

長野県岡谷工業高等学校 電気部

情報技術科 2年 上村 航我、1年 古田 涼、依田 陽

電気科 1年 市川 明之介、電子機械科 1年 武居 佑樹、長田 地央

顧問 電気科 小井土政範

## 1. 研究目的・概要

新たに ROBOCON IN 信州の競技として新設される相撲ロボット競技の P-Class に出場するロボットを製作し、県大会優勝を目的として取り組む。

また、制御マイコンや入出力インターフェース、センサ類などについて、難易度の高いキャリー競技と共通化させるような設計にし、技術力の向上とともに発展的な競技へと容易に移行できるような仕組みを作る。

## 2. 競技内容

### 2.1 競技概要

ロボット相撲競技は土俵上にそれぞれのロボットを設置し、距離センサ等を用いて相手ロボットを検知し、土俵外に押し出すことで勝敗が決る。ロボットのサイズは幅 20cm、奥行 20cm、高さ制限はない。従来の全日本相撲ロボット競技は歴史がある反面、高額なモータを使用しなくては勝負にならず、新規参入がしにくい状態である。

ROBOCON IN 信州にて新設された P-Class は、基本は全日本相撲ロボット競技のルールに準拠するが、車体は加工が容易なプラスチック樹脂素材、モータは安価なもののみと制限がある。しかし、相手ロボットをセンサで検知する仕組みや、その制御内容などはそのままであるため、各種ロボット競技の入門用の競技となることが期待されている。また、「自立型」と「リモコン型」の2部門があり、将来的にはキャリー競技の技術力へと繋がることが想定されている。

本校においては、ロボット製作を始めた1年生向けの競技として参加した。また、今年度は上級生に教えてもらいながら、岡工における P-Class のスタンダードなモデルを開発することとした。



図1. P-Class 大会の様子

### 3. 相撲ロボットの仕様

#### 3.1 P-Class のルールと使用パーツ

P-Class の主なルール変更点については、以下の通りである。

- ・電源は電圧が公証 8V 以下の二次電池
- ・ギアボックスはタミヤのテクニクラフトシリーズのものから選定すること
- ・モータは、テクニクラフトシリーズ付属もしくは互換品とすること
- ・車体重量を 1000g 以内とすること
- ・自律動作のスタート方法は問わない
- ・基本的に車体はプラスチック素材（樹脂素材）を利用すること

電源はアルカリ乾電池などに比べて大きな電流を取り出すことのできる、7.4V の 2セルリポバッテリーを使用することとした。ただ、リポバッテリーは過放電や過充電に弱く、充電状態や温度を徹底して管理しないと性能を発揮することが出来ないため注意が必要である。

ギアボックスについてはギア比・軸形状が様々な 8 種類のセットがある。その中でもギアを組み替えることでギア比の選択幅が広い「6速ギアボックス HE (図2)」を利用することとした。ギア比を「196.7:1」「76.5:1」「29.8:1」の 3 種類に設定し走行試験を繰り返した。

モータについては、ギアボックスに付属している「RE-260」を当初利用した。「RE-260」は模型工作用のモータとして設計されたもので、定格電圧が 3V である。モータは逆転時に逆起電力が発生してしまい、それに加えて定格の倍の電源電圧を加えていることからたびたびモータが焼ききれてしまう問題が発生した。そこで、モータ外形が同型の「RC-260」を利用することとした。「RC-260」はマイコンカーラリー競技に用いられているモータで、定格電圧が 6V である。「6速ギアボックス HE」と「RC-260」の組み合わせはマイコンカーラリー競技において、12V の電圧を加えた状態で急加速・急発進・急減速（逆転）させる動作を繰り返しても焼き切れることなく動作する実績がある。部品の信頼性と共通化の観点から、モータは「RC-260 (図3)」を利用することとした。

また、リモコン型の操縦のため、ESP32 という Wi-Fi および Bluetooth 機能を持つマイコンを使用し、コントローラとの接続をして操作することとした。

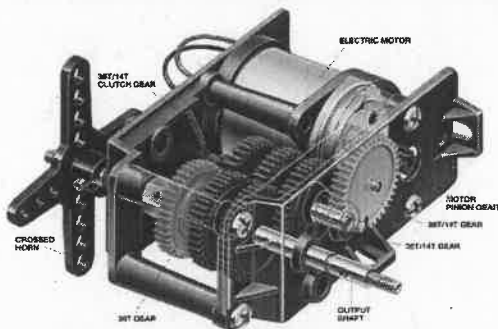


図2. 6速ギアボックス HE



図3. RC-260

### 3.2 制御インターフェース

今回制作する車体は、同じ車体で「自立型」と「リモコン型」を切り替えることができるように工夫した。

リモコン操作をするために本校では、Bluetooth 通信ができる ESP32 を制御マイコンとすることで、コントローラ (図4) との接続をワイヤレスでおこなえるようにした。また、コントローラから特定のボタンを押すことで自立モードとして動作させるようプログラミングをしている。

また、実装するデバイスには「測距センサ」「DC モータ」などがある。特に測距センサについては入力用インターフェースを校内において共通のルールにすることで他のロボットに流用できるようにと考え、JR プラグ3ピン (図5) を使用することとした。これは標準的なサーボモータのコネクタとも一致しており、マイコンのプログラムによってセンサ類の入力としても、サーボ等の出力としても利用することが可能となるよう回路設計した。



図4. コントローラ (PS3) 、

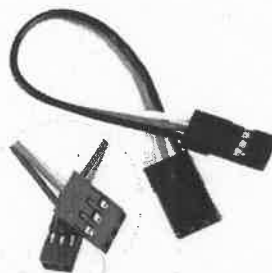


図5. JR プラグ3ピン

### 3.3 センサ類

自立型のロボットを制御するために、大きく2種類のセンサを利用している。

1つ目は土俵の床を検知する「床センサ」である。これには反射型フォトセンサ RPR-220 (図6) を利用した。赤外線発光部と受光部からなり、土俵の黒塗り部分と白線部分を赤外線の反射光の有無により検知することができる。自立動作時は土俵の白線を検知して土俵を割らないように制御する。

2つ目は相手機体を検知する「赤外線測距センサ」である。これはシャープ測距モジュール GP2Y0A21YK (図7) および GP2Y0A710K を組み合わせて利用した。モジュールの仕組みは前述の RPR-220 と同様に赤外線による検知であるが、それぞれ測定可能な距離が 10~80cm、1~5.5m と違う。自立動作時は相手機体を検知して、それに向かって前進するように制御する。



図6. 反射型フォトセンサ RPR-220



図7. シャープ測距モジュール GP2Y0A21YK

### 3.4 モータ駆動回路

相撲ロボットを制御するためには DC モータを動作させる必要があり、そのためのモータドライバ（制御回路）が必要になる。

当初はモータドライバ IC である TB67H450FNG を利用した回路を設計して利用した。しかし、モータを正転から逆転させた際にモータドライバが停止してしまう問題が発生した。これはモータの逆起電力により過電流が流れ、IC に搭載されている保護機能が動作して機能を一時停止することが原因であった。そのため、Hブリッジのリレー回路に変更した。この回路では自動車電装用のリレー EP2-3L3SAb を利用している。回路は大型化したがる、自作ドライバ回路のため保護機能はないが、過電流により動作が停止してしまうことはなくなった。出力を最大限まで利用できるためロボコンのような競技向けの回路と言える。

また、リレー回路を用いて走行実験を重ねていくと、ときどきマイコンが暴走して予期せぬ挙動をすることがあった。これはリレーの動作によるサージノイズが制御側のラインに乗っていることが原因として考えられた。そこでリレーのコイルに並列にショットキーバリアダイオードを入れ、サージ電圧を逃がすよう回路を変更した。さらに、フォトカプラ TLP222AF を利用して制御回路と駆動回路を完全に分離・絶縁（アイソレート）したところ、安定して動作するようになった。最終的に製作したモータ駆動回路を図 8 に示す。

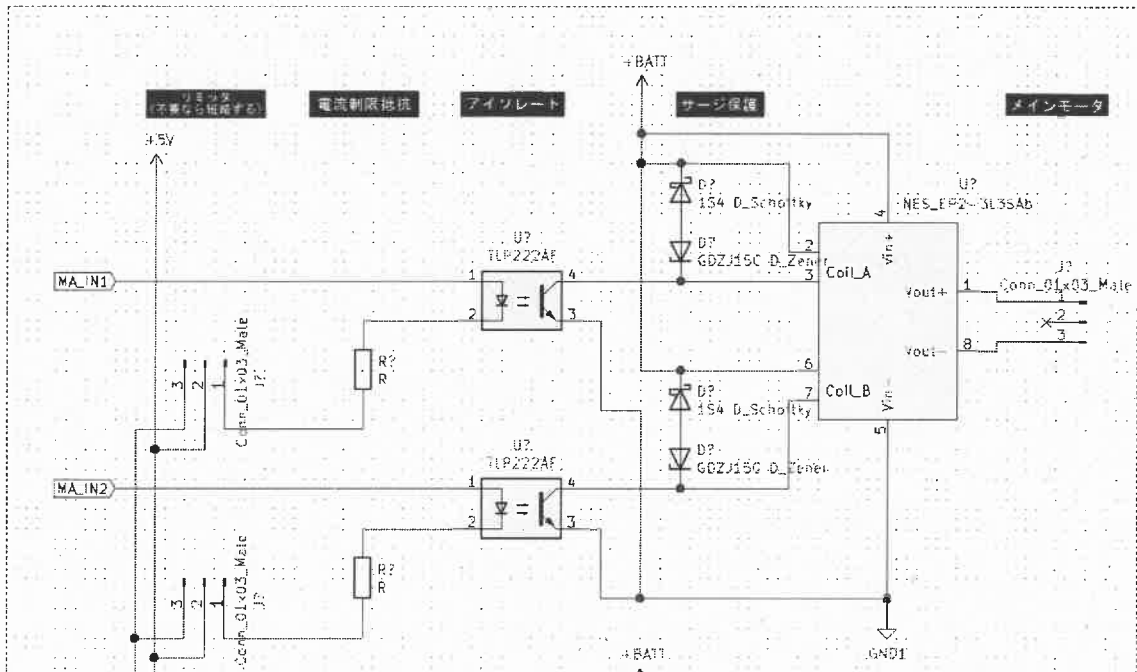


図 8. Hブリッジリレー モータドライバ回路

### 3.5 車体設計

車体の設計は学生であれば自由に利用できる3DCADソフト「Fusion360」を利用して設計した。本校からは5チームのエントリーをしたが、それぞれが自分の設計指針を持って自由に設計したため、その工夫をいくつか紹介する。

- 車体重量が1000gと軽い反面、モータやリポバッテリーの重量が大きい。そのため、車体を構成するフレームや外装部分を軽量化させる必要があった。そこで、レーザー加工機を用いて、肉抜きを行った。また、肉抜きを行う穴の形状はハニカム構造を採用することで強度も意識しながら設計を行った。
- 対戦相手を検知するためのセンサについては、視野を広げるために角度をつけて配置したり、側面などにもセンサを配置した。センサを固定するために、この微妙な角度を計算して車体設計した。
- 相撲競技では相手の下に潜り込むことで圧倒的に有利になる。そのため、3DCAD上で設計することで、固定位置との寸法などが容易に求めることが出来た。

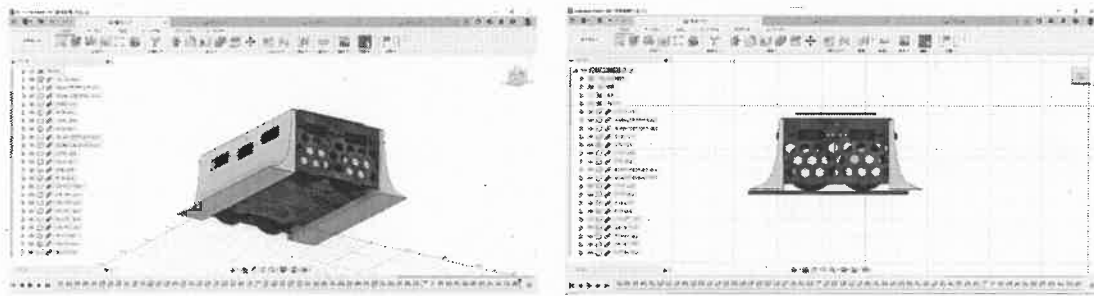


図9. Fusion360による車体設計

## 4. 大会結果

ROBOCON IN 信州では、本校から5チームがエントリーした。他校を含めると総勢29台のマシンとなった。これまでの相撲ロボット競技では、本校しか出場していなかった状況から、新規に3校の参加が増えたことで対戦する楽しみが大きく増えた。

新設競技であったことから、当日のルール確認で認識の違いが見つかるなどさまざまな問題があったが、結果としては「自立型」「リモコン型」ともに準優勝となった。

今年度は設計・回路・プログラムを大きく変更したことで、ロボット製作の一連の流れをすべて体験することができた。また、校内ルールとして規格化することで、行き当たりばったりの製作ではなく、先を見据えたものづくりの大切さを学ぶことができた。来年度はここで製作した機体を基により強くなるよう後輩へと伝えていきたい。

### < 大会結果 >

<P-Class 自立型>

賞	チーム名	ロボット名	選手名	選手名
優勝	松工 SA-C	松工の夢	金子 歩夢	
準優勝	岡工 SA-E	ミスターブラウン	上村 航哉	依田 颯
3位	池工 SA-A	ニケ	沼田 尊盛	
特別賞	岡工 SA-D	くるみ★ぼんち	正木 謙次	武居 佑樹
特別賞	池工 SA-B	Evie	山崎 康平	
アイデア賞	長工 SA-B	気持連敗	宮崎 翔	

<P-Class リモコン型>

賞	チーム名	ロボット名	選手名	選手名
優勝	松工 SB-C	松工の夢	金子 歩夢	
準優勝	岡工 SB-E	ミスターブラウン	上村 航哉	依田 颯
3位	松工 SB-B	松工の夢	石井 駿介	
特別賞	岡工 SB-C	うまい砲	加藤 爽志	古田 涼
アイデア賞	長工 SB-B	スモット	北沢 無信	