

# ロボカップジュニア サッカーロボット作成講習会

## 第三回ロボット制御プログラム2

# 講習会の進め方

---

- 第一回 ロボット制作
- 第二回 ロボット制御プログラム1
  - ロボットを動かす/センサから外部の情報を取り込む
- 第三回 ロボット制御プログラム2
  - プログラムのテクニック

# 第三回の予定

---

10:00 ~ 10:05	はじめに
10:05 ~ 10:10	注意点復習
10:10 ~ 10:40	プログラムの流れ
10:40 ~ 11:00	ロボットの改造
11:00 ~ 11:20	試合に向けて
11:20 ~ 12:00	ロボット調整
(昼休憩)	
13:00 ~ 15:00	ロボット調整 練習試合
15:00 ~ 15:30	大会/サポート講習について
15:30 ~	解散

# プログラムの保存

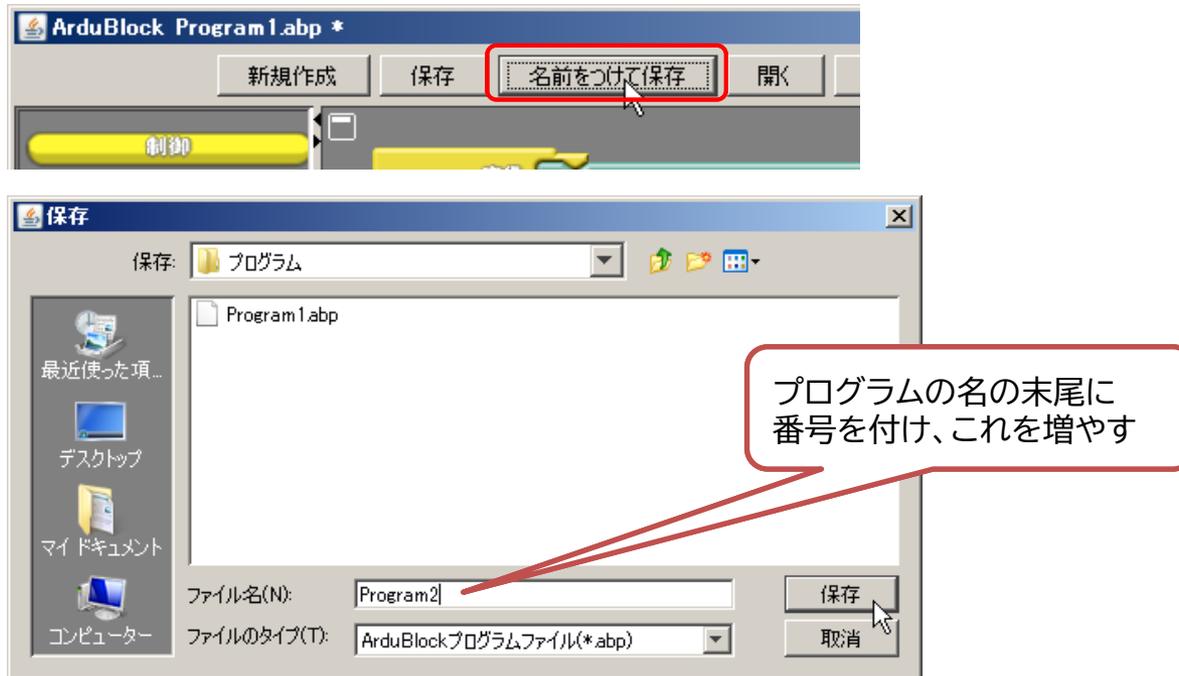
- ある程度プログラムを修正したら、念のためプログラムを保管する



[保存]ボタンを押すと、  
上書きで内容が保存される

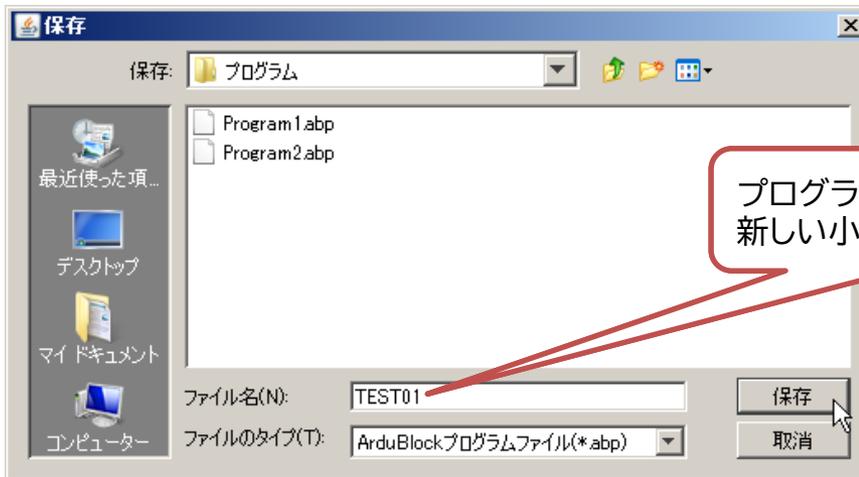
# プログラムの保存

- しっかりと改造できたプログラムが完成したとき
  - プログラムに新しい番号を付け上書き保存する



# プログラムの保存

- 今あるプログラムから、  
大幅な改造をしようと思ったとき
  - 最初にプログラムに新しい名前を付け上書き保存する



# プログラムの流れ

変数

繰り返し処理

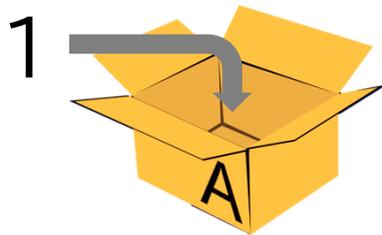
サブルーチン

関数

# 変数

# 変数

- 情報を操作(数える・憶える)するために使う物
- コンピュータ内の”一時的な”記録エリア
  - 「数字」、「文字」を入れておく箱



変数Aに1を入れる



変数Aの中身に1を足し変数Aに入れる

# どんな時に変数を使うか

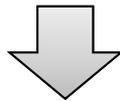
---

- センサの値をしばらく取っておきたいとき
- 同じ値をいろいろな場所で使いたいとき
- 計算をしたいとき
- プログラムわかりやすくしたいとき
  - そこに入れる数字の意味を変数名にする

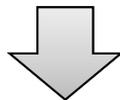
# 変数の使い方



ダブルクリックすると変数に名前を付けることができる



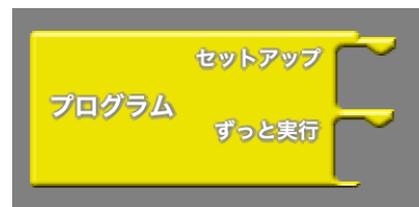
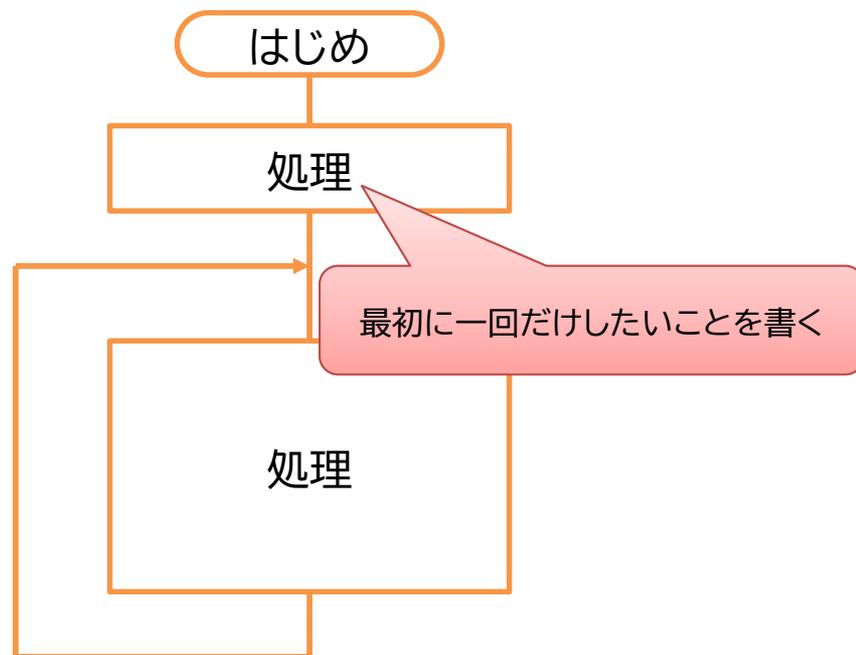
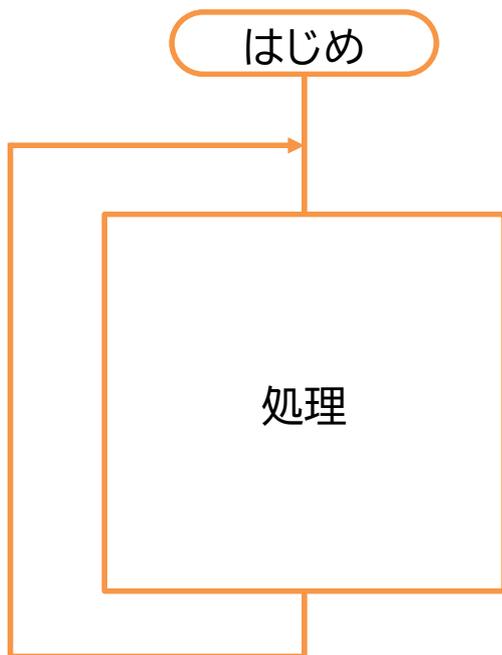
「Ball」(ボール)という名前を付けた



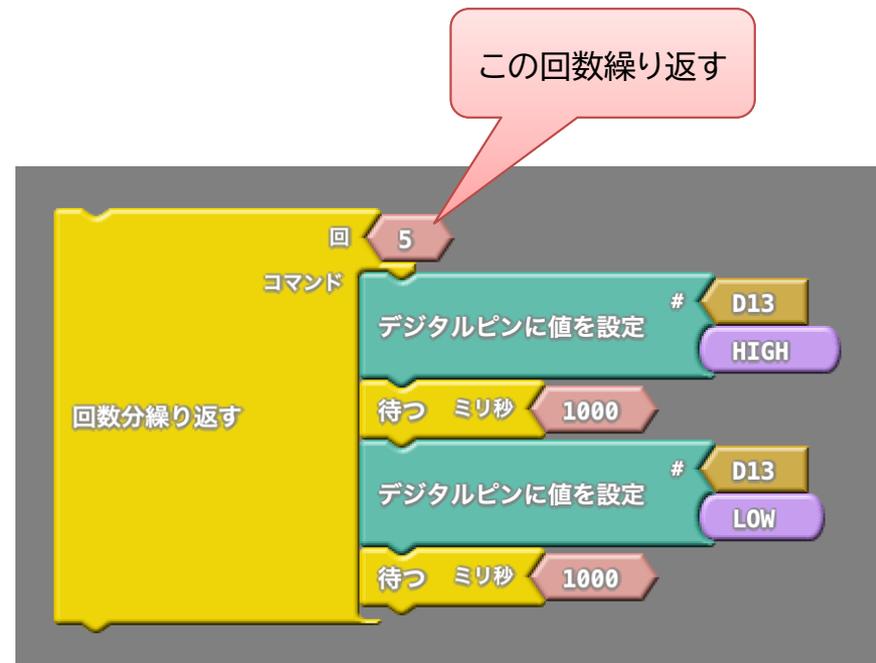
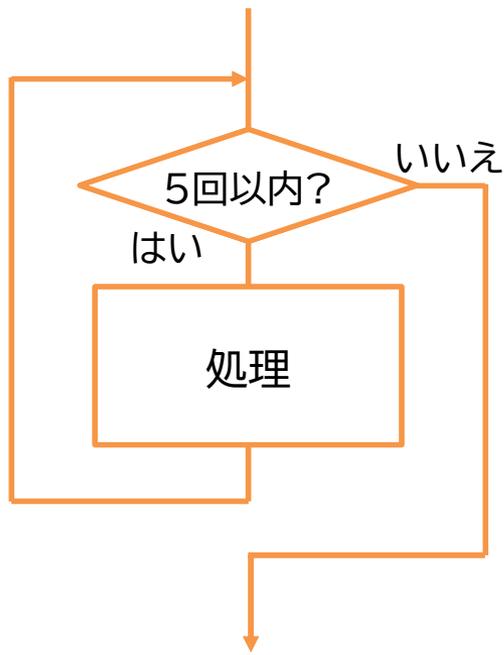
アナログピン5番の値を「Ball」(ボール)という変数に入れる

# 繰り返し処理

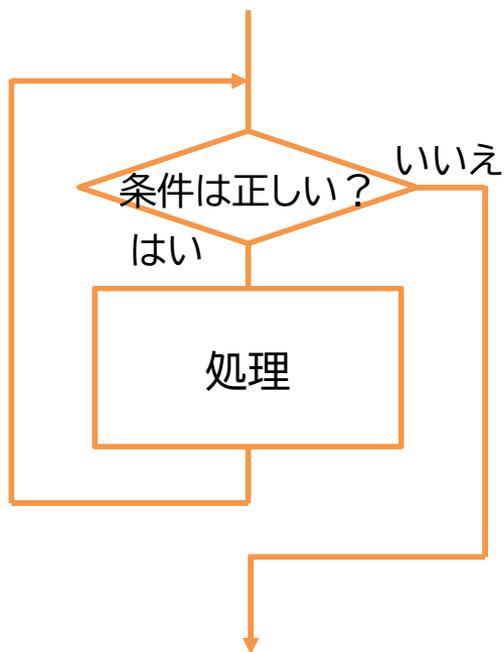
# 繰り返し処理 セットアップループ



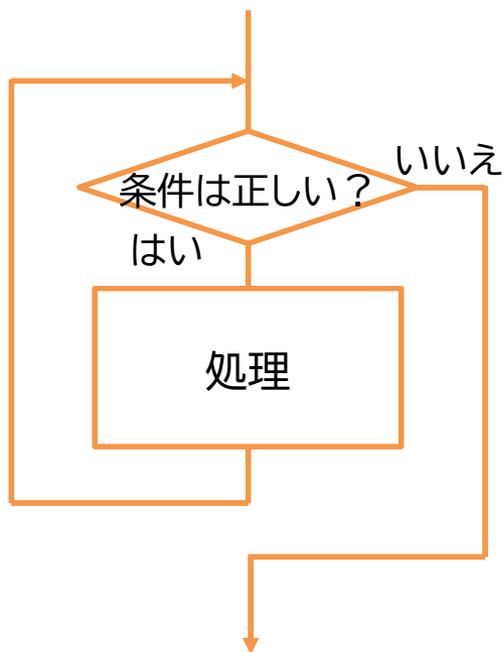
# ○回 繰り返す



# 条件 繰り返し

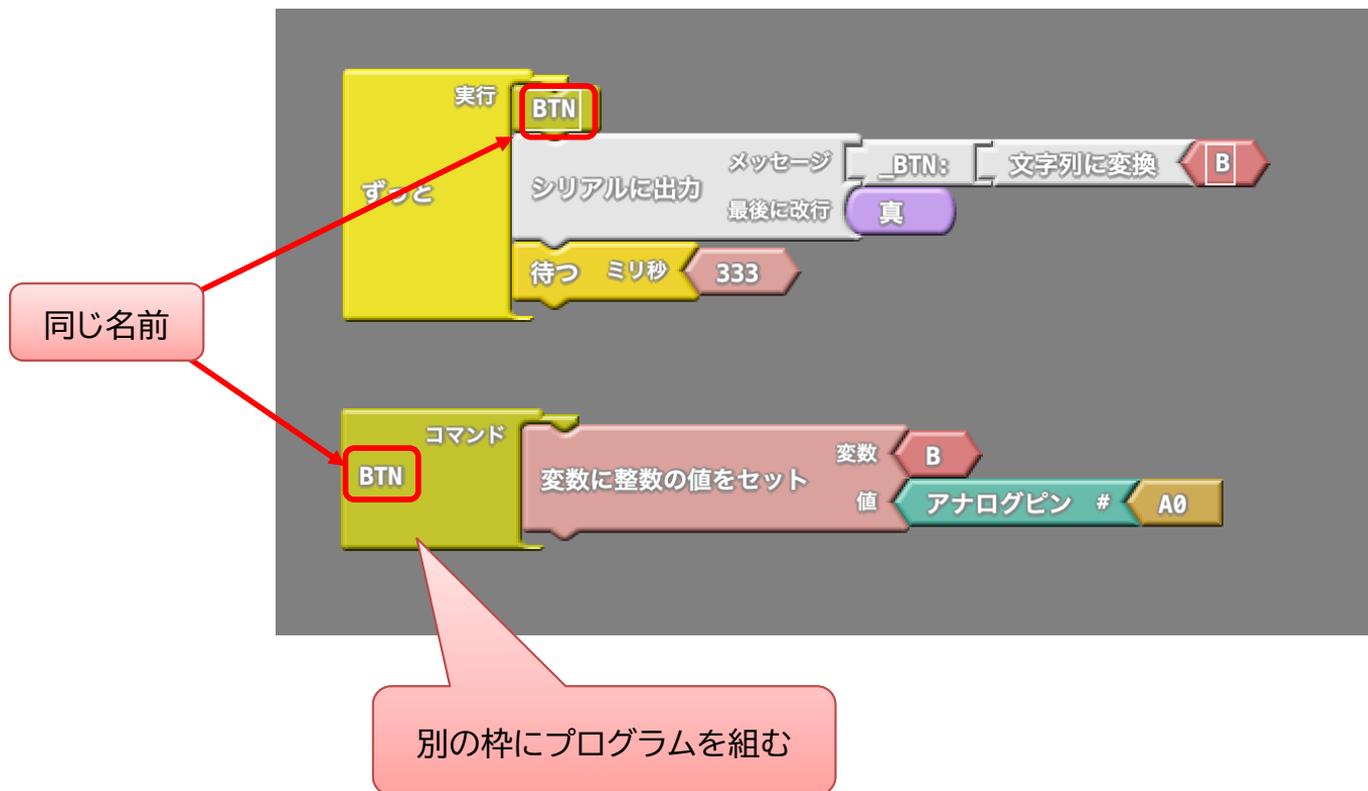


# 条件 繰り返し

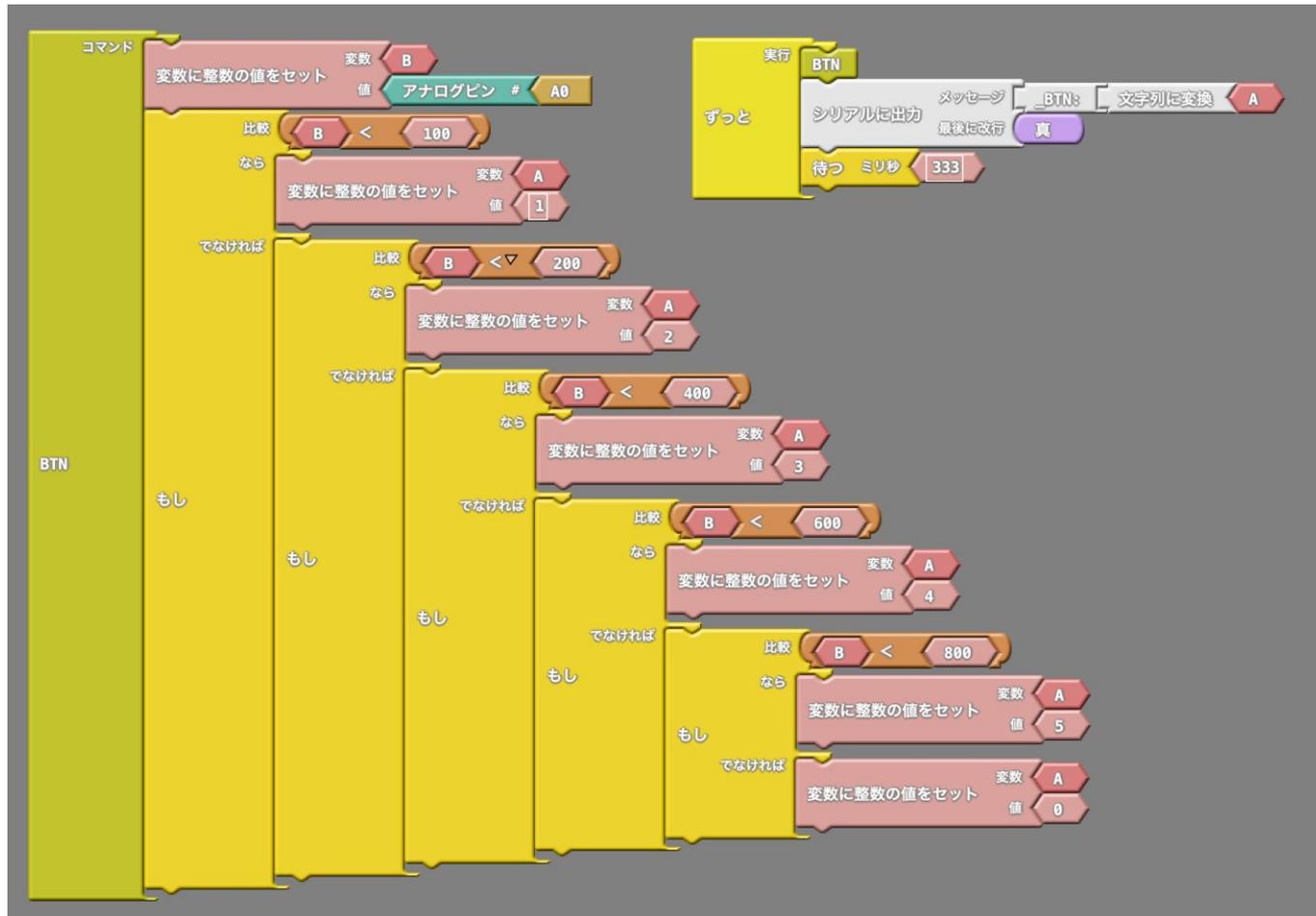


# サブルーチン

# サブルーチン



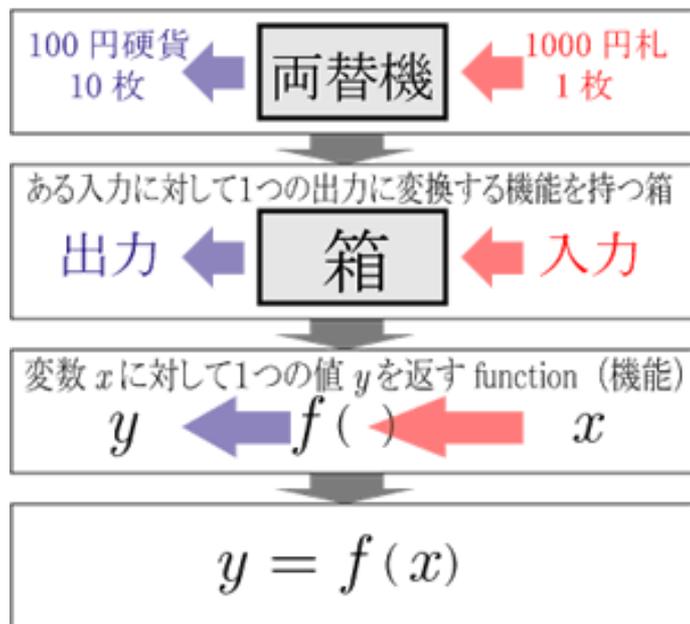
# サブルーチン



# 関数

# 関数

- 数値に対して特定の計算を自動ですてくれる物



出典「KIT数学ナビゲーション」

## Ardublockの関数例



# ロボット改造

ロボットをより良くして行くには

# 良いロボットとは

---

- 安定してロボットが動作する
  - 壊れない
  - 壊れた箇所がすぐ判る
  - 修理しやすい
    - 設計に工夫がある
    - シンプルな作り
- しっかりした機能が付いている

# 良いロボットを作るには

---

- 情報を集める
  - インターネットに過去のロボカップ参加チームが情報を公開してくれている
  - 近隣ブロックの見学
- 自分のロボットに何が必要か考える
  - 全ての機能が完璧なロボットは作ることはできない
    - 良いロボットのまねをする
    - 自分のロボットのイメージを描く
    - イメージ実現に必要な物を勉強する

# 情報の収取

---

知らない事はできない→情報を集める

インターネット 「ロボカップジュニア」「サッカー」で検索してみよう

現在の大会参加選手の情報公開はX(旧Twitter)が多い

# 例 フィールド上でロボットの位置を知りたい

---

- 物体までの距離を測る→測距センサ
  - サッカーフィールドの壁を利用して、ロボットがフィールドのどの位置にいるか知る
    - ロボットが正面を向いたときに、左右・前後の壁からの距離を測れば、ロボットの位置がわかる

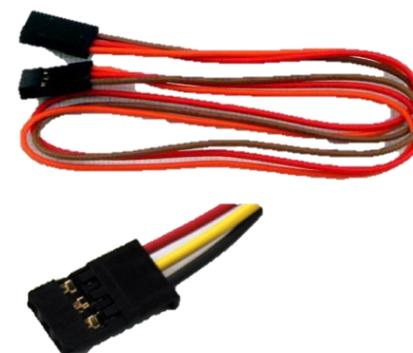
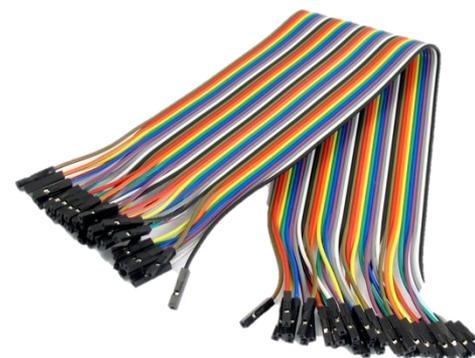
# 【参考】測距センサ製品

- 超音波測距センサ
  - HC-SR04
    - 販売サイト:秋月電子/アマゾン 他
    - 約300円
    - 測距距離:2~150cm
    - 信号線が2個必要



# 【参考】配線部材

- 40本ジャンパケーブル(メス-メス)
  - 販売サイト:アマゾン
  - 約300円
  - 裂いて必要数利用可能
- QIケーブル(3pin,4pin,他)
  - 販売サイト:共立エレショップ他
  - 3pin 約100円
  - 4pin 約120円



# 電子部品販売店

- 秋月電子通商
- 共立エレショップ
- マルツオンライン
- 千石電商(せんごくネット)
- ストロベリーリナックス
- スイッチサイエンス
- ダイセン電子工業
- アマゾン
- AliExpress



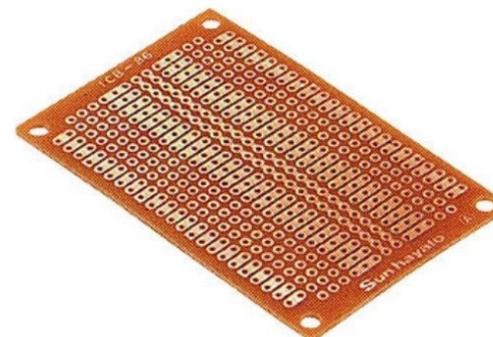
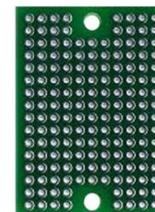
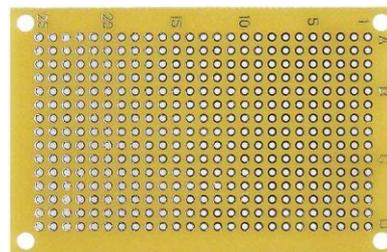
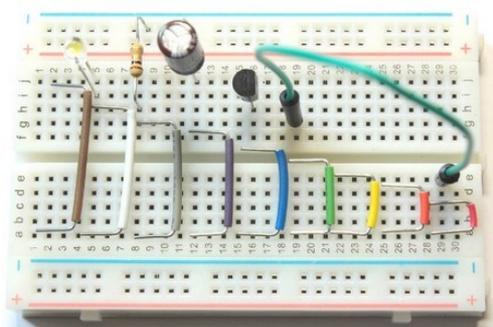
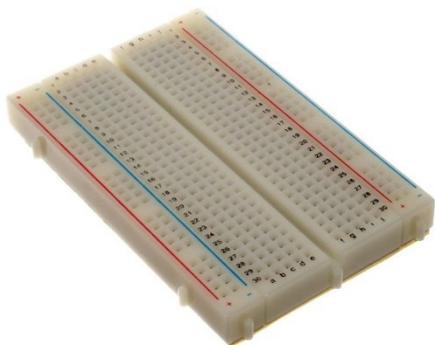
# 【参考】電圧計

- 電池の状態を確認する
  - 電池が切れる前に電池交換
- 電圧計製品
  - 超小型2線式LEDデジタル電圧計
    - 販売サイト: 秋月電子通商
    - 約350円
    - 表示: LED3桁表示、字高さ7mm
    - 寸法: 30×11×9mm(最大)
    - 使用電圧/測定電圧: DC3V~15V



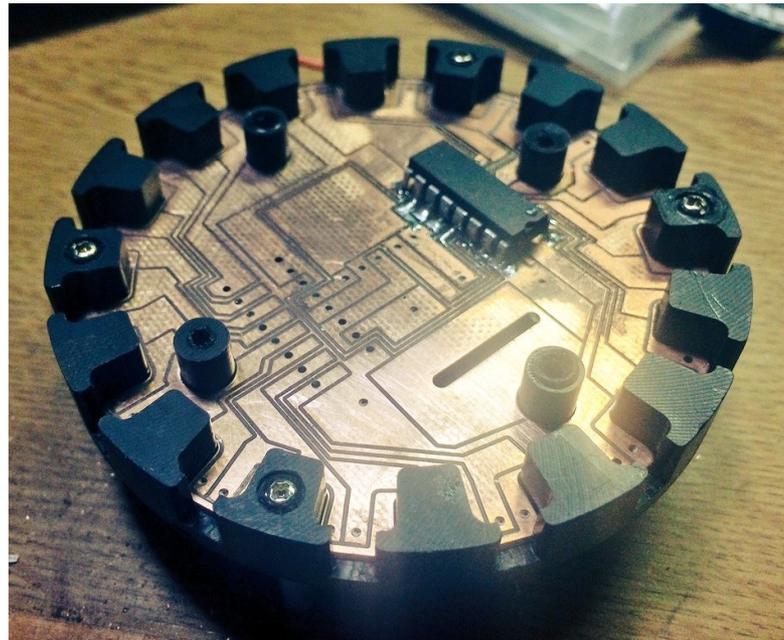
# 電子回路の作成

- ブレッドボード
  - ハンダ付けをしないで電子回路を試作できる
  - ジャンパピン(オス-オス)もあわせて購入する
- ユニバーサル基板
  - ロボットに組み込む回路の試作・制作に利用
  - サイズはいろいろある



# ボールセンサを増やす

- ロボットを回転させずに、ボールを見つける
- プログラムで方向と距離を瞬時に求める

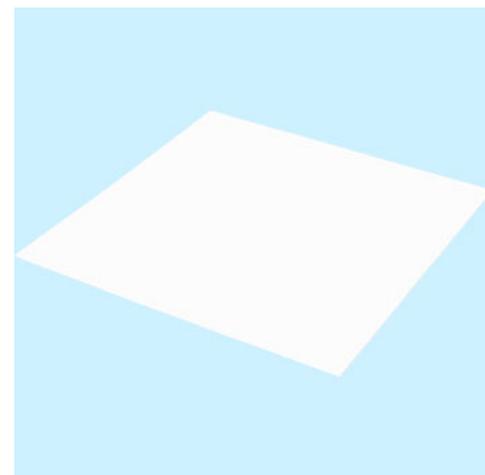


# 筐体の改造

- ロボットを改造したい場合は必要に応じ、上段・下段パネルを加工しやすい物に交換する
- 低発泡塩ビ板
  - フォーレックス
    - 販売:ホームセンターコーナン
    - 軽い(比重0.7)
    - カッターナイフで切断可能
    - サイズが豊富

規格	サイズ				
厚み	SS	S	M	L	大尺板
1mm	200×300	300×450	450×600	450×900	1830×915 1000×2000 1220×2500※ ※1220×2500サイズは2,3,5mm厚のみ
2mm					
3mm					
5mm					

単位: mm



# 工具

- ドライバー

- プラス 1番,2番
- マイナス



- ラジオペンチ



- ニッパー



- 半田ごて



- テスター  
(デジタルマルチメーター)



# どんな改良をしていくか…

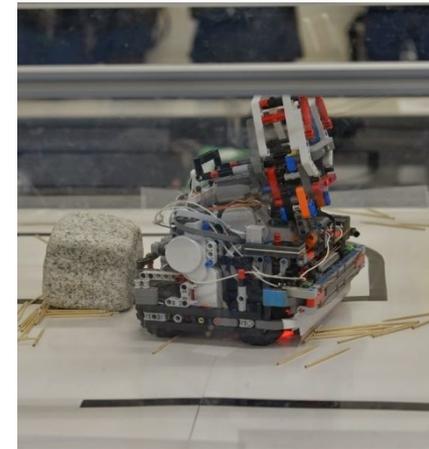
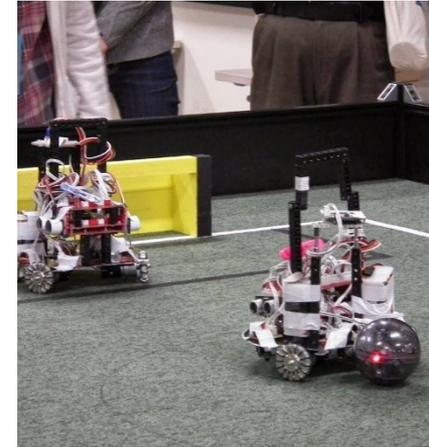
---

- ロボットをチームメイト、お父さん・お母さんと相談してみてください
- 質問があれば手をあげ自分で質問して下さい

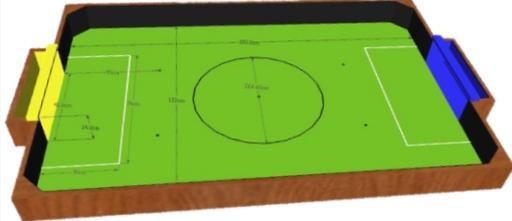
# 試合に向けて

# 大会の競技種目

- サッカーリーグ
  - オープンクラス
  - ライトウェイトクラス
  - ライトウェイトクラス (Nipponリーグ)
  - エントリークラス (Nipponリーグ)
- レスキューリーグ
  - メイズ
  - ライン
  - ライン(Nipponリーグ)
- レスキューシミュレーション
- オンステージ



# クラスによるルールの違い

	フィールド	ボール	ロボット規格
オープン	Bフィールド 	ゴルフボール 	サイズ:高さ・直径18cm未満 重量:2200g未満 電圧:48V以下 ボール保持エリアの奥行き:1.5cm以内 駆動用モータ数:制限無し
ライトウェイト		パルス発光ボール 	サイズ:高さ・直径22cm未満 重量:1400g未満 電圧:48V以下 ボール保持エリアの奥行き:3cm以内 駆動用モータ数:制限無し
エントリー	AフィールドまたはBフィールド 		サイズ:高さ・直径22cm未満 重量:1100g未満 電圧:9V以下 ボール保持エリアの奥行き:3cm以内 駆動用モータ数:2個以内

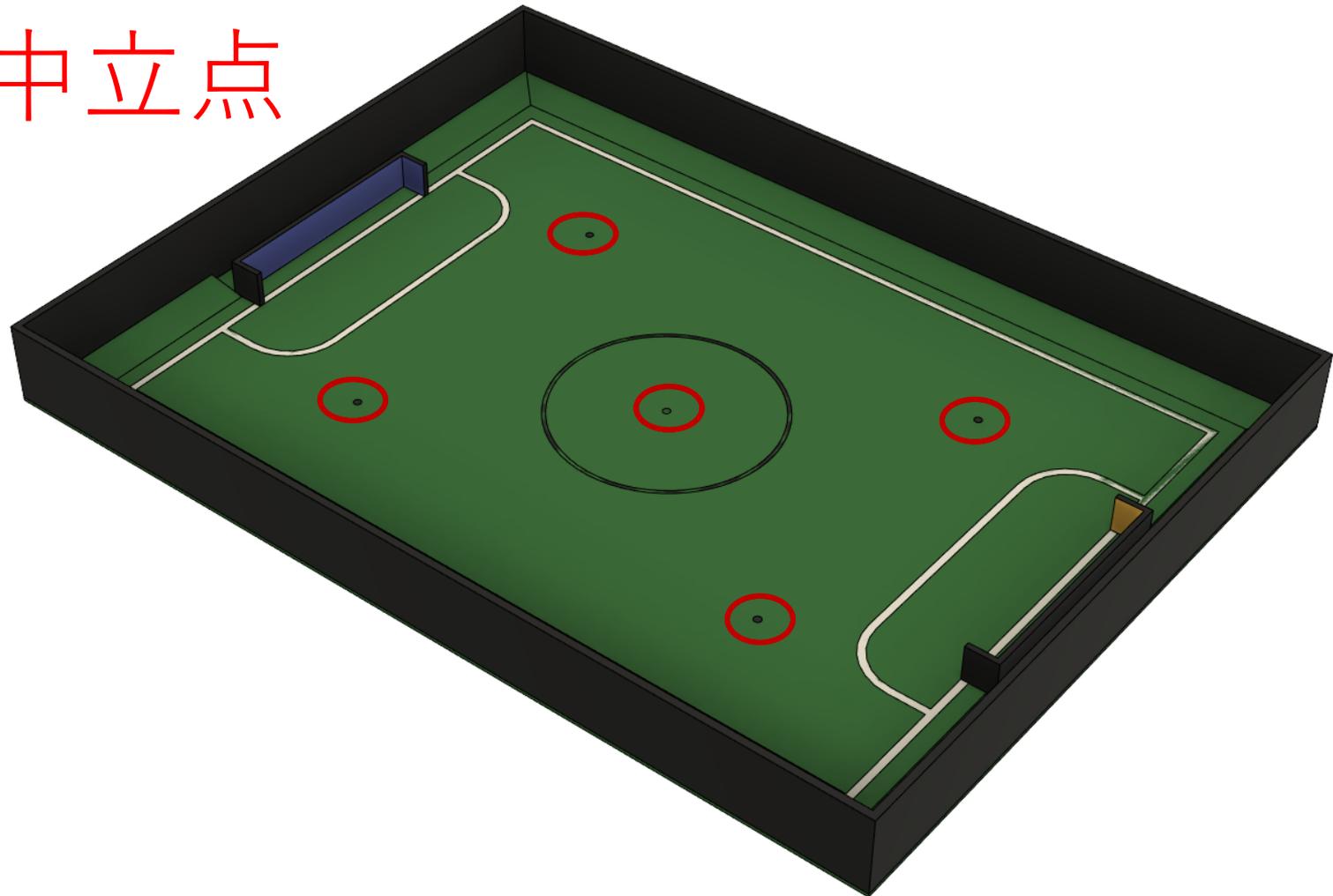
# 大会に出場できるロボットの制限

大会当日は車検でロボットの制限を調べられます

- サイズ
  - 直径22cm高さ22cmの円柱に入るサイズ
    - 円柱の内側にふれてはダメ
      - ケーブルなどしっかり止められていないは物は部品はひっぱられる
    - ボールが3cm以上ロボットに入り込んでダメ
- 重さ
  - 1100g以下
- ハンドル
  - 審判がロボットを持てるようにハンドルが必要
    - ハンドルは高さは他の部品から5cm以上うえにある必要あり
- 電圧
  - 9V以下
- 動き
  - ロボットは前後左右に移動できるようにできていないとダメ
    - ゴール前で左右に動くだけのロボットはダメ
    - 試合中でも審判が動きを確認することがある。ダメなら故障・退場となる

# 試合ルール

中立点



# 試合ルール

---

- 特殊なルール

- ラック・オブ・プログレス(試合進行の停止)

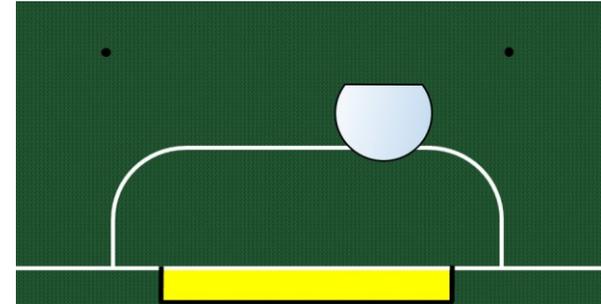
- 試合の進展が見られない場合
      - 主審がカウント開始を宣言し3カウントされたとき、ボールを近くの中立点に移動する
      - それでも試合に動きがないとき、もういちど3カウントして違う中立点にボールを置く
      - 中央中立点にボールを移動しても、試合が動かない場合は「リスタート」となる
        - リスタートは各チームのロボットをセンターサークル外に配置し、主審の合図に合わせ、ロボットをスタートさせる
    - ロボットがボールを押し合い、動きが無い場合(スタック)
      - 審判はスタックを宣言し、ただちにボールを最寄りの中立点に移動

# 試合のルール

- 特殊なルール

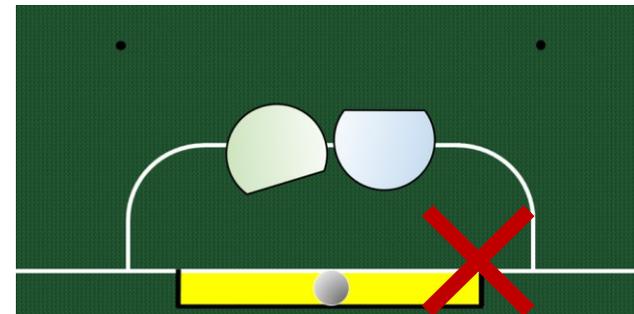
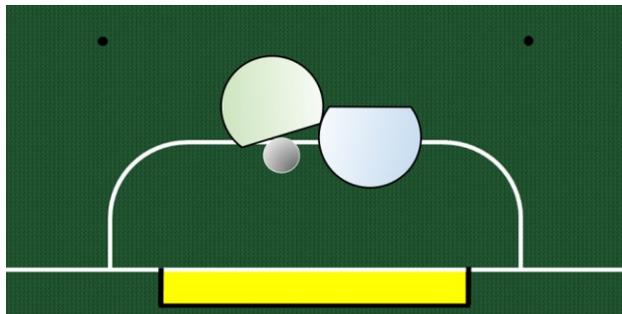
- ゴールキーパー

- 自陣のペナルティエリアに機体一部が入っているロボット



- プッシング

- ゴールキーパーロボットと相手ロボットが接触し、かつボールがいずれかのロボットに接触しているとき、審判の判断で採られる
      - 主審がボールを最も遠い中立点に移動する
      - プッシング後、ボールがゴールに入ってもノーゴール



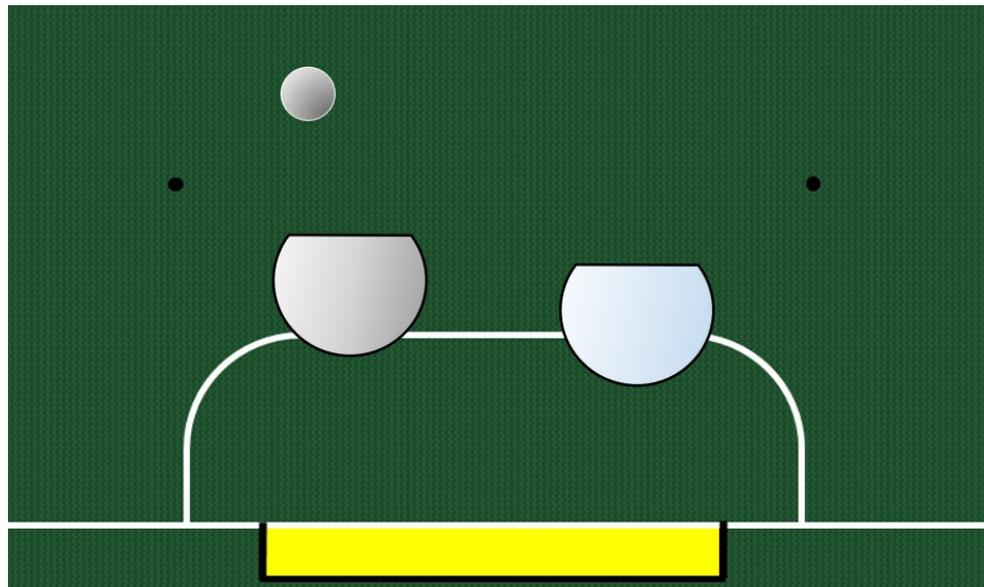
# 試合ルール

- 特殊なルール

- マルチプル・ディフェンス

- 自陣のペナルティエリアに2台のロボットが一部分でも入り、試合に影響を与えている

→主審がボールから遠い側のロボットを最も遠い中立点に移動



# 試合ルール

---

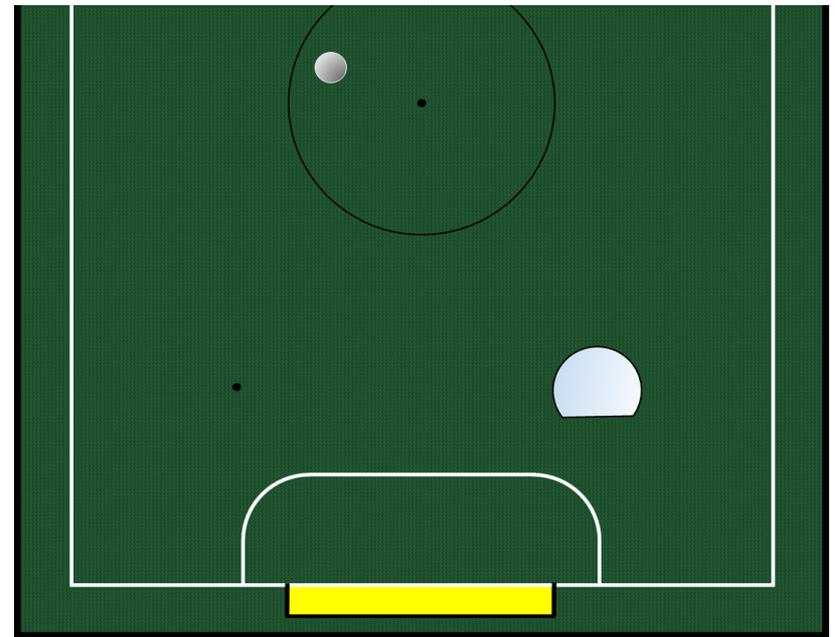
- 特殊なルール
  - 故障・・・フィールドから退場となる
    - ボールに反応しない
    - ゴール・壁に引っかかり動けない
    - 自分で転ぶ
    - 試合中に車検合格の条件を満たさない状態になる
  - 一定時間(1分または30秒)経過か、得点/失点/リスタートが有った場合、フィールドに復帰出来る

# 試合ルール

- 退場からの復帰

- 退場時間が経過し、かつロボットが正常に動作する状態の場合、ロボットをフィールドに復帰させることができる

- 主審の指示に従い
- キャプテンが
- ボールから最も遠い中立点に
- 静止したロボットを自陣に向けて置き
- スタートさせる



# 試合に必要なこと

---

- 僅かな工夫が勝敗を決める
  - 小さな工夫を積み上げる
  - 一人で考えるよりも話し合う
    - アイディアを出し合う
      - 人のアイディアに自分の考えを足してみる
      - 人のアイディアを否定しない
  - 試合相手のロボットの良いところを見つけマネをする

# 第三回の予定

---

10:00 ~ 10:05	はじめに
10:05 ~ 10:10	注意点復習
10:10 ~ 10:40	プログラムの流れ
10:40 ~ 11:00	ロボットの改造
11:00 ~ 11:20	試合に向けて
11:20 ~ 12:00	ロボット調整
(昼休憩)	
13:00 ~ 15:00	ロボット調整 練習試合
15:00 ~ 15:30	大会/サポート講習について
15:30 ~	解散

# 大会

---

- 試合の形式・対戦数・時間は大会によってまちまち  
大会の実施要領を自分で確認すること
  - 試合形式例
    - 予選総当たり戦→決勝勝ち抜き戦
    - 総当り戦
    - ランダム4試合
    - スイス方式勝ち抜き戦
  - 試合数
    - 3～6試合
  - 試合時間
    - 前後半4～10分
    - 延長戦有無(Vゴール方式/制限時間方式)

# 試合で利用されるボール

---

- RoboCup Junior 公式赤外線発光ボール RCJ-05R
  - メーカー:イーケージャパン
  - ¥6,500~9,900



# プレゼンテーションシート

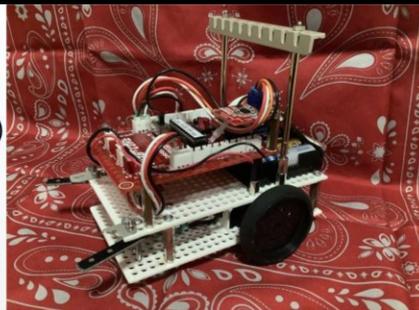
---

- チームで一枚
  - ロボットの特徴/アピールポイントをまとめたもの
  - 用紙のサイズと向きは大会募集要項確認
  - 大会当日受付時に提出

参考

## 部品

- TJ3B
- ボールセンサー(2個)
- コンパスセンサー



## 役割

アタッカー

## 主な特徴

TJ3Bの基盤とコロボのハードを組み合わせたことで、スピードが速くなった

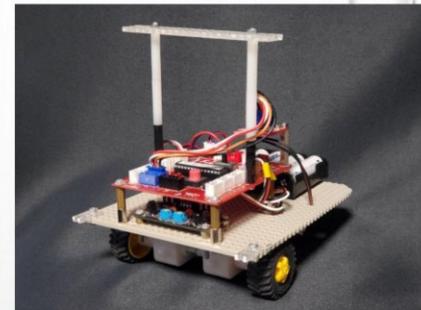
## ボールが自分のゴールに向いていた時

ボールを通り過ぎてから向きを変えるようにした



## 部品

- TJ3B
- ボールセンサー(2個)
- コンパスセンサー



## 役割

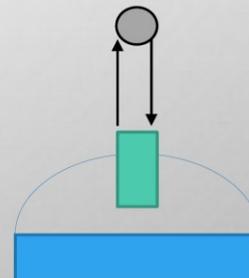
キーパー

## 主な特徴

モーターが強い  
ため押し負けず  
車体が大きい  
のでゴールを守りやすくなる

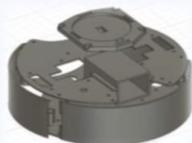
## ボールが前にあるとき

自分のゴールから離れないように、進んでその分戻るようにした



## ハードウェア

### 合理的なデザイン

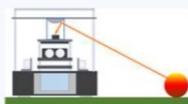


チーム祥雲の最大の特徴。スタイリッシュなデザイン。車体の電子部品を除いたほとんどのパーツはFusion360で独自デザイン。またCNCフライスでFRP加工、3Dプリンター（ダヴィンチ1.0）で車体側面や基盤回りを作成。車体全体として主に5パーツから成型されているため、パーツの経年劣化等、故障した各パーツのみの交換が可能。また車体側面を含め開閉可能な設計であるため、日々のメンテナンス、大会当日に起きる予期せぬ不具合にもスムーズに対応可能。また車体全体として比較的シンプルな構造をしているため、ハードウェア担当を除いたソフトウェア担当者だけでもある程度の物理的問題にも対応可能。総括として実践を意識した車体設計を行った。

### スケールダウン to 18cm

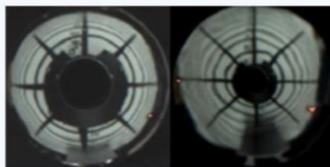
全方位カメラを搭載している機体において大切なのはミラーとカメラとの距離。従来のチーム祥雲の機体の高さは21cmカメラからミラーの最短距離は6cm車高の27%がビジョンシステムで占めている新ルールにより車高制限が18cmとなったが、広範囲のボールを検知できるように機体全体を再設計。歴代のチームメンバーから継承してきた技術、車体デザインを応用させモーター回り、センサー類の配置を見直した。結果として車高は18cm。カメラからミラーとの最短距離の6cmのままで作成。車高の33%がビジョンシステムが占めるという車高を最大限有効活用できる機体に仕上げた。

### オリジナル曲面鏡

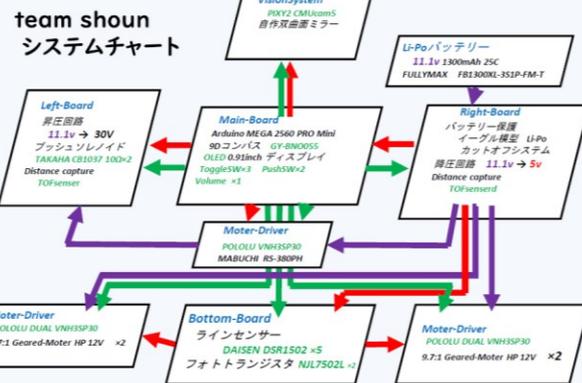


機体との相対角度及び相対距離をより高い精度で測定できる【オリジナル曲面鏡】を設計、製作し、球面鏡（既製品）との比較検証を行った。Fusion360を利用し円錐曲線をベースとする曲面鏡を設計する。  
 ・滑らかな曲面・水平面より下方を写す。  
 ・機体の映り込みを小さくする。

効果を調べるために、曲面鏡を組み込んだカメラを計測用フィールド（図4）に設置し、カメラ画像および、実距離と計測された相対距離を比較した。



（既成品）球面鏡に比べ、【オリジナル曲面鏡】の方が機体の映り込みが小さくなり、計測範囲が広がった。また、画像の歪みも少なく相対角度を計測することが可能である。認識できた相対距離は、球面鏡は90cm、曲面鏡は160cmであり、約1.7倍遠方まで確認することが出来た。



## ソフトウェア

### シュートを決める

車体の前後ろ、左右に搭載した4方向にわたるTOFセンサー、また車体底面に設置した4つのラインセンサーの働きにより、コート内での車体の位置を推定。その位置からピクシーカメラによって認識されるボールとの位置関係より、モータ出力を変化させ角度をつけゴール方向を向いてのシュートが可能となった。



ボール検出して、かつTOFセンサーの壁との距離が一定値に達する

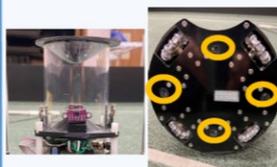
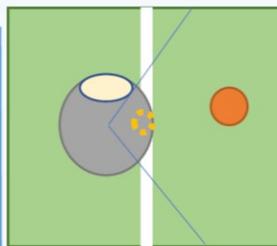
モータ出力を変化させ、ゴール方向に機体を回転させる

回転してから少し間を空けてソレノイドを作動させるプログラムにより、ソレノイド車体の威力より強くゴールできる

参考

### アウトオブバウンズ対策

従来のプログラムにおいて車体のトップスピード状態では底面に4つ備えたラインセンサーが白線を感じする前に処理が遅い付かずロボットがコート外へ出てしまうことがあった。今大会でのアウトオブバウンズ対策では従来の前方後方、左右に備えたTOFセンサーとラインセンサーに加えてPIXY2を利用した。左図のような状況下において鳥瞰図としてみると、右のラインセンサーが作動し、ボールが指定した角度範囲内であれば、ボールがコート右側にいる状況と判断する。その時点でボールを追いかける動作は行わずボールがコート内に入るまでその場でステイさせる。またボール発見時、壁との距離が一定値に達すると減速させるプログラムを全ての車体移動プログラムに組み込んだ。



### 終わりに

ハードウェア、プログラム、試合戦略、全体として昨年度の初めての実際試合であったRCAPの経験をもとに改良を重ねた。18cm機体ということで昨年度のチーム祥雲の先輩が開発したドリブラーを搭載することは出来なかったが、今後は基本プログラムの精度を高めドリブラー機の開発を進めていきたい。



本誌マスコットキャラクター くーもくん

### 試合戦略

車体にトグルスイッチ、押しボタンスイッチをそれぞれ3つつ装備。コートチェンジ、メイン電源に限らず、スタートさせるスイッチも種類分けを行った。昨年参加したRCAPではドリブラー搭載機にボールを取り込まれ相手のペースで試合が進行してしまっ。ドリブラー機を搭載していない弊チームは、相手のドリブラー機にボールを渡さない、いち早くボールを動かし、シュートさせることが大切だと考えた。スイッチによって、通常のループプログラムの前に作動させるプログラムを使い分ける。よってリスタート時、自陣側ボールでスタートするとき等、状況によって、スイッチだけで初手の動きを変更させることが可能となった。

## About Us

私たちは瑞浪ノード所属のRoot41です。ハードウェアとソフトウェア両方の観点から、今までのロボカップジュニアにはなかった**全く新しいロボットの創作**を目指しています。競技だけでなく、情報公開や交流にも力を入れ、他チームと共に成長していくことを目指しています。

## Git Flow

Git Flowの導入によりプログラムの共同開発が更に便利になりました。**お互いの進捗をリアルタイムでグラフに可視化**できます。何か開発につまづいたときは相手の環境をワンクリックで手元に反映でき、共同で問題解決に向けて取り組むことができます。



## 情報公開

競技成績以上に大切なことは「何を学び、何を得たか」ということです。私たちはTwitterなどのSNSを利用し、他の競技者とのコミュニケーションを積極的に取ることを大切にしています。

その一環として**ロボットの全設計データとプログラムをリアルタイムで公開**し、誰でも閲覧できるようにする取り組みを行いました。大会後ではなく開発の段階から全て公開することで、以前より質問や交流の機会が多くなったり、また逆にアドバイスをいただけたりと非常に大きなメリットを享受することができました。

## 研究成果

### BLDCによる足回りの駆動

MIYAZATO Takaki

一般的にロボットの足回りにはブラシ付きDCモーターがよく使われます。しかしギヤ特有の騒音が発生し、また軽量かつ高出力なものは単価が1万円を超えることも珍しくありません。

そこでブラシレスDCモーター (BLDC) をロボットの足回りに応用できないかと考えました。BLDCはドローンなどに多く用いられ、**軽量・高効率・静音**であるといった特長があります。ただし、制御に複雑な数式や回路が必要になるというデメリットがあります。

まず最も単純な駆動方式である矩形波駆動 (Fig.1) に取り組みました。しかし非常に煩く、定速制御も非実装だったためRCAP大会では思うように駆動できませんでした。

現在は矩形波制御ではなく正弦波駆動 (Fig.2) でBLDCを制御しています。負荷が加わっても回転速度の変化を防ぐことができる定速制御も実装し、低速域・高速域問わず**安定した足回りの駆動**を実現することができました。



BLDCと実験用駆動回路



Fig.1 矩形波駆動の波形 (1相分)



Fig.2 正弦波駆動の波形 (1相分)

### 開発成果

- ・ 回転数制御器により計算通りに足回りを駆動できるようになり動作が安定した。
- ・ ギヤを搭載するロボットに比べ圧倒的な静音性と機動性を実現できた。

### 学ぶことができたこと

- ・ 制御を通じて行列や複素数などの数学を目的を持って学ぶことができた。
- ・ ノイズや逆起電力が回路に与える影響と対処方法について学ぶことができた。

### OpenMVによるゴール認識

KURU Hajime

ゴール前の動きが大幅に制限される新ルールの条件下でも可動域を十分に確保するため私たちは全方向カメラを導入しました。カメラにはPythonで記述でき、通信方式も複数選択可能なOpenMV Cam H7 Plusを採用し、ミラーは真空成形機で精密に加工しました。

ミラーの形状に何が最適かを調べるためにFusion 360のレンダリング機能を用いて球面・円錐・双曲面のそれぞれの見え方を比較しました。その結果、歪みがなく距離と面積が求めやすい**双曲面ミラー**を採用することにしました。



ゴール認識の処理画面

### 開発成果

- ・ ゴールの相対座標や検出面積をロボットに認知させられるようになった。
- ・ 守備機のゴール前の動きを最適化できた。

### 学ぶことができたこと

- ・ Pythonの知識をつけることができた。
- ・ 画像処理の基礎を身に付けることができた。

## プログラム

16個のボールセンサからの情報をもとにボールの方向と距離を算出します。回り込みはif文による分岐ではなく数式を用いることで**連続性のある動き**にしました。

動作中に白線を発見した場合は各ラインセンサに持たせた**方向ベクトルの情報から戻る方向を算出**します。十字配置のセンサと円形配置のセンサの両方を使うことで複雑な白線にも対応します。

UIも充実させ人為的ミスが減るようにしています。

## Spec

CPU	STM32F446RE	× 1
Ball Sensor	IRM3638-N3	× 16
	ATmega328P-AU	× 1
Line Sensor	NJL7502L	× 47
	WS2812B	× 51
	STM32L010F4	× 4
Direction Sensor	MPU-6050	× 1
Camera	OpenMV Cam H7 Plus	× 1
Motor Driver	DRV8332DKD	× 4
	STM32L010F4	× 4
BLDC	SunnySky V2806	× 4
	400KV	× 1
Li-Po	Li-Po 1000mAh 3S	× 1
OLED	SSD1316 - 0.96inch	× 16
RGB LED (UI)	WS2812B	× 16



## 目標

目標：Cranes は今大会で優勝し、7月にフランスで行われる世界大会を目指しています。

## チーム概要

私たちチーム「Cranes」は、今回の全国大会で優勝し、世界大会を目指し、活動しています。このチームは、沖縄ブロックと関東ブロック、広島ブロックから1人ずつ集まって結成されたチームです。

## 名前の由来

「Cranes」というチーム名は、その名の通り、日本の国鳥、ツルから名付けました。シンボルは、ツルをモチーフに、3つの羽がチームメンバー3人の翼を表し、世界へ羽ばたく意味を表現しています。

## 連絡手段

利用したアプリ: Discord

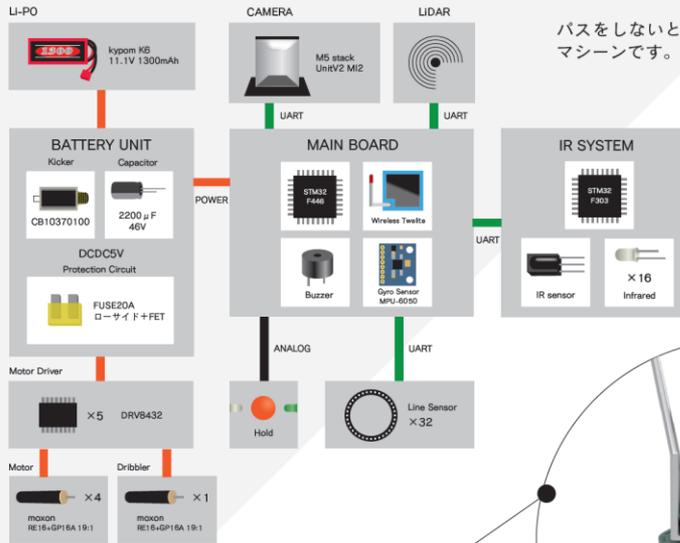
活動場所が離れているため、遠隔での情報共有をするのが困難でした。そのため、Discordを利用し、自分たちの進捗状況を随時報告しました。定期的なミーティングでスケジュールを組んだり、ディスカッションを行いました。

## Cranes

## Sponsor



RECEPTION



TOFセンサーを円形に16個配置することで、LIDARを搭載しました。LIDARは敵ロボットの認識に使い、パスをする際に味方ロボットとの直線上敵ロボットがないかや、シュートをする際に敵ロボットを避けて決めるようにしています。

## オムニホイール

オムニホイールはロボットの視覚に干渉しない、またボール捕獲エリアを広くするために38mmとかなり小型にしました。小型化するためにネジの配置、1つ1つのサイドホイールのサイズの調整、CNCフライス盤で加工できる設計にするのかなり苦労しました。また、アルミで作ることで強度を上げました。

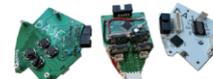
## エンジェルライン



コートラインが複雑なため、十字型のラインセンサーではなくエンジェルラインセンサーにすることでどんな方向からラインに入射してもきちんとコート内に戻れるようになりました。

## 機体 & 回路設計、プログラミング

機体はFusion360という3次元CADで設計しました。回路設計にはKiCADを使用しました。機体設計と回路設計で役割を分けたため、パーツの配置などを細かく共有し、設計ミスが起こらないようにするのが大変でした。プログラミングソフトはVSCodeでPlatformIOを使用し、言語はC++で書いています。



AUTODESK FUSION 360, KiCad

## パスプログラム



パスはロボットが2台向かい合うことで、相手にカットされず、安全に対面パスをします。どちらかのロボットがボールを確保し、ゴールまである程度距離がある場合に使用します。IRセンサーで算出した味方ロボットとの距離とTOFセンサーで算出した距離の差が殆ど無い場合は直線上に敵がないと判断し、差が生じた場合は敵ロボットが直線状にいると考え、パスは必ずボールをゴールまで運びます。

## 敵避けプログラム



オフenseロボットはカメラによるゴール認識とTOFセンサーによる敵ロボット認識をし、敵ロボットを避けてシュートするようにしました。敵ゴールを見ているため、中立点からもきちんとゴールができます。また、サイズの小さいゴルフボール、18cmのロボットを使用するサッカーオープンでは敵避けはかなり効果が高く、敵のキーパーロボットが敵避けをするアタッカーに追いつくのはかなり難しいです。

## キーパープログラム



キーパーロボットはラインセンサーでペナルティエリアのラインを認識しゴールの前にるようにします。カメラで自陣ゴールを読み取って動くという方法もありますが、敵ロボットに押された場合うまくゴールを認識できなくなり、ラインの外に出してしまったり、きちんと自陣ゴールに戻らなくなったりしてしまうことがあったためこの方式をとりました。

パスをしないとサッカーとは言えないと考えたため、Cranesのマシンコンセプトはパスをするマシンです。2台同じ構造にすることで、プログラムの修正を簡単にできるようにしました。

参考

## カメラ

AIカメラのM5Stack UnitV2 M12版を使用することで、どんなコートでも調整無しで高精度なボール、ゴールの認識ができるようになりました。学習データとなる写真を100枚集め、学習させました。学習結果がちゃんと出る質の良いデータを集めるのに苦労しました。将来的には敵ロボットの認識もしたいと考えています。

## IRセンサー

パスをする際はパスを受ける味方ロボットの位置を、パスを出すマシンが知る必要があります。

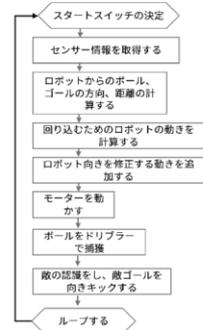
## フレーム

ロボットの底面のフレームはアルミで作られており、カーボンのカバーを被せることでかなりかっこよくなっています。力学的に弱くならないような肉抜きをしており、2.4kgのロボットがぶつかっても壊れないような構造となっています。

## モータードライブ開発

今シーズンは3種類のモトドラを開発しました。1つ目がハーフブリッジドライブ+FET、2つ目がモトドラIC(TB6643KQ)、3つ目がモトドラIC(DRV8432)で開発したものです。全国機体には、1つ目のFETから自作したドライブをばいりたのですが、技術力が不足し安定性がいいまなこや、小型化が難しかったため、3つ目の安定性の高い市販のICを使用しました。DRV8432を使うことで、大幅に小型化でき小さい基板面積で6つのモーターを回す機能を搭載できました。

## フローチャート



## スケジュール

9月に結成してからの半年間、ロボカップジュニア界の名機となるようなロマンに満ちたマシンを作ろうとしていましたが、1ヶ月前になり、設計していたマシンがかっこいいマシンではあるが、勝てるマシンではないと気づき、ちゃんと動く、シンプルで勝てるマシンを作ろうとチームの方針を変えました。そのため、デュアルアングルキックや、タッチディスプレイなどの開発に時間がかかる機構を諦めました。



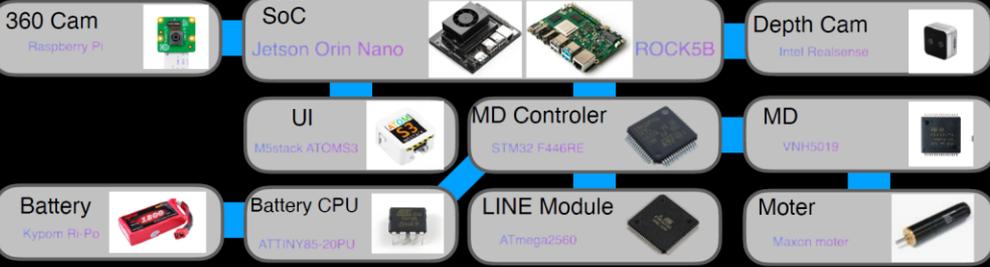


Marks21

戦いながら進化する攻撃手



ポジション:前衛
Soc:Jetson Orin Nano
足回り:4輪オムニ
ドリブラー:1基



Marksman

速攻特化の浪漫砲



ポジション:後衛
Soc:ROCK5B
足回り:3輪オムニ
ドリブラー:2基

AI搭載。戦いながら成長する。

Yolo.V7&Intel RealSense camera D405

Jetson Orin Nanoの採用により、高性能なJetson Nanoと比較しCUDAコア数は2倍、CPUコア数は1.5倍、最新アーキテクチャの採用によりAI性能が最大80倍飛躍した。AIの一種であるCNNアーキテクチャを用いた軽量のYoloアルゴリズムにより味方と敵機体の検出が可能になる。Intel Realsenseを正面カメラに使用し前方の深度推定を行うことで、高精度且つ最大102万ポイントからの距離情報を利用して最適なルートでの攻撃が可能になる。更に、敵ロボット検出を利用することでボールが見つからない場合の敵機体のマーキング&ブロックも可能だ。コンピューターをM.2 SSDで起動することで、高速起動が可能になる。SSDをプログラム側に、SDカードを録音用にする事で実働時の記録を行う。記録データをラベリングシフィアインチューニングを行うことで検出精度強化を行うことが可能である。つまり、戦えば戦うほど機体の多様性を学び進化していく。また、深度データと映像を後からPCで解析することで、二次元的に戦いを可視化することができチームとして戦略を練ることが可能である。更に、データを元に位置情報と照合することで、V-SLAMへ技術応用させる事が可能である。

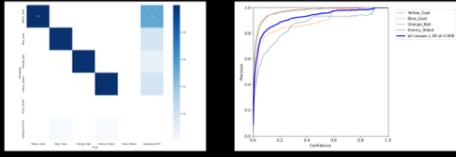


図1. モデルをトレーニング後の混同行列。ボール,ロボット,ゴールを正確に検出でき、予測がいかに正確であるかを示している。
図2. 精度と信頼性の関係を示している。

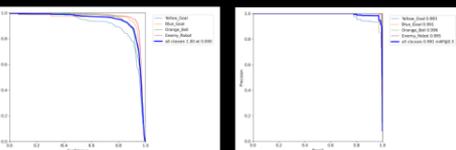


図3. モデルをトレーニング中の損失関数の変化を示している。
図4. トレーニング中のハイパーパラメータの学習率変化を示している。

ちっちゃいパソコン乗せてます。

Jetson Orin Nano&Rock5B

画像処理エンジンに小型シングルコンピュータのNVIDIA® Jetson Orin Nano(MarkS21)と Okdo ROCK 5モデルB(Marksman)を採用した。これらを用いることで、リアルタイムの画像解析と複雑なアルゴリズムの処理が可能になる。Pythonと画像処理ライブラリのOpenCVを用いる事で、自由度高く画像処理アルゴリズムを構築する事ができた。また、GUIも構築しユーザーが直感的にHSV色空間を操作しボール、ゴール(2種類)の色を設定し環境因子による誤認識を減少させる事が可能になった。カメラモジュールにはRaspberry Pi Camera V2を採用し高解像度高FPSで画像を受け取る事ができた。しかし、高解像度高FPSの画像をリアルタイムに処理を行うとするとリソースが高くなり、スレッドに負荷がかかる。そこで、6コアのArm CPUを効率的にリソースを分け処理する必要がある。そこでマルチスレッド処理を実現した。3コアを画像処理、色検出を行い、1コアでシリアル通信を行うようにした。また、画像処理とシリアル通信を行うマルチタスクで行う際に複数検出するとデータの混雑が発生しシリアル通信に対して競合が発生してしまう。シリアル通信に対してオブジェクト毎にロックをかけることで解決している。更に今回はIntel RealSense Depth Cameraにより深度情報を得る事ができる。この深度情報を有効活用するには適切に物体検出する事が欠かせない。そこで、AIを用いる事で従来の色検出では検出できなかったロボットや、環境が要因で調整が必要なボール、ゴールといった物体検出も調整なしで検出可能になった。この物体検出と深度推定技術により今まで実現できなかったアルゴリズムを構築する事が可能になった。

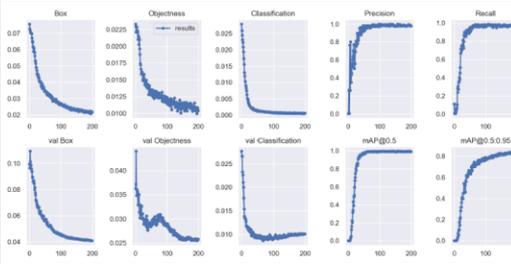
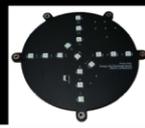


図5. グラフの縦軸は1に近づくほど好ましい。
Box LossはBBoxの予測設置精度を示している。
Precisionは物体検出の検出精度をしめしている。
Recallはテストデータに対して正しく検出できたオブジェクトの割合である。

線外なんて論外。

最適化されたラインセンサー

十字形状で設計されたラインセンサーは精度の高いライントレース、マクソンモータの高いレスポンスを生かした急減速、自己位置推定システムを利用したライン際検出を可能としている。また、閾値やLEDの色に対して最適化を行うAuto Calibrationを行うことができるため、コートごとに細かい調整を行う必要が少なく、ストレスフリーとなっている。



直感操作の快適UI

必要な情報をコンパクトに表示できるディスプレイアイコンであるM5 ATOM53を採用した。SoCの起動終了予測時間の表示や、モード切り替えを短押し、2回押し、長押しを利用して行うことができる。コンパクトで可愛い初音ミクもいる。

ユニットの故障を瞬時に把握 基盤相互故障監視システム

サッカーリーグでの故障のうち、最も悔しくて対応が大変なのが基盤の故障である。それを0にするのはロボット同士が衝突し激しい衝撃が加わるサッカーリーグにおいては至難の技であるだろう。そのため我々は各ユニットが定期的に故障していないかを自動で確認してくれるウォッチドッグシステムを実装している。これにより故障ユニットを即座に確認し、修理をスムーズに行うことができる。

保護回路付きLi-Poバッテリーモジュール

バッテリーの安全性を担保できるようにするためにリアルタイム性と制度に重点を置き、分圧抵抗と省電力MCUを採用することでアクティブ時に0.007Aで動作することが可能になり非常に省電力ながらリアルタイムで電圧を監視し3S LiPoの電圧の安全域を下回るとMOSFETが駆動することで自動的に遮断が行われるようにすることで放電ダメージのリスクを限りなく減らしている。また、Main MCUによる二重監視機能も搭載しており、一方に障害が発生した場合でも安全にシャットダウンが行われる。



3Dプリンターでしか作れない設計。

ロボットらしくないデザイン。

ナットを埋め込み、パーツやネジの削減、圧倒的なメンテナンス性の向上を実現。上面カバーと制御モジュールの接続にネジを使わず、ネオジム磁石で脱着できるようにしている。

戦術的なドリブラー運用

MarkS21は正面に、Marksmanは左右にドリブラーを搭載している。MarkS21はホロノミック全方向移動を主体機動としておらず、最短経路でのボールへのアプローチとホロノミック全方向移動を適度に使い分けることでドリブラーの弱点を埋めることを可能にした。Marksmanはキーパーの弱点となるゴールサイドにあえてボールを弾き、サイドドリブラーを利用しスムーズにカウンターを狙うことが可能である。

NEXA's goal

Jetson Orin Nanoの採用により、画像処理性能が向上し、CNNを用いて味方と敵機体の検出が可能になる。Intel RealSenseをメインカメラに使用し、前方の深度推定を行い、高精度な距離情報を利用して最適なルートを推定する。360度カメラをサブカメラとして使用し、ボールの位置を常に把握する。これらの機能はROSを用いてJetson上で開発し、効率的なデバッグを実現する。



Who's next to become NEXA?

我々はこれまでたくさんの技術公開をしてくださった先駆者の皆様のおかげでロボットを開発してきました。私たちは今回が最後の全国大会になるため、これまで自分たちが作ってきたものが後継連へ何か役立てばと考え、技術公開を行うことにしました。私たちは皆で交流しようとしてサッカーリーグの更なる発展を目指したいと考えています。NSE,WSL,WSOの全てがそれぞれの考え方、個性的で面白い技術を持っています。たくさん交流して、みんなでサッカーリーグを盛り上げていきましょうか？

