

研究テーマ 「ロボット競技大会用ロボットの製作」

長野県岡谷工業高等学校 電気部

3年電気科 大和 悠人、古厩 駿平
3年電子機械科 小林 直太郎（他5名）
顧問 電気科 小井土 政範

1. 研究目的・概要

全国産業フェアの一環として行われる、高校生を対象にしたロボット競技大会（通称：キャリー競技）用に部活動の仲間とロボットを製作し、県大会優勝、全国大会上位入賞を目標として取り組む。

また、競技の課題を解決できる機構や、それを制御する回路やプログラムを研究・製作を行うことで、将来、人の役に立つロボットを製作する上での知識や技術を身に付ける。

2. 競技概要

競技時間は3分間。競技課題は毎年異なり、各種アイテムを指定された場所へ運ぶことで得点となる。

今年度の競技課題は、リモコン型ロボットが中通りゾーンの白河の関エリアからスタートし、会津ゾーンの名産品「会津米」に見立てた塩ビ管を水田エリアから引き抜き、ライスセンターエリアに収納するか、赤色コンテナに収め「赤べこ」を完成させるかを行う。また、中通りゾーンの梨・ぶどう・白桃に見立てたボールを取り、鶴ヶ城エリアに運び、既定の場所に配置する。さらに、磐梯山に見立てたスコッチコーンに「制覇の旗」を立てる。

自立型ロボットは、浜通りゾーンの勿来の関エリアからスタートし、「常磐もの」の海産物として、カレイ・メヒカリ・ホッキ貝に見立てたペットボトルを捕り、干物エリアの網棚に収める。これらの課題を解決することで、得点を競う。

本年度は、赤べこの完成、梨・ぶどうの配置、制覇の旗に狙いを絞って取り組むこととした。また、大会における目標とは別に、技術的な研究課題として「ロボットの軽量化」を目標とすることにした。

<リモコン型ロボット（今回の報告はリモコン型ロボットのみ）の得点>

- (1) 会津米（アイテムは15個）
 - ・ライスセンターエリアへ収納（各：10点）
 - ・赤べこを完成（各：20点 最大5個まで）
- (2) 梨・ぶどう・白桃（各：20点 合計：300点）
- (3) 制覇の旗（1本：150点 制覇の旗を立てると、それ以降は得点できない）

3. 研究内容

① 軽量化によるメリット

キャリー競技では、基本的には取得した得点が高いほうが勝利となる。しかし、同点の場合には、ロボット重量が軽いほうが勝利となる。つまり、同じ機能・得点を取得できる場合はより軽量なほうが優れたロボットであると判断される。

実際に私たちが経験してきた過去2年間の競技でも、岡工はシンプルで軽量のロボットを制作しており、ロボットの重量差によって全国大会を勝ち取ったケースがあった。(例 令和6年 準決勝 400点で同点 岡工 12.8kg ○-× 駒工 16.2kg)

軽量化は勝利基準に影響するだけではない。その一例としては、各パーツへの負担軽減によるシャフトやギアの寿命が向上し、メンテナンス頻度を減少させることができる。また、消費電力が少なくなることでモータ負荷の減少や発熱の抑制。設計では省スペースなロボットであるため、「アイデア対決」型の競技では、発想を形にしやすくなる。

キャリー競技では、1年間の成果がたったの3分間という短い時間で決着がついてしまう。そのため、事前に何度も繰り返し練習をするが、いざ大会当日に部品の寿命(輸送による弊害もある)やメンテナンスし忘れなどが影響をして十分にロボットの性能を引き出せずに終わってしまうことがある。軽量化のメリットはそれらを防止することに大きく貢献すると考えている。

その反面、剛性不足による振動・たわみ、軽すぎることによってタイヤが滑るなどのデメリットもあるため、必ずしも軽いほうが良いわけではない。岡工では、競技に支障のない範囲にデメリットを抑えつつ軽量化のメリットを最大限に生かすことをロボット開発のコンセプトとしている。

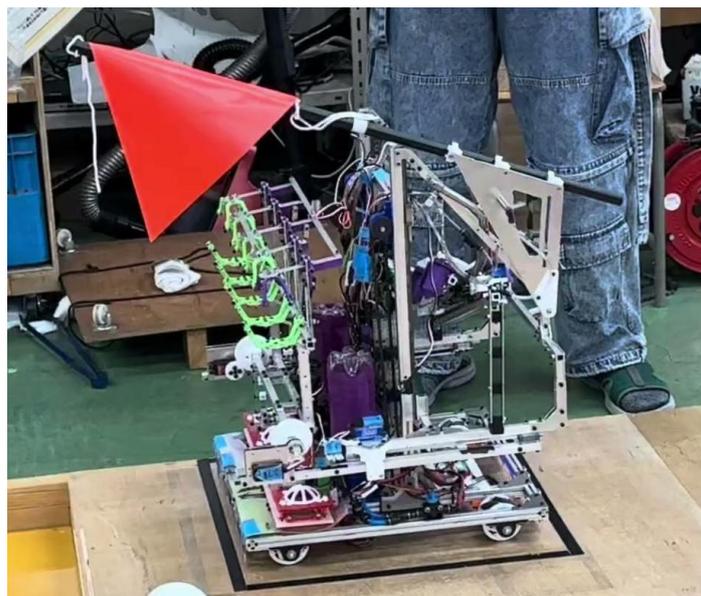


図1. 製作したロボット

② ブラシレスモータによる軽量化

高校生のロボット競技（他のロボコン競技も含む）ではブラシ付き DC モータを使用することが多い。昨年度までの本校も同様であった。しかし、より軽量で高出力なブラシレスモータを使用することができれば大きな武器になるのではないかと考えた。

ブラシレスモータは、ブラシ付き DC モータとは違い、ブラシを使用しないことで長時間・長期間の使用でも性能低下・寿命の問題が起こりにくい。また、ブラシを使用しない構造のためモータノイズが発生しにくいことが大きなメリットである。

今回は「A 2 2 1 2」というドローン用の小型ブラシレスモータを使用した。このブラシレスモータは格安のドローンモータであり 1 0 0 0 円ほどで購入できる。これまでのブラシ付き DC モータに比べカタログスペックでは出力が 28 倍と高出力化され、モータ重量が約 45%軽量化される。高回転モータ（12000rpm）であるため、キャリア競技に適した回転数・トルクとなるようにギアボックスを使用して減速させた。組み合わせたギアボックスは付属のものではなく、DC モータ用のものを取り付けができるよう、シャフトの加工およびマウントを 3D プリンタで設計している。これによりモータ部のみをブラシレスモータに置き換えることができた。

ブラシ付きDCモータとブラシレスモータ

<ブラシ付きDCモータ>

型式 S-3644

最大出力 24V - **6.2W**

重量 200g

(ギア部とセット)



<ブラシレスモータ>

A2212

11.1V - **173W**

126g



図2. ブラシ付き DC モータとブラシレスモータの性能比較

③ 駆動回路および電源の統一化による軽量化

ブラシレスモータを制御するためには ESC という駆動回路が必要となる。ESC は直流電源を疑似的な三相交流に変換をして、回転させたい速度に応じた周波数で出力するものである。今回は正転・逆転ができる ESC を選定した。

ドローンなどに用いられる ESC を制御しているのは、専用のコントロールマイコンである。これをロボット競技に転用するために、コントロールマイコンに該当する部分を自作する必要がある。そのため、ESC にどのような信号を送るとどんな動作になるのかを仕様書から読み取り、プログラムを作成した。この情報はインターネット等を検索してもチャレンジしている方が居なかったためとても苦労したが、無事に達成することができた。

競技に ESC を使用できるようになったことで、電源回路を大きく変えることとした。これまでは、ブラシ付き DC モータから発生するノイズによる影響でマイコンが誤動作することを防ぐために、制御用の電源を別に用意していたが、ブラシレスモータは構造上ノイズが発生しにくいいため、制御用の電源を用意する必要がなくなった。また、自分達の回路設計ルールとして、3セルのリポバッテリー1つ (12V) を使うと定め、それに合わせて他のアクチュエータも動作電圧が同じ機器に統一した。これらの工夫により、リポバッテリーが3つから、1つへと削減 (0.8kg の減量) させることができた。また、ESC には 5V 電源を出力する機能があるため、降圧回路を用意する必要がなくなった。



図 3. 電源構成の改良

④ 軽量な設計について

設計面においても軽量化をおこなった。複雑な機構がよりシンプルになるように改善を重ね、無駄が少なく剛性の高いものを設計することを目指した。

例えば、図4にあるように取得機構を昇降させる機構については、機構の重さが影響してロボットが移動をした際などには揺れが大きく、ロボットが転倒するおそれや、取得機構の位置合わせなどに課題があると感じていた。そこで、これまで2段階で昇降していたものを1段階に変更し、スライドレールと歯車の間のクリアランスを調整した。また、アルミ角パイプを採用することで剛性の向上と軽量化に加え、安定した機構の動作を実現することが出来た。

また、3Dプリンタを活用した。これにより複雑な形状のパーツを作ることができるようになったためより自由な発想によるものづくりができるようになった。図5にあるように球体のアイテムを掴む機構についても、樹脂パーツの弾性をうまく使いながら設計することで均等な力を加えて保持するパーツを設計できた。

図6は塩ビ管を取得する機構であるが、改善前は多くの動力や駆動部分があり、とても重く剛性にも不安があった。長野県予選会では改善の余地があるこの機構については戦略的に搭載することを見送った。全国大会に向けて何度も作り直しては改良を加えることで、動力が少ない状態でも同じ機能を発揮できる機構を設計することが出来た。

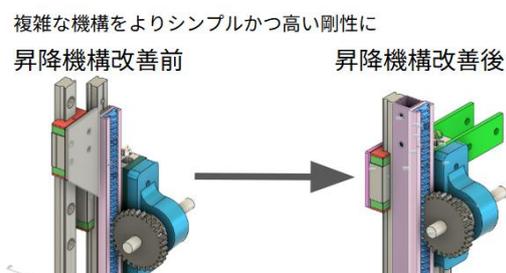


図4. 昇降機構の改善

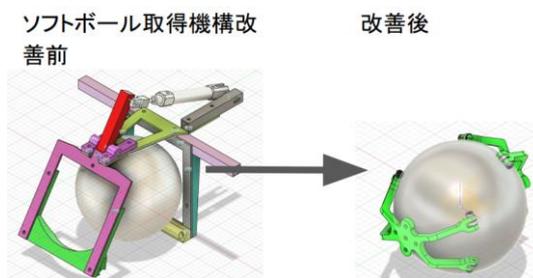


図5. 3Dプリンタを活用した設計

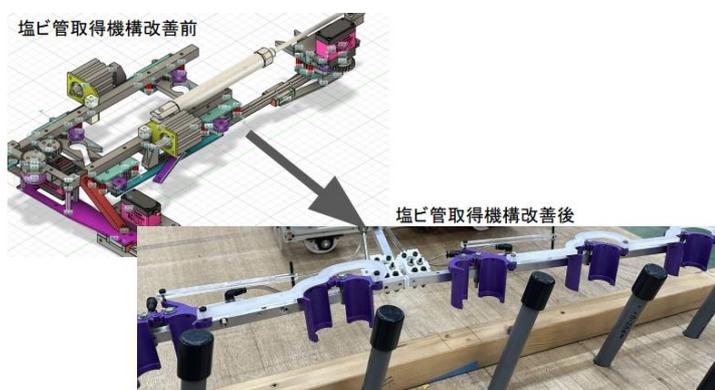


図6. 塩ビ管回収機構

4. まとめ（大会結果）

8月に行われた長野県大会では、塩ビ管を取得する機構を取り外した状態であったため、満点を狙うのではなく、自分たちの技術を確実に発揮し、マシンスペックを十分に引き出せるよう努力した。その結果、1000点満点中の620点（3位）であった。

4位・5位のチームは満点を狙う設計であったためとても不安であったが、競技中に動作不良が発生したり、ロボット操作の練習不足からのミスなどがあり、得点が伸びなかった様子であった。結果としては自分たちがやってきたことが実り、全国大会へ行けることとなりとても嬉しかった。

また、重量あたりの得点で考えると岡谷工業が1位であったため、今回の研究において軽量化やシンプルな設計思想はロボコンで勝利するための土台作りとして正解だったと感じることができた。

全国大会では、塩ビ管を取得する機構を追加し、さらなる改良を加えた。機構を追加したにも関わらずロボット重量は100g軽くなっている。結果は1000点満点中の670点（37位）と得点を伸ばすことが出来たが予選敗退であった。

表1. 長野県予選会の結果

順位	No	学校名	チーム名	フリガナ	合計	Vゴール	制覇の旗	重量	全国出場
1	3	箕輪進修	MINOKICHI	ミノキチ	980		○	17.50 kg	○
2	7	駒ヶ根工業	駒工A	コマコウエー	980		○	20.85 kg	○
3	8	岡谷工業	ガンゴンヤンキー	ガンゴンヤンキー	620		○	10.70 kg	○
4	2	飯田OIDE長姫	空力	エアフォース	520		○	14.45 kg	
5	6	長野工業	ほげほげ	ホゲホゲ	460		○	16.15 kg	
6	1	飯田OIDE長姫	シン・OIDEMAX	シン・オイデマックス	200		○	14.70 kg	
7	5	松本工業	靖	セイ	100		X	10.80 kg	
8	4	佐久平総合技術	佐総A	サッソウエー	0		X	9.80 kg	

5. 反省・感想

回路構成に関することと、設計に関することの2つの面から軽量化に成功した。これは次年度以降についても同様の回路構成、設計の思想として活用できる。岡谷工業高校における基礎研究のようなものだと感じている。今年度はより多くのアイテムを取るための機構の設計に時間をかけることが出来なかったが、回路構成や設計思想が定まったことで次年度以降の後輩たちへと引き継ぐ技術を残せたことに満足している。

次年度は今年度の回路構成・設計思想を引き継ぎ、さらにロボットの開発スピードをあげて全国大会で結果が残せるように頑張してほしい。