

摂南大学における全学学生フォーミュラプロジェクト¹ Student Formula Project in Setsunan University

堀江昌朗 ²	摂南大学理工学部 機械工学科
栗田寿基	摂南大学理工学部 テクノセンター
橋本正治	摂南大学理工学部 機械工学科
原 宣宏	摂南大学理工学部 機械工学科
下元一輝	摂南大学理工学部 テクノセンター
HORIE, Masaaki	Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University
KUWATA, Toshiki	Techno Center, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University
HASHIMOTO, Masaharu	Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University
HARA, Yoshihiro	Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University
SHIMOMOTO, Kazuki	Techno Center, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

Abstract

The Formula SAE Japan competition, which is sponsored by the Society of Automotive Engineers Japan, is one of the biggest "Monozukuri Design Competitions", and has been held since 2003. The purpose of this event is a training to build strength of the overall ability of (Monozukuri) and an education of the human resources capable of leading the various industries in the future. S-Racing, which is a Formula Project in Setsunan University, established in 2009, and has continuously participated in the competition since 2010. This competition seems suitable as "Monozukuri Project" and "PBL educational program" in which the students of all faculties can participate. In this report, the outlines of the Formula SAE Japan and the activity history of S-Racing were discussed, and "Monozukuri project" from the viewpoints of education was considered.

¹【原稿受付】2018年8月1日, 【掲載決定】2018年9月8日

²【主著者連絡先】堀江 昌朗 摂南大学, 准教授 e-mail: m-horie@mec.setsunan.ac.jp
〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8, 摂南大学理工学部 機械工学科

キーワード: フォーミュラ SAE Japan, 設計競技, ものづくり, PBL

Keywords : Formula SAE Japan, design competition, Monozukuri, PBL

1. はじめに

全日本学生フォーミュラ大会⁽¹⁾は、公益社団法人自動車技術会が主催する国内最大級の「ものづくりデザインコンペティション」の一つであり、学生の自主的なものづくりの総合能力を養成し、将来の自動車産業だけでなく様々な産業界を担う人材の育成を目的としている。この大会はアメリカ自動車技術会 (Society of Automotive Engineers) が主催する Formula SAE⁽²⁾を基にしており、2003 年から日本国内で開催されるようになった。学生はフォーミュラマシンのデザインコンセプトを決めることから始め、設計、製作を行い、様々な書類選考を経て、1 年を掛けて全国大会に臨む。大会は静岡県小笠山公園“エコパ”で9月初旬の5日間にわたり開催され、2018 年度で第 16 回大会を迎える。本大会には国内外併せて約 100 もの大学が参加しており、これまでに参加した学生は延べ数万人に上る。摂南大学全学フォーミュラプロジェクト“S-Racing”は 2009 年度に発足し、2010 年の第 10 回大会から 8 大会連続で出場し、本学の学生も累計で 100 人以上が参加してきた。また、プロジェクトメンバーは理工学部の学生が多いものの、過去 4 大会では文系学生がリーダーを務め全学的なプロジェクトとして活動してきた。本報告では、全日本学生フォーミュラ大会について紹介し、これまでの S-Racing の活動報告とプロジェクト活動の教育的な側面について述べる。

2. 全日本学生フォーミュラ大会概要

2-1 大会趣旨と基本方針

全日本学生フォーミュラ大会は公益社団法人自動車技術会が主催する国内最大級のものづくりデザインコンペティションの一つである (図 1)。本大会の趣旨は、主役である学生が自ら構想・設計した車両により、ものづくりの総合力を競うことを産学官民で支援することにより、自動車技術並びに産業の発展・振興に資する人材を育成することとされている⁽¹⁾。また基本方針として、自動車技術会がものづくりの機会を提供することにより、学生の自主的なものづくりの総合力を育成し、学校教育と連携する実践的な学びの場としての教育的価値を高めていくこととしている。フォーミュラマシンは人が操縦する自動車として安全



図 1 第 15 回全日本学生フォーミュラ大会 (2017 年度)

性が保証されなければならない。そのため、自動車技術会から車体製作の基礎に関する書籍⁽³⁾が出版されており、様々な講習会も開催されている。また、大会では大変厳しい車検が行われ、学生が安全にモータースポーツを行えるよう万全のサポート体制が整えられている。

2-2 競技概要

大会では「静的審査」と「動的審査」が行われ、その合計点によって順位が決められる。この「静的審査」と「動的審査」の項目の概要について以下に示す。なお、「動的審査」を受審するためには「車検」の合格が必須であるが、「車検」の合否は点数化されない。

【静的審査：3項目】

① コストイベント：100点

予算とコストは、生産活動を行うにあたって考慮しなければならない重要な要素であることを学ばせることが狙いである。車両を見ながら事前に提出したコストレポートのコスト精度、車両の製造度合等を確認し、コストレポートの車両との適合が審査される。また、部品製造プロセスなどは口頭試問でそれらの知識・理解度が評価される。事前に提出するコストレポートは500ページ以上の膨大な資料となるが、これに対して審査員による質疑応答が30分間行われる。

② 販売戦略プレゼンテーション（図2）：75点

プレゼンテーション能力を評価することが目的である。「会社役員に市場の要求に合った車両の製造・販売を含むビジネスプランを納得させる」という仮想のシチュエーションの基で行う。口頭での発表と審査員による質疑応答が合計30分間で行われる。

③ デザインイベント（図3）：150点

事前に提出した設計資料と車両をもとに、どのような技術を採用し、どのような工夫をしているか、またその採用した技術が市場性のある妥当なものかが評価される。口頭での発表と5名の審査員による質疑応答が30分間で行われる。



図2 販売戦略プレゼンテーション



図3 デザインイベント

【車検：5項目】

① 車両の安全・設計要件の適合審査（図4）

車両の安全性を担保するための設計要件の適合などについて審査される。「動的審査」に進むための最も重要な審査項目である。



図4 車検



図5 チルトテーブル試験

② ドライバーの脱出

登録されたドライバー全員の5秒以内のcockpitからの脱出について審査される。合格者のみが「動的審査」におけるドライバーとして登録され、一人あたり2つのイベント出場が許可される。

③ ブレーキ試験（4輪ロック）

急制動によるブレーキ試験を行い、4輪の全てがロックし、ブレ無く完全静止することが調査される。

④ 騒音試験

エンジンの回転速度を10000 rpmにしたとき、排気騒音が110 dB以下であるか審査される。

⑤ チルトテーブル試験（図5）

車両を45度傾けた状態で車体裏面のオイルパンからの燃料漏れが無く、また、ドライバーが乗車した状態で車両を60度傾斜させても転覆しないかが審査される。

【動的審査：5項目】

① アクセラレーション：75点

0-75mの加速性能について審査される。各チーム2名のドライバーがそれぞれ2回、計4回走行してタイムを競う。

② スキッドパッド：50点

8の字コースによるコーナリング性能評価が審査される。各チーム2名のドライバーがそれぞれ2回、計4回走行してタイムを競う。

③ オートクロス：150点

車体の運動性能について審査される。直線・ターン・スラローム・シケインなどによる約800mのコースを2周走行する。各チーム2名のドライバーがそれぞれ2回、計4回走行し、タイムを競う。なお、1位のタイムに対して133%以内のタイムを出したチームのみが最終競技のエンデュランスに出場できる。

④ エンデュランス：300点

走行時間によって車の全体性能と信頼性が評価される。直線・ターン・スラローム・シケインなどによる周回路を約22km走行する。全イベントの中で最も過酷な審査項目で

あり、上位入賞するためには 22 km を完走することが必須となる。

⑤ 効率：100 点

エンデュランスの燃料消費量が評価される。

なお、上記の審査は大会当日に行われるイベントであるが、事前にも様々な書類選考が行われる。これらの提出物の遅れや不備があった場合、厳しいペナルティー（減点や静的審査受審の不許可）が課せられ、順位に大きな影響を及ぼす。また、本大会開催前の指定の期日までに車体が安全に走行と停止ができることを動画で報告する「シェイクダウン証明」を行わなければ車体を大会会場に搬入することができない。以上、大会に掛かるルールは SAE International の主催する Formula SAE のルールに準拠し、日本国内において開催するためのローカルルールも存在する。

3. S-Racing の軌跡と結果

① 【2009 年度 S-Racing 発足】

摂南大学全学フォーミュラプロジェクト S-Racing は 2009 年 6 月に機械工学科 2, 3 年生 10 名で発足した。当時のリーダーは後に本学大学院に進学し三菱自動車(株)に就職した亀井宏貴氏である。翌年の 2010 年度大会の出場を目指し、メインスポンサーであるスズキより“GSX-R600 K6”を無償提供していただいた。以後、このエンジンを使用して車体を製作している。なお、亀井氏は 2016 年度から Official Staff として大会に参加されている。

② 【2010 年度 第 8 回全日本学生フォーミュラ大会】

リーダー：亀井宏貴（機械工学科 3 年）

メンバー： 17 人

【静的審査】

- ・コスト : 33 位
- ・販売戦略 : 44 位
- ・デザイン : 59 位

【車検】 : 不合格

【動的審査】 : ー

【総合】 : 56 位（出場数 70 チーム）



図 6 2010 年度 S-Racing メンバー

備考：初出場にして車検合格まであと一步のところまで健闘した。また、SUZUKI フォーミュラ車をスズキから譲り受け、摂南大学寝屋川キャンパス 10 号館 1 階に展示した。

③ 【2011 年度 第 9 回全日本学生フォーミュラ大会】

リーダー：坂本朋弘（機械工学科 2 年）

メンバー： 17 人

【静的審査】

- ・コスト : 48 位
- ・販売戦略 : 57 位

・デザイン : 55 位
【車検】 : 不合格
【動的審査】 : ー
【総合】 : 58 位 (出場数 70 チーム)
備考: スポーツマンシップ賞受賞



図7 2011年度 S-Racing メンバー

④ **【2012年度 第10回全日本学生フォーミュラ大会】**

リーダー: 佐藤拓真 (経営情報学部3年)

メンバー: 20人

【静的審査】

・コスト : 50 位
・販売戦略 : 52 位
・デザイン : 56 位

【車検】 : 不合格

【動的審査】 : ー

【総合】 : 61 位 (出場数 72 チーム)



図8 2012年度 S-Racing メンバー

⑤ **【2013年度 第11回全日本学生フォーミュラ大会】**

リーダー: 馬場大河 (経営学部2年)

メンバー: 20人

【静的審査】

・コスト : 37 位
・販売戦略 : 40 位
・デザイン : 70 位

【車検】 : 不合格

【動的審査】 : ー

【総合】 : 64 位 (出場数 77 チーム)



図9 2013年度 S-Racing メンバー

⑥ **【2014年度 第12回全日本学生フォーミュラ大会】**

リーダー: 馬場大河 (経営学部3年)

メンバー: 20人

【静的審査】

・コスト : 33 位
・販売戦略 : 49 位
・デザイン : 60 位

【車検】 : 合格

【動的審査】

- ・アクセラレーション： —
- ・スキッドパッド： —
- ・オートクロス： 59位 (78.868秒)
- ・エンデュランス： —
- ・効率： —

【総合】：57位 (出場数 90 チーム)

備考：5 度目の挑戦で初めて車検に合格し、動的審査を受審することができた。



図 10 2014 年度 S-Racing メンバー

⑦ 【2015 年度 第 13 回全日本学生フォーミュラ大会】

リーダー：馬場大河 (経営学部 4 年)

メンバー： 23 人

【静的審査】

- ・コスト：22位
- ・販売戦略：45位
- ・デザイン：60位

【車検】：合格

【動的審査】

- ・アクセラレーション：40位
- ・スキッドパッド：44位
- ・オートクロス：悪天候により中止
- ・エンデュランス：29位 (完走, 1715.342秒)
- ・効率：35位

【総合】：39位 (出場数 86 チーム)

備考：初めてエンデュランス (22km 走行耐久審査) を完走した。



図 11 2015 年度 S-Racing メンバー

⑧ 【2016 年度 第 14 回全日本学生フォーミュラ大会】

リーダー：奥田尚樹 (機械工学科 3 年)

メンバー： 14 人

【静的審査】

- ・コスト：38位
- ・販売戦略：—
- ・デザイン：73位

【車検】：合格

【動的審査】

- ・アクセラレーション：41位



図 12 2016 年度 S-Racing メンバー

- ・スキッドパッド : 20 位
- ・オートクロス : 52 位 (72.808 秒)
- ・エンデュランス : 28 位
(完走, 1667.865 秒)
- ・効率 : 32 位

【総合】 : 59 位 (出場数 92 チーム)

備考: スズキから新たにバイクを貸与頂く。

⑨ 【2017 年度 第 15 回全日本学生フォーミュラ大会】

リーダー: 今 悠祐 (機械工学科 2 年)

メンバー: 13 人

【静的審査】

- ・コスト : 73 位
- ・販売戦略 : 81 位
- ・デザイン : 78 位

【車検】 : 合格

【動的審査】

- ・アクセラレーション: -
- ・スキッドパッド : -
- ・オートクロス : 65 位 (73.543 秒)
- ・エンデュランス : 59 位 (リタイヤ)
- ・効率 : -

【総合】 : 77 位 (出場数 94 チーム)



図 13 2017 年度 S-Racing メンバー

4. 2018 年度の車両設計

4-1 コンセプト

2018 年度のマシンコンセプトは「運転しやすいマシン」とし、現在、車両開発を行っている (図 14)。2015 年度以降、耐久走行種目であるエンデュランスに出場しており、2 度にわたり完走することができたが、車両の運動性能の低さによるドライバーの運転時のストレスが問題であった。そのためにドライバーの誰もがストレスを感じることなく快適に走行することができるマシンが必要であると考えた。そこで、サスペンションを中心とした車両運動性能を向上させる設計を行い、また、ドライバーのコック

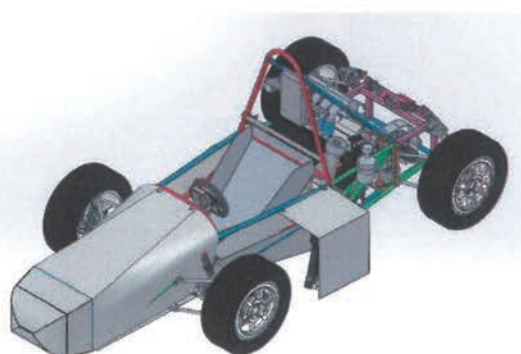


図 14 SR-KIZUNA-09 CAD モデル

ピットへのストレスフリーな乗降，ドライビング時の視野範囲の拡大など，人間工学的に優れたドライバー主体の車体を製作している。

4-2 サスペンション

【ジオメトリ】

2017年度以前のマシンは，ロールセンターとキングピン軸が考慮されていなかった。そのため，旋回時に外輪側のキャンバーがポジティブとなり，タイヤの接地面の低下やブレーキング時に舵がとられるなどの問題があった。また，キャスター角の検討が不十分であったため，ステアリングの復元力が弱く，直進安定性が損なわれていた。そこで，2018年度は設計コンセプトの「運転しやすいマシン」を実現するために，不平行型ダブルウィッシュボーン式サスペンションを採用した(図15)。また，旋回時にタイヤの接地性能の向上を図るため，ロールセンター高をフロント40mm，リア50mmとし，フロントのキャンバー変化が大きくなるよう設定している。さらに，走行性能を向上させるため，キングピン傾角を10deg，キングピンオフセットを5mmとした結果，2017年度のマシンよりスクラブ半径が85%減の10mmとなり転舵軸周りのモーメントを抑えることができています。

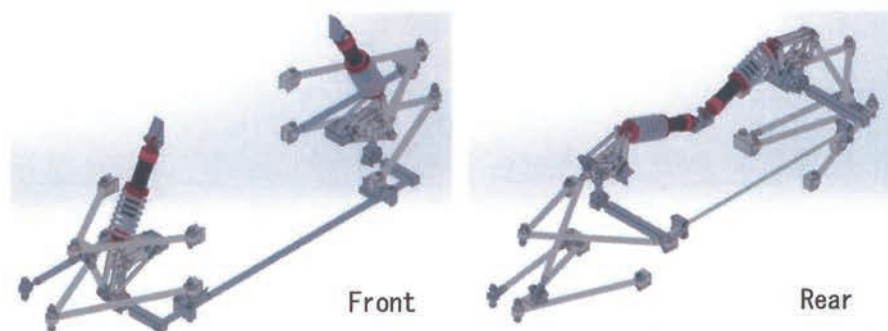


図15 サスペンションレイアウト

【リンクレイアウト】

2017年度まではリンクレイアウトの検討が不十分であったことから，フロントサスペンションが固く，アンダーステアが顕著であった。そこで2018年度は荷重伝達の良いレイア

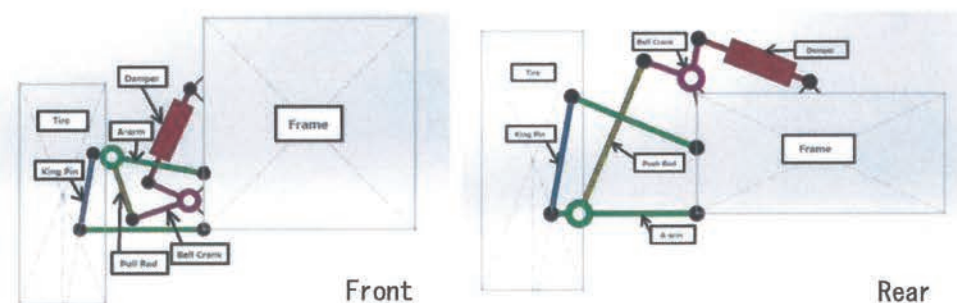


図16 サスペンション リンクレイアウト

ウトにするため、図 16 に示す簡易モデルを用いて設計を行った。これにより、荷重の入力角が可視化されるため、ベルクランク形状や取り付け位置を理想的なものに近づけ、その結果、ベルクランクに対して垂直に荷重が加わり、伝達性能の高いレイアウトとなっている。また、ベルクランク回転角度を±20 deg に抑え、荷重の変化が少なくなるように設計している。

4-3 フレーム

2017 年度までのフレームは剛性が十分でなかったために、コーナリング時にフレームが歪むことによってサスペンション性能等に悪影響を及ぼしていた。そこで、2018 年度はねじり剛性を向上させ、フレーム材の最適化と軽量化を図っている(図 17)。特に、サスペンションアームに代表される大きな入力荷重が想定される部分をトラス構造に変更し、フレーム材であるパイプの肉厚を部分的に約 1mm 厚くすることにより剛性を向上させている。また、ドライバーの乗降に関わるコックピットまわりのフレームは、大きな加重が掛からないことから、最低限の強度を確保した上で構造の再検討を行い、軽量化を試みている。

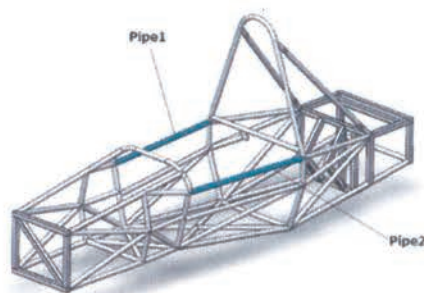


図 17 メインフレーム

4-4 パワートレイン

【エンジン】

2018 年度のマシンに搭載するエンジンは、“SUZUKI GSX-R600” に搭載されていたエンジンを使用している。このエンジンは 2009 年にスズキより提供していただいたものであり、水冷・4 ストローク・DOHC・4 バルブ・並列 4 気筒エンジンで排気量は 600 cc である。今日、学生フォーミュラ大会で多くのチームが使用している単気筒エンジンと比較してエンジン出力は勝っている。しかし、大会においては高速走行ができないために、エンジンの回転速度に合わせて最適走行ができるように空燃費 (Air/Fuel ratio) の微調整を行っている。図 18 は A/F マッピングを示しており、x 軸は回転速度[rpm]、

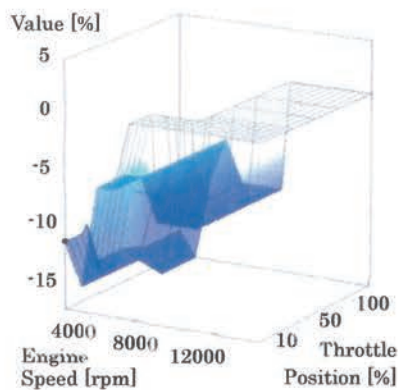


図 18 A/F マッピング

y 軸はスロットル開度[%], z 軸は燃料噴射割合[%]を表している。低い回転速度の場合は、点火プラグにカーボンが付着しないようにするために低い燃料噴射量に設定し、また、最も使用頻度が高い回転速度である約 7000 rpm の時に理想空燃比より少し燃料噴射量を多くすることにより、高いトルクを得るようにしている。また、A/F を最適化することにより燃費が向上するため、2017 年度からは燃料タンクの容積を 5.2 L まで減らすことができ、小

型，軽量化が図られている。

【吸気システム】

エンジンの吸気部に取り付けられているマニフォールド，コレクター，吸気管，リストラクター，スロットル，エアフィルターを吸気システムと呼ぶ。2017年度までの吸気システムは，小型化と配置の関係から吸気管とリストラクターを短くしていた。しかし，この形状はエンジンの回転速度がフォーミュラ大会で最も使用する回転速度よりも高い速度でトルクが最大になっていた。そこで2018年度はコレクターと吸気管の形状を一新し，走行中に最も使用される回転速度である7000rpm付近で最大トルクとなるように設計している(図19)。また，スロットルおよびエアフィルターの位置を，ドライバーの頭上の高い位置からエンジン横部の低い位置に変更して低重心化を図った。



図19 吸気システム

5. PBLとしてのフォーミュラプロジェクト

全日本学生フォーミュラ大会に参加するには車体を製作するだけでなく，様々な書類選考や静的・動的審査の準備が必要である。また，学生の活動は平日の授業終了後だけでなく，春，夏，冬の休暇期間および土日の多くを費やさなければならない。そのため，本大会は大学生を対象とした「ものづくりコンペティション」のなかでも体力的・精神的に大変過酷なプロジェクトの一つであり，道半ばに断念する学生も少なくない。しかし，その一方で技術者の素養や社会人基礎力を身につけるには大変優れたプログラムであり，3年以上このプロジェクトに携わった学生の多くが人間的にも驚くほど成長する姿を目の当たりにしてきた。また，ものづくりに関わるプロジェクトであるために機械工学科や電気電子工学科の学生が多く参加しているが，過去4年間は文系の学生がリーダーを務めてきた。マーケティングやスポンサー企業との折衝など文系学生が活躍する場面も多く，ものづくりを主体とした全学的な活動に相応しいプロジェクトの一つであると感じている。毎年2000人近くの学生と数百人のスタッフからなる一大プロジェクトであるからこそ，大学や企業そして学生と社会人という枠を超えた強い繋がりができ，様々な立場の人たちと話をすることによって学生達の就職や進学などを含めたこれからの未来に大きな影響を与えていくと思われる。故にフォーミュラプロジェクトは「ものづくりプロジェクト」であると同時に「ひとつづくりプロジェクト」であり，また，プロジェクト活動を通して得ることのできるこの様な「学び」と「成長」を学生の将来の活躍に繋げることができるPBLプログラムであると考えている。

6. おわりに

筆頭著者は本プロジェクトを担当して 9 年になる。このプロジェクトに参加した学生は会場に行かなければ味わうことのできない緊張感と活気に圧倒され、様々な刺激を受けて成長する。在学中に中心となって活躍した卒業生は仕事を休んでまで大会会場に駆けつけてくれる者も多く、また、現地まで足を運ばない OB や関係者は YouTube などの実況中継を見て応援してくれており、世代を超えて強い絆で結ばれている。本プロジェクトは様々なメディア^{(4)・(6)}でも取り上げられており、オープンキャンパスや学祭などでフォーミュラマシンを見て、入学後に本プロジェクトに参加した学生も多い。本稿執筆時(2018 年 7 月)は、第 16 回大会出場に向けて無事シェイクダウン証明を終え、車体の改良と走行練習を重ねている段階である。また、著者の 1 人である下元一輝技師は今年 4 月から本学テクノセンターに着任後、本プロジェクトに参加しており人的な支援体制も充実してきた。2018 年度の目標は、今まで為し得なかった全種目出場と上位入賞である。本稿が公開される時分には大会の結果が出ていると思われるが、今大会における学生の努力の結果を温かく見守っていただければと強く願う次第である。

謝辞

全学フォーミュラプロジェクトを発足するにあたり、今井光規前学長、森脇俊道前理工学部長、田中圭二元理工学部事務室長には多大なるご理解とご尽力いただいた。また、スズキ(株)をはじめスポンサー企業の皆様にも大変なご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- (1) 「全日本学生フォーミュラ 公式サイト」, <http://www.jsae.or.jp/formula/>, (2018 年 7 月 12 日閲覧).
- (2) 「Formula SAE 公式サイト」, <http://www.fsaonline.com/>, (2018 年 7 月 12 日閲覧).
- (3) Motor Car Development / Fabrication Guide - For Students and Junior engineers - , Society of Automotive Engineers of Japan, Inc., 2010, ISBN 978-4-904056-38-7.
- (4) 毎日 MONDAY 撰南大学 実践的プロジェクトを通して総合力を身につける, 毎日新聞, 2010.9.20.
- (5) 「2016 Student Formula Japan: Endurance & Efficiency day2 AM」, https://www.youtube.com/watch?v=8xRrg5_hYHw, 3:45:50 – 4:18:40, (2018 年 7 月 12 日閲覧).
- (6) 「MONOist 学生フォーミュラは「人づくり」の場」, <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1710/13/news032.html>, (2018 年 7 月 12 日閲覧).