

ソーラーカーの試作

(第5報, シルクロード走行用ソーラーカー)

西側通雄・清水啓司・横井隆治・佐藤幹夫・高 行男

1 ま え が き

2001年9月3日から8日までの6日間、シルクロード(敦煌~ウルムチ間:1200km)にて、日・中・伊(日:本学, 中:中国汽車工業総公司, 伊:イタリア国立フェラーリ工業専門学校)共同でソーラーカーの走行実験を行った。目的は、次世代エネルギーとして注目されている太陽光発電を動力源としたソーラーカーの開発と走行データの収集, 自動車の排気公害に悩む中国の人々への地球環境改善の提唱であった。三者の担当は、イタリア国立フェラーリ工業専門学校の生徒はデザイン, 本学の学生は車両製作, 中国汽車工業総公司是シルクロードを走行するための諸手続き(走行許可申請)及び現地協力であった。

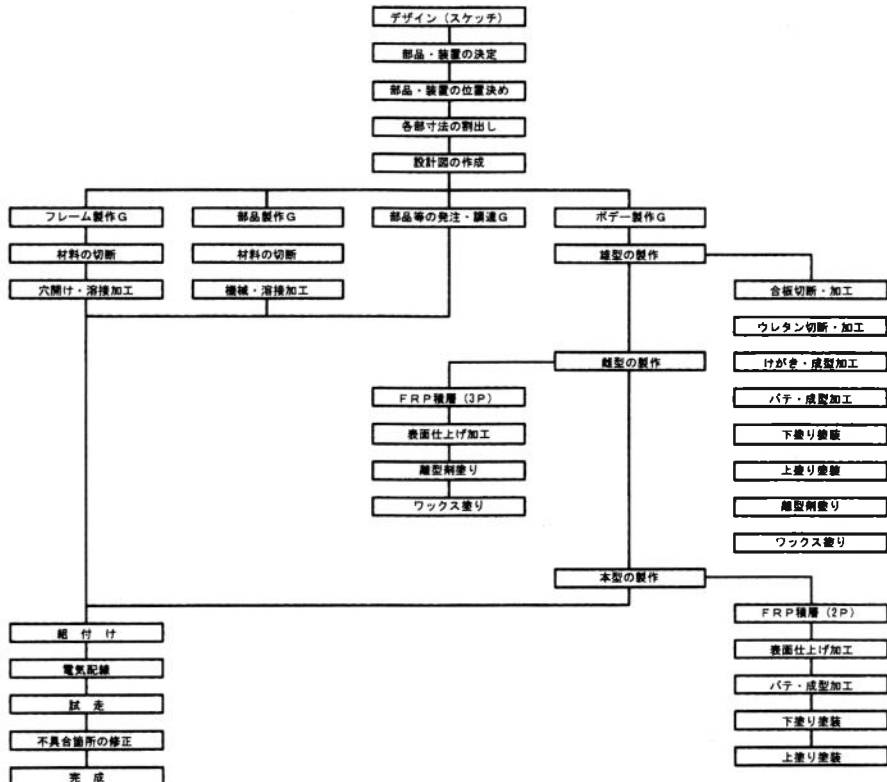


図1 ソーラーカー制作までの流れ

試作車には、構造の簡単な（整備性の良い）DCブラシ式モータ（出力：1.6 kW）を選択した。図3は、試作車に搭載したモータ（右）の概観である。

3. 1. 2 コントローラ

コントローラは、モータの回転数（車速）やトルク（駆動力）を運転状況に合わせるため、モータに加える電圧や電流を変化させるものである。その制御方法には、抵抗方式、蓄電池組替え方式、パルス幅変調（PWM）方式（チョップ方式）がある。

試作車には、一番効率の良いパルス幅変調（PWM）方式を搭載した。図4は、試作車に搭載したコントローラである。

3. 1. 3 ボリューム

ボリュームは、コントローラに指示電圧を送るもので、メーカーが指定している性能のボリュームを市販品から選択した。

3. 1. 4 バッテリ（蓄電池）

バッテリーは、モータに加える電圧を安定させ、太陽電池からの電気を蓄える役目をする。バッテリーの種類は、鉛蓄電池、ニッケル・亜鉛蓄電池、銀・亜鉛蓄電池、ニッケル・水素蓄電池、ニッケル・カドミウム蓄電池、ニッケル・鉄蓄電池、ナトリウム・硫黄蓄電池などさまざまである。これらの中から小型・軽量でエネルギー密度が高く、充・放電サイクル特性の良いものを選べば良いが、鉛蓄電池を除きコスト高である。

試作車には、メンテナンス面やコスト面を考慮し密閉型・鉛蓄電池を搭載した。図5は、試作車に搭載した密閉型・鉛蓄電池の概観である。

3. 1. 5 モータマウント

モータマウントは、モータをリヤシングアームに固定するためのもので、厚み5 mmの鋼板とL鋼を穴あけ・溶接加工した。図6は、モータマウントの設計図である。

3. 2 充 電 装 置

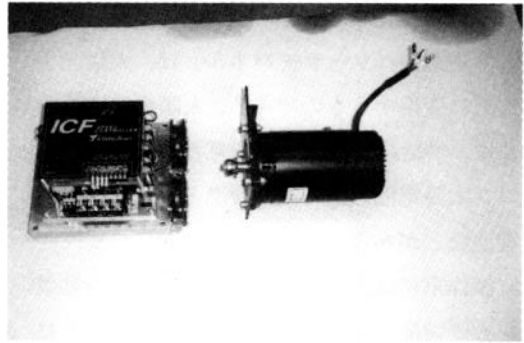


図3 モータ（右）

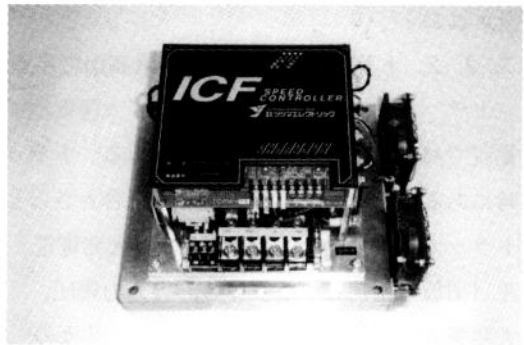


図4 コントローラ



図5 密閉型・鉛蓄電池

3. 2. 1 太陽電池

太陽電池（ソーラーパネル）は、太陽光を電気に変換するものである。太陽電池の種類には、単結晶シリコン太陽電池、多結晶シリコン太陽電池、アモルファス・シリコン太陽電池などがある。

試作車には、変換効率の良い単結晶シリコン太陽電池をボデー寸法の範囲（平面積）に収まる最大量（560 W：40 W×14 枚）を貼り付けた。

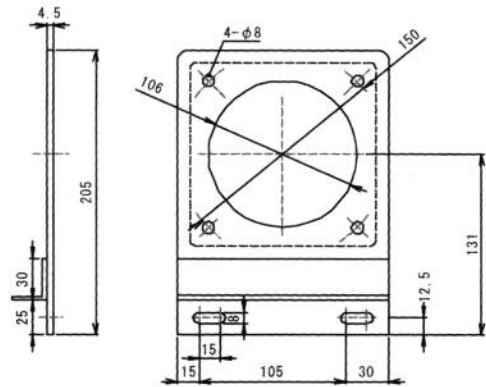


図6 モータマウント（設計図）

3. 2. 2 トラッカ（MPPT：最高出力点追尾装置）

トラッカは、日照の変化に応じて太陽電池で発電する電気の最適作動点を求め、その時の最大電流でバッテリーを充電する装置である。トラッカを通さない場合、晴天で日照が強く太陽が南中時にある時は、トラッカを通した場合とさほど効率に差はないが、その他の条件下では大きい。

トラッカを選ぶ場合、太陽電池の最大発電電圧（開放電圧）とトラッカの許容入力電圧、太陽電池の最大出力動作電流とトラッカの許容入力電流に余裕があり、小型・軽量で高効率なものを選ぶことが重要である。

試作車には、上記のことを考慮しトラッカ本体の消費電力が1 W以下と高効率で許容入力電圧が250 Vと市販品の中で許容入力電圧の高いものを選んだ。図7は、フレームに取り付けたトラッカである。



図7 ト ラ ッ カ

3. 2. 3 太陽電池据付台

太陽電池据付台は、太陽電池を貼り付ける台で、日照を最大限受けるためとドライバを直射光から避けるため車体から支柱を立てその上に配置した。今回の走行場所は風が強いとの情報があったので、空気抵抗の少ない形状とし、材質は軽量で強度のあるカーボンハニカム材を用いた。

3. 3 動力伝達装置

動力伝達装置は、モータで発生するトルクをドライブシャフト（駆動輪）に伝えるもので、チェーン&スプロケット方式、ダイレクトドライブ方式、ベルト駆動方式などがある。

試作車には、整備性が良く比較的容易に減速比が変えられるチェーン&スプロケット方式を採用した。駆動側スプロケットは#35の歯数10から15までの6種類、非駆動側スプロケットには歯数80, 90, 110の3種類を準備した。これにより、ファイナルレシオ（総減速比）は5.33から

11まで18段階の設定が可能になる。

ドライブシャフトは外径30mm、肉厚5mmの鋼管を旋盤加工し、これにレーシングカート用のスプロケットハブを取り付けた。

3.4 アクスル及びサスペンション

アクスル及びサスペンションは、車両の荷重を支え、走行中は路面からの振動や衝撃を和らげるものである。種類はリジッドアクスル式、車軸懸架式、独立懸架式などがある。試作車には、乗り心地や路面状況などを考慮し独立懸架式とした。

フロントサスペンションは、サスペンション取付け台、スイングアームステ、アッパアーム、ロアアーム、ナックル、ナックルアーム、スピンドルシャフト、アームジョイント及びショックアブソーバで構成されている。サスペンション取付け台は、板厚3.2mmの鋼板、スイングアームステは、板厚4mmの鋼板、アッパアームとロアアームは、外径17mm、肉厚2mmの鋼管、ナックルは、25mm角、肉厚1.5mmの鋼管、ナックルアームは、板厚4mmの鋼板、スピンドルシャフトは、外径17mmの中実鋼を切断・穴あけ・旋盤・溶接加工した。アームジョイントには市販品のピロボール（ロッドエンド）、ショックアブソーバは市販品（バイク用）を用いた。図8～図10は、フロントサスペンションの設計図、図11は、フレームに取り付けたフロントサスペンションである。

リヤサスペンションは、サスペンション取付け台、スイングアームステ、スイングアーム及びショックアブソーバで構成されている。サスペンション取付け台は、板厚3.2mmの鋼板、スイングアームステは、板厚4mmの鋼板、スイングアームは、21mm角、肉厚1.5

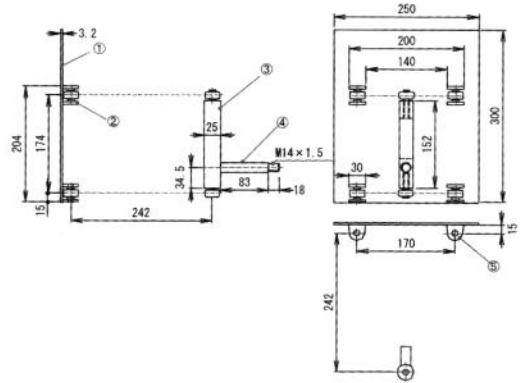


図8 フロントサスペンション（設計図1）

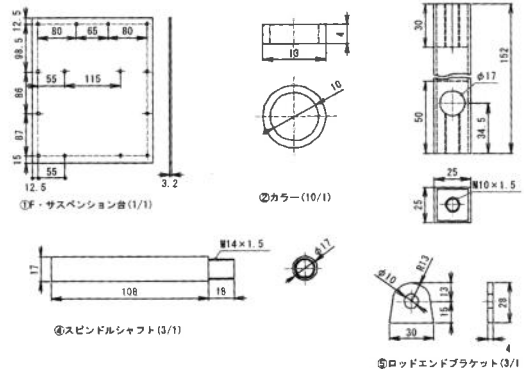


図9 フロントサスペンション（設計図2）

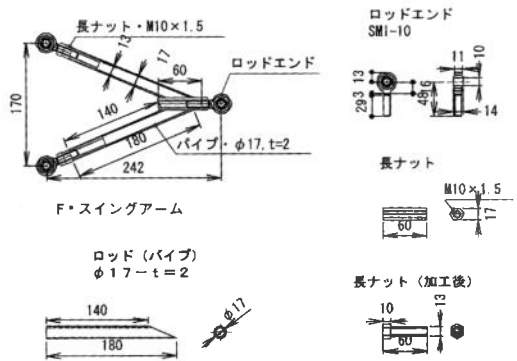


図10 フロントサスペンション（設計図3）

mmの鋼角管を切断・穴あけ・溶接加工した。ショックアブソーバは市販品（バイク用）を用いた。図12及び図13は、リヤサスペンションの設計図、図14は、フレームに取り付けたリヤサスペンションである。

3.5 ステアリング装置

ステアリング装置には、ダイレクト方式（センタピボット方式）、リンク方式（アッカーマン・ジャント方式）、ラックピニオン方式などがある。

試作車には、操縦安定性の良いラックピニオン方式を採用した。ステアリング装置はステアリングハンドル、ステアリングシャフト、ステアリングシャフト取り付けステ、

ステアリングギヤボックス、ステアリングギヤボックス取り付けステ、ラックエンド（タイロッド）及びタイロッドエンドで構成されている。ステアリングハンドルとステアリングシャフトはレーシングカート用、ステアリングギヤボックスは軽自動車用、タイロッドエンドは市販品のピロボール（ロッドエンド）を流用した。ステアリングシャフト取り付けステは板厚5mmのアルミ板、ステアリングギヤボックス取り付けステは板厚8mmのアルミ板、ラックエンド（タイロッド）は外径13mm、肉厚1.5mmの鋼管を加工した。図15は、フレームに取り付けたステアリングギヤボックスである。

図15は、フレームに取り付けたステアリングギヤボックスである。

3.6 ホイル及びタイヤ

ソーラーカーに用いているタイヤは、自転車用（マウンティングバイク用）、小型バイク用（ス

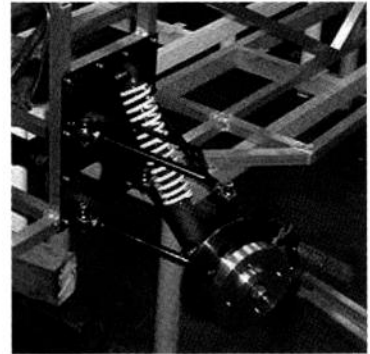


図11 フロントサスペンション

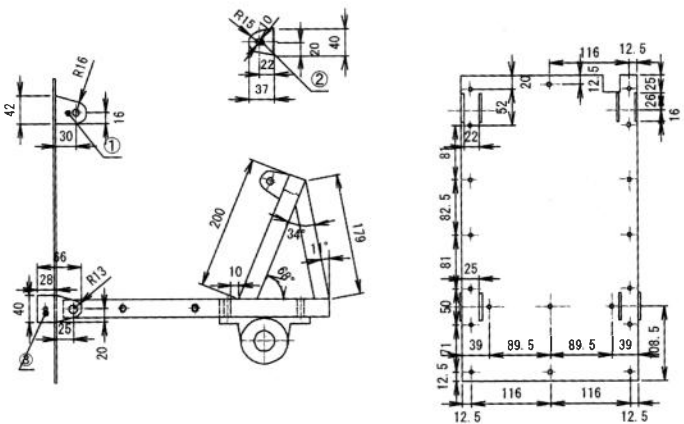


図12 リヤサスペンション（設計図1）

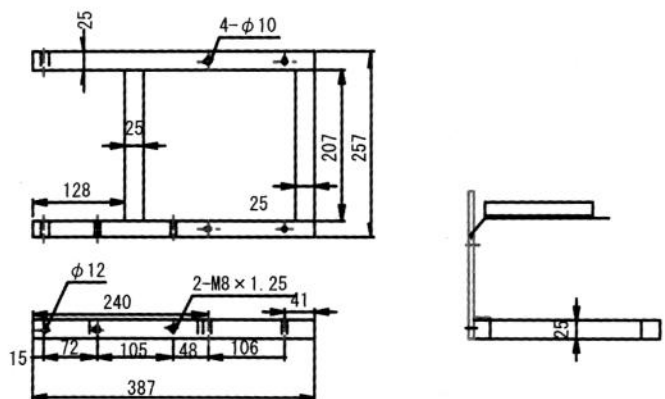


図13 リヤサスペンション（設計図2）

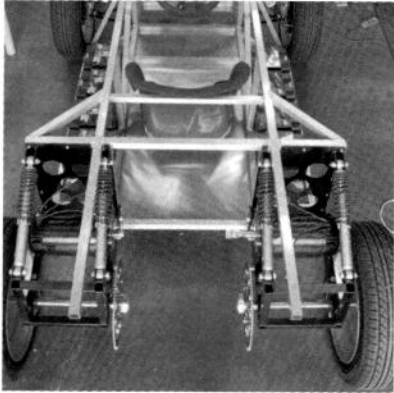


図14 リヤサスペンション

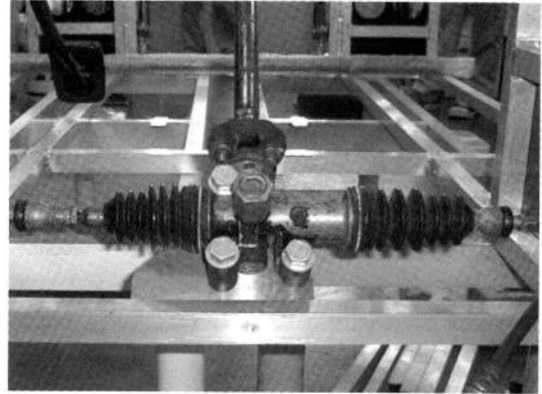


図15 ステアリングギヤボックス

リックタイヤ), ソーラーカー専用のものが主である。エネルギー管理の面から考えるとソーラーカー専用のタイヤが有利である。

試作車には、今回の走行ルートに未舗装路面があることを想定していたことと長時間走行や整備性の面を考慮して軽自動車用のタイヤを装着した。ホイールは、タイヤサイズ145/65-13のものに合わせたサイズ4.5J-13のアルミホイールを選んだ。また、ホイールレイアウトは、横力に強い前2輪・後2輪の四輪配置とした。ホイールを取り付けるためのフロントハブ

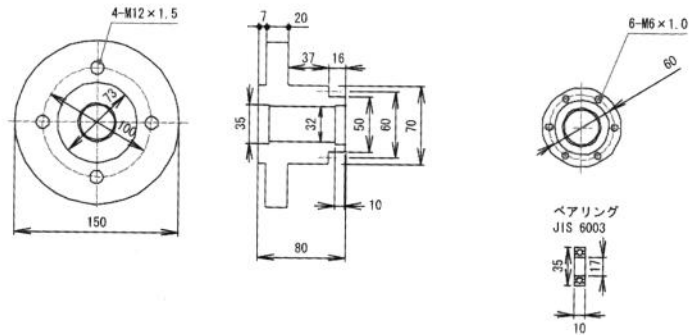


図16 フロントハブ (設計図)

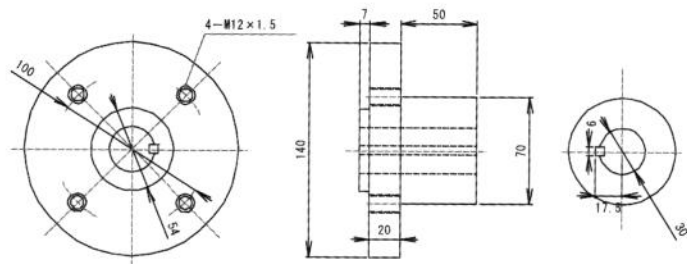


図17 リヤハブ (設計図)

及びリヤハブは、外径150mmのアルミ中実棒を旋盤、フライス加工した。図16は、フロントハブの設計図、図17は、リヤハブの設計図である。

3.7 ブレーキ装置

ソーラーカーに用いられる主制動装置には、ディスク・ブレーキ、ドラム・ブレーキ、キャリパ・ブレーキなどがある。試作車には、一般公道を走行するので制動時に安定した制動性能が得られるディスク式ブレーキを採用した。この装置は、ブレーキペダル、マスタシリンダ、マスタ

シリンダ取付けステ、ブレーキパイプ、ブレーキホース、ブレーキキャリパ、ブレーキキャリパ取付けステ及びブレーキディスクなどで構成されている。マスタシリンダには自動車用マニュアルミッション用マスタシリンダ、ブレーキホース及びブレーキキャリパは小型バイク用、ブレーキディスクには#35、歯数80のチェーン用スプロケットを旋盤加工して用いた。マスタシリンダ取付けステは板厚8mmのアルミ板、ブレーキキャリパ取付けステは板厚5mmの鋼板、ブレーキパイプはφ6の銅管を加工した。駐車ブレーキは主ブレーキのブレーキパイプの途中に市販の耐油性コックを取り付け、駐車はブレーキペダルを踏みコックを閉じることで行った。図18は、フレームにステと共に取り付けたマスタシリンダである。

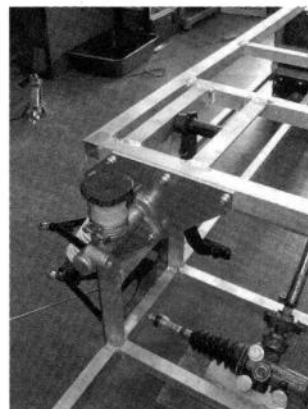


図18 マスタシリンダ

3.8 フレーム及びボデー

3.8.1 フレーム

フレームはアルミ管や鋼管を主体としたバックボーン型、スペースフレーム型、カーボンファイバやガラスファイバを主体としたモノコック型がある。軽量・強度の面ではカーボンファイバ製のモノコック型が最良であるが、試作車は、技量・コスト面から比較的軽量で強度の得られるよう25mm、肉厚2mmのアルミ角管を加工したスペースフレーム型とした。図19は、フレームの設計図、図20は、フレームの外観である。

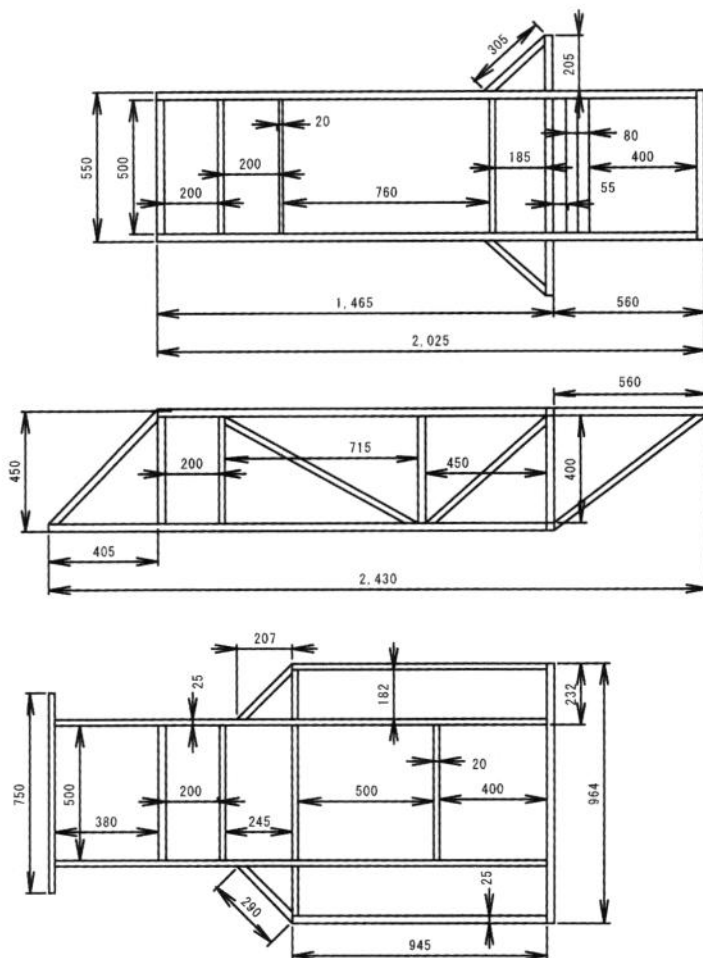


図19 フレーム（設計図）

3.8.2 ボデー

ボデー形状は空気抵抗軽減を重視した水滴形（流

線形) のフルカウル型や操縦性を重視したオープン型などがある。材質はカーボンファイバやガラスファイバ, アルミ板がよく使われている。試作車では, 走行する地域の気温が高い, 公道を走行するなどの理由から, 快適性, 安全性を重視しオープン型とした。材質は多少の技量は必要であるが, 比較的空気抵抗の軽減が図れるガラスファイバ製とした。

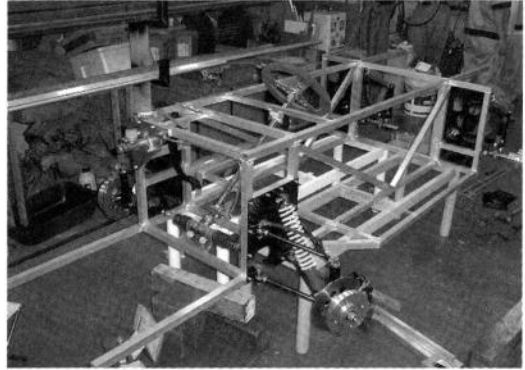


図20 フレーム

ガラスファイバ製ボデーは, 雄型-雌型-実際に使用する本型の順に製作した。雄型は, ボデーの原型で発泡ウレタン(1000 mm×2000 mm×100 mm)を貼り合わせたブロックに基準線を描き, それを基に軽石, ヤスリ, サンドペーパーなどで不用部分を削り取り製作した。その表面は粗いので, ポリエステルパテで滑らかに仕上げた。雌型は, 雄型から抜き取り易いように雄型の表面に離型剤を塗布した。その上にガラスマットを樹脂で塗り込み抜き取ったものである。実際にフレームに取り付ける本型は, 雌型の内面に離型剤を塗布しその上にガラスマットを樹脂で塗り込み抜き取ったものである。図21は, 雄型(右)と雌型(左)を, 図22は, 本型の概観である。

3.9 補器(計器類)

ソーラーカーに装着する計器類は, スピードメータ, 電圧計, 電流計, 積算電流計, バッテリー残量計などである。バッテリー残量(容量)を知る方法には, 電圧計でモータ駆動時の電圧を測りそれから残量を推測する方法や積算電流計を2個用い充・放電量から計算によって残量を算出する方法及びマイコンを組み込んだバッテリー残量計から直接残量を読取る方法などがある。試作車には, スピードメータとバッテリー残量を知るためのバッテリー残量計のみを装着した。



図21 雄型(右)及び雌型(左)

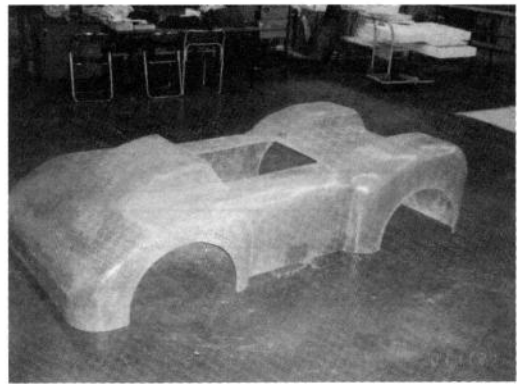


図22 本型

3. 10 保 安 装 置

保安装置は走行中の安全を確保するものでストップランプ、フラッシュランプ、クラクション、シートなどである。試作車には、ストップランプ、フラッシュランプは軽自動車用、クラクションはバイク用、シートは軽量で安定性の良いレーシング・カート用を流用した。

4 試作車の概要

図 23 は、試作車の概観、表 1 は、その諸元（仕様）である。車体寸法は、全長：2850 mm、全幅：1360 mm、全高：1100 mm と軽自動車クラスの大きさである。車両重量（車両質量）は、安全性や強度を重視したのでレース用（80～100 kg）に比べ、約 1.5～2 倍となった。太陽電池は車体寸法にほぼ収まるよう、40 W のものを 14 枚（総発電量：560 W）貼りつけた。バッテリー及びモータの数は、シルクロード走行初日に修理した際に変更したものである。バッテリーは、当初 10 個搭載していたが、走行初日のトラック故障の際に太陽電池からの入力電圧がバッテリー端子電圧と合わず 8 個に変更した。モータは、当初 2 個搭載していたが、総減速比を最大にして走行した際、勾配の強い坂を登りきれたので 1 個を取り外した。

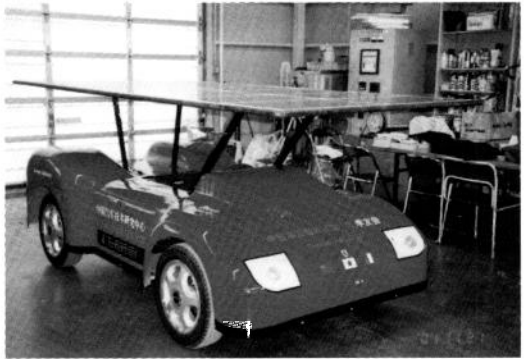


図 23 試 作 車

表 1 試作車諸元

寸法・重量	全長	2,850 mm		
	全幅	1,360 mm		
	全高	1,100 mm		
	軸間距離	1,648 mm		
	車輪距離	前輪	1,185 mm	
		後輪	1,165 mm	
	車両重量	150 kg		
最低地上高	200 mm			

太陽電池	メーカー	シャープ		
	セル	タイプ	シリコン・単結晶	
		変換効率	17.1 %	
	パネル	出力	40 W	
		枚数	14	
		配列	7 直列・2 並列	
		変換効率	1.6 %	
総出力		560 W		

車体・構造	フレーム	アルミ合金		
	ボデー	FRP		
	サスペンション	前輪	ダブルウィッシュボーン	
		後輪	スイングアーム	
	ステアリング	ラックピニオン		
	ホイール	4.5J×13		
	タイヤ	145/65-13		
ブレーキ	油圧ディスク			
駆動・伝達装置	スプロケット・チェーン			

蓄電池	メーカー	ODYSSEY	
	種類	鉛・密閉型	
	総電圧	96 V	
	総容量	30 Ah	
	総重量	87.2 kg	

性能	ソーラーパワーによる最高速度	25 km/h
	蓄電池による最高速度	56 km/h
	推定平均速度	35 km/h

電池系統	モータ	メーカー	ツシマエレクトリック
		タイプ	DC・ブラシ
		型式	B F 9-160 H
		定格出力	1.6
		定格回転数	5,000
	コントローラ	メーカー	ツシマエレクトリック
		型式	T C F W-96-100
	トラック	メーカー	ツシマエレクトリック
		型式	P T 206 H V

5 おわりに

今回のシルクロード走行実験では、当初の目的であった“太陽光発電で得た電力のみで走行するソーラーカーの開発”と“中国の人々への地球環境改善の提唱”は達成できた。一方、走行初日から充電不能のトラブルに見舞われたり、搬送に時間がかかり走行時間が制限されるという問題点も露呈した。しかし、筆者らをはじめ製作や遠征に携わったメンバーにとって今回の経験は、貴重な思い出として心に残ることを確信した。

おわりに、試作車製作に多大な協力を頂いた遠山壽氏に謝意を表す。また、試作車製作や中国遠征に参加した本学卒業生：佐々木佳久氏をはじめ本科生2年：石田裕彦君、堀田耕平君、戴焯恵さん、張小春さん、本科生1年：西郷迪宏君、加文雄三君、専攻科生（自動車工学専攻）：古田直規君、篠原正也君、福井俊洋君、近藤俊也君、島田智仁君および今回のシルクロード走行実験に携わった関係諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高橋正則, 高行男. “ソーラーカーの製作 (第1報, ソーラーカーラリーイン能登)” 中日本自動車短期大学論叢, 第23号 (1993) p.43-47.
- 2) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高橋正則, 高行男. “ソーラーカーの製作 (第2報, W. S. R. Japan in Ogata)” 中日本自動車短期大学論叢, 第24号 (1994) p.73-78.
- 3) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高行男. “ソーラーカーの製作” 自動車整備技術に関する研究報告誌, 第24号 (1995) p.14-18.
- 4) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高行男. “ソーラーカーの製作 (第3報, W.S.R. in Akita. S.R. In Noto)” 中日本自動車短期大学論叢, 第27号 (1997) p.31-37.
- 5) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高行男. “ソーラーカーの製作 (第4報, '99 W. S. R.における走行シミュレーション)” 中日本自動車短期大学論叢, 第30号 (2000) p.25-29.