

# ラインセンサの最適化。

## プルダウン抵抗の選定

白線検知のための照度センサの感度を最大化するためには、緑色と白色で値の差が大きくなる必要があります。そのために**プルダウン抵抗値**を比較する実験を行いました。

### 実験結果

抵抗値	値 [緑]	値 [白]	差
10KΩ	19	43	24
22KΩ	36	90	54
30KΩ	40	113	73
50KΩ	90	220	130
100KΩ	242	489	247

※ センサと地面の距離: 10mm 照度センサ: NJL7502L 電源: 5.0V  
LED: OSWT3166B LED用抵抗: 330Ω N = 100

プルダウン抵抗値が **100KΩ** の時にセンサ値の差が最大になりました。この結果を踏まえ、センサの出力に使用するプルダウン抵抗は 100KΩ のものを使用しています。

## LEDの選定

プルダウン抵抗の選定に加えて、「一番白線を検知しやすいLED」を求めて、LEDの**色**と**輝度**の2つの観点と比較する実験を行いました。

### 実験結果

LED型番	値 [緑]	値 [白]	差
OSWT3166B	203	917	714
OSR5JA3Z74A	206	222	16
OS5RKA3131A	195	950	755

※ センサと地面の距離: 4mm 照度センサ: NJL7502L 電源: 5.0V

### 実験に使用したLED

LED型番	色	標準輝度	順方向電圧
OSWT3166B	白	1500 mcd	3.4 V
OSR5JA3Z74A	赤	330 mcd	2.1 V
OS5RKA3131A	赤	20000 mcd	

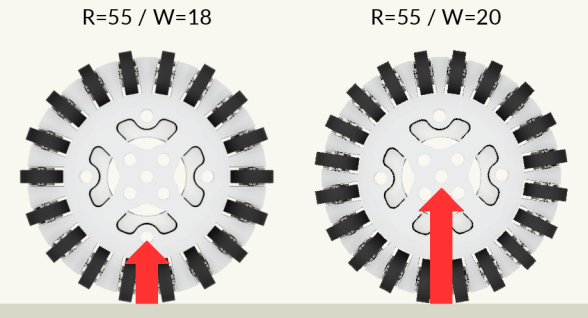
低輝度の赤色LEDは反応が**非常に鈍く**、実機投入は厳しいことが判明しました。一方で高輝度のLEDは、**白色/赤色ともに**センサ値の差が**大きかった**です。

高輝度LEDの方がセンサ値の差が大きかったという結果に加え、赤色・高輝度LEDと白色・高輝度LEDを比較して、順方向電圧の値から同じ抵抗値での消費電流を算出し、より**電池消費の少ない**白色・高輝度LEDを採用しました。

# 確実なグリップ。

ロボットがコート上で動き回するためには、当然のことながらタイヤと地面の摩擦が必要です。ロボットが確実に地面をつかむことができるよう、オムニホイールの設計にこだわりました。

当初の設計では1 ホイールあたり18コの小車輪を使用していましたが、18輪だと思うようにロボットが進まないという問題が発生しました。そこで、1 オムニホイールあたりにつける小車輪の数を20コに増やし、各ホイールが**コートと接する面積を広げて**、小車輪のゴムがより広い面積でコートに当たる状況をつくることで**グリップ力向上**を図りました。



# 基板を丁寧につくる。

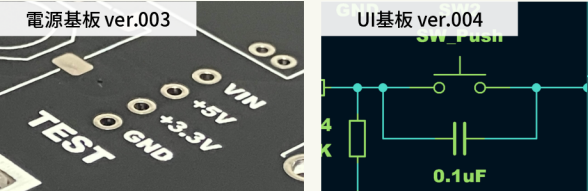
基板の動作不良は、ロボットの故障の中でも、修理に必要な手間の多さが圧倒的です。予備基板の準備という対策に加え、そもそも基板の設計不良が原因の故障を起こさないために、以下のような「**ノイズ対策**」と「**ユーザビリティ向上**」の2点を意識して基板設計を進めました。

### ノイズ対策

- + **ベタGND**を必ず作成
- + バイパスコンデンサは各部品**の電源ピン間近**に配置
- + 消費電流の大きい基板に**バルクコンデンサ**を配置
- + ボタンには**チャタリング防止用コンデンサ**を配置
- + シリアル通信の信号用配線を短く

### ユーザビリティ向上

- + FPCの電源を**左右非対称**にして誤接続時のショート防止
- + **テストポイント**を作成して導通・電圧等の確認を楽に



## 主要な使用部品

### マイコン

- + PJRC Teensy4.1
- + Seeed Studio XIAO ESP32C3
- + Arduino mega 2560 Pro Board

### モーター

- + maxon RE16 9V 4.5W
- + maxon GP16A 19:1
- + Pololu 25D 12V 9.7:1

### 電源関連

- + Melasta Ni-MH 9.6V 1600mAh
- + ムラタ OKL-T/6-W12N-C
- + エーモン ガラス管ヒューズ 15A

### キッカー

- + タカハ機工 CB1037 10Ω
- + 昇圧モジュール XL6009
- + 東芝 フォトカプラ TLP2361

### ボールセンサ

- + Vishay TSSP4038
- + チップコンデンサ 0.33μF
- + チップ抵抗 39KΩ

### ラインセンサ

- + 日清紡 NJL7502L
- + OptoSupply OSWT3166B
- + TI LM393DR

### 姿勢センサ

- + BNO055使用 9軸センサ

### MD

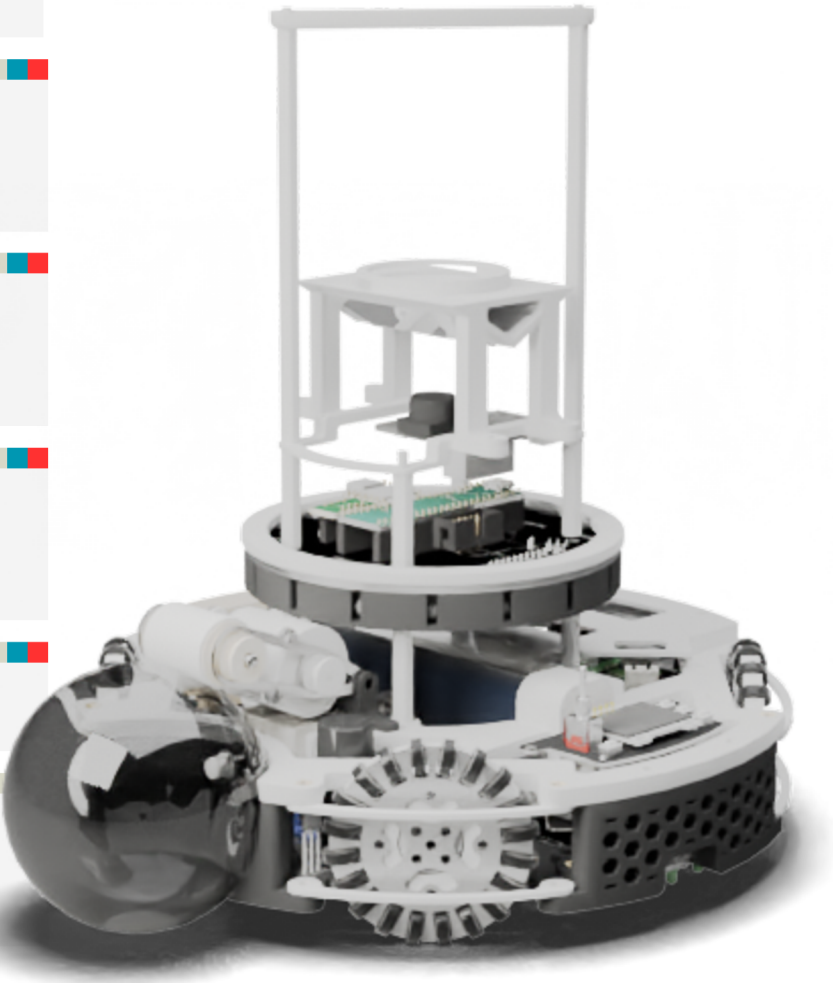
- + TI DRV8874

### カメラ

- + Pixy2.1
- + M5STACK Unit CamS3
- + 塩ビミラーシート 0.5mm厚

### UI

- + SSD1306使用 ディスプレイ
- + ブザー PKM13EPYH4000
- + トグル / タクトスイッチ



# ゆがみ無しの映像を。

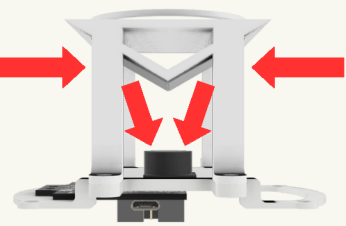
1つのカメラでうまく前後のゴールを一度に認識する方法を夏のオープン大会で着想を得て実現させました。私たちはこの方法を「**V字ミラー**」と呼んでいます。

この方法のメリットは、

- + 前後のゴールを**1つのカメラ**で認識できる
- + ミラーが平面で構成されているため、**ゆがみがほぼ無い**
- + V字面の角度を調整することで、**視野を制限できる**

などがあります。

この方法を使うことで、カメラの台数が抑えられ必要コストが減り、かつ前後を1度に認識できるためプログラムの処理速度も高速化できました。



# 全コートに瞬時に対応。

大会では、試合によって異なるコートでロボットを動かさなければなりません。このようなシステムの問題点として、会場の照明条件やコート位置によって白線の見え方が変化してしまいます。

これに対応するため、ラインセンサの「**アナログ読み**」と「**デジタル読み**」を使い分けることで、どのようなコートの照明条件であったとしても対応できるようにしました。

試合中、全てのラインセンサはコンパレータを通して**デジタル読み**で値を取得します。コンパレータの比較対象はマイコンから**PWM出力**した電圧をローパスフィルタで平滑化したものを使用します。この比較用のPWM出力を予めキャリブレーションしておきます。具体的には、試合前にコート上で白線を**アナログ読み**しておき、その時の値にオフセットをかけたものを比較用のPWM出力のDuty比に使用します。これにより、どのようなコート条件にも対応可能になります。

直接センサを AnalogRead()

平均化・オフセットをかける

PWM出力のDuty比に設定

コートの特性設定が完了

# TOINIOT<sup>2</sup>



## メンバー

- 寺田侑史 設計 / 回路・PCB
- 安部律希 プログラム / 回路・PCB
- 音羽優 組み立て / プログラム
- 土岐光稀 組み立て / 電池管理

## 所属

和歌山ノード  
関西ブロック

和歌山県立桐蔭高校 科学部

## スポンサー



## 交流・情報発信

X: [@toiniot2](#)

Blog: <https://toiniot2-wakayama.github.io/Main/>

WSL-999