

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
〈2019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：車体ミッション

ミッションメンバー：システム工学部2回生森島滉貴、システム工学部2回生坂本眞悟、システム工学部2回生萬谷響

キーワード：BWSC2021、オーストラリア 3000km 縦断、公道走行、CFD

1. 背景と目的

昨年、当プロジェクトはオーストラリアの公道 3000km をダーウィンからアデレードまで縦断するレースである Bridgestoneworldsolarchallenge2021（以下 BWSC2021 に略）で上位入賞を果たすことを目標とし、そのプロトタイプとなるマシンを製作した。そしてレギュレーションの似ているソーラーカーレース鈴鹿 2018 に出場することでその性能評価を行った。

本ミッションでは、BWSC2021 出場・上位入賞に向け新たなマシンを製作することで車体設計や流体解析・部品加工の技術や知識の習得を図り以下の活動を行った。また、BWSC はソーラーカーが一般車と同じ公道を走行するレースである。新たなマシンを製作し大会に出場することで、ソーラーカーの実用化に貢献する。

2. 活動内容

BWSC はこれまで参加していたソーラーカーレース鈴鹿とは異なり、オーストラリアの公道を 100km/h も超える高速で 8:00 から 17:00 までの 9 時間走行する。加減速の多いサーキットでの走行にくらべ、直線を長時間高速で巡行することから走行抵抗の内の空気抵抗を占める割合が大きくなる。BWSC で上位入賞を果たすためには、その空気抵抗を極限まで小さくすることが最重要課題である。加えて、レースが開催される 10 月のオーストラリアは大変高温であることや、3000 km の長距離走行、強風によるマシン横転の危険性があることなどから、マシンの耐久性確保も必要になってくる。

そこで今回のマシンコンセプトを以下 3 つに設定した。

〈BWSC マシンコンセプト〉

- ① 空気抵抗の削減
- ② 高い耐久性
- ③ 各パーツの軽量化

これらを実現するべく行った活動についてカウル、フレーム、足回りの 3 つに分けて以下に記す。

〈カウル設計〉

ソーラーカーレースでは消費電力を少なくするために、いかにマシンの走行抵抗を小さくするかが重要である。その走行抵抗の中でも空気抵抗が占める割合は大きく、カウルの設計はソーラーカーの性能に大きく関わってくる。空気抵抗は以下の式で表される。

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

空気抵抗を小さくするためには上記の式のうちの前方投影面積及び空気抵抗係数を小さくしなければ

ばならず、これらの値はソーラーカーの形状により変化する。BWSCに参加しているソーラーカーの形状には大きく分けて単胴型(図1)と双胴型(図2)の2つがあり、どちらも前方投影面積を小さくするために採用されている形状である。マシン形状の決定に際し考慮することとして、使用するパネルの種類がある。今回我々が使用するシリコンのソーラーパネルはレギュレーションに定められているパネルの種類の中でも使用面積が最も大きく設定されている。そのため、双胴型のような横に広がった形状よりも単胴型のようにパネルを縦に配置するほうが前方投影面積を小さくすることが容易である。また梅☆号での製作経験もあることなどから、今回製作するマシン形状には単胴型を採用する。

空気抵抗係数に関してはその値を小さくするためには走行時のマシン前後での圧力差をいかに小さくするかが重要である。同じ前方投影面積のマシンでも、境界層の剥離を起こしやすいものは後方に大きな負圧を発生させてしまう。そのためマシンロアーカウル、アッパーカウルの肩部などに境界層剥離を起こしにくい翼断面形状を採用した(図3、図4)。



図1：Team Sonnenwagen Aachen



図2：Agoria Solar Team

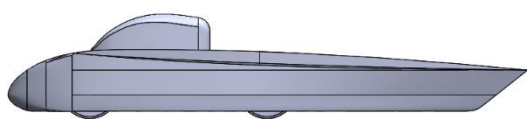


図3：カウル側面

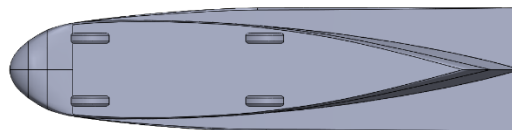


図4：カウル底面

加えてダウンフォースの発生も大きな抵抗となってしまうため、マシン上部とマシン下部の流速による上下圧力差を0に近づけられるノーズ形状の検討を行った。そしてこれらの影響を視覚的、数値的に判断するためにCradle社の流体解析ソフトであるscFLOWを使用し、最終的なカウル形状を決定する。

また、今回カウルの材料にカーボンを使用する。梅☆号に使用していたスチレンボードは製作が容易であることやコストがかからないことがメリットではあったが、単純な2次曲面しか再現することが出来ず、またオーストラリアの高温や強風に耐えることが出来ない。そのため自由曲面を再現でき、高剛性かつ耐熱性の高いカーボンを使用することで空力的、強度的にもより良いカウルを製作する。

〈フレーム設計〉

今回フレームの材料には、アルミフレームなどと比べて軽量かつ製作が容易なこと、短期間で製作可能なこと、また昨年製作した梅☆号での経験等からカーボンサンドイッチパネルを採用した。設計の面では、引っ張り、圧縮、ねじれなどの走行中にかかる様々な負荷を考慮に入れながら、高剛性かつ軽量でコンパクトなフレーム形状を目指した。さらにBWSCでは緊急脱出を15秒以内に行う必要があるため、搭乗者の乗り降りを行いやすくするため、フレーム前方部の傾斜を奥へと伸ば

し(図5)、足元の空間に余裕を持たせることで搭乗者の脱出を行いやすくした。

また一般車と同じ公道を走行するレースであることから、レギュレーションではマシンの安全確保が徹底されている。マシンが正面衝突、側面衝突、転覆をした際にその衝撃から搭乗者を守ることができるかどうかの安全証明をしなければならないため、今回より Altair 社の強度解析ソフトである hyperworks を使用し、フレームの 3D モデルの強度解析することで、上記のような衝撃に耐えうる強度を持つフレーム形状を検討している。

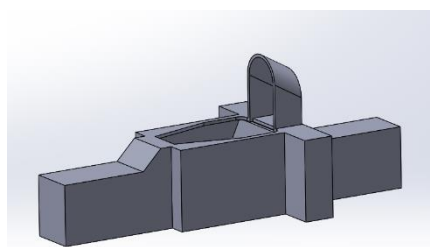


図5：フレーム 3D モデル

〈足回り設計〉

BWSC はオーストラリアのほとんど直線の公道を走行することから、ソーラーカーレース鈴鹿よりもコーナリング性能がそれほど求められない。そのため前方投影面積を縮小するべくトレッドを梅☆号のフロント 750 mm、リア 650 mm よりも小さいフロントリア共に 610 mm に設定した。これとは対照的にホイールベースは強風などの影響を考慮し、直進安定性を確保するべく 1,700 mm と比較的長く設定した。

サスペンション方式はアライメント調整の容易さ、キャンバー変化の少なさ、またその製作経験から梅☆号と同じフロントリア共にダブルウィッシュボーンを採用する。サスペンションジオメトリに関しては直進安定性を確保するべく、キャスター角はフロントとリア共に 5 度、キングピン角はフロント 12.21 度に設定しアップライト形状を決定した。アーム設計はバンプした際の設置点変化を抑えるべく走行時の A アームの動きを CAD 上でシミュレーションすることで最適な寸法を決定した。またオーストラリアを南下するレースであることからソーラーパネルはマシン後方に位置している方がより多く発電する。そのため後方により多くのパネルを配置するために搭乗者の位置をよりマシンの前方する必要がある。そこでアッパーA アームのフレーム側のロッドを短くし、取り付け位置をより搭乗者側に近づけることで、フロントタイヤ位置を後方に下げ、搭乗者が前に出るようにした。またマシン軽量化を図るべく、フレーム同様 Altair 社の hyperworks を使用し、走行時の負荷を踏まえアップライト等の足回り各パーツの最適な肉抜きを検討している。

3. 活動の成果や学んだこと

本ミッションより BWSC 参加に向けた新たなマシンの設計をするにあたり発生した問題点として、大きく①レース方法・環境②レギュレーション③製作方法の3つが挙げられる。

まず①に関して、公道走行によるマシンへの負荷や抵抗、オーストラリアの過酷な走行環境や路面状況など、マシンコンセプトを決定する段階からたくさんの知識、情報が必要だった。また梅☆号製作時での、設計、製作の遅れによる反省から、設計開始から大会出場までのスケジュール管理の徹底も行うべく、様々な有識者の方々や他チームとの意見交換、実際にレース見学に行き現地チームとの交流を行い様々な情報やデータ等を取得したうえで設計を開始した。

②レギュレーションについては公道を走行する BWSC ならではのもので、マシンや搭乗者の安全の確保、灯火類、ホーンなどの安全装備を一般車と同レベルまで徹底しなければならず、安全の証明方法や、一般車と同等の装備をいかにソーラーカーに搭載するかを試行錯誤しながらのマシン設計となった。

③ 製作方法で大きな問題になったことはカーボンカウルの製作である。今回新しくマシンを設計するにあたり、梅☆号での設計、製作経験を多く生かすことができたものの、カーボンカウルの製作に関しては初の試みであり、その知識や技術のみならず製作場所なども大きな問題となった。

これら問題は総じてBWSCという新たな大会に参加することの知識、情報不足によるものである。そのため今回の活動では先にも述べたように他チームや有識者の方々と積極的に交流を行った。また、クリエの先生方やソーラーカー製作を行っている他校の先生をお呼びし、デザインレビューという形で大学側とチームとの情報共有や、有識者のアドバイスをいただくことで自分たちの製作環境に合ったマシン設計を進めることができた。

4. 今後の展開

BWSC2021は来年の10月に開催される。今後のスケジュールは以下のように進めていく。

	春休み			1クォーター			2クォーター			夏休み			3クォーター			4クォーター			春休み			1クォーター			2クォーター			夏休み			3クォーター		
WSCスケジュール							WSC規則発表									ノーリツ試走			白浜試走			秋田試走			BS試走			輸送			WSC2020		
	設計期									製作期									マシン完成			新車発表											
月	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
カウル	CFD解析						型,キャノピー外注			雛型製作製品製作						カウル接着			試走・改良・申請書類・準備 現地入り レース														
	リップ、分割位置設計			リップ設計			開閉設計			開閉、ハッチ製作																							
フレーム	形状決定		モックアップ		板注文			フレーム製作																									
	ジグ設計		展開図設計			ジグ製作																											
	電装パーツ配置		固定具設計			パーツ製作																											
サスペンション	3D設計			ジグ設計			パーツ外注			組み付け																							
ステアリング	3D設計						パーツ製作																										
ブレーキ	足回り側設計		ペダル側設計		パーツ発注																												
CAE解析	フレーム解析		バッテリーボックス解析			強度部品解析																											

これに伴い今後はレース戦略、大会参加メンバー、現地での動きなどの決定を行っていく。また今回、チーム運営においてチーム内の情報共有不足、タスク管理方法、チーム内意識の不統一などの問題が発生した。今後このスケジュールを遅らせることなく無事マシンを完成できるよう、チーム運営の面でも様々な改良を行っていく。

5. まとめ

BWSCはソーラーカーレースの中でも最も規模が大きく、またソーラーカーの実用化に一番近いレースである。この大会に参加することで、今までよりもさらにハイレベルな知識、技術を習得することができ、プロジェクトのレベルも大きく上がるだろう。今回の活動はその足掛かりとなる大変重要なものであったと考える。