

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
＜2022年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：和歌山大学ソーラーカープロジェクト

ミッション名：新車体における整備性の向上とバッテリー直並列数の決定

ミッションメンバー：システム工学部2年大崎香奈、システム工学部3年和田紳助、システム工学部3年山本泰誠

キーワード：BWSC、整備性、配線量削減、メインライン、バッテリー直並列数

1. 背景と目的

当プロジェクトは2023年にオーストラリアで行われるソーラーカーレースである、Bridgestone World Solar Challenge 2023(以下BWSC)で完走することの出来るソーラーカーの製作を目標としている。本ミッションはそのソーラーカーの製作の中で電装面に着目し、新車体における整備性の向上とバッテリー直並列数の決定を課題として設定した。

BWSCはオーストラリア北部のダーウィンから南部のアデレードまでの約3,000kmをおよそ5日間かけて走行するソーラーカーレースである。これまで出場してきた鈴鹿サーキットでの5時間耐久のソーラーカーレースに比べ、長期間のレースであり、また強風や砂塵にさらされる公道を走行するため悪環境下での厳しいレースが想定される。そのため、トラブルが起きないように設計をするだけでなく、レース中にマシントラブルが起きることを前提とし、それに迅速に対応できるような設計をすることも必要である。よって、整備性の向上を今年度のミッションの課題に設定した。この課題は実体配線図の作成、それを用いた配線経路の検討を経た新車体への実装とメインライン端子台の製作を目標とした。実体配線図とはCADソフトで車体の図面上に配線を設計した、実物に近い回路図のことで、これを作成することで実際の車体に配線する前に、配線経路のシミュレーションを行うことが出来ると想定した。一方、メインライン端子台とはバッテリー、モーター、ソーラーパネルをつなぐ大きな電流が流れる系であるメインラインを1点にまとめるものである。これを製作することでトラブルシューティングの容易化、ひいては新車体の整備性の向上を見込んだ。

次に、ソーラーカーにおいてバッテリーは非常に重要な役割を担っている。ソーラーカーの動力源となるモーターへの電力供給やソーラーパネルで発電した電力の貯蔵など、バッテリーが無ければソーラーカーは走行することが出来ない。そのソーラーカーの要とも言えるバッテリーで重要となるのが、バッテリーの直並列数である。バッテリーの直列数はバッテリーの最大電圧、つまりソーラーカーの最高速度に関係し、並列数はバッテリーの容量を決定する。そのため、バッテリーの直並列数の決定は目標であるBWSC完走を目指す車体を作る上で非常に重要な課題となる。以上のことから、今年度のミッションとして新車体における整備性の向上とバッテリーの直並列数の決定を課題として設定し、到達目標を決定した。

2. 活動内容

まず、整備性の向上について取り組むべき活動の手順を次のように考えた。最初に、車体の2D図面上での実体配線図の作成、及び機器ごとの必要な電流値の計算を行う。そして、実体配線図の作成時に、配線の経路、メインライン端子台の設置場所を検討する。その後、機器の模型を段ボールで作成し、車体のモックアップ上で配線の更なる検討、改善を行い、新車体を実装することで、新車体における整備性の向上を図る。まず、作成した実体配線図が下の図である。

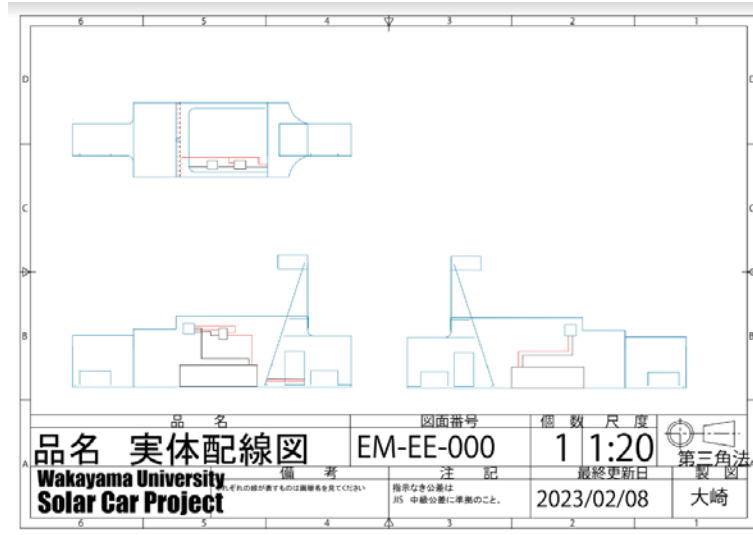


図 1 作成した実体配線図

単なる回路図だけでは考慮しきれなかった部分を改めて改善し、メインラインの機器同士の繋がりをさらに理解しながら、作成を行った。メインライン端子台については実体配線図の作成時に配線経路の確認を行った結果、実装するとより配線経路が複雑になりトラブルシューティングが難しくなる恐れがあったため今回の車体では搭載を諦めた。そして、実体配線図の作成後、機器の模型と配線に見立てたビニールひもを用いた配線経路の改善を行った。実体配線図の作成によって円滑にこの改善を行うことができ、また 2D の実体配線図では考慮しきれなかった配線の重なりなどを視覚化することで問題点がより分かりやすくなり更なる改良につながった。そして、この課題の到達目標であった新車体への実装まで行うことが出来た。

次に、バッテリー直並列数の決定については次のように進めた。まず、バッテリーの直並列数の決定にはレースで使うことの出来る電力の決定が必要となる。それには、ソーラーパネルと MPPT に関する検討が必要であった。続いて、走行速度及び効率を考えるうえでモーター特性の把握が必要であるため、株式会社 MITSUBA 様にモーター特性の試験を依頼した。そして最後に、使用できる電力、BWSC のレギュレーションで定められているバッテリーの積載重量とモーター特性からバッテリー直並列数を決定した。

最初にソーラーパネルについて検討した。まず、車体上に貼られたソーラーパネルの出力電圧はバッテリー電圧よりも低いいため、充電するためにはソーラーパネルの出力電圧を昇圧する必要がある。ソーラーパネルの電圧を昇圧するために MPPT を用いる。ここで MPPT(Maximum Power Point Tracker) とは最大電力点追従装置のことであり、太陽電池が発電する時に出力を最大化できる最適な電流×電圧の値(最大電力点、あるいは最適動作点)を自動で求めることができる制御装置のことである。太陽光の発電は不安定であるため、安定して発電するために MPPT の搭載が必要となる。新車体ではその MPPT を 2 種類使用する。1 つ目が昇圧型 MPPT である。これは電力のロスが比較的大きいが低い電圧からでも大きく昇圧が出来るものである。2 つ目が分散型 MPPT である。これは昇圧の幅が小さいが高効率で昇圧が出来るものである。前者の昇圧型を影が出来やすいと考えられるキャノピー周りのソーラーパネルに使用する。一部のソーラーパネルに影が出来るとその部分での発電が出来ず、それに引張られることで全体の発電量が下がる。よって、昇圧型の MPPT を使うことでその影響を軽減する。

後者の分散型を影の影響を受けずより発電量が見込める車体後方のソーラーパネルに使用する。

ここでバッテリー直並列数の決定を行うにあたって昇圧幅が小さい分散型 MPPT に関して考えた。新車体で使用する分散型 MPPT は柏会様から購入した KW-MPPT で、出力電圧の昇圧範囲は 23V~37V である。また、車体後方のソーラーパネルの総枚数は 156 枚である。バッテリー電圧を仮に 100V とした場合、ソーラーパネルの出力電圧はこれを超えなければいけないので 102V とした。ソーラーパネルを 3 分割すると 1 分割当たり 52 枚となり、合計 102V にするためには 1 分割当たり 34V 出力しなければならない。ソーラーパネル 1 枚当たりの出力電圧は約 0.55V であるから、1 分割 52 枚で 28.6V 出力できる。この場合、MPPT で 28.6V を 34V に MPPT で昇圧するため、昇圧比は 1.19 となり、この昇圧比をできる限り小さくすることでより高効率な発電が可能となる。BWSC のレギュレーションより新車体で使用するリチウムポリマーバッテリーは 20kg まで積載できる。リチウムポリマーバッテリー 1 枚当たりの最大の重さは 78.925g であるため、最大 253 枚載せることが可能である。MPPT の昇圧比及び株式会社 MITSUBA 様に依頼し、いただいたモーター特性から最適な直並列数を導き出した結果、28 直 9 並列に決定した。

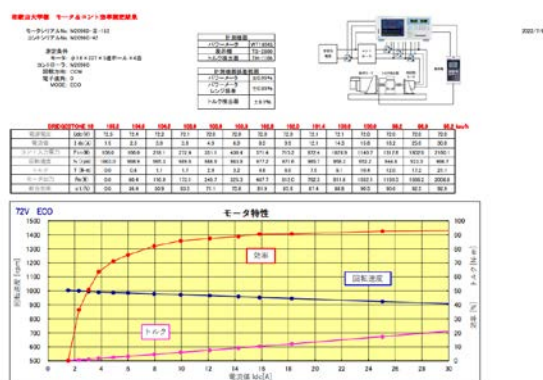


図 2 モーター特性試験の結果

3. 活動の成果や学んだこと

まず、新車体における整備性の向上については実体配線図の作成を行い、目標の 1 つであった新車体への配線の実装を行い、さらに試走を実施した。

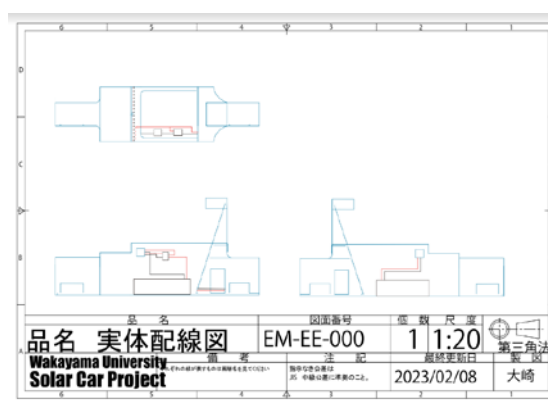


図 3 作成した実体配線図



図 4 新車体への配線の実装

本ミッションは、整備性の向上を目的として以前の車体よりも配線経路の検討に時間をかけることを目標にし、計画を立て実行したが、以前の車体よりも整備性を向上することが出来たかの定量的な判断が出来なかった。これが出来なかった理由として計画の時点で作業計画を決めただけで、その先のことを考慮していなかったためである。次に作業の計画を立てるときはこの計画を達成する事でどのような結果が得られるか、そしてその結果の評価方法を決めておくことが必要であると学んだ。

次に、バッテリー直並列数の決定ではバッテリー直並列数を 28 直 9 並列に決定した。これをもとに 3 月以降バッテリーの組み立てを行っていく。直並列数を決定するまでに MPPT の種類やバッテリーの積載重量のレギュレーションなど多くの考慮する点があった。そして、その作業を通して主にバッテリーやパネルについての知識を得た。

4. 今後の展開

来年度の 10 月に BWSC が行われるため、今後も BWSC に向けた新車体の製作やさまざまな改良を行っていく予定である。バッテリーの納期が遅れたため、来年度リチウムポリマーバッテリーを購入し、今回決定した直並列数に基づいてバッテリーの組み立てを行う。また、カウルの製作までにパネルの配線の準備を終え、カウルの完成と同時にソーラーパネルの取り付けを行う。8 月後半にオーストラリアへ車体を輸送するため、5 月以降は車体を完成させ、試走を重ねデータを取得する。

5. まとめ

本ミッションで計画していた整備性の向上を目指した新車体への配線の実装とバッテリー直並列数の決定を達成し、新車体での試走を行った。これからバッテリーの組み立てやパネルへの配線などを行い、さらに試走を重ねていきたい。そして、試走で得たデータや経験でさらに車体を良いものにしていきたい。