

## 特別講演

## Special Lecture

## 東海大学ソーラーカーの開発と活動

## Solar Car Development and Activity of Tokai University

木村 英樹<sup>1</sup><sup>1</sup>東海大学

## 1. はじめに

石油資源枯渇や地球温暖化に対処する創エネ・省エネ技術を高めるという視点から、1991年に東海大学ソーラーカープロジェクトが立ち上がり、これまでに11台のクルマを開発・製作してきた。当初は、変換効率13%程度の太陽電池を用い、鉄にフレームボディ、自転車用のタイヤを用い、汎用モータを使用し、鉛やニッケル亜鉛電池を搭載するなど、40km/hの巡航速度を出せる程度であった。それが今日では、23%台の太陽電池、カーボンモノコックボディ、大径狭幅ラジアルタイヤ、鉄系アモルファスコアダイレクトドライブモータ、リチウムイオンバッテリーなどを応用した結果、100km/hの速度を維持し、1日あたり700km以上の航続距離を実現するに至っている（図1）。ここでは、オーストラリア大陸縦断ソーラーカーレースのために、東海大学を中心に開発されたソーラーカーの技術とともに、チームの活動について紹介する。



図1 ソーラーカー「東海チャレンジャー」



図2 ソーラーカー用太陽電池モジュール HIT

## 2. ソーラーカーの開発ポイント

## 2-1. 太陽電池モジュール

太陽電池はソーラーカーのエネルギー源であり、その出力はクルマの性能に大きく影響する。かつては、宇宙用多接合化合物太陽電池が用いられたこともあったが、現在は比較的安価な民生用太陽電池の利用が有利になるようレギュレーションが定められている。搭載量はセル面積で規定されており、かつては8m<sup>2</sup>程度だったものが2007年に6m<sup>2</sup>になり、2017年からは4m<sup>2</sup>になる。このような面積削減は、一般公道で行われるソーラーカーレースの走行速度が100km/h以下になるよう抑えるためである。当チームでは、単結晶シリコンとアモルファスシリコンをハイブリッド接合したパナソニック太陽電池 HIT（図2）を、軽量ラミネート封止したモジュールを開発し搭載している。変換効率は23.2%であり、民生用として世界最高水準の性能を得ている。

## 2-2. 軽量&amp;低空力ボディ

ソーラーカーに限らず、移動体は軽量である方が省エネであるとともに、登坂・加速・コーナリング・ブレーキングなどの性能が向上する。また、空気抵抗が少ない形状のボディに、できるだけ太陽電池モジュールを1日あたりの発電量が多くなるようにレイアウトする必要がある。相反しやすい両者のバランス

を取りながら設計・製作が行われる。ボディ材料として東レの炭素繊維トレカを採用し、標準的な引張強度と弾性率をもつ T300 よりもハイグレード炭素繊維として、強度に優れた T700、T800 を使用するとともに、弾性率に優れた M60 を使い分けることで、バッテリー込み車両重量 125~160kg (ドライバーを除く) という軽量化を実現した。ボディ形状は 3D CAD を用いて設計され、CFD 解析ソフト SCRYU Tetra を用いて評価を行った。



図3 炭素繊維強化プラスチック製軽量ボディ

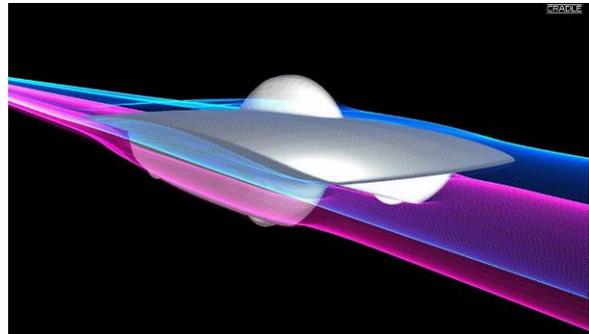


図4 CFDによる空力解析

### 2-3. タイヤ

ソーラーカー開発の黎明期は適当なタイヤが存在しなかったため、自転車用タイヤやそれを改良したものを用いていたことから、バンクが多いなどの課題があった。ソーラーカーの速度が高速化することで、4輪化が義務づけられ、低転がり抵抗を実現したソーラーカー用タイヤが開発された。当チームでは、ブリヂストンが開発している高速公道走行に対応した大径狭幅ラジアルタイヤである、エコピア with Ologic 95/80R16 を採用し、テストコースにおける走行試験などを行った。乗用車用タイヤの数分の1という驚異的な転がり抵抗係数を達成した。

### 2-4. モーター

高効率とともに軽量性が求められるモーターは、永久磁石 (PM) として最強のネオジウム磁石が表面に取り付けられ、チェーンやギヤを省いたダイレクトドライブ機構としている。最も特徴的であるのは、電磁石のコア材に鉄系アモルファス箔を積層したものを採用していることである。ミツバを中心に、JTEKT、日本ケミコンなどの企業が持てる技術出し合い、たとえばセラミック (窒化ケイ素) を軸受けの玉としたボールベアリングを採用することで、機械損失の低減を図るなどの試みも行われた。モーターコントローラ+モーターのピーク変換効率は 98%程度に達し、さらに回生ブレーキ機能も組み込まれた。



図5 ソーラーカー用ラジアルタイヤ



図6 高効率ダイレクトドライブモーター

### 2-5. バッテリー

各種モバイル機器の普及や電気自動車の実用化は、リチウムイオン電池の性能の向上があったからに他ならない。ソーラーカーではパナソニック製円筒型高容量リチウムイオン電池を組電池として、バッテリーを構成している。旅客機やスマートフォンにおける火災事故が問題になる中、BMS (バッテリー監視システ

ム)に加え、類焼防止対策などの安全への配慮を行ったバッテリーを独自に開発し搭載している。

### 3. ソーラーカーの運用

#### 3-1. テレメトリおよび気象データ計測

ソーラーカーは、太陽光発電によって得られるエネルギーと、走行によって消費されるエネルギーのバランスを取ることが重要である。F1 レースなどと同様に、ドライバーを運転に集中させるため、太陽光発電電力、モータ消費電力、車速、スロットル開度などの情報を無線で飛ばし、サポートカーで処理した結果を基に、目標速度指示を行っている。また、ヨットレースなどと同様に風の影響を大きく受けるため、風向・風速などの気象データを取得するセンサーをサポートカーに搭載している。

#### 3-2. 衛星画像処理による運行支援

ソーラーカーレースで最も変化するのは、太陽光発電量である。晴天時は予測しやすいが、曇天になると、晴天時に対して何%程度が得られるのかを事前に予測することは、かなり困難である。そこで、長辛平教授、中島孝教授の研究グループの協力を得て、2015年に運用がはじまった気象衛星ひまわり8号によるオーストラリアの画像を10分ごとに入手できるようにし、様々な波長バンドの画像から日射量推定を可能にしたシステムをレースで活用している。

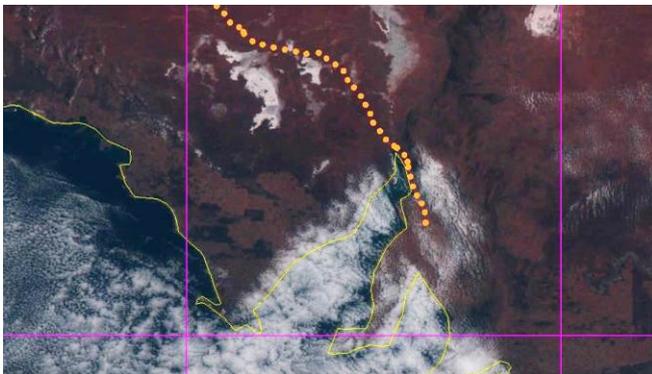


図7 ひまわりによる高精細衛星画像

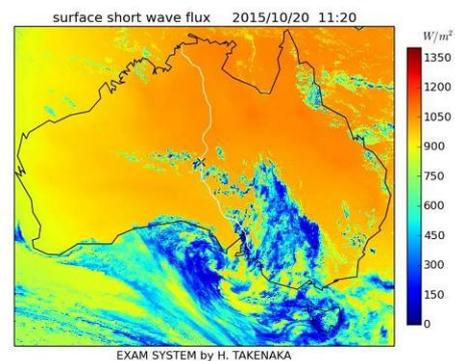


図8 日射量推定システムによる画像

### 4. ソーラーカーを用いたグローバル活動

#### 4-1. チャレンジセンターによるプロジェクト活動

社会的実践力を涵養する場として、本学は2006年にチャレンジセンターを設置した。ものづくり・地域活性・ボランティア・国際交流などが行われており、2017年度は21件の大型プロジェクト（でかちゃれ）が実施された。ソーラーカーの活動はこれらの中に位置し、開発・製作以外にも他のプロジェクトと連携して震災時の独立型太陽発電システムを提供したり、乾電池を動力源とした有人飛行機の電気システムの支援などをおこなったりしている。



図9 独立型太陽光発電をも応急仮設公民館



図10 びわ湖を飛んだ乾電池有人飛行機

#### 4-2. 地域連携活動

本学は、湘南キャンパスが所在する神奈川県ならびに、平塚市・秦野市・伊勢原市・大磯町などと提携し、To-Collabo プラグラム（地域連携活動）を展開している。その一例として、ソーラーカーチームは地域の産業フェアなど各種イベントへの出展や、近隣の小学生を対象としたエコカー教室の実施などを行ってきた。神奈川県との包括提携では、エネルギー問題への関心を啓発し、噴火による風評被害を減少させる観点から、2016年3月に箱根町と共同で芦ノ湖スカイラインにおけるソーラーカーの走行デモを実施した。

#### 4-3. 国際交流活動

東海大学ソーラーカーは、海外からの注目度が高い。2013年以降だけでもケリー・米国国務長官、ムハンマド・アブダビ皇太子、ナザルバエフ・カザフスタン大統領らが見学されるという栄誉が与えられた。2014年には、国際石油開発帝石による支援を受けながらアブダビの石油大学とのソーラーカー共同開発を行い、2015年にアブダビ行われた国際ソーラーカーレースで、米国ミシガン大学に次いで2位になるという成果に貢献した。このような活動は、日本のエネルギー資源外交の視点からも高く評価された。



図9 ケリー米国国務長官と学生の交流



図10 アブダビ石油大学との共同開発

#### 4-4. ブランディング活動

ソーラーカーは多くのスポンサーである企業・団体などの支援を受けており、広報成果もひとつの達成すべき目標としている。大正製薬やパナソニックなどのTVCMなどでも、ソーラーカーや乾電池有人飛行機を見た記憶がある人も多いのではないだろうか。チームとしてもYouTube・Facebook・WEBなどのネット媒体や、チラシ・ポスターといった紙媒体をはじめとして、各種メディアを利用したブランディング活動を積極的に行っている。

#### 5. 今後の動向

ここでは、東海大学ソーラーカーの技術と活動について紹介した。2017年はオーストラリアでのBridgestone World Solar Challengeの30周年大会が開催される年である。当チームは、この大会で2009年と2011年に優勝して以来、2大会ほど2位や3位に甘んじている。次回は1987年当初の半分となる4m<sup>2</sup>以下といった太陽電池面積になるなど大きな変化があるので、創意工夫を生かせるチャンスがある。24%付近の太陽電池出力をいかにして多く獲得できるかが開発の焦点になるだろう。軽量かつ低空力ボディなどの開発・製作も鋭意進行中である。2017年10月8日にはじまる同大会では、オランダのデルフト工科大学・トゥエンテ大学、アメリカのミシガン大学・スタンフォード大学といったライバルチームたちに打ち勝ち、優勝トロフィーを奪還したいと考えている。ぜひ注目していただき、応援をよろしく願いたい。

Hideki Kimura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokai Univ.