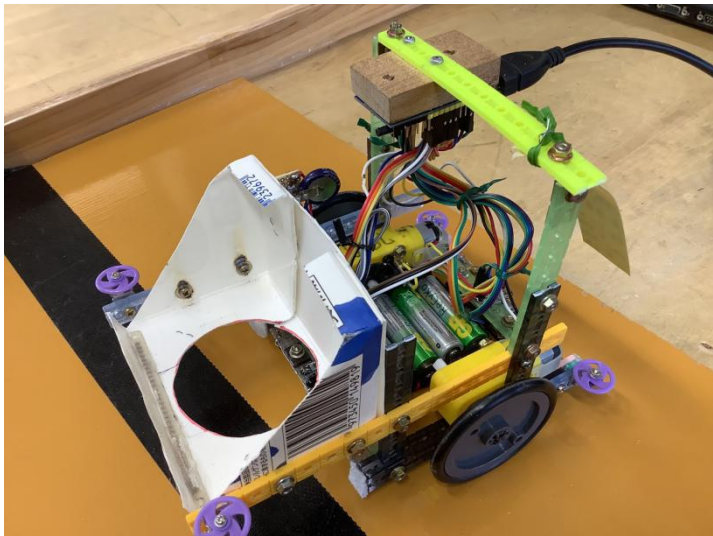
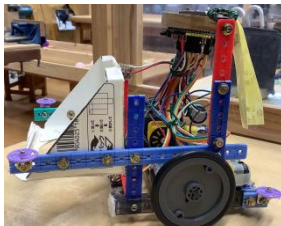
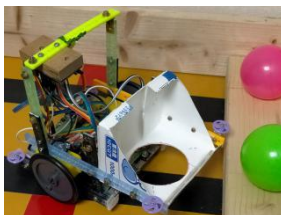


所属団体名 (○○県○○市立○○中学校 ○○発明クラブ)	東京都 中野区立 第七中学校															
ふりがな	なかの ななちゅう															
チーム名	中野七中															
ロボコンルール名称 (URL https://・・・)	ルールの名称（部門）等：制御部門 全国中学生創造アイデアロボットコンテスト http://ajgika.ne.jp/~robo/ru/R4/R4_seigyō.pdf															
製作期間	7月～1月															
製作時間 (構想から試作完成までの全ての時間)	70時間															
ロボットに関する写真と図 必ず、ロボットの概要や機構等の特徴がわかる写真や図等を、1～4枚程度で掲載しましょう。 写真や図に記号等を書き込み、この下の枠「ロボットのアイデア概要」で解説しましょう。	  															
ロボットのアイデア概要【報告書要約】 どのような動きを実現するために、具体的にどのような素材や機構を用いて実現したのか説明してください。	ロボコンの取り組みから「フィードバック制御を活用し、安定した動きを目指す」ことが大切だと思えるようになりました。この報告書はロボコンに取り組んできた人、ロボコンに関心を持って、これからはじめてみようと思う人にも分かるように具体的に書きました。目次をここに記します。詳しくは本文を読んで下さい。 <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>1. ロボット本体</td> <td>6. モータの回転調整</td> <td>11. 小回りする</td> </tr> <tr> <td>2. コース取り</td> <td>7. センサー</td> <td>12. 片当たり対応</td> </tr> <tr> <td>3. 制御ボード・言語</td> <td>8. 収集かご</td> <td>13. ボール方向へ向く</td> </tr> <tr> <td>4. コードづくりの手順</td> <td>9. サブルーチン</td> <td>14. タイヤの固定</td> </tr> <tr> <td>5. 電源問題</td> <td>10. ロータリーエンコーダ</td> <td>15. 回路図・コード例</td> </tr> </table>	1. ロボット本体	6. モータの回転調整	11. 小回りする	2. コース取り	7. センサー	12. 片当たり対応	3. 制御ボード・言語	8. 収集かご	13. ボール方向へ向く	4. コードづくりの手順	9. サブルーチン	14. タイヤの固定	5. 電源問題	10. ロータリーエンコーダ	15. 回路図・コード例
1. ロボット本体	6. モータの回転調整	11. 小回りする														
2. コース取り	7. センサー	12. 片当たり対応														
3. 制御ボード・言語	8. 収集かご	13. ボール方向へ向く														
4. コードづくりの手順	9. サブルーチン	14. タイヤの固定														
5. 電源問題	10. ロータリーエンコーダ	15. 回路図・コード例														
参考資料 製作上参考にしたロボット等の情報を文章とURL等を用いて掲載しましょう。	参考にしたロボットは昨年の全国大会で8位になった先輩の「逃げ出せDの森」です。サイズは同じですが、プラスチックを熱で折り曲げる加工を減らした骨組みにしました。床センサー TCRT5000L や制御ボードは先輩の部品を転用・買い足しました。そのセンサー回路、床センサーの間隔は先輩から聞きました。本文中のハイパーリンクで参考にした部品などの性能、コスト、購入元、アイデアを表示しています。															

※参考資料が書かれていないなど、未記入の項目がないようにしましょう。

※報告書の2枚目以降にさらに詳しく自由フォーマットで記入しましょう。この表紙を入れて6枚以内で報告書をお願いします。

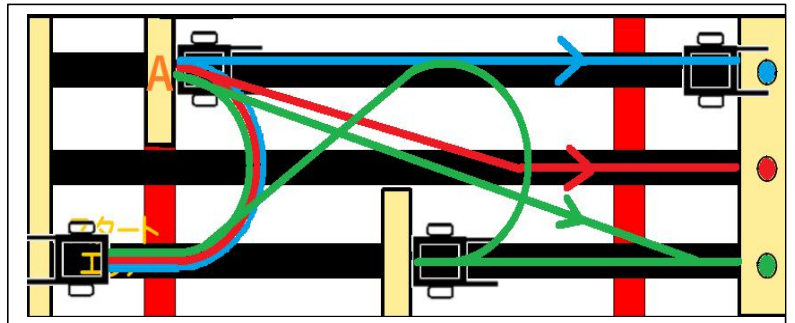
※この報告書はクリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されます。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>

1. ロボット本体

ロボットの骨組みはコニシやヤマザキのプラスチックフレーム(万能フレーム)を使い、フランジナットで固定しています。ロボットサイズは長さ幅は 20 cm以内なので、収まるようにしました。幅が大きすぎるとコースを通過しにくくなるので、電池ボックスやギア付モータが納まるギリギリの 14.5 cmになりました。ボールの取り込みには紙パックの収集かごを取り付けました。この方法は昨年から引き継いでいます。ボールを取る方法は収集かごがアイテム置き場板の上を通過する際、「返し」がボールを後壁にぶつけて跳ね返ったボールを収集かごに取り込む方法にしました。モータいらずで取り込みが出来、簡単な構造だからです。全自動も視野に入れ、そのスペースだけをロボットに空けておくことにしました。現在は全自動ではありません。電池ボックスは低重心にするため、骨組みの下部に配置しました。後輪はプラスチック製のローラーを後部に配置しました。制御ボードは操作性や電線の引き回しから上部に取り付けています。前後にセンサーを取り付けています。

2. ロボットのコース取り

ロボットは動けば動くほど、移動誤差が増え、再現性のある動きになりません。試行錯誤の結果、このロボットの性能で再現性を高めるには、**基点**を作り、**基点**を通過することで、誤差をリセットし、再現性のある安定した動きのできるコースになります。青、赤、緑は各ボールを取るロボットの軌跡です。スタート後、**基点 A 地点**に寄ります。コース途中の障害物と壁面に納まる場所が**基点**となります。(コース上のロボットの位置が基点)



3. 制御ボード・使用言語

制御基盤はちっちゃいものぐらぶの「あそぼ〜ど」です。モータドライバを2つ搭載されている arduino ボードの一つです。使用言語は arduino。入力ソフト arduinoIDE に入れた ardublock でスクラッチのようにブロックでコードがかけます。ardublock のコードをロボットの制御基盤にアップロードすると、ブロックを arduino 言語(C 言語)に翻訳してから「あそぼ〜ど」制御基盤に入れ込みます。

sketch_aug17a | Arduino 1.8.9
ファイル 編集 スケッチ ツール ヘルプ

sketch_aug17a \$

```
9 {  
10 }  
11  
12 void loop()  
13 {  
14   __ardublockDigitalWrite(13, HIGH);  
15   delay( 1000 );  
16   __ardublockDigitalWrite(13, LOW);  
17   delay( 1000 );  
18 }  
19  
20
```

右のコードをC言語で表示

ボードへの書き込みが完了しました。
0x00400 ... 0x00480
Successfully finished.

ArduBlock untitled *
新規作成 保存 名前をつけて保存 開く Arduinoのプラグイン

Tasks
画面
ピン
テスト
計算する
変数/定数
Generic Hardware
通信
ストレージ
はじめに
ネットワーク
TrackerKit
DFRobot
Seed Studio Grove
DinoEDU Grove Add
Arduino Explorer
Adafruit
Makeblock
Insect Bot
4Drelong
LittleBits
Koonoon
Jerusalem

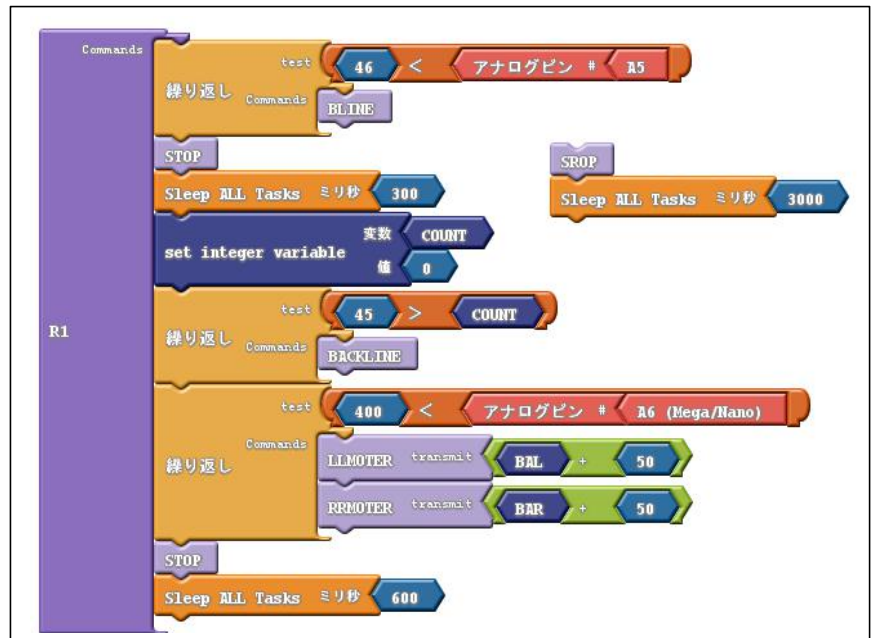
セットアップ
プログラム
デジタルピンに値を設定 HIGH
Sleep 30.1 Tasks ミリ秒 1000
デジタルピンに値を設定 LOW
Sleep 30.1 Tasks ミリ秒 1000

デジタル13番ピンのLEDを1秒間隔で点滅するコード

4. コードづくりの手順

まずは日本語でロボットの動きを表し、それをコード化していきます。コードづくりはロボットのスタートから順に作ります。右図は、青コートの左ボールを取って帰ってくるコードです。コードを説明します。

先頭の繰り返しブロックは行き道となります。A5(前方の距離センサ値)がボールのある壁に着くまで、BLINE サブルーチン(黒線のライントレース)を実行。つぎにモータのSTOP 状態を 300 ミリ秒維持します。ここでボールが回収かごに収まります。次は帰路になります。COUNT 関数を 0 にしてから黒線の後進ライントレースの動きをエンコーダでタイ



ヤを 4.5 回転させます。その後、A6(後方の距離センサ)値が 400 になるまで減速して後進させます。A6 の値が 400 以下ではスタート地点の壁についてと判断して STOP を 0.6 秒継続し、この間にボールを取り上げます。これも一度に出来たのではなく、コードを書いては実行し、またコードを修正するの繰り返しでできたものです。コードは上から順に実行しますが、どの動きブロックを実行しているのか分かりづらいので、ブロックごとに 3 秒の STOP ブロックをはさみ、一つ一つの動きブロックを確認出来るようにしました。コードの調整は一つ変えたら、その変化を見取って、また一つ調整をくり返します。

5. 電源問題

このロボットの電源は 5v~6v です。アルカリ電池か、ニッケル水素充電電池を 4 本用います。制御ボード「あそぼ〜ど」の適正電圧は 3.3v~6v。FA130 型 DC モータの適正電圧は 6v なので 6V を電源電圧としました。電池の向きが前後だと、ロボットが壁のぶつかった時に、一時的に電池押さえのパネから電池が外れて、リセットされる問題が発生し、スポンジなどの緩衝材を入れましたが、その分ロボットの長さが増えてしまいます。そこで大容量コンデンサを付けてリセット問題に対応しました。また、壁に近づくと減速させるコードでも対応しました。移動用の左右モータの消費電力は合わせて 600mA になります。電気を消費すると電圧低下が起こり、モータの回転数が低下し、ロボット動きが変化してしまいます。電圧を安定化させるために 3 端子レギュレーターをつけて 5v に安定しましたが、電圧を降下させ安定化したので、ロボットのスピードが低下する問題があらたに発生することになりました。この問題はフィードバック制御を多く取り入れ、コース上に基点を作り、改善しました。

6. モータの回転調整

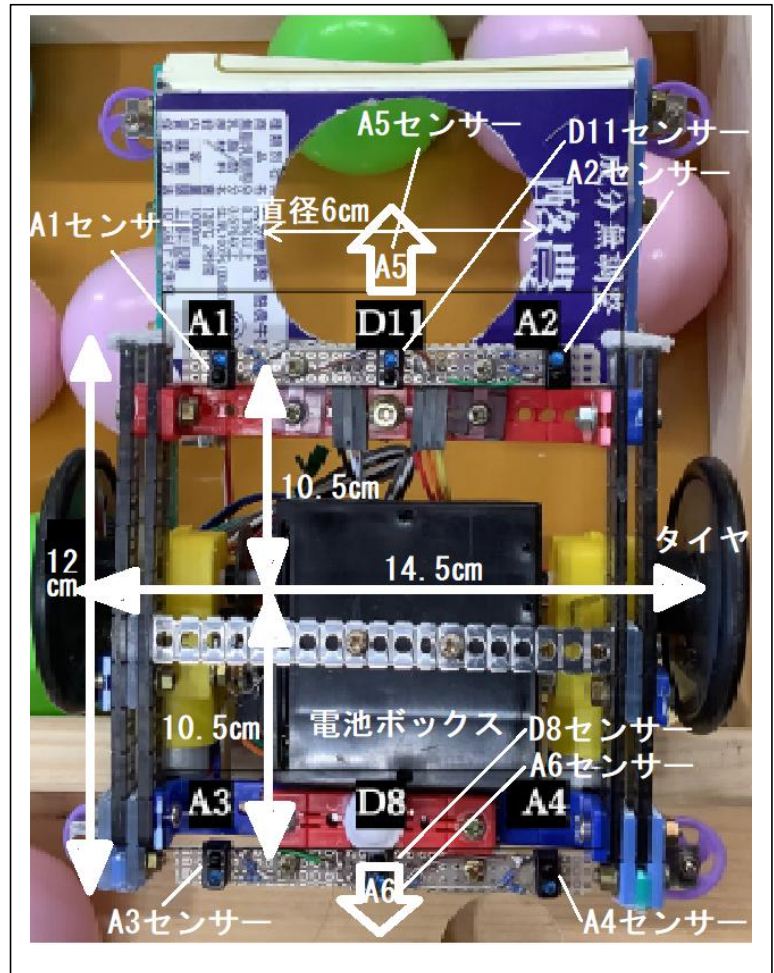
この DC モータの回転数制御は PWM 方式です。モータの回転力はコードでは 1~255 段階は正転、-1~-255 は逆転で回転し、0 から離れると回転力が増します。モータは個性があり、同じ電圧をかけても回転力に差があります。左右にモータをつけて動くロボットは左右モータの回転数が異なるとカーブしてしまいます。直進させるには左右のモータを同じ回転数にしなければなりません。そのために回転力の弱いモータは 255 段階の最高速で回し、回転力のあるモータの回転段階を下げて回転数を下げて左右モータとも同じ回転にします。また、モータに同じ電圧をかけても、その時々で回転力が変化することもありました。もうモータの回転数をその都度調整してコード全体を描くのは困難です。そこで「モータは時とともに変化するもの」ととらえ、毎回ロボットを動かし始めは直進させるように左右のモータの段階値を調整し、その値をエクセルの計算式に入れて、モータの変化に対応した回転段階の数値を割り出し、さまざまな動きの元になるサブルーチンに入力する方法をとることにしました。



7. センサー

センサーは赤外線反射型を8コ使用しています。このセンサーは赤外線を出す発光部と壁に反射した赤外線を受ける受信部からなり、壁が近いと多く反射し、センサー値は少なくなり、壁がないと反射量が少なくなるのでセンサー値は大きくなります。同じように黒色は赤外線を吸収するので、反射量が少なく、センサー値は大きくなります。前方のライトレース用に中央、左、右3つ、後方にも同じように取り付けています。左右のセンサーの間隔は7cmあり、5cm幅の黒帯線をまたぐようにライトレースしています。後方にも3つのセンサーを付けたことで、バックのライトレースもできます。また、黒線だけでなく黄色も線に見立て、この黄色線もライトレースできるコードも作成しました。

また、前後方向に赤外線発光器とその受光センサーを取り付け、これらは15cmまでの距離をセンサー値として取り出し、前後の壁を検知します。タイヤはロボット全長の真ん中に取り付けてあり、センサーまでの距離は前後10cmです。この距離が長いとより安定したライトレースができます。



8. 収集かご

昨年も紙パックを活用して、回収かごにしました。紙パックは軽く、形が変形しにくいのが特徴です。紙パックの強度が高くなるように切り取り、組み合わせています。接合はホッチキスで、底面で引っかからないように斜めに芯を留めました。ボールが動かないようにするために直径6cmの穴を開けそこに早く収まるようにしました。穴の位置はロボットが壁にぶつかった時の衝撃がボールに伝わらないように、ボールが紙パックに触れない位置に開けました。また、収集かごと収穫台の高さは2mmのすき間とってあります。ボールを取り込む「返し」はとても重要です。中央を低くして、取り込み時にボールが中央に寄るようにしてあります。高さは中央で6mmほどです。切りながら高さを調整します。



9. サブルーチンの作り方 サブルーチン化の利点

同じコードをひとまとめにして一つのブロックで表すのがサブルーチンブロックです。サブルーチンブロックを使うことで全体のコードが短く表せます。また、コードの容量も少なくできます。サブルーチンブロックの中にサブルーチンブロックをいれることもできます。右図では、下方のストップブロック5コを上方のブロック1コにまとめ、サブルーチン化しました。



10. ロータリーエンコーダで動かす

使用したロータリーエンコーダは、10 コ穴のある円盤をモータの出力回転軸につけて、穴に光を当て、光が通過したか、遮られたかでモータの回転数を読み出すものです。10 回光が当たると、回転軸が一回転したことになります。モータの直径は 6.3 cm なので、光が 1 回通過すると約 2 cm 進むことになります。エンコーダで動きを制御すると電圧低下しても、スピードは落ちますが、目的地まで確実に進みます。この円盤は 3D プリンタで作りました。「光をカウントするコード」と「エンコーダを利用したコード」をのせました。



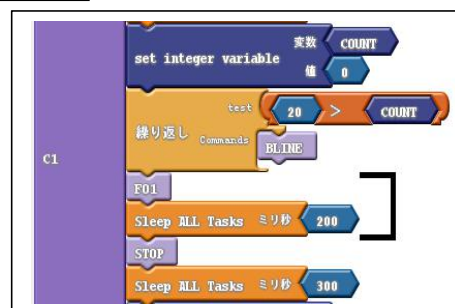
11. 小回りするコード

ロボットを小回りさせるコードを作りました。PWM でモータ制御しているので、低回転ではトルクが落ちて、不安定な動きになり、停止してしまいます。そこで低回転でも安定した動きにするために図のようなコードを作りました。図のコードは左モータはフル回転、右モータを低回転させています。そのまま右モータ値に〇〇段階を入れても、不安定な動きになるので、最初に右モータ値を 5/1000 秒フル回転させて、勢いをつけてから右モータ値に〇〇段階の低回転を 1/100 秒、左モータ値に 255 段階のフル回転を 1/100 秒実行させることをくり返して右に小回りするコードを作りました。



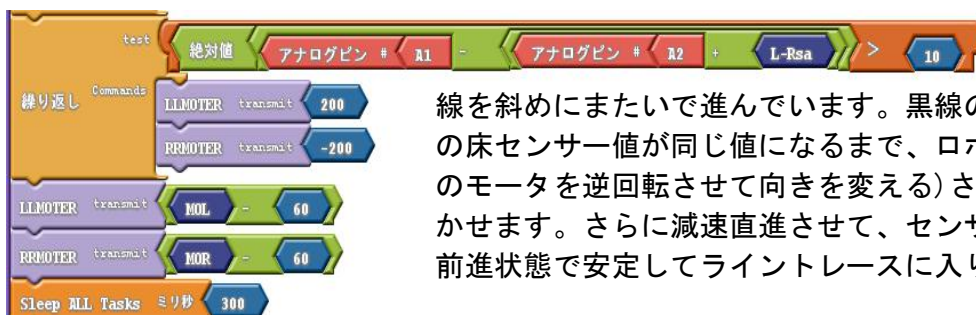
12. アイテム置き場の角材にロボットを直角に停止させるコードづくり

ボールを取る直後のロボットの向きは、アイテム置き場の角材にピタッと直角に停止することが望ましい。斜めにアイテム置き場の角材に当たると、ボールを取りこぼす可能性も高まり、斜めのまま帰路をスタートさせると、その分ずれてロボットが動いてしまいます。そこで、アイテム置き場の角材に斜めにロボットが触れても、停止せず、前進回転を 200m 秒させて、左右の前角をピタッと直角に当たるようにした。



13. ロボットをボールの真正面の向きにさせるコード

ロボットをボールの真正面の向きにさせるコードを作りました。黒線のライトレースコードはロボットが安定してトレースするまで、左右に振れて進むので、早く安定させるために必要なコードです。

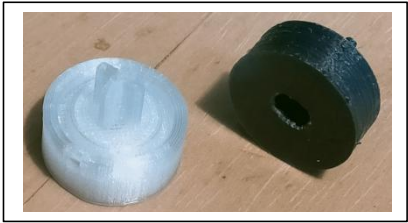


ライトレースの動き
に入る前、ロボットは黒

線を斜めにまたいで進んでいます。黒線の真上に来た時に、左右前方の床センサー値が同じ値になるまで、ロボットをツイスト回転(左右のモータを逆回転させて向きを変える)させます。これで真正面を向かせます。さらに減速直進させて、センサー値が安定するの待ち、前進状態で安定してライトレースに入ります。

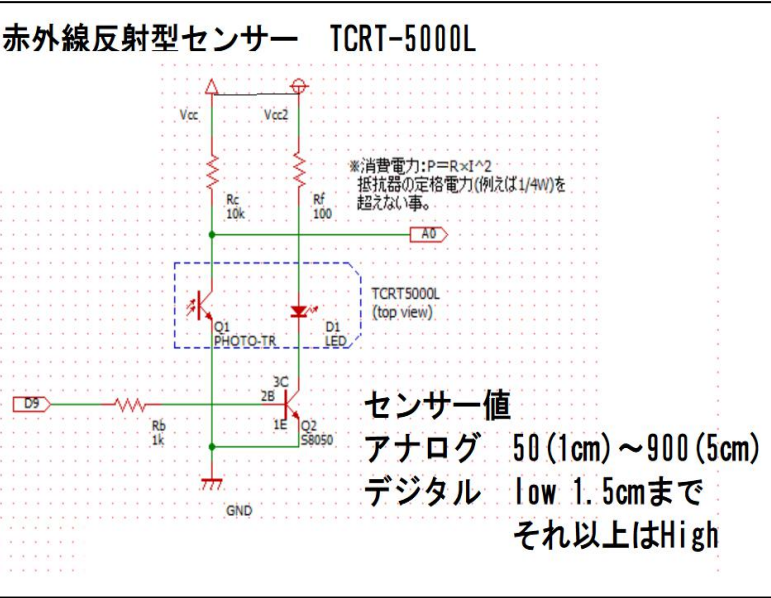
14. タイヤをモータ軸に固定するための方法

タイヤはなるべく軽いこと。モータのトルクと回転数から実測で直径は6.3 cmになりました。タイヤは「TECH 未来」の大プーリを使いました。タイヤ軸とモータ軸の形が違うので、3D プリントで軸受けアダプタを作りました。

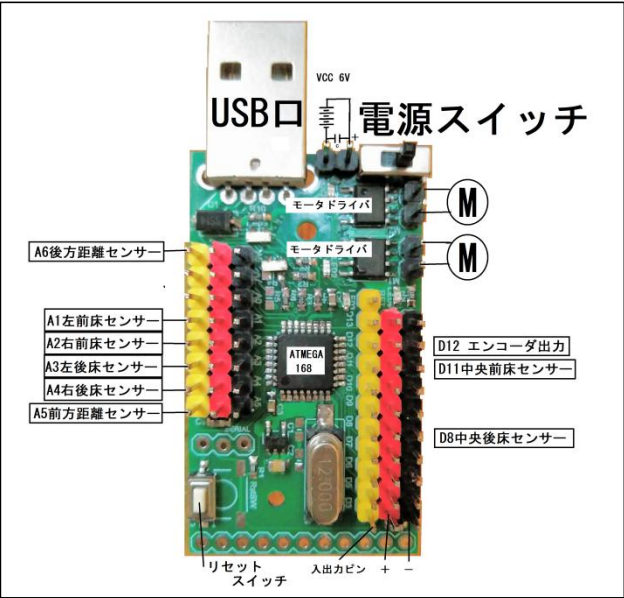


15 回路図・コード例

A) ライントレース用センサーの回路図

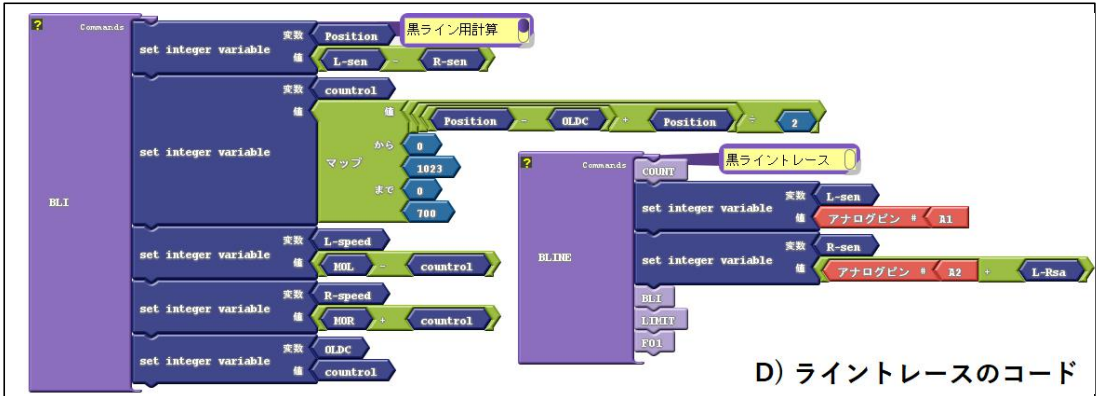


B) 回路図



	A	B	C	D
1		差分	LL	RR
2	FO1		255	255
3	LFO1	5	245	255
4	LLFO1	40	175	255
5	RFO1		255	255
6	RRFO1	35	255	185
7			LL	RR
8	BACK2		-240	-255
9	LBA2		-240	-255
10	LLBA2	18	-204	-255
11	RBA2	15	-255	-240
12	RRBA2	33	-255	-204

C) モータ変動に即応するモーター出力値の計算式



D) ライントレースのコード

16. 編集後記

今回、作成したロボットは私たち第七中学校ロボコン部で多くの失敗の山から生み出された「努力の結晶」です。2022年7月から2023年の1月までの期間、ロボットを作成する上で、たくさん問題と直面してきました。問題と直面した時、もちろん頭を抱えたことが何度もありました。信頼性を高める制御方法は何か？ 安定した動き実現するにはどうしたらいいかを追求しました。しかし、コロナ禍の中でも、部員と協力し合い、先輩からもアドバイスをもらい、あきらめず問題解決に臨みました。だからこそ今回作成したロボットやロボコン報告書は「努力の結晶」です。ロボコンは分からない事だらけでしたが先生がたくさんアドバイスしてくれ、問題を解くヒントをくれました。アイデアで問題を解決できることを学びました。私たちはこのロボットで、全国大会にまで行ける事になりました。ロボコンを経験することで、私たちでは思いつかなかったような画期的なアイデアに感動しました。私たちも体験をロボコン報告書にまとめました。今回の大会の開催に携わってくださった方々、競い合った方々に尊敬と感謝を表します。