

鈴鹿用ソーラーカーの設計

神奈川県立平塚工科高等学校 社会部

顧問 白澤 敏広 部員 成田 強・濱崎 建途・小高 達也
高橋 怜也・諏訪 日向

1. はじめに

本校社会部は環境問題をテーマとしソーラーカーやエンジンエコラン、電気エコランなど省エネカーについて研究する工業系部活動である。

今回の発表では、鈴鹿用ソーラーカーのベースとなったワールドソーラーバイシクルレース参戦の歴史とドリームカップソーラーカーレース鈴鹿エンジョイ用車輻開発への取組について発表する。

2. ワールドソーラーバイシクルレース (WSBR) 用車輻の歴史

ソーラーカー研究のスタートは、1997年だった。ガソリンエンジン自動車は近いうちにモーターへと移行するだろうと考え、今まで参加していたガソリンエコラン用車輻を参考にソーラーカーを製作し、参加したのが秋田県のWSBRであった。

初年度の車輻は、上下面が平面の流線形をした形状で、前面投影面積は 0.38m^2 と大きく、高速走行には不利であった。98・99年の車輻前面投影面積は、 0.29m^2 と小さくなったが、車輻としての完成度が低く、上位を望めるものではなかった。

2000年の車輻(写真1)は、さらに軽量スリム化したもので、前面投影面積は 0.27m^2 まで減少し性能も上がったが、前方視界が悪いと不評であった。



この当時、上位車輻の殆どが電気自動車の競技車輻をソーラーカーとして使用したもので、それらの技術を積極的に取り入れるためにその後、調査研究に重点を置くようになった。

3. 高性能を目指したWSBR車輻の製作

2001年仕様の設計ポイント

- ① 前面投影面積及びCd値を低く
- ② 軽量化目的でカーボンカウルとする
- ③ フレーム剛性の強化
- ④ 整備性の向上
- ⑤ 低重心設計による安定性



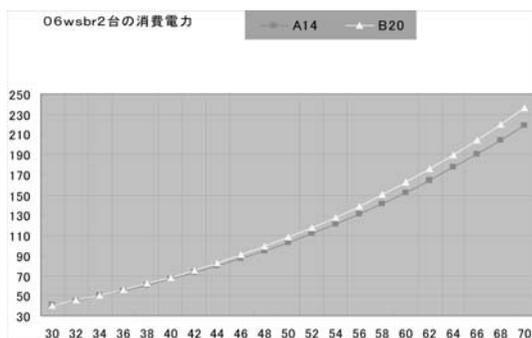
2001年車輻(写真2)は前面投影面積 0.31m^2 と大きいですが、三次曲面カーボンカウルの採用によりCdAは低く抑え、カウル重量も40%の軽量化を達成した。フレーム材料もA6063から7N



01に変更し軽量化と剛性を確保した結果、最低地上高を20mmとすることも可能となった。車輻は3台製作され各種比較テストで活躍した。

2006年は、小径14インチタイヤの登場で一段と空気抵抗を減らした新車を製作した。14インチタイヤ採用による車輻性能の向上予測をシミュレーションしたものを表1に示す。20イン

チタイヤの車輛（B20）と14インチタイヤの車輛（A14・写真3）を比較し、車輛速度（横軸）と消費電力W（縦軸）で表した。



4. WSBRから得たソーラーカー技術

ソーラーカーのスタートがWSBRであったため基礎的な知識は、ここがベースとなっている。

安価に作れるWSBR車輛は毎年のような周期で車輛が作れ、直線コースの秋田では車輛性能が分かりやすい。また、出力の小さなWSBRは、各パーツの効率向上が性能に大きく関係することが確認しやすいため、年を追うごとに技術向上ができた。

5. 秋田から鈴鹿ソーラーカーへ

2007年はWSBR総合優勝めざし新車製作（写真4）を行うことにした。最高速が70km/hを越える条件下では、空力面の強化が重要であり、その部分に特化した新車を製作し総合優勝を果たした。この事により次の目標として鈴鹿参戦が決定した。

(1) 鈴鹿ソーラーカーの調査・研究・分析

WSBRの教訓として、調査研究に鈴鹿大会へ3回（3年間）、秋田WSRへ1回の現地調査を実施して、資料や大会映像、他チームからの情報を得て分析を行った。



調査結果から判明した重要要素

- ① コーナリング中タイヤが浮く、滑る、減る
- ② コーナーは速く、速度を落とさない
- ③ 回生ブレーキは積極的には使わない
- ④ 空力面に改善の余地がある

①②の対策としてトレットを広くする必要性があり、その影響でフレームや部品の大型化による重量増となり、安易な軽量化は剛性不足を招くと考えた。また、コーナー速度の最適値が存在するとも予想した。

③の回生ブレーキに関しては結論を出せなかった。しかし、優勝車輛の平均速度が63km/hと速く減速するコーナーの対策が重要と考えた。

④は、平均速度が60km/hを越える車輛の空気抵抗は大きく、エンジョイクラスの車輛形状には改良の余地があると判断した。

(2) 鈴鹿参戦の目標と条件

初年度の具体的な目標

- ・鈴鹿エンジョイクラス6位以内
- ・周回目標…42周（後日40周に変更）

この目標達成のため、鈴鹿の各走行抵抗と全抵抗中の割合を考察した。

転がり、勾配、加速抵抗は、重量と比例し全抵抗中の割合は高く7割程度、旋回抵抗は、重量+速度（遠心力）に比例し全抵抗中の割合は速度とタイヤ条件で大きく違う。空気抵抗は、 $A \times Cd$ で全抵抗中の2割程度と少ないが、設計で他車と差を付ける事が可能だと考え、その後の車輛形状決定に大きく影響した。

6. 具体的な鈴鹿用車輛設計の条件

設計する上での目標設定値

- ① 空力の改善、他車より15%以上良く
- ② 車輛重量は90kg以下
- ③ コーナリングスピードは、トップより1割遅く
- ④ モーターは、ミツバ製M2096
- ⑤ アルミフレーム構造（実績がある）

- ⑥ カウルはゼットロン(安価で使いやすい)
- ⑦ サスペンションを付ける(他車も付けているから)
- ⑧ 14インチタイヤ採用

(1) 空力の改善

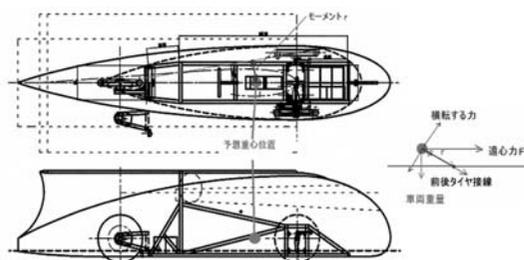
他車前面投影面積は $0.63\sim 0.6\text{m}^2$ でCd値は1.5以上、我々は $0.6\text{m}^2 \cdot 0.13$ 以下とする。

(2) 車輛の軽量化

カウルはゼットロンでFRP補強は最低限にする。太陽電池取り付けパネルは、スタイロフォームを心材としてFRP・CFRPで補強。

(3) コーナースピードはトップより1割減
高校生が運転するため、コーナーは遅く。

(4) コーナリング速度からトレットを決定
映像から他車速度を予測しコーナーの遠心力を求め安全率を考慮してトレットを算出する。



(5) モーターの選択

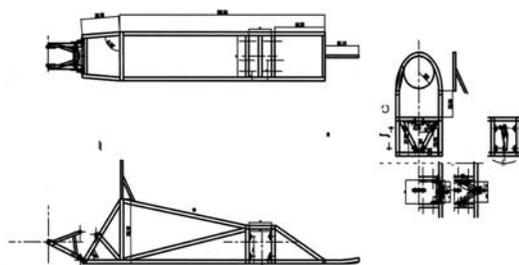
加速や登坂時のトルクと効率が重要な要素で、この領域で90~96%の効率を確保でき、細かい設定が可能な昇圧回生機能が付いている。

(6) フレーム

□30t2のパイプで全体を作り、サスペンションが付くので剛性は甘めに設定したが、フロントタイヤ間は剛性を高くしている。また、横転時にドライバーが飛び出さないパイプ配置とした。

(7) サスペンション

ジオメトリは正確に設定し、キャンバー角は-2度、サスストローク20mmで下5mm上15mmとしゴムバンプストッパーによるストローク調整機能を付けた。



バネレートは $F10\text{kg/mm} \cdot R12\text{kg/mm}$ でキヤスター角は4度、サイドスcaff0.1mm以下としている。アッパアームは水平より若干傾け作動性を良くしタイロッドはリレーロッド仕様とした。



7. 製作

10月から翌年の試走会まで9ヶ月間で製作しなければならず、理想を追求するのに苦労した。

(1) 製作スケジュール

- 10月 ドライバー・モータ・タイヤ等の寸法値決定、図面作成開始
- 12月 フレームの完成
- 3月 ステアリング・ハブ・ブレーキ等の完成
- 5月 走行テスト 横転限界テスト
- 6月 カウル・電装系統完成・試走会参加
- 7月 仕上げ作業

(2) 図面作成

レギュレーションや部品寸法から最低地上高や車高、重心位置、最小回転半径、サスペンション形式、フレーム形状などを決定し全体の調整を行い図面化した。

(3) カウル製作

ゼットロンは安価な上に圧縮強さが大きくFRPやアルミの積層が可能であり、加工もカッターで簡単に切れるなど作業性が良いため採用した。

精度向上の目的でベニヤの骨組みを作り、それに沿わせながら組み立て作業を行った。接着時間短縮のため、カットしたパーツもホットメルトで接着し、接合部分はガラスクロス1プラ



いで両面積層し補強した。

太陽電池取り付けパネルは、軽量化が要求されるため、スタイロフォームを心材とし中央部はカーボンで両サイドはガラスで両面積層し製作した。

フロントガラスは、2tアクリル板をフリーブローで成型した。

8. 車輛スペック

全長×全幅×全高：4000mm×1420mm×995mm
ホイールベース：1800mm トレッド610mm
重量：185kg (大会時、バッテリー・キャパシタ込み)
シャーシ部材：アルミパイプ 7N01 □30
ホイールサイズ：FR共14インチ RKエクセル
サスペンション：F・ダブルウイッシュボーン
R・スイングアーム

太陽電池：昭和シェル製FT132×12枚 477.6W
トラッカー：浪越エレクトロニクス製 PT208
バッテリー：古河電池製FPX12240H×8個
キャパシタ：日本ケミコン製2.5V600F×54本
前面投影面積：0.6m² 最小回転半径：13m

9. テスト走行

テスト走行は4回行われた。

1回目…横転限界の検証のため、定常円走行させ限界速度を求め、その結果から各コーナ



ーの速度限界を再計算した。

2回目…鈴鹿試走会で走行安定性の確認。

3回目…体重70kg規制が無くなった為、急遽実施。重心位置の変更に伴う横転限界の確認と横転前にリヤスライドすることを検証。

4回目…予選もテスト走行を行い、サスペンション変更によるロール量の変化やキャパシタ積載の有無による走行性能の違いと効果の検証、キャパシタとバッテリー切り替えスイッチの操作練習。

10. 鈴鹿本戦

レースが始まると次第にドライビングやエネルギー残量にも余裕が出始めたため、若干速いペースへと変更し41周を走ることが出来た。また、初参加準優勝という結果も残せた。

11. 鈴鹿のまとめ

目標であった40周・6位以内を達成し、高校生でも運転のしやすい車輛を作れたことは、WSBRやWEMの経験があったからだと思う。また、その後の2年間で改良を加え大会新記録の45周で優勝した事が、設計思想の正しさと製作技術の確かさを証明してくれたと確信している。

工業教育資料 通巻第334号

(11月号) 定価 210円 (本体 200円)

2010年11月5日 印刷

2010年11月10日 発行

印刷所 株式会社インフォレスト

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 鳥根 正幸

〒102 東京都千代田区五番町5番地

-8377 電話 03-3238-7777

http://www.jikkyo.co.jp/