

ソーラーカーレース 40 年の軌跡

40 Years of Solar Car Racing

池上敦哉*

1. はじめに

1985 年に世界で初めてのソーラーカーレース「ツール・ド・ソル」がスイスで開催され、1987 年にオーストラリア大陸 3000 km を縦断する「ワールド・ソーラー・チャレンジ」(以下 WSC と略記) 第 1 回大会が開催されると、世界各国からの参加を集め、エネルギー危機への関心の高まりと共に、ソーラーカーレースへの興味は世界的なものとなった。以来、太陽エネルギーを動力源とするソーラーカーレースが世界各地で開催され、本年度でソーラーカーレースの歴史は 40 年を迎えた。

'80~'90 年代は第 1 回 WSC 優勝の米国ゼネラルモーターズや第 3, 4 回大会優勝のホンダに代表されるように、多くの企業が環境技術を磨き、デモンストレーションの場として参加していたが、現在では大学からの参加が中心で、多くの企業の支援を受けて開発した各国のソーラーカーが参戦している。

2. 日本国内のソーラーカーレース

1992 年、鈴鹿サーキットにて日本で初めてのソーラーカーレース“ソーラーカーレース鈴鹿”が開催された。1995 年からは FIA (国際自動車連盟) が統括する国際格式の大会となり、最盛期は予選落ちが出るほどの参加台数を集めたが、2021 年大会をもって幕を閉じた。

1993 年より秋田県大潟村で開催されている“ワールドグリーンチャレンジソーラーカーラリー”は、平坦な往復 25 km の“ソーラースポーツライン”を会場としており、鈴鹿サーキットがアップダウンとコーナーリングが続くテクニカルなコースであるのに対して対照的である。

“ソーラーカーレース鈴鹿”開催終了を受け、西日本のソーラーカー競技人口の受け皿として 2022 年に和歌山県旧南紀白浜空港滑走路で“白浜エコカーチャレンジ”が初開催され、日本国内で 2 大会の開催は辛うじて継続されたが、競技人口としては減少傾向にあることは否めない。

3. ソーラーカーレースの規定

「降り注ぐ太陽エネルギーはみな平等である」の基本理念の下、安全面への配慮と技術研鑽の場となるよう配慮された規定が制定されている。

3.1 太陽電池

ソーラーカーはその名の通り太陽電池をエネルギー源として走行するものである。太陽電池は一般的には車両に貼り付けるセルの合計面積で規定され、変換効率の高い太陽電池を使用すればより大きなエネルギーを得られる。これによって太陽電池サプライヤーにとってソーラーカーレースは技術デモ

* ヤマハ発動機 (株)



図 1 ワールド・ソーラー・チャレンジ コース図

ンストレーションの場となり得ている。

一方で、いくつかの大会で設定されている入門者向けカテゴリーの場合は、公称出力で搭載上限を規定され、さらに市販の PV モジュールに限定することで参加コストの削減と太陽電池性能の均一化が図られている。

3.2 バッテリー

ソーラーカーは一定速度での巡行時は太陽電池からの電力でまかなうが、加速時、登坂時、曇天時には車載するバッテリーからのアシストが必要になる。

搭載可能なバッテリーは、その種類によって搭載可能な重量が規定される。例えばリチウムイオン電池に対して、リン酸鉄リチウム電池は 2 倍、鉛電池は 5 倍等の重量が搭載が可能であり、競技スタート時にバッテリーが貯蔵しているエネルギーは同一になるよう規定される。この重量はバッテリー性能の向上に合わせて数年ごとに見直されるが、例えばサイクル寿命を犠牲にした重量エネルギー密度に優れた特殊なバッテリーを使用すればアドバンテージを得ることができる。

3.3 ドライバー体重

競技用ソーラーカーでは、車両重量は 100 kg 前半と軽量であり、乗車するドライバーの体重が走行性能に与える影響は無視できない。そこでドライバーの最低体重 (80 kg) が規定され、それに満たない場合は不足分のバラストを車載して調整する。車検時と競技中ドライバー交代時に必要なバラストが搭載されていることが大会本部によって確認される。

4. ワールド・ソーラー・チャレンジの変遷

1987 年に第 1 回「ワールド・ソーラー・チャレンジ」が開催され、2025 年夏開催予定の大会で第 17 回を数えるが、その間に車両の高性能化にともない、主に安全性を高めるために車両規定が変更されてきた。初期の WSC レギュレーションでは、全長 6 m × 全幅 2 m × 高さ 1.6 m に対し、太陽電池は長さ 4 m × 幅 2 m × 高さ 1.6 m の範囲に自由に設置することができた (第 3 回大会からは 4 ~ 4.44 m × 2 ~ 1.8 m の範囲内で、上方から見た面積が 8 m² 以下に小変更)。最大全長から太陽電池エリアを除いた 2 m 分の余裕の中にドライバーを収納して空力処理を行うことができたため、いわゆる「ゴキブリ型」と呼ばれる、キャノピー部分が突出しない、スムーズな形状のボディデザインが多く見られた。図 2

に第 1 回大会優勝のゼネラルモーターズ“Sunraycer”，図 3 に第 3 回大会優勝のホンダ“Dream”を示す。

1987 年当時は太陽電池の性能も低く、オーストラリア大陸 3000 km を縦断するとあって、十分な面積の太陽電池を搭載できるような車体サイズはトラック並みの大型サイズであった。しかし、全長 6 m に対し、一般的に前側 2 m にドライバーが収まることになるため、前面からの衝突安全性が十分とは言えず、チーム側としても普通自動車より大きい車両サイズは取り扱いに苦労が多かった。

そこで 1999 年の第 5 回大会から“カットアウトクラス”が新設された。全長 6 m × 全幅 2 m × 高さ 1.6 m の最大サイズに変更はないが、太陽電池は上面から見て 5 × 2 m の範囲内で、太陽電池部分の外端部を結んでできる長方形の面積から、キャノピー部分を除いた面積が 8 m² であれば良く、つまり、運転席を太陽電池の中央に設けても太陽電池面積上不利とはならないレギュレーションであり、全長 5 m 程度の比較的コンパクトな車両が増えた。図 4 に 1999 年大会で優勝したオーロラ“101”を示す。

2001 年第 6 回大会からは、さらに国際ソーラーカー連盟 (ISF) の提唱する ISF5000 クラスが追加された。これは全長 5 m、幅 1.8 m のボディサイズに収まっていれば太陽電池の面積は自由で、つまり最大で 9 m² の太陽電池面積が得られることから、



図 2 GM “Sunraycer” (1987)¹⁾

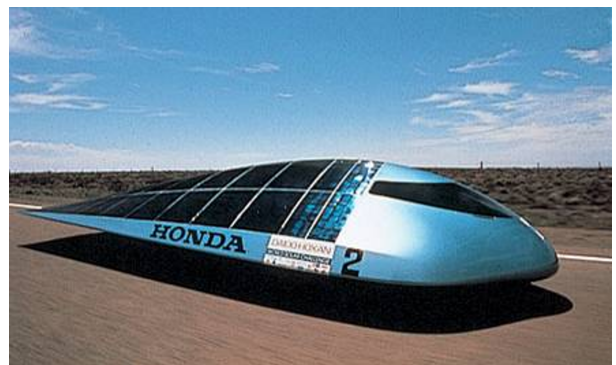


図 3 ホンダ “Dream” (1993)²⁾

これ以前のクラスより有利であり、急速に移行が進んだ。ただし、太陽電池面積を最大限に確保するために、ボディ形状はどの車も上から見た形状は単純な長方形となった。ボディ上面はすべて太陽電池で埋められてしまうため、デザインや空力処理に振り分けられるスペースは無く、どの車も画一的なデザインになっていった。デザイン上の空力的努力は“ボディをどれだけ薄くできるか”、“キャノピーをどれだけ小さくできるか”に限られ、その結果、ドライバーは完全に寝た状態で首だけを起こす乗車姿勢が常識になり、ハンドル位置もボディを薄くするために体の上には置かず、スティック状の“操縦桿”を体の両脇に置くことすることさえ定番となった。キャノピーは極限まで小さく、視界も限られたものになった。

このような車両規定とすれば、車体は四角い画一的なデザインになり、車体は薄く、ドライバーは首だけ起こした極端なスタイルになってゆくのは容易に想像できたが、大会主催者の考えは「WSCは一般公道を走行するため、とにかく車体寸法を一般自動車並みに小さくすることが必須」とのことだった。

予想通り回を増すごとに度を越えたとも思える極端な車両が増え、安全性に対する疑念の声も強くなった。

2005年大会で優勝した“Nuna3”の平均時速が



図4 オーロラ “101” (1999)

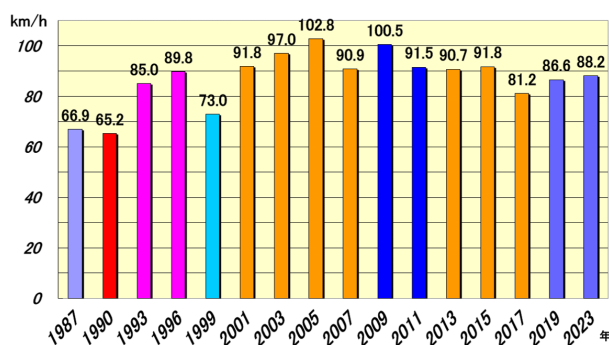


図5 ワールド・ソーラー・チャレンジ優勝記録の変遷

100 km/h を超えたことで、2007年大会からは太陽電池面積をより小さくすることで速度を下げ、安全性の向上を狙った新しい規定の“チャレンジクラス”に移行した。“チャレンジクラス”の車体サイズは全長5m、全幅1.8mで、太陽電池はセル面積の合計で6m²以下とされ、太陽電池面積は約30%削減された。極端に寝たドライブ姿勢ではシートベルトが実質的に機能しない問題があったため、シートの背もたれ傾斜角度が地面に対して鉛直から27度以下であることが規定された。それまではヘルメット着用義務は無かったが、2007年大会より義務付けられた。ドライバーの頭部を保護するため、車両重量の4倍の荷重に耐えるロールバーも装着が義務付けられるなど、安全面が大幅に強化された。これ以降、安全性への配慮から、大会ごとに様々な規定の改定が行われている。

4.1 優勝記録と大会規定の変遷

1987年第1回大会優勝のゼネラルモーターズ“Sunraycer”は、三菱電機製の宇宙用ガリウム砒素太陽電池を搭載していたが、それ以降の出場車は、2001年にオランダのNuonチームが宇宙用ガリウム砒素系トリプルジャンクション太陽電池を持ち込んで初出場、初優勝を遂げるまでは、すべて結晶系Si（シリコン）太陽電池であった。

2001年のNuonチームが先鞭となり、2007年大会では、上位10台中7台、2009年大会では上位10台中5台が、宇宙用化合物系太陽電池を搭載しており、通常入手できるSi太陽電池では上位入賞は困難な状況であった。

2009年、東海大学チームはシャープ（株）より宇宙用化合物系太陽電池（InGaP/InGaAs/Ge）の提供を受け、筆者が設計製作指導を行った“Tokai Challenger”（図6）が平均速度は100.54 km/hで総合優勝を遂げた。日本勢の優勝は1996年のホンダ“Dream”以来13年ぶりであった。

2005年大会で優勝記録が平均速度100 km/hを超えたことから、2007年大会より太陽電池の搭載面積を約30%減少させ、速度低下を狙ったが、わずか2大会目で優勝車の平均速度が再び100 km/hを超えたため、2011年大会の規定では化合物系太陽電池の面積は半分の3m²以下に変更された。結晶系Si太陽電池は6m²のまま変更がなかったため、実質的には化合物系太陽電池が排除されることになった。化合物系トリプルジャンクション太陽電池に比べれば、結晶系Si太陽電池は最高効率のものでも大幅に安価になることから、太陽電池の性能的

にはどのチームも優勝を狙えることになり、大会規定としてはより健全な方向へ向かったと言える。

2011年大会は“Tokai Challenger II”（図7）が平均時速91.5km/hで2大会連続優勝を遂げた。

2013年大会は、前回大会の優勝記録が平均時速100km/hを超えなかったことから規定に大きな変更は無いと予想されたが、3輪車が禁止され4輪が義務化、全長は5mから4.5mへ、ブレーキ性能の強化、ドライバーヘッドのスペースや視界の確保など、大幅な見直しが行われた。また、乗車定員が2名以上で、より実用を意識した“クルーザークラス”が新設された。優勝はオランダNuonチームの“Nuna7”であった。

この車両はフレネルレンズを使った集光型太陽電池パネルを車内に搭載し、これを朝晩の充電時間とコントロールストップの停車中に車外に展開することで、ボディ表面に貼り付けた太陽電池に加えて発電を得ており、これによってレース中の合計で約15%増の総発電量を得ていたと推定される。レース中に得られる太陽光は、太陽電池のセル面積を6m²に規定することで各車同条件とするのが基本的な考えであるが、集光型太陽電池ではセル面積に対して数千倍の受光面積を得ることが可能であり、セル面積で規定することが無意味である。しかもそれを車体外に展開することを認めたため、これを展開し



図6 “Tokai Challenger” (2009)



図7 “Tokai Challenger II” (2011)

た場合には他のチームよりも多くの太陽光を得ることができる。これは「降り注ぐ太陽のエネルギーはみな平等」というソーラーカーレース基本理念を逸脱したものであり、次回大会に向けて運営上の課題を露呈した。東海大学チームは2位、“クルーザークラス”の優勝はオランダの“Eindhoven”であった。

2015年大会では、2013年の問題を受け、太陽電池のセル面積規定に加え、受光できるエリアはボディ最大寸法である全長4.5m、全幅1.8m、高さ2.2mの範囲内に規定され、その範囲内であれば反射板、集光器等が使用が許可された。（図10）

図11のように、朝晩の太陽高度が低い時の太陽



図8 “Tokai Challenger” (2013)



図9 “Eindhoven” (2013)

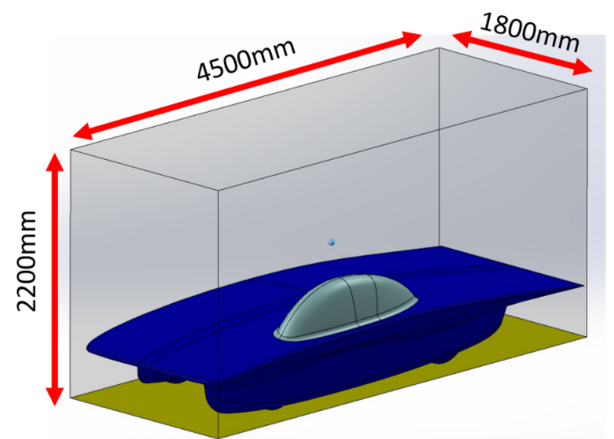


図10 最大受光エリア(車体最大寸法)

光入射を考えると、単純に車両を太陽に向けて傾けただけでは規定上の受光エリアを最大に使えていないことがわかる。反射板を展開することで、直接光成分で十数%の発電増が期待できるため、各チームは反射板をソーラーカーに搭載して対応した。

2017年大会では太陽電池面積が縮小され、Si太陽電池が $6\text{ m}^2 \rightarrow 4\text{ m}^2$ と大幅に縮小された一方で、化合物系太陽電池は $3\text{ m}^2 \rightarrow 2.64\text{ m}^2$ に微減に留まり、化合物系が有利になる可能性が指摘された。はたして優勝したオランダ Nuon チームの“Nuna9”は化合物系太陽電池を搭載し、その小面積のメリットを活かした全長3.3m、全幅1.6mと驚くほどコンパクトな車体で、空気抵抗の低減と軽量化を達成していた。

2019年大会では特に規定の変更は無かったが、上位チームは化合物系太陽電池による非常に小型化された車体の採用が進み、ホイールベースが極端に短い横風にあおられてコースアウト大破するトラブルが5チームと頻発し、次回大会の開催に課題を残した（2021年大会はコロナ禍のためキャンセル）。

2023年大会は化合物系太陽電池禁止が禁止され、3輪車が再び許可された代わりに45度の横傾斜でも横転しないことが求められた。安定性が高いと思われる4輪車義務付けから、3輪車が許可と一見安全面からは逆行しているように感じるが、4輪車で空気抵抗低減のため前面投影面積を小さくしようとすると、双胴型（カタマラン）のボディを採用することになり、双胴型は横風から強い力を受ける。3輪車であれば横風に強い単胴型（モノハル）を採用しやすくなるため、2019年大会で発生した横風事故対策として3輪が許可されたものと思われる。ま

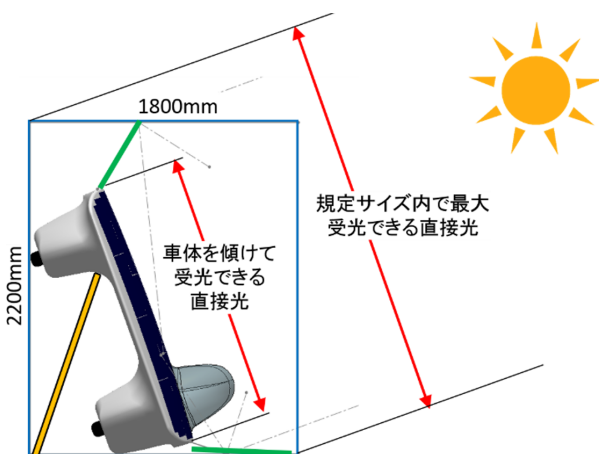


図11 低入射角時の受光姿勢

た大会側が寸法を指定する塩ビ製パイプによる身長190cm超のマネキンが乗車できることが必要とされ、ドライバーのスペースが拡大された。

本年2025年の大会は、それまでの10～11月から8月に開催時期が変更され、開催地である南半球のオーストラリアでは冬となる。このため、減少する日射量に対応し太陽電池面積は 6 m^2 と増加し、車両サイズも全長5.8m×横幅2.3mと大幅に大型化された。現実的には横幅2.3mの車両を一般公道で走らせることは困難と思われるが、車両寸法の自由度を活かして個性的な車両が見られることを期待したい。

5. 筆者のソーラーカー開発事例

筆者は1990年に早稲田大学の初代ソーラーカー“バイソラックス”を設計製作し、同年、第2回WSCに日本の大学チームとして初めて参加した。出場車中最も少ないバッテリー搭載量で速度は遅いながらも淡々と走り続け、毎日トラブルに会いながらも3000kmを完走した。平均時速は30km/h、総合順位は22位であった。

1993年の第3回大会には、小学館のアウトドア雑誌「ビーパル」の創刊10周年企画の連載としてスタートした、ゼロ・トゥー・ダーウィン・プロジェクトの“BE-PAL III”で参加した。

普段は雑誌の記事を書く文系メンバーと一緒に週末を使ってソーラーカーを作り上げ、レースでは第2回大会で3位入賞の名門ミシガン大学や、日本の大手自動車メーカーのワークスチームをレース中盤に抜き去り、総合10位。メーカー系、大学系チームを除くプライベートチームとしては最上位であった。

1999年第5回大会には、国内のレース会場やイ



図12 早稲田大学“バイソラックス”（1990）

ンターネットを通じて知り合ったメンバーで結成したチームジャンクヤードの“ガメラ”で参戦した。

当時のWSCの規定では、全長6m、全幅2m、太陽電池出力1200W以上が標準的だったが、“ガメラ”は全長3.2m、全幅1.3m、太陽電池出力520Wと、参加車中であっては奇異な目で見られるほどコンパクトな車体であった。この小さな車で3000kmを平均時速52.7km/hで完走し、総合順位17位(参加40台中)であった。最も少ないエネルギーで、効率良く走ったことを認められ、表彰式では技術賞をはじめ特別賞を多数受賞して関係者から高い評価を受けた。

2009年からは東海大学ソーラーカーチームの設



図13 ZDP “BE-PAL III” (1993)



図14 チームジャンクヤード“ガメラ”(1999)

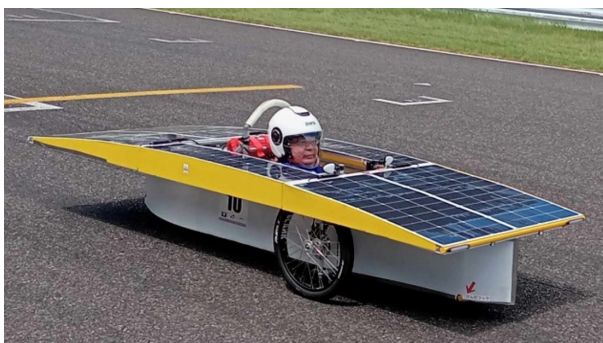


図15 MSC500 規格ソーラーカー

計製作指導を行っていることは前述の通りである。

6. MSC500 規格の提唱

近年、海外製のアウトドア用フレキシブルPVモジュールはソーラーカー用途として十分軽量であり、性能も良く、安価に購入できるようになった。リン酸鉄リチウム電池も軽量かつ安価で取り扱いも容易である。モーター/コントローラーも電動スクーター、キックボード用が安価であり、これらはすべて通信販売で入手可能である。筆者は、これらを上手に活用すればローコストな競技用ソーラーカーが製作でき、競技人口の増加につながると考え、2024年に入門者向けのソーラーカー“MSC500”規格を提唱した。

太陽電池は市販品の500W、バッテリーはリン酸鉄リチウム電池20kgを上限とし、製作実費はフルセットで約40万円程度で製作可能である。秋田県大潟村で開催される“ワールドグリーンチャレンジ”、旧南紀白浜空港で開催される“白浜エコカーチャレンジ”に参加して楽しめる性能を有している。興味がある方は、詳細情報はフェイスブック「できるかな? ミニソーラーカーを作ろう!」のページを参照されたい。

7. おわりに

ソーラーカーレースは自ら設計、製作した車両を使い、限られたエネルギーで、どこまで遠くへ、どれほど速く走ることができるかを競う知力を使ったブレインスポーツである。好成績を上げるには機械、電気の知識のみならず、化学、気象、チーム運営他、幅広い知識が必要になり、特に学生にとっては非常に教育的効果の高い競技であることから、今後もこの競技が発展、継続されることを期待したい。

参考文献

- (1) Bill Tuckey, Sunraycer (1989), 表紙 Chevron Pub. Group.
- (2) 本田技研工業, <https://www.honda.co.jp/>

著者紹介



池上 敦哉（いけがみ あつや）
ヤマハ発動機（株）勤務。プライベートチームである Zero to Darwin Project (<https://zdp.co.jp/>) のチーム代表を務める。学生時代にガソリンエコランにのめりこみ、ソーラーカー、ソーラーバイシクル、EV エコランカー、最高速自転車など数多くの作品を手がける。国内外のレースで多数の優勝入賞経験を誇る。