

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
＜2018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：新マシンミッション

ミッションメンバー：システム工学部2回生 入交優 他2名

キーワード：ソーラーカーレース鈴鹿 2018 総合優勝、レース規定の変更、リチウムイオン電池、マシン形状の大幅な変更、流体解析ソフト CFD

1. 背景と目的

本ミッションではソーラーカーレース鈴鹿 2019 オリンピアクラスに出場し入賞を果たすための新たな車体を製作する。この活動の目的は設計や流体解析・部品加工の技術や知識の習得を図ることである。また、実用化に向けて市販車の形状や機構に近い車体を製作するよう定められているオリンピッククラスへ出場可能な車体を製作することで、新たな形状や機構を提案し、ソーラーカーの実用化に貢献する。

2. 活動内容

2018年8月から2019年3月現在までにソーラーカーレース鈴鹿 2019 に向け、カウル及びフレーム、足回り類の設計・製作、テレメトリシステムやデータロガー、バッテリーマネジメントシステムの開発を行った。下記に、新マシンのコンセプトや詳細な活動内容を述べる。

＜新マシンのコンセプト＞

新マシンのコンセプトは、①車体の空気抵抗を極限まで小さくすること、②フレームを軽量化すること、③足回りの剛性を向上することである。これらを達成するために、カウルの形状として図表1のような単胴型を、フレーム形状にはカーボンモノコックフレームを採用し、また足回りの部品の強度解析に

Altair 社の強度解析ソフト HyperWorks を導入した。

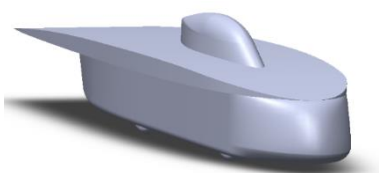
車輪数は、それいけ☆☆みかん号は3輪であったのに対し、

新マシンでは安全性向上のために4輪を採用した。また、バッテリーは今までは鉛蓄電池を使用していたが、これはエネルギー効率が悪く、かつ重量が重いといった問題があったため、効率的なエネルギー利用が可能なリチウムイオン電池を搭載することにした。

＜カウルの設計・製作＞

空気抵抗を極限まで抑えるために、カウルの形状に単胴型を採用する。車体の空気抵抗値は下記の計算式から算出される。

$$\text{空気抵抗[N]} = 1/2 \times \text{空気抵抗係数 Cd} \times \text{空気密度 } \rho \text{ [km/m}^3\text{]} \\ \times \text{前面投影面積 A[m}^2\text{]} \times (\text{速度 V})^2 \text{[m/s]}$$



全長	4500mm
全幅	1300mm
全高	1000mm
トレッド	F: 720mm R: 650mm
ホイールベース	1600mm
車輪数	4輪
ソーラーパネル面積	4 m ²
バッテリー	リチウムイオン電池

空気抵抗係数 C_d と前面投影面積 A が車体形状によって変動する。特に前面投影面積の方が変動の幅が大きく、値の削減が容易だ。したがって、前面投影面積の小さい車体形状を検討したソーラーカーには様々な形状がある。例えば、東海大学ソーラーカープロジェクト(図1)のように前輪後輪が全て車体の中に収まっている形状(単胴型)や、Nuon Solar Team(図2)のように左右のタイヤが別々に収納されている形状(双胴型)などだ。その中で、最も前面投影面積を縮小可能な形状は東海大学が採用している「単胴型」であるため、当プロジェクトもこの形状を採用した。



図1. 東海大学ソーラーカー



図2. Nuon University

現在、Cradle社の流体解析ソフト scFLOW を用いて、カウルの細部の流体解析を行うことで、車体形状の最適化に取り組んでいる。

<フレームの設計・製作>

フレームの形状にはカーボンモノコックフレームを採用した。それいけ☆☆みかん号にはアルミフレームを採用していたが、①高いレベルの溶接技術が必要である、②製作に時間を要する、③重量が重いなどの問題があった。これらの問題を解消するために、新マシンではサンドイッチパネルを用いてカーボンモノコックフレームを製作



図4. カーボンモノコックフレーム



図3. サンドイッチパネル

する。サンドイッチパネルは、ハニカム構造の素材をカーボンで挟んだ材料で、軽量でかつ高い強度を有する(それいけ☆☆みかん号のフレームに使用しているアルミ材は、比強度(引張強度/密度)が222なのに対し、サンドイッチパネルは785と、3.5倍)。また、サンドイッチパネルの加工方法は面を切り出し、それを接着剤で貼り付けるため、溶接技術や長期の製作期間は必要でない。

設計の際には、どのような力がフレームにかかるのかを考慮した。フレームには上側が圧縮、下側が引張の力がかかる。また、4輪車の場合、フレームにねじれる力が発生する。このような力を受け止めつつ、ドライバーなどが入るスペースをつくるためには、四角い箱型の形状が強いと考えられる。例えば、段ボール箱はふたをしめていれば、つぶれにくい。そのため、基本的には箱型形状の組み合わせを採用する。ただし、箱のふたをしめたままでは当然ドライバーは入れないため、上部を切り抜く必要がある。その際、箱の縁に幅を残して、切り抜いたような形状とすることで、強度を極端に落とすことなく、ドライバーのスペースを確保できる。また、ねじりの力に対する剛性を持たせるため、バルクヘッドと呼ばれる、板を中に接着する。これにより、フレームの変形をさらに抑えることが可能になる。そのようなことから、フレームは最終的に図5のような形状とした。

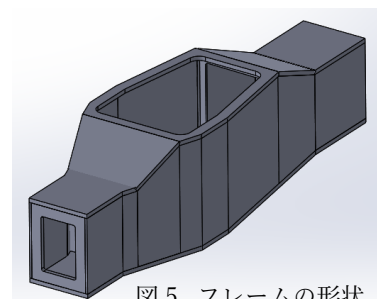
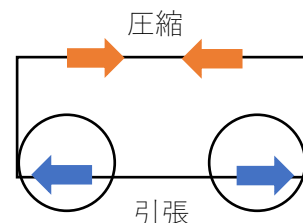


図5. フレームの形状

現在、TIPcomposite株式会社様に割引提供していただいたサンドイッチパネルの切り出しや貼り付けを行い、製作している。

<足回りの設計・製作>

足回りの設計は、トレッドとホイールベース値を設定することから開始した。リアトレッドに関しては、マシンの全幅の50%以上必要という規則があり、今回のマシンの全幅が1300mmであるため、650mmで設定した。リアタイヤが収まるように翼断面形状を描き、その翼断面形状にすべてのタイヤが収まるようにフロントのトレッドとホイールベースを検討した。(図6)

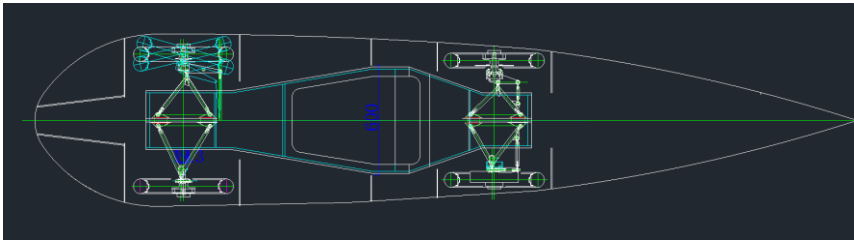


図6:翼断面形状とタイヤ位置の検討

トレッド [mm]	F:720 R:650
ホイールベース [mm]	1600

表2:トレッド・ホイールベース

その結果、決定したホイールベースとトレッドが表2である。

新車体のサスペンション構造はフロント、リアともにダブルウィッシュボーン式を採用した。(図7)この構造は過去の車体でも採用しており、アライメント調整がしやすいメリットがある。また、F1マシンやスポーツカーの多くに採用されているとおり、コーナーでのロール時、タイヤの角度が変化するため、キャンバー変化を抑えることが可能である。そのためこのサスペンション構造はコーナーの多い鈴鹿サーキットの走行に向けた構造であると考えられる。

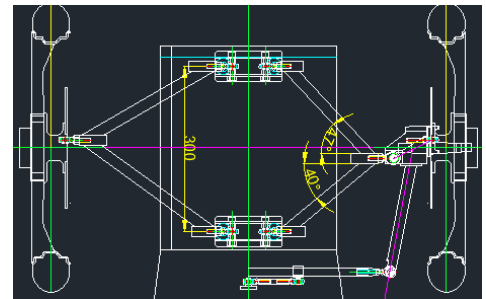


図7:新車体サスペンション図面

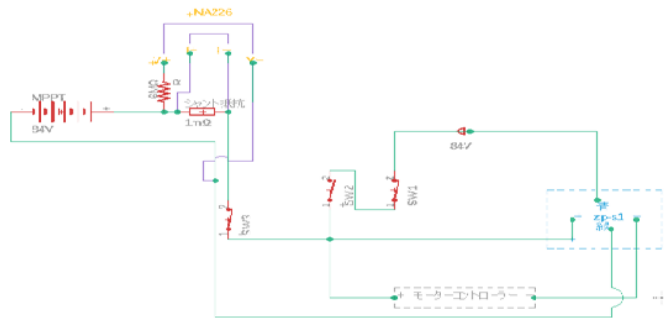
新車体のサスペンションの特徴として、Aアームが車体中央まで伸びていることである。このように設計した理由は、Aアームの長さが長いほど、ストローク時のアライメント変化を抑えられるためである。現在、大学の工作機械を使用して、パーツを製作中である。アップライトと呼ばれるパーツのみ、複雑な形状であることやそのパーツの大きさから、大学の機械を用いての加工は困難であると判断し、旭精機工業株式会社に材料費も含めて無償で加工を依頼した。すでにほぼすべてのパーツの加工は完了している。

<データ自動取得システムの開発>

データ自動取得システムはバッテリーの電流・電圧値やソーラーパネルからの出力値、位置情報などリアルタイムでネットワークを介し共有するシステムである。今までは、マシン走行時のデータを取得するために、ドライバーが1周ごとに無線を用いてデータを口頭伝達していた。この方法では、走行時のドライバーの負担が大きいこと、無線障害が発生しデータを伝達できない場合がある、データをリアルタイムで取得できない、取得できるデータ数が限られるなど様々な問題があった。これらの問題を解消するために、リアルタイムでのデータ取得や効率的なエネルギー管理を実現するデータ自動取得システムを構築する。

データ自動取得システムは、マイコンが各センサ類からデータを取得し、処理、それらを SD カードに保存するデータログシステムと、取得したデータを Wi-Fi を介してインターネット上にアップロードするテレメトリシステムに分かれる。

まず、データログシステムにおける作業内容を述べる。データログシステムでは、Arduino というマイコンを採用する。これは、テレメトリシステムに使用する ESP32 が Arduino の互換機であるためだ。まず、INA226 という電流・電圧のセンサモジュールを使ってバッテリーの電



流・電圧を取得し、SD カードに保存することに成功した。しかし、INA226 の電流測定範囲は-20A~20A、電圧測定範囲は 0V~36V であるためそのまま接続するとこの範囲を超えてしまうため下の回路のように分流・分圧した。次に、GPS 受信キットを利用して GPS を取得できるように。また、ホイールに磁石を取りつけて前輪のアップライトに磁気センサを置き、磁気センサ上を磁石が通るとパルスを出力するモジュールを使用して速度を検出できるようにした。

次に、テレメトリシステムについて述べる。通信は、Wi-Fi が搭載されているマイコン ESP32 で行う。Arduino と ESP32 間でデータ通信を行い、Wi-Fi 経由でサーバーにセンサから取得したデータを送信する。走行しながらであってもデータ通信を可能にするために、接続する Wi-Fi としてスマホのデザリング機能を採用した。サーバーは MathWorks が提供している ThingSpeak というサービスサーバーを使用し、1 秒ごとのデータ通信を実現する。このシステムの構築は今後進めていく。

3. 活動の成果や学んだこと

現在のメンバーは車体を一から製作した経験が全くなく、試行錯誤の繰り返しであった。しかし、図面の書き方、CAD ソフトの使い方などを学び、車体の図面を完成させた。2019 年 3 月現在は製作段階に入っており、フレーム、足回りの部品の多くが完成した。製作したパーツを組み立てることで、走行可能である。

4. 今後の展開

2019 年 4 月にノーリツプレジジョン株式会社様の駐車場をお借りして、カウルは取り付けず、フレームのみで試走予定である。その後、カウルを製作し、2019 年 6 月に鈴鹿サーキットでの試走を経て、2019 年 8 月に行われるソーラーカーレース鈴鹿のオリンピッククラスに新しい車体で出場する。さらに、今回製作している車体をもとに、さらに開発、改良を重ねた車体で、オーストラリアで 2 年に一度開催される世界最大のソーラーカーレース、Bridgestone World Solar Challenge への出場を目指す。

5. まとめ

新しい車体を完成させ、試走を繰り返してデータを収集し、2019 年のソーラーカーレース鈴鹿のオリンピッククラスでの好成績を目指す。さらに、今回の経験を最大限に生かし、さらなる技術向上を図り、Bridgestone World Solar Challenge へ出場する。