

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

(1) ミッション名：カウルによる空力性能とパネル発電効率のトレードオフの最適点の算出

ミッションメンバー：システム工学部 2年平岡郁人、システム工学部 3年溝口智規、システム工学部 3年田所遥斗

キーワード：カウル天板形状、空力性能、トレードオフ、空気抵抗、発電効率

1. 背景と目的

当プロジェクトは、ソーラーカー製作を通じてものづくり経験や知識、技術の習得と向上を図るプロジェクトである。2023年にオーストラリアにて開催されるBWSC(Bridgestone World Solar Challenge 2023)で完走することを目標とし、それに向けた新しいマシンを行う。ソーラーカーレースは大会ごとに特性が大きく異なるため、新マシンは出場レースの特性に合わせて製作される必要がある。その製作の中でも特に、ソーラーパネルの配置とカウル天板形状の兼ね合いは「レース中の総発電量(エネルギー量)」と、「マシンカウルの空力性能(消費エネルギー量)」のトレードオフを決定づけるマシンパーツであるのだが、この2つはトレードオフでありレースごとに最適解が大きく異なる。そこで、このトレードオフの最適解を求めることが新マシン製作の鍵を握ると考えた。

したがって当PJでは昨年度、「最も標準化したレース条件下での、カウル天板形状によって決まる空力性能とパネル発電効率のトレードオフの最適点の算出方法を求める」ことを、数年がかりで行うことを決定した。しかし、昨年度に標準化したレース条件下について考えたところ、地域、特に海外などのレースにおいて条件が大きく異なっており、それに合わせた空力性能とパネル発電効率のトレードオフの最適点が大幅に変わると予想されたため、レース条件下の基準をBWSCの開催地であるオーストラリアにすることにした。

さらに、トレードオフの最適点の算出方法を求める方法として次の8段階を想定した。①面積ごとのパネル発電効率の計算式の算出。②パネルへの太陽光の入射角度による発電効率の変化率の算出。③ソーラーカーによく見られるカウル天板形状を数パターン用意し3D図面におこす。④パターンごとにカウル天板を単位面積でマスに区切り、マスごとの傾斜度を算出する。⑤マスごとの空力性能を解析する。⑥マスごとのパネル発電効率を①②を用いて算出する。⑦マスごとの空気抵抗による電力消費量と発電量の差を求める。⑧すべてのマスの⑦を合計し、そのカウル形状パターンでの空力性能とパネル発電効率のバランスを評価する。昨年度は②までの段階を課題内容とし達成した。今年度のミッションでは昨年度の続きとなる③から⑧までを行ったうえで、2023年に開催されるBWSCに向けてカウルを製作し、その性能を試走にて評価するまでを課題内容とする。

2. 活動内容

トレードオフの最適点の算出方法を求める方法として次の8段階を想定した。①面積ごとのパネル発電効率の計算式の算出。②パネルへの太陽光の入射角度による発電効率の変化率の算出。③ソーラーカーによく見られるカウル天板形状を数パターン用意し3D図面におこす。④パターンごとにカウル天板を単位面積でマスに区切り、マスごとの傾斜度を算出する。⑤マスごとの空力性能を

解析する。⑥マスごとのパネル発電効率を①②を用いて算出する。⑦マスごとの空気抵抗による電力消費量と発電量の差を求める。⑧すべてのマスの⑦を合計し、そのカウル形状パターンでの空力性能とパネル発電効率のバランスを評価する。昨年度は②までの段階を課題内容とし達成した。今年度のミッションでは昨年度の続きとなる③から⑧までを行ったうえで、2023年に開催されるBWSCに向けてカウルを製作し、その性能を試走にて評価するまでを課題内容とした。

3. 活動の成果や学んだこと

まず活動の成果として、③の目標に該当するカウルを数パターン図面化することを達成した。また、④から⑧の目標に該当するマスごとの傾斜度を算出、マスごとの空力性能を解析、マスごとの発電効率を算出、電力消費量と発電量の差を算出、空力性能と発電効率の評価することについてはその一部を達成している。そこで、今回の活動報告では現段階で達成できたことを3つに分けて報告を行う。初めに③にあたるカウルの3D図面化、次に④と⑤にあたる空力性能の解析、最後に⑥から⑧にあたる発電効率の算出という順で述べていくこととする。

初めに、カウルの3D図面化についてである。カウルの3D図面は3D CADソフトウェアであるSolid Worksを用いて作成を行った。

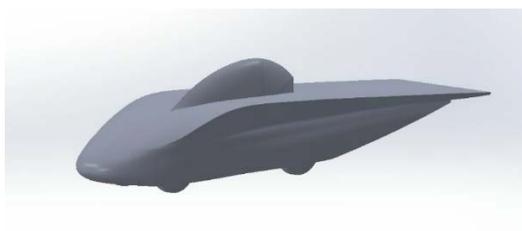


図1 カウルの3D図面

上の画像が今回製作したカウルの3D図面である。カウルの3D図面を製作するポイントについては、第一にBWSCのレギュレーションを満たすことを目標とした。その例としてはカウルの寸法、パネルの搭載枚数、カウル下部の角度などが挙げられる。その中で空力性能と発電効率の高い形状を目指していき、乱流を作らないことと新幹線や飛行機の形状をイメージすることをポイントとして製作していった。

次に、空力性能の解析についてである。空力性能の解析には、流体解析ソフトウェアであるscFlowを用いて行った。まず、空力性能の評価方法に関しては、前方投影面積と空気抵抗係数であるCd値というものをを用いて判断した。理由としては、これら2つの値の積が実際の空気抵抗の数値となることが挙げられる。そのため、どちらの数値も小さければ小さいほど望ましいと考えられる。そして、下の表が今年度の活動で製作したカウルの前方投影面積とCd値をピックアップしてまとめたものとなる。

表1 製作したカウルの前方投影面積とCd値

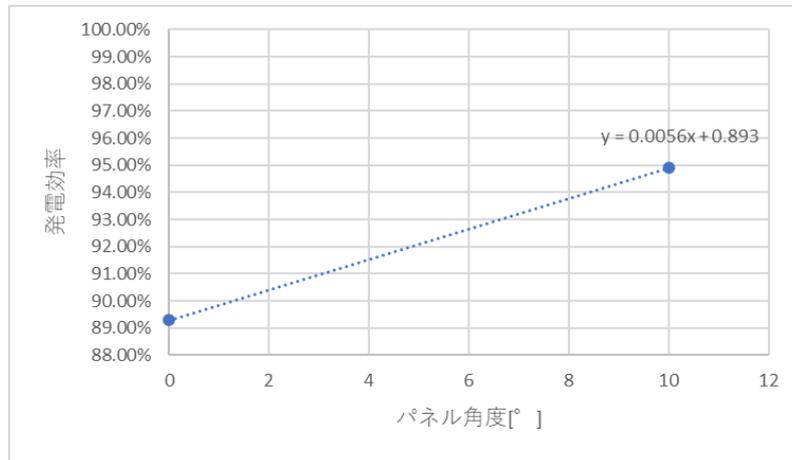
	3号機	8号機	13号機	14号機	最終機
前方投影面積[m ²]	0.97	1.01	1.01	1.00	1.00
Cd値	0.123	0.118	0.119	0.118	0.117

試作の初期段階では片方だけに優れた数値が見られていたのに対して、最終段階ではどちらも値が小さく、完成形が最も空力性能が優れていると考えた。

最後に、発電効率の算出についてである。今回の活動ではカウルを使用するレース条件下をBWSCと

設定したため、発電効率の算出するための条件として日光が当たる方位角を 0° から 15° とした。これは、BWSC が南を向いてほぼ一直線に走行するレースであることから設定した。さらに、製作したカウルの 3D 図面からカウル天板の傾斜度を計測すると 3.7° となっていたため、そちらを使用して算出を行った。

表2 パネル角度による発電効率の変化



上の表は、昨年度のミッションにて算出したパネルへの太陽光の入射角度による発電効率の変化率を使用し、パネル角度による発電効率の変化をまとめたものとなる。算出条件と表から、今回製作したカウル形状であれば、発電効率はおよそ 91%になるのではないかと予想された。

その中でも活動の成果として、新型カウルの図面を製作したことが最も大きな成果ではないかと考えている。なぜならば、カウルの形状を 1 つに決定したということは、空力性能とパネル発電効率のトレードオフの最適点の 1 つを見つけられたと捉えられるからだ。したがって、新型カウルの図面を製作できたことは、我々ソーラーカープロジェクトにとって大きな発見である。

また、活動から学んだことについてである。活動から学んだことには大きく分けて 3 つのことが挙げられる。1 つ目に、今回の活動をきっかけに空力性能のシミュレーションを行うことが可能になったことが挙げられる。下の画像は、実際に今回製作したカウル図面を用いて空気の流れをシミュレーションしたときのものである。

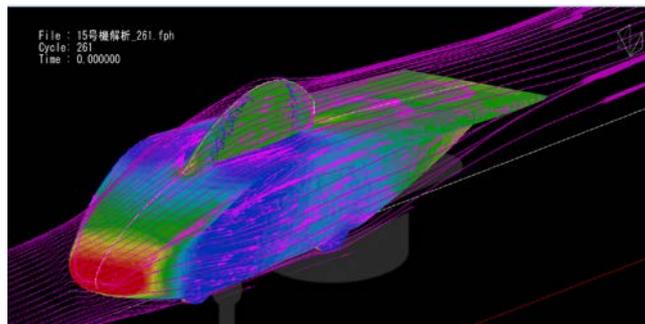


図2 製作したカウルの空気流動のシミュレーション

2 つ目に、太陽光発電への理解が深まったことが挙げられる。発電効率は太陽の方位角とパネルの傾斜度によって影響を受けることから、太陽光パネルを設置する条件を考察することが難しいことを学んだ。3 つ目に、流体力学への理解が深まったことが挙げられる。今回のミッションにおいて空気という流体を扱ったことから、流体が及ぼす影響やそれに対してどうアプローチしていくかという方法を学ぶことが

できた。

4. 今後の展開

今後の展開については、今年度のミッションにて活動したことをもとに、以下の作業を行っていくことが必要であると考えた。それらは、今回製作したカウルの図面を基にしてカウルの現物を製作することと、製作したカウルを用いて試走及びその評価を行うことである。また、製作したカウルの試走は、南紀白浜空港の旧滑走路にて行いたいと考えている。和歌山県の南紀白浜空港は本州の最南端に位置する空港であるため、BWSCの開催地であるオーストラリアでの環境に近づけることができ、BWSCで走行する際に近いデータが取れるのではないかと期待できる。そのため、当プロジェクトにとって本ミッションで製作したカウルを使用して、試走を和歌山県の白浜にて行うことは極めて重要であると考えられた。

5. まとめ

最後に、今回の発表のまとめである。まず、本ミッションの最終目的は「最も標準化したレース条件下での、カウル天板形状によって決まる空力性能とパネル発電効率のトレードオフの最適点の算出方法を求める」ことである。したがって、それを達成するために今年度はカウルの3D図面の作成、その空力性能の評価を行った。