



ANNUAL  
REPORT 2019



## 1. 当プロジェクトの概要

当プロジェクトは、エコエネルギーの太陽光を活用した電気自動車の開発に取り組んでいます。目指す目標は、2021年に豪州で開催される世界最大のソーラーカーレース、「Bridgestone World Solar Challenge」(通称BWSC)に参戦し、完走することです。

この1年間は、その第一歩として、BWSCと車体規則が酷似している「ソーラーカーレース鈴鹿2019」の『FIA オリンピアクラス』にBWSC用に設計した車体のプロトタイプで参戦し、車体性能評価を行うとともに、3位入賞することを目標に、マシンの製作、試走、レースへの参加に取り組んできました。

本報告書では、去年8月からの活動内容やレース結果をご報告いたします。

## 2. ソーラーカーレース鈴鹿とは

ソーラーカーレース鈴鹿は、毎年8月に鈴鹿サーキットにて開催される、国内最大のソーラーカーレースです。ソーラーパネルの出力や、バッテリーの種類によって、4時間耐久レースと5時間耐久レースに分かれます。このレースでは、いかに速く走れるのかではなく、限られたエネルギーを十二分に活用して、いかに長距離を走行するのかを競います。したがって、車体性能の高い車体を製作することは勿論のこと、エネルギーやレースマネジメントスキルやドライビングスキルが試される、非常に難しいレースです。

今年、私たちは5時間耐久レースのFIA オリンピアクラスに初参戦しました。

このFIA オリンピアクラスは、FIA(国際自動車連盟)公認のクラスで、国際規格を満たした車体のみが参加できる国内唯一のクラスです。また、このクラスはソーラーカーの実用化への貢献を目的に設置されたため、安全性に重点がおかれています。このため、出場可能な車体が4輪車に限られたり、ドライバーの安全により配慮した車体を製作する必要があるなど、最も条件が厳しいクラスといえます。



図表 1. ソーラーカーレース鈴鹿

### 3. ソーラーカーレース鈴鹿 2019 結果

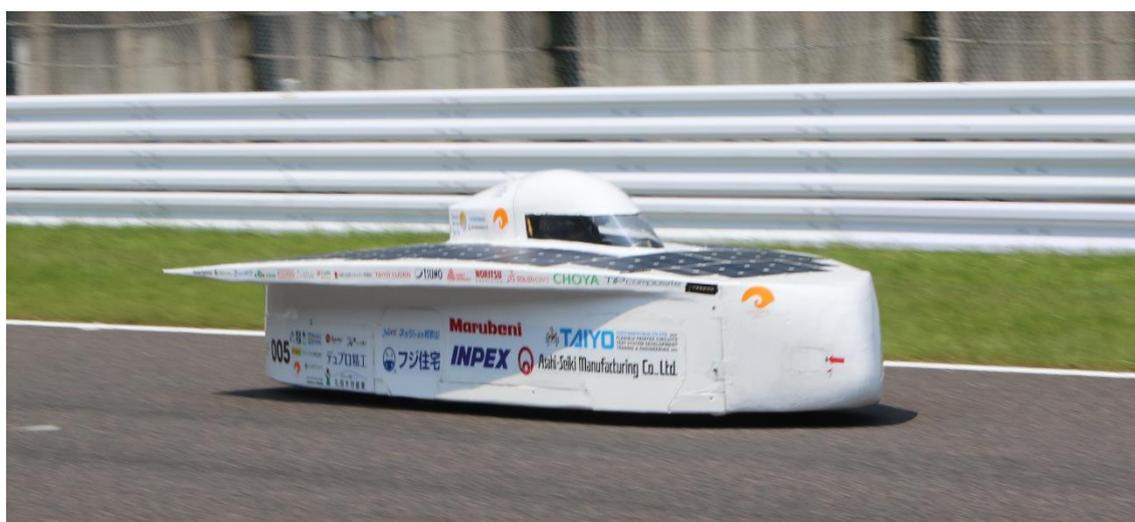
FIA オリンピアクラス 5位 /12チーム

5時間耐久 総合 9位 /22チーム

今回のレースは新車体の初陣で、かつプロジェクトとして5時間耐久レース初出場でしたが、5時間で鈴鹿サーキット国際レーシングコースを58周完走し、クラス5位(学生チームではクラス3位)、総合9位という結果を修めることができました。目標であったクラス入賞には届きませんでしたでしたが、トラブルなく完走、学生チームではクラス3位という結果を残すことができ、次年度につながるレースとなりました。



図表 3. 新車体「うめ☆号」



図表 4. 走行中の様子

順位	クラス	チーム	周回数	区分
1	OLYMPIA	TEAM RED ZONE	70	社会人
2	DREAM	OSU 大阪産業大学	69	大学
3	OLYMPIA	KAIT ソーラーカープロジェクト	63	大学
4	DREAM	静岡ソーラーカークラブ	61	社会人
5	OLYMPIA	芦屋大学ソーラーカープロジェクト	59	大学
6	CHALLENGE	TeamMAXSPEED	58	社会人
7	OLYMPIA	柏会	58	社会人
8	CHALLENGE	紀北 TECH TEAM	58	社会人
9	OLYMPIA	和歌山大学ソーラーカープロジェクト	58	大学
10	DREAM	JTEKT SOLAR CAR TEAM	57	社会人
11	OLYMPIA	大阪工業大学 TEAM REGALIA	56	大学
12	CHALLENGE	堺市立堺高等学校 科学部	56	高校
13	DREAM	NSP・ASTECA RACING	56	社会人
14	OLYMPIA	名古屋工業大学ソーラーカー部	55	大学
15	OLYMPIA	ENEMAX - X	44	社会人
16	OLYMPIA	呉港高等学校 エコテック部	43	高校
17	CHALLENGE	鈴鹿高専エコカープロジェクト	38	高専
18	OLYMPIA	愛知工科大学 ソーラーカー部	25	大学
19	OLYMPIA	THE BLUE STARS	19	社会人
20	CHALLENGE	サレジオ高専ソーラーカープロジェクト	19	高専
21	CHALLENGE	Cabreo	16	社会人
22	OLYMPIA	徳島大学ソーラーカープロジェクト	3	大学

図表 5. ソーラーカーレース鈴鹿 2019 5 時間耐久レース 結果

## 4. レースに向けた新車体開発

### 4.1 新車体コンセプト

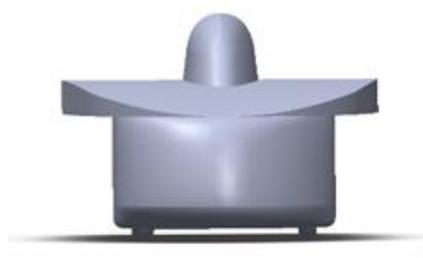
FIA オリンピアクラス表彰台獲得の条件は5時間で62周以上走行することです（右表参照）。5時間で使用可能な電力量はバッテリー：4,620Wh、ソーラーパネル：

	2015	2016	2017	2018
1位	63	70	66	64
2位	63	62	60	59
3位	59	61	60	48

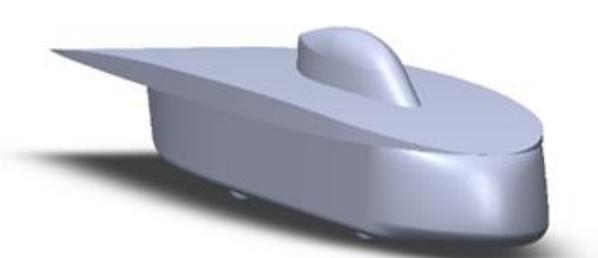
図表 6. 過去入賞チームの成績

1,750Wh、合計で6,370Whです。よって、5時間で鈴鹿サーキットを62周するためには、1周あたり102Wh以下の消費を保ちつつ4分50秒の周回速度で走行する必要があります。消費電力量を低減するには、走行抵抗（①空気抵抗、②転がり抵抗、③加速抵抗、④勾配抵抗）を極限まで削減しなければなりません。空気抵抗は車体形状、その他の抵抗は車体重量に起因します。そこで、走行抵抗を抑えるために、前面投影面積が少なく、コンパクトで車体重量も抑えることができる単胴型形状を採用しました。

また、車体形状以外でもさらなる軽量化を図るために、駆動用蓄電池にはリチウムイオンバッテリー、フレーム材にはカーボンを採用しました。上記の決定により車体性能がどの程度向上するのかシミュレーションを行いました（下記参照）。



前面図



斜視図

図表 7. 新車体 3D モデル

#### 〔新車体と旧車体の比較〕

新車体の性能をシミュレーションするために、去年まで4時間耐久レースのエンジョイ II クラスに出場していた旧車体「それいけ☆☆みかん号」と比較しました。新車体と旧車体の相違点は下記のとおりです。新車体の車体総重量は、予想値を算出しています。また、旧車体の消費電力は、過去のレースのデータから、旧車体が4分50秒で鈴鹿サーキットを1周した時の消費電力を算出しました。

	新車体	旧車体
前面投影面積	0.68 m <sup>2</sup>	0.75 m <sup>2</sup>
バッテリー	Li-ion バッテリー	鉛バッテリー
タイヤ数	4 輪	3 輪
フレーム	カーボン	アルミ
車体総重量	150kg 以下	190kg
消費電力	-	120Wh

図表 8. 新車体と旧車体の比較

この値を使い、走行抵抗を算出しました。走行抵抗の比較が以下の表です。

	新車体	旧車体
空気抵抗	34.26N	37.26N
転がり抵抗	5.15N	6.52N
加速抵抗	42.00N	53.20N
勾配抵抗	114.66N	145.24N
合計	<b>196.07N</b>	<b>242.75N</b>

図表 9. 新車体と旧車体の走行抵抗の比較

これらから、空気抵抗、転がり抵抗、加速抵抗、勾配抵抗の抵抗を合わせると、旧車体と比較したとき、新車体は走行抵抗を 19%程度削減できると予想できます。

〔まとめ〕

新車体では、19%の走行抵抗削減が予想されるため、消費電力量は旧車体よりも 10%以上少なくなると考えられます。旧車体の消費電力量は 120Wh/周であることから、新車体の消費電力は 108Wh/周以下に抑えられ、5 時間で鈴鹿サーキットを 62 周以上走行するという目標は達成されます。したがって、新車体での 3 位入賞の可能性は高いと結論付けました。

## 4.2 新車体の基本設計

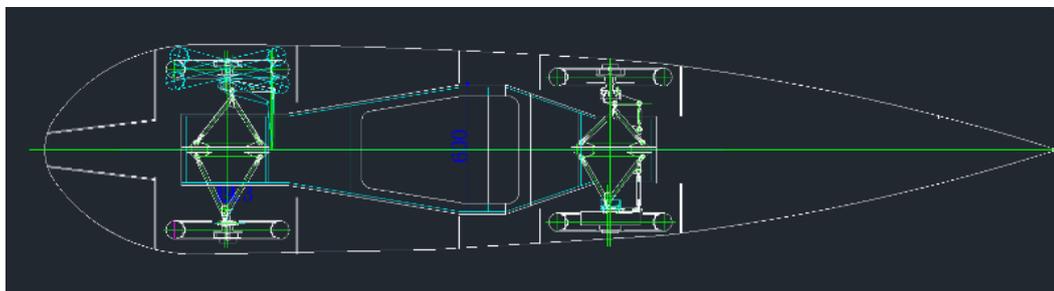
車体寸法はレース規則により制限されるため、規則を満たす最適な車体寸法を検討しました。

新車体はBWSCと鈴鹿のどちらにも参加可能な規格としました。また、ソーラーパネルについては、BWSCの車体規則に適応させるため、FIA オリンピアクラスで認められるパネル面積よりも少ない、4 m<sup>2</sup>分を搭載しました。(FIA オリンピアクラスでは6 m<sup>2</sup>のソーラーパネルの搭載が認められているのに対し、BWSCではソーラーパネルの性能向上を背景に、搭載可能なパネル面積は4 m<sup>2</sup>と定められています。)

これらの条件で、前面投影面積削減のために全幅を極限まで小さくしつつ、ソーラーパネルの貼り付け面を確保するため、全長は最大の4.5 mとし、それに伴い全幅は1.3 mとしました。次に、タイヤの左右幅であるトレッドや、タイヤ前後幅のホイールベースを検討しました。空気抵抗低減のために翼断面形状に4輪を収めつつも、コーナリング性能向上のために最大限トレッド幅を確保すべく、フロントトレッドを720mm、リアトレッドを650mmに設定しました。また、ホイールベースはトレッドとのバランスを考慮し、1600mmとしました。

	鈴鹿	BWSC
全長	4.5m 以下	5m 以下
全幅	1.8m 以下	2.2m 以下
全高	1.6m 以下	1.6m 以下
ソーラーパネル	6 m <sup>2</sup> 以下	4 m <sup>2</sup> 以下
トレッド	全幅の 50%以上	全幅の 50%以上

図表 10. 鈴鹿と BWSC の規則比較

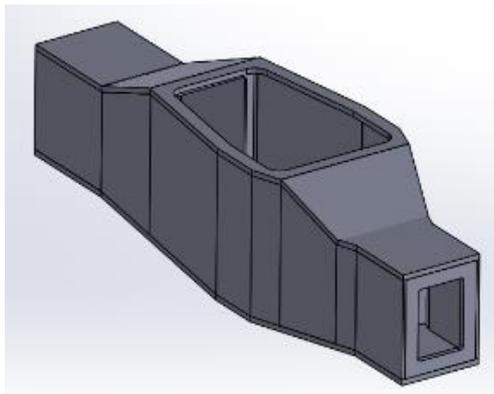


図表 11. 翼断面形状とタイヤ位置の検討

### 4.3 フレームの設計・製作

フレームには軽量化・剛性向上のため、カーボンサンドイッチパネルを採用しました。4輪車は3輪車と違い、フレームに対してねじれの力がかかります。そのため、3輪車の旧車体ではアルミフレームを採用しているのに対し、より高い剛性を実現できるカーボンモノコックフレームを採用しました。剛性を向上することで、コーナーをより安定して走行できるようになり、コーナリング速度の向上、消費電力の削減につながります。

実際にカーボンでフレームを製作する前に、まず木材を使用して1/1のモックアップを製作しました。これはドライバーの乗車姿勢などを確認するためです。木材は丸良木材産業株式会社様に無償でご提供いただきました。モックアップで寸法確認などを行ったのち、実際に製作に入りました。



図表 12. フレームの3D設計図



図表 13. フレームのモックアップ

フレームは2枚のカーボンサンドイッチパネルからパーツを切り出しました。パーツに曲げ加工などを施したのち、接着して組み上げました。

フレームに使用したカーボンサンドイッチパネルは、TIPcomposite株式会社様より、割引価格でご提供いただきました。



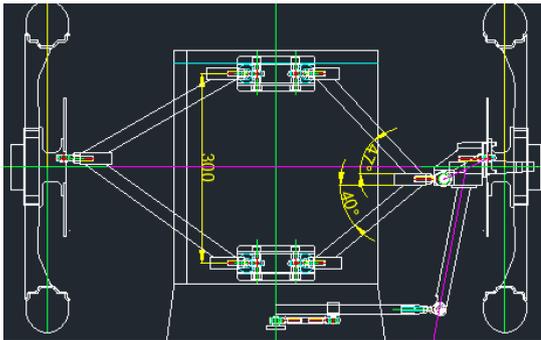
図表 14. 完成したフレーム

#### 4.4 サスペンションの設計・製作

鈴鹿サーキットは多くのコーナーがあり、消費電力を抑えるためには、コーナーの限界速度を高めること、コーナリング中のタイヤの角度変化を最小限に抑えることが求められます。これらを満たすために、サスペンションにダブルウィッシュボーンサスペンションを採用し、Aアームをフレームの中央まで延ばす特徴的な構造としました。このような構造とすることで、コーナリング中のタイヤの角度変化を最小限に抑えることが可能になると同時に、コーナリング時の車体の姿勢変化が理想的な動きとなり、コーナリング安定性も実現できます。

サスペンションパーツにおいては、旭精機工業株式会社様にご協力いただき、アルミ削り出しのパーツを無償で製作していただきました。

また、ショックの硬さを調整するために、特注のスプリングを株式会社富士発条製作所様に割引価格で製作していただきました。これにより、コーナリング性能がさらに向上しました。



図表 15. 足回りの設計図



図表 16. 特注スプリング



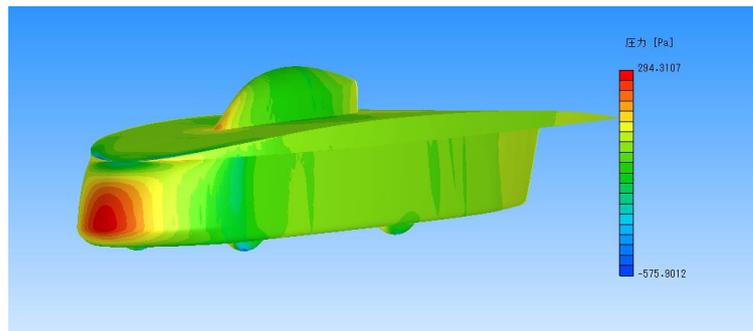
図表 17 完成した足回りパーツ

## 4.5 カウルの設計・製作

低予算かつ短い製作期間で軽いカウルを製作するために、スチレンボードを主材に採用し、骨組みにのみカーボンを使用しました。スチレンボードで製作したカウルは、フルカーボンのものより耐久性は劣りますが、ソーラーカーレース鈴鹿は総走行時間が5時間と短いレースであるため、スチレンボードであっても十分な強度を実現できると考えました。

また、さらに空気抵抗を抑えるため、流体解析を行いました。ソリッドワークス・ジャパン株式会社様からご提供いただいた3DCADソフトSOLIDWORKSを用いて車体の3Dモデルを作成し、株式会社ソフトウェアクレイドル様からご提供いただいた流体解析ソフトscFLOWを用いて流体解析を行いました。解析の結果から、最も空気抵抗の少ない形状を採用しました。

採用した車体形状の特徴はノーズです。一般的なソーラーカーはソーラーパネルの貼り付け面積を確保するため、ノーズ形状が犠牲にされる場合が多くあります。しかし、今回の車体では、ノーズの先端を下に下げることによって、床下に流れ込む空気量を減らし、地面に車体が押し付けられる力の減少を狙いました。これにより、空気抵抗の大幅な削減を試みました。



図表 18. 流体解析の様子

カウルの製作では骨組みに加え、キャノピーとノーズ部分をカーボンで製作しました。スチレンボードでは2次元の面しか再現できませんが、カーボンで製作すると3次元曲面を再現できます。キャノピーとノーズ部分は3次元曲面にすることで、大幅な空気抵抗を削減できるため、カーボンを採用しました。



図表 19. カウルの骨組み



図表 20. 骨組みにスチレンを接着

また、搬出・搬送の容易さを実現するため、ノーズとテールは取り外せるように設計しました。



図表 21. 分割したノーズ部分



図表 22. 分割したテール部分

キャノピーは最初に製作したものの精度が悪かったため、作り替えを行いました。旧キャノピーでは、型自体が変形していたため、表面にも凹凸が出てしまいました。その反省を活かし、型が変形しないように樹脂を用いて型から作り変えることで美しい3次元曲面のカーボン製キャノピーを製作することができました。



図表 23. キャノピー  
左が旧、右が新

#### 4.6 駆動用バッテリー

バッテリーには Panasonic 製 Li-ion 電池の NCR18650GA を 420 本使用しました。

リチウムイオン電池である NCR18650GA を採用した理由について、FIA オリンピアクラスで車体に搭載できるバッテリーは以下の通りです。



図表 24. 18650GA

セルの化学物質	最大重量 [kg]
鉛	125
ニッケル水素	69.4
ニッケル亜鉛	75
ニッケル鉄	100
リチウムイオン	20.8
リチウムポリマー	22.2
リン酸鉄リチウムイオン	40.2

図表 25. FIA オリンピアクラスバッテリー重量制限

その中でも、重量に対する容量が大きいリチウムイオン電池（以下 Li-ion 電池）とリチウムポリマー電池（以下 Li-po 電池）が駆動用バッテリーの候補として挙げられました。Li-po 電池はバッテリーの外装がラミネートであるため、重量に対する容量は金属管で覆われている Li-ion 電池よりも多い一方、ラミネートであるが故に衝撃への耐久性には優れていません。大きな振動やクラッシュの危険性があるソーラーカーに Li-ion 電池が適していると考え、Tesla 社製 EV カーにも搭載実績のある Panasonic 製の Li-ion 電池の中でも容量が大きい NCR18650GA を搭載しました。

次に、バッテリーの組み上げについて、FIA オリンピアクラスは、5 時間耐久レースの中でも最も速度域が高いクラスです。このクラスで入賞を狙うには、モーターのパワーを高める必要があるため、駆動電圧は 100V 以上を予定していました。しかし、今回使用するモーターは、ソーラーカーレース鈴鹿 4 時間耐久レース専用が開発されたもの（6 直列分 72V）であり、既定の電圧である 72V を超過するとモーターの使用効率が低下してしまうため、100V まで上げることはできません。そこで、モーターのパワー向上と使用効率の低下のバランスを考慮し、各バッテリーを 21 直列に接続、定格電圧を 75.6V に設定しました。



図表 26. 組み上げたバッテリー



図表 27. バッテリーボックス

#### 4.7 ソーラーパネル

今回は、シリコン単結晶のソーラーパネルを 3.3 m<sup>2</sup>搭載しました。

FIA オリンピアクラスでは、搭載できるソーラーパネルの面積は 6 m<sup>2</sup>、Bridgestone World Solar Challenge では、4 m<sup>2</sup>と定められています。

FIA オリンピアクラスに参戦する目的は、2021 年に BWSC に出場する車体プロトタイプのパフォーマンス評価であるため、BWSC の車体規則 (4 m<sup>2</sup>) に合わせました。面積を減らすことで、車体形状のコンパクト化・軽量化に繋がり、結果的に走行抵抗・消費電力量が大幅に削減可能です。発電量は 2.7 m<sup>2</sup>分ロスしてしまうものの、消費電力量の少なさから入賞は狙えると考えました。



図表 28. 上から見たソーラーパネル

今回使用したソーラーパネルは旧車体に搭載していたものを転用しました。そのため、BWSC 規格の 4 m<sup>2</sup>よりも少ない 3.3 m<sup>2</sup>のみの搭載となりました。設計当時はソーラーパネルを全面張替え、4 m<sup>2</sup>搭載を予定していましたが、①100 万円以上のコストがかかること、②ソーラーパネルは経年劣化する可能性があること、③BWSC 出場までにさらに発電効率の高いパネルが開発される可能性があること、以上 3 点を踏まえ、ソーラーパネルの新規購入は見送りました。

また、今回は新たな試みとして、各パネルにバイパスダイオード (太陽光発電における不具合を軽減、回避するために発電回路を迂回させる素子) を挟みました。ソーラーパネルには、一部のパネルが日陰に入ってしまうと、そのパネルと直列に接続されているほかのパネルの発電量まで下がってしまうという特性があります。バイパスダイオードを挟むことで、ソーラーパネルの発電ロスの軽減を図りました。

## 4.8 モーター

MITSUBA 製 DC ブラシレスインホイールモーターを旧車体から転用、ソーラーパネル同様、費用削減が理由です。モーターは左リアタイヤに取り付け、左リア一輪駆動としました。わずかに右進む力は働きますが、消費エネルギーやドライビングへの影響はほとんどありません。



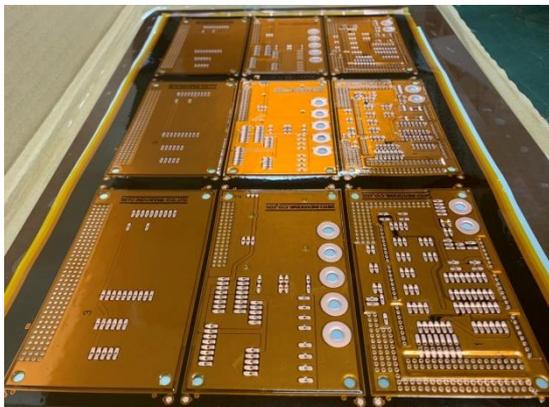
図表 29. MITSUBA 製モーター

## 4.9 テレメトリーシステム

<テレメトリーシステムの開発>

ソーラーカーレースは、ただ速く走れば勝てるわけではありません。電力を効率よく活用し、電力残量ゼロで走りきるために、レース中にソーラー発電量、バッテリーの残量、他チームの状況、天候など様々な情報を分析する、エネルギーマネジメントが必須です。旧車体では、ハンドル上のモニターに表示される電流値、電圧値、消費電力量を1周毎にドライバーが無線で伝え、それをピットで待機しているメンバーが分析していました。この方法では、①聞き漏らしが発生するなど、正確な値を取得できない、②5分毎にしかデータを取得できない、③ドライバーの負担が大きい、といった問題点がありました。

そこで今回のレースでは、自動かつリアルタイムでデータをパソコンへ送信する「テレメトリーシステム」の開発を行いました。これにより、1秒毎にデータを取得できるため、よりの確なエネルギーマネジメントが可能になる他、ドライバーがより車体操作に集中できるようになります。通信モジュールにはスマートフォンの回線として使われる4Gでの通信が可能な「Sakura.io」を採用、データの取得には太洋工業株式会社様に特注で製作いただいたフレキシブル基板とマイコン(Arduino)を接続して用いました。



図表 30. ご提供いただいたフレキシブル基板



図表 31. 太洋工業株式会社皆様との交流の様子

フレキシブル基板には各種センサを接続し、リアルタイムで走行速度、電流値、電圧値、消費電力、バッテリー残量、ソーラーパネルの発電量、現在地など 10 種のデータを同時に取得することに成功しました。



図表 32. 完成したテレメトリシステム

データ受信用ソフトウェアの開発には JavaScript という言語を用いました。これは Web ブラウザ上で実行できる言語で、通信モジュールが送信するデータの形式と親和性が高かったため採用しました。また、現在位置情報取得ソフトウェアは、GPS から取得した現在位置情報を、国土地理院の地図データを利用して作成したレイヤーを重ねて表示することで、開発しました。



図表 33. テレメトリシステムにより取得したデータ

### <テレメトリーシステムの動作確認・改良>

開発したテレメトリーシステムは、まずそのシステムのみで動作確認を行ったのち、白浜空港や鈴鹿サーキットにて、新車体の実装しテストを行いました。5月25日～26日に南紀白浜空港旧滑走路で行った試走では、①正確な電流値を取得できない、②モーターのノイズによるマイコンの動作不良、という2点の問題が判明しました。これらの問題は、白浜試走後に、電流の測定方法を変更することで、解決しました。



図表 34. 現在位置情報の表示の様子

電流の測定方法にはホール素子のセンサを用いたもの、シャント抵抗のセンサを用いたもの、2種類があります。白浜試走を行った際は、電流測定にホール素子のセンサを用いていました。このセンサには、動作中にゼロの基準にずれが生じる（0.1A や 1A をゼロとして認識する）という特性があり、これを抑えることができなかったため、正確な電流値を取得できませんでした。そこで、電流測定方法をシャント抵抗のセンサに変更することで、問題を根本的に解決しました。

次に、モーターのノイズによるマイコンの動作不良についても、シャント抵抗を採用することで解決しました。ノイズは回路が物理的につながっている場合に発生します。シャント抵抗のセンサにはアイソレートという、回路を電氣的に分離する機能が備わっています。これを用いることで、モーター側とマイコン側を電氣的に絶縁でき、ノイズの発生を防止することができました。

6月17日に鈴鹿サーキットで行った試走では、システムの動作開始から50分経過すると、自動的にマイコンの電源が落ちる問題が発覚しました。システムのみでの動作確認をした際は上記のような問題は発生しなかったため、熱が原因ではないかと、試走後にドライバーで熱を与えてテストをしたものの動作不良は起きません。根本的な解決にはなりません、マイコンを再起動させると復帰することが分かったため、車体のハンドル近くにマイコンを再起動させる機構を取り付けることで、問題解決を図りました。

#### 4.10完成した新車体「うめ☆号」

完成した新車体は旧車体「それいけ☆☆みかん号」の名前を受け継ぎつつ、和歌山の特産品である梅をアピールするため、「うめ☆号」と名付けました。カラーリングは、空気抵抗、室内温度、ソーラーパネルの発電などへの影響を考慮し、白一色のカラーリングとなりました。カラーリング材には、エイブリー・デニソン・ジャパン株式会社様より無償でご提供いただいた、カーラッピングフィルムを使用しています。



図表 35.カラーリングを施して完成した車体

## 4. 試験走行

### 4.11学内試走

実施日：2019年4月7日

場所：和歌山大学構内

4月7日に大学構内にて、春休み中に製作した新車体の初走行を実施しました。カウルはまだ完成していなかったため、フレームのみでの走行となりました。初めての走行テストであったため、①問題なく走行できるのか、②最小回転半径はどの程度なのか、③強度上の問題はないのか、④設計上の干渉等はないのか、を確認しました。



図表 36. 初走行時の様子

### 4.12ノーリツ試走

実施日：2019年4月14日

場所：ノーリツプレジジョン株式会社様駐車場

学内試走実施の1週間後に、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、学内では実施できなかったコーナリングの試験などを行いました。

この試走では、左右に車体を振った際、フロントタイヤが浮き上がることが判明、荷重バランスがかなり後ろ寄りであったことが主な原因であったため、バラストやバッテリーといった重量物をフロントに載せることで対策を施しました。

また、タイヤの向きを操舵するパーツのナックルアームが剛性不足ではないかという指摘を受け、剛性を高める改良を施したナックルアームを製作し直しました。



図表 37. ノーリツ試走の様子



図表 38. 走行中の車体の様子

#### 4.13白浜試走

実施日：2019年5月25日～5月26日

場所：南紀白浜空港旧滑走路

南紀白浜空港の旧滑走路をお借りした試走を行いました。広大な滑走路を利用して、60km以上の高速域での走行試験、高速コーナリング試験などを行いました。また、カウルを取り付けた初走行も行いました。

高速度域での走行試験では、新車体で初めて導入した、足で操作するアクセルの開度が小さいことが原因で、100%までアクセルを開けることができないという問題が判明し、従来の手動アクセルに変更して対策を行いました。

高速コーナリング試験では、フロントサスペンションの Springs が硬すぎることを判明したため、より軟らかい Springs を特注し、問題解決を図りました。

カウルを取り付けた走行では干渉などの確認を行い、問題ないことが確認できました。



図表 39. カウルを取り付けた走行



図表 40. 白浜空港での作業の様子

#### 4.14鈴鹿試走会

実施日：2019年6月17日

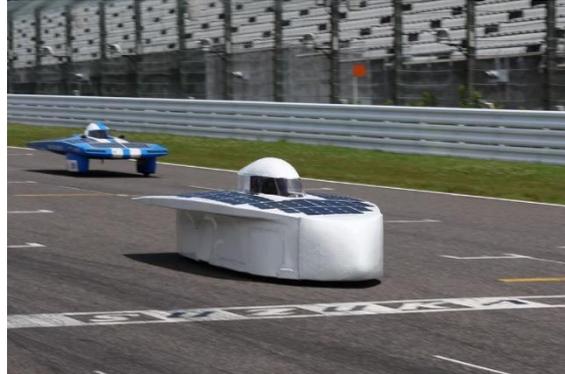
場所：鈴鹿サーキット

鈴鹿サーキットで行われた合同の試走会に参加し、本番と同じペースで周回を重ね、データを収集しました。トラブルなく周回を重ね、予定通りの走行メニューを実施することができました。

消費電力のデータはよい数値を示しており、車体性能の高さを確認することができました。



図表 41. ピットでデータを確認する様子



図表 42. 鈴鹿サーキットを走行中の新車

#### 4.15 レース直前白浜試走

実施日：2019年7月13日～7月14日

場所：南紀白浜空港旧滑走路

レースまで1か月を切り、最終調整を行うために南紀白浜空港旧滑走路をお借りして試験走行を行いました。しかし、初日は電気系統にトラブルがあったため、走行時間は限られてしまいました。2日目にはトラブルは改善され、1日中走行し、レースへ向けた最終調整を行うことができました。

## 5. ドライバートレーニング

レースで好成績を残すためには、ドライバーの腕も非常に重要です。他チームがプロドライバーを起用している中、当プロジェクトでは、学生がドライバーも担当しています。経験豊富なドライバーが乗る社会人チームに引けを取らない結果を残すため、学生ドライバーの育成が大きな課題でした。

そこで、今年から和歌山市内でドライビングシミュレータの開発を行う、河西モータース様にご協力いただき、シミュレータによるトレーニングを行いました。河西モータース様のシミュレータはプロドライバーのトレーニング用に開発されたもので、全国のプロドライバーが和歌山までトレーニングに来ています。

そのシミュレータを特別にお貸しいたいただき、鈴鹿サーキットの走行練習を繰り返し行いました。ドライビングについて様々なアドバイスをいただいたことで、学生ドライバーの技術向上につながりました。



図表 43. シミュレータの様子

## 6. 新車体製作スケジュール

当初は3月までに車体が完成する予定でしたが、スケジュールは2か月ほどずれ込みました。その原因は、経験・知識不足による設計製作の遅れです。まず、設計段階で有識者の方に図面を確認していただく中で、設計変更が重なったため、1か月程度の遅れが発生しました。さらに製作段階では、大幅なスケジュールの遅れが生じ、フレームが完成したのは当初の予定の5か月先でした。この原因は、一から車体を製作した経験がなかったため、製作方法を有識者の方に確認しながら進めたこと、フレームの1/1のモックアップに木材で製作したことが挙げられます。

このような遅れに伴い、カウルの製作や、配線、ソーラーパネルの貼り付けなど影響が及び、カウルは当初5カ月の製作期間を設けていましたが、実際は1カ月で製作しました。結果、3月末の予定であった車体の完成は6月にまでずれ込むことになりました。そこで、予定よりも試走の機会を増やし、短期間での車体のブラッシュアップを図りました。

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
カウル	設計 流体解析		ロア製作		アッパー製作		キャノ ピ製作					カラー リング	2019 レース
フレーム	フレーム 設計		フレーム 製作					白浜 試走			鈴鹿 試走		
足回り	足回り設計				足回 り製 作	ステア 機構 製作	組付け	最終 調整					
電装	電池 準備	試走	BMS、テレメトリー製作				パネル 貼付						

図表 44. 当初の製作スケジュール

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	
車体	カウル	構想	設計・流体解析								カウル製作	カラーリング	改良	最終調整
	フレーム		設計	モックアップ 製作	パーツ 切り出し	組み立て								
	足回り		設計	パーツ製作		組み付け					改良	白浜 試走		
電装	バッテリー	BMS開発			バッテリー 組み立て	バッテリー ボックス製作				開発	開発	BMS 取り付け	改良	
	テレメトリー	システム開発									開発	改良		
	ソーラーパネル	貼り付け 検討									パネル 貼り付け	配線		
総務	資金調達	書類作成	企業訪問										企業ロゴ 貼り付け	ソーラー カー レース 鈴鹿 2019
	広報	イベント出展												
	運営						試走申請書類作成・準備			レース書類作成・準備				

図表 45. 実際の製作スケジュール

## 6. ソーラーカーレース鈴鹿 2019

### 6.1 車検

車検とはレースに出場する車体が規定に則っていることを確認するための検査のことです。車検を通過できなければ、レースへの出場は認められません。

レース前日に行われた車検では、下記の2点について指摘を受けました。指摘された点に対してすぐに対策を講じ、再車検にて無事に車検を通過しました。

#### ・牽引フック

ソーラーカーレースでは、トラブルにより車が動けなくなった場合に牽引して移動させるため、牽引フックを前後に取り付ける必要があります。ただ、牽引フックはカウルの外に露出させてしまうと、空気抵抗増大の原因となります。そのため、新車体では牽引フックを車体に格納できるように取り付けていました。

規則には牽引フックの格納について詳しい規定がなかったため、分割可能なノーズを取り外すことで牽引フックを使用可能としていました。しかし、ノーズの分割にはクイックリリースの金具を開放する必要があり、工具なしに容易に開放できません。

車検では工具なしに容易に開くことができるハッチを取り付ける必要がある、という指導を車検員から受けたため、牽引フックを延長し、ノーズの一部にハッチを設けて対応しました。このハッチを設けたことで、多少の空気抵抗悪化につながります。

このような指導を受ける可能性は想定していたため、事前に牽引フックの延長パーツは製作しており、そのパーツを取り付けるだけで早急に対応することができました。



図表 46. 延長した牽引フック  
シルバーのパーツが延長部



図表 47. 牽引フックハッチ  
赤の矢印の先端がハッチ

- ・フロントバッテリー保護構造

車体の重量バランスを考慮し、バッテリーは 3 分割して車体へ搭載していました。そのうち、フロントに搭載していたバッテリーボックスの前にはフレームなどの保護構造物がありませんでした。そのため万が一衝突した際、バッテリーに直接衝撃が加わる危険があるという指摘を受けました。

そこで、新たにフロントバッテリーボックスの前にアルミで製作した隔壁をボルトで取り付けて対応しました。

## 6.2 予選

車検の対応に想定外の時間をとられたことで、予定が遅れ、予選開始 30 分後に出走しました。新人ドライバーの森島が走行し、5'11 のタイムを記録しました。しかし、モーターのモード切り替えができないというトラブルが発生したため、3 周でマシンをピットへ戻すことになりました。

トラブルの原因は電気系統の接触不良であることが判明し、すぐに改善、コースへと戻そうと試みました。しかし、モーターの動作不良が発生、トラブルシューティングを行うも、原因はすぐにわからず、再出走できないまま、予選は終了しました。

結果、予選では 3 周しか走れず、記録したタイムは 5'11 のみで決勝のスタートは 14 番手からとなりました。



図表 48. 予選中ピットへ戻ってきたマシン

## 6.3 決勝前夜

### 7.3.1 トラブル箇所修復

予選で発生したモーターのトラブルの原因は断線などの可能性が高いと判断し、断線している可能性が高い個所を繋ぎ直すなどの対策を施した結果、モーターの動作不良は解消しました。

### 7.3.2 レース戦略

予選のトラブルの影響で、消費電力量やソーラー発電量データが十分に取得できなかったため、予め決勝でのレース戦略を決定することができませんでした。

また、鈴鹿試走会の時のデータと比べ、1周あたりの消費電力が多くなっていることが予選の走行データから判明しました。その原因として考えられるのはタイヤです。

鈴鹿試走会ではダンロップ製のタイヤを使用しましたが、今年のレースから株式会社ブリヂストン様より BWSC 専用タイヤを供給していただけることになりました。そのため、予選では BWSC に向けたデータ取得を目的に、予選で初めてブリヂストン製のタイヤを使用しました。

実際に走行してみると、ブリヂストン製は、転がり抵抗がダンロップ製と比較して大きく、消費エネルギーの増大につながっていたようです。

	ブリヂストン	ダンロップ
転がり抵抗	△	○
耐パンク性	○ 交換必要なし	△ 交換必要あり

図表 49. ブリヂストンとダンロップの性能比較

## 6.4 決勝レース

### 6.4.1 レーススタート直前

レーススタート 30 分前、モーターの動作確認を行うと、モーターがうまく動作しませんでした。原因究明に努め、レース開始 10 分前、根本的な問題を見つけ修正しました。原因はカプラーの接触不良でした。カプラーを取り外し、半田付けで線を繋ぎ、断線しないように修正し何とかスタートに間に合わせることができました。昨日の予選での動作不良も、これが原因であったと考えられます。

スタート 5 分前、マシンをスターティンググリッドに並べることができました。予選の順位である、14 番グリッドからのスタートです。



図表 50. グリッドへ向かう様子



図表 51. スタート準備完了

#### 6.4.2 レース序盤

レース序盤のドライバーは昨年、旧車体でのドライバーを務め、かつ新車体の全設計を担当した入交が務めます。無事にスタートし、ペースは4分50秒程度で走行しました。一気に順位を上げて、2周で総合6番手、クラス4番手の位置まで浮上しました。クラス3位の芦屋大学を追います。

ただ、マシン内のディスプレイに速度が表示されないという問題が発生しました。走行に大きな支障はなかったため、そのまま走行を続行しました。

1回目のピットストップが近づいた1時間15分経過後、ハンドルのがたつきが生じたため、予定より少し早めのピットインをすることになりました。ドライバーが走行時に確認したところ、ハンドルのがたつきの原因は固定していたボルトのゆるみでした。



図表 52. スタート直後の走行中のマシン

#### 6.4.3 1回目ピットストップ

ドライバーを入交から新人ドライバーの森島に交代。ハンドルのボルトも増し締めし、がたつきはなくなりました。また、スピードが表示されない問題も、スピード感知のための磁石が外れていたことが判明、新たに磁石を取り付けることで解決しました。ピットストップタイムは5分、予定より3分程度タイムロスとなり、芦屋大学から離されてしまいます。

ここで、コース上で大きなクラッシュがありました。FIA オリンピアクラス2位を走行していた The Blue Stars がデグナーカーブでスピン、そこに和歌山大学 OB チームの Cabreo が避けきれず突っ込みました。これにより、両チームのマシンは大破して走行不能に。コース上には追い越し禁止を示すイエローフラッグが掲示されました。しかし、このイエローフラッグを見落とし、ペースの遅い車を追い抜かしてしまったため、30秒のピットストップペナルティを受けてしまいました。これにより、さらに芦屋大学との差は広がってしまいます。

#### 6.4.4 2回目ピットストップ

2時間40分経過後、2回目のピットストップを予定通り行いました。森島から再び入交にドライバー交代を行い、素早くピットアウト、ピットストップタイムは1分30秒とスムーズに交代することができました。

完走に向けて順調に走行を続けます。この時点でまだクラス4位。芦屋大学に追いつくほどのペースでの走行は難しいですが、レース終盤はパンクなどのトラブルが起りやすいため、最後まであきらめず周回を重ねました。



図表 53. 順調に周回を重ねるマシンの様子

#### 6.4.5 レース終盤

レース終盤、バッテリー残量が少なくなり、このままのペースでは完走できない可能性が出てきたため、ペースを落とし走行しました。このペースダウンにより柏会に抜かれ、クラス5位に落ちてしまいます。さらに、後ろからは去年のオリンピッククラス優勝チーム名古屋工業大学も迫ってきました。

#### 6.4.6 ゴール

最終周回、後ろに迫っていた名古屋工業大学はバッテリー切れによりストップしてしまいます。そしてクラス5位でゴール。5時間で58周を走り切りました。

クラス3位の芦屋大学は59周、4位の柏会は58週の同一周回と表彰台まであともう一歩といったところでした。しかし、昨年優勝チームの名古屋工業大学を下し、強豪チームの芦屋大学に肉薄した走りができたことは、来年につながる良い収穫となりました。



図表 54. 完走し無事ピットへ戻ってきたマシン

#### 6.4.7 データ分析

レース後、レースで取得したデータの分析を行いました。その結果、ソーラーパネルからの発電が少ない、もしくは入っていない状態であったことが判明しました。レース開始後1時間半程度は発電が全くバッテリーに充電されていません。充電され始めてからも想定よりも明らかに少ない発電量でした。これによる電力の損失がなかった場合、少なくとも3周は多く周回し、周回数は61周、総合4位、クラス3位を実現できていました。

序盤の発電した電気が全く充電されていない問題と、発電量が少ない問題のそれぞれに別々の原因があります。

序盤の問題は、ソーラーパネルが発電した電力を最大出力でバッテリーに充電する装置、MPPTの調整ミスが原因です。昇圧の値がバッテリーの電圧より低く、バッテリーの電圧が下がるまで、ソーラーパネルから充電できなかった可能性が高いです。ただ、この根本的な原因が単純な調整ミスなのか、新車体で初めて導入したリチウムイオン電池や他の新しいシステムの影響なのかははっきりしておらず、今後原因究明を行う予定です。

また、充電が入りだしてから発電量が少ない問題について、原因は明らかなソーラーパネルの配線ミスでした。ソーラーパネルは複数のモジュールが直列につながれているため、1つのモジュールの発電量が下がり、電圧が下がってしまうと、他の発電もそこに影響を受けてしまいます。それを避けるため、バイパスダイオード（太陽光発電における不具合を軽減、回避するために発電回路を迂回させる素子）を並列に接続する予定でした。しかし、実際に配線する際、バイパスダイオードの接続場所やパネルの接続を誤るなどのミスにより、発電量が大幅に下がってしまいました。この根本的な原因は、レース前に作業が集中してしまうなどのタイムマネジメント不足によるメンバーの集中力低下とともに、十分な確認ができなかったことにあると考えています。

#### 6.4.8 レースまとめ

このように、今回は電気システムのトラブルやソーラーパネルの発電不足により、車体性能を十分に発揮して走行することができませんでした。明らかな発電不良で、3位入賞に届かなかったため、非常に悔しい結果です。しかし、この1年間で車体を一から製作するノウハウや高い知識・技術力を取得できたこと、レースで車体性能の高さを実感できたことは、BWSC 出場へ向けた大きな一歩となりました。

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
重量	120kg(バッテリー20.8kg 含む)
ソーラーパネル	野村商会 3.3 m <sup>2</sup>
MPPT	浪越エレクトロニクス
バッテリー	Panasonic18650GA 420 本
モーター	MITSUBA M2096III
タイヤ	Bridgestone ECOPIA with ologic 95/80R16×4
ホイール	野村商会 アルミホイール 16inch
フレーム	カーボンモノコックフレーム
カウル	スチレンボード/カーボン
最高速度	100km/h

図表 55.うめ☆号 諸元

## 7. 会計報告

### 8.1 収入報告

活動費用には、大学からの補助金、企業様からのご協賛金、寄付金を充てさせていただきました。また、様々な企業様より計 171 万円分の車体パーツを無償・割引提供していただきました。

項目	金額
大学からの補助金	958,000
企業様からのご協賛金	3,150,000
個人様からのご寄付金	600,000
計	4,708,000

図表 56. 収入内訳表

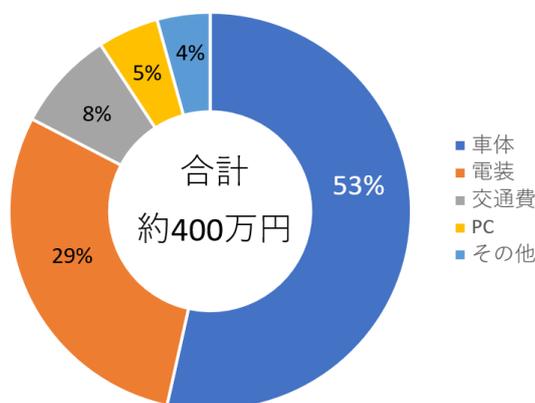
### 8.2 支出報告

大きく区分分けした会計の内訳を示します（費用は企業様から無償・割引提供いただいた物品額を除外し算出）。車体はフレームやカウルなどの材料の購入費、電装はバッテリーや配線などの購入費です。交通費は試走やレースへ行くためのトラックレンタル代やメンバーの移動費を表しています。今年は、3D 設計や流体解析を行うにあたり、性能の良いパソコンが必要となったため、パソコンも 2 台新規に購入しました。

FIA オリンピアクラスに出場している車体は製作費だけで最低でも 500 万円程度が一般的ですが、旧車体からのモーターやソーラーパネルの転用、スチレンボードを主材とすることによるカウルの製作費削減、また様々な企業様より計 171 万円分の物品を無償・割引提供いただいたことで、車体製作費は 300 万円程度に抑えることができました。また、交通費についてはネットヨタ和歌山株式会社様から遠征時に試乗車を無償でご提供いただいたり、トラックレンタル代の割引提供していただいたおかげで、費用を抑えることができました。

品目	費用[円]
車体	2,158,518
電装	1,180,036
交通費	329,010
PC	198,587
その他	172,060
合計	4,038,211

図表 57. 会計内訳表



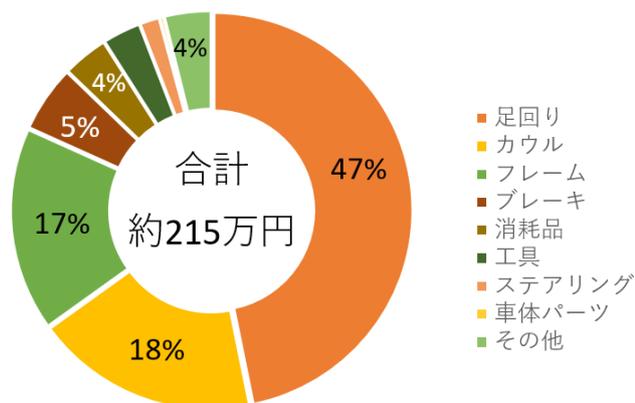
図表 58. 会計内訳グラフ

## 8.2 車体会計

車体の会計の内訳を示します。足回りパーツはホイールやハブといった金属パーツの購入費が大部分を占めています。カウルはフルカーボンで作れば300万円程度かかるところを、スチレンボードを使用したことにより40万円程度に抑えることができました。フレームはカーボンサンドイッチパネルの購入費が大部分を占めています。

品目	費用
足回り	1,011,037
カウル	393,233
フレーム	360,717
ブレーキ	118,409
消耗品	81,113
工具	68,202
ステアリング	35,500
車体パーツ	7,521
その他	82,786
計	2,158,518

図表 59. 車体会計内訳表



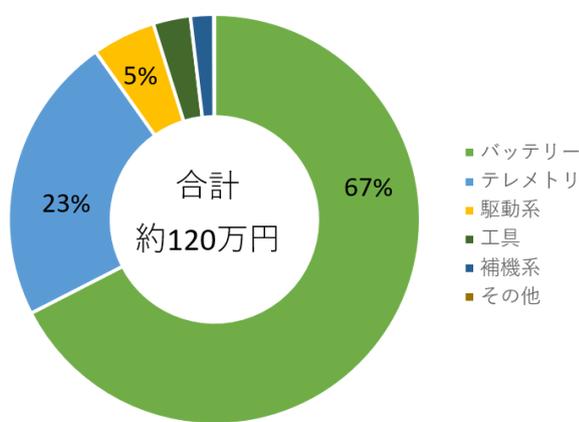
図表 60. 車体会計内訳グラフ

## 8.3 電装会計

電装の会計の内訳を示します。テレメトリシステムの開発バッテリーはリチウムイオン電池を新規購入したため、バッテリーの費用が大部分を占めています。

品目	費用[円]
バッテリー	795,867
テレメトリ	268,883
駆動系	58,721
工具	34,544
補機系	21,541
その他	480
合計	1,180,036

図表 61. 電装会計内訳表



図表 62. 電装会計内訳グラフ

## 8. 今後の予定

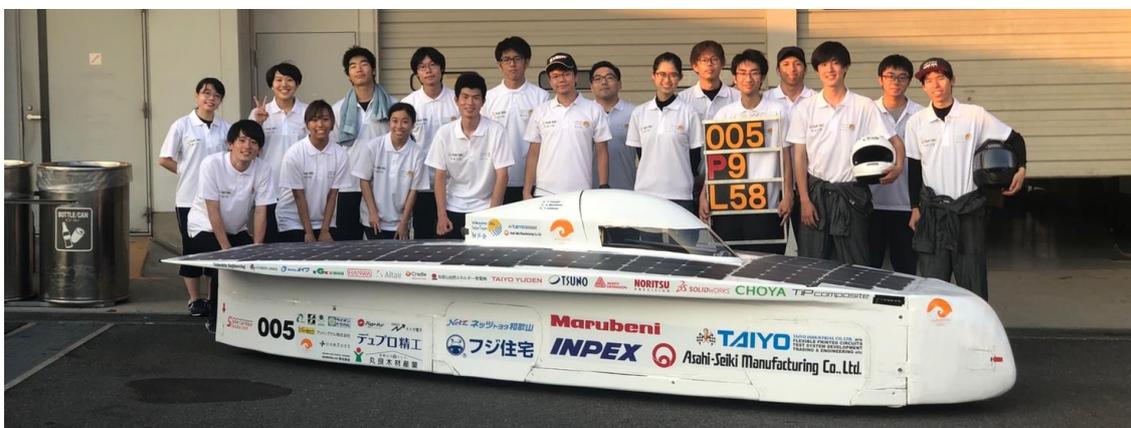
今後は今年のソーラーカーレース鈴鹿 2019 から得られた反省や改善点をもとに、BWSC に向けた新車体の開発を進めてまいります。

## 9. 最後に

新車体の設計、製作にあたり、藪下能男先生、自主創造科学工房 Cabreo の皆様をはじめとする学内外の関係者の方々からご指導・ご協力いただきました。また、本プロジェクト実施およびレース参戦にあたり、下記の企業様より多大なご支援をいただきました。心より感謝申し上げます(50 音順、敬称略)。

アカシアールディ株式会社、旭精機工業株式会社、アースレンタカー  
アットシグナル株式会社、アドネット株式会社、アルテアエンジニアリング株式会社  
エイブリィ・デニソン・ジャパン株式会社、株式会社 OKB  
株式会社キノクニエンタープライズ、株式会社サイバーリンクス  
株式会社ソフトウェアクレイドル、株式会社メイワ、紀州技研工業株式会社  
国際石油開発帝石株式会社、積水化成品工業株式会社、ソリッドワークス・ジャパン株式会社  
太洋工業株式会社、TIP composite 株式会社、チョーヤ梅酒株式会社、築野食品工業株式会社  
デュプロ精工株式会社、ネッツトヨタ和歌山株式会社、ノーリツプレジジョン株式会社  
野村商会、阪和電子工業株式会社、フジ住宅株式会社、富士発条株式会社、丸紅株式会社  
丸良木材産業株式会社、ライオンケミカル株式会社、和歌山自然エネルギー発電株式会社、  
和歌山太陽誘電株式会社、Yabushita Engineering、有限会社オメガ電子

私たちは 2021 年に豪州で開催されるソーラーカーレース世界大会 BWSC2021 への出場・完走を目指し、活動しています。BWSC2021 に向けて、さらに高性能な新車体を開発する計画です。さらなる高みを目指し、邁進してまいりますので今後ともご支援賜りますようお願い申し上げます。





WAKAYAMA UNIVERSITY SOLAR CAR PROJECT

〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 930 協働教育センター

wakayama.univ.solar.car@gmail.com

FOLLOW  
US  
@wadaisolar

