

ソーラーカーの製作

～大潟村1995WSR 参加について～

山崎 保輔・杉沢 久雄・武田 清隆
坂本 洋・小野 仁志・ワン・エスカンダル

Trial Set-up of Solar Car

Yasusuke YAMAZAKI, Hisao SUGISAWA, Kiyotaka TAKEDA
Hiroshi SAKAMOTO, Hitoshi ONO and Wan ESKANDAR

(1995年11月30日受理)

In Ogata village three years passed since WORLD SOLAR CAR RALLYE was begun. Solar cars that they own have been coming by degrees to be less apprehensive of long running on the race. As our working space was not wide enough to frame a solar car, flat plate gathered solar pannels was mounted finally on the body outdoors.

The maximum velocity reached to 56 km/h beyond our expectation. Only rolling resistance could be measured as 0.006 fairly before the accomplishment, however it was considered the actual value increased toward 0.01 nearly because of the plastic deformation with the beam between front two wheels.

1. はじめに

秋田県大潟村でのソーラーカーは本年（1995）で第3回目である。卒業研究チームとして出場を考えたのが1994年の秋頃に第3回ラリーまで製作が可能かどうか、購入部品の選定、調達、費用等も考えると簡単ではないという事であった。

当初計画した車両仕様の概括を述べると、1：パネルは屋根型、2：ボディは紡錘型、3：前二輪・後一輪の計三輪型、4：車重140 kg程度、5：最高速度50 km/h程度、6：ホイールベース1.8 m前後、7：前車輪間隔1.2 m前後、8：アルミニウム合金フレーム等がその内容である。図1にその概形を示す。

2. 車両基準

製作したソーラーカーはレースやラリーでの走行を目的とするものである。レースやラリーでは、一定の基準で一定以上の性能を満たす車両を製作することが要求される。1995ワールド・ソーラーカー・ラリー・イン・アキタでの規定について主要内容

を以下に示す。

A. クラス分け

1. フリークラス：無制限クラス
2. ストッククラス：標準生産パネル・生産型鉛蓄電池制限クラス
3. ジュニアクラス：ストッククラスの学生部門（学校名でのエントリー、1名以上の指導者または教員がメンバーに登録されていること、登録メンバーの半数以上が学生であること。）

B. 車体サイズ

走行中の競技車両の大きさは、長さ6 m、幅2 m、高さ1.6 m（1%の誤差を含む）を越えてはな

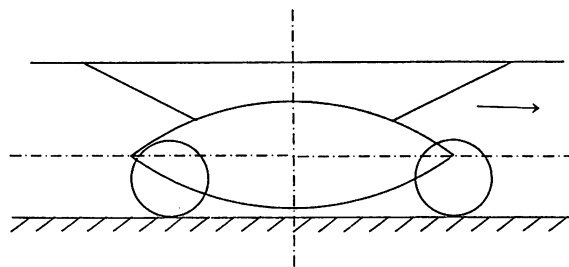


図1 車体概形

らない。ただし高さは、1 m 以上とする。

C. ドライバーの体重

1. 各ドライバーの重量は運転用のウェアを含め 80 kg 以上とし、80 kg に満たない場合、不足分をバラストで調整する。
2. 二人乗りクラスの場合、合計体重は150 kg 以上とし、150 kg に満たない場合、不足分をバラストで調整する。

D. ソーラーパネル

1. 太陽光収集装置はいかなる構造であってもよいが、4.44 m × 2 m × 1.6 m (縦×横×高さ)の箱の中に入り、地表投影面積で 8 m² を越えないものでなければならない。走行中もこの範囲をこえてはならない。
2. ストッククラス、ジュニアクラスに関しては、使用可能な太陽電池を、1995年5月31日までに一般的に市販されているものに限定する。

E. バッテリー

1. バッテリーの容量：最大容量は 3 kWh (20 時間率) とする。
2. バッテリーのタイプ：次の各号によるものとする。

一般に市販されている鉛蓄電池を主なバッテリーとし、総容量 (最大で 3 kWh) の 20% までは、パワー用コンデンサー鉛以外のタイプの電池等の市販されている補助バッテリーを認める。(容量全てが鉛蓄電池でもよい。)

3. ジュニアクラス・ストッククラスと同様とする。

F. ブレーキ

時速 30 km から 22 m 以内に停止できること。サイドブレーキは、8% 勾配で有効に停止すること。

G. 視 界

全方向について、ドライバーの位置から通常の自動車と同様の視界が確保できなければならない。後方の視界はエレクトロニクスによるものでも、ミラーによるものでもよい。

H. 電 装 品

ブレーキランプ (赤色、後方 30 m で点灯が確認可能)、方向指示器 (60~120 サイクル、橙色、前後 30 m で左右点灯が確認可)、ハザードランプ、クラクション (90 ホーン程度) を装備しなければならない。

競技車両に搭載したコンピューターのバックアップ電源は、バッテリー容量には、含まないものとする。

3. 設 計

(1) フレーム

市販されている Al-Mg-Si 合金 (角材) を用い、ホイールベースを考慮し、全体的にトラス構造とした。引張強さ = 19 kgf/mm² と十分な値ではないと思われたが、他チームの例や概略の強度試算で破壊事故を起こす恐れは無いと判断した。空気抵抗低減の目的から前投影面積を小さく、重心を下げる意味からも図 2、3 に示す形状とした。

(2) ステアリング機構

平行両揺腕機構を用い、ステアリングシャフト平板リンク~ボールジョイント~タイロッド~ボールジョイント~揺腕~車軸の順序で連結している。基本的には自動車の舵取装置と似ているが、車軸での連結要素を簡略化した点が自動車と異なっており、軽量化を念頭においたリンク装置である。車両が曲進する際、前二輪の延長線は交叉しその交点が後輪軸延長線上に在れば滑らかな走行が可能である。前述の機構に基づき曲進時の前二輪軸交点を作図により求めた結果、ズレはあるが後輪軸延長線付近に存在するのが確認されたので、ステアリング機構各部要素の形状、寸法を決定し図面作成を行った。

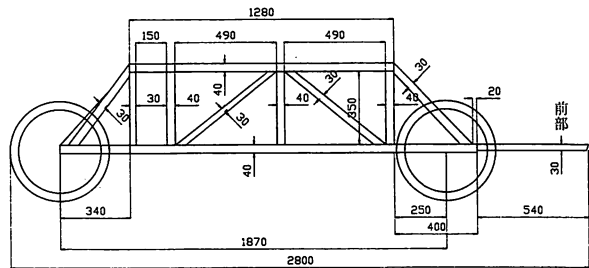


図 2 フレーム構造 (側面図)

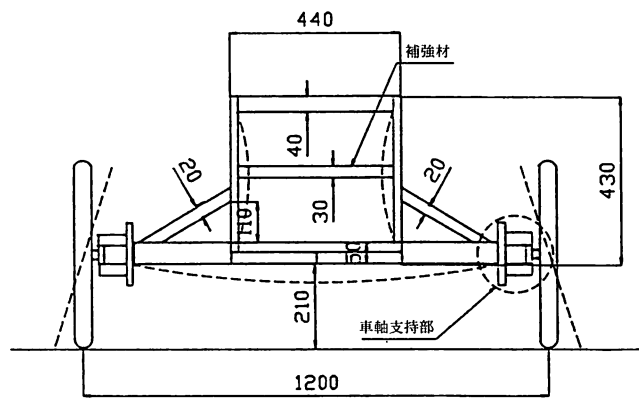


図 3 フレーム構造 (正面図)

(3) 駆動機構

自転車と同様のチェーン～スプロケット伝動方式で変速装置は用いない事にした。加速性能の低下は避けられないが、チェーンの安定した運動の獲得を第一としレース中の走行トラブル回避を優先した。駆動部やその付近のフレーム剛性は安定走行の条件となる為、他の部分より密なるトラス構造とし、後輪の垂直度、モーター軸の水平度、モーターと後輪との軸間距離等にクルイの発生を避ける方針を採った。特に軸間距離の変動はチェーンの脱落を招き易く、レースでは最も嫌われる事態である。最高速度は50 km/hと見込んだのでモータースプロケット(小)、後輪スプロケット(大)の歯数をそれに合わせて決定し大きな速度超過が無いようにした。これは安全走行を第一とした判断によるものである。次にモーター焼損を防ぐため、ハウジングの一部に空孔を設け、小型ブローで送風、強制空冷方式を採用した。ブロー消費電力は3 Wである。

(4) その他

制動にはディスクブレーキを用いるチームが増え、その性能も高い様ではあるが、装着精度の良さが要求される。試作段階なので自転車の前輪に用いられるキャリパーブレーキ2個を後輪に装備することにした。制動能力は多少不安はあるが、レースは平坦路でカーブも少ないので上記の制動方式にした。サスペンションも凸凹の少ない路面であること、他チームからの情報を考慮し、今回は取り付けないことにした。ボディ材料は漁船の補修に使用される硬質塩ビフォームで、3次元的変形が容易で軽量である。尚、ボディの表面仕上げは気孔の多い材質のため薄いパテ塗装が必要で5 M 渡部剛君、御父君の専門的指導のもとに完成させた。

4. 製作(車両仕様書1, 2, 3)

最初にフレーム材料の正確な切り出しを行い、アルミ長方形板により各材をつなぎ合わせてフレームの仮組立てをし、各部の水平度、垂直度を繰り返して確認、フレームの全体的歪みを除去、その後アルゴン溶接により最終組立てを行った。溶接時の熱歪発生はほとんど見られず、仮組立てをある程度強固にする事で避け得ると判明した。次に車軸部拡大を図4に示す。ステアリング装置組立ては全てネジを使用、調整、分解を常時可能とする方法を採用した。この装置の組立て後車体を水平にし、前輪を装着、前輪を軽く接地させ曲進時のステアリング操作を行っ

た結果、滑らかな運転状態が得られると同時に(2)で述べた交点が後輪軸延長線付近に存在することを確認した。また車両の直進性を高める目的から、トーイン、キャンバー、キャスター各々の角度は自動車に比較しわずかに大きな値とした。フレーム、ステアリング、車輪取り付け等が一体化した段階で戸外に搬出、人力により軽い走行をさせた。特に不具合はみられず、転がり抵抗も小さめであること、サスペンション無しにもかかわらず、振動も余り大きくはないように思われた。次にフレーム上に3人が乗った状態、即ち車体との合計重量200 kg程度でゆっくり移動させた所、後輪の左右揺動が見られた。この段階で後輪軸を支えるアルミ角材2本を左右対称に補助材として組み込む事にし、それにより揺動は消失した。尚、合計重量200 kg程度での転がり抵抗係数は計測によると0.006という結果であった。後述のレースでは、フレーム変形によりこの値は0.01程度まで増加し、相当程度の走行に対する損失を招いた様である。電気関係についての留意点はモーターに流れる電圧がDC108 Vである事から、絶縁の確実性を高めることにあった。

5. レース内容

次にレースの際、ドライバーとして運転操作をした本卒業研究生による走行状況について述べることにする。

レース走行時の状況について

ソーラーカーの製作は基本的に卒業研究の時間帯だけだったので、予想通り完成は大幅に遅れる事と

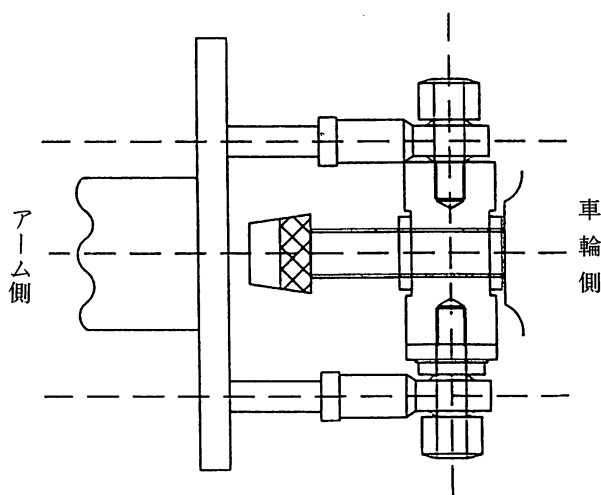


図4 車軸支持部

表1 車両仕様書1

車両寸法 Vehicle dimensions	全長	4 5 2 0 mm		
	全幅	1 6 0 0 mm		
	全高	1 1 5 0 mm		
	軸間距離	1 8 5 0 mm		
	車輪間隔	F: 1 2 5 0 mm	R: 0 mm	
	重量 (フルゲージ時)	1 5 0 kg		
	最低地上高	1 1 0 mm		
車体・構造 Equipment and construction	フレーム (タイプ・欄)	溶接トラス構造 (JIS A 6063 アルミ)		
	ボディ材質	硬質塩ビフォーム		
	サスペンション	F: 無	R: 無	
	ステアリング	平行両振り腕応用機構		
	ホイール	数量: 3	サイズ: 2 0 inch	構造: スポーク
	タイヤ	サイズ: 2 0 × 1 . 7 5	メーカー: ファンファンシー	
		タイプ: フリースタイル	タイプ: スリック	
	ブレーキ	F: 無	R: キャリパー	メーカー: 自作
	回生ブレーキ	無		
	駆動装置・伝動装置	直流ブラシ付モーター・チェーン伝動		
車両性能 (推定) Predicted vehicle performance	ソーラーパネルによる顕微鏡	約 4 0 km/h		
	電池による顕微鏡	5 6 km/h		
	空気抵抗係数	不明		
	ころがり抵抗係数	約 0 . 0 1		
	前面投影面積	約 0 . 5 2 m ²		
	推定平均速度	3 3 km/h		
制作費用	推定制作費用	2 5 0 万円		

表2 車両仕様書2

パワー・エレクトロニクス	コントローラーのタイプ	京セラ製・SRS-MDD35A	
	パワートランサッカー (数・メーカー)	1個・京セラ株式会社	
	制御方式	トランジスタPWM電圧・電流制御 (コントローラー)	
ソーラーアレイ	メーカー	昭和シェル石油株式会社	
	セルのタイプ・数量	不明	
	セルの製造効率 (%)	1 3 . 5 %	
	セルのサイズ (mm)	8 0 mm × 1 0 0 mm	
	セルの重量 (kg)	不明	
	表面処理方式 (封止方法)	不明	
	セルの数量 (1パネルにつき)	5 4 枚	
	セルの配置	9枚×6枚 (長方形)	
	パネルの電圧 (最大出力時) (V)	1 7 8 V	
	パネルのサイズ・総面積 (mm)	縦: 4520mm 横: 1600mm 総面積: 7.232m ²	
	動作効率率 (有効面積比) (%)	8 6 . 5 %	
	パネルの重量 (kg)	1枚: 0.377 (kg)	
	パネルの数量	2 0 枚	
	パネルの配置	10枚縦列2並列	
	パネルの製造効率 (%)	1 3 . 5 %	
総出力 (100W/col.25C) (W)	約 9 0 0 W		
総電圧 (最大出力時) (V)	1 7 8 V		
総重量 (kg)	7 . 5 4 0 kg		

なった。大会には何とか間に合ったのだが、実際に走行できたのは大会の3日前、車検の前日であり、試験走行は一度もできず車検をクリアできるかそれも危ぶまれた。結局車検は二度目で通り、大会に出場できることとなったのだが、相変わらず不安材料はいくつもあり、完走できるかどうか誰にも分からない状況だった。レースで実際に走行した際の車体の印象と考察を下記に記す。

第1日目

種々の不安材料を抱えながらであったが、無事にオープニングラップをこなす事ができた。初日の第1ラップということでペースは幾分押さえ気味にし、無事走行できるかどうかを確認した。その結果、完走に対する不安は残ったが、無理をしなければそこそこの結果は出せるだろう感触を得た。次ラップから徐々にペースを上げ、車体各部の挙動を細かく探ることにした。

車体の挙動で最初に感じたのは、サスペンションが無いことによる突き上げのひどさであった。これではパネルを支持するステー、前、後輪を支持するフレームに何らかの支障を生じるのは免れないと思われた。パネルステーであれば1~2本損傷しても

表3 車両仕様書3

蓄電池	タイプ・メーカー	松下電池工業 K・K	3 4 A 1 9 R
		鉛蓄電池	
	数量	9 個	
	総電圧	1 0 8 V	
	総容量	3 . 0 kWh	
	定格出力	2 6 A h (2 0 時間率)	
	総重量	7 . 5 kg × 9 個 = 6 7 . 5 kg	
モーター	タイプ・数量	DC ブラシサーボ	1 個
	重量	9 . 2 kg	
	メーカー	安川電機	
	最大出力	2 . 2 kW	
	連続出力	0 . 8 kW	
	回転数 (解・電・巻)	2 5 0 0 rpm (86%・104V・8.9A)	
	最高回転数	2 7 0 0 rpm	
パワー・エレクトロニクス	コントローラーのタイプ	トランジスタPWM定電圧・電流制御	
	パワートランサッカー	京セラ	1 個
	制御方式	FETチョップパ/降圧型	

ソーラーカーの製作

走行に大きく支障をきたすことはないのだが、多数となるとやはり問題があり、タイヤを支持するアームが走行中にもし折れでもしたら重大な事故を誘発するであろうことは容易に想像でき、このことが最優先注意事項となった。又、ホイールベースの不足に起因すると思われるが、直進性の悪さとそれに伴う過敏なステアリングの反応も注意事項となった。これはホイールベースの適正な値とステアリング機構の改善でクリアできる問題であると思われた。

初日終了後、ピットでの点検を行ったのだが、やはり心配された部分に破損が発見された。フロントアームの溶接接合部分にクラックが認められ、さらにアーム自体も湾曲していた。このままでは非常に危険なので、とりあえず接合部分の周辺を補強し、2日目に望むこととなった。

アームの破損の原因としては、実走行時に発生する衝撃変動荷重が考えられる。時にギャップ通過時などには停車中に負担する荷重を遥かに越えてしまうはずで、アーム、及び接合部分が耐えられなかったものと思われる。また、このような突き上げは、ドライバーにかかる肉体的・精神的な負担を増すことにもつながる。よってこれらの事から車体の耐久性を高め、より安全にする為にはサスペンションは必要不可欠な要素の一つだと言えるのではないだろうか。

1 ラップ1時間前後で、8 ラップ248.8 km を8時間44分で走り、総合27位が初日の成績となった。

2 日目、3 日目とも初日とほぼ同じで、何回かア

ームの補強やパネルステーの付け直し等があったが、電気系のトラブルはまったくなく、何とか無事に大会を終えることができた。成績結果は参加車両84台、順位は21番、高専出場は8校で、運のつきもあったが幸いにその中では最も走行距離を伸ばす事が出来た。

6. 結論と考察

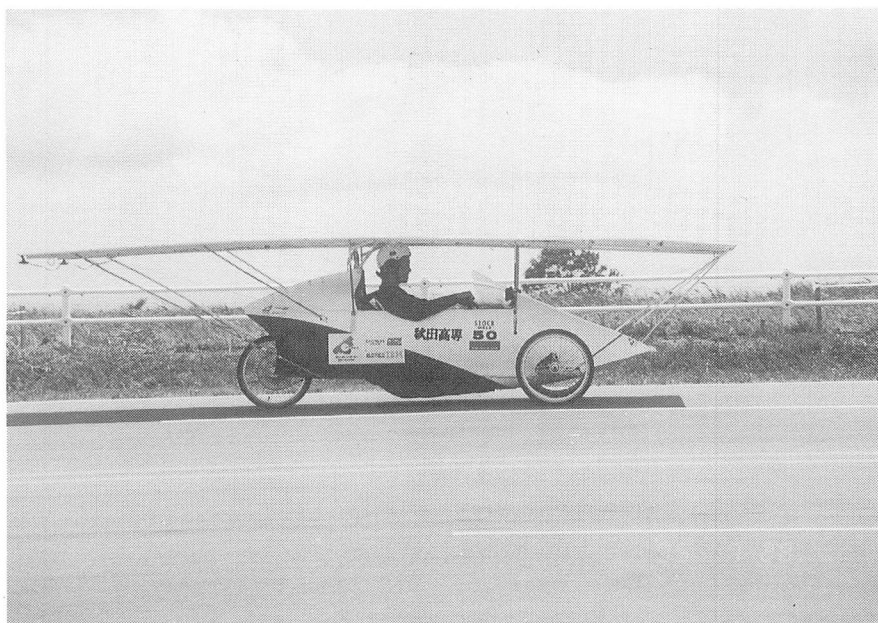
卒業研究チームとしては初体験参加であり、設計から完成までの時間配分に対する見当が明確につけられず、結局試験走行は実施不可能であった。従って5.のレース内容で述べた様な不具合の発生があり、走行距離の短縮に結び付くことになる。その他種々、反省も含めて今後、対処すべき点を以下に検討を交え、羅列する。

A. 予見不可能なトラブルは必ず発生すると考え、レース以前に相当距離(200~300 km)の試験走行を実施、安定走行が得られる様にする事。

B. 太陽電池は1°C上昇で0.5%減の発電特性を有する故、可能な限りその場の大気温度に近づける事。今回の断熱的構造は15%程度の損失はあったと考えており、2周の減はあるように思われる。

C. 車軸を支持するアームの変形により前車輪が水平方向に運動した結果、前輪の摩耗が極端であった。平坦コースでもある程度の緩衝装置を必要とする。

D. 本卒研で製作した車両は他チームに比較し、



走行中発生する機械音がほとんどなく，特に駆動系剛性の良さ，組立て精度の高さが走行距離増に寄与したと考えている。走行中のソーラーカーを写真に示す。

謝 辞

終わりに製作，WSR 参加にご協力願った相場，今田，長谷川武司の各教官，杉沢，進藤，機械工学科の各技官の皆様に厚く御礼申し上げます。

走行風景

写真はレース中の走行風景である。

参考文献

- 1) 米田裕彦他 ソーラーカー製作ガイドブック パワー社 1994
- 2) 後藤公司 ソーラーカー 日刊工業新聞社 1992
- 3) 桑野幸徳他 太陽電池活用ガイドブック パワー社 1990
- 4) 尾崎紀男 自動車工学 森北出版 1990
- 5) 山崎 秋田高専研究紀要第30号 (1994-11), 41