

チーム概要 - Munako Artemis

私たちは2024シーズンにライトウェイトリーグで世界大会に出場し、世界大会で活躍するオープンリーグのロボットを生で見ました。その経験から、オープンリーグにおいてロボットが「圧倒的」であるために必要な要素を考え、今シーズンのロボットに反映させました。例えば、電源基板の改良や6方向カメラの搭載、前後のドリブラー・キッカー搭載などです。

また、現ルールではプッシングを利用したゴール前でのキーパーがとても強いと感じたため、どのような守備の方法が良いのか、2種類の方法で研究を行いました。

ロボットの概要 - robot's overview

①メイン基板

メインマイコン: **Teensy 4.0** / ToF処理用マイコン: **RP2040**

メインマイコンには昨年度から引き続きTeensy4.0を採用しています。マイコンの値段に対して、シリアル数の多く、処理速度が高いことなどコストパフォーマンスが高いことから採用しています。

メインマイコンでは、カメラ・ラインセンサ・電源基板・無線モジュールからの情報を受け取り、モータードライバ・UIモジュールにデータを出力しています。**アタッカー・ディフェンダーのプログラムが2台共に搭載されているため**、プログラムを書き込むことなく2つの役割を切り替えることができます。

また、赤外線で距離を計測することができるToFを16個搭載しています。周囲の物体までの距離を計測し、距離が近いところはロボットがいると判断し、その部分を避けてボールを運搬することができます。

③カメラユニット

カメラ: **UnitV Ai Camera x6**

ゴルフボールを色認識するために、比較的価格で入手性が高く、安定した使用感を得られるUnitVを採用しました。6個のカメラのデータをTeensy 4.0で取得し、ボールおよびゴールの角度・距離を計算してメイン基板に出力しています。

(詳しい情報は「ロボットの特徴」を参照。)

④統合電源基板

今シーズンの私たちのロボットのコンセプトである「圧倒的」に則り、**圧倒的な安全性を持った電源基板**を製作しました。

バッテリーには3セル(11.1V)で容量の大きなKypom 2200mAh 35cを採用し、電源基板自体にマイコン(RP2040)およびブザーを搭載することで、電圧低下の対策をしています。

(詳しい情報は「ロボットの特徴」を参照)

⑥キッカー・ドリブラーモジュール

ソレノイド: **CB1029 (タカハ機工) x2** 48Vに昇圧して使用
BLDC: **Mini 1525 3500K x2**

私たちのロボットには前後にドリブラーとキッカーを搭載しています。ボールをキックするキッカーについて、オープンリーグではロボットの直径の制限が18cmであるため、ライトウェイトで使っていたソレノイド(CB1037)より1回り小さいCB1029を採用しています。キッカーの回路では、PchMOSFETとNchMOSFETを利用してコンデンサの充電部分とソレノイドの駆動部分を分離し、ノイズを低減しています。

また、ボールを運搬するためのドリブラーにはBLDCを採用することで、DCモーターよりもドリブラー部分を小型化することができました。

ロボットのメンテナンス性を向上させるために、**ロボット下部のネジ4個を外すだけでこのユニットにアクセスすることができるよう**に設計しました。

私たちは、RCJに参加する上で、**技術の共有をすることは必要不可欠だ**と考えています。そのため、SNSやチームのブログを通して、様々な技術や情報を身に付けると同時に、**私たちが学んだ技術や発見したこと**の発信、製作した部品の紹介なども行っています。

右のQRコードより、チームのXアカウント、ブログにアクセスすることができます。ぜひご覧ください。

②UIモジュール基板

ディスプレイ: **MSP2807 / フルカラーLED: WS2812C-2020 x64**

ディスプレイには、メインマイコンが保持している**センサーの値の表示やモード切替**を行うために、フルカラータッチディスプレイであるMSP2807を採用しており、**ロボットをパソコンに接続することなくセンサーの値を確認**することができます。

また、基板端に円形にフルカラーLEDであるWS2812B-2020を搭載しており、ボールやゴールの角度、ラインセンサの反応位置などをより視覚的に表示することができます。

この基板を搭載することで、**ロボットのデバッグ性が飛躍的に向上**しました。

⑤ラインセンサ

センサ: **NJL7502R x32**
マイコン: **RP2040**

サッカー競技において、白線の外に出してしまうことで、試合に参加できる時間が短くなることであるため非常に不利な状況となります。そのため、白線を正確に素早く認識するために非常に多くのセンサを円形に搭載しています。円形に搭載することで、複数のセンサが反応した際に、各センサの角度をベクトル合成し、「**白線の外に出ない**」**角度を簡単に算出**することができます。

また、キーパーでは反応しているセンサの角度を用いることで、ゴール前の白線上で**ライントレース**をしながらゴールを守ることができます。

⑦モータードライバモジュール

モーター: **IG22 19:1 x4**
モータードライバ: **TB67H450FNG x4**

モーターにはIG22 19:1を採用しています。現在は在庫がなく高価なものとなっていますが、以前は**入手性が高く低価格**であり、自チームの在庫が多かったため採用しています。また、モータードライバにはTB67H450FNGを採用しています。オープンリーグのロボットは部品を直径18cmに収めないといけないため、基板サイズの制約を考慮し、**部品サイズが小さく、流すことのできる電流が大きい**このドライバを採用しました。

また、ドリブラーに用いているBLDCの制御(ESCを使用)も管理しており、**駆動系をこのモジュール1つで管理できるよう**になっているため、ロボットのメンテナンス性も向上するような設計にしました。

ロボットの特徴 - robot's features

圧倒的な安全性の電源基板

従来の電源回路はバッテリーの保護回路と電源スイッチのみが搭載されたシンプルなもの、目視による電圧監視を怠った場合、バッテリー事故が起これかねない状態でした。

そこで今回、私たちは**マイコンが内蔵された、より安全性・信頼性の高い電源回路を開発しました**。大きな特徴として、FETスイッチと物理スイッチを用いた**2段階スイッチ機能**を搭載しています。また、UIやブザーを用いて**感覚的に電圧低下を認識**することもできます。



図1 統合電源基板の实物
マイコンにはRP2040を使用。

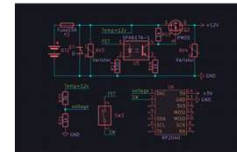


図2 2段階スイッチ機能の回路図
実際に使用している回路の簡易版を示しています。

前後ドリブラー・キッカー搭載で圧倒的な得点率を

私たちのロボットは、ドリブラー・キッカーを前後に搭載しており、この2つを有効活用して試合を有利に進めていきます。

前方にあるドリブラー・キッカーは、「**ゴール方向に素早く正確にシュートする**」役割を担います。ドリブラーでボールを補足した後、相手ゴールまで近づき、キッカーを用いて空いている**ゴールの方向**へとシュートを放ちます(図5右側)。

また、ドリブラーを用いることで、ゴールの横にあり、そのまわはゴールに入れることができないボール(図5左の赤領域)も保持したまま後ろに運ぶことで、ゴールに向かってシュートを放つことが可能になります(図5左の青領域)。

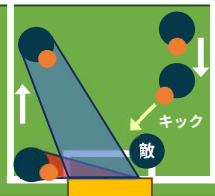


図5 前ドリブラー・キッカーによるロボットの動作

最強のキーパーを作るために

導入

サッカー競技において、シュートを防いだり、**プッシングを発生させてボールを相手の中立点に移動させる**ことができる「キーパー」の役割は非常に重要であり、試合の勝敗を左右する存在だと考えました。そこで、どのような守備方法がゴールを守備しやすいのか研究することになりました。

研究内容

方法1「白線上でボールに対して真正面から守備する(図7)」、方法2「**ゴールの中心・ロボット・ボールが一直線になる白線上の点で守備する(図8)**」のどちらがよりゴールを守備できるのか調べる。

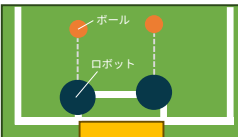


図7 方法1における守備の簡略図

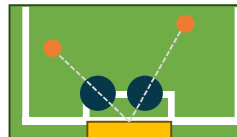


図8 方法2における守備の簡略図

研究方法

①方法1でロボットを動かし、次の「手順」に沿って実験を行う。
②方法2でロボットを動かし、次の「手順」に沿って実験を行う。
③2つの実験結果から、どちらの方法が守備しやすいのか考察する。(研究方法は右上に続く)

圧倒的な安定性のビジョンシステム

私たちのロボットには、UnitV Ai Cameraを6個搭載しています。以前は全方位ミラーを用いて1つのカメラで全方向を監視していましたが、ゴルフボールという小さい物体をどの距離からでも認識できるようにするのは大変でした(図3)。また、ロボット自身がカメラに映りこむことで、至近距離にあるボールがロボットに隠れて認識できないという問題もありました。これらの問題を解決するため、カメラを6個搭載することで、全方位ミラーの「全方向が見える」という要件を担保しつつ、**遠距離の視野の確保や至近距離でのボールの認識を容易に行うことができる**ようになりました(図4)。

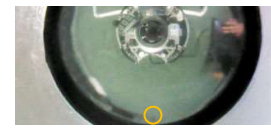


図3 全方位ミラーによるカメラの視野
遠方にあるボールを同じ位置から撮影した。

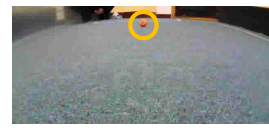


図4 6方向カメラによるカメラの視野
ゴルフボールをオレンジの丸で示している。

ソフトウェ

後方にあるドリブラー・キッカーは、「**ボールを隠して運び、相手に見せずにシュートする**」役割を担います。ロボットの後方に存在しているボールは回り込むことなく直接ドリブラーで捕獲し、後ろに隠したままゴールまで運びます。ロボットがゴールより外側にいる場合、壁側から回転をしてボールをキックします(図6右側)。また、ロボットの真後ろにキーパーがいる場合、ボールに回転をかけてカーブシュートをし(図6左側)相手に邪魔されずシュートを行います。

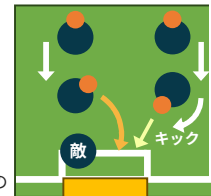


図6 後ろドリブラー・キッカーによるロボットの動き

「手順」図9のようにボールの位置(中立点)・角度を変化させ、2種類の速度でそれぞれ10回試行し、シュートを防いだ回数を記録する。

速度を変化させるために、**長さの違う2種類の筒を用いる**。そのため、筒を出るまではロボットがボールを認識できないようになっている。

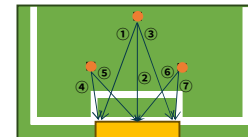


図9 ボールを転がす位置と角度



図10 実験の様子

研究結果

回数(20回中)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	合計
方法1	18回	20回	17回	16回	8回	7回	14回	100回
方法2	20回	20回	20回	19回	13回	15回	18回	125回

表では速度の違う試行は合計し、「**ボールを防いだ回数**」を記している。

研究結果は上の表のようになりました。この結果から、方法①(②)の方がよりゴールを守備しやすいことがわかります。そのため、私たちのキーパーは方法①(②)を採用した動作となっています。また、この研究から「**キーパーが対応できないシュートの方法**」もわかったため、この研究結果はキーパーだけでなくアタッカーにも活用しています。

SWO999