

～活動報告書～

企画番号 2024-09 Ene-1 challenge

代表者	Y220219	近藤 悠輝
メンバー	Y220569	大谷 隼平
アドバイザー教員		野口 佳樹

1. 企画全体の報告

1. 1 目的

本プロジェクトは、Ene-1 Challenge への出場を目的とし、車両の設計・製作を 1 から行うことでモノづくりの経験を積み技術力と問題解決力を向上させるとともに、1 回生から修士 1 回生までの多様なメンバーが協力して目標達成に向けた課題解決に取り組むことでチームワークを構築することを目的としている。さらに大会本番では前年を上回る成果を残すことを目指すものである。

1. 2 Ene-1 とは？

Ene-1 とは、動力源を充電単三電池(パナソニックエネループ)40 本とする車両で鈴鹿サーキットとモビリティリゾートもてぎでタイムアタックを行うモータースポーツである。Ene-1 に参加する競技車両は、あらかじめ競技用に販売されていないため、構想や設計を行い、競技の規則に合致した車両づくりを自分たちで行う。

Ene-1 には主に 2 つの категорияがある。1 つ目は 3 輪以上の車両を対象とした「KV-40」。また KV-40 は「フレーム及び外装・カバーの製作素材に制限なし」の「Div1」と「フレーム及び外装・カバーの製作素材にカーボン、CFRP 素材を使用できない」「DivNEXT」の 2 つの categoria に別れている。2 つ目は「2 輪の車両」を対象とした「KV-Moto」。また中学、高校、大学、一般などの年齢でクラス分けがされている。

1. 3 製作方法

Kv-40 に出場する車両は、フレームを木材、カウルをプラスチック段ボールで製作する。モーターはミツバ製のものを使用し、動力源は単三電池 (パナソニックエネループ) 40 本とする。また moto に出場する車両は、フレームを市販の自転車を使用し、モーターは bafang bbs01 を使用し、動力源は kv-40 と同様である。

2. KV-40 の報告

2. 1 目的

本プロジェクトは現在の修士 1 回生が 2022 年にプロジェクトリサーチで行った「Ene-1 challenge に挑戦」を引き継ぐ形で行われた。近藤はドライバーとして活動に参加し、競技での成果を上げるため、ドライビング技術の向上に努める。また本プロジェクトは、Ene-1 への出場を目的とし、車両の設計・製作を 1 から行うことでモノづくりの経験を積み技術力と問題解決力を向上させるとともに、1 回生から修士 1 回生までの多様なメンバーが協力して目標達成に向けた課題解決に取り組むことでチームワークを構築することを目的としている。また去年の鈴鹿大会ではクラス 2 位と言う好成績を残しているため、本プロジェクトでは、去年の結果を上回ることを目標とする。

2. 2 計画

車両のシャーシは、去年の鈴鹿大会で用いたものを利用し、カウルを新しく製作する。7月28日の鈴鹿大会に向け、カウルの製作、車両の調整、ドライバーの練習を行う。鈴鹿大会出場後は、走行データや課題点を洗い出し、車両の改良を行い、9月15日のもてぎ大会に出場する。

2. 3 車両製作方法

本プロジェクトでは、去年製作した車両にカウルを製作し、車両のセッティングを行う。シミュレーションを用いて空気抵抗を少なく、ダウンフォースも小さくなる形状を検討し 3DCAD を用いて設計する。(図 1, 2)

カウルは、底面部分と車両の上面部分とリア部分の 3 つのピースに分けて製作する。

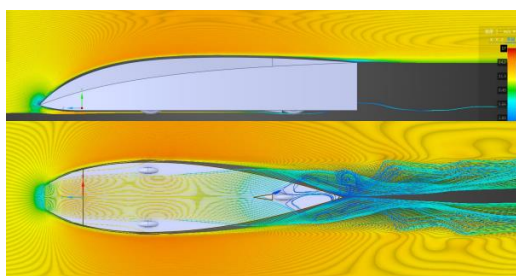


図 1. 側面と底面での流れシミュレーション

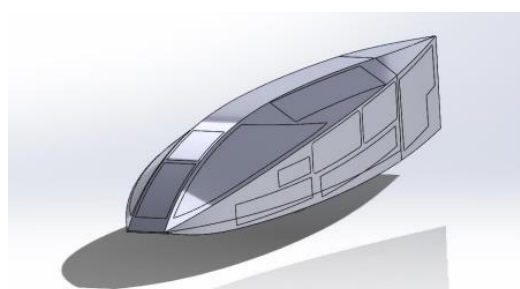


図 2. 3DCAD を用いて設計

動力源である単三電池（パナソニックエネルーブ）40本は Ene-1 から支給され、スポット溶接で10本ごとに直列に溶接し、4つの束を直列に接続する。（図3）

溶接しやすいように10本の電池を束ねるケースを3Dプリンターで製作した。（図4）



図3. 40本直列に接続

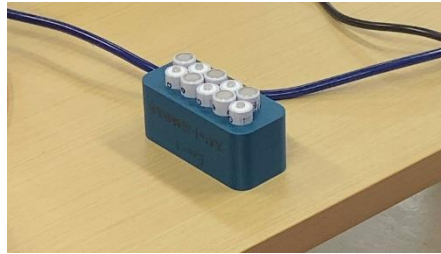


図4. 10本を束ねるケース

2. 4 製作過程

始めに底面部分のアンダーカウルから製作を行った。1枚のベニヤ板から底面部分を切り出し、側面を作り立体にし、強度を高める。また先端部分を少し上に反らせることで空力抵抗を少なくしている。（図6）



図5. (左) 今回製作したアンダーカウル
(右) 去年製作したアンダーカウル



図6. 先端部分を少し上に反らしている

次に、上面部分のカウルをプラダンで製作した。（図7）また強度を高めるため、内側からベニヤ板で支えを作った。（図8）



図7. 切り出したプラダン



図8. ベニヤの支え



図9. 上面のカウルとアンダーカウルを仮に合わせている

次にリアカウルをプラダンで製作した。リア部分は大きな力がかからないので、空力抵抗を少なく、軽量にするため、すべてプラダンで製作している。



図10. リアカウル



図11. すべてのカウルを仮合わせしている

アンダーカウルは車両に直接ねじ止めをし、上面のカウルは、アンダーカウルの先端部分にヒンジで取り付けドライバーが一人で乗り降りできるようにした。



図12. カウルの開閉している様子

電池は 10 本ごとにニッケルリボンでつなげてスポット溶接した。3D プリンターで 10 本に束ねるケースを製作し、溶接しやすいようにした。

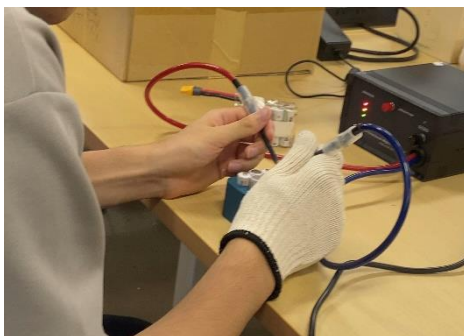


図 13. 溶接の様子

最後にスポンサー様の企業ロゴを車両にシールで貼り付けた。



図 14. 鈴鹿大会の車両



図 15. もてぎ大会の車両

2. 5 活動経過

2. 5. 1 学内試走

7 月 28 日の鈴鹿大会に向け、4 月からカウル製作を行った。製作した過程は「2. 3 車両制作過程」の通りである。

7 月 17 日、24 日に車両の完成度の確認やドライバーが車両の運転に慣れるため学内試走を行った。学内試走は、安全に考慮し、夜間に行い、車両が走るルートに人を配置して行った。



図 16. 学内試走の様子

学内試走では、本番と同じようにデータロガーを車両に取り付け、データ収集を行った。構内試走は、平均 7A 出力で行った。サーキットの起伏や高低差を一切模擬できていないが、走行距離ベースで考えれば、昨年の鈴鹿 2 周目 (11min16s) で記録した積算電流値と近い結果を得た。試走データを 1 次式で線形近似すると、積算電流値[Ah]=走行距離 [m]×0.0001-0.0786 となった。

ここから鈴鹿 3 周 (17400 m) 走行に 1.66 Ah 使用することが概算でき、昨年充電した最小値 1.832 Ah より、平均 7A で航続すれば 3 周完走は可能だということが予測できる。

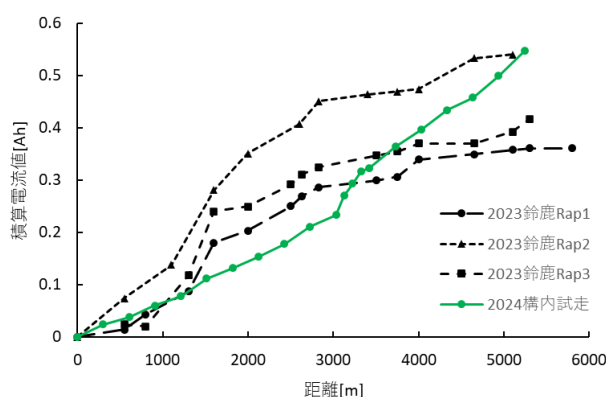


図 17. 試走で得た積算電流値 (緑) を昨年の鈴鹿で得たデータをプロットしたグラフに重ねたもの

2. 5. 2 ドライバー練習

ドライバーは本番の鈴鹿サーキットのコースや走行ラインを覚えるため、レーシングシミュレーション (グランツーリスモ) を用いて、練習を行った。走行ラインは、鈴鹿大会に出場経験のある修士 1 回の小熊さんにご指導いただいた。

2. 5. 3 鈴鹿大会

7 月 27 日の早朝に鈴鹿サーキットに向け出発した。27 日は車両の前日車検や走行会が行われた。ドライバーの近藤は初めての鈴鹿サーキットだったため攻めすぎず、コースに慣れることを意識して走行した。

7 月 28 日鈴鹿大会本番。早朝に参加受付を行い、チーフとドライバーは、ブリーフィングに参加、車両の最終確認をし、10:05 のファーストアタックに向け準備を進める。整備をする段階で一部車両を破損してしまうトラブルもあったが、無事ファーストアタックを完走することができた。ドライバーは、近藤が担当し、タイムは 9 分 30 秒で、学内記録を更新することができた。この時点でクラス 5 位だった。セカンドアタックでは、社会学部 3 回の寺島がドライバーを担当し、タイムは 13 分 36 秒で完走することができた。この時点でクラス 4 位。サードアタックでは、近藤がドライバーを担当し、タイムは 8 分 42 秒で、学内記録をさらに更新することができ、このアタックだけで見ると、クラス 2 位と言

う結果を残すことができたが、最終は惜しくもクラス 4 位/8 台、総合 36 位/106 台 (total time 31.49.179) という結果に終わった。

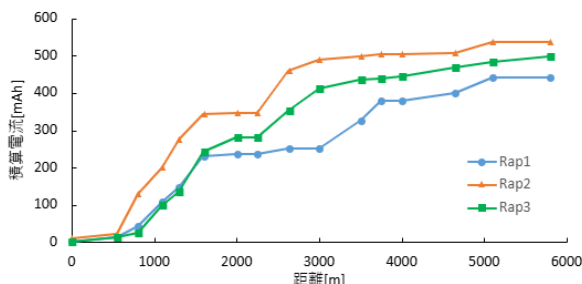


図 18. 各アタックの積算電流

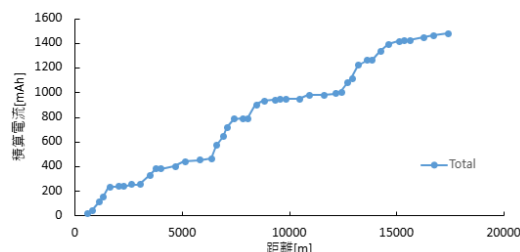


図 19. 通算積算電流

	time	積算電流[mAh]
Rap1	9.30	440
Rap2	13.36	538
Rap3	8.42	500

図 20. 各タイムと積算電流

上図は各アタックと通算積算電流をデータ化したものである。図 19 を見ると全体の積算電流は約 1500[mAh]となっていることがわかる。試走で得られたデータを基に算出した数値と非常に近い結果となり、完走が可能であることが確認された。

また図 18、19 を見ると最もタイムが遅かったセカンドアタックが最も電力を使用していることが確認できる。この原因として 2 つの考察が上がった。1 つは、ドライバーでの走行ラインやアクセル、ブレーキのタイミングなどの車両コントロールの違いである。2 つ目は、リアのブレーキシューがホイールに干渉していたのではないかとこの考えである。結果として確実な原因は追究できなかったが、1 本走行するたびに、ブレーキやタイヤの確認を行っているため、ブレーキが干渉していた可能性は低く、アクセル、ブレーキのタイミングが最も大きな差につながった原因だと考えられる。

図 18、20 からファーストアタックが最も消費電力が少ないことが確認でき、最終的な積算電流は、440[mAh]である。これは、後半に十分な電力を残すための作戦であり、レース全体を通して効率的なエネルギー配分を意識した結果といえる。また、最もタイムが速かったサードアタックの積算電流は 500[mAh]である。この 2 つのデータを比較すると、タイムには 48 秒もの差があるにも関わらず、積算電流の差は 60[mAh]に留まっている。さらに、図 18 を見ると、2000m から 3500m の間でファーストアタックが電力を抑えていることがわかる。この区間はデグナーの出口からスプーン出口までの少し登りの区間に該当する。

この結果から、デグナー出口からスプーン入口までの区間では、電力を適切に使い、速度

を落とすすぎないようにすることで、結果的に消費電力を少なく抑えながらタイムを大幅に短縮できることがわかった。このデータを来年の鈴鹿大会で活かし、表彰台を目指したいと思う。



図 21. 大会の様子



図 22. 走行の様子

2. 5. 4 もてぎ大会までの改良点

9月15日のもてぎ大会は雨予報だったため、フロントタイヤのフェンダーをプラスチック段ボールで製作した。またアンダーカウルが鈴鹿大会での走行で少し破損してしまっていたので修繕を行った。



図 23. フェンダーを製作している様子

2. 5. 5 もてぎ大会

9月13日の深夜にモビリティリゾートもてぎに向け出発した。14日の早朝に到着し、鈴鹿大会と同じように、前日車検、走行会を行った。もてぎは鈴鹿サーキットと比べ下りが急で長いためスピードが出やすい、そしてそのあとのコーナーの角度が急であるため、事故を起こしやすいコースとなっている。そのため慎重に走行し走行会を終えた。

9月15日のもてぎ大会本番。鈴鹿大会と同様に、早朝に参加受付を行い、チーフとドライバーは、ブリーフィングに参加、車両の最終確認をし、10:05のファーストアタックに向け準備を進める。ファーストアタックは修士1回の小熊が担当し、タイムは6分50秒で暫定クラス1位で完走することができた。クラス2位とは7秒アドバンテージを得ることができた。セカンドアタックは近藤が担当し、タイムは6分15秒とファーストアタックを大きく上回り完走することができた。暫定クラスは1位で、このアタックでは、約70台が出場している本大会で総合7位と上位チームと互角に戦えることができた。サードアタ

ックも近藤が担当し、6分43秒で完走することができた。前を走るチームをうまくパスすることができずセカンドアタックのタイムより下回る結果となってしまった。

総合結果としては、クラス1位/9台、カテゴリー2位/29台、総合13位/70台という結果となった。(total time19.49.913)

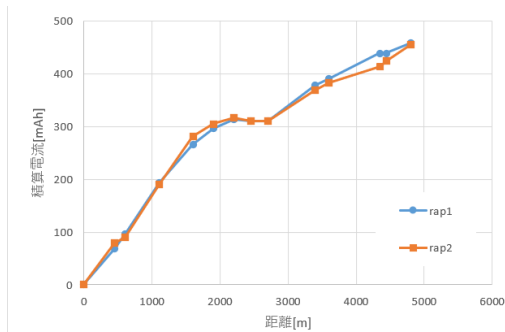


図 24. 各アタックの積算電流

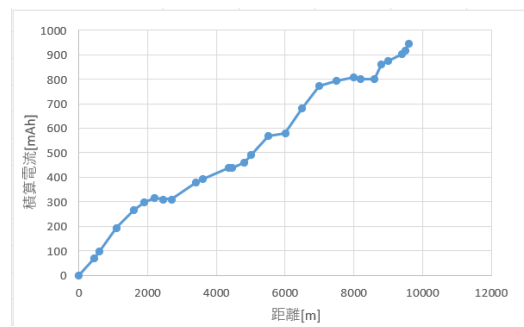


図 25. 通算積算電流

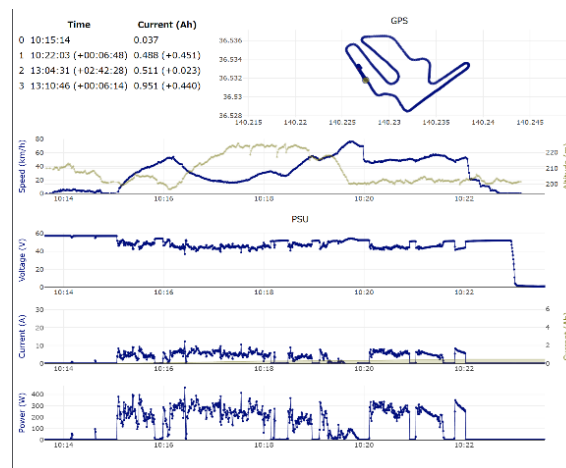


図 26. ファーストアタックのログデータ

図 24、25、26 は、データロガーを用いて得た走行データである。データをサーバーに送るスマートフォンが熱暴走を起こし、うまくデータがサーバーに送信できていなかったため、ファーストアタックとセカンドアタックのみのデータとなっている。

図 25 の通算積算電流を見ると、セカンドアタック終了後の積算電流は 945[mAh] となっている。また図 24 を見ると、どちらも約 460[mAh] で走行しているため、サードアタックも約 460[mAh] で走行したとすると、サードアタック終了後の積算電流は約 1410[mAh] だと仮定できる。単三のエネルーブは約 1900[mAh] であるため、サードアタック終了時点での積算電流 1410[mAh] は、安全な範囲内での電力消費であるといえる。この結果から、下りが多く電力をあまり使用しないもてぎサーキットの特性を踏まえつつ、前半の上り坂や後半の平坦区間でしっかりと電力を使い、速度を保つことで、電力を余すことなく効果的に使用できていたことがわかった。この運用により、レース全体を通じて効率的なエネルギー

ーマネジメントが実現できたといえる。

もてぎ大会では、コースの特性上、下りが長く続く区間で最高速度 76[km/h]を記録し、車両の性能限界を把握する貴重な機会となった。また、この走行から高速域での車両の挙動などの得られたデータは、今後の車両開発や戦略に役立つ貴重な情報となった。

図 26 はファーストアタックのログデータをグラフ化したものである。ドライバーの小熊はこれまでの経験を活かし、コース特性を的確に捉えた走りを見せた。そのデータを基に、体重の軽さというアドバンテージを持つ近藤がファーストアタック終了後にログを分析し、自身の走行に反映させた結果、セカンドアタック、サードアタックで大幅なタイム短縮を実現した。このデータ共有と活用によるチーム内での相乗効果が、最終的に今回の好結果を生む大きな要因となった。



図 27. 走行の様子



図 28. ファーストアタック準備の様子



図 29. ピットの様子



図 30. 表彰の様子



図 31. チームでの記念撮影

3. kv-moto の報告

3. 1 目的

鈴鹿大会に関しては、新しくモーターを新調することによって去年出場する際に使用したインホイールモーターとの比較、またミッドモーターを使用することによって可能となった変速機構がどれだけタイムに影響を及ぼすかの確認、そして走行データの取得することを目的とした。

また、もてぎ大会では Ene-1 SUZUKA Challenge で習得したデータや経験に基づいてマシンやモーターのプログラミング制御、電気回路の改善をすることによってもてぎを完走することを目的とした。

3. 2 鈴鹿大会について

3. 2. 1 車両について

今回は去年使用したインホイールモーター（ホイール内蔵型のモーター）だけでなく、今年に新しく用意したチェーンを回すところにモーターを内蔵したものであるミッドモーターを使用したバイクの 2 台で大会に参加した。インホイールモーターは完走を重視、ミッドモーターはタイムを重視して使用した。またミッドモーターは変速が可能となっており、7 段変速式のスプロケットが装着されている。その概要をそれぞれ図 1、図 2、表 1、表 2 に示す。



図 1 インホイールモーターを使用したバイク

図 2 ミッドモーターを使用したバイク

表 1 インホイールモーターの車体概要

車体重量 (kg)	15.0
ホイールインチ幅 (mm)	20×1.75
使用モーター	Leaf bike インホイールモーター 48V 250W
電池回路	24V×2 並列

表2 ミッドモーターの車体概要

車両重量 (kg)	15.0
ホイールインチ幅 (mm)	20×1.75
使用モーター	bafang bbs01 ミッドモーター 36V 250W
電池回路	36V 直列

表2より、ミッドモーターは36Vとなっているので、乾電池30本をローテーションさせてレースに臨むことにした。

3. 2. 2 試走会

今年は大会本番前日に試走会が実施された。この試走会にてサーキットを走り、積算電流データを取得し、その結果を基に翌日の競技のペース配分を考えた。

3. 2. 3 プログラミング制御について

今回使用しているミッドモーターはプログラミング制御が可能となっている。その画面の一部を図3に示す。

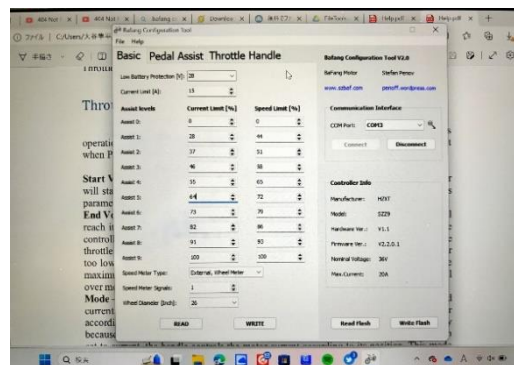


図3 プログラミング制御の画面

上から最小電圧、最大電流、アシストレベル、スピードメーター、ホイールインチに応じた時速表示の変更ができる。その内の最小電圧（一番上の数字）を今回は図3のように下限である28Vとしている。

3. 2. 4 競技結果

まず、2台分それぞれのタイムを表3に示す。

表3 大会本番のタイム

	インホイールモータのバイク	ミッドモーターのバイク
1 週目	41 分 29 秒	36 分 16 秒
2 週目	41 分 56 秒	35 分 48 秒
3 週目	完走せず	完走せず

また、3週目の走った距離について、図1のバイクは5400m、図2のバイクは3000m走った。

3. 2. 5 考察

まずはインホイールモーターについて。走り切った時点で乾電池の容量を見てみると、すべて燃料切れだったことから、鈴鹿サーキットを3周することは難しいと考えられる。

次にミッドモーターについて。乾電池の容量を見てみると20本ほど容量がまだ残っていたので、30本をローテーションさせることは効率の悪い燃料の消費方法であると考えられる。タイムもインホイールモーターより良いので、このまま電池の効率のよい消費法を考えればよい。

3. 3 もてぎ大会について

3. 3. 1 車体概要

まず、車体の概要をそれぞれ図1、表1に示す。



図1 kv-moto 参戦車体

表1 車体概要

車両重量(kg)	15.0
ホイールインチ幅 (mm)	20×1.75
使用モーター	bafang bbs01
電池回路	36V 直列

3. 3. 2 主な改良点

2024 Ene-1 SUZUKA Challenge より以下のような改善を行った

- ・自転車のフレームの変更
- ・モーターのプログラミング制御による設定の変更
- ・電気回路の変更

である。

まず自転車のフレーム変更について述べる。bafang bbs01 を使用して鈴鹿サーキットを走った自転車のフレームに付いていたホイールの変更が原因による2速や1速の低速ギアに入りづらかった現象や、機械式ディスクブレーキの効きの悪さを改善するため、カンチブレーキを採用している7段変速型の20×1.75のホイールインチ幅が付いた自転車のフレームにモーターを取り付けた。

次に、モーターのプログラミング制御による設定の変更について、最高速度を設定できる画面の概要を図2に示す。

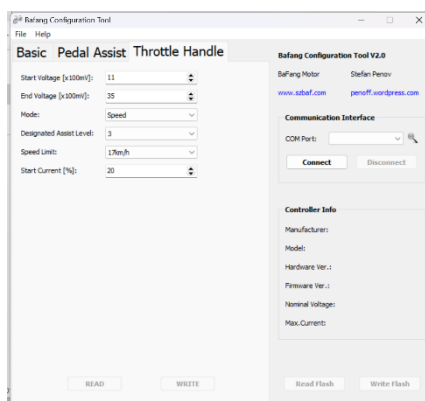


図2 最高速度を変更できる画面の概要

図2に「Speed Limit」と表示されているところに速度が表示されていることが分かる。これが最高速度の設定となっている。この設定を今回は一番高い設定にあたる40km/hとした。

最後に、電気回路の変更について、鈴鹿の際に乾電池30本をローテーションして走らせたことが原因による電池の消費量の分散を改善するために、48Vを36Vに電圧を下げる

DC/DC コンバーターを採用した。

3. 3. 3 試走

まず、校内で走った際に取ったモーターが電池切れになるまでの積算電流のデータを図3に示す。



図3 換算電流のデータ

図3より、左下の数値にあたる積算電流では 2.179Ah で電池切れとなっていることがわかる。なのでもてぎでの試走会の結果を見て、一周 0.5~0.6Ah のペースで走ることにした。

3. 3. 4 競技結果

総合順位は 32 台中 20 位、大学・高専・専門学校クラス内では 11 台中 6 位、そしてタイムは以下ようになった。

1 週目：22 分 25 秒 068

2 週目：22 分 41 秒 256

3 週目：19 分 34 秒 788

3. 3. 5 考察

まず、自転車のフレームを変更したことについて、これによってブレーキ周りやギアの改善はできたが、ホイールを空転させる際にすぐに止まってしまう現象があったため、転がりを良くするためにベアリングの交換やグリスの塗布をすると改善すると考えられる。次にプログラミング制御について、設定を変えたことによって鈴鹿より 10km/h ほど早い速度で走行できたため、最高速度の向上という面ではよい結果であると考えている。しかし、これを維持して走行すると 3 週走り切れずに電池切れとなってしまうため、より速く、そして燃費をよくするにはモーターの中身を見る必要があると考えられる。最後に電気回路の変更についてだが、DC/DC コンバーターを付け試走させた後 40 本の電池の残量を見てみるとすべて燃料切れとなっていたため、乾電池を 30 本ローテーションさせて使用していた鈴鹿のときと比べて効率よく燃料を使用できていたと考えられる。

3. 4 終わりに

今大会の参加にかかり、機械工学・ロボティクス課程 野口佳樹先生や情報メディア課程 芝公仁先生に多くのアドバイスをいただきました。ありがとうございました。

4. おわりに

4. 1 Ene-1 を通して

Ene-1 の活動を通じて、多くの貴重な経験を積むことができた。製作の過程では、モノづくりの面白さだけでなく、その裏にある難しさも痛感した。また、学部 1 回生から修士 1 回生まで、異なる学年のメンバーと協力しながら目標に向かって進む中で、チームワークの重要性和達成する喜びを深く実感することができた。

本番の大会では、これまでにない緊張感と高揚感の中でモータースポーツの魅力を肌で感じるとともに、チーム全員が一丸となって成果を形にする事の達成感を味わうことができた。

2022 年に本プロジェクトを立ち上げた小熊さんをはじめ、多くのメンバーや指導教員の野口先生、さらには外部の方々からの支援なくしては成り立たなかった。多くの方々に助けていただいたおかげで、無事にプロジェクトリサーチを終えることができたことに心から感謝している。

Ene-1 を通じて得た経験や学びは、今後の挑戦において必ずや活かされると確信している。この貴重な機会に感謝しつつ、さらなる成長を目指して次なるステージに挑み続けたいと考えている。

4. 2 メンバー



図 1. リサーチメンバー



図 2. 鈴鹿大会 KV-40 メンバー



図 3. もてぎ大会メンバー

4. 3 支援していただいた皆様

Ryukoku Racing を応援いただいている方々



吉原 寫真館

- ・ 龍谷大学 第一工作室
- ・ STEAM コモンズ
- ・ 芝研究室 (データロガーの提供)
- ・ 野口研究室
- ・ 大津研究室
- ・ 森研究室
- ・ 辻上研究室
- ・ 左近研究室