

複雑系知能ロボットへの挑戦

Challenge to Complex Intelligent Robots

1016130 平野香介 Kyosuke Hirano

1. 背景

大学ではゴミに関する問題が多数見受けられる。例えば、ゴミ箱からゴミがあふれていること、大学内の講義室などにある机の収納スペースにゴミが入っていたりすることや単純にペットボトルなどの放置が挙げられる。

このプロジェクトでは、大学のゴミに関する問題を解決するために、ゴミ箱型ロボットの開発を進めている。近年、ゴミ箱の IoT 化・ロボット化が進められている。例えば、沖縄県で実証実験が行われた「IoT ゴミ箱」[1]や第 16 回文化庁メディア芸術祭エンターテインメント部門優秀賞を受賞した「勝手に入るゴミ箱」[2]などの事例が挙げられる。これらを参考にゴミ箱ロボットの制作を行おうと考えた。未来像としては、ゴミを捨てようとした人がロボットを呼び、ロボットはゴミを捨てようとした人を認識し、捨てようとしているゴミ種類を判別して収集するゴミの種類別に設定しているロボットが近づいていくようなものを想定している。さらに、ゴミを捨てようとしている人がいれば、ロボットが独自に判断し、近づいていくような機能を持ったロボットであれば、問題を解決することができるのではないかと考えた。しかし、今回のプロジェクトではこのようなロボットは高度な技術が必要であることや、コスト面で困難であると判断した。そのため今回は、ロボットを呼び出す用のデバイスを用意し、呼び出す操作を行ったら、ロボットが近づいていくということを重点に置いて開発を進めている。

2. 課題の設定と到達目標

本プロジェクトでは、ゴミ箱型のロボットを制作・開発にあたり、移動・センシング・外装・呼び出し機能の大きめに 4 つの課題を設定した。移動の課題は実機とシミュレーションによる 2 通りの方法を用いた。これらの課題をメカ班とソフト班との 2 つの班に分かれて、制作を行った。

2.1 メカ班

2.1.1 課題の設定

メカ班は 4 つの課題のうち移動・センシング・外装を担当した。移動は実機での移動を担当した。ロボットの実機として Nexus robot 社製の 3WD100mm オムニホイールロボットを使用した。このロボットは Arduino IDE によるプログラムで動かすことが可能であり、3 つのホイールで全方向に移動が可能である。また超音波センサが 3 つ搭載されており、障害物を認識することができる。これらの理由により 3WD100mm オムニホイールロボットを使用することにした。

ゴミ箱型ロボットの開発一年目として、移動・センシングの課題に関しては、ロボットにどのような機能を持たせるのかを設定することである。公共の場でロボットを動かすにあたり、障害はどのようなものがあるのか、ある障害に対してどのような制御をロボットに行わせるかを考えた。障害として 1 つ挙げられるのは、壁やオブジェクトなどの障害物である。ロボットが障害物にぶつからないように、メカ班では超音波センサを利用し、障害物の回避を行うことを考えた。また、階段もロボットにとって大きな障害となるが、本プロジェクトで利用しているロボットは人のような足がついているわけではなく、タイヤのみで移動する為、階段のない平坦な場所でロボットを制御することを想定して開発を進めていくことを決定した。ゴミ箱型ロボットとして、ただ単純に前進後進するだけでは、ゴミ問題を解決することにはならないと考え、ゴミを捨てようとする人に近づいて、ゴミを捨てることを促すことが必要ではないかと考え、ロボットに目標物を検知し、目標物の方向に走行する機能を実装することにした。目標物の検知にはカメラを使用し、OpenCV を活用することによって目標物を検知する機能の実装を目指した。ロボットのこれらの動作は、Brooks[3]のサブサンクションアーキテクチャ(以後 SA)を用いて開発を行った。SA とは、単純な動作を階層構造に構築するロボット工学を元とする人工知能の概念である[3]。単純な動作を今回は最下層からランダム走行、障害物回避、目標物へ移動、最上層の目標物へ移動後の停止とした。外

装の課題はゴミを収集する部分をどのようなデザインにするのかを決めることである。ロボットの上部にゴミを収集する部分、今までのごみ箱として機能する部分をどのような素材や形状で作成するのかを考えた。

2.1.2. 到達目標

メカ班の到達目標は主に外装の完成、ロボット本体の動作を実装することである。外装は収集しやすさ、つまりゴミを捨てたいと思わせるデザインを重点に置いて完成を目指す。ロボット本体の動作は、障害物の回避、目標物への移動、障害物も目標物もない状態での普段の動作を公共の場で安全で、人に被害を与えない動作の実装を目指す。

2.1 ソフト班

2.2.1 課題の設定

ソフト班は4つの課題のうち移動・呼び出し機能の実装を担当した。移動はシミュレータによるものを担当した。移動のシミュレータを行う理由として、今回、実機が一台しか購入できなかったため、はじめに説明した未来像の説明から、複数台のロボットを利用することを想定しているため、シミュレータで複数台での動作をシミュレートすることが大きな理由である。そして、シミュレートした結果を実機に反映したいと考えている。呼び出しの課題は、第一段階として、スマホのLEDライトを利用しロボットの誘導を行いたいと考えた。ライトで地面を光らせ、光らせた部分をロボットが検知してもらい、光の部分が中心に来るようにロボットを動かすことを想定している。

2.2.2 到達目標

ソフト班の到達目標は複数台での運用を想定したロボットの動作をシミュレータで実装することと、メカ班との連携で呼び出し機能を実装することである。シミュレータは複数台での運用を想定しているため、ロボット同士がぶつからないようにすることや、人に被害を与えないようにする動きの実装を目指す。呼び出し機能は使用者が感覚的に使いやすいものを考え、実装することを目指す。

3. 課題解決のプロセスとその結果

3.1 メカ班

3.1.1 実機での移動

実機での移動は階層構造での最下層に位置するランダム走行を中心に、障害物回避などによる移動に扱う重要なものである。まず初めに、今回利用したロボットがどのよう

に動いているかをロボットとサンプルプログラムを参考に解析する必要がある。ロボットは3つのモータを回すことによりタイヤを回転させ移動する。サンプルプログラムは、一定間隔で前進した後別方向に前進繰り返す動作に超音波センサを利用して、物との距離が一定間隔に内に入ったら方向転換を行い前進するというプログラムなのだが、表面上ではどのようなプログラムでモータを動かしているのかがわからなかった。ゆえに、サンプルプログラム中に使用されているライブラリを解析することになった。ライブラリを見てみると、複雑な書き方をしており、使用しているロボットは様々な種類のセンサを接続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、サンプルプログラムのように扱うには困難であると判明した。しかし、DCモータでのプログラムの方法だとわかり、DCモータのArduino IDEによる動かし方を調べた。調べたことにより3つのモータを制御し、基本動作の実装へ移行した。まずはランダム走行を行う前に、基本的な動作、前後進・左右・回転・停止動作をプログラムする必要がある。前進動作は、二つのモータを回転させるのだが、1つのモータを正転に、もう片方のモータを逆回転させることによって前進することができる。後進動作は前進動作とは逆を行うことによって後進することができる。左右移動は、3つのモータを動かす必要がある。2つのモータを正転に、1つのモータを逆転に設定する。また、正転に設定しているモータのパワーを残りのモータのパワーを3割ほど低く設定することによって動作可能となる。回転は3つのモータを同じ方向とパワーに設定することによって可能となる。停止はモータパワーを0にすることによって可能となる。

ランダム走行はまず単純な動作を組み合わせることにによって、プログラムしようと考えた。具体的には、ランダム走行は障害物もなく、目標物も存在しない状態での普段の動作であるから、第一段階としては前進と回転動作だけで充分であると考えた。プログラムは前進と回転を一定間隔一定時間に繰り返すことによってランダム走行を実装することが可能となった。

3.1.2 センシング

本プロジェクトで制作を進めているロボットにおけるセンシングは障害物と目標物の検知に扱う。障害物の検知は超音波センサを利用し、障害物回避を行わせる。目標物の

検知はカメラモジュールを利用することにより、目標物への移動を行わせる。

障害物探知には 3WD100mm オムニホイールロボットに元々搭載されている超音波センサを扱おうとしたのだが、原因不明の不具合により、使用することができなかった。ゆえに、代わりとなるものを利用することになった。代わりとなる超音波センサは HC-SR04 というものを利用した。この超音波センサは 15 度の範囲で物との距離を測ることができる。これを正面に 3 つ設置した。3 つの超音波センサを用いることで、ロボットの正面と障害物との距離を測ることが可能となった。

目標物検知は画像解析を用いる方法とカメラモジュールを利用する方法と二つの方法を扱った。画像解析はカメラモジュールの Grove-シリアルカメラキットを利用し、まずは画像認識のプログラムが作動するのかの確認を行った。画像認識のプログラムを作成するにあたり、Arduino IDE と Python のシリアル通信を行う必要性があった為、Python でのシリアル通信の方法を学習した。カメラモジュールを利用する方法では、Pixy2 CMUcam5 を使用した。このカメラモジュールはオブジェクトを検出し、追尾することができる。オブジェクト検出にはカラーベースのフィルタリングアルゴリズムを使用している。これを利用することによって、手のひらの検出に成功した。

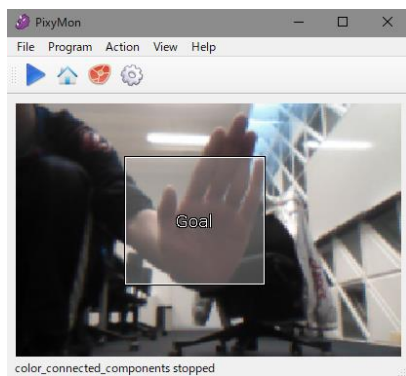


図 1. Pixy2 による手のひらの検出画面

3.1.2 外装

ゴミ箱ロボットの外装だが、捨てやすさを重視するのか、それとも収集しやすさを重視するのかという、ゴミ箱の機能としてどちらを重点に置くかという問題があった。本プロジェクトではゴミの問題としてポイ捨てや机の隙間に放置する問題があることから、収集しやすさを重視することとした。

まず初めに、ロボットの上部にゴミを収集する部分を設

置することを考えるにあたり、どの程度の大きさが適切であるかを図るため、簡単に加工することができる段ボールを利用して制作を行った。完成後、ロボットの上部に設置したところ、予想していたものよりも大きいことが明らかになった。これにより大きさも詳細に考慮しなければいけないということが判明した。収集しやすさ、つまり収集率を上げるにはどのようなものが望ましいかという調査を行った。調査した結果、ごみの種類によって好まれる色があることが判明した。燃えるごみの場合、赤色及びオレンジ色が適しており、燃えないゴミは灰色及び黒色が適している。ペットボトルでは白色と灰色が、缶では灰色とオレンジ色が適しているという研究があった[4]。今回は特にごみの種類は指定していなかった為、ロボットの上部に設置することから、軽く丈夫であるアクリルで制作を行った。



図 2. アクリルで制作したゴミを収集する部分

3.1.3 移動とセンシングの統合

超音波センサにより、障害物の検知ができ、カメラモジュールに物体検出が可能となった為、これらを移動動作と組み合わせることによって、障害物回避と目標物への移動のプログラムを作成することにした。

障害物回避は、第一段階として、超音波センサによって取得した値を cm (センチメートル) への変換をプログラムによって行う。物との距離が 0cm より高い値かつ、50 cm 未満であるならば、回転し、前進することによって、障害物回避を可能とした。

目標物への移動は、Pixy2 によって手のひらを検出した時、手のひらの中心点が中央に来るようにロボットが移動するようプログラムを作成した。

3.2 ソフト班

3.2.1 シミュレータでの移動

シミュレータでの役割は複数機での最適な行動を模索することで、その結果を実機に反映することを考えている。実装内容は以下に示す。

- ・直進とその場での旋回を数秒ごとにランダムで呼び出す（ランダム走行）
- ・障害物に接近したら直進を止め、その場で旋回（障害物回避）
- ・カメラを用いて目標物を検知
- ・PID制御を用いて機体を制御し、ライントレースを行う
- ・本体を二輪駆動や三輪駆動にしていくように、徐々に再現率を向上させる

シミュレータはUnityにより実装を行っているが、現状ではランダム走行・障害物の検知及び回避・カメラによる対象の検知・複数台での稼働・二輪駆動によるPID制御を実装することができた。

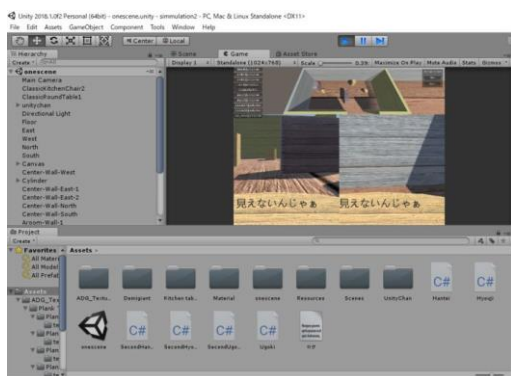


図 3. シミュレータ稼働画面

3.2.2 呼び出し機能

呼び出し機能は第一段階として、スマホのLEDライトを利用することにした。スマホのライトを制御する方法として3つの手法を考え、検証を行った。

まず1つ目の手法は、Unityのカメラ制御を用いる方法だが、これではライトの制御に応用できなかった。

2つ目の手法はXcodeを用いて機能を作り、その後Unityに実装する方法である。この方法は特定の環境でしか動作しないことが判明した。また、実機の調達が困難であった為、今回のプロジェクトでは断念することになった。

3つ目の手法はAndroid Studioを利用することである。この方法でライトの制御を行える機能を作成することができた。次の段階としては、作成した機能をUnityの関数を用いてファイル内にある機能を実装することである。

4. 今後の課題

4.1 メカ班

現状のロボットの動作は、各機能は実装できたものの、それらを組み合わせるとき、障害物回避の動作が優先されている為か、目標物への移動が上手く作動しないものになっている。これらの改善がロボットの動作としての今後の課題である。また、ランダム走行も現状では非常に単純である為、ロボットを稼働するエリアに飛び出す可能性がある。このような問題は人工知能を搭載し、環境マップを作成することによって解決することができる。外装はより収集率を上げるための形状・色などを調査する必要がある。

4.2 ソフト班

シミュレーションの後は、ロボットの再現率向上の為、3輪駆動の実装や、目標物検出などの実機に活用するセンサの機能向上が課題である。

呼び出し機能の課題としては、現状ではAndroidでしか機能を実装できていない為、iOSなど、別の端末でもライトの制御を行えるようにすることである。また、呼び出し機能としてライトを使う方法は明るい場所ではロボット側で検知ができない可能性がある為、他のロボットを呼び出す方法を考えることも必要である。

参考文献

- [1] 小口貴宏 (2017), 「通信するゴミ箱、沖縄で実証実験。「回収コスト」削減狙い KDDI が LTE-M 活用」, <https://japanese.engadget.com/2017/09/08/kddi-lte-m/> (閲覧日:2018年12月8日) .
- [2] 文化庁 (2012), 「文化庁メディア芸術祭歴代受賞作品」, http://archive.j-mediaarts.jp/festival/2012/entertainment/works/16e_Smart_Trashbox/ (閲覧日:2018年12月8日) .
- [3] Brooks, (1986) R. A., A robust layered control system for a mobile robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. 2, No. 1, 14-23.
- [4] 高橋史武 (2018), 「人とリサイクルシステムのインターフェース「ゴミ箱」の機能性とデザイン効果の分析」, 総合環境政策局総務課環境研究技術室, http://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/pdf/seika_1_h30/3K153011_2.pdf (閲覧日:2018年12月21日) .