

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
<2020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：カウルミッション

ミッションメンバー：システム工学部3年森島滉貴,システム工学部3年西野映見

キーワード：BWSC、流体解析、CFRP、空力、3000 km、ソーラーカーレース鈴鹿

1. 背景と目的

当プロジェクトは、2021年10月に開催される世界最高峰のソーラーカーレースであるBridgestone World Solar Challenge (以下BWSC)に出場し、優勝することを目標としている。BWSCはオーストラリアの公道約3000kmを5日間で走りきる過酷なレースである。求められる技術力の高さ、国外大会への出場に伴う様々なハードル、開発からレース本番を含めた様々な場面でのチームマネジメントなど、出場チームには総合的な能力が非常に高い水準で求められる。しかし、だからこそ出場する価値のある大会であり、挑戦する意義のある大会であると言える。

さて、先にも述べたようにBWSCは約3000kmを5日で走りきるレースである。このため、そのマシン製作において、走行抵抗を最小限に抑えた消費電力量の少ない車体を作ることが求められる。また、マシン走行時の空気抵抗値は以下の式で求められる。

$$F_D = \frac{1}{2} * C_d * \rho * A * V^2$$

空気抵抗[N] = 1/2 × 空気抵抗係数 × 空気密度[km/m³] × 前面投影面積 [m²] × (速度 [m/s])²

すなわち、速度が大きいほど、空気抵抗がその二乗に比例して大きくなり、空気抵抗の影響が無視できなくなってゆく。さらに、BWSC上位チームの平均巡行速度は90km/hを超えており、この速度域では走行抵抗の内の空気抵抗の占める割合が半分以上にもなる。そのため、大会上位入賞を果たすには空気抵抗をいかに小さくするかが重要になる。そこでこのミッションでは、空気抵抗を最大限にまで抑えたカウルの設計・製作を行うことを目的とした。設計を行うにあたり、カウルの3Dモデルを作成し、流体解析を行うことで空力性能の検討をする。さらにその解析の結果をもとに新たなモデルの作成、そのモデルを解析というサイクルを繰り返し行うことで空力性能の向上を図る。また、足回りにおいて、空気抵抗の大幅な削減を図るべく、フロント1輪による3輪の足回りを採用した。そのため、カウル形状においても、横風の影響を受けにくいマシンの流体設計が求められる。そこでこれらを実現することによって、安全かつ消費エネルギーの少ないマシンを製作することが出来るとともに、大会で大きな成果を残すことができるだろう。

2. 活動内容

このように、当プロジェクトはBWSC2021に出場するために準備を進めていた。しかし、新型コロナウイルスが流行し、大学での作業が困難になったことにより、予定通りの進行が困難になった。このことから、当プロジェクトはBWSC2021への出場を断念し、2年後に開催される次回のBWSC、

すなわち、Bridgestone World Solar Challenge 2023 に出場し、優勝することにプロジェクトの目標を転換した。これに伴い、今回のミッションにおいては 2021 年に開催されるソーラーカーレース鈴鹿(以下鈴鹿 2021)のオリンピッククラス、すなわち五時間耐久のレースに出場することを決定した。これにより、設計、製作、レース進行などにおいてメンバーの経験値を上げることを目指す。

〈カウル設計〉

BWSC2021 への参加を断念し、うめ☆号 (2019 年にソーラーカーレース鈴鹿に出場した車体) を改修することで鈴鹿 2021 への出場を目指す。しかし、当プロジェクトの本来の目標は BWSC2023 に出場し、好成績を残すことである。したがって、鈴鹿 2021 に対しては、過度に多い予算を割くこと、すなわち、鈴鹿 2021 用の車体の改修において、高額な部品や外注が必要な高度な技術を多用することは本意ではない。したがって、カウルの再生策においても、その材料は安価なものとなり、形状は単純なものとなる。単純にレースに勝ちたいのであれば、カーボン繊維を用いて三次元平面を用いた空気抵抗を減少させることのできるカウルを製作すべきだ。しかし、カーボン繊維は高価で、しかも 3 次元平面を実現しようとするれば高額なカウルの型を外注する必要がある、本命でないレースのためにこれを使用する価値は低い。このため、カウル製作には比較的安価なスチレンボードを使用し、我々学生の技術だけでも製作できる二次元平面のカウルを製作する。また、学生の手のみを用いて製作することを前提とするため、寸法の誤差が大きくなることが予測される。さらに、時間の削減も加味しつつ、今回の設計においての緻密な数値設定は控える方針を取る。

このカウルを製作するにあたり、プロジェクト内での議論をもとに、今回のカウル製作において必須となる条件を割り出した。次の 4 つである。①レギュレーションの限界までノーズを伸ばす。②ノーズ後部とカウル末端の高さを等しくする。③カウルの後端をすぼめない。④ノーズ先端位置やテール後端位置を低く設定する。これらについて以下で順に説明していく。

①ノーズの延長によって、図 1 の右側面図における横の長さである全長を限界まで伸ばす理由として、ソーラーカーの側面を流れる空気の流れをなだらかにするためである。車体長さが短いと、流れる空気の後方への変位に対して、横方向の変位が大きくなってしまふ。これによって余分な空気抵抗が生じてしまふ。

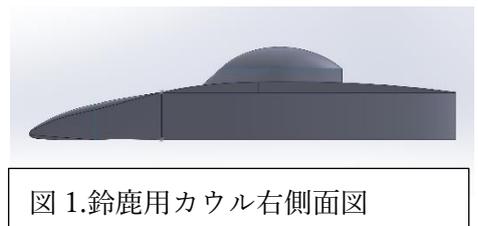


図 1.鈴鹿用カウル右側面図

このため、全長の増加によって空気の横方向の変位を抑制し、車体を流体力学的により空気抵抗の少ないものとするを画策する。なお、これによって型からノーズを取り出すための勾配が大きくなってしまい、ノーズ製作が難化してしまうことが予測される。このようなデメリットも存在するため、製作途中で設計を変更する可能性は残されている。

②カウル末端の高さがノーズ後部より低くなってしまふと、車体を前方から見た際に、その末端の裏側が露出してしまふ。すなわち、前方投影面積が大きくなってしまふ、空気抵抗が増加してしまふ。このため、図 2 の赤色の横線が示すように、

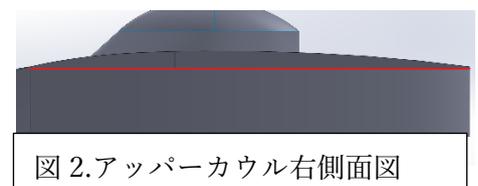


図 2.アッパーカウル右側面図

ノーズ後部とカウル末端の高さを等しくすることで、①と同様、空気抵抗の少ないカウルを設計することを考えた。

③図3のように、カウルの後端をすぼめずに側面を平行に伸ばす理由として、アッパーカウルのソーラーパネルの積載面積を大きくする狙いがある。この設計によって、パネル積載面の側面の空力性能の悪化が予測されるが、その影響はパネル面積の増加による周回可能数の増加よりも影響が小さい物であるとも推測できる。このため、なるべく多くのパネルを積載することのできるアッパーカウルの製作を目指す。

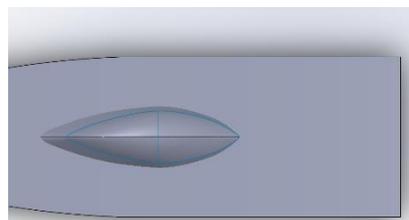


図3.アッパーカウル後端平面

④図4の右側面図のように、ノーズ先端位置やテール後端位置を低く設定することには、ダウンフォースを小さくする狙いがある。ソーラーカーにおいて、ダウンフォースの増加は転がり抵抗の増加を伴うため、可能な限り小さくする必要がある。このため、ノーズ先端位置やテール後端位置を低くすることでダウンフォースを小さくし、同時に空気の流れを緩やかにすることを画策する。

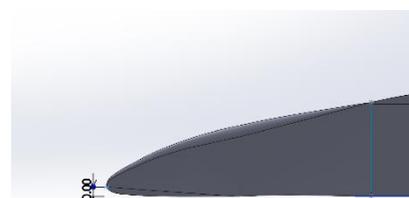


図4.ノーズ形状右側面図

3. 活動の成果や学んだこと

鈴鹿2021に出場するにあたり、幾度にわたる走行を経て破損、または劣化してしまったカウルを再製作するという方針のもと、うめ☆号の新作カウルの設計に取り組み始めた矢先に問題が発生した。カウルの設計をするにあたり、うめ☆号の内部の寸法や動作、例えばステアリングのためのホイールの切れ角を計測し、その機動範囲を確保しつつカウルの幅を検討する必要がある。しかし、新型コロナウイルス感染拡大に伴う課外活動制限により、概形だけの設計をこの期間に行わざるを得なかった。したがって、正確な値を用いての設計は現在も完成していない。また、設計者がカウル設計の未経験者であったがために、その概形も先に述べた特徴をそのまま表現できてはいない。さらには流体解析に関しても経験がないため、流体解析にも通常より長い時間を要することが推定される。これらを考慮すると、カウルの完全な改修は困難であることが結論付けられた。

また、一連の入構禁止のために、新入生にも取り組んでもらえる作業が例年より大幅に減少した。また、自分で行うべき作業があれども、リモートでの作業しか行うことができなくなったために、活動をしているという実感が希薄になってしまった。このように、当プロジェクト内でモチベーションの低下が問題となった。これはカウル製作にも大きく影響している。製作現場での現物をもつての説明や、各地での試走の機会が喪失してしまったために、教育の進展が大幅に遅延し、知識や技術の継承が難しくなっている。これを打開するために、オンラインによる勉強会をプロジェクト内で行うことで、新入生と上回生共々カウルやソーラーカーそのものに関する理解を深めてゆくことを企画している。

4. 今後の展開

鈴鹿 2021 は今年の 8 月に開催される予定である。これに出場し、上位入賞を果たすためにうめ☆号の改修を行ってゆく。まず、製作ができるようになるまでに流体解析を繰り返し、設計の最適化を行う。そして、製作ができるようになり次第、新しいカウルの製作を開始し、空力性能の向上を図る。しかし、カウルは全て作るには時間が不足することが推定される。このため、カウル全体の製作を諦め、一部分に特化した製作を行う必要があると考えられる。

また、当プロジェクトの本命ともいえる BWSC2023 の車体のカウル製作に関しては、出場を断念した BWSC2021 の設計から継続することを予定している。しかし、鈴鹿 2021 への出場を決定してからは、その準備のために、BWSC2023 のカウル製作を設計段階で停止させている。現在は、学外の識者である藪下先生や荒賀教授（近大高専）に BWSC2023 のためのカウル形状について相談させていただいている段階だ。このため、停止している設計を再始動し、なるべく早急に先生方と協働姿勢を整える必要がある。

5. まとめ

BWSC への出場を 2 年延期したことで、卒業や引退に伴うメンバーの入れ替えが発生することとなった。したがって、製作作業ももちろんのこと、プロジェクトの技術力の継承や出場へのモチベーションの維持といった点も、今後は非常に重要な課題となってくる。しかし、今年度はリモート活動への急激な対応などもあり、新入生への教育などは特に不十分になってしまった。残り 2 年で BWSC 出場を再実現するためにも、国内最大のソーラーカーレースである鈴鹿 2021 への出場を通して、メンバーの経験蓄積や技術力の向上を図ることが肝心になる。プロジェクト一丸となって、この高い壁を乗り越えていきたい。