

学童教育用ソーラーカーの設計・製作*

福栄 堅治¹⁾ 島田 清²⁾ 近藤 嘉弘³⁾ 河井 一馬⁴⁾

Design and trial manufacture of a solar car for a schoolchild education

Kenji Fukue Kiyoshi Shimada Yoshihiro Kondo Kazuma Kawai.

Global warming issue has become a great concern recently and needs of ecological life have become popular. However, this action cannot be completed only by a certain or particular parties but also all people need to take a certain level action. To do so, education, especially for schoolchild is quite important, and we decided to make solar cars based on the request of ASUTAMU-LAND Scientific Park for educational purpose.

This report shows a solar car design concept, the actual manufacturing process and the performance test result. Three manufactured solar cars are now used for the "Child Motor School" of the event of ASUTAMU-LAND.

Key Words: solar car, education, schoolchild, ecology, global warming

1. はじめに

徳島県内にある総合学習施設である「あすたむらんど」から、小学生向けの教育用ソーラーカーの製作依頼があった。

地球温暖化が現実の問題として認識されるようになり、エコロジー運動が官民上げて実施されるようになって来ている。電気自動車 (EV) の市販開始や、風力発電システムの本格稼働、また、ソーラーパネルを使った自家発電もその流れの中で捉えられる。

こういったエコロジーへの取り組みは、どこか一つの企業や組織が行えばそれで完了するという性質のものではなく、広く国民が取り組んでこそ、その成果を発揮できるものとする。したがって、エコロジーに対する必要性を、学童期の子供たちからきちんと伝えることが重要であり、「あすたむらんど」からの申し入れを本学としても前向きに取り組む必要を感じた。

学童期の子供たちが楽しく、興味深く、エコロジーのひとつの究極の形であるソーラーカーを身近に感じ、その構造と働きを学習するための実走行可能な車を提供することを目標に設計作業と製作を行ったので報告する。

2. ソーラーカーの狙い

学童期といっても小学生の1年生と6年生では知識の差はもとより体格の差も著しく大きいことと、小さいとはいえ実走行可能な自動車であることから、安全面を考慮して小学生の4~6年生をターゲットに計画することとした。小学生の平均身長と体重は表1に示すとおりであり、ここから、身長 $140 \pm 10\text{cm}$ 、体重 $35 \pm 10\text{kg}$ の学童が操作できることを

条件とした。

表1 身長,体重,座高の平均値(全国)

区分	男子		女子		
	身長	体重	身長	体重	
	平均値	平均値	平均値	平均値	
小学校	1年	116.7	21.4	115.8	21.0
	2年	122.5	24.0	121.7	23.5
	3年	128.2	27.2	127.4	26.5
	4年	133.5	30.5	133.5	30.0
	5年	138.8	34.1	140.2	34.1
	6年	145.0	38.4	146.8	39.0

文部科学省 学校保健統計データ 平成22年度速報版より

ソーラーカー製作の狙いとしては、下記目的を達成できることとした。

- (1) アスタムランド来場者に対し、究極のエコカーであるソーラーカーの構造を分かりやすく説明できるものとする。
- (2) 園内の特設コースでの試乗により、静かな走りを体験できるものとする。
- (3) 上記により、エコカーへの関心を醸成できるものとする。

3. 基本レイアウト及び設計条件

「あすたむらんど」からの提示条件は、下記のとおり。

- (1) 小学生が興味を持つ外観であること。
- (2) 運転がしやすいこと。
- (3) 緊急時に非常停止できること。
- (4) 安全面に配慮した構造であること。
- (5) 予算は25万円/台で3台製作すること。

*2012年8月7日受理。第44回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2)・3)・4)徳島工業短期大学(779-0108 徳島県板野郡板野町犬伏蓮花谷100)

- (6) 動力装置は「あすたむらんど」から支給したものを
使用すること。
- (7) 園内の平坦路（全長 50m の 8 の字路）を歩く程度
の速度で走行し、乗り換え時間などを含み数時間運
転できること。

3.1 ソーラー発電量の検討

ソーラーカーといっても、太陽の日射量は一定ではな
いため補助的なバッテリーは必須であり、また、ソーラー
パネルは高価であるばかりでなく発電量を大きくするた
めにはかなりの面積を必要とする。今回のソーラーカー
の目的は、実用性よりは教育効果を重点に置くものであ
ることと、園内の平坦路を乗り換え時間を含めて数時間
走行できれば良いことから、ソーラーパネルの容量は、
バッテリーへの補充電と位置づけることとした。

「あすたむらんど」から支給された動力ユニットを使
用した市販車のスペックを表 2 に示す。

表 2 動力ユニット関連のスペック

SpecSheet		型式	WT-T4G
詳 細 元 件	サイズ(長さ×全幅×全高)	1040×550×900mm	
	バッテリー含む総重量	51.5kg	
	モーター(90V対応)	DC24V270W×1個	
	バッテリー(鉛酸タイプ)	シールドタイプ(12V・14Ah×2)	
	充電時間(フル充電時)	6~8時間	
	タイヤ(径・幅)	230×100mm(パンクレスタイヤ)	
	駆動方式	後輪直接駆動方式(デフ付)	
	制動方式	後輪(モーター直接駆動方式は2速減速ブレーキ)	
	制御方式	アクセルレバーによる無段階電子制御方式	
	性 能	最高速度 前 進	1~6km/h
後 退		1~2km/h	
最大登坂角度		13°	
充電走行距離		10km	
最小回転半径		1.1m	
段差乗り越え高さ		50mm	
段差乗り越え幅	60mm		
最大車両重量(運転時)	115kg		

「あすたむらんど」から支給された動力装置は最大出力 270W
のモータを搭載した、いわゆるシニアカーの動力ユニットで
あり、検討したところ平坦路を時速 4km/h 程度で走行するに
は 60W 程度で済む見込みであり、補充電容量としてはその半
分の 30W 程度で十分と結論付けた。

3.2 車体構造

車体のフレームは、手作りしやすい角鋼管で構成するこ
ととし、走行する場所が園内の平坦路であることからサス
ペンションは取り付けず、フレームのしなりで対応するこ
ととした。ステアリング系などはレーシングカートの部品
を流用することから、少し大きめのレーシングカート様の
車体にソーラーパネルを取り付けた構成とすることに決定
した。また、後述するように形状のバリエーションを二種
類とするが、車体の基本構造は同一とすることとした。

3.3 バリエーション

小学生に車自体への興味を引かせる目的で、女子バージ
ョンと男子バージョンの二つを製作することとした。

各バージョンの車両コンセプトは、下記とした。

女子バージョン

- (1) 太陽を表すひまわりをモチーフとし、ソーラーパネ
ルを取り付ける。

- (2) 車の持つ危険なイメージを持たない角の取れたデ
ザインとする。

男子バージョン

- (1) レーシングカーのイメージをデザインモチーフと
する。
- (2) ソーラーパネルをウイングに取り付け、スポーテ
ィなイメージを出す。

言葉だけでは分かりにくいいため、1/5 のイメージモック
を作成し、「あすたむらんど」に提示し、基本的な方向性を
決めた。イメージモックの写真を、写真 1、2 に示す。

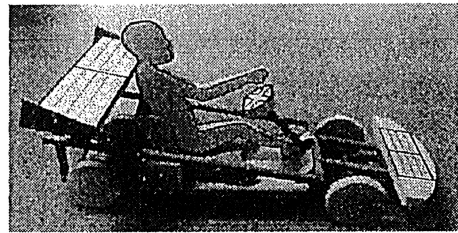


写真 1 男子バージョン

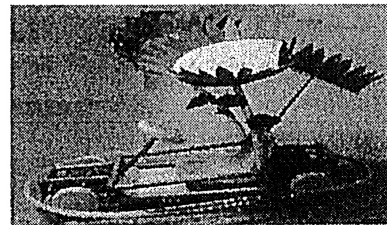


写真 2 女子バージョン

4. 詳細レイアウト

基本的な方向性が決定されたので、詳細レイアウトの検討
を行った。詳細レイアウトでは、実際に使用する各 부품の寸
法及び価格から、予算をにらみながらの作業となるため、当
初想定していた予算配分の見直しも必要となった。大きな見
直し項目と予算配分の見直しは、安全面の確保から前後にセ
ンシングエッジ(写真 3)と呼ばれるタッチセンサーをつけた
バンパーを取り付けるため、ソーラーパネルを日本製から価
格の安い中国製に変更したことである。



写真 3 センシングエッジ

4.1 各バージョンの主な仕様

男子バージョンでは、スポーティなイメージを出すため
に、シートはレーシングカートのフルバケットシート(写
真 4 左)を使用し、ステアリングも角型のステアリングホ
イール(写真 5 左)を採用した。

これに対し女子バージョンでは、シートは丸型のチェア(写

真 4 右) の足を切って取り付けることとし、ステアリングも丸型のカラフルなもの(写真 5 右)を採用した。

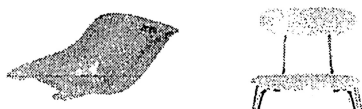


写真 4 シート形状



写真 5 ステアリング形状

男子バージョンのリヤウィングは可倒式として、人などがぶつかったときの安全面を確保するとともに、ソーラーパネル面を太陽に向けることが出来るようにした。これに対し女子バージョンのソーラーパネルは丸型としてひまわりの飾りを周囲に取り付け、パネル面が太陽に向くようにボールジョイントを使用するとともに、茎に当たる部分は細いシャフトを使って、走行中にひまわりがゆらゆらと揺れるようにした。

各ステアリングには、メインスイッチの他に、電池残量計、電圧計、各種パイロットランプを取り付けることとした。メインスイッチは3ノッチ式とし、停止、ソーラー充電、走行状態を選択でき、停止及びソーラー充電位置ではキーが抜けるようにして、担当者がソーラーカーから離れても安全を確保できることとした。

ステアリング周りのレイアウト図を図 1 に示す。

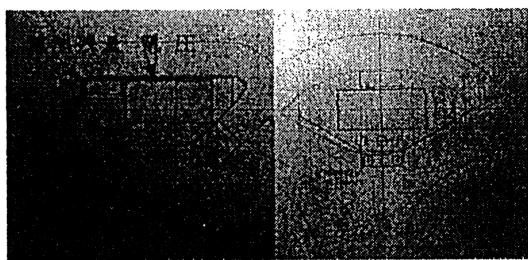


図 1 ステアリング取り付けのメタレイアウト

使用するソーラーパネルは 5W 及び 15W のものを使用することとした。写真 6 は 5W 仕様のもので、上面は板ガラスで覆われており、裏面は樹脂でコーティングされており少し湾曲しているため固定には周囲をブチルシーラーで接接着することとした。

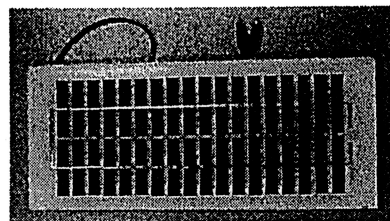


写真 6 ソーラーパネル(5W仕様)

ソーラーパネルの仕様を表 3 に示す。男子バージョンではフロントスポイラーに 5W 仕様を 2 枚、リヤスポイラーに 15W 仕様を 2 枚使用し計 40W とし、女子バージョンでは一つのみまわりに 5W 仕様を 2 枚使用して、計 30W とすることとした。

表 3 ソーラーパネル仕様

	5W 仕様	15W 仕様
出力電圧 max	21.60V	21.70V
出力電流 max	0.32A	0.93A
定格電圧	17.5V	17.6V
定格電流	0.29A	0.85A
重量	0.41kg	1.23kg
寸法(mm)	350×165×28	450×290×28

ステアリングシャフトはステアリングホイールとともにレーシングカート用の物を流用することとした。シャフトにはいろいろなメーカーのものがあるが、シャフト長の一番長い製品として、図 2 のものを採用した。

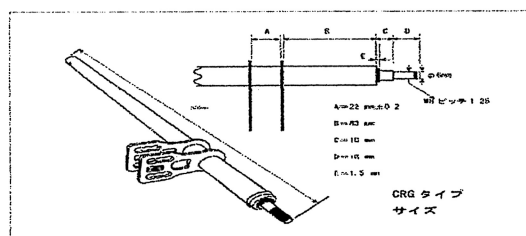


図 2 ステアリングシャフト

リヤアクスルは、動力ユニットと一体となっているため、フレームにボルトでそのまま取り付けられるが、フロントアクスルは新規に製作しなくてはならない。サスペンションを使用しない死軸式のアクスル図面を外部機械加工業者に渡して製作してもらうこととした。キャンバー角は 10 度、キャスター角は 15 度とし、フレームには直接溶接にて取り付ける予定であるが、キャスター角については試走後最終決定したいと考えているので、まずはフレームにボルトで仮固定しておき、試験走行後溶接にて固定する計画である。

4. 2 詳細レイアウト図

詳細レイアウト図面を図 3 に示す。

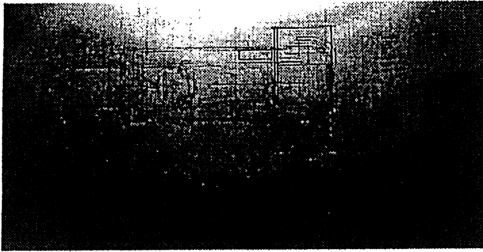


図3 詳細レイアウト図

フレームの基本形状は、本学で実績のあるバギーのフレーム製作の経験を活かし、二つの四角形フレームを上下に合わせた形状とした。こうすることにより2本のサイドメンバーを全長に渡り切断することなく通すことが出来るため、強度面で有利なためである。フレームは25mmの角鋼管を基本とするが、上部のフレームは角部にアールをつけて安全面を配慮するためΦ24.1mmの丸鋼管を採用することとした。

ステアリングシャフトは、上部のステアリングフォルダの取り付け位置をずらすことにより、9°チルトさせることが出来るとともに、ステアリングボスについても軸方向に50mm調整できる構造を採用することで、運転者の体格の差をカバーできることとした。

4.3 安全面の配慮

小学生が運転するということから、安全面には最大限配慮をするべきと考え、下記対策を講じた。

- (1) 前後にセンシングエッジつきのバンパーを取り付け、走行中の接触時には非常停止させる。
- (2) シートベルトを取り付け、シートベルトを装着しないと電源が入らないようにする。
- (3) 最高速度は、調整つまみをシート後方に設置し、運転手が操作できないようにする。
- (4) 乗車時に躓かないように、足元のフレーム高さを低くする。

5. シャーシ製作

5.1 フレーム

下側のフレームは、25mmの角鋼管で形の違う二つの長方形を重ね合わせて、上側のフレームΦ24.1mmの丸鋼管と、写真1のように縦に角鋼管で上下のフレームとつなぎ合わせて溶接をする。フレーム製作後に下塗りを施し塗装をする(写真7左)。

安全対策としてリヤバンパーΦ24.1mmの丸鋼管を曲げ、リヤタイヤを囲むように下部のフレームに溶接をする。又、左右のコーナー部分には安全対策としてゴムラバーを付ける(写真7右)。

フレームの前部には、ステアリングを取り付ける為の三角形フレーム、ソーラー台座のフレーム、丸鋼管で足元になるフレームでホディーとしての形をつくる(写真7下)。

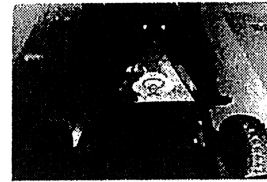
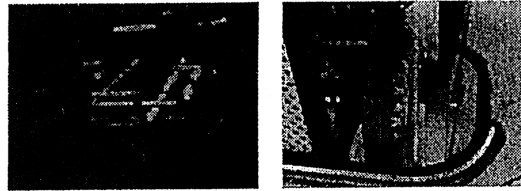


写真7 フレームの状況

5.2 ステアリング及びアクスル

サスペンションを採用しない構造であるフロントアクスルは、キャンバー角を10° キャスター角は15° に設定しフレームに直接溶接をする(写真8左右)。リアアクスルは、動力ユニットと一体となっているためフレームにボルトにて固定する(写真8下)。

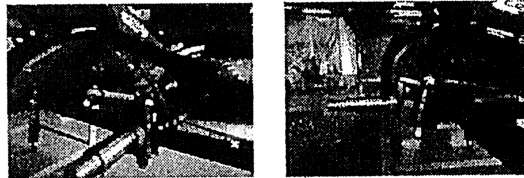


写真8 アクスル

ステアリングホイールには電池残量計、電圧計、パイロットランプ、及びメインスイッチを取り付ける。電池残量計と電圧計及びパイロットランプの取り付けは、加工したアルミ板に埋め込みステアリングホイールにボルト止めをする。メインスイッチは、ステアリングホイールに穴をあけて取り付ける(写真9)。



写真9 ステアリングホイール

5.3 フロア

フロアは、コンパネを使用しボルトにて取り付ける、その上に厚めのゴムラバーを貼り付けて、フロア上にはアクセルスイッチやシート及びシートベルト、バッテリーを取り付ける。アクセルスイッチは、足元で操作できるようにブラケットに固定する(写真10左)。

バッテリーは、左右にベルトにて固定する。尚、シートベルトは、バックルに差し込まなければ走行できないしくみとした(写真10右)。

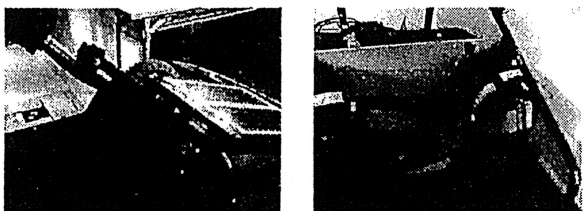


写真10 フロア部

6. ソーラーパネルの製作

6.1 男子バージョン

男子バージョン用のソーラーパネルは、フロントスポイラーに5W仕様を2枚、リヤスポイラーに15W仕様を2枚使用して40Wとする。フロントスポイラーは厚さ15mmの合板で加工し、ソーラーを付ける為に枠組みとして厚さ5mmの合板を重ね合わせて表面にフィルムを貼る。そしてソーラー2枚をはめ込みボンドで固定する。前部には、安全対策として衝突時に動力停止するセンシングエッジ(タッチセンサー)を取り付ける(写真11左)。

リヤスポイラーは厚さ15mmの合板で加工する。その上にソーラーを2枚ボンドで貼りつけ、厚さ5mmの角材使って枠組みする。左右のコーナー部分には安全対策としてゴムラバーを付ける(写真7右)。また、リヤスポイラーには角度を自在に調整できるように金具を取り付ける(写真11下)。

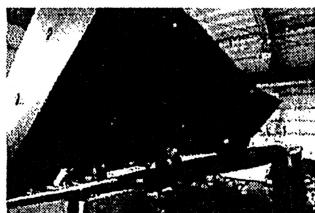
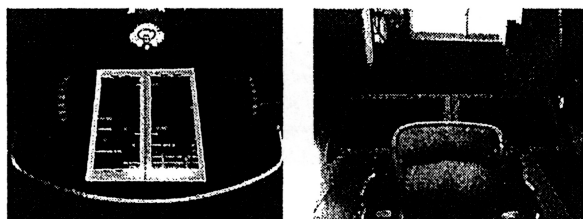


写真11 ソーラーパネル

6.2 女子バージョン

女子バージョンは5W仕様を6枚使用する。丸く加工したコンパネに緑のビニールを貼り、ソーラーパネルを2枚貼りつける。コンパネの外周には黄色いビニールを花びらに似せて取り付ける。それは3個製作しフロントに1個リヤ側に2個取り付ける。フロントに取り付けたソーラーパネルは、ボールジョイントを使って角度を自由に調整できるようにした。リヤ側のソーラーパネルは、左右対称に細いシャフトを立て、そのうえにパネルを取り付ける。シャフトの回りには葉っぱに似せた緑のビニールを巻きつける(写真12)。

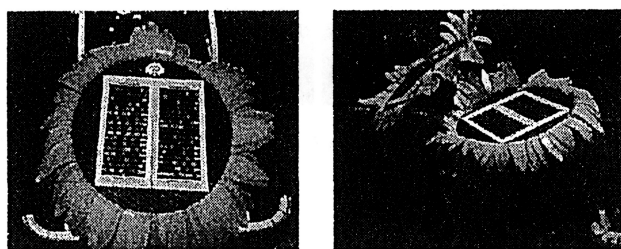


写真12 女子バージョン用ソーラー

6.3 配線

メインスイッチ、電圧計、電池残量計、コントローラシートベルトスイッチ、タッチセンサー、ソーラーパネル、バッテリー等はコントローラ及びリレーを使って配線をする。バッテリー充電用ソケットは左側に設置する(写真13)。

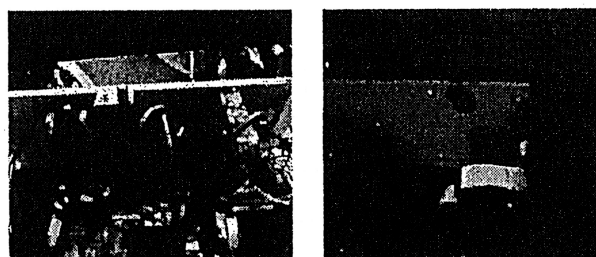
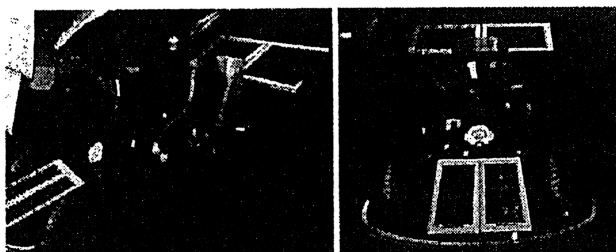


写真13 配線と充電用ソット

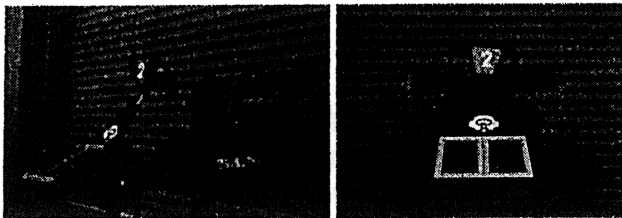
6.4 完成したソーラーカー

完成した車両を次に示す(写真14)。

(1) 低学年用



(2) 高学年用



(3) 女子用

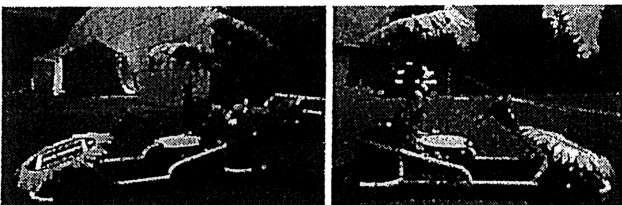


写真 14 完成したソーラーカー

6. 5 車両詳細

完成した車体に関する主な仕様は、表 4 に示す。

表 4 仕様

項目	男子バージョン		女子バージョン
	低学年用	高学年用	
全長	1,600 mm	1,700 mm	1,600 mm
全幅	920 mm	920 mm	1,100 mm
ホイールベース	1,100 mm	1,200 mm	1,100 mm
フロントトレッド	600 mm	600 mm	600 mm
リヤトレッド	480 mm	480 mm	480 mm
最低地上高	75 mm	75 mm	75 mm
最小回転半径	2,000 mm	2,000 mm	2,000 mm
車両重量	58 kg	59 kg	66 kg

完成したソーラーカーの性能は表 5, 6, 7 に示す測定結果となった。電圧、電流を測定した時の状況は、電池残量計の指針が約 1/2 であった。また、測定時の天気は、晴れていたが比較的雲の多い日で、外気温は 4℃であった。

表 5 モーター

	平坦路		登坂路	
	最小	最大	最小	最大
調整ツマミ	5 V	15 V	5 V	20 V
電圧	8.7 A	12.2 A	9.7 A	2.7 A
電流				

表 6 バッテリー

	平坦路		登坂路	
	最小	最大	最小	最大
調整ツマミ	24 V	22 V	24 V	20 V
電圧	0.8 A	0.8 A	1.0 A	1.5 A
電流				

表 7 ソーラー

	太陽光に正面向き	太陽光に横向き
電圧	24 V	24 V
電流	1 A	0.6 A

7. おわりに

ソーラーカーとして製作したものであるが、搭載スペースの制約によりソーラー出力を 30~40W とせざるを得なかった。天気によっては、平坦路でスピードを調整すれば、十分ソーラーだけで走行可能であるということが実測値の数字から推測される。今回残念ながら確認できなかった。

自然の力によってエネルギーを蓄え、必要な時に蓄えられたエネルギーを活用する、そういう環境にやさしい乗り物を通じて学童期の子供たちが学び、成長してくれることを願いたいと思う。

なお、これら 3 台のソーラーカーは、あすたむらんどの開園 10 周年記念イベントに合せ、本学からあすたむらんどに寄贈され、これまでに「子供自動車教室」とその他のイベント時に小学生を対象に使用されている。本年度も 7 月と 1 月にイベントが予定されている。イベント以外には、科学館に常設展示されており、来場者の関心を得ているようである。

イベント時には、本学自動車工学専攻科の学生が、小学生の走行指導とソーラーカーのメンテナンスとして参加しており、その意味でも地域社会との連携が行われている。参考として、昨年 9 月の子供自動車教室（天候の関係で屋内で実施）のときの写真を写真 15 に示す。



写真 15 ソーラーカーを使った子供自動車教室

謝 辞

本研究の遂行にあたり「社団法人 東京自動車技術普及協会」からの助成金を賜りました事を記して、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 島田 清, 助道永次「ハイスピードオフロードバギーの試作」 徳島工業短期大学紀要第 13 刊 2009 年