

工学院大学ソーラーカーの取り組み

Activities of Kogakuin University Solar Team

濱根洋人*

1. はじめに

工学院大学ソーラーチームは、全学部全学科の学生が集まる学生団体である。横断的専攻の学生が主体となり、創造活動を通して、自らの成長と自立、チームワーク力を育成するプロジェクトである。学生フォーミュラ、ロボコン、鳥人間など11団体が学生プロジェクトとして活動している。

チームは2009年に設立して、本年度に記念すべき10周年を迎えることができた。図1の2年ごとにオーストラリアで開催される世界大会 Bridgestone World Solar Challenge (BWSC) に参戦している。約30年間続く世界大会の歴史に比べ、チームの歴史は短いが3度の出場ができた。2度目のBWSC2015はクルーザークラスで準優勝を取めた。秋田県大潟村で開催される国内大会 World Green Challenge では、4度の優勝と大会記録を取めた。設立時の学生数はわずか数名である。10年間で数百名の規模に拡大した。2017年度には工学院大学総合研究所のソーラービークル研究センターが設置され、立派な作業場ができた。約20名の横断的教職員と6名の外部アドバイザーから指導を受けている。サポート企業や団体は50団体を超えた。チームを育て上げて頂いた方々に、多大なご協力を頂いている。本稿は10周年を迎えた工学院大学ソー



図1 Bridgestone World Solar Challenge

ラーチームの取り組みを紹介する。

2. チーム設立から方針決定まで

2000年頃、NHKロボコンに出場する団体が初めて誕生した。当時のプロジェクトはロボコンのみである。著者が所属していた研究室が設立を提案し、新宿キャンパスを拠点に活動を続けていた。その後1～2年生が就学する八王子キャンパスへ活動を移すことになる。八王子キャンパスの中央に位置する17号館建設とともに学生プロジェクトの拡充が提案され、夢づくり工房が設置された。夢づくり工房の誕生とともに様々なチームが設立した。工房の黎明期にソーラーカーチームの設立が提案された。製作費や作業場が必要になることから著者は設立を当初はお断りしたが、学生に呼び掛けたところ数名の学生が集まった。この学生と共に工学院大学ソーラーチームが誕生した。資金がない、道具もない状況である。工房はすでに設立した多数のプロジェクトで手狭になり活動場所がなかった。図3のように



図2 ソーラービークル研究センター (2017年)

*工学院大学工学部 教授
工学院大学ソーラーチーム 監督
(〒192-0015 八王子市中野町 2665-1)



図3 2016年まで作業場がない状況
(活動場所を転々として作業をした。上写真は校舎軒下での屋外、下写真は10畳ほどの会議室)

校舎の軒下や会議室をお借りして、場所を転々と変えながらの活動は2016年までの8年間続いた。ソーラーカー大会はキャンプをしながら移動しなくてはならない。作業をしては荷物をまとめて要領よく移動する、エアコンがなく夜に虫まみれで作業していたチームは、経験は浅いがすぐにレースになじむことができた。なによりも様々な場所で食事をして語りあい、楽しい毎日であった。

設立時に話を戻すと、初年度の学生はソーラーカーを1度も見たことがない。方針を立てられずにいた。見たことがない事をはじめるとはとても大きな壁である。たとえば進行方向が逆の空力デザインや、太陽電池がなく燃料電池のみを搭載した車両など、レースに出場するには程遠い内容を模索する日々が続いた。JCコリンズのビジョナリカンパニー¹⁾を全員で読み進むべき方針を探した。今思えば、異なるベクトルをどうにか一つの方向にまとめたという苦肉の策で図書に頼ったのかもしれない。図4は設立時に立案したチーム理念である。理念は「50年後の未来を考えた地球の持続的利用」。ビジョンは「大学の高度な人と自然のサイエンスに対してチャレンジ精神をもち挑戦する」、ミッションは「独創的かつオンリーワンの車両を製造する」とした。

独創的な車両を作るというミッションは、全員が挑戦したい起爆剤となり様々な調査を開始した。20年間も以前からレースに出場しているチームに追いつく必要があった。

そして現在、設立時の理念は変更されていない。現メンバーで正確な文章を言える人数は減ったが、「右に倣えの模倣はしない」「オリジナルの意匠を創造する」「工学院大学オンリーワン」「世界から風変わりと言われるチーム」という意気込みが受け継がれている。図5は2013年、2015年、2017年に世界大

チーム意義：理念・ビジョン・ミッション

Kogakuin University Solar Vehicle Project 2009年設立

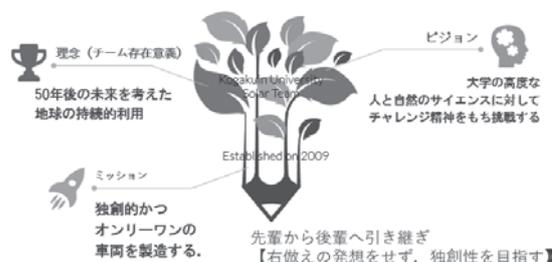


図4 設立時からの理念・ビジョン・ミッション



図5 BWSC 出場車両
(上より、2013年、2015年、2017年)

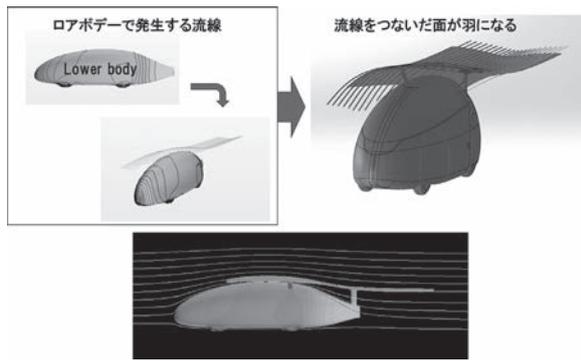


図6 自然界模倣のコンセプト (2017年4号機)

会へ出場した車両である^{2) - 6)}。たとえば、図6の2017年大会の4号機は、自然界模倣 (Nature Morphing) をコンセプトにした。下のボデーで発生する空気の流れを3D形状にした極薄の羽に太陽電池を施工した。羽は下のボデーから3本のステーで支えられて浮いている。空気の流れは目に見えない。目に見えない自然界の美しい形状に、人工物である太陽電池を施工した。現メンバーは設立から独創的な車両をつくってきたと意識している。設立時に知識がないメンバーが集まりチームの特色をつくるきっかけとなった。明確なチームポリシーを立てたことが、チームの支えになっている。

設立当時、3輪が主体で、限られた太陽電池面積で空力性能を最適化しなくてはならない。ドライバーは車両内部に寝る姿勢をとり、前方投影面積を限りなく小さくするデザインが主流であった。レースで勝利することを追い求めれば、その時期の定石に設計思想を当てはめることが最適解かもしれない。時代の定石から反れば、目的からずれていると批判の対象となる。しかし、学生の創造性や新しい発想に挑戦するという趣旨からは、たとえ定石からはずれ失敗しても、やり遂げること、やり続けることが貴重な経験になる。

チーム設立10周年、世界優勝を狙いたいという学生が集まり、ようやく10年目にしてその時代の定石に当てはめて勝つための車両を作るかもしれない。定石に当てはめたとしても他とは変わったことをしなければ勝利できないと考える、または、誰もが驚く秘策を練り勝利したいと考える。このような姿勢は、10年の遠回りを経て得られたものであるならば最高の財産である。

3. メンバーの個性を活かしたチームづくり

世界大会に出場する車体を製作するためには、機械、電気、化学、情報など、理工系の幅広い専門知

識を利用する。加えて技術面のみではなく、資金調達と運用、広報メディア、砂漠でキャンプをする衣食住、海外輸出入など、総合的なチームマネジメントが必要となる。とくに重視してきたことは、

- (1) メンバーの個性を活かした体制づくり
- (2) 2トップ体制
- (3) 事前計画と余裕を持ったプランニング
- (4) 情報共有
- (5) 安全と危機管理

である。

(1) メンバーの個性を活かした体制づくりとは、自分を最大限に楽しめるポジションをチームの中で見つけることである。性格は変えられない、自らがチームに溶け込む場所を見つけて、誰よりも楽しむこと、誰よりも熱中することである。図7に組織図を示す。様々な部署からチームは構成される。技術部のみではなく、運営部と財務部が含まれる。すべて学生が運営する。学生主体のプロジェクトであるから、監督、サポート教員、アドバイザーは組織図で学生組織をあくまでもサイドから支援する体制としている。表1の総合企画部は担当する仕事内容が多い。年間のイベント出展数は20件以上になる。SNSやホームページで活動状況を広報して、国内外に活動をアピールする。撮影技術も高度化して、いわゆる映える動画とスチール撮影、編集をして広報する。スポンサー対応はレース前、中、後と契約内容を管理して実行する。オーストラリアの遠征は約1か月の大所帯での旅行になり、宿、レンタカー、機材など事前準備が必要となる。財務班は、製作時の費用管理のみではなく、製作時や試走、イベント出展などで年中遠征する経費を管理しなくてはならない。

入部直後は技術部とドライバーを希望する学生が多い。しかし、ドライバーやピットクルーなど表舞台で活躍する人のみでチームが成立しないことを共有している。支えあう体制があるからこそ組織が成立することを理解しあう。表2に車両総合設計と各班の関わりを示した。車両は一部の機能を特化する



図7 チーム組織図

表1 班と役割

リーダー	工程管理，資金面，広報面，メンバー支援など総合的な責任者
キャプテン	レース責任者としてレース中にメンバー取りを取りまとめる
機械班	足回り，ブレーキ，ドアなど車両の機械設計を行う。
空力班	空力性能を考慮したデザイン，換気など空力に関する設計を行う
構造班	剛性/強度解析，軽量化に関する設計を行う
電気班	太陽電池，モータ，ウインカーなど電気系の設計を行う
戦略班	レース戦略，天候予測，無線，サポートカー体制を構築する
ドライバー	ソーラーカーの運転，レースに耐えられる体力づくりが必要
総合企画部	事業計画，広報，スポンサー管理，イベント企画，レースの旅行日程，輸出入管理，ホームページ管理，撮影，動画編集，SNSを担当する
財務部	財務，調達，部品表管理を行う

表2 総合設計項目

空力班	空力性能 (CFD・風洞)
	車内換気システム
	タイヤ周り空力，空力デバイス
	搭乗者レイアウト
メカ班	重心と風圧中心の車両安定性 (横風対策)
	トレッド・ホイールベース
	タイヤ・ホイール
	足回りと車両運動性能
	操舵機構と4WS (最小回転半径)
	アクセル・ブレーキ
構造班	部品の強度/剛性/軽量，トポロジー最適化
	フレーム構造の構造解析
	炭素繊維の積層計画
	炭素繊維の成形手順と人材配置
	金属部品とCFRPの接着面積最適化
	治具の計画と位置出し計画
	スクリーン成形
ドライバ安全性能 (フレーム変形)	
電気班	太陽電池とモジュールング
	MPPT (太陽電池充電回路)，昇降圧回路
	モータ巻き線とコア材料，設定速度，効率
	2次電池と放電性能，BMS回路
	フェイルセーフ機能，セーフステート
内装班	外装 (フォーン，灯火，ナンバーなど)
	操作スイッチレイアウト
	モニタ類レイアウト
	ドア・ハッチ機構
	シート・シートベルト
戦略班	雨対策
	競技走行シミュレーション
	実走行・試走データの分析
	レース戦略
	車両整備性，メンテナンス性の妥当性
	気候予測，気候測定センサー開発
ドライバ班	テレメトリシステム開発
	ドライバビリティ，視野，疲労，体力
財務班	運動性能などのフィードバック
	コスト算出，費用適正化，発注伝票処理
広報企画班	ラッピング，渉外，総合企画，礼状など

だけでは総合的な性能を引き出せない。相互に関係する性能を総合的に判断して、総合的な車両性能を向上できるように設計している。表2の所掌分けとともに、それぞれの相関が高い内容は兼任して、各班の連携がポイントとなる。

(2) 2トップ制は、リーダーとキャプテンの2名によるトップ体制で設立当初からこのシステムを採用した。2名は表2の各班を連携させて管理する。リーダーは管理業務が得意で黙々と作業ができ情報共有ができる人が選ばれる。話下手でも表計算ソフトで緻密な計画で情報共有が素早い人である。一方、キャプテンは真夏の過酷な環境で疲労困憊の極限においても大きな声でチームを盛り上げられ、レース責任者として現場に活を与えられる人である。端的に説明すれば、リーダーは文科系の素質、キャプテンは体育会系の素質が求められる。2名は学生自身が選出する。選出にあたり注意していることは、通

ミスが明らかになり、次の大会に向けて改良をしていく。プロ組織と違い学生プロジェクトでは行動規範がおろそかになる。良い車体が製作できても、レースで結果を残すためにはレースでチームワークを発揮する緻密な準備が必要である。

(5) 安全と危機管理

作業中やレースの安全確保、万が一起きてしまった事故と緊急時対応は最も重要である。図11は緊急対応マニュアルの1部である。事故時の対応方法、連絡網、事故時の状況メモなど多岐にわたりマニュアル化してある。図12は学内の施設使用と工作機安全講習についての各メンバーに配られる証明書である。安全講習や装置の点検がない限り、施設の利用はできない。また、整理整頓や工具の使い方はとても重要な教育となる。新入生は工具の使い方や精度、材料の価値については無知である。チーム設立時に工具や材料が何もないところからはじまり、一つずつ集めて大切に使用していることを新人教育で教える。しかし、作業に熱中しておろそかになる場合が多々ある。作業場や工具箱などに指示を貼り、日ごろから周知するように徹底している。ソーラーカーレースは長距離を移動しながらのレースのため、部品や工具をBOXで管理している。レース本

番と日常が変わりない環境にしている。

4. トラブルを克服して楽しめる力

レース時のみではなく、日常でトラブルは必ず発生する。技術的な問題や故障、プランニングや発注ミス、工具の誤り、故障、人為的なミスなど様々なトラブルがある。問題解決能力に加えて対応の素早さが求められる。失敗を恐れずに情報共有して、いち早く全員で解決をしなくてはならない。最も重要な点は、トラブル克服が楽しいと感じられるチーム全体の意識やモチベーションである。新入生はトラブルを克服することが楽しいと考えられるまでには時間がかかる。たとえば、工具を故障させてしまったときに個人よりの対応となり、あいまいな報告や報告が遅れるなどの経験不足が出てしまう。チームで克服することこそ喜びで、トラブルを楽しむことを周知させて改善している。

図13は太陽電池モジュールを施工したときの困難である。図5の4号機は太陽電池を施工した羽が極薄で宙に浮いており、ケーブルの外形が羽の厚みを超えてしまいケーブルの配線ができなかった。設計にアイデアが求められるとき、チームは班を超えて全体制で解決することになっている。あらゆる班の内容を理解していることが求められる。太陽電池の配線は電極板でつなぎ、図13の極薄の羽にリ

World Solar Challenge 2017 緊急時対応マニュアル

6. 緊急事態報告書の作成

【緊急事態報告書】 第 報 2017年 月 日 () 午前・午後 時 分 発生	
1) 緊急事態の種類	事件・事故・疾病・その他
2) 緊急事態のレベル	レベル1: 生命の危険(なし) レベル2: 生命の危険(あり) レベル3: 生命の危険(死亡)
3) 緊急事態の発生日時	① 現地発症 2017年 月 日 () 午前・午後 時 分 頃 ② 日本発症 2017年 月 日 () 午前・午後 時 分 頃
4) 緊急事態の発生場所	
5) 緊急事態の内容	① 加害・②被害 内容:
6) 人的損害の有無	① 学生: 有()人・無・確認中 ② 教員: 有・無・確認中 ③ サポートスタッフ: 有()人・無・確認中 ④ その他:
7) 物的損害の有無	① ソーラーカー: 走行不可・走行可・異常なし ② トランスポーター: 走行不可・走行可・異常なし ③ レンタカー: 走行不可・走行可・異常なし ④ その他:
8) 緊急事態発生の原因	
9) 緊急事態への対応内容	
10) 保険適用	① 有・②無 保険会社:

図11 緊急時対応マニュアル

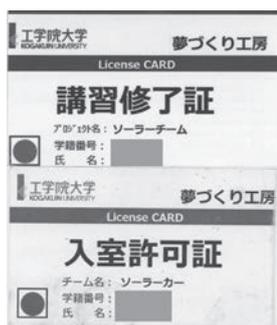


図12 施設と工作機の使用許可

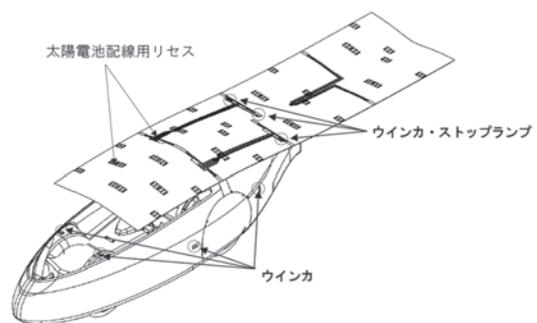


図13 太陽電池配線用リセス

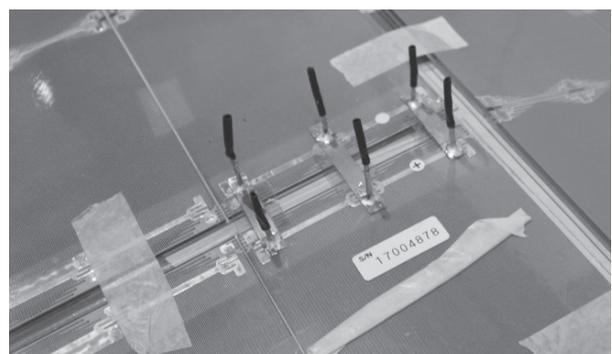


図14 電極をはんだ付けするノウハウ

セスを設けて電極を埋め込む方法で解決した。108本の電極を太陽電池セルにはんだ付けする。しかし、電極が外れる困難に直面した。チーム全員で様々なアイデアを出し合った。最終的に、被覆を剥いた銅線をばらけないように熱収縮チューブで仮止めした接続用ピンを製作した。そのピンを太陽電池セルにはんだ付けする。ピンを電極に通してからはんだ付けをして余分なピン長さをカットする。最後はルータで切削して、平らで厚みの無い電極接続を実現した。多数のピン製作など細かな作業が多く、班にかかわらず全体制で行った。

作業時にチームで共有しているキーワードがある「繊細かつ大胆に」である。レースに勝てる車両は繊細できれいな仕上がりでなくてはならない。しかし、繊細を意識し過ぎても各メンバーの作業時間が増大してしまう。大胆な面も考えて作業時間を短縮し、かつ最大限に繊細な製作物に仕上げることが意識するようにしている。

5. おわりに

工学院大学ソーラーチームの設立時から行っているチームマネジメントとその工夫を紹介した。マネジメントに最適解はなく、常に良いものへ発展を続けていくものだと考えている。今後も他チームの方法も参考にするなど、良いチーム作りを続けていく所存である。

6. 謝辞

多数の方々にご指導とご鞭撻を頂き、チーム設立10周年を迎えることができました。チームの成長

を支えて頂きました皆にお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) J.C.Collins, “ビジョナリーカンパニー”, 日経BP社, (1995).
- 2) S.Tamura, “Teijin's advanced carbon fiber technology used to build a car for the World Solar Challenge”, Reinforced Plastics, Volume 60, Issue 3, 160-163 (2016).
- 3) 濱根洋人, 村上将太, 伊藤慎一郎, 中島幸雄, “工学院大学ソーラーチームの機械設計とデザイン思考”, 設計工学, Vol.53, No.7, 492-499 (2018).
- 4) 濱根洋人:ソーラーカーの技術動向とその意義, 電気設備学会誌, vol.34, No.8, 525-528 (2014).
- 5) 濱根洋人:クルーザークラス 工学院大学ソーラーカー OWL の開発, 日本太陽エネルギー学会 電気自動車・燃料電池車講習会, 27-39, (2016)
- 6) 濱根洋人, 中川拓朗:BWSC2017 チャレンジャークラス “wing” の設計製作, 日本太陽エネルギー学会 電気自動車・燃料電池車講習会, 23-34, (2018)

著者紹介



濱根洋人 (ハマネ ヒロト)
工学院大学工学部機械システム工学科
教授. 工学院大学ソーラーチーム監督.