を作成することにした。ロボット本体の形に合わせて作成していった。ロボット本体の形に合わせて作成したが、ロボット本体自体が少し大きなものであったので段ボールを用いて作成したプロトタイプの円柱型ゴミ箱は大きなものになってしまった。そのプロトタイプのごみ箱を実際にロボットの上に乗けてみると、より高さもでて大きすぎるものになってしまった。段ボールを用いて作成したプロトタイプの円柱型ゴミ箱の点から、ゴミ箱の大きさをもう少し小さくするという事になった。

次に外装に使う素材を何にするか考えた。まず、どのような素材を使えばロボットの役に立つのか話し合った。見た目が良くなるような素材、丈夫な素材、重い素材なのか軽い素材の方が良いのかなどたくさんの意見が出てきた。メインはロボットで、その上に乗せることになっていたので

ロボットが壊れないように軽くて丈夫な素材にすることになった。軽くて丈夫な素材といっても調べると思いの外たくさんあり、どの素材が一番良いのか調べていくことにした。その中で、チタン、カーボン、アクリルの三つの素材の特徴に注目して選ぶことにした。

まず、一つ目にチタンは具体的にどのようなものか調べた。軽くて丈夫のことは当然のこと他にも金属なのに電気を通しにくく、錆びにくいという特徴もあることがわかった。ロボットは電気ので動くので、外装の素材のせいでエラーが起こらないようにするためにも非常に良い素材であると考えた。また、将来的にごみ箱ロボットを実装することを考えると錆びにくいという点は長持ちさせるために必要な条件であると考えた。

二つ目にカーボンについて調べた。カーボンについても軽くて丈夫であるのは当然で、耐摩耗性、耐熱性、熱伸縮性、耐酸性、電導性に優れている特徴があることが分かった。

三つ目にアクリルについて調べた。アクリルは軽くて丈夫で、なおかつ加工がしやすい素材であることが分かった。熱を与えることによって簡単に伸縮し、自由に形状を変化させることができる素材であった。

どの素材でも最低限の特性があるので、非常にどの素材にするのか迷った。予算的に一番安価な素材にすることにした。調べるとアクリルが一番安価なものだったのでアクリルを加工してごみ箱を作成していくことにした。一度アクリルを購入して加工することを試してみた。しかし、想像していたよりも加工が難しく、作業が進まなくなってしまった。そこで、苦肉の策でしたがアクリルの加工をしてくれる業者を探すことにした。そして、正確な図面を作って送ればその図面通りにアクリルの加工をしてくださる業者を見つけたので図面を書いて送った。完成までに少し時間がかかることだったので、もしもの時のために自分たちの手で木を使ってごみ箱を作ることにした。実際に木を正確に切って加工して、組み立てをし、ごみ箱を作ることは容易ではなかった。また、円柱型のごみ箱にするのは無理であった。そこで、木の加工をしている人を伺いどのように加工すれば木で円柱型のごみ箱を作れるのか話を聞くことにした。すると、円柱にするには細長い長方形の木の板を組み合わせるといいということが分かった。しかし、その方法では隙間ができてしまうことが分かり円柱型のごみ箱を木で作成することは断念した。ですが、予備のごみ箱は用意しておかないと不安であったため木でのごみ箱作成は続けることにした。そして、四角柱の予備のごみ箱を木で作成することに成功させた。

予備のごみ箱を完成させるとすぐに業者に頼んでいたアクリルを使ったごみ箱が届いた。アクリルの加工を頼んだ時に送った図面通りのものであった。ロボットに乗せる部分と大きさも同じで良い物に仕上がっていた。予備のごみ箱とアクリル加工をしたごみ箱を用意することに成功した。二つあるなかで、アクリルの加工をした円柱型のごみ箱を使っていくことに決まった。

(※文責: 服部将大)

## 5.2 各課題とほかの課題の連携内容

前述した基本動作、障害物回避、画像解析、目標物検知を組み合わせることで、SA を用いたロボットの実現が可能である。また、ユーザに捨てたいと思わせるようなデザインのゴミ箱の外装とSA を組み合わせることで、より収集率の高い、つまり、ユーザにゴミを捨てたいと思わせるようなロボットが制作できる。そして、プロジェクトの目標である学内のゴミに関する問題を解決可能だと考える。

まず、SA の各段階の課題について記述する。基本動作は SA の一段階目であるランダム走行に

## Challenge of Complex Intelligent Robot

必要な要素であり、これがなければロボットは自走できない。また、ロボットがユーザの元まで走ることもしない。基本動作とそれを元にしたランダム走行は Arduino を用いたプログラミングで制御が可能である。ロボットが常に何らかの行動をしていることでユーザの注目を集め、ロボットの存在をいつでも感じる事が可能である。これにより、ゴミを捨てようとユーザが思ったときに、ロボットの存在を思い出しやすくする効果がある。

障害物回避は SA の二段階目であり、これを用いることでロボットは自走しつつ、道中の障害物を避けながら走ることが可能である。また、前述の基本走行やランダム走行と組み合わせることで、壁や家具といった行き止まりにぶつかってしまっても、常に動き続けることで行き止まりから抜け出し、再び動き出すことが可能である。また、ユーザに呼ばれた際にも、この機能が働くことで、ロボットとユーザの間に何らかの障害物があってもロボットはユーザのもとまで向かうことが可能である。

SA の三段階目の目標物検知は画像解析を用いることで実装が可能である。ロボットの呼び出しにはスマートフォンのライトを使用する計画であり、そのスマートフォンのライトの色を検知することで、ロボットがユーザを識別しているように見せかけることが可能である。また、呼び出すライトの色を変えることで、ゴミの種類に応じたゴミ箱の呼び出しが可能になると考える。今期、SA は三段階目までの実装に着手しており、四段階目の、ユーザにある程度まで近づいて停止する機能にはまだ着手出来ていない。

次に外装の色と形状について記述する。ゴミ箱の色や形とゴミについては関係があり、ユーザがゴミを捨てたい気持ちにさせる、つまり、ユーザにゴミを捨てさせるにはゴミ箱自体にも何らかの工夫が必要である。例えば、燃えるゴミならば赤や橙色のゴミ箱が効果的であったり、燃えないゴミは灰色のゴミ箱が効果的であったりする。これらを考慮したうえで、収集するゴミに応じたゴミ箱のデザインを考えることが必要である。以上の各要素を連携させて一台のロボットを制作する。

(※文責: 平尾美紗)

## 第 6 章 結果

### 6.1 基本動作

3WD100mm オムニホイールロボットの動かし方を初めにサンプルプログラムをロボットに書き込み、動作確認を行った。その後マニュアルを参照しながら、サンプルプログラム内で使用されているライブラリを解析することによって、モータの動かし方を理解した。モータの動かし方を理解したことによって、前後・左右・回転動作の方法がわかり、独自にプログラムを組むことによって実装することができた。また、これらの動作ができることによって、移動動作を複数組み合わせることが可能となった。前進移動と回転動作を組み合わせ、一定間隔でいずれかの動作を呼び出すことでランダム走行を実装することができた。

(※文責: 平野香介)

### 6.2 障害物回避

前期の成果としては、あまりめぼしい成果は上げられず、購入した 3WD100mm オムニホイールロボットに付属していた超音波センサとその Arduino IDE サンプルコードを利用して障害物を回避することのみ可能となり、解析は進まなかった。

後期は前期で使用していた超音波センサが故障してしまったため、新たな超音波センサを使用して障害物回避をすることに成功した。超音波センサの仕組みを理解することで超音波センサについて詳しく知ることもできた。超音波センサを三つ同時に使うことも可能になり検出範囲も広がった。しかしこれからの課題として「超音波センサによる障害物検知の精度を上げる。」「画像解析カメラ pixy2 との同時使用の際、pixy2 が優先されるようにする。」といった二つのことが浮上した。

(※文責: 小淵佑真)

### 6.3 画像解析

Python を使った OpenCV の知識を習得することができた。また、それらを使って、画像に移っている対象物を検知して追跡するプログラムを作成することに成功した。しかし、早い動作だと追跡することができなかったり、近すぎたり遠すぎたりすると認識することが難しくなるという問題点も見つけることができた。その問題点を無くすために、改善をすることができた。また、そのプログラムを実行するためにカメラモジュールを制御するプログラムを作成したが、うまくいかなかった。しかし、PC に内蔵されているカメラでは、うまく動作していたことを確認することができた。

また、機械学習についても学習した。画像を機械に学習させることでゴミの種類を認識して分別が可能ではないかと思ったが、あまり時間がなかったので、機械学習については、途中で、断念した。なので、ごみを分別する機能を作成することができなかった。

そのため、後期からは画像を自動的に認識してくれるカメラモジュールを用いた。そのカメラモ

ジュールは、Pixy2CMUcam5と言われるカメラモジュールである。このカメラを用いて、画像を認識して追跡できるような機能をロボット本体に付け加えられるようにした。これにより、作業の効率化を図った。このカメラモジュールの詳細やこのカメラモジュールを用いた説明は別に記述してある。

(※文責: 三須洗一)

## 6.4 目標物検知

当初の目標物検知の目標は、マシンと連動するアプリからのサインに反応しそれに接近する、充電スペースを認識した場合にも接近するという2点としていた。しかし、アプリ開発班から、白色以外のライトをアプリで照らしてもらうよう要請したが、現在のメンバーの技術力では不可能であると、アプリからのサインに従って接近するという目標は頓挫した。また、充電スペースへの接近は、実機への搭載の時点での問題 (Pixy2 ライブラリによる特定ピンへの占有) の解消に時間を費やしてしまったため、成果発表時点では人の手の色に反応させる技術で留まった。

(※文責: 竹内裕哉)

## 6.5 外装

前期の時点では、外装に関するデータや調査不足から、理想とするゴミ箱の作成に取り掛かることができず、プロトタイプとして段ボールを用いたゴミ箱を作成した。このプロトタイプを作成したことによって大まかな完成予想図を描くことができた。

後期では、ロボットの上部分に搭載するゴミ箱に適した色や材質などを調べ、アクリルを用いた透明なゴミ箱の作成に成功した。一方で、ロボットの主要部分である、Arduino ボードや超音波センサなどがむき出しになっているロボットの2段目の部分を隠すことはできなかった。制御班がロボットの制御などを行う際に、2段目を覆ってしまうと作業に多大な影響を与えてしまうと判断し、2段目を隠すことは頓挫していた。制御班は最終発表時までセンサの調整や開発を進めていたため、最終的に2段目を隠すことはあきらめる形となった。またロボットを起動させるためのスイッチや障害物回避に用いられている超音波センサや、画像解析カメラも同様に1段目や、2段目に搭載されているため、現在の私たちの技術ではこれらのセンサ等の邪魔をせずに1段目と2段目の部分を隠すことは不可能であると判断し、目標としていた外装を完璧に実装することはできなかった。今回は隠しきることができず、丸見えになってしまっている部分を隠し、それぞれのごみの種類につき一台ずつそのごみの種類に応じた色の外装を作ることが今後の課題になって来るとかんがえられる。

(※文責: 根本尚侑)

## 第 7 章 中間・成果発表会

### 7.1 中間発表会及び成果発表会の概要

中間発表と成果発表は、スライドを用いて発表を行った。中間発表および成果発表は、両回とも発表時間は 1 回につき 15 分で、前半に 3 回、後半に 3 回ずつ行い、合計 6 回行った。15 分の内 10 分から 13 分を発表に使用し、最後に質疑応答の時間を設けた。1 回の発表につき 6 人から 8 人の聞き手がおり、聞き手は評価シートに発表技術について、および発表内容について 10 段階で評価をつけた。10 段階評価のうち 1 が非常に悪く、10 が非常に優秀である。続いて評価の理由やアドバイスを記入した。これは自由記述であった。発表者は発表毎に違っており、一つのスライドを分担で発表した。

中間発表の発表技術の平均は 6.04 であり、発表内容の平均は 6.30 であった。成果発表の発表技術の平均は 7.20 であり、発表内容の平均は 7.59 であった。このことから中間発表よりも成果発表の方が発表の技術も内容もより向上し、改善されたことが分かる。

(※文責: 平尾美紗)

### 7.2 中間発表会

#### 7.2.1 結果

中間発表の内容は主に目標を決めるまでの経過と、ロボットのプロトタイプを作成したこと、そして基本走行の制御を行ったことを発表した。発表技術の平均が 6.04 であることから、技術は良くもなければ悪くもなく、どちらかと言えば良いものだったことが分かる。発表内容の平均が 6.30 であったことから、こちらも良くもなければ悪くもなく、どちらかと言えば良いものだったことが分かる。

発表技術に関しては、声が小さく聞こえづらい、もっとデモがあってもよかった、発表時間が割り当てられている時間よりも短いのではないかと、各班の関係がよくわからない、スライドのどこを説明しているのか手で指し示せばもっと分かりやすくなると思う、ロボットは展示するだけで動かさないのか、質問に対して答えきれないことがあったので、事前に質問を想定しておいた方がいいかもしれない、スライドをそのまま読んでいるように見える、何を作るかで消去法にするのならば選ばれなかった選択肢の説明をもう少ししてほしかった、周囲の音で聞こえづらいので、スライドにももう少し補助的な情報が欲しかった、どのように分かれているのかを提示する前に各班の説明に入っていたので先に概要を説明した方がいいと思う、発表内容は記憶しておき、原稿を見ない方がいいと思う、スライドが前後するのならばアニメーションを入れるとテンポが悪くなるのではないかと、一人に対してのみ視線を合わせている場面が多かった、テーマ決めの話が内輪すぎる、ストーリーが場当たりの、後付けでもよいので理由を整理してほしい、一通りの流れを最初に言うのと分かりやすい、スライドにアカデミックスキルがたりない、新規性はないのか、言葉が何度も止まっているのが気になった、発表の練習が足りていないなど、様々な意見があった。

発表内容に関しては、外装の作成が他の項目ほど重要に思えない、ロボットが一台だけでは燃え

るごみと燃えないゴミが混じってしまうのではないかと、既存のゴミ箱の形にとらわれているのではないかと、ゴミ箱の容量が少ないからゴミ箱があふれるのであって、移動できるサイズでは根本的な解決にはならないのではないかと、ゴミを画像認識で判別する意味が分からない、ルンバや既存の移動ゴミ箱と比べて、今回のロボットが勝っている点がよく伝わってこなかった、もっと細かい内容が知りたい、用途と説明がずれているような気がする、分別は何を見て分別するのか、プラスチックでも汚れていけば燃えるゴミになるなどの度合いがあるので、人間の感覚で判断しているような部分の判別方法が知りたい、ゴミ箱を自分で呼ぶのならゴミを画像解析する必要はないのではないかと、など様々な意見があげられた。

(※文責: 平尾美紗)

### 7.2.2 反省点

以上の意見やアドバイスを踏まえて、後期に向けて、発表技術の点では、声を大きくし、スライドの発表内容を割り当てられた発表時間に見合った内容に掘り下げる、各班の関係を一目見て分かるようにする、スライドの詳細に入る前に概要を説明する、発表の練習を自主的に行うなど、改善するようにした。

発表内容に関しては、外装の重要性が伝わるようにデザインの根拠や文献を明記する、ロボットは複数台準備する旨を明記する、本プロジェクトで作成するロボットにしかない点、強みを強調するなど、改善点を明確にした。

ロボット自体についてはロボットの機能が多すぎるので、余分な機能をそぎ落とし、限られた範囲内での活動ならば可能な状態にまで仕上げるという目標に変えた。

(※文責: 平尾美紗)

## 7.3 成果発表会

### 7.3.1 結果

成果発表の内容は主にロボットの外装を作成したこと、SA を用いてロボットを作成すること、実装する機能について発表した。発表技術の平均が 7.20 であることから、比較的良いものだったことが分かる。発表内容の平均が 7.59 であったことから、こちらも比較的良いものだったことが分かる。発表技術に関しては、発表が長く単調で、飽きてしまうという意見があげられた。また、ポスターを効果的に使っていない、スライドの文字が黄色やオレンジで見づらい、発表がグループ毎に分かれ過ぎていて全体像が把握しづらいといった意見があった。

発表内容に関しては、動画ではなく、実際にロボットが動いている様子が見たかった、問題、原因、課題がスライドから読み取りにくい、外装にもう少し工夫があってもよかった、SA の説明が雑で正しい理解につながらないように思った、最終ゴールと各取り組みの関係が分かりにくかった、ものを避けた後にどのような動作をするのか見たかった、失敗した手法は発表内容に関係ないと思ったなど、様々な意見があげられた。

(※文責: 平尾美紗)

### 7.3.2 反省点

発表技術に関する反省は、発表内容を掘り下げることに入れた結果、発表内容が長くなりすぎてしまったことである。評価シートでも書かれたように、発表が長く単調であったため、聞き手に本プロジェクトの魅力や要点が伝わりにくかったことがあった。このため、発表内容の量の調節と、聞き手に飽きさせないような工夫が来期以降は必要だと考える。また、発表がグループ毎に分かれ過ぎていて全体像が把握しづらいという意見に関しては、メカ班とソフト班という枠で、それぞれの班が行った活動を発表するようにすれば、混乱は避けられると考える。

発表内容に関する反省は、実際にロボットが動いている様子を見せることである。これは中間発表でも指摘されており、動画ではなく実際に見せられるような段階までロボットを安定させる必要がある。また、失敗した手法に関する報告は発表からそぎ落とすこととする。

(※文責: 平尾美紗)

### 7.3.3 中間発表会と比べて改善できた点

発表技術については、声が聞き取りにくいという意見は依然としてあるものの、中間発表よりは、声を通して聞き取りやすいという意見が増えた。また、スライドが見やすく流れが分かりやすい、動画を効果的に使用できているという意見も挙げられていた。また、専門的な言葉が分かりやすく説明されており、高校生にも分かりやすい内容だったという意見があった。

発表内容については、ビデオクリップを複数用意したのは効果的だった、現段階で一台での実装が出来ている、人の手に反応して付いて行っているのが凄いと思った、目的に沿っている内容でよかったなどの意見があがった。

以上の点から、動画を用いた発表は効果的であることが分かった。また、目的に沿っている発表内容であったという意見が出たため、中間発表で指摘された用途と説明がずれているという指摘に対する改善は出来たと考える。

(※文責: 平尾美紗)

## 第 8 章 まとめ

### 8.1 プロジェクトの成果

ロボット本体の成果としては、3WD100mm オムニホイールロボットの基本的な動かし方をサンプルコードから読み取りながら理解し、制御することができた。基本動作を理解することで、単純な前進や後進だけでなく回転運動なども制御が可能となった。前進移動と回転動作の組み合わせによって、SA の最下層であるランダム走行に実現に成功した。

超音波センサを用いることで障害物回避をすることに成功し、超音波センサの仕組みについての理解を深めることができた。超音波センサの同時使用も可能になったことから超音波による障害物を検知する範囲を広げることに成功した。

OpenCV の知識を習得することによって、対象物を検知し追跡することが可能になった。カメラモジュールからの距離感や、対象物の移動速度によって認識できないという問題を改善することができた。後期からは Pixy2CMUcam5 と呼ばれるカメラモジュールを用いることで画像を自動認識し、作業の効率化を図ることに成功した。

前期では段ボールを用いたゴミ箱のプロトタイプの作成をすることができた。後期には、前期に作成したプロトタイプから発展させ、透明なアクリルを用いたゴミ箱の作成に成功し、どのゴミの種類にも適応したもっとも好ましい色に随時変えることができるようになった。ロボットの主要部分である 2 段目を隠すことができず、むきだしのままになっている。

(※文責: 根本尚侑)

### 8.2 成果の評価

当初の目標であった呼び出すと、呼び出したユーザのもとへ寄ってくるゴミ箱ロボットと対比すると、基本動作の面ではランダム走行が可能になったことから、ユーザのもとへたどり着く可能性がある程度保証されているため良いと感じた。また、障害物回避では超音波センサを 3 つ搭載したことにより障害物を検知する範囲が広くなり、障害物によってユーザのもとへたどり着かない可能性は大きく下がると考えられる。しかし、センサの精度に関してはまだ不安が残るため改良の余地があると感じた。画像解析に関しては、対象物を検知追跡可能になったことで目標への到達が現実的に感じられるものであった。外装はどの種類のごみにもでも応用が利く仕様になっているのは良いが、隠しきれていない 2 段目などの改善の余地がある。

(※文責: 根本尚侑)

## 第9章 各自評価

### 9.1 平尾美紗

私はメカ班に所属し、一年間とても積極的に活動してきた。前期では外装班に所属し、段ボールを用いた外装のプロトタイプを作成を行った。プロトタイプを作成するにあたり、素材の段ボールをカッターで切り、筒状に加工する仕事を担当した。段ボールは一定の方向に沿って切るのは容易であるが、その方向に逆らうように切るととても大変であった。また、筒状に加工するにあたり、曲げやすいように段ボールに切れ込みを入れる作業があるが、切りすぎて段ボールを両断してしまわないように注意を払った。他にも、プロジェクトの目標を決めたりどのようなロボットを制作するのかを決めたりする話し合いでは、積極的な発言をして議論を活発にするように努めた。自分から意見を出すのはもちろんだが、既に出ているアイデアを組み合わせて新しい形にしたり、反論意見を出してみたりと、周囲からも意見を引き出しやすい雰囲気づくりに努めた。

後期では主に論文の検証や要約、成果発表に向けての準備に尽力した。他にも、他のグループから意見を求められたり感想を聞かれたりした際には積極的に発言した。論文の検証や要約の作業では、外装班が、外装作成の参考にした論文の内容を吟味し、論文の要約や要点のまとめを行った。また、他にもプロジェクトに有用な論文を探したり、グループ内でトラブルや問題点が浮上した際には、問題解決のために有用な文献やサイトを探したりした。使用された論文が本当に本プロジェクトの目標に沿っているのか、内容を検証する作業も担当した。成果発表の準備では、中間発表で指摘された意見や問題点を踏まえて、全体の構成を、初めて論文の内容を聞く人でも分かりやすく、理解できるようにするように心がけた。また、スライド全体の構成や流れに不自然な点はないか、時間が許す限り調整を行った。スライドを見ただけで何を行ってきたのかを分かりやすく伝えられるように注意を払った。

以上の活動を振り返って私は、前期では自分でも満足のいく活動を行えたと考える。このことは中間発表で提出した学習フィードバックの班員からのコメントでも明らかであり、班員の一人として、全体の活動にとっても貢献した。

後期ではとても満足のいく活動をしたり、結果を残したりすることが出来なかったと考える。私はプログラミングが苦手であり、後期ではロボットの走行の制御やセンサの調整を他の班に任せてしまった。そのかわりに論文をまとめたり発表の準備を行ったりしたが、個人での作業量のほうが多く、積極的にメンバーと協力して課題達成のために取り組むという点に関しては、前期ほどの活動は出来なかった。その代わりに自身に割り当てられた仕事には尽力した。プロジェクトの発表スライドの作成はその最たるものであるが、班員とのスライドの内容や構成に対する意見の衝突もあり、なかなか折り合いをつけるのが難しかった。後期の活動は心残りが残るものであった。

(※文責: 平尾美紗)

### 9.2 服部将大

私は本プロジェクトを進めていくためにメカ班に所属して活動をしてきた。まず、本プロジェクト学習が始まってどのようなロボットをつくるのが良いのかという話し合いの際には積極的に発言

## Challenge of Complex Intelligent Robot

をし、話し合いをスムーズに進めていけることを心掛けて活動してきた。プロジェクト学習開始当初はどんなロボットにするのかたくさんの意見が出ていた。家事で役に立つロボット、音楽系のロボット、警備ロボット、介護用ロボット、スポーツロボットなのかそれともあえて弱いロボットを作りロボット任せにならないようなロボットを作るのかなどたくさんの意見が出て、話し合いが立ち往生してしまった際には現実的に考えて作れそうなロボットに絞るように案を出してプロジェクトを進めていった。そして、大まかに作るロボットを決めてすぐに作業を効率よく進めていくために二つのグループに分かれて作業していくことになった。メカ班とソフト班である。私は迷わずメカ班の方に立候補してメカ班に入ることになった。なぜ迷わずメカ班に立候補したのは理由がある。それは、私自身プログラムがあまり得意なほうではなくソフトウェアの開発に携わると迷惑をかけてしまうと感じたからだ。しかし、メカ班でも Arduino を利用してロボット本体の制御をするということを後から知り、結局プログラムはしないと作業をすすめることはできないものだとその時悟った。

前期の活動が始まってメカ班の一員としてはあまりプロジェクトに貢献できなかったと感じている。前期の活動の中ではごみ箱本体のプロトタイプ作成において活躍した。ロボットの上に乗けるごみ箱のプロトタイプを作るときには当初の予定では蓋ありのごみ箱にする予定であった。その蓋ありのごみ箱のプロトタイプを作る際には蓋の部分の作成に携わった。ロボットとごみ箱の接着面のサイズを測りそこから蓋のサイズを決め、蓋を作成することに貢献していった。ごみ箱のプロトタイプを作成するには貢献することができたが、一方でメカの制御のほうでは活躍することが出来なかったと言える。まず、メカの制御のほうで足を引っ張ってしまったことがある。Arduino の環境を PC に導入する時に不具合が起り、制御を進めることに遅れをとってしまったことである。その遅れによってなかなか他の人が話している制御の内容を把握することができなかった。また、私はあまりプログラミングが得意な方ではなく他のメカ班の人のように問題がある部分を見つけたりすることができなかった。そこで、どこかで貢献できなかった分を頑張らなければいけないと考えた。そこで、中間発表の際に貢献できるようにした。

中間発表の時には発表前の準備で貢献していった。中間発表当日の準備の時間は授業がある人もいて準備をするにも人手が少し足りなかった。しかし、積極的に準備をすることで少ない人数でも発表に間に合うことが出来たので貢献できたといえる。中間発表の内容としては、個人の活躍としては悪かった。原稿を前日から確認して覚えてきていたつもりでしたが、スライドと照らし合わせて練習する回数が少なかったのか本番になって少し発表で止まってしまう場面が出てきてしまった。前期はほかのメンバーに大きな迷惑をかけてしまったと感じている。前期の活動をふまえて後期はプロジェクトにもっと貢献できるように積極的に仕事をするようにした。

後期の活動が開始すると初めに中間発表の際に指摘された内容からもう少し具体的にどのようなロボットを作成していくのか話あった。その話し合いで、実装可能ロボットの性能を絞りロボットの具体化に成功した。また、中間発表のアンケートからごみ箱は収集しやすさを重視するのかそれとも捨てやすさを重視するのかという意見が出ていたので収集しやすさを優先するべきだと主張し、プロジェクトをスムーズに進めていくことに貢献していった。後期に入り、ごみ箱ロボットの具体的性能が絞られメカ班が制御班と外装班で分かれて活動することになった。そして、私は外装班として活動していくことになった。

外装班としての活動としてはごみ箱の作成をすることで、前期の活動で作成したプロトタイプと中間発表のアンケートを一から見直しよりどのようにすればよいのか考えた。そこで、軽くて丈夫な素材を使っておみ箱を作ったほうが良いという意見を出した。ごみ箱を軽量化することによって、ロボットに対しての負担が減らせるであろうと私は考えたからである。また、視覚的な効果を

用いて収集率を上げるために色もこだわったほうが良いと意見を出した。二つの意見どちらとも賛成してもらったことになった。次にどのような形状にするか話し合った。ロボットの形に合わせた形にしたほうが良いのではと外装班で同じ意見が出たので、円柱型のごみ箱を作っていくことにした。そして、どのような素材を使って作成していく話し合いを行った。軽くて丈夫な素材はなにがあるか積極的に調べた。そこで、調べていく中でアクリルを用いてごみ箱を作成したほうが良いのではないかと考え、それを主張した。円柱型でアクリルを使ったごみ箱を作ると決めたので本格的に作成していくことになった。作成するためにまず素材の調達をしにいくことにした。そこで、アクリルの色をどうするのか困ってしまった。それはなぜかという、今回プロジェクトで作っているごみ箱ロボットは何のごみを捨てるか決まっていなかったからだ。ですので、今回使うアクリルは透明な物を選ぶことにした。アクリルの加工を一度試みてみたのですが私の技術では安易に加工できるものではなく、活躍することができなかった。アクリルの加工が自分たちでするのは無理なこと気づいてしまったので、苦肉の策でしたがアクリル加工は業者にしてもらうことになった。業者にアクリル加工してもらう際にごみ箱の正確な図面が必要だったので、私は図面を書く係を買って出て書き貢献した。発注してから少し時間がかかるとのことだったので、もしもの時のために木を使って予備のごみ箱を作成していくことになった。そこで、私は材料の調達と加工をした。しかし、円柱型のごみ箱を作ることができず、木の加工を行っている人を訪ねた。木の加工をしている人も木の板だけでは難しいとのことだったので、四角形のごみ箱を作成することになった。予備のごみ箱の作成する際には、加工を担当し貢献することができた。アクリルのごみ箱が届き、私が書いた図面通りのものがきたのでロボットにはアクリルのごみ箱を使うことに決まった。

最終発表の準備では前期に比べて非常に活躍できたといえる。外装班の作業が少し早めに終わったので、外装班の人と共にポスターの作成をすることを積極的に行った。ポスター作製においては、メインポスターを書くことになった。そこで私は、前期の活動も振り返り後期の活動でそれぞれの班が何をしてどこまでできるようになったのか詳しくまとめることをした。また、早めにポスターを作成してメンバーに共有し、確認を取り、自分では気づけないミスがないか調べてもらうこともした。案の定ミスや直したほうが良いところを指摘されたので、修正することができた。ポスターを完成させたので、ポスター印刷の作業も私が行った。ポスターの印刷をしたことがなかったが、一人で印刷の作業を行い少し不安であったがなんとか印刷することができた。ポスターの用紙が少し大きかったのでポスター用のサイズに切る作業も一人で行って最終発表までにしっかりと間に合わせた。最終発表の個人の用意としては、中間発表での失敗があったので発表練習をしっかりと行い本番に備えることができた。最終発表当日には、発表場所に物を積極的に運んで貢献していった。最終発表本番では、中間発表の失敗もあり少し緊張してしまった。ですが、聞きやすい声で発表できたと私自身は考えている。しかし、少しだけ発表中に動画再生する際に上手く動画を再生することができなくてもたついてしまった。それでも、最後まで乱さず発表をすることができた。中間発表の失敗を活かして、最終発表の準備をし、最終発表を行えたので評価される部分であると考えた。このプロジェクト学習を通して感じたことや得られるものが大きく分けて三つほどある。まず一つ目に、一人の作業の遅れが全体の遅れになってしまうことだ。私が何か理解していないことがあったり、できていないことがあったらそれについて教える時間を他の人に与えてしまって非常に迷惑をかけてしまったと感じている。また、他の人がどの作業を行ってどこまで進んでいるのか把握することも必要である。一人の作業が遅れて全体が遅れないようにするにも必要なことだと感じた。

二つ目は、コミュニケーションを積極的にとることだ。集団で行う作業において、仲を深めることは大事だと感じた。ジョジョにコミュニケーションを取りお互いを分かり始めてからの方が意見

## Challenge of Complex Intelligent Robot

を述べる機会が以前に比べて多くなっていた。意見を多く出し合えればより良いものを作り上げてくることが可能であると考えている。

三つ目に、得たこととして自ら新しいことに挑戦するようになったことだ。私は基本的に細かい作業など責任が重い役を買って出ることがなかった。しかし、私ができない作業を一生懸命している人を見て自分も何かしなければいけないと感じた。そこで、本来苦手としているごみ箱に使う素材の加工やポスター作製を自ら行った。私としてはこのような積極性が出てきたことを大変うれしく思っている。

以上のような感じたことや得たものを忘れずに今後の個人のステップアップや、就職後の仕事で活かせるように精進していきたいと考えている。本プロジェクトに所属し、プロジェクト学習を進めていくことに当初私は不安を抱えていた。それは、一度留年をしてしまい仲の良い友達がいなかったことである。仲の良い友達がいらないから不安になるのはおかしいと思われるかもしれないが、私個人的には歳が一つ違う人たちの中に飛び込んで、一緒に同じ目標に向かって作業していくことはとても不安でしかなかった。おそらく、歳の違いを気にすることはプロジェクトのメンバーも私に対して同じように思っていたと感じている。そんな中でも、プロジェクトのメンバーは分け隔てなく接してくれ、私に対して厳しい意見もしっかりと伝え、プロジェクト学習をより良い方向に持っていくことをしてくれた。そのように接してくれていたことにとても感謝している。最後に出席、週報の記入や提出物の状況においては良好だったと考えている。初めに出席においては、一度も休むことなく出席をしていた。週報の記入については、少し遅れて出してしまうこともあったが、今まですべての週報の記入をしてきた。提出物では、期限以内に終わらせポートフォリオと報告書の提出、自己評価フィードバックシートの提出をしっかりとだしていた。したがって、出席、週報の記入や提出物の状況においては良好だったと言える。

(※文責: 服部将大)

## 9.3 平野香介

### 9.3.1 前期

前期の活動では、プロジェクトリーダーということもあり積極的な発言や課題達成のための行動を心掛けた。また、プロジェクト全体が円滑に進められるよう積極的にメンバーに声をかけるように意識した行動を心掛けた。

メカ班の活動としては、主に外装の制作と3WD オムニホイールロボットの購入時に付与されていたArduinoIDEで編集可能なサンプルプログラムやマニュアルを読み、モータの動かし方を理解した。マニュアルはすべて英語で書かれており、すべてを読み終えるのに非常に多くの時間を費やしてしまった。実際にプログラムを書き込んでみて、ロボットが動くかの確認を行った。自分でプログラムを組んでロボットへ書き込みを行ってみたところ、プログラムの書き込みが行われていないことがわかった。マニュアルの再度読み直しや、インターネットを調べることでその問題を解決した。プログラムの書き込みが行われていないことが非常に遅れてしまい、その後の作業に影響を与えてしまった。その後、モータの動かし方が判明した為、他人にもわかりやすいようなモータの動かし方のプログラムを作成した。実機の基本動作として、上下・左右・右回転・左回転を実現した。この基本動作は、ランダム走行を実現するために必要であり、また障害物の回避動作や目標物を探知し、探知した目標物に向かって移動するために必要であった為、今後のロボットの動作に非常に役に立った。外装はロボットの上にごみを収集する部分を置いたときにある程度のイメー

ジをつかむために簡単に作れるだろうと思い、段ボールで制作を行った。制作後ロボットの上に装着したのだが、ロボットの部分が意外にも高さがあった為、ゴミを収集する部分の高さが合わさることでかなり高いものだと感じた。そのことからゴミを収集する部分の大きさを詳細に考える必要性を感じた。中間発表会の準備として、発表会に使用するスライドと原稿を作成した。スライドは見やすいように文字は少なめにしたほうがいいなどの意見を出し合った。また、スライド及び原稿のチェックを行った。前期の活動では、1から企画を立てるということをやったことがなかったため、試行錯誤の連続であった。均等に役割分担を行えたとは言えず、随所に作業の甘さが垣間見え、作業効率があまり良くなかったと考える。

中間発表会では成果物について様々な指南を受け、後期への課題が見え、様々な指南をポジティブにとらえることができた。中間発表会后、アンケートをプロジェクトメンバー全員に均等に割り振り、一部の評価を担当した。中間発表会では、声は出ていたと思うが、聞いてくださった人たちに内容が伝わっていないと感じ、最終の成果発表会では内容をうまく伝えるように、意識することを考えた。

(※文責: 平野香介)

### 9.3.2 後期

後期の活動ではロボットの制御を中心に制作に取り組んだ。前期の反省を踏まえて、課題を少数に絞り、作業効率を図った。役割分担をうまくでき、自分の作業に集中することができたと考える。基本動作は前期でできていた為、そこから超音波センサやカメラセンサを組み合わせた動作の実現を目指した。まず初めに取り組んだのは、活動場所の周辺を周回する動きをプログラムしたのだが、床に敷いているカーペットの抵抗が原因なのか直線に進むということ自体が困難であった。何度も試行錯誤し、ある程度、直線的に移動できるようになったことを確認した後、ランダム走行と超音波センサによる障害物回避動作にシフトした。ランダム走行は障害物も目標物もない状態での動きに必要なのだが、これは回転と直進だけで充分であると考えた為、少ない時間で実現することができた。超音波センサだが、元々ついていたものの反応がなかった為、壊れていないかを調べた。サンプルコードの解析を再度行ったり、マニュアルを熟読することや、センサと基盤の接続パターンをすべて試したりしたのだが原因がわからなかった。また、その壊れているかという原因探しに多くの時間がかかってしまった。おそらく超音波センサ本体ではなく、基盤に問題があるのではないかと私は判断している。その後は元々ついている超音波センサが使えないことが判明した為、代わりとなるものを探し、購入した。代わりとなる超音波センサの制御は他のメンバーに任せ、私はカメラモジュールの制御を担当した。カメラの制御だが、基本的な操作を確認し、専用のツールを使用することによって色をもとにオブジェクトとして登録することができることがわかり、それを利用して、目標物の探知をロボットに行わせることにした。カメラセンサの映像をもとにどのような状況でロボットはどのような動きを実行すればいいのかを考えた。そして何度も試行錯誤した結果、自分がロボットに実行したかったことを実現することができた。その後、超音波センサによる障害物回避動作をプログラムし、テストを行った。ランダム走行・超音波センサによる障害物回避・カメラセンサによる目標物の探知及び目標物に向かっての移動が実現することができたため、それらを統合しての動作のプログラムを行った。結果としては、各々の動作が実行されていることが確認できたが、障害物回避が優先されているのかはわからないが、障害物回避が優先されているような動作をしていることがわかり、人の肌を目標物として設定していたのだが、なかなか目標物へロボットが向かっていかなかった。プログラムを色々と変更して試してみたのだが解決

## Challenge of Complex Intelligent Robot

することはできなかった。今後の課題としては、目標物があった場合、目標物を優先的に動作し、かつ目標物へ移動する途中で障害物があった場合、障害物を回避し、その後再び目標物を検知するようなプログラムを組むことである。成果発表会の準備だが、主にポスターに使う素材づくりを行った。ロボットの動作を評価するために、ロボットにマッキーペンを装着させ、白い紙の上に置き動作の跡をペンでたどったものを制作した。またロボットの写真や各センサの写真を撮った。また、成果発表会当日に使うスライドをチェックし、おかしなところを指南し、修正を当日まで行った。発表会後は中間発表会の時と同様にプロジェクトメンバー全員にアンケートを均等に割り振り、一部評価を行った。

成果発表会での自分自身の評価としては、聞いてくださっている人たちにどのようにすれば内容が伝わるかということを考えて。具体的に言うと、話す順番や視線誘導を意識した。それらの工夫によって、中間発表会と比較すると多少うまく内容が伝わったのではないかと考える。発表は卒業研究や社会人になった後でも必要な技術だと考えているため、これからも精進したいと考える。

プロジェクトリーダーとしての後期の活動は、主に制御グループとしての活動を集中して行ったために、プロジェクト全体の進捗状態や各自が行っている活動を把握できていなかったと感じた。ロボットの制御に苦戦していたこともあり、随所で状況を見通せなかったと考える。

(※文責: 平野香介)

## 9.4 竹内裕哉

### 9.4.1 プロジェクト内における位置づけ

前期後期ともにメカ班として活動した。前期はマシンに物体検出の機能を実装するために鈴木恵二先生から OpenCV の勉強を指示され、それに着手した。後期はプロジェクト期間内に物体検出の機能を実装することが難しいと考え、マシン本体の行動の制御に着手した。また、超音波センサ、Pixy2 camera の性能調査やマシンへの実装に対しての問題点の発見、解消案の発起にも貢献した。

(※文責: 竹内裕哉)

### 9.4.2 活動の目標設定

私は今回のプロジェクト活動において、複数の人数で行う活動の難しさを体験し、その問題点の解決に注意していくことを目的としていた。つまり、プロジェクトメンバー間とのコミュニケーション能力の向上を目指していた。多人数の作業は、必ず衝突や意見の相違が発生するものであり、その問題を解決することに時間を割くことが必要になる。しかし、プロジェクト活動において、その時間は作業の遅延につながると考える。よって、私はその問題を最小限に抑えるための練習だと考えて本プロジェクト活動に臨んだ。

また、本プロジェクトの目的は複雑系知能ロボットの開発と考えており、複雑系知能ロボットを開発するには、ロボティクスや人工知能などの分野にも携わる必要があると考え、その分野の学習においての参考にしていくことが可能ではないかと考えた。よって、私の本プロジェクト活動の目標は、多人数での作業によるコミュニケーション能力の向上と、ロボット開発に係る分野の勉強の2点とした。

(※文責: 竹内裕哉)

### 9.4.3 前期の活動

プロジェクト活動の初週と2週目において私たちは、ゴミ箱ロボットの作成をプロジェクト活動の成果物の目標として設定した。ゴミ箱ロボットを開発するにあたり、ゴミ箱ロボット本体の行動の制御や外装などに携わるメカ班と、ゴミ箱ロボットと連動するためのアプリを開発するソフト班の二種類に分けて活動することにした。そこで、私はロボット本体に携わるためにメカ班に所属した。

私はメカ班として活動することになり、ゴミ箱ロボットに必要な要素として物体検出の機能の実装を目標とした。そこで、私は鈴木恵二先生により物体検出のために OpenCV の勉強を指示され、メカ班の画像分析班としてメンバーの三須洸一君とともに活動することになった。OpenCV とは Open Source Computer Vision Library の略称であり、画像処理や機械学習の機能を持つライブラリの一つである。私は、OpenCV の環境を構築するにあたり無料でダウンロードできる Python-xy を使用した。Python-xy は汎用のプログラミング言語である Python を使用することが可能で OpenCV 等のライブラリが元々備わっているものである。OpenCV で物体を検出しゴミ箱の中身が正しいかどうかを判別することを目標とした。まず、OpenCV を使用するにあたり、私は Python を学習したことがないため、Python の基本的なプログラム作成に着手した。Python の基本的なコード作成のルールや仕組みを学習した後、OpenCV に着手した。ここで、画像解析班として、私が OpenCV での物体検出の学習、三須君が OpenCV とマシンのカメラセンサの連動の2部に分かれて活動をした。OpenCV で物体検出を行うためには機械学習をマシンに行わせる必要があった。機械学習には、特定の物体を検出するにはその物体の画像とそれ以外の画像を用意する必要があった。そこで、私はゴミの中で比較的検出しやすく捨てられることが多いと思われるペットボトルに着目した。機械学習をするにあたり、ペットボトルか否かを判別させるためにペットボトルとペットボトルに似た画像やまったく違う画像を用意することになった。この画像の収集にあたり数週間の時間がかかった。機械学習をさせる段階で、前期の中間発表が近づいたので、中間発表の準備に追われて学習させることができなかった。中間発表の準備では、ポスターの英文の部分の作成、発表時のメカ班の原稿の作成等に携わった。中間発表では、前半のメカ班としての部分の発表を行った。

前期の活動で行ったことは、物体検出機能の実装のための OpenCV の勉強と中間発表のポスターや発表の原稿の作成に終わった。OpenCV においては、肝心の物体検出機能の実装に至らず、機械学習をさせる前段階で終わってしまった。中間発表のポスターの英文作成はスペルミスや文法のミスなどがあったが、概ね良好であった。中間発表の原稿作成では、メカ班の前期の活動をまとめ上げた文章を作成したことで、他メンバーの発表に貢献もできた。前期は良い点と悪い点の両方があり、後期の活動では前期の活動を踏まえて改善していくことを副目標とした。

(※文責: 竹内裕哉)

### 9.4.4 後期の活動

前期の中間発表で、質疑応答やアンケートから「ゴミの種類が事前にわかっているなら画像解析や物体検出は必要ないのでは？」という意見が多くあった。後期の活動の初週でその件についてメカ班と話し合った結果、物体検出の機能の実装は一先ず停止し、SA(サブサンクションアーキテクチャ)の考えを基にマシンの行動の制御を始めることになった。そこで、メカ班はロボット班、外

装班、報告書作成班の3グループに再編成した。私はロボット班として後期はマシンの制御に携わることになった。

後期の活動は主に、マシンの移動の制御と超音波センサや Pixy2 camera のマシンとの連動に着手した。マシンの移動の制御では最初に、前期の段階でのマシンの移動は進行方向に平行に進むことができない状況にあったのでその調整を行った。マシンの移動調整の結果、マシンのあるモーターの出力が弱いこと、床が布地であるため摩擦係数が通常の床より高いことの2つの原因が判明した。そこで、今までモーターを3つ回していたことに対して、動かすモーターを2つにして調整することにし、不安定ながら進行方向と平行に進むことを可能にした。次に障害物回避の機能を実装するに当たりマシンに備わっている超音波センサの性能調査を行った。その結果、購入当初は稼働していた超音波センサに不具合が発生し、使用が不可能になった。そのため、新しい超音波センサを購入しその性能調査と実装に移った。新たな超音波センサは前方15度の範囲で2400cmの障害物を検知することが可能で、マシンとの連動も問題なく行うことができた。しかし、前方15度の範囲の検知では左右の障害物まで及ぶことができなく、マシンが移動中に壁などに衝突、擦ることが多々発生してしまった。そこで、3つの超音波センサを連動することで、実質前方60度の範囲を検出することで衝突の可能性を下げようと試みた。その結果、左右の障害物や壁には衝突することがなくなったが、3つを連動することの弊害としてマシンの処理能力が格段に落ちてしまい、検知しなくなる問題が発生した。しかし、その問題が発生した時点で成果発表の準備が迫っていたためその問題を解決することができなかった。超音波センサの実装と並行して、Pixy2 camera で対象物への接近と停止の機能を実装することになった。Pixy2 camera はセンサ本体に色の判別の機能が備わっていたため、ある特定の色を検出することが可能であることが判明した。合計7色の色の判別が可能となっていたが、本プロジェクトでは連動するアプリの発する色に対しての検出を目標とした。成果発表時では、肌色のみを検出することで擬似的な完成とした。しかし、このセンサは、マシンの特定のピンの制御を一時的に占有してしまいモーターによるマシンの移動に不具合を起こさせてしまう欠点があった。その問題を解決する時点で、成果発表の準備期間が迫っていたため、この問題を解決することはなかった。成果発表では、前期と違い発表のスライドの編集や作成と質疑応答の担当となった。

後期は主にマシン本体の制御に携わった。マシンの平行移動の着手では、平行移動を概ね成功させたが、改良すべき点は何点か存在した。3つの超音波センサの実装では、マシンの処理能力の低下を招いてしまったが、障害物回避としての機能の実装は成功した。Pixy2 camera の実装は、マシンの特定のピンに対する占有プログラムの解除をすることができなかったが、対象物検知の機能は成功した。

(※文責: 竹内裕哉)

### 9.4.5 今後の課題

課題は3点あり、一つ目がマシン本体の移動のより緩やかな制御、二つ目が超音波センサの障害物検出の処理能力の向上、三つ目が Pixy2 camera と OpenCV の連動での物体検出の完成の三つである。本体の移動の制御は、現段階ではすぐに移動方向に対し回転してしまうため、自由に移動している様には見えないためマシンの移動に対するプログラムの向上が必要であると考え。超音波センサの処理能力の向上においては、マシン本体の処理能力の向上を目指すか、別の広範囲に検知可能なセンサの搭載を検討する必要があると考える。Pixy2 camera と OpenCV 連動においては、まず OpenCV による機械学習を行わせることが不可欠であり、その機械学習を完了させるこ

とが第一である。その次にその2つを連動させなければならない。そこで、Python と Arduino の連携をするための2つのコードのさらなる学習が必要であると考える。

(※文責: 竹内裕哉)

### 9.4.6 プロジェクトの成果として得られたこと

私は、本プロジェクトでの目的はメンバー間のコミュニケーション能力の向上とロボティクスや人工知能等の分野の勉強とした。今回のプロジェクト活動において、メンバー間のコミュニケーションは概ね良好であり、互いに支援し合って活動していくことができた。勉強の分野は、ロボティクス系統には携わらなかったが、人工知能分野である機械学習に多少ながら携わることができたため、半分成功したと考える。しかしながら、プロジェクトの成果物としては、私的に改良することができた部分が多々あったため成果物の完成としては反省すべき点があった。よって、これからの自分の活動においては今回のプロジェクト学習で経験したことを活かして活動していきたい。

(※文責: 竹内裕哉)

## 9.5 三須 洸一

私が前期で行ったことは4つある。1つ目は、どのようなロボットを作成して、それを使用することでどのような効果があるのか、またどのようなものが必要なのかをメンバー全員で案を持ち寄り話し合いを行った。その中で様々な案があった。例えば、ドローンなどを用いてロボットを空に飛ばすものや、人の心を癒すロボットなどが挙げられた。その中で、作成することを決めたロボットは、ゴミ箱ロボットであった。大学内のゴミをゴミ箱ロボットが減らすことでより良い環境を構築することができ、個人のゴミ処理に関する意識が変わるのではないかと思ひ話し合いの結果作成することに決まった。

2つ目は、ゴミ箱ロボットを作成するにあたって、どのような便利なゴミ箱があるのかを調べた。例えば、投げたゴミを必ずゴミ箱の中に入れてくれるロボットや、ゴミ箱の中にセンサーを用いて、ゴミの分量を測定し、ゴミ回収時の作業の効率化を促すような便利なゴミ箱があった。これらの例を踏まえてどのようなゴミ箱ロボットを作成するかを思案した。その結果、人が呼べばロボットが近づいてきて、ごみを捨てやすい位置までやってきてごみが捨て終われば元の位置に帰っていくというようなロボットを作成しようと思ひした。

3つ目として、そのようなロボットを作成するために何が必要かを議論した。その結果、ゴミ箱を作成するにあたって用いることにしたのは、3WD100mm オムニホイールロボットというものである。このロボットの特徴は、ArduinoIDE によるプログラム制御が可能で、三つのホイールで全方向に移動することが可能である。また、内蔵された超音波センサーによって障害物を認識することが可能となっている。これを用いてゴミ箱ロボットに必要な機能を作成していかうとした。作成するために、メカ班とソフト班の2つに分かれた。私は、メカ班として活動した。メカ班の役割は、ロボット本体の改良である。

4つ目として、私はゴミを検知するためにカメラを用いて画像解析を行うためのプログラムを作成する活動をした。画像解析を行うために、私は OpenCV の学習に励んだ。OpenCV を学習するにあたって、私は Python を用いた。そして、画像に移っている対象物を検知して、追跡するプログラムを作成することに成功した。しかし、速い動作だと追跡することができなかつたり、近すぎ

たり遠すぎたりすると認識することが難しくなるという問題点も見つけ、改善する方法を見つけプログラムを書き換え、問題点を無くすことができた。また、そのプログラムを実行するためにカメラを制御するプログラムを作成したが、うまくいかなかった。しかし、PCに内蔵されているカメラではうまく動作していたことを確認することができた。また、機械学習についても学習した。画像を機械に学習させることでゴミの種類を認識して分別が可能ではないかと思ったが、あまり時間がなかったので、機械学習については、途中で、断念した。

中間発表では、スライドを作成することを手伝った。プロジェクトの発表では、ソフト班について発表した。緊張などはしたが、やり切った。アンケートなどでの本プロジェクトの感想では、問題点が多く続出したので、それを解決するために反省点を生かして、後期にできるようになるため、中間発表よりも良い発表ができるように後期を充実したプロジェクトになるよう積極的に参加しようと思った。また、多くのイベントにプロジェクトのメンバーとして参加した。前プロジェクトに関わっているイカロボットを港まつりに参加してイカロボットの知名度を上げる活動を行った。また、オープンキャンパスでも、未来大の名物であるイカロボットを高校生に向けて説明し、イカロボットを実際に動かして体験させた。高校生発表では高校生に向けて、わかりやすくスライドを作成して、プロジェクトの前期と後期の途中経過の発表をわかりやすく説明をした。また、イカロボットについても発表し、高校生に実際に動かせて見せた。高校生にとっては、とてもいい経験になったと思う。後期では、ロボット作成に当たり SA(サブサンクション・アーキテクチャ) という、ロボットの制御方法を助言してもらい、それをもとにして作成することにした。

外装班、制御班に分かれて作業を進めた。私は制御班として活動した。制御班の活動として、まず初めに、SAの第1段階である基本動作を完璧にして、ランダム走行を実現しようと試みた。完璧な走行を実現するために、PID制御というものを学習した。PID制御というものは、ロボットを動かすときにおいて重要な制御である。そのため、これを踏まえたくて、多くの試行を行った。そして、モーターの回転する時間を変更させることにより、方向転換を実現することができた。また、基本走行と回転をランダムに行うことで、ランダム走行を可能とすることができた。

次に、SAの第2段階にあたる超音波センサーを用いて正しく機能することと、ランダム走行と組み合わせてロボットが正しく動作するのかを調査した。初めは、ロボット本体に内蔵されている超音波センサーは、正しく動作していた。しかし、ある日を境に突然ロボット本体に内蔵されている超音波センサーが不調になった。なので、その不調が何なのかをつきとめるために、原因を調べた。ロボットに内蔵されている超音波センサーは RS485 通信というネットワークを用いていて、超音波センサーのプログラムを実行しても、距離の値が返ってこないため、障害物回避ができなくなった。これが突然に起こったので何が原因かは結局わからなかった。そこで、他の超音波センサーを用いることにした。HC-SR04 という超音波センサーを用いた。この超音波センサーは 2cm から 400cm の距離を検出することができる。また、前方 15 度の範囲のみにしか作用しないので、複数用いて広い範囲に作用するように工夫するために 3 つ同じ超音波センサーを用いた。しかし、超音波センサーを 3 つ使うと Arduino の制御ピンが足りなくなってしまうという問題が起きた。なので、回路を並列化して何とかしてピンをまとめることに成功した。その分、動作は重くなり、超音波センサーの距離の検出が遅くなって障害物に当たってしまうという問題も起きた。しかし、そこは超音波センサーの測距やプログラム構造を工夫してうまく動作することができた。よって、障害物回避に成功することができた。

また、カメラモジュールを用いて障害物検知をするために、Pixy2CMUcam5 を用いた。Pixy2CMUcam5 とは、特定の色を認識して、その色を検知して追跡する機能がついているカメラモジュールである。そこで、Pixy2CMUcam5 の取り扱いを学習した。その結果、7 色の色を

カメラモジュールに設定して、設定した色を検知してくれることが分かった。しかし、似たような色では認識することが難しい。しかし、認識する色の値を調整することで判別が可能となる。また、白や黒は建物の背景と同化してしまうので、正しく認識することができないことを理解することができた。そして、Pixy2CMUcam5 をロボットに実装することで障害物検知をすることができた。

成果発表では、ポスターやスライドに乗せるロボットが障害物回避、障害物検知をする動画や画像の作成をした。また、プロジェクトの成果についてメカ班として発表を行った。最後の発表として、今まで培ってきた自分の発表技術を全部出すことができたと思った。結果として、ロボットは未完成であるが、成果は残せたと思う。ロボットを完成させるためには、まだ多くの機能が必要となるが、それは今後の課題とする。

このプロジェクトでは、課題解決があまりできなくて成果があまり残せなかった。そして、グループごとの成果を一つにするために、連携が取れるように作業していく必要があったと考えられる。さらには、プロジェクト作業時の終わりごとに進捗報告をして、互いに意見を取り出し、自分の責任はしっかり持ち効率よく作業を進めることができなかった。これが、私から見たプロジェクト全体の反省点である。

これら全体を通して、自分自身はプロジェクト内で様々なイベントに参加することができて、発表や説明について多くこなすことができた。これにより、多くの人前で発表するときの技術を多く身に着けられることができたと思う。また、プロジェクトの活動内容としては、様々なことを学ぶことができたが問題解決に対する手順をあまり学ぶことができなかった。これらのことを私は反省して次に活かしていこうと思った。

(※文責: 三須洸一)

## 9.6 小淵佑真

前期後期とメカ班のグループリーダーとして活動してきた。まず前期の活動だが、グループリーダーとして、班員との親睦を深めるために班員とたくさん対話し、場を盛り上げることを意識して活動した。これから活動を共にするメンバーということで親睦を深めることは第一に重要であると考えたからだ。その結果、班員との親睦を深めることは成功したと思う。また、親睦を深めるだけでなく、議論を重ね、計画を立てることも重点的に進めてきた。その結果前期では、メカ班がやらなければいけないことを計画することが出来た。しかし、活動している途中途中で、やらなければいけない課題点が次々と露呈して、計画があまり良くなかったことが分かった。計画を立ててから行動するならば、計画をしっかりと見つめなおして、問題があっても柔軟に対応できるようにしなければならないと学んだ。

前期のメカ班の活動としては、主に超音波センサの制御とモーターの制御を重点的に進めていった。3WD100m mオムニホイールロボットを購入し、付属していたモーターと超音波センサを制御することでゴミ箱ロボットの移動と障害物回避を制御できるように活動してきた。購入した3WD100m mオムニホイールロボットにはサンプルコードも付属されており、Arduino IDE を利用して編集することが出来る。そのため、おもに Arduino IDE を使用してプログラムを解析することでモーターと超音波センサを制御することをしてきた。モーターの制御は、どのコードが何を動かしているというのがわかりやすかったため、移動を制御することはできたが、地面が絨毯だとまっすぐ走らないという問題も判明した。しかし、超音波センサのサンプルコードは難しく書いて

## Challenge of Complex Intelligent Robot

あることが多く、普通ならトリガーピンとエコーピンと呼ばれる、超音波の入出力に関するピンの明示がされておらず、なかなか解析が進まなかった。このエコーピンとトリガーピンがどのように超音波センサにとって重要なのかということ、超音波センサの仕組みを知ることによって理解が出来る。そもそも、超音波センサはどうやって距離を計測しているのかということ、初めにトリガーピンが超音波を出力する。次に出力した超音波が障害物に当たって超音波が跳ね返る。最後にエコーピンが跳ね返ってきた超音波を入力する。こうして出力してから入力するまでの時間に  $340 \times 100 / 1000000$  を掛けて距離を計測することが出来るのだ。音速は  $340\text{m/s}$  としている。これでわかったように、エコーピンとトリガーピンがわからなければ距離を測るための計算や入出力をどこでしているのかわからないため、解析が困難であるのだ。そのため、前期ではあまりこれといった成果は上げられず、購入したロボットの基本走行の制御のみで終わってしまった。中間発表の時は、原稿を見ないでしっかりと発表することが出来たが、時々内容が飛んだり練習不足であったことを痛感した。発表会で他のところの発表を見て回ったが、前期が終わった段階ですごく進んでいるところが多く驚きを隠せなかった。このままではいけないと後期に強い意気込みを持って臨めるいい機会であったため、とってもし有意義な時間だったと思う。

後期のグループリーダーとしての活動は主に進捗の確認であった。前期は班の活動が円滑に進むように、親睦を深めることを優先していたため、そのおかげで班員同士の仲は良くなったと思う。そのため、グループリーダーとしての活動をするのはほとんどなかった。もう少し早い段階で計画の甘さに気づけばよかったが、気づいた時には遅く、実装予定のいくつかの機能を削除する結果となってしまった。前期で効率よく議論を進めていればよかったが、時間だけ使ってあまり意味のない計画になってしまったことは反省すべき点の一つであるように感じる。

後期のメカ班の活動としては、引き続き超音波センサの解析に取り組もうとすると、2か月間放置していたためか原因不明の故障が発生してしまった。そのため、新しく超音波センサを購入することとし、一からプログラムも組みなおすことにした。ネット上にある情報を参考にしながら、超音波センサの仕組みを理解しなおし、時間はかかったが超音波センサが反応していることをリアルモニタで確認することもできた。また、どれくらいの距離に物があるのかも測ることが出来た。しかし、いざモーターと連動してみると、この超音波センサ「HC\_SR04」は検出範囲が15度しかなく、連動しても、死角が生まれてしまい障害物に当たってしまうことが多々あったのだ。そこで、超音波センサの数を増やすことで、障害物をより回避しやすくしようと考えた。幸いにも、超音波センサは多めに買ってあったので、まずは二つ同時に使用してみることにした。配線がわからず苦労したが、こちらもネット上にある情報を利用して、つなぐことが出来た。見た情報では、八つ同時につながっていたので、どこをどうすればいいとかがわかりにくかったがそれでも何とか理解することが出来た。最終発表会ではあまり緊張はしなかったが、やはり自分が携わっていなかったところは認識が甘く説明も省きがちになってしまった。自分が携わったところは、すらすらしゃべることが出来たが、専門的な説明ばかりになってしまい聞く相手にとっては退屈なものになってしまったように感じる。しかし、声を張って堂々と発表することが出来たと自分自身では思っている。周りのプロジェクトで声が小さいと思うことが多かったため、普段より大きな声ではっきりとしゃべることを心掛けてやったため、それが功をなした。

前期と後期を通して、私はロボット開発とはこういうものなんだと体験することが出来た。プロジェクト学習は自分自身を成長させるいい機会であったと感じた。グループリーダーという責任が伴う役職に就いたことも、将来自分がそういう機会に恵まれた際の予行練習的なものにもなってよかった。ただ、反省点は、やはり計画の立て方が甘いということが一番反省すべき点のように感じる。ただ闇雲にここまでできるようにするとしか計画を立てず、いつまでにもここまでできるよう

にする、といったように期間まで決めれば、考えてた機能の実装をすべてできたのではないだろうか。反省点を挙げればきりが無いが、何とかやり遂げたことを喜んでいる。もし、このプロジェクトのようなものを再度するとなった時に今回の反省を生かして頑張っていきたいと思う。今回のプロジェクト学習で学んだことをこれからの将来にしっかりと役立てていきたい。

(※文責: 小淵佑真)

## 9.7 根本尚侑

前期と後期ともにメカ班の一員として活動した。私はこの一年を通して、特にメンバーとのコミュニケーションに力を入れて活動を行った。私はグループとして同じ目標のもとに何か一つのことを開発、作成するのがこのプロジェクト活動が初めての体験だったため、自分の技術やスキルの面ではなく、もっとも大切にすべきことを他のメンバーとのコミュニケーションに設定した。基盤であるメンバーとのコミュニケーションを怠ることは1年を通した活動の中で作業の分担や効率を考えたうえで、大きな障害となると考えたからである。そのため、私はプロジェクト開始直後から他のメンバーと積極的にコミュニケーションを図り円滑な作業の実現を試みた。

私たちが前期の初めに行ったことはどんなロボットを作るかという話し合いである。本プロジェクトは複雑系知能ロボットへの挑戦という名前のおり、知能ロボットを作成することを目標としたプロジェクトである。そこでわたしたちはまずこの世にどのようなロボットが存在しているかを各々が調べてきて、全体でプレゼンを行った。そこで面白いと思ったロボットを基に全員で多数決を行いどのようなロボットを作成するかを決定した。その中で最終候補に挙げたものは、ドローンを用いたロボット、レゴマインドストームを用いた自由度の高いもの、そしてゴミ箱ロボットである。私はドローンを用いたロボットにとっても興味を覚えたが、ドローンを使用する際の法律や制限などが厳しく、開発を行っていくうえで困難であると発覚し、実現することができなかった。最終的に、ゴミを投げると落下地点を予測してゴミ箱が移動し、勝手に入るゴミ箱からアイデアを得た、呼んだら近くによって来るゴミ箱ロボットを作ることに決定した。その中で、本プロジェクトでは大きく分けてメカ班とソフト班の2つのグループに分かれて活動することとなり、わたしはメカ班の一員として活動を行った。

メカ班ではゴミ箱ロボットを作成するにあたって基盤となるロボットをまず購入し、そこから新しく機能を付け加えていくことになった。その中で私たちが選んだロボットが3WD100mm オムニホイールロボットである。このロボットを選んだ理由は3つある。まず一つ目が、ホイールが3つついており、全方向へのスムーズな動きが可能であることである。二つ目が、超音波センサがもともと搭載されているため、呼んだら来るロボットを実現するにあたって必要不可欠である障害物回避を行うのに適しているためである。三つ目が Arduino で制御可能であったため、操作がしやすく、アプリとの連携も取りやすいと考えたためである。前期の最初の段階では制御班、画像解析班、外装班と分かれていたわけではなく、自分も含め、このロボットのサンプルコードを解読することから始まった。しかし、説明がすべて英語で書かれていることもあり、うまく作業を進めることができず、私には手も足も出ない状況が続いた。そこで、わたしは Arduino の制御ではなく、外装班としてロボットの外装をデザインする役割を担うことになった。私はプログラミングの知識や技術や経験が浅く、その点においては、あまり全体の力になれていなかったと痛感し、ほかのメンバーに少なからず負担をかけてしまっていたと感じている。前期に私が外装班として行ったことは、ゴミ箱部分のプロトタイプを作成することだった。理想の完成予想図は完璧にできてはいな

## Challenge of Complex Intelligent Robot

かったため、プロトタイプを作成することで大まかな大きさの目安を図ることと、具体的な完成イメージをつかむことを目標に行った。このプロトタイプは、段ボールを用いて作成し、土台であるロボットの大きさに合わせて設計を行った。このプロトタイプから完成予想のイメージをつかむことができた。

前期の中間発表では、人の前に立って何かを話す機会がしばらくなかったこともあり、とても緊張したことを覚えている。いかに自分たちがやってきたことを伝えるかを常に考えながら行った発表練習の成果もあり、自分の中では伝えられたと感じていたが、当日の発表の評価を見ると私が思っていたよりも聞いている方たちには伝わっていないことが分かった。これは私たちのグループメンバーほぼ全員に該当することだが、声が小さかったり、説明に使われている言葉が専門的すぎるのが原因だった。これらを踏まえ、後期にある最終発表では発表を聞いてくれる方により伝わるように努力することを心に決めた。

函館で有名な祭りの一つである港まつりに本プロジェクトの全プロジェクトである IKABO プロジェクトから跡継ぎされた IKABO とともに参加した。去年までは本プロジェクトは IKABO というイカをモチーフにしたロボットを用いて地域活性化を促すための活動を行っていた。毎年港まつりのいか踊りに、IKABO とともに参加し祭りを盛り上げているのだ。私は函館に来てから初めて港祭りに参加したが、小さな子供や道端にいる人が IKABO を見て喜んで手を振ってくれている様子を見るととても達成感を感じることができた。中間発表や期末試験の直後でもあったため、準備等に手間や時間をそれほどかけることはできなかったが、参加できてとてもよかった。

後期に入ると、私はメカ班の中の外装班として定着し、前期に作成したプロトタイプを参考に実際にロボットに搭載するごみ箱の設計に取り掛かった。その中で問題となったのが、色、素材、形状である。後期が始まってすぐに私は、ごみ箱に関するデータや実験結果などについての調査を行った。本大学のごみ捨てに関する問題を解決するという目標を達成するために外装班ができることは、少しでも捨てるという行為に対する抵抗を減らし、捨てたいと思えるようなデザインをごみ箱に施すことであった。色に関しての調査を行ったところ、ゴミの種類ごとに好まれるごみ箱の色が異なることが分かった。燃えるごみは赤色、燃えないゴミは灰色、ペットボトルは白色といったようにそれぞれ異なっている。このごみ箱ロボットの最終目標としては、各ゴミの種類一つにつき一台ずつロボットを用意することを想定していたが、予算や時間の関係で今回は1台のみを用いて開発を行ってきた。そのため色を一つに絞ることができなかったのだ。また、ロボットはごみ箱を上に乗せて移動するため、軽い素材でなければロボットの移動に何か支障をきたしてしまう可能性があった。また、もし転倒した時のことなども考慮すると、丈夫な素材を用いることも必要と考えた。これらの条件を満たすごみ箱を制作するためには、自分たちの力だけではどうにもならないことに気づき、外部専門職の方にも相談し、何度も連絡を取ってごみ箱の設計を行った。その結果、軽くて丈夫であるアクリルを用いたごみ箱を作成することに決定した。透明なアクリルを用いることによって、画用紙と合わせることで、どの種類のゴミでももっとも好まれる色を使用することができるようになった。時間をかけて調査や試行錯誤を行ったおかげで満足いくごみ箱を作成することができた。

外装の作成が落ち着き、最終発表の準備に取り掛かった。前期はソフト班の一人が発表に使うポスターを作成してくれたが、後期ではポスターを作成する人がいなかったため、プロジェクトに少しでも貢献したいと思い、自分からポスター作成を行った。最終発表のポスターは Adobe Illustrator を用いて作成しなければならなかったが、私は Adobe Illustrator を使用した経験がなかったため、作り始めた当初は右も左もわからない状態だったが、インターネットを用いて使い方を調べたり、デザインコースの友人に休日に教えてもらったりすることで何とか形にすることがで

## Challenge of Complex Intelligent Robot

きた。以前から1度は Adobe Illustrator を使って何かを作ってみたいと考えていたので今回のポスター制作は今後の自分の成長にとってもとても大きな経験となった。Adobe Illustrator を用いて初めて作ったポスターだったため、満足いくものではなかったが、少しでもプロジェクトに貢献出来てよかった。

後期の最終発表では、前期の中間発表での失敗や経験を活かし、全員が高い意識で発表に向き合っていたため中間発表よりも良い発表ができていたと感じている。発表のアンケートを見ても、全体的に点数が高く、聞いている方たちにも私たちがやってきたことが伝わり、評価してもらえたことがとてもうれしく思った。

この一年間のプロジェクト学習を通して私はグループで作業を行う際に大切なことを多く学ぶことができた。コミュニケーションはその中でも大きな割合を占め、重要性の再確認を行うことができた。技術や知識の面ではほかのメンバーよりも劣っているため、少なからず負担をかけた部分もあったとも割れるが、自分のできることに関してできる限りの努力を行った。この1年間の活動は今後自分の成長に大きくつながるものであったと確信を持っている。この経験を活かして卒業論文にも尽力していきたいと考える。

(※文責: 根本尚侑)

## 第 10 章 今後の課題と展望

### 10.1 制御

#### 10.1.1 前期の時点での課題

プログラム関係の成果として、モーターの制御が可能になっているが、プログラムを一回一回変更しなければならず実用可能なものではないため今後の成果として超音波センサを用いて障害物を認識し回避するプログラムを作成する必要がある。またそれらが実装できるようになることによって、自律移動型のごみ箱ロボットや音声認識を利用したごみ箱ロボットなど様々なロボットへの応用が可能になると期待される。画像解析の部分では画像を認識することのみが可能であり、現段階では実用性はない。今後、画像に映し出されているものが何であるのか判別ができ、そこからプログラムによってごみを分別できるようになる機能が実装されることによって、実用性のあるごみ箱といえるようになるだろう。外装は現状で段ボールを利用した簡素なものであるため、見た目がよくない。そのため 3D プリンタなどを用いてアルミやプラスチックのような素材で外観を良くしていく必要性が感じられる。また赤外線センサを用いたごみ容量の計測はアプリとの連携をとれるようにしてどのような端末でも見ることが可能になるように作成していきたいところだ。現状ではごみ箱として実用性のあるものとは言えないため様々な機能を追加していきたいところである。

(※文責: 竹内裕哉)

#### 10.1.2 課題と展望

前期では今後の課題としてモーターの制御、超音波センサを用いての障害物回避の実装、自律移動や音声認識の機能の実装、画像判別が制御班としての課題であった。後期では、それらの課題を解消しつつ実機の性能を向上させていく活動をした。モーターの制御はランダム走行の実現に成功したが、前方斜め移動の可能に至っておらず、全方向への移動に対応してない。そのため超音波センサによる障害物検知が可能でも、障害物を回避できないケースが見られた。

超音波センサによる障害物回避では、障害物自体は検知することが可能になったが超音波センサを 3 個つけたことによって実機の Arduino 側の処理能力に多くの負荷を与えている他、センサと Arduino を繋ぐ配線が上手くいかない問題が発生した。また、現在の実機の障害物検知の範囲は前方約 60 度前後であるため全方向への移動が可能になった場合には検知範囲が前方にしか及ばなくなる問題も発生する。超音波センサによる障害物回避の今後の展望は、Arduino 側への処理能力への負荷を軽減し検知する範囲を全方位に可能にする、配線を強固にする、この 2 点が挙げられる。

目標物検知の課題は、特定の色のみではなく形状にも反応させる、超音波センサと Pixy2 カメラの同時使用の際に発生する Pixy2 への優先権を解消させる、この 2 点を解消していくことである。現在の実機の状態は、特定の色のみを認識し反応しているため、これを特定の形状にも認識するように改良を行っていきたい。それには、前期での OpenCV の学習を活かし、Pixy2 カメラにその技術を応用し任意の形状にも反応させることが可能であると考えられる。超音波センサと Pixy2 カメ

ラの同時使用の際 Pixy2 カメラへ優先権が発生している状態を解消するには、実機への搭載の際にプログラムを改良せずに実機のプログラムに挿入してしまったことが原因であると考えられる。この課題を解消すれば障害物回避を優先させるか目標物検知を優先させるかを自由に選択することが可能になるため、ゴミ箱ロボットを置く環境に対して任意に変更することができるとも考える。

(※文責: 竹内裕哉)

### 10.1.3 基本動作

現状では前後・左右・回転の動作しか実装できていない。今後の課題としては、斜め移動を実装することが第一の課題である。斜め移動は前後左右とは違い、少しモータの動かし方が複雑であると考えられる。2輪で斜め移動をするという方法はあるが、2輪の場合斜め移動は6方向にしか動くことができない。3輪で動かす場合、3つのモータのパワーがすべて異なる値に設定する必要があるためだ。しかし、斜め移動を実装することによって、今までよりも様々な場面に対応できることを想定している。また現状のプログラムでは、前後・左右・回転動作を独立に書いている。しかし今後の展望としては、自由度の高い移動を実現するために、自動にロボット側が値を設定し、モータを動かすといった臨機応変なプログラムの実装をすることが挙げられる。

現状では実際に稼働するエリアを想定した場合、エリア外に飛び出す可能性がある。また、エリア外に飛び出した後、下りの階段があった場合、現状のロボットでは階段を認識できずに落ちしまう。そのような現象を防ぐために、稼働するエリアの障害物などの周辺状況をロボットが把握するための環境マップを作成する必要があると考えた。環境マップを作成するためにはまず周囲の環境を認識する必要があると考えられる。現状では正面のみにカメラセンサが搭載されているが、ロボットに近づく物体は側面・後方といったあらゆる角度から接近することを考えられるため、1台のカメラセンサでは全方位を見ることは不可能であると考えられる。そのため、正面だけでなく側面にもカメラセンサを取り付けることが必要である。また、ロボット自身の位置や向きを認識する方法として、GPS やビーコンを利用する方法がある。本プロジェクトでは屋内で使用することを想定しているため、ビーコンを使用した位置推定技術を利用しようと考えている。その他人工知能を搭載することで環境マップ作製の効率化が図れるのではないかと考える。複数のカメラセンサを取り付けることで、全方位を認識することが可能であると考えられる。全方位を認識することができ、斜め移動を実装することができれば、あらゆる方向から近付いてきた障害物や目標物に対応できると考える。

(※文責: 平野香介)

## 10.2 外装

現状としては、ゴミ箱の色をまだ決めていない。それは、今回作成していたロボットがごみの種類は関係ないものとして作業を進めていたからだ。色によってごみの収集率が向上することは分かっているため、今後ごみの種類によって色を付けていきたいと考えている。ゴミ箱本体としては、現状としてゴミ箱はアクリルを使っている。現状のアクリルを用いた円柱型のゴミ箱の厚さは5mmである。しかし、5mmでも十分な強度であり、まだ薄くすることが可能であると考えられる。ですので、2分の1のサイズの2.5mmまでゴミ箱の厚さを薄くし、より軽量化することでロボットに対する負担を抑えることが出来ればよいと考えている。また、高さもプロトタイプよりは低くしたもののまだ高すぎるように感じたので低くすることが出来たらよい。もしくは、高さを調節でき

## Challenge of Complex Intelligent Robot

るようにしたいとも考えている。高さを調節できることが可能になれば、色々な場所にすぐに馴染み、また身長の違いなど関係なくなりごみの収集率につながってくるのではないかと考えている。また、アクリル以外にも色々な素材を使っごみ箱を作成したいと考えている。今回は予算の問題などもあり調べていたすべての素材でつくることはできなかった。ですので、他の素材でも同じ形のごみ箱を作成し、比較することでごみ箱自体の質を上げていきたいと考えている。他には、外装班としてごみ箱本体の作成を進めてきたが、ごみ箱だけでなくロボット本体の外装も変えていきたいと考えている。その理由として、使っているロボットは中の機械の部分が見えてしまっているからである。見えている部分を守るような外装を制作していき万が一、物が飛んできて破損してしまう可能性を減らしたいと考えている。ロボット本体に取り付ける外装の考えている具体的内容としては、ロボット本体に合う形状にし、見た目や色合いも自然なものにしたいと考えている。また、ロボット本体の機械をいじれるように取り外し可能なものにしたいと考えている。次に、モータを変え車輪も変えたいと考えている。

最終の成果発表後、アンケートをもらった際に、ロボットが動く時の音が大きくて気になってしまい、ごみ箱として邪魔になってしまうのではないかという意見をもらった。そのような意見もあったのでモータを車輪も変えたいと考えた。どのようなモータにするかということ、単純に音が静かなものではなく、静かでなおかつ馬力があるものしたいと考えている。なぜならば、ロボット本体とごみ箱を上に乗せ動かさなければいけないからである。また、車輪にはゴム製のものを使い、なるべく衝撃を抑えて騒音がならないようにしたいと考えている。上記のことをすべて達成することができれば、ごみ箱ロボットの質が上がりプロジェクトとしての成功につながってくると考える。

(※文責: 服部将大)

## 参考文献

- [1] 副嘉彦, 知能ロボットの知性の創発 (第2報, SA を用いた行動型移動ロボットの自律走行の実現), 埼玉工業大学紀要 第11・12号, pp.21-31, (平成14年3月) 2002-03.
- [2] 「Let's ロボット - スタッフ日記-技術的小話【その6】3輪台車ロボットの制御方法を簡単に解いてみた」, [http://lets-robot.com/modules/weblog/details.php?blog\\_id=2849](http://lets-robot.com/modules/weblog/details.php?blog_id=2849), (閲覧日: 2018年12月18日) .
- [3] 「モータードライバー可変抵抗による速度制御 (正回転・停止・逆回転)」, [http://www.os-hobby.com/arduino/sketch\\_motor\\_1.html](http://www.os-hobby.com/arduino/sketch_motor_1.html), (閲覧日:2018年12月19日).
- [4] 村恭之, 小枝正直, 上田悦子, 「OpenCVによるコンピュータビジョン・機械学習入門」, 講談社, 2017.
- [5] 高橋史武, 「人とリサイクルシステムのインタフェース「ゴミ箱」の機能性とデザイン効果の分析」, 環境研究総合推進費補助金 総合研究報告書, [https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/pdf/seika\\_1\\_h30/3K153011\\_2.pdf](https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/pdf/seika_1_h30/3K153011_2.pdf), 2018, (閲覧日:2019年1月15日) .