

研究テーマ 「ギアボックスの効率化の研究」

長野県岡谷工業高等学校 電気部

電気科 2年 市川 明之介、1年 大和 悠人、古厩 駿平

電子機械科 2年 武居 佑樹、1年 小林 直太朗、松澤 輝彦

顧問 電気科 小井土政範

1. 研究目的・概要

令和4年度に ROBOCON IN 信州の競技として新設された相撲ロボット競技 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、ロボットに搭載するギアボックスの振動対策や静音化による効率の向上について研究を行う。

2. 競技内容

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った。

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、将来的にはキャリア競技の技術力へと繋がるのが想定されている。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自立型・リモコン型の両方に対応したユニバーサルな機体を6台作成して参加した。



図1. P-Class 大会の様子

3. ギアボックスの効率の向上

3.1 指定部品

P-Class では、駆動系に関する事柄について以下のように規定されている。

- ・ギアボックスはタミヤテクニクラフトシリーズから選定する
- ・モータは以下の指定するモータを4個まで使用可

タミヤ RE260 (ギアボックス付属)
マブチモータ FA-130RA RE-140RA RE-260RA
RC-260RA (マイコンカラーリ指定モータ)

- ・駆動系電源は、ニッカド電池 8セル (定格9.6[V])
リチウムポリマー電池 2セル (定格7.4[V])

3.2 ギアボックスの選定と電源の決定

昨年度は「6速ギアボックス HE」を用いていた。このギアボックスは多くのギアが付属しており、ギア比の選択肢が広くさまざまな速度に対応することが可能であった。しかしながら、ギアの枚数が多くなり、機械的損失が多いのではないかと考えた。そこで、先輩からのアドバイスを参考に、P-Class に適したギア比に絞って、「ハイパワーギアボックス HE」を使用することとした。(図2参照)

また、電源については、将来的にキャリー競技などの技術的に上位の競技へスムーズに移行できるよう、リチウムポリマー電池 (定格7.4[V]) を使用することとした。



図2. テクニクラフトシリーズ ギア比一覧

3.3 ギアボックスの効率を向上させるための実験

ギアボックスを使用する上で、次の①～⑦にあげる工夫・改良を行い、その時の電圧[V]、騒音値[dB]、回転数[rpm]をそれぞれ記録した。ギアボックスのシャフトにはタミヤのスポーツタイヤを取り付け、回転数を測定するための反射テープを貼り付けている。なお、ギア比は41.7:1を使用し、5秒おきに5回測定した平均値としている。(表1および図3参照)

表1. ギアボックスの効率向上実験結果

	環境音	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
電圧[V]	0.00	7.48	7.49	7.49	7.49	7.48	7.49	7.49
騒音値[dB]	27.0	66.7	68.3	66.7	61.4	55.4	47.6	47.2
回転数[rpm]	0.0	348.6	431.7	432.5	446.9	441.3	459.6	462.8

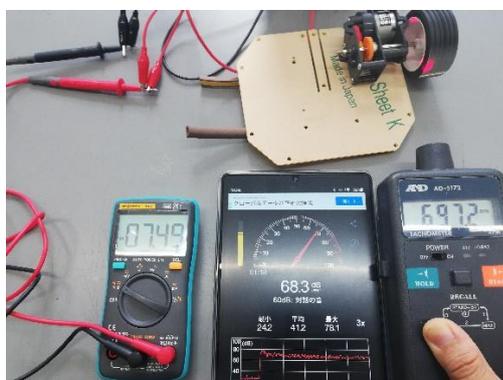


図3. ギアボックス実験の様子

- ① ギアボックス付属のモータ (RE260) を用いて、組み上げた状態 (グリス未使用) RE260 はデータシートには 1.5~3.0[V]-9400[rpm]と記載されており、今回使用する電源では定格のおおよそ3倍の電圧を加えていることとなっている。この状態での使用は、素早く正転・逆転を繰り返す相撲ロボット競技ではモータの巻線が焼き入れてしまい、使用には適さない。
- ② RC-260RA (マイコンカラー指定モータ) に換装
付属の RE260 から、同形状の RC-260RA に換装した。
RC-260RA は 4.5~6.0[V]-13400[rpm]であり、計測した回転数は約 20%向上した。このモータであれば、P-Class の駆動モータとして使用に耐えうる。
- ③ ギアボックス付属のグリスを使用
付属のグリス (種類、特性等は記載がなく不明) を使用したところ 1.5[dB]静音化された。回転数は約 0.2[%]向上した。
この状態が市販のものを組み合わせて使用した状態である。

④ セラグリス HG を使用

先程塗布した付属のグリスをすべて洗浄し、新たにセラグリス HG を塗布した。グリスを変えることで、②の状態から 7[dB]静音化、約 3.5[%]回転数が向上した。

⑤ モータにシリコンシートを貼り付ける

組み上げたギアボックスのモータ本体を手で回転させるとわずかにガタがあった。そこでモータのガタを改善するためにモータにシリコンシートを貼付けた状態でギアを組み直した。(図4参照)

ギアの遊びが少なくなったためか、④の状態からわずかに回転数が減少した。その一方で 6[dB]の静音化がされている。ただし、本実験では正転のみの結果であるため、この真価は高速で正転逆転を繰り返すような際に効果を発揮すると考えられる。



図4. シリコンシート貼付け

⑥ コンタクトスプレーによる接触抵抗の改善

ブラシ付き DC モータのブラシと整流子の接触抵抗を低減させるために、モータ内部にコンタクトスプレー（接点復活剤）を使用した。

モータの底面および側面の放熱用通気孔から、モータを回転させている状態でスプレーを吹き込ませたところ、モータ回転音が明らかに抑えられ、⑤の状態から 8[dB]の静音化がされた。また、回転数は約 4.2[%]も向上した。

⑦ ノイズキャンセルコンデンサ

電氣的ノイズをキャンセルするためにモータの本体と端子間に積層セラミックコンデンサをはんだ付けした。

騒音値および回転数には大きな変化が見られなかった。

実験を通じて、市販品を組み上げた③の状態から、④～⑦までの工夫をすることで、騒音値は約 20[dB]減少させることが出来た。これは音の大きさ（音圧・音に使用されるエネルギー）で言うと 10 分の 1 に抑えられていることになる。また、回転数は 7[%]の効率向上を達成した。

モータを組み上げる際には軽視しがちだが、グリスのありなし、グリスの種類、ギアやモータの僅かなガタなどの機械的要因が影響していることが理解できた。また、工夫をするたびに回転数が向上し、音が静かになっていくことから、エネルギーが音として使用されてしまっていたことも理解できた。

3.4 その他 ギアボックスを使用する際のアイデア

上記の静音化・回転効率向上の工夫以外にも、使用する際の工夫もある。

ロボットの車体はモータを2枚のフレームで挟み込むように固定するが、その内側に手を入れてナットをはめることが難しい。そこで、グルーガンを利用してギアボックスにナットをあらかじめ固定して使用した。(図5参照)

また、実行には至らなかったが、モータとフレームの間にシリコンシートをクッション材の代わりとして挟む、ギアが大量生産品であるためガタの少ない組み合わせを見つめることでかみ合わせをよくする(図6参照)、シャフトの摺動部にベアリングを組み込むなど、いくつかのアイデアがあった。

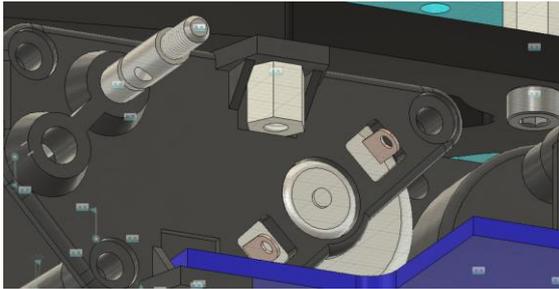


図5. ナットの取付け

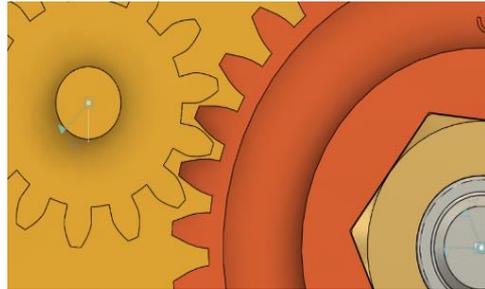


図6. ギアのかみ合わせ(データ上)

4. 大会結果

ROBOCON IN 信州では、本校から6チームがエントリーした。他校を含めると総勢26台のマシンとなった。今年度から重量が1000gから1500gとなり、自由度が上がったことから、各校より様々なロボットが参加した。結果として「自立型」「リモコン型」共に優勝することができた。

今年度はギアボックスについて研究することで車体を構成する基本的な事柄について学ぶことができた。しかし、個性あるギミックを盛り込んだり、距離センサおよびセンサ情報を用いたロボット制御についてはまだまだ課題が残る結果となった。今後も相撲ロボットに関する改良を重ね、来年度も優勝できるように学んでいきたい。

< 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	監督
優勝	岡谷工業	ひとくちすあま	大和 悠人	上村 航我	松島 翔
準優勝	岡谷工業	アジスアババ	松澤 輝彦	中島 一樹	松島 翔
3位	岡谷工業	方向音痴	古厩 駿平	牛山 陽仁	松島 翔
特別賞	長野工業	井坪林	井坪 優		一之瀬 拓巳
特別賞	長野工業	俺のまにまに	山岸 寛弥		一之瀬 拓巳
特別賞	岡谷工業	ウラン235	小林 直太郎	正木 陽太	松島 翔
アイデア賞	松本工業	松工の将軍	相澤 奨吾	宮澤 尚大	松宗 徹

<P-Class リモコン型>

賞	チーム名	ロボット名	選手名	選手名	監督
優勝	岡谷工業	ひとくちすあま	大和 悠人	上村 航我	松島 翔
準優勝	岡谷工業	ゆうちゃみ号	武居 佑樹	梶並 拓磨	松島 翔
3位	松本工業	松工の環奈	橋本 龍太	村田 悠斗	松宗 徹
特別賞	長野工業	俺のまにまに	山岸 寛弥		一之瀬 拓巳
特別賞	松本工業	松工の力水DHP	高橋 直之	丸山 起明	松宗 徹
アイデア賞	岡谷工業	方向音痴	古厩 駿平	牛山 陽仁	松島 翔