

令和4年度 特別生徒研究助成報告書

マイコンカーの高速化と安定化の研究

長野県駒ヶ根工業高等学校

情報技術科 中島駿

1. はじめに

私は、駒ヶ根工業高校(以下本校)ロボット研究製作部マイコンカーラリー班において、令和 2 年度よりマイコンカーの製作に取り組んできた。マイコンカーとはマイコンを搭載したライントレーサーの一種で、コース上の白、灰色の線を読み取り走行する自立型ロボットのことである。

マイコンカーによる大会として「ジャパンマイコンカーラリー」がある。全国工業高等学校校長協会が主催しており、今年度で 28 回目の開催となった。本校では平成 18 年度からこの大会に参加しており、平成 20 年度からは地区大会である北信越大会を勝ち抜き全国大会への出場を続け、優勝や上位入賞を果たしてきた。しかし、私が入部した令和 2 年度は新型コロナウイルス感染症の影響で、北信越大会、全国大会が中止となり、その翌年は北信越大会を勝ち抜き全国大会への出場権を得たものの、大会直前に中止が決定した。その悔しさを胸に今年度は全国大会に向けて挑み、2 年生 1 名、3 年生 1 名が全国大会に出場したが、私は北信越大会での敗退となり、大会を終えた。

以下の報告では、今年度行ってきた主要な研究、および 3 年間の活動を通して私が感じてきたこと、学んだことについて記す。

2. 研究動機・目的

今年度のジャパンマイコンカーラリー全国大会で優勝することを目標に、より速く、より安定して走行できるマシンにする方法を考え、その研究を行った。

3. 研究内容

①新大会規定に対応する車体の改修

今年度のジャパンマイコンカーラリー全国大会及び、北信越大会では、大会規程の変更や、生産中止による部品の変更を余儀なくされた。大会規定変更への対応や、生産中止になる部品に代わる新たな部品を用いたマシンの開発と改修を行った。

i)研究概要

今年度のジャパンマイコンカーラリー全国大会は、3 年ぶりの開催となったが、大会規程が変わり、使用できる電池が変わった。さらに、従来使用しているステアリングモーターが生産中止により使用できなくなってしまった為、新しいモーターで従来のマシンと同じ走りができるように改修を行った。

ii)研究内容

従来のマシンは操舵を行うステアリングモーターは、Maxon motor 社の RE-max221010[図 1]というモーターを使用しているが、このモーターが生産終了してしまい、今年度の大会からは使用できなくなってしまった。そのため、同じ Maxon

motor 社の DCX16S[図 2]を使用した。このモーターは従来のモーターよりも 10g 程度軽量でありながら、トルクの低下が少なく、プログラムの変更を最小限に抑えることができた。



図 1 従来使用していたモーター



図 2 新しいモーター

一方で、初動トルクが低下しており、高速からのコーナーの差し掛かりや、クランクなどでステアリングの振り遅れが発生し、アンダーステアやコースアウトの原因になった。これを解消するために、ステアリング機構のギア比の変更を行った。従来のマシンは 4 枚のギアを噛み合わせ、ギア比は 71.4:1 である。このギア比を変更し、78.6:1 にした結果、ステアリングの振り遅れに改善が見られた。

私のマシンは田宮模型製のニッケル水素電池ネオチャンプを使用していたが、今年度のジャパンマイコンカーラリー全国大会は、使用する電池が指定され、パナソニック製の二次電池の使用が義務付けられた。パナソニック製の二次電池は eneloop、や EVOLTA、eneloop pro などがある。私はこの中で、eneloop を使用した。eneloop はネオチャンプよりも容量が大きく、ネオチャンプでは 2,3 回の走行で追充電が必要だったが、3,4 回の走行で追充電が必要になったことから、一回の充電で走行できる回数が増え、マシンの調整がしやすくなった。また、全国大会のような長距離のコースでも、電圧の低下が起きづらく、高い電圧を維持し、安定して走れることがメリットである。一方で、20g 程度ネオチャンプより重く、マシンの重量が増加してしまった。これにより、

②車体の製作

i)研究概要

私のマシンの長所は安定性が高く、どんなコースでもコースアウトせずにタイムを残せることであり、短所はカーブ走行時にアンダーステアが発生してしまい、カーブでのタイムロスが発生してしまうことである。また、今年度から使用電池が eneloop となり、重量増加によって加減速性能が低くなった。これを改善するために車体の重量バランスの調整を行った。

ii)研究内容

従来のマシンでは、後輪の駆動モーターの搭載位置が、後輪より前部に搭載され、

車体前部に重心が寄り、走行時に後輪の接地圧が弱くなりカーブ走行時に速度が低下していると考えた。また、前後の重量バランスを均等にするにより、加減速性能が向上すると考えた。後輪の駆動モーターの搭載位置を後輪より後ろに搭載し、前後の重量バランスの改善を試みた。

車体の製作をするにあたり、車体の基本設計を大きく変更することも考えたが、前述した大会規定の対応との両立が必要となり、車体の基本設計を維持し、必要最低限の変更で目標を達成できるように設計した。設計は、作図が容易で加工データへの出力がしやすい AutoCAD2023 を使用した。従来使用していたギアボックスをそのまま流用できる形にシャーシを設計変更した。その結果、車体特性の変化によるプログラムの変更を少なく留めながら、リアモーターの搭載位置を後輪より後部に寄せることができ、狙いとしていた重量バランスの均等化が果たせた[図 3]。

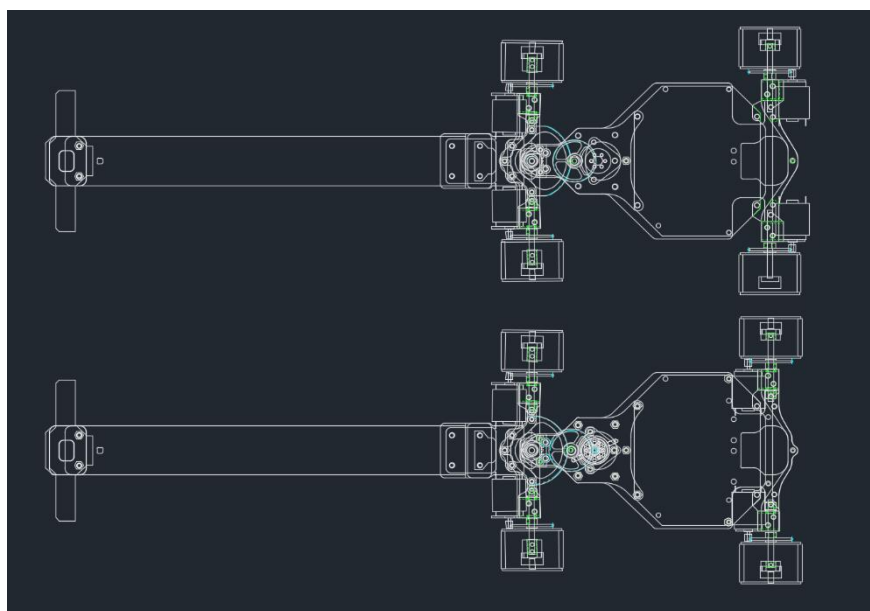


図3 従来のマシン(下部)と、新しく設計したマシン(上部)

③カーブの走行

以前からカーブ走行時にタイムロスが多かった。走行データを確認すると、カーブの進入速度が速すぎてアンダーステア[図 4]が発生していた。アンダーステアとは、車がカーブを走行中に前輪のグリップ限界により、舵を切っても車体が曲がらないことである。マイコンカーのコースでは、R600 と R450 の 2 種類のカーブから構成される。アンダーステアが起きやすいのは R450 で構成されるカーブである。以前の R450 走行時は秒速 3.6m/s で曲がっていたが、今年度は秒速 3.8m/s を目指して調整を進めた。

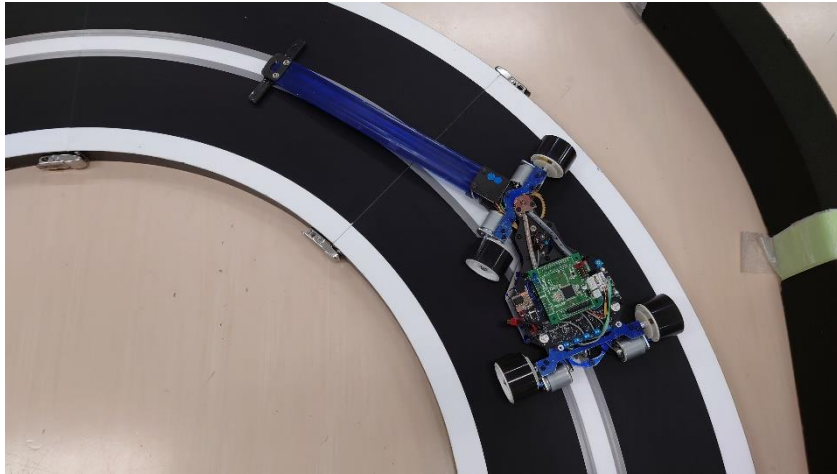


図4 アンダーステア

マイコンカーは四輪それぞれに駆動モーターが搭載されており、独立した動きが可能である。この四輪の独立した駆動力を生かし、カーブ進入前の減速をスムーズに行うことで、アンダーステアを抑えることができると考えた。また、アンダーステアの原因について自動車の文献などを参考にしたところ、減速時に慣性力によって、車体前部に重心が移動し、カーブに差し掛かったところで遠心力が車体前部に集中し、カーブ外側に引っ張られるような形でアンダーステアになる場合もあると知った。この二つを意識し、カーブに差し掛かる前に四輪に強いブレーキをかけ[図5]減速し、カーブに差し掛かった所で後輪に強いブレーキをかけ[図6]、車体の重心を中央に寄せ、カーブ走行時に前輪にかかる遠心力を抑えるプログラムを考えた。従来はスピードの大きさによってブレーキの強さを変えていたがそこに重心移動

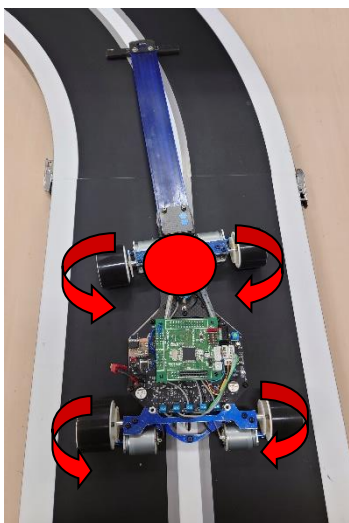


図5 カーブ進入時のブレーキと重心

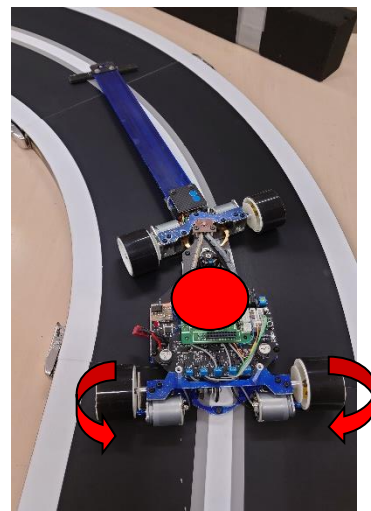


図6 カーブ走行時のブレーキと重心

を意識したパワーバランスに変更した。しかし実際にプログラムを組んでみると、高速カーブでも同じパワーバランスを使用し、過剰に減速してタイムロスになってしまった。これを解消するために高速カーブ用と低速カーブ用の二つのパワーバランスを作り、舵の切り角や速度に応じて切り替えるようにプログラムを修正した。この結果、カーブ差し掛かりでのアンダーステアを抑えることができた。

また、今年度の私のマシンは後輪の駆動モーターの搭載位置を後輪より後ろに搭載したことで、カーブの走行にも変化が見られた。マイコンカーに使用される部品のなかでも重量のある駆動モーターを車体後端に近づけたことにより、従来のマシンよりもカーブ走行時に後輪が安定して接地するようになった。これにより、カーブ走行時に四輪が安定して接地し、カーブの安定化と高速化に繋がった。

4. 考察・まとめ

今年度は、大会規定の変更により、新しいモーターや電池を使用し、その特性に合わせたマシンの調整を行うのに苦戦した。今まで難なく走行できていた箇所原因不明のコースアウトをすることも少なくなかった。そうした苦難の中で、プログラムだけでなく、車体の改造や、タイヤの素材変更など様々な視点から課題に取り組み、ひとつずつ乗り越えていくことができた。また、自分で考察、検証し、実際のデータを元に調整、改修していく、地道ではあるが長い時間をかけて研究した結果が、僅かなタイム短縮であってもやりがいを感じた。去年は、全国大会を目前にして中止が決定し、全国の舞台でマシンを走らせることは叶わなかった。今年度は去年の悔しさをばねに活動に取り組んだが、北信越大会ではマシントラブルに見舞われ予選敗退という結果に終わった。マシンの調整力の未熟さや、マシンの不安定要素が現れた大会となり、非常に悔しい思いをした。しかし、私の行った研究の成果を後輩に引き継ぎ、よりよいマイコンカー製作につなげてほしいと思う。

大会結果

個人

ROBOCONin 信州 ベスト 16

ジャパンマイコンカーラリー北信越大会 予選敗退

チーム

ROBOCONin 信州 準優勝

ジャパンマイコンカーラリー北信越大会 6位、8位

ジャパンマイコンカーラリー全国大会 予選敗退

5. 活動を通して

私がこの部活に入部した時は新型コロナウイルス感染症が蔓延しており、1年生が行うマイコンカーに必要な知識の勉強会も十分に行えずにマイコンカーの製作に取り掛かった。そこから3年間、新型コロナウイルスとの共存をしながらの活動になった。練習時間も例年のように設けられず、少ない時間の中で試行錯誤の日々だった。例年開催されていた大会の中止も多く、他校との合同練習なども数えるほどしか行えなかった。その中でも、小さなチャンスを確実に掴み、結果を残すことができる時期もあった。しかし、今年度はモチベーションの維持が難しくなり、チャンスを逃してしまい悔いの残る終わり方となってしまった。ですが、こんな時代だからこそ経験できたこと、大会が開催されるかどうか分からない中で諦めずに活動に取り組めたこと、また活動を最後まで支えて下さった先生方や家族をはじめ、多くの方に感謝の気持ちを忘れずにこの経験を今後の人生に活かしていきたい。