

低公害車の研究開発

和歌山大学 Solar Car Project

勝谷仁（3回生），小佐田真克（1回生），山路浩之（1回生）

指導教員

藤垣元治（システム工学部）

【演習の背景・目的】

現在資源の枯渇が叫ばれている中で、これから先の未来においては今までよりもクリーンなエネルギーの使用，つまり地球上に存在する自然の力の有効利用が必要とされてくる。これらの力を使うために必要な技術，もしくは知識を習得し，未来に役立つ物を作るのに貢献出来るようになるとうことを目的とし，ソーラーカーを製作する。

【ソーラーカーについて】

ソーラーカーは基本的に電気自動車である。電気自動車は年々進化し，その加速性能・エネルギー効率の良さや電気二重層キャパシタやリチウムイオン電池などの蓄電技術も確立されてきており，近い将来にはガソリン車に代わる交通手段として台頭する可能性が高い。しかしバッテリーの容量には限界があり，いまだ実用に至っていない。小規模であっても大型発電所と変わらぬ発電を可能とし，昼間電力の補助をするソーラーカーは有望な技術である。

【演習の実施方法】

- （1）車体を剛性・安全性の強化と走行抵抗の低減を行う。特にフレームの剛性を上げその組み立てを行う。必要とされるアルミ溶接技術の更なる研鑽や，加工技術の高度化も加えて実施する。
- （2）路面追従性と乗り心地の向上の為フロントサスペンションの設置を行う。
- （3）バッテリーの高性能化とより高性能なモータの投入，MTTP 最大電力点追尾装置の設置を行う。
- （4）製作と共に必要技術の研究開発や，子供たちへの教育プログラムの実行も行う。

【演習の成果】

1. 既存のソーラーカーについて

今回の課題は、前回出場した大会の結果から見てきた機体（図1）の問題点などの改良である。主な問題点は以下のようなものである。

- ・ モータ出力の不足。
モータの安定性に問題があり、登坂能力などにおいて問題が発生していた。
- ・ モータ高出力化による車体強度の不足
現行のモータ(750 W)から高出力のモータ(5.1 kW)への変更に伴い、車体強度の向上が必要になる。

以上の点を踏まえ、まず車体の剛性を見直すことにした。これは、より出力の大きいモータに交換した場合や、また次に出場を目指す鈴鹿サーキットでの大会などのことを考えてのことでもある。



図1 製作したソーラーカー

設計のコンセプト

設計のコンセプトとして次の点を最優先事項として設計を行った。

- ・ 前方放映断面積の最小化
- ・ 最低地上高と最高地上高の最小化
- ・ 旋回性能の向上
- ・ ブレーキ性能の向上
- ・ カーボン車体並みの車体重量
- ・ サスペンションジオメトリの最適化
- ・ 各パーツの脱着可能化

2. 車体設計

車体の設計は本体・前輪足回り・ステアリング機構・カウル・モータマウント・後輪アームすべてをゼロから自分たちで設計をした。設計は手書きよりも見やすく、また正確に描くためにパソコンで jw cad を使用して行った。

3DCAD を採用し、設計者の意図を製作者へ伝えやすく、また製作者からも意図を汲み取りやすくした。

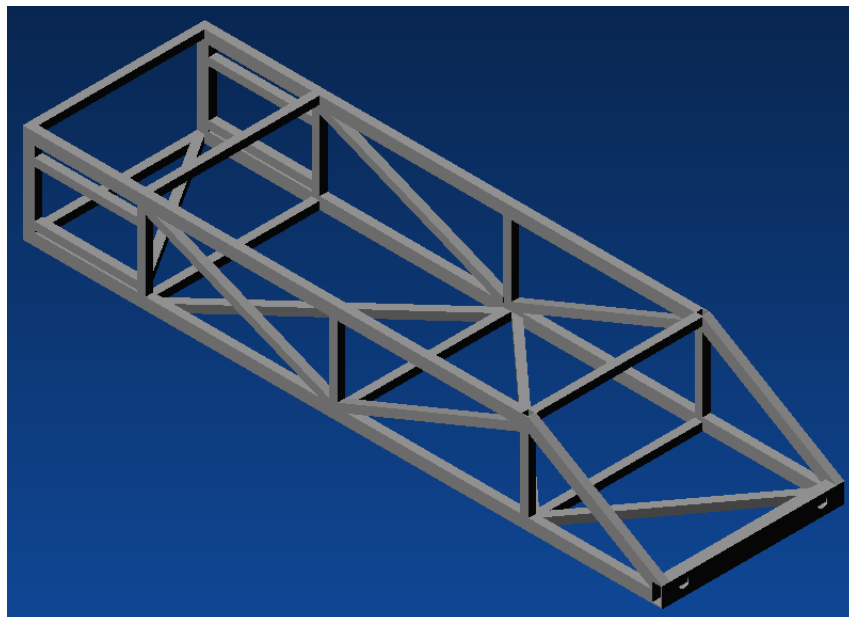


図2 本体フレーム

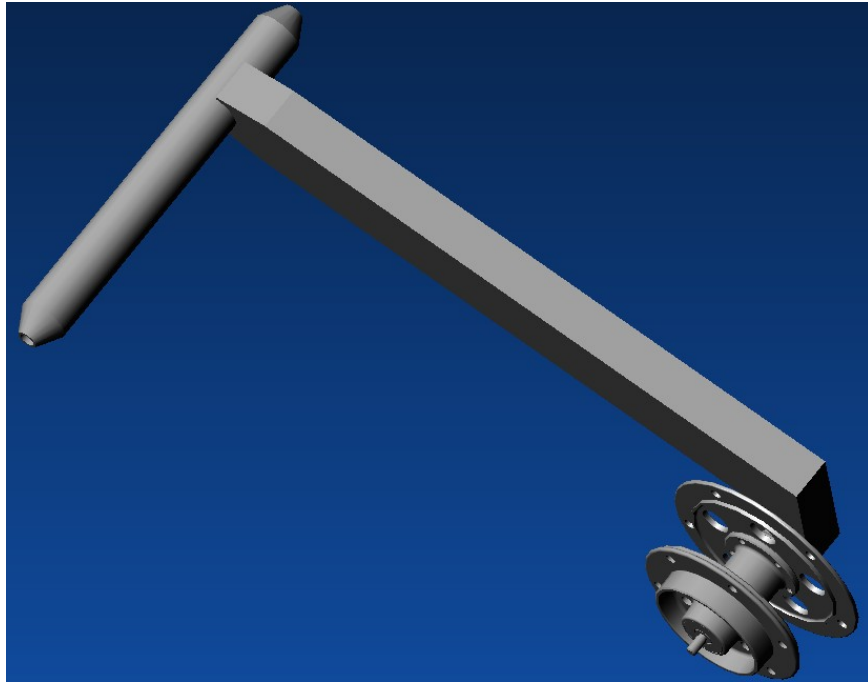


図3 スイングアーム

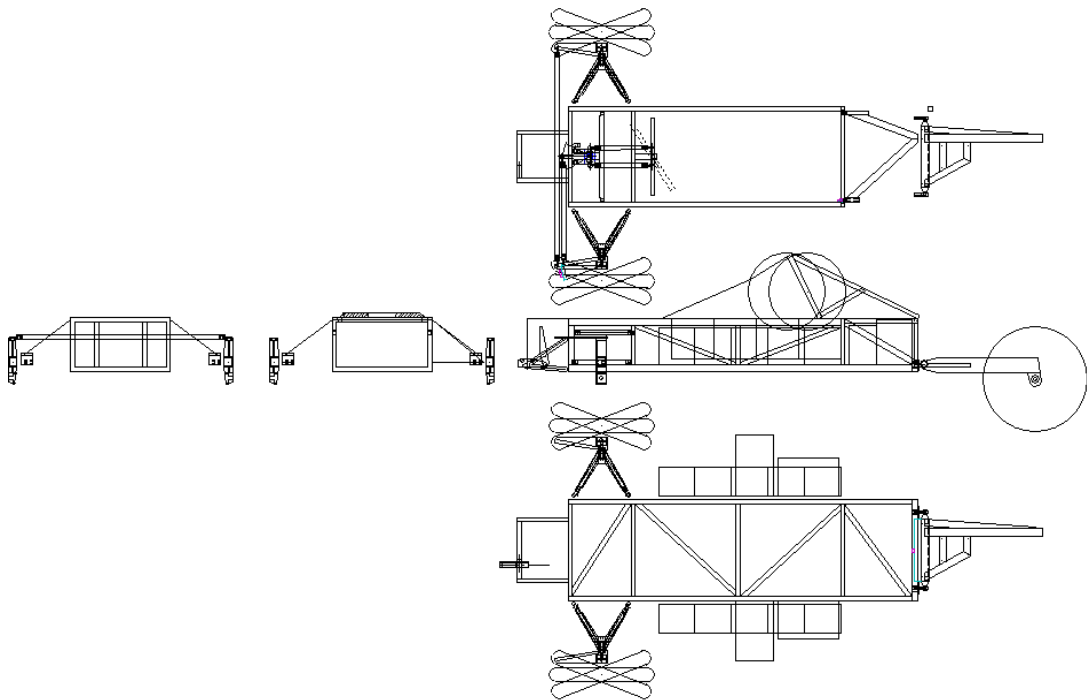


図4 車体 部品組立図

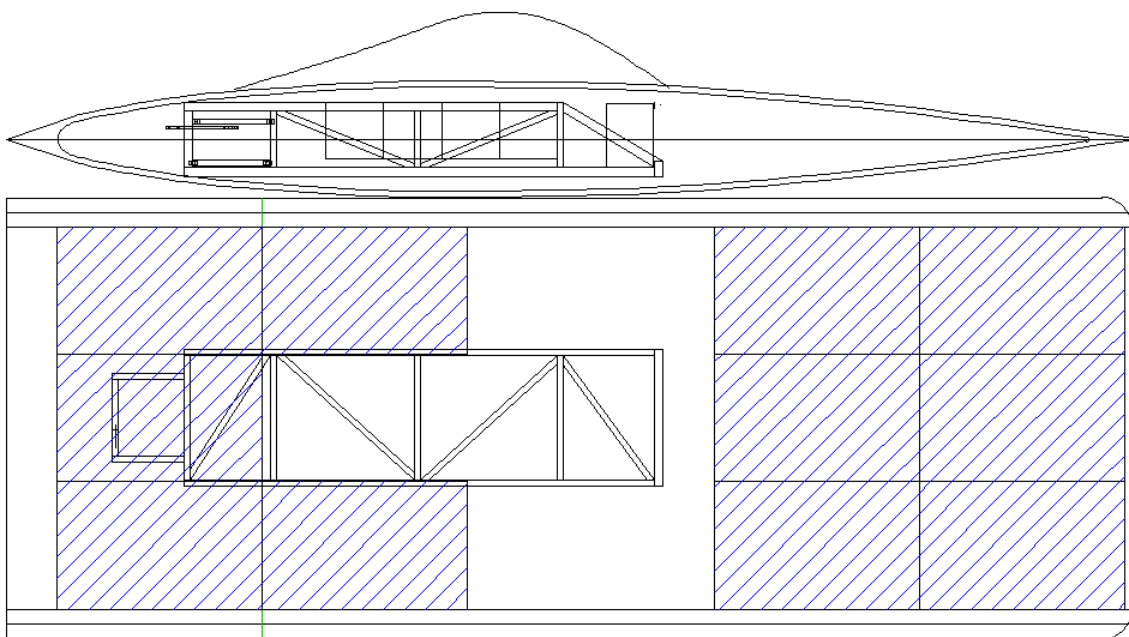


図5 カウル形状・パネル配置図



図6 本体フレーム補強パーツ製作



図8 スイングアーム溶接



図7 本体フレーム溶接完了



図9 後輪部分

【製作状況】

前年の車体を改良するところからはじめた。

現在の製作状況は、1台目の製作を終え、さらに改良を加えた新型車両を製作途中である。

製作状況を次に示す。

設計・けがき・切断・穴開け・フライス・旋盤・ねじ切りの作業を3人で分担し、作業にあたっているが、部品点数の削減や加工工程の見直しにより前回に比べ作業は円滑に進んだ。

また、ソーラーカーの製作にあたり、ソーラーカーレース鈴鹿や World Solar Car Rally(秋田県)、World Solar challenge (オーストラリア)など国内外の大会で成績を残されている紀北工業高校の藪下先生にアドバイスを頂き大変参考になった。白羽までの試走会では、大阪産業大学や紀北工業高校・堺市立工業高校の実際の車体を見せていただき思ったよりも大きいにも関わらず、二人で持ち上げられるほど軽いことには驚かされた。またいろいろなお話を聞かせていただきとても参考になった。

ほかに、機体には発電量や使用電圧を監視するためのシステム(データロガー)も搭載しそれらをピットから監視するテレメトリーシステムを構築した。

現在はタイヤの脱着を円滑にする為に後輪を片持ちにし、走行安定性を向上させる為にホイールベースを長くし、ソーラーパネル発電量を増大させる為にパネル搭載枚数を増やした新型車両を製作途中である。

【得られた成果】

完成した車両では8月4～6日に三重県鈴鹿サーキットにて行われる「FIA ALTERNATIVE ENERGIES CUP DREAN CUP ソーラーカーレース鈴鹿 2006」に出場し、決勝へ進出し鈴鹿の急峻なコースを走破し、完走を果たした。また、自主演習コンクールでは最優秀賞を獲得した。

モータの制御安定性の確保、油圧ブレーキの設置、前後輪のサスペンションの設置、ワイドリム・扁平ラジアルタイヤ化による転がり抵抗の低減、積算電力計の設置。また、高度な車体ピット間通信(通称テレメトリーシステム)の構築を実用化し、走行中の車体データのリアルタイム取得を可能とした。

地元企業との連携により大型加工部品を製作した。

【今後の展望・課題】

完成した車両では7月29日に大阪府舞洲で行われる「EcoCarFesta2007」8月4～5日に三重県鈴鹿サーキットにて行われる「FIA ALTERNATIVE ENERGIES CUP DREAN CUP ソーラーカーレース鈴鹿 2007」に出場する予定で、鈴鹿でのレースはテレビ放映される予定である。課題としては、レギュレーション上ソーラーパネルを12枚設置できるが、予算上8枚しか設置できていないためエネルギー容量的に他チームに比べて不利な状況である。また、大変高価なダイレクトドライブモータを使用した上に、費用のかかるカーボンで車体を作っている上位チームに同じ条件で対抗するには、エネルギー容量において優位な車体を作

らなければならない。そのためには、転がり抵抗の低減と位置エネルギーなどを高効率に利用できるような技術を確立しなければならない。対処としては、電気二重層キャパシタによる効率的な回生エネルギーの利用が考えられ、今後この分野について研究を進めていきます。（※添付参照）

電気二重層キャパシタについて

1, 電気二重層キャパシタとは

希硫酸に炭素棒を二つ離して浸け、正負の電圧を加えて0Vからゆっくり上げて行くと、約1Vまでは電流が流れず何の変化もない。1.2Vあたりを越えると両極の表面に僅かな気泡を生じ、さらに上げると盛んに泡立ってくる。

電圧を加えても電流の流れない状態では、電極と電解液の境（界面）に生じた電気二重層に充電され、キャパシタになっている。1V以上で泡が出はじめるのは、キャパシタの耐電圧を越えて電気分解が起こったのである。水を使った電解液による電気二重層キャパシタは、泡が出ない範囲の1Vほどの耐電圧で利用できる。

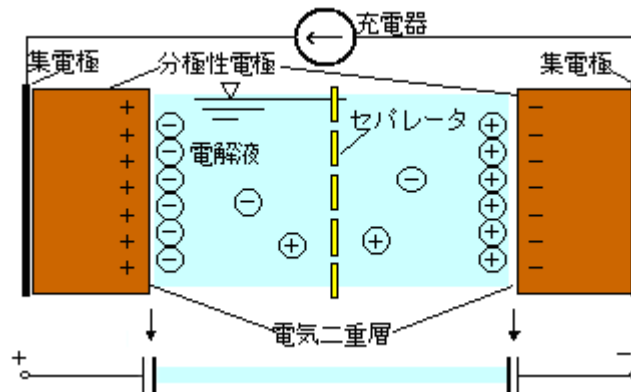


図1 電気二重層キャパシタの原理

電気二重層がキャパシタの絶縁物として働くのは、電気分解の始まる電圧以下の範囲に限られている。キャパシタの蓄電量 U はその静電容量を C 、耐電圧を V とすると、

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

現在は2.5V 2000F程度のキャパシタが市販され始めており、当研究では2.5V 600F 85mmのキャパシタを使用し、研究を進めている。

2, 和歌山大学ソーラーカープロジェクトでのキャパシタの利用方法

電気二重層キャパシタへの充電放電を効率よく行うためには、定電流源による充電放電が必要である。これを実現するために我々が提案するのは、電圧源となるモータからの回生エネルギー出力を電流ポンプとして扱い、電圧源⇄電流源の変換を行う電力変換技術を用いて充電放電制御を行うことで、高効率な蓄電システムを実現しようと思う。

ここで用いるのがソーラーカーでは必須のMPPT (Maximum Power Point Tracker) である。MPPTは最大電力追尾装置のことで、ソーラーパネルなど電力カーブがピークをもつ電源から充電を行う場合に用いられるものである。常に発電電力のピークポイントに追従するという事は、電圧の変化を伴いソーラーパネルの発電効率を高く保っているということでありこれは電流ポンプと考えられる。この原理を利用し、MPPTを活用することでキャパシタへの高効率充電を行う。

我々が提案するのは以下の方法である。

(1) キャパシタは積めるだけ積む。レギュレーションでバッテリー重量が制限されている以上、多く積んだ方が、速度の変動幅が縮まり空気抵抗による損失が減少する結果、記録向上に繋がると考察される為である。

(2) 電池とキャパシタのシリーズハイブリッド方式を提案する。キャパシタ電圧(電源電圧)のレベルを上下に調整できるため、電圧に対するモータ回転数を厳密に設定する必要がなくなる。その分高効率な設計に振ることができる可能性がある。これには繋ぎ替えなどの面倒な操作がドライバーに要求され、直流高電圧電流に耐えるトグルスイッチなどは存在せず、将来的にはサイリスタなどによる効率的なスイッチング回路の構築などが必要になると思われる。

これらを実現できれば使用エネルギーの70%を回収でき、夢のような車を実現できる。

【参考文献】

- ・木村英樹・池上敦哉・他, 太陽エネルギー, 26, 6, 43~50(2000)
- ・木村英樹・池上敦哉・他, 第48 回応用物理学関係連合講演会No.1, 507 (2001)
- ・<http://www.zdp.co.jp/2002/20020902.html>
- ・<http://www.powersystems.co.jp/>

【謝辞】

本プロジェクトを進めるに当たって下記の方々ならびに企業のご支援・ご協力を賜りました。ここに記して深く感謝いたします。(順不同・敬称略)

和歌山県立紀北工業高等学校教諭 藪下能男

株式会社島精機製作所

NTN株式会社

クインライト電子精工株式会社