

ERKプロジェクト

2018年に始動したプロジェクト。
実践的なモノづくりを通じた、技術者の成長や
組織力の強化を目的としている。
プロジェクトを通じて、電動化や自動運転
に関する技術の習得を図り、
自動で走行するEVカートを作成していく。



(※)ERKとは・・・Electric Racing Kartの略称

はじめに…

当社は創業以来、自動車基幹ユニットである「トランスミッション・ワイヤーハーネス」の開発分野に特化し、設計から評価・解析まで開発をトータル的に支援し続けている。近年では、製品開発のみならず、3Dデジタル技術を駆使したリパースエンジニアリングなどのデジタルエンジニアリング分野にも注力し、開発に付随する技術領域も支援。トランスミッション・ワイヤーハーネス・デジタルエンジニアリングの3つの柱で時代の変化に即した付加価値の高い技術力を提供している。

ERK(※)プロジェクトは、電装技術部の有志により立ち上げられたもの。電装技術部とは、「ワイヤーハーネス」に精通した部署であり、ワイヤーハーネスの「経路設計」「回路設計」「部品設計」「開発業務」を担当する。ワイヤーハーネスの設計を担当する技術者が若手からベテランまで集まって、プロジェクト活動をを進めている。

<プロジェクトの背景・目的>

ワイヤーハーネスは人間の血管や神経に例えられる部品であり、自動車のあらゆる場所を通っている。設計する上で、開発する車両全体の情報を把握しながら進めていく必要がある。そのため、電装技術部のメンバーは開発する車両全体の情報が集約されている完成車メーカー、ボデーメーカーに常駐勤務している社員が大半を占め、勤務地も分散している。また、自動車開発は分業化が進んでおり、設計者自身が設計したものを製作する機会が少ない状況である。そういった環境で働く電装技術部のメンバーが一同に会して、机上の検討だけではない実践的なモノづくりをチームで経験することにより、技術者としての成長や組織力の強化を目指している。モノづくりのテーマとしては、電気自動車の普及を見据え、電動化に関わる技術にスポットを当て、「EVカートを作成し、EVフェスで優勝する」を目標に活動をスタートさせた。

2018

2017年に企画構想をはじめ、2018年本格始動へ 2018年11月、EVフェスに初参戦するも課題あり

発足当初は日本EVクラブ主催、日本EVフェスティバル(以下、EVフェス)のERK30分ディスタンスチャレンジにてクラス優勝を目標に掲げ、活動をスタートした。

2018年、初号機となるEVカートの製作を開始。ワイヤーハーネスの設計業務を通じて得た知識や経験を活かし、電線の取り回しや回路構成は設計する上で最短かつ効率の良い最適経路を実現。完成したEVカートは豊田市にある石野サーキットでテスト走行を実施。コース上で急停止するなど、失敗を繰り返したが、都度原因を特定し、対策を実施することで完成度を高めていった。

2018年11月、EVフェスへ初参戦。結果は、30分ディスタンスチャレンジに出場し、完走。ERK-2クラスに参戦したが、参加3チーム中、2位。周回数26、最速ラップ52.9s、最高速度70.7km/hという記録であった。同クラス1位は周回数31、最速ラップ46.8s、最高速度79.8km/hを記録。

クラス優勝のためには初号機のレベルアップが必須となる。



▲EVフェス初参戦の様子

新たな目標として、自動運転技術の習得・実装が加わり、2チームに分かれたプロジェクト活動へ



▲EVフェス初参戦時の集合写真

2018年度の活動目標であるEVフェスへの参戦は果たしたが、クラス優勝を目指すためには課題も残る。初参戦を経て見えた課題を解決し、初号機のレベルアップを図ることで、EVフェスでクラス優勝を目指す。

車両性能向上に向けて活動を進める中で、プロジェクトに参加する若手社員から車両の自動運転化を提案する声が上がった。自動運転を実現するためには制御技術やAI技術の習得が必要となる。ワイヤーハーネスの設計を担当する私たちにとって、未経験の分野ではあるが、新たな技術領域への挑戦として実施を決定した。

「EVカート製作」に加え「自動運転の実現」へと、プロジェクトの規模が拡大したことで「EVカートの車両を設計・製作する「ERKチーム」」、「自動運転技術の習得・実装を目指す「先進技術チーム」」に分かれて活動を進めることとなった。

これに伴い、再度有志を募りメンバーも増員した。

EVカートの車両を設計・製作する
ERKチーム

初号機からのレベルアップを目指して

EVフェスでクラス優勝を目指し、初号機からのレベルアップのため、課題1、2、3の解決に取り組んだ。

【課題1】車両性能向上

【解決策1】スプロケットギア比の最適化

18年度:ギア比1.53 最高速度70.7km/h
19年度:ギア比2.15 最高速度83.5km/h
(昨対比12.8km/hアップ)

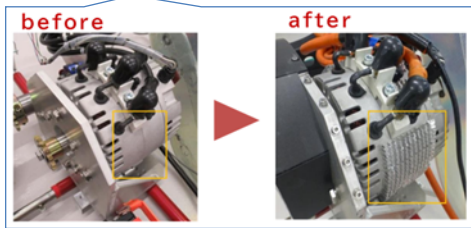
但し、速度アップに伴いオーバーヒートを起こすため、コントローラ・モーターの冷却性能向上が課題である。

【解決策2】コントローラの冷却性能向上

設置箇所の変更、冷却ファンの拡大、導風ダクトの拡大

【解決策3】モーターの冷却性能向上

フィンを設定し放熱性能向上



【課題2】安全性能向上

【解決策1】バッテリー受枠の剛性UP

【解決策2】感電対策

カバーを新設及び3Dプリンターで弾性樹脂を使用し絶縁対策

【解決策3】受傷対策

エッジ部にR加工、トルク管理をJIS規格に基づき管理

【課題3】ピット作業性向上

【解決策1】バッテリー搭載治具を製作

2019年は、昨年EVフェスに参戦したことで見えてきた課題を一つ一つ解決してきた。テスト走行を経て、よりレベルアップしたEVカートで2020年のEVフェスに参戦し「クラス優勝」を目指す…はずだった。

より安定した走行の実現に向けて

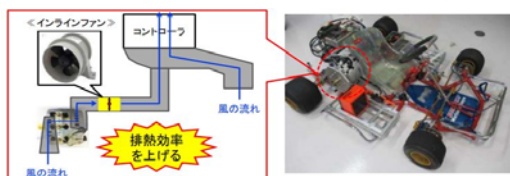
EVフェスでクラス優勝を目指してきたが、昨今のコロナ禍によりEVフェスが中止に。目標を「EVフェスのクラス優勝」から、「継続した車両性能向上の探求及びプロジェクト活動を通じた組織力の強化」に転換した。

これまでの活動では、EVフェスで30分間完走させるため、モーター内の過熱を抑えた出力制御を行っていた。「出力制御していた」ということは言い換えれば「モーターの性能を100%発揮できていない」ということ。しかし、出力制御のセッティングを解除して30分走行した結果、モーター内の過熱が原因でフェールセーフがかり途中でストップしてしまった。モーターの性能を十分発揮し、長時間安定して走行するためには、モーターの冷却性能を向上させ、モーター出力の安全マージンを確保する必要がある。そこで、長時間の安定走行実現に向けて、「空冷モーターの冷却効率向上」と「水冷モーターの搭載」という2つ視点から検討を進めるとした。そして、それぞれの検討結果を踏まえ、空冷モーターと水冷モーターのどちらが最適かを判断し、EVカートの車両性能向上を目指す。

【まずは、空冷モーターの冷却性能向上を目指す】

空冷モーターの冷却効率を上げるにあたり、モーター内部の風の流れを確認するために、販売元のアメリカ企業からモーター図面と仕様書を取り寄せた。取り寄せた仕様書から、モーター内部はローター軸方向に一方通行の風の流れがあることが分かった。現状、車両の駆動軸とモーターをチェーンで繋いでいるため、進行方向に対し真横向きとなり冷却効率が悪い。

そこで、モーター後方に電動ファンを搭載することに決定。電動ファンの搭載により、排熱効率を上げることで、過熱を抑えた車両製作を実現した。



▲空冷モーターの仕組み

自動運転技術の習得・実装を目指す
先進技術チーム

未経験からのチャレンジ

初号機が完成するも課題が残る

若手社員の提案により2019年に結成された「先進技術チーム」は、「EVカートの自動運転化」を目標として活動を行っている。プロジェクトのメンバー全員がワイヤーハーネスの設計者であり、自動運転に関わるプログラミングや制御分野は未経験。また、学生時代にそういった分野を専攻していたメンバーもおらず、全員がゼロからのスタートだった。そこで、最初のステップとして「ラジコンカーの自動運転化」を目指し活動を進めた。ラジコンカーからスタートし、段階を踏んで、「EVカートの自動運転化」実現に繋げていく予定だ。

初号機の仕組みは、超音波センサーで障害物を検知後、タイヤの回転数を変えて回避できるようにする、というもの。2019年秋に初号機が完成するも、自作のコースで試走した結果、真っすぐ走らなかつたり、障害物を検知できずにぶつかってしまうなど、想定していた動きが実現できなかった。その後、トライ＆エラーを繰り返し、一つ一つ課題を解決することで、何とか一度もコースにぶつかることなく完走するに至った。今後は他のセンサーも組み合わせながら、自動運転のレベル向上に努めていく。

初号機の課題を解決し、弐号機完成へ危険を察知して速度を落とす技術を習得

初号機からのレベルアップのため、解決策1、2に取り組んだ。

【解決策1】

サーボモーターによるステアリング制御の実装

初号機では、車両を操舵する仕組みとして、タイヤの回転数を制御する方法を採用していた。そのため、試走時に車両の動きがカクカクしてしまい、自然な動きとは言えない状態だった。これをPWM(Pulse Width Modulation)を使ったサーボモーターによるステアリング制御の実装により改善。走行時の動きをより滑らかに、より人間の操作に近い動きを実現することに成功した。

【解決策2】

超音波センサーによる障害物検知システムの精度向上

弐号機では超音波センサーを2個から3個に増やした。これにより、正面の障害物も検知し、停止制御を織り込むことが可能になった。初号機は左右の超音波センサーを使って障害物までの距離を検知し、「近づいてきたら離れる」という単純な思考で車両を動かしていた。弐号機では左右の障害物までの距離を検知することに加え、検知した距離を比較し、より距離の遠いほうへ車両を操舵する制御を加えたことで「コースの中央を維持する」動きを実現した。さらに、障害物までの距離が規定値を下回った際に、モーターへの出力を抑えることで「危険を察知して速度を落とす」という判断を模擬したシステムを作り上げた。

一方、今回弐号機が完成して試走を重ねてきたが、依然として「コースアウト」や「障害物に衝突する」など安定走行に課題が残る。また「バッテリー残量によるモーター出力のバラツキ」という課題も見えてきた。今後はこれらの課題を解決することで、更なるレベルアップを図る。

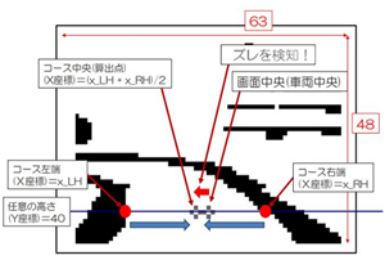


▲弐号機モデル

初号機、弐号機を経て、参号機完成へコース中央を維持する動きの精度向上

参号機では、弐号機で見つかった課題を踏まえて「単眼カメラによるライントレースシステムの実装」をコンセプトとして試作機を製作した。

今回のライントレースシステムは、カメラに映ったコース(=2本線)からコース中央を算出し、算出した中央と映像の中心点(カメラは車両中央に搭載しているため、映像の中心点=車両中央である)の「横方向のズレを比較」することで、自車がコースのどの位置にいるかを判断。左右にズレを検知した場合、コース中央に車両を戻す動きをする、という仕組みだ。



▲ライントレースシステムの仕組み

参号機ではステアリング制御に加え、弐号機とは異なるアプローチにより「コース中央を維持する動き」の精度を高めることができた。

▼参考機モデル



【次に、水冷モーターの搭載検討を進める】

水冷モーターは空冷モーターに比べて部品点数が増えたり複雑な構造になるため、コストが上がったり、重量が増加する可能性がある。今回は、モーターを車体に固定したり、モーターの振動や騒音を抑える役割を担う、「モーターマウント」の設計事例を紹介。

空冷モーターを搭載した車両では材質はアルミ、板厚は12mmのモーターマウントを使用していた。水冷モーターは空冷モーターに比べてモーター自体のサイズが大きくなるため、モーターマウントを流用することができず、改めてモーターマウントの設計を行った。

モーターのサイズや荷重が大きくなっても必要な強度を保ちながら、軽量化を実現することを目指して、強度計算、FEM解析を実施した。

《最大荷重》

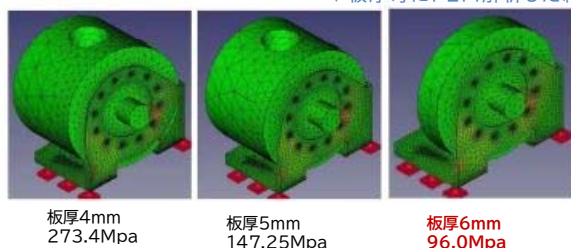
モーターの最大トルクから導き出した結果、3000N/mm²に設定。

《許容応力》

材料を空冷モーターで使用していたアルミからステンレスに変更を検討。ステンレスの降伏点が204N/mm²となり、様々な資料を調べた結果、約2倍の安全率で計算していることから100N/mm²とした。

この条件をもとにFEM解析のミーゼス応力を用いて、様々な板厚で解析を実施。上記条件をクリアするのは「板厚6mm」という結論に至った。今後は材質はステンレス、板厚6mmのモーターマウントを製作して、水冷モーターの搭載検討を進めていく。

▼板厚毎にFEM解析した結果



【長時間の安定走行実現に向けて、空冷モーターと水冷モーターを比較検討する】

空冷モーターは電動ファンをモーター後方に搭載することで排熱効率を上げることができた。一方の水冷モーターは現在設計・検討段階である。今後、水冷モーターの搭載検討を経て、空冷モーターと水冷モーターを比較し、長時間の安定走行実現に向けて、どちらが最適かを判断する予定だ。ERKチームでは今後も更なる車両性能向上に向けて活動を進めていく。

しかし、参考機においても「コースアウト」や「障害物に衝突する」など、毎回安定してコースを走り切ることができていない。今後は、カメラ搭載位置の見直しや画像認識精度向上のため、コンピューター処理能力に応じた解像度UPなどを実施し、安定した走行を実現していく予定だ。

また、式号機に搭載していた「障害物が近くなった際にモーター出力を抑え、速度変化させる仕様」を参考機では実装することができていない。式号機の仕様をよりレベルアップさせ、直進やカーブなど状況に合わせて速度を変える仕様を搭載することで、滑らかな走行の実現を目指す。

その他、式号機でも課題としていた「バッテリー残量によるモーター出力のバラツキ」については、スピードセンサーやバッテリー監視システムの搭載検討を進めている。現在、計画に対して順調に進んでおり、2020年度中に解決予定だ。

LiDAR、AI技術の導入を検討開始

現在、世の中にリリースされている自動運転車には、式号機、参考機で検討してきた「超音波センサー」「カメラ」の他に、LiDAR(※)のような「光センサー」「ミリ波レーダー」なども採用されている。今後の取り組みとしては、式号機、参考機、この両機の制御ロジックをLiDARを使って実現することを目指していく。LiDARの検討を行うことで、自動運転に必要な主要なセンサーの検討が一通り完了する。検討結果をもとに、各センサーの長所と短所を洗い出し、長所を組み合わせ、当社オリジナルの自動運転ミニカーをつくり上げていく予定だ。

同時にAI技術の導入も検討。現在計画中の段階だが、「EVカートの自動運転化」に必要な技術だと捉え、導入検討を進めていく。

(※)

「Light Detection and Ranging」の略であり、「ライダー」と読む。レーザー光を走査しながら対象物に照射してその散乱や反射光を観測することで、対象物までの距離を計測したり対象物の性質を特定したりする、光センサー技術のこと。

2022

いよいよ、EVカートで自動運転を現実に ERKチームと先進技術チームが合同でプロジェクトを進める

2021年までは2チームに分かれて開発を進めていくが、2022年にはEVカートに自動運転システムの実装を予定しており、2チーム合同でプロジェクトを進めていく予定である。EVカートで自動運転を実現する日も近い。――

最後に…

2020年社内会議にて、ERKプロジェクトの報告を聞いた電装技術部以外の社員から、活動に参加したいと手が挙がった。現在は先進技術チームの一員として活動に参加している。ERKプロジェクトの発足や追加目標となった自動運転化は、若手社員をはじめとする社員の提案がきっかけであるように、「技術で飯が食えるようになる」というビジョンのもと、当社は「新たな技術を習得したい」「エンジニアとして成長したい」という社員の想いを大切にしている。

本プロジェクトでは、今後普及が見込まれる自動運転や電動化に関わる技術習得を通じて、技術力の向上や技術領域の拡大を目指すのは勿論のこと、チームでのモノづくりを通じて組織力の強化に繋げていきたい。

本プロジェクトはまだ始まったばかり。EVカートの自動運転化実現に向けて、これからもプロジェクトを進めていく。