

和歌山大学学生自主創造支援部門（クリエ） クリエプロジェクト  
＜2023 年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名： ロボットプロジェクト

ミッション名： 無線通信を用いたサッカーロボット同士の連携

ミッションメンバー：

システム工学部・2年・松浦和貴

システム工学部・2年・羽瀨寿彦

システム工学部・2年・鹿野翔

システム工学部・1年・松本遼

社会インフォマティクス学環・1年・中松陽人

キーワード： 無線通信 連携プレー ロボット サッカー 自立制御

## 1. 背景と目的

私たちは昨年度、ロボカップジュニアジャパンサッカーオープンリーグ（以下 RCJJ）に参加した。RCJJ とは 2 台の色認識可能な自律制御ロボットを用いて行うサッカー競技である。特にサッカーオープンリーグは、オレンジ色のボールをカメラで認識するリーグとなっている。

昨年度のミッションの課題として、ロボットがボールを補足する際に、それぞれがボールの正面に回り込む動作を行うため、味方同士で衝突してしまい、結果的にボールを補足することができない点が背景としてある。

そこで私たちは、無線通信を用いてデータを送受信し、ボールと機体の距離が近い機体がボールを追跡するようにすればこの問題を解決できると考えた。よって、無線通信機能を搭載した自立制御ロボットを製作し、無線通信によって連携プレーを行うプログラム作成を目的とした。また、昨年度のミッションにてロボットを製作する際に部品同士の干渉や、基板製作の期間が長いといった問題も発生したため、CAD ソフトを用いてロボットの製作手法の改善を図ることも目的とする。

## 2. 活動内容

### 2.1 CAD ソフトの習得

基板設計ソフトである KiCAD の習得と、3D 設計ソフトである FUSION360 の習得を行った。KiCAD とは、無料の回路図作成ソフトと基板設計ソフトである。今回は、マイコンやスタートボタンなどを搭載するメインボード、モーターを駆動させるモータードライバーを搭載する基板を設計した。以下に作成したそれぞれの回路図と基板データ(以下 pcb データ)を示す。

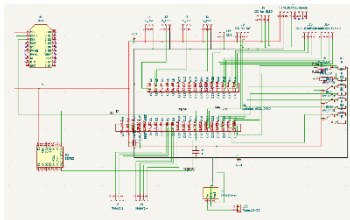


図 1 メインボードの回路図

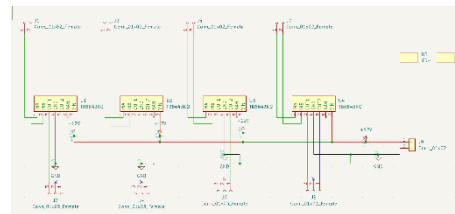


図 2 モータードライバー基板の回路図

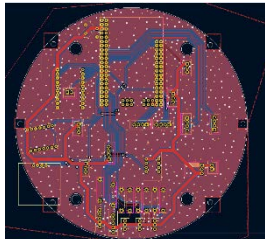


図 5 メインボードの pcb データ

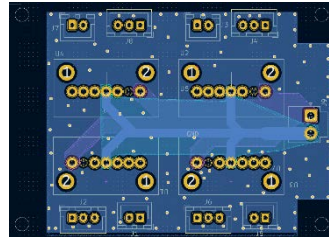


図 4 モータードライバー基板の pcb データ

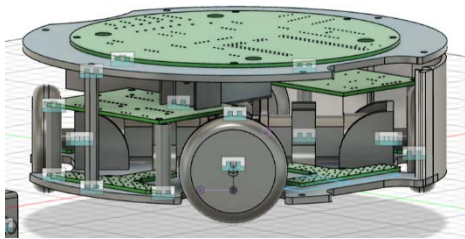


図 3 FUSION360 での設計

工夫点として、距離センサーの等の拡張を見据えた設計を行ったほか、基板の設計と並行して、FUSION360 を用いて、部品同士の干渉がないかどうかを確認したことが挙げられる。また、基板のネジ穴設定を機体とすり合わせることも行った。

## 2.2 無線通信の選定

無線通信を行うにあたり、RCJJ のレギュレーションでは、使用可能な通信が以下に制限されている。

- ・ Bluetooth の class2 または class3
- ・ ZigBee

よって、私たちは Bluetooth 通信を行える ESP32 と ZigBee 通信を行える XBee を比較した。以下の表にそれぞれのメリットとデメリットを示す。

表 1 無線通信機器の比較

	XBee	ESP32
無線通信規格	Zigbee	Bluetooth
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プログラムを流用できる</li> <li>・ 設定のみで通信可能</li> <li>・ 複数台の通信(最大6万)</li> <li>・ 低電力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 汎用性が高い</li> <li>・ マイコン内蔵</li> <li>・ 安価</li> <li>・ 小型</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 汎用性が低い</li> <li>・ 高価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 専用のプログラムが必須</li> <li>・ ペアリングなどの操作が必要</li> </ul>



図 6 XBee(右)と ESP32(左)

私たちが特に重要視した点は、プログラムの流用性である。XBee は 1 対 1 の通信であれば、有線接続でのシリアル通信をそのまま XBee で置き換えることができるモードが存在する。よって、XBee であれば、有線接続のプログラムをそのまま利用するだけで無線通信が行える。対して、ESP32 では、アドバタイズ状態など Bluetooth 用のプログラムを用意する必要がある。また、今後の拡張性を考慮した場合、同時最大接続数は、Bluetooth で最大 7 台、ZigBee では 6 万ほどであり、11 台の通信を考えたうえで XBee を選定した。

## 2.2 ラジコン機の製作

無線通信のテストやプログラムに慣れることを兼ねて、ラジコンロボットを製作した。一方を送信機に、もう一方を受信機にと役割を固定し、マイコンに有線接続したコントローラーからの入力に応じた文字を送信した。右に送信文字とロボットの動作の一覧を示す。

このラジコン機を昨年11月に行われたおもしろ科学祭りで出展し、地域の子供たちに楽しんでもらうとともに、科学技術にも触れてもらった。

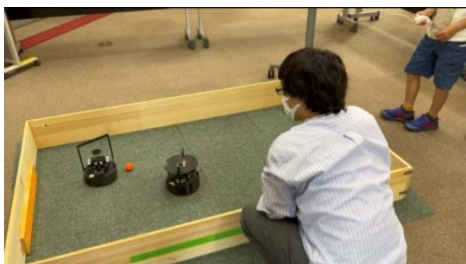


図7 おもしろ科学祭りの様子

表2 入力に対応した文字と動作

入力	送信文字	ロボットの動作
スティック前	F	前
スティック後	B	後
スティック右	R	右
スティック左	L	左
Zボタン	Z	キック

このロボットの改善点として、移動のみは問題なかったが、キックボタンを長押しすると、移動指示が残ってしまい、操作が一定時間できなくなることがあった。この改善点に関しては、コントローラーの操作が無い場合にモーターを停止するというプログラムであったが、キックボタンの入力が行われているため、モーターを停止できていないことが原因であった。

## 2.3 自律ロボット同士の無線通信と連携プレー

ラジコン機を製作して無線通信に慣れたため、実際に双方向通信を行う自律ロボットを製作した。通信するデータは、機体とボールとの距離の2乗データである。このデータは2byteのint型であるが、Arduinoの通信では1byteずつしか送信できないため、データを1byteごとに分割し、受信した際に結合する操作を行った。また、味方機からのデータが送られてきているかどうかを

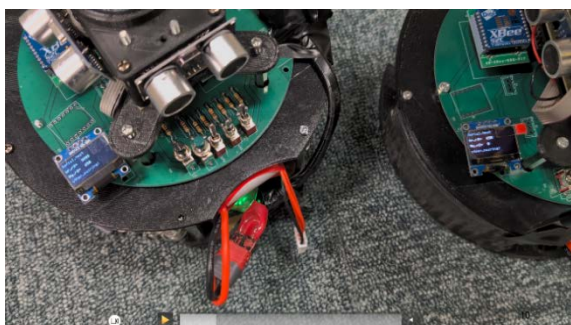


図8 無線通信の検証

判断する変数を用意した。

左の図8では、図左のロボットのデータが図右のロボットに送信されている。このあと、逆方向の通信も立証できた。また、味方機からの通信が来ているかを確認することで、味方がペナルティで退場していないかを認識できるようにもした。

これを用いて、ボールを認識している際の連携プレープログラムを作成した。

まずは、味方機からのデータが来ているかを確認し通信出来ていない場合は、ボールを追跡する。

次に味方機との通信が出来ており、味方機よりもボールの距離が遠い場合は、ゴール近くで待機。

味方機よりもボールの距離が遠い場合はボールを追跡する。

これによって、ロボットどちらもボールを認識している場合に、ボールが近い機体が攻撃をし、ボールが遠い機体が防衛をする連携プレーができた。なお、通信

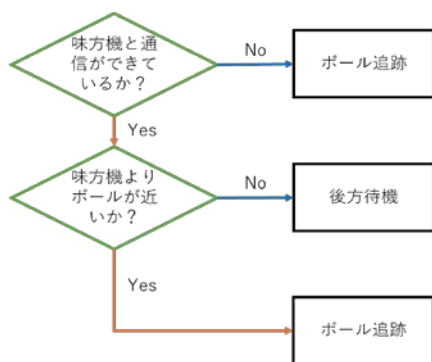


図9 連携プレーのフローチャート

が出来ていない場合は、味方機とボールとの距離を取りえない大きな数値にすることで、常に自分が味方機よりもボールに近いようにしている。

### 3. 活動の成果や学んだこと

本ミッションの活動成果として、以下の成果が得られた。

- CAD ソフトを用いた設計技術の習得
- 無線通信を用いたロボットの連携プレーの確立

設計したデータを外部の企業 JLCPCB に発注し、以下の基板が到着した。



図 10 届いたメインボード

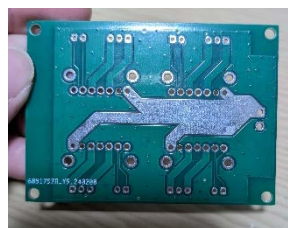


図 11 届いたモータードライバー基板

これにより、ロボットに限らず、用途にそった基板を設計できるようになったことで、今後社会に出た際に、機械の開発部門などで活躍できると考える。

### 4. 今後の展開

本課題では、単一のデータ通信のみであった。よって今後は、ロボットと壁との距離や、ゴールの距離や角度などを送受信するなどして、味方機の位置を特定し、より高度で人間のサッカーに近い連携プレーをさせたいと考える。例を挙げるなら、コート上の開いている場所にパスをすることである。

前回と今回のミッションを通して、現在使用している色認識カメラを利用したカメラユニットでは限界があると感じた。具体的には、カメラ上に映るボールのサイズが小さくなってしまったため、ボールを認識しきれないことである。また、昨年のレギュレーションより、カメラとミラーは 1 台までというレギュレーションが撤廃されたため、4 台カメラを設置し、疑似的に 360° 視界があるカメラユニットの製作を考えている。

### 5. まとめ

本ミッションでは、CAD ソフトを用いて製作手法の改善を行い、無線通信でのラジコン機を経由し、無線通信を用いて連携プレーを行う自律型ロボットを製作した。これにより、高校生のときより念願であった無線通信を搭載したサッカーロボットや、自分で設計した基板を使用したロボットが製作できてとてもうれしかった。