

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
＜2021 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：レーシングソーラーカーミッション

ミッションメンバー：システム工学部 2 年溝口智規、システム工学部 3 年中内仁香、経済学部 3 年西森凜

キーワード：ソーラーパネル、発電効率、カウル天板形状、空力性能、トレードオフ

1. 背景と目的

本プロジェクトは定期的にソーラーカーレースに出場し、製作したマシンの性能評価を繰り返すことでノウハウの蓄積や技術力の向上を図ってきた。レースでの好成績を目指し製作を行うことで自分たちの活動の質を高めているのだが、ソーラーカーレースはその大会ごとに特性が大きく異なるため、目標とする大会・成績に合わせたマシンの製作が求められる。中でも特に、ソーラーパネルの配置とカウル天板の形状の兼ね合いは、レースごとに最適解が大きく異なる。

そこで、当 PJ は本ミッションで「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とした。その方法として次の 8 つの段階に分けた。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。これらをすべて完了させるのには年単位で時間がかかるため、今期は年度内の達成が期待できる②までの段階を到達目標とした。

2. 活動内容

まず初めにソーラーパネルと発電効率の関係についての知識を得るために様々な文献を調べた。そこで得た知識を使って計算式や発電効率の算出を試みた。

2.1 発電量の計算式

ソーラーパネルの発電量の計算式を算出し、以下のようになった。

- ・ 発電量 = 平均日射量 × 損失係数 × 太陽光パネルの出力
- 平均日射量：その地域に降り注ぐ日射量の平均値
- 損失係数：パネルの温度上昇などによる損質など。一般的に 0.73
- 太陽光パネルの出力：パネルで生み出せる電気の値

この計算式を発電量のシミュレーションにおいて活用できると思い、BWSC というレースを想定してシミュレーションを行った。BWSC はソーラーカーでオーストラリアを縦断するレースで 5 日間かけて開催される。シミュレーションの結果は以下である。

平均日射量：オーストラリアで 5.8[kw]

損失係数：0.73

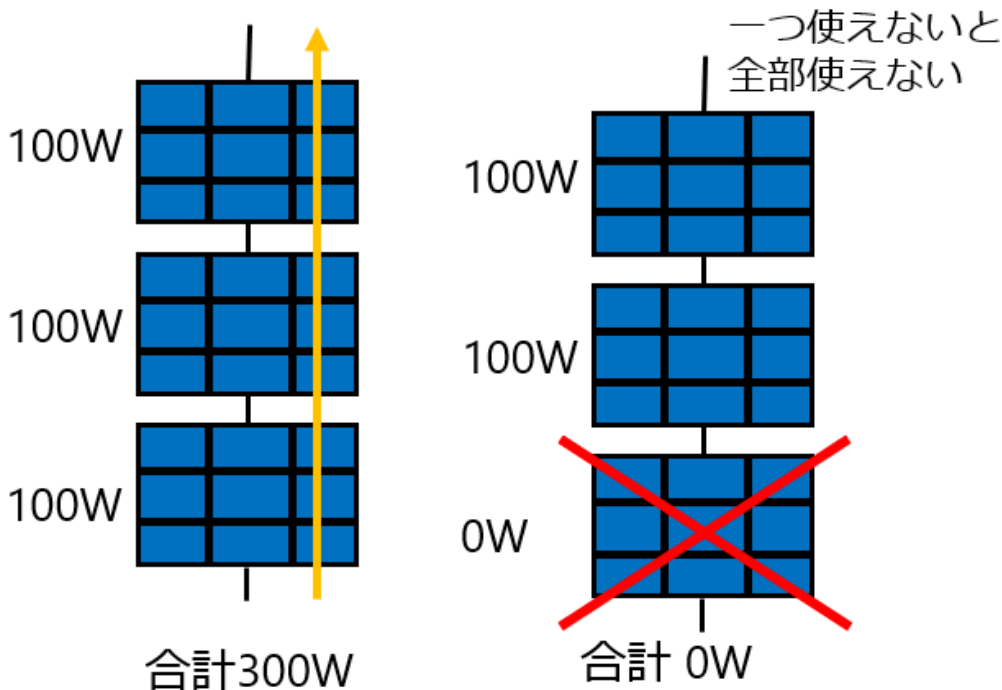
太陽パネルの出力：1[kw/m²]で変換率 0.25 のパネルを 4m² 使う

$$\cdot \text{発電量} = 5.8 \times 0.73 \times 1(1 \times 4 \times 0.25) = 4.234$$

シミュレーションの結果一日当たり約 4 kw 発電できることがわかった。

2.2 面積の変化による発電効率

面積の変化はパネルの発電効率に影響を与えないことが分かった。すべて同じ条件下で面積が増加すると、その分発電量も増加する。しかし、発電量が大きく低下するリスクもあることが分かった。ソーラーパネルは図①の左側のようにいくつかのセルを直列につないでいる。図①の右側のようにどれか 1 セルでも影に覆われたなどが原因で発電量が著しく低下すると全体の発電量が低下してしまう。その結果、発電効率の低下が発生する。そのためパネルの面積よりもパネルを貼る位置や角度が重要だと判明した。



2.3 角度の変化による発電効率

様々な文献を参考にした結果、角度の変化は発電効率に大きな影響を与えることが分かった。表①は角度の変化による発電効率である。以下の表から太陽の角度が 0 度、パネルの角度が 30 度 のとき最も発電効率が上昇することがわかる。反対に太陽の角度が 90、パネルの角度が 90 度 のとき最も発電効率が低下することがわかる。

| 方位角 | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | |
|--------|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| パネル傾斜角 | 0° | 89.3% | | | | | | |
| | 10° | 94.9% | 94.1% | 94.4% | 93.0% | 91.7% | 90.1% | 88.5% |
| | 20° | 98.4% | 89.1% | 97.1% | 95.2% | 92.5% | 89.8% | 86.6% |
| | 30° | 100.0% | 99.5% | 97.9% | 95.2% | 92.0% | 88.0% | 83.7% |
| | 40° | 99.5% | 98.7% | 96.8% | 93.6% | 89.8% | 85.0% | 79.7% |
| | 50° | 96.5% | 96.0% | 93.9% | 90.4% | 85.8% | 80.7% | 85.1% |
| | 60° | 91.7% | 91.2% | 88.8% | 85.3% | 81.0% | 75.7% | 69.8% |
| | 70° | 85.0% | 84.5% | 82.4% | 79.1% | 74.9% | 69.8% | 63.9% |
| | 80° | 76.7% | 76.2% | 74.3% | 71.7% | 67.9% | 63.1% | 58.0% |
| | 90° | 67.1% | 66.8% | 65.5% | 63.4% | 60.2% | 56.4% | 51.6% |

表① 角度による発電効率の変化

2.4 消費電力の計算式

実際にどれくらいの発電量が必要なのかの目安を出すために、消費電力の算出を行った。算出した計算式は以下のようになる。

$$\cdot \text{消費電力} = 0.5 \times \text{空気密度} \times \text{空気抵抗係数} \times \text{車体投影面積} \times \text{速度}^3 + \text{転がり抵抗係数} \times \text{質量} \times \text{重力加速度} \times \text{速度}$$

今後発電量の計算式と共にシミュレーションで活用していく予定である。

3. 活動の成果や学んだこと

3.1 活動から学んだこと

様々な文献を参考にすることで物事に対する理解が大きく深まることを、ミッションを通じて学ぶことができた。特にパネルの発電に関する理解を大きく深めることができた。

3.2 活動の成果

活動の成果は、面積や角度の変化による発電効率を算出できたことのほかに、レースでの発電量、消費電力のシミュレーションが可能になったことである。このおかげでソーラーカーレースでのエネルギーマネジメントの戦略が立てやすくなった。エネルギーマネジメントはソーラーカーレースで走行する上で非常に重要な要素であるため、シミュレーションが可能になったことは今回の大きな成果といえる。

4. 今後の展開

今後の展開としては以下の残りの6段階に沿って活動していくことになる。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。このように主にカウルの作成やその性能の評価などの作業になる。

5. まとめ

本ミッションの目標は「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。今期は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。を目標に活動を行い、面積・角度の変化による発電効率や発電量、消費電力の計算式の算出を行った。その結果、面積の変化による発電効率低下のリスクや、角度の変化による発電効率を得られたほかに、レースでの発電量や消費電力のシミュレーションが可能になった。来期以降は主にカウルに焦点を当てて活動していくつもりである。

参考資料

発電効率を上げる方法とは <https://solSELL.jp/media/285/>
EnergyShift <https://energy-shift.com/navi/f8e1f310-87c4-4c7e-97ea-a0...>

太陽光発電の容量の決め方とは <https://sma-ene.jp/column/10385>

パワコン不要の太陽光とは <https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1410/28/...>

日射量にかんするデータベース <https://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html>