

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：新車体設計における足回りおよびフレームの耐久性の向上

ミッションメンバー： システム工学部 2年浅井紀海

教育学部 2年林祐天

システム工学部 3年上田日花里

キーワード：強度 軽量化 安全性 高精度 モックアップ

1. 背景と目的

和歌山大学ソーラーカープロジェクトでは、2023年10月開催予定である Bridgestone World Solar Challenge 2023（以下 BWSC）というソーラーカーレースに出場し、完走をすることを目標としている。そこで、今年度はBWSC完走を果たすことのできる耐久性と安定性を持った車体の製作を目標とした。

2. 活動内容

2-1. 足回り部品の製作

2-1-1. 構想設計

足回り部品の製作にあたり、まず構想設計を行った。BWSCでは様々なレギュレーションが定められており、そのレギュレーションを満たす設計が求められる。また、BWSCのコースには直進が多いため、直進安定性を高める設計を心掛けた。その結果、ホイール間の距離であるトレッドは旧車体よりも短くし、フロントは670mm、リアは650mmと設定し、ホイールベースは旧車体よりも150mm長い1750mmと設定した（表1）。

比較対象[mm]	旧車体	新車体
全長	4500	4950
横幅	1350	1350
全高	1000	1160
トレッド（フロント）	710	670
トレッド（リア）	680	650
ホイールベース	1600	1750

表1：旧車体との比較

次に、タイヤと車体をつなぐ役割を果たすアンプライトでは、ホイールの動きや性能を決めるサスペンションジオメトリの設定を行った。直進安定性やタイヤの摩耗にかかわるトー角とキャンバー角は0度に、一般的に大きいほうが良いとされるキングピン角は7度に、直進安定性やコーナリング性能にかかわるキャスター角は5度に設定した。そして、車体とアンプライトをつなぐ役割を果たすAアームはトレッド変化と呼ばれるタイヤの上下運動によってトレッド幅が変化するものを小さくするために、Aアームを車体内部から延ばすことで長めに設定した。

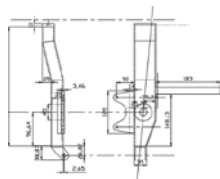
大まかな構想が決まると材の検討に移る。新車体では 3 種類のアルミ金属を用いることになった。表 1 から、溶接が必要な部品には 7N01 を、強度が必要で交換が可能な部品には A2017 を、強い強度が必要でない部品には加工がしやすい A5052 を使用することとした。

材	比重	引張強度	溶接性	耐食性
7N01	2.78	355	○	高い
A2017	2.77	355	×	低い
A5052	2.68	260	×	高い

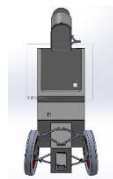
表 2：材の比重、引張強度、性質

2-1-2. 詳細設計と強度解析

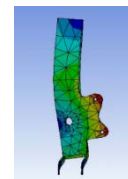
構想設計を終えると、詳細設計に移る。耐久性のほかにクリエの設備で製作することのできる設計を心掛け設計することにした。まず、2D 図面（画像 1）を作成する。2D 図面は大まかな構想を立てることや実際の製作に用いられる。2D 図面を作成すると 3D 図面（画像 2）の作成に移る。3D 図面はほかの部品との干渉を調べる際や強度解析（画像 3）に用いられる。そして 3D 図面を用いて強度解析を行った。強度解析ではそれぞれの足回り部品が想定される荷重に耐えることができるのかを調べる。今回は上下に 2.5G、前後に 2.0G、左右に 2.0G の荷重に耐えることができるのかの確認を行った。強度解析が終わると 2D 図面を改良し、それを 3D 化、強度解析という流れでより良い設計を目指した。



画像 1：2D 図面



画像 2：3D 図面



画像 3：強度解析

2-1-3. 製作

設計を終えると、足回り部品の製作に移った。自分たちの手で製作可能なトーアームやアップライト（画像 4）、A アーム（画像 5）などはクリエの設備である旋盤やフライスなどの工作機械を用いることで製作した。特殊な加工が必要な部品であるアップライトの溶接部や A アームの溶接部に関しては和歌山県の企業である八幡溶接株式会社様、有限会社紀和金属様に、アルミ加工の精度や方法のアドバイスについては有限会社岩橋シートワーク様に依頼することで製作した。



画像 4：アップライト



画像 5：A アーム

2-2. フレームの製作

2-2-1. 設計と強度解析

フレームの製作にあたり、まずは足回り部品と同様に設計図を描くことになる。フレームの設計では、耐久性や軽量化のほかに製作のしやすさという点も重視した。これは、以前使用していた車体では、曲げ加工を用いた斜めの多い構造となり、フレームの中心がずれるなどの不具合が生じたため、新車体の設計では直線部分の多いシンプルな構造にすることで設計通りに製作できるようにした。また、PC上の解析で出した強度を実際のフレームでも再現できるような設計を目指した。

強度解析では、衝突事故を想定した正面衝突、側面衝突では5G、横転事故を想定した上面衝突では下方向に5G、横方向に1.5G、後ろ方向に4Gの力に耐えることができるのかを調べた。これらの値はBWSCのレギュレーションに基づいたものである。これらの力を加えたときに発生する最大相当応力と呼ばれる抵抗力との比較をすることで安全性を確かめる。その結果、上面衝突では最大相当応力は73MPa、側面衝突では最大相当応力は336MPa、上面衝突では最大相当応力は469MPaとなり、カーボンの引張強度である650MPaよりも小さい値となったことで安全性を証明することができた。

2-2-2. 段ボール製モックアップ

設計、強度解析を終えると、段ボール製モックアップ（画像6）の製作に移る。段ボール製モックアップでは、電装機器の位置確認や搭乗者空間に関するレギュレーションの確認を行った。その結果、車が長くなりすぎる点や正面衝突時のリスクが高い点、バッテリーボックスの出し入れが困難な点などからバッテリーボックスの位置を前から横に変えることになった。それに伴い、前方の箱を短くする、搭乗者空間の左右の縁の幅を狭める、バッテリーボックスを2分割にして車体側面に配置するなどの変更を行った。

2-2-3. 木製モックアップ

段ボール製モックアップを用いた確認を終えると、木製モックアップ（画像7）の製作に移る。木製モックアップでは、切り出しや組み立てのシミュレーション、足回り部品の位置確認などを行った。その結果、足回り部品のアップライトやショックに合わせて前後の箱の高さを上げる、振動や防塵対策としてモタコン、ZP、テレメトリなどの電装機器の位置変更を行った。

2-2-4. フレーム

設計、モックアップによる確認を終えると実際のフレーム（画像8）の製作に移った。材は比重や強度の観点からカーボンサンドイッチパネルを使用した。カーボンサンドイッチパネルとはアラミドハニカムをカーボンで挟んだものである。そして、フレームの製作は大きく4段階に分けて行った。①切り出し図面を等倍でプリントアウト②切り出し図面をカーボンサンドイッチパネルに張り合わせる③ジグソーを用いて切り出す④積層することで組み立てる、という工程を踏むことでフレームを製作することができた。フレームの強度を上げるため突

合せと呼ばれるカーボンを底一枚のみ残して剥ぎ、そこを接着面とすることで接着面積を大きくする技術を用いた。



画像6：段ボール製モックアップ



画像7：木製モックアップ



画像8：フレーム

2-3. 試走

足回り部品やフレームの製作が終わると、それらを組み合わせることで車体を組み立てる。車体にバッテリーなどの電装機器を実際に搭載し、ノーリツプレジジョン株式会社様の駐車場をお借りし試走を行った。今回の試走では、手押しでの走行、時速 20km 程度での直進走行、時速 20km 程度の蛇行運転を行った。

3. 活動の成果や学んだこと

まず、旧車体と比較するとアップライトは一つ当たり約 200g、A アームは一つ当たり約 140g の重量を削減することができた。これにより合計 2kg 程度の重量を削減することができた。次に、部門間のコミュニケーションの増加だ。新車体の設計に際して車体班、電装班でこまめに連絡を取り合い、設計することができ、安全な作業に関しては総務班にも手伝ってもらいプロジェクト全体で車体を製作することができた。最後に、技術の向上と継承だ。設計では図面の作成に用いる CAD ソフトの使いかたや設計の手順、コスト、納期の見積もり方などの技術力を向上させ、それらを後輩に継承することができた。製作では、旋盤やフライスなどの工作機械の使い方、カーボン同士を組み合わせる積層のやり方などを継承することができた。

4. 今後の展開

2023 年 6 月をめぐりに車体を覆うカウルの製作、足回り部品の改良を終え車体を完成させる。そして 7、8 月には試走を繰り返し行いデータの収集に努め、その間予備パーツの製作も行う。そして 9 月には車体をオーストラリアに輸送し、10 月に BWSC 本番を迎える予定だ。

5. まとめ

1 年間かけ車体を走らせることのできる状態まで製作することができた。これは、プロジェクトメンバー全員で協力できたからだと考える。そして、2023 年 10 月には BWSC 本番を迎える。BWSC 本番まで車体の改良を続けより良い車体を完成できるようプロジェクトメンバー全員で協力していきたいと考える。