

自立制御ロボットの機構とプログラミング

3612 片田 有哉 3632 前田 陽亮

要旨

私たちはこのSSHで、『自律制御ロボットの機構とプログラミング』というテーマで課題研究に取り組んだ。純粋に、自分たちの手でロボットを作ることができたら、面白そうだ、と考えたことが動機である。

1 目的

自律制御ロボットの大会に、ロボカップジュニアというものがあり、サッカー、ダンス、レスキューの3種類の競技テーマがあるが、今回私たちはレスキュー部門へ参加した。

これは、8分という制限時間内に様々な障害をのりこえながら、被災者に見立てた空き缶を指定の場所まで運ぶという競技である。

ステージは大きく分けて1階、坂道、2階からなる(図1)。1階部分ではラインレースが基本となっており、ライン上に障害物(図2)や、爪楊枝、バンブ(図3)が置かれていたり、ラインが途切れるギャップ(図4)が存在したりする。坂道以降になると、ラインが存在しない。2階部分では、先に述べた通り、空き缶を捜索、発見し、それを指定の場所まで運ぶという動作を行う。私たちは、ロボカップジュニア岐阜ブロック大会が開催される以前は、同大会において成績を残すこと、それ以降は中津川市ロボカップジュニアにおいて使用されている練習用ステージの攻略を目的に活動した。

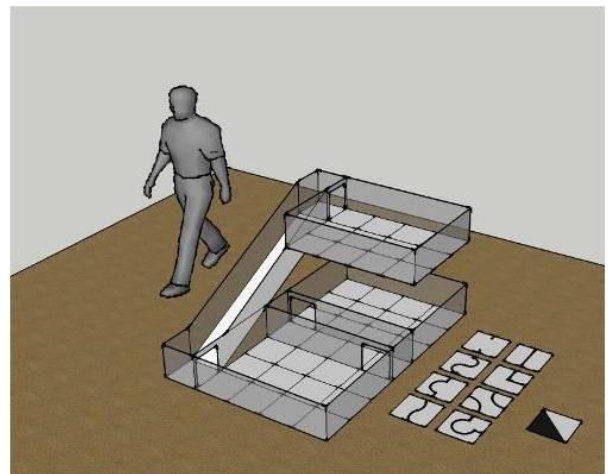


図1 ステージ全体図 (ロボカップジュニア2011
レスキューA・ルール より引用)

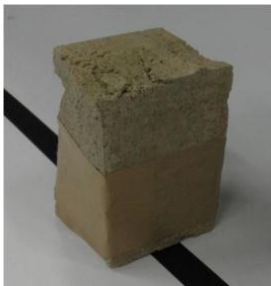


図2 障害物



図3 バンブ

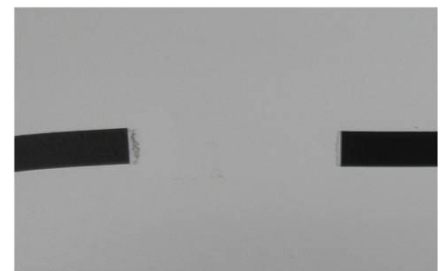


図4 ギャップ

2 研究の内容

市販の自立制御ロボット製作キットをもとに、競技において求められる動作を実現するためにロボットの改造、プログラミングを行った。

競技において求められる動作として、私たちは次の8つの動作を考えた。

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (1) 正確にラインレースを行う | (5) ギャップを通過する |
| (2) 障害物を回避する | (6) 坂道を登り切る |
| (3) 爪楊枝による妨害を対策する | (7) 空き缶を発見する |
| (4) バンプを乗り越える | (8) 空き缶を指定の場所まで運ぶ |

現在までに、機構については、重量が約150gの空き缶（ルール上の被災者）を持ち上げるための試作として、おもりのない空き缶（約20g）を持ち上げられるものまで完成している。プログラムについては、大会で使用されるようなステージを最初から最後まで走り切るために必要であろう動作のプログラムを作った。しかし、ステージ2階部分に置かれる空き缶を発見し、掴むという動作が期待通りに実現できていない。

なお、私達が研究において理解していない、また、行なっていない部分が2点あるため、それを挙げておく。まず回路関係についてである。使用したロボット製作キットは、回路面は最初からできており、自分たちで回路を新しく作るようなことはしていない。センサーなどの取り付けも、専用のコネクタをはんだ付けする程度のことしか行なっていない。設計について使用したロボット製作キットは対象年齢が低いようなので、そのようなことは研究過程で必要としなかった。

3 ロボットの製作

岐阜ブロック大会において使用したロボットが2台【ロボット①、②】，練習用ステージ攻略を目的に改造等を行ったロボットが1台【ロボット③】，計3台のロボットを製作した。

◆製作したロボット



図5 ロボット①

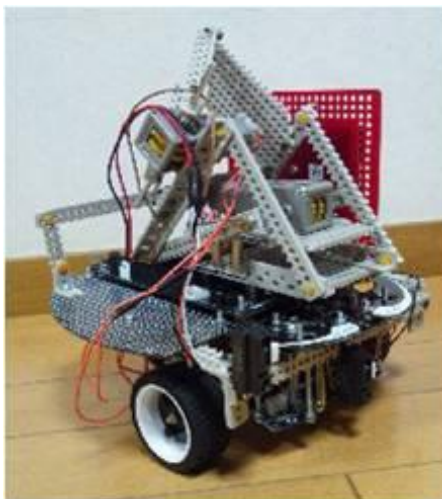


図6 ロボット②

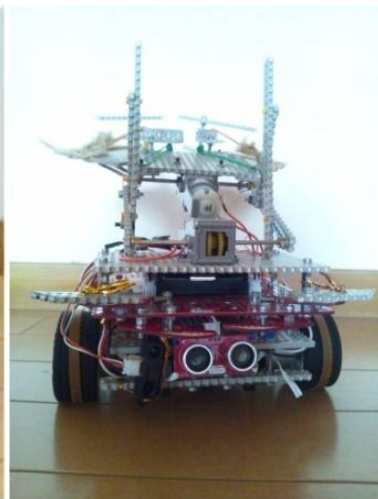


図7 ロボット③

本ページの写真（図5，6，7）は，以降のロボットの個々の改造についての説明等の際に併せて参照されたい。

◆改造に使用した部品など ※ 【】内はそれを使用したロボットの番号である。

3台全てに使用した部品

- ・6chモーターコントローラー【①, ②, ③】・クランクギア【①, ②, ③】・輪ゴム【①, ②, ③】
- ・パワーアップモジュール【①, ②, ③】・ラインセンサー【①, ②, ③】・ビニタイ【①, ②, ③】
- ・ユニバーサルプレート【①, ②, ③】・赤外線距離センサー【①, ②, ③】

うち2台にのみ使用した部品

- ・刷毛【①, ②】・ギアモーター（ギア比100:1）【②, ③】・スポーツタイヤ【②, ③】

1台のみしか使用していない部品

- ・ギアボックス【①】・キャタピラ【①】・ハンガー【①】
- ・傾斜センサー【③】・麻ひも【③】・超音波距離センサー【③】

◆求められる諸動作実現のために

私たちが、「3 研究の内容」で挙げた8項目の動作を実現するために行なったことを順に記す。

(1) 正確にラインレースを行なうために

→ラインセンサーの数を増やす(図8) 【ロボット①, ②, ③】

使用したロボットキットにはいずれも1つラインセンサーが付属していたが、その数を3つに増やした。ラインがまっすぐか、左カーブか、右カーブか、またそれは直角カーブか、緩やかなカーブか、といった場合分けをし、それぞれの場合において個別の動作を用意した。できる限り無駄な動作を省き、ラインを細くならざるようにした。



図8 3個のラインセンサー

また、ロボット③においては、さらに正確さを重視するために、ロボット①, ②の時よりも走行速度を遅く設定した。

(2) 障害物を回避するために

→赤外線距離センサーを取り付ける【ロボット①】/タッチセンサーを利用する【ロボット②, ③】

ロボット①においては、キットにオプションとして存在していたタッチセンサー(左, 中央, 右の3つ)を取り外し、代わりに赤外線距離センサーを取り付け、これで障害物を発見、回避することを試みた。しかし、ステージの壁に近づいた際に、壁を障害物だと認識し、障害物回避モードに移行してしまうという問題が発生した。

ロボット②, ③においては、タッチセンサーを利用し、何かにぶつかったら障害物回避モードへ移行、という形にした。障害物回避モードは、障害物に沿うようにして進むようになっている。1階部分では、図2のような障害物以外はタッチセンサーに当たらないので、理想の動作を実現できた。

なお、坂道に存在する壁と障害物との区別の仕方は、以下のように機体ごとに変更した。

【ロボット①】

タッチセンサーの代わりに赤外線距離センサーをロボットの側面に設置し、赤外線センサーで壁かどうかを判断することを試みた。しかし、使用した赤外線距離センサー(図9)は特に近くにもものがない場合と近距離にもものがある場合で同じ数値を示すタイプであったため、上手く動作しなかった。

【ロボット②】

ギャップ走行モードが3秒を超えた場合、坂道モードへ移行するようにプログラムした。坂道モードにおいては障害物回避モードとは異なる動作をする。

動作内容については、「4 ロボットの製作 ◆求められる諸動作実現のために(6)」を参照。

【ロボット③】

傾斜を認識できるセンサー(図10)によって、坂道モードへと移行するようにした。ロボット②と同様、坂道モードにおいては障害物回避モードとは異なる動作をする。

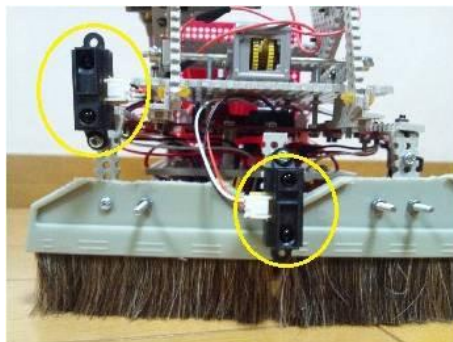


図9 赤外線距離センサーの設置場所【ロボット①】



図10 傾斜センサー

(3) 爪楊枝による妨害を対策するために

→ 刷毛を取り付けた【ロボット①, ②】 / 特別な改造なし【ロボット③】

爪楊枝が原因でラインを外れてしまうことが多かったため、刷毛を取り付け、刷毛を使って爪楊枝を除去することを試みた。結果的に、爪楊枝の除去は成功した。しかし、坂道に差し掛かった時、刷毛がつかえてしまい、登ることができなくなってしまった(図11)。

そのため、ロボット③においては刷毛を取り付けていない。だが、タイヤに輪ゴムを巻きつけたことで摩擦が大きくなったためか、爪楊枝による妨害をクリアする頻度は、刷毛を付けていた時とほとんど差が見られなかった。

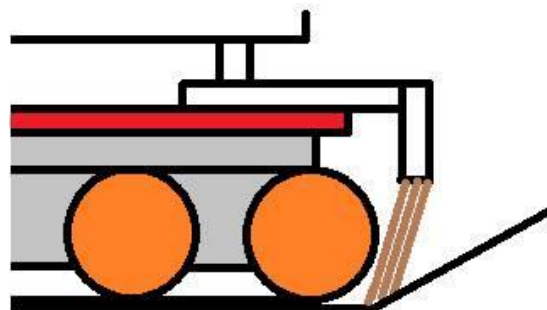


図11 刷毛がつかえている様子

(4) バンプを乗り越えるために

→ 特別な改造なし【ロボット①, ②, ③】

バンプ対策, という名目での改造は施していない。3台とも、特に問題なくクリアできたからである。これは、それぞれのロボットの駆動部分(ロボット①ではキャタピラ/ロボット②, ③ではタイヤ)とバンプとの間に生じた摩擦がバンプを乗り越えるのに足る大きさだったためと考えている。

(5) ギャップを通過するために

→ 左右に少し方向転換しつつ前進させる【ロボット③】

ロボット①, ②, ③のいずれにおいても, 障害物モード以外でラインを外れた時にはギャップ走行モードへと移行するようにしている。ロボット①, ②のギャップ走行モードでは, ひたすら前進するだけだが, ロボット③では左右に少し方向転換しつつ前進するようにした。この改良によって, ロボットがギャップに入る際, ラインから左右に幾らかずれていた場合にも対応が可能になった。

(6) 坂道を登り切るために

→ 【ロボット①】 キャタピラ駆動にする/

【ロボット②】 タイヤを幅の広いものにする/

【ロボット③】 タイヤを幅の広いものにして, さらに太い輪ゴムを巻きつける

ロボット①, ②では, キャタピラとタイヤという異なる2つの駆動形式において, どちらがより坂道を登りやすいかを検証した。結果として, 摩擦が足りないようだとなったので, ロボット③においては, 摩擦を大きくするための工夫を行なった。

【ロボット①】

接地面積を大きくすることで摩擦を大きくして登らせようとした。しかし, キャタピラの材質がプラスチックだったためか面との摩擦が小さく, 坂道を登り切ることは出来なかった。

プログラムは, 側面に付けた赤外線距離センサーで壁との距離を一定に保ちつつ前進するという形式にしていたが, 数値の調整が不十分だったため, 壁との距離を適切に保つことができなかった。

【ロボット②】

ロボット①と同じく, 摩擦を大きくすることで登り切ろうと考え, ロボットキットに用意されていたタイヤよりも横幅の広いタイヤを取り付けた。しかし, それでも摩擦が足りなかったためか, この方法でも坂道を登り切ることは出来なかった。

坂道モードのプログラムは, 基本的には前進し, 左右どちらかの壁にタッチセンサーが接触した場合には少し進行方向をずらしつつ前進する, という形式にした。

【ロボット③】

ロボット①, ②は摩擦が足りなかったために登り切ることができなかったと考え, さらにタイヤと面との摩擦を大きくするため, ロボット③はタイヤに輪ゴムを巻きつけた。この結果, 坂道を登り切ることに成功した。

プログラムについては, ロボット②と同様である。

※ロボット①, ②は, 大会前日までに(7), (8)に関するプログラムの作成を行なうことが出来なかった。そのため, ロボット③のみ(7), (8)のプログラムの改良を行なった。

(7) 空き缶を発見する

→ 超音波距離センサー(図12)と赤外線距離センサー(図13)を併用する【ロボット③】

超音波センサーは検出範囲が広すぎる(図14)ため, 空き缶をロボットの真正面に捉えることが難しい。また, 赤外線距離センサーは, 前述のように対象物が近すぎる場合と特に近くにもない場合とで同じ数値を示す。検出範囲が狭い(図15)。そこで, 遠くから空き缶を発見することに超音波センサーを,

近づいた状態で、空き缶を機体の真正面に捉えることに赤外線距離センサーを使用する、という役割分担形式を試みた。この結果、どちらか片方のみを使用した時よりも正確に空き缶を見つけられるようになった。しかし、方向転換中であつたり、ただ前進していたり場合にも空き缶を発見できないことがあるという問題が残った。これはプログラム上の問題のように思われるが、問題の箇所の発見は未だできていない。



図12 超音波距離センサー

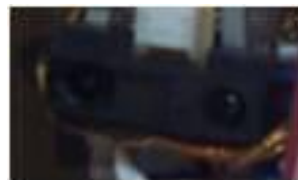


図13 赤外線距離センサー

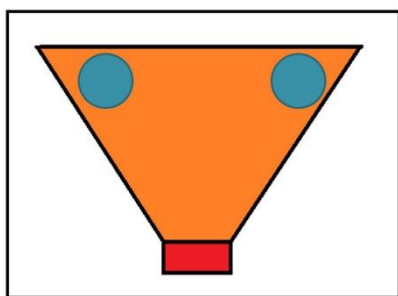


図14 超音波距離センサーの視界

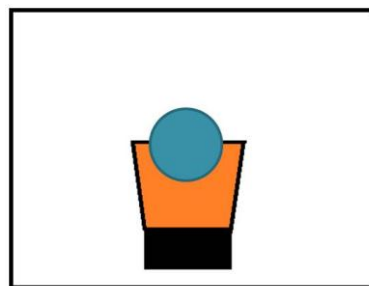


図15 赤外線距離センサーの視界

(8) 空き缶を指定の場所まで運ぶ

→ 片側のアームを固定する【ロボット①, ②】 /

両側のアームを動かし、アームを開くときのみに力をつけるようにする【ロボット③】

まず、空き缶を持ち上げる動作を確認するために、おもりの入っていない約20gの空き缶を持ち上げることを目的とした。

【ロボット①, ②】片方のみがクランクギアによって動くようになっている(図19)。空き缶が真正面にない場合でもロボット③よりは掴むことのできる範囲が少し広い。だが、空き缶と接する面積がそれほど大きくないため、缶を持ち上げることが出来なかった。また、缶を挟んでいる間はクランクギアを動かし続けなければならないため、電池の消耗が激しいという問題があった。

【ロボット③】ロボット①, ②の結果から、ロボット③のアームは空き缶に触れる面積が大きくなるように製作した(図17, 18)。さらに、アームの間にバネを取り付ける(図19, 図20)ことでアームが閉じられた状態を通常の状態とし、電池のエネルギーを消費するのは空き缶を掴む時と離す時だけにした。このアームでは、約20gの空き缶を持ち上げることができた。しかし、競技の目的であるおもりの入った約150gの缶は持ちあげられなかった。また、正確に空き缶を真正面に捉えていなければ掴むことができず、ほとんど成功しなかった。

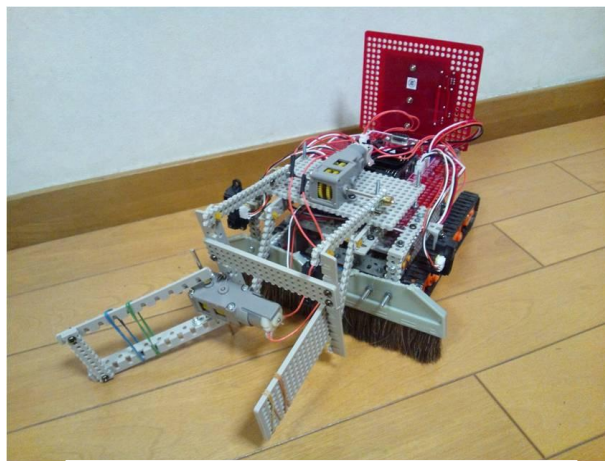


図16 アーム【ロボット①, ②】

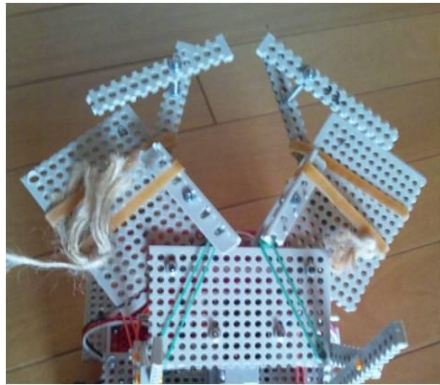


図17 アーム【ロボット③】



図18 アーム【ロボット③】を下ろした時の様子

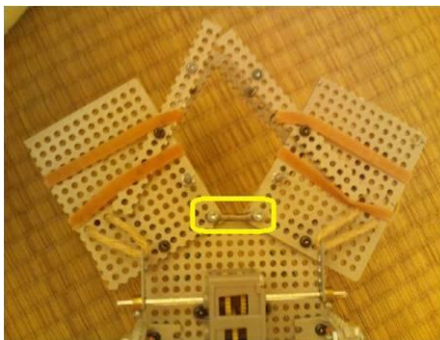


図19 図17を裏から見たもの



図20 図19の黄色で囲まれた部分を拡大したもの

4 考察

(1)～(6)については、試走の結果からロボット③の形式のままで良いと思われる。

(3)～(6)で、ロボット①、②を振り返ってみると、摩擦が足りなかったことがステージ攻略に大きく響いていたようである。③においては、輪ゴムを巻きつけるという方法で摩擦を大きくしたが、ロボットの重量を大きくすることでも摩擦を大きくすることはできたと考えられる。しかし、電池の消費量を考慮すると、ロボットの重量は小さいほうが良い。電池がすぐに消耗されてしまうと、コストの問題も勿論発生するが、それに加えてロボットの動作確認を繰り返す度に差が生じやすくなるため、センサー等の数値設定が適切かという判断が困難になりかねない(何回か試してこの数値が最適だ、と判断したとしても、電池を取り替えて走らせたところ期待した動作よりも大きくなってしまふ、ということが起こる可能性高くなると考えられるため)。そのため、やはり輪ゴムで摩擦を増やすことが最善の策と考えられる。

(7)、(8)の缶の回収に関する内容は、まず缶の発見に関わる問題を解決しないことには次に進めないと思われる。問題解決のために、作成したプログラムを隅々まで確認することが必要である。

(8)からは、現在までに製作したアームは実際に利用するには力不足であるとわかったので、新たなアームを考えなければならない。そこで、私たちは今、サーボモーター(図21)に注目している。これは、ロボット①～③のアームで使用していたクランクギアと異なり、決められた角度だけ回転するモーターである。力も強いいため、より重たい缶でも持ち上げられることが期待される。【ロボット③】のアームは掴むことができる範囲が真正面のみという問題があったが、この問題点もサーボモーターを利用したアームの機構を考える際には改善すべき点である。



図21 サーボモーター

5 おわりに

私たちの研究は市販のロボットキットをもとに行なったため、おそらく比較的簡単な研究である。それでもプログラムを作成したり、ロボットにどのような工夫を施すべきか考えたりして、それらを実現することには大変な苦勞を伴った。今日、私たちの生活を豊かにしてくれている数々の科学技術は、裏で支えている人がいるからこそそのものだということを、この研究を通して僅かながらも感じる事が出来た。

現在、高校生活ではほとんどロボットに触れられていないが、この研究は完結していない。まだまだ多くの課題が残されているため、今後も（時間のある限り）続けて研究していきたいと考えている。

6 参考文献

・ロボカップジュニア 2011 レスキューA・ルール

<http://www.robocupjunior.jp/rule/2011rule/rescefile/2011rescueAJ.pdf>