

# エコマイレージチャレンジ 2018

## 全国大会出場に向けた車両の製作

### — 環境にかかわる総合制作実習の取組み —

石川職業能力開発短期大学校 松本 敦

Production to participate in Eco Mileage Challenge 2018 National competition

— Production related to the environment —

Atsushi Matsumoto

**要約** 近年、環境対策や省エネルギー化が世界的な課題となり、電気自動車が注目されてきている。しかし、完全に移行する間は従来のガソリン自動車を使用され続ける。当校でも総合制作実習の課題として、環境に優しい省エネルギーのガソリン自動車の製作に取り組むこととした。製作目的は学生の技術・技能向上はもちろん、環境にかかわる知識習得やチーム活動を通してのヒューマンスキルの向上である。製作過程においては、燃費にかかわる知識習得からはじまり、戦略立案、設計、製作、評価の順で実施してきた。他大学や企業とも連携し、技術協力や指導を受けながら、プロのものづくりを体験できたことが貴重な財産となった。大会結果は燃費 500km/L、参加 74 チーム中 16 位と予想以上の好成績を残すことができ、次年度へ向けた多くのノウハウも継承することができた。また、学生も卒業後、実践技能者として企業で働くことができるほどに成長できた。

## I はじめに

近年、排出ガスによる大気汚染の低減や資源の保全を目的とした省エネルギー化が世界的な課題となり、低公害や低燃費など、環境に優しい製品が求められるようになってきている。

そのような背景の中で、石川職業能力開発短期大学校生産技術科では、総合制作実習の課題として、環境に優しい自動車の製作に取り組むこととし、第 38 回 Honda エコマイレージチャレンジ 2018 全国大会に参加し、上位入賞を目標とした。

本テーマの担当をエンジン班は学生 3 名、指導員 1 名、車体班学生は 4 名、指導員 1 名と分担し、さらに外部企業 3 社に技術協力・指導も仰ぎながら総合制作実習を進めた。

本大会は 9 月開催のため、総合制作実習期間が 5 ヶ月間と、通常の期間の半分の時間で、完走できる品質の車体を大会納期までに、完成させなければならない。

このような前提条件の中で、総合制作実習を通じ、学生に対し、次のようなスキルアップを図り、社会にでも即戦力として活躍できる人材育成を行ってきた。

- ① 製作を行う中でのさらなる技術・技能の向上
- ② 低燃費エンジンにかかわる技術も含めた設計・加工・評価技術の向上
- ③ チームでの製作活動を通じ、品質・コスト・納期を守ることの厳しさを体験することで、問題解決力・協調性・リーダーシップ力などのヒューマンスキル向上
- ④ 企業から指導を受けることにより仕事の厳しさを体験し、他大学と交流することにより自らの考え方を革新し、ヒューマンスキルを向上

## II 大会概要と製作品仕様

### 1 大会概要と目標値

ホンダエコマイレージチャレンジ<sup>(1)</sup>とは、1L のガソリンでどれだけ距離を走行できるかを競う大会で、環境問題を考え、地球の未来を創造する大会である。

1981年に三重県の鈴鹿サーキットと埼玉県の桶川で「ホンダエコノパワー燃費競技大会」が開催された。初年度の最高記録は、292 km/L、1985年に1000 km/Lを突破、2011年には驚異の3644 km/Lと大会を重ねるごとに記録が伸びてきている。現在では、鈴鹿大会、もてぎ大会、全国大会等と年に数回実施されるようになり、さらなるレベルアップが迫られてきている。

私たちは本大会での目標を燃費1000km/L、順位10位以内とし、活動を開始した。表1は大会概要である。

**表1 大会概要**

大会名	第38回 Honda エコマイレージチャレンジ2018 全国大会
開催場所	ツインリンクもてぎ(栃木県)
大会日	練習走行：2018年9月29日 決勝：2018年9月30日
グループカテゴリー	中学生クラス/高校生クラス 大学短大高専クラス/一般クラス ニューチャレンジクラス 2人乗りクラス/二輪車クラス
競技規定	コース7周(16.389km)を39分20秒11以内で走行すること。

## 2 大会規定と製作品仕様

表2に主な大会規定と製作品の仕様を示す。

**表2 主な大会車両規定と製作品仕様**

	大会規定	製作品仕様
全高	1800mm以下	1000mm
ホイールベース	1000mm以上	1680mm
全長	3500mm以下	2450mm
トレッド	500mm以上	600mm
全幅	1700mm以下	760mm
エンジン	50cc以下	49cc
ブレーキ	独立2系統	左記同様
マフラー	はみ出し50mm以下	30mm
最小回転半径	5m以下	4.5m
燃料供給	ダイヤフラム	左記同様
燃料タンク	微調整できること	左記同様
安全性	隔壁設置すること ドライバーが車体からはみ出さないこと オイル受皿設置 バックミラー設置 燃料遮断装置設置	左記同様

## III 企業や他大学との技術交流

当短大として、本大会の参加は2度目であるが、総合制作実習を担当する学生は全員初めての取り組みであり、自動車に関する知識が少なく、当短大では実習しない加工技術や製作方法も多くあるため、企業や他大学と連携し技術協力・指導を仰いだ。

### 1 他大学との技術交流および視察

総合制作実習をはじめるとにあたり、本大会で複数回優勝の強豪校である石川県内の大学に連絡をとり優勝車両視察および技術打ち合わせを行った。

車両視察を行った結果、長年にわたる活動の成果として、車体およびフレームはすべてカーボンファイバを採用し、軽量化および空気抵抗を極限まで追求していた。またエンジンを自作しており様々なノウハウが詰め込まれていた。担当の学生も熱い情熱と多くの知識をもって取り組んでいた。

車両の仕上がり品質の高さと学生の技術力、情熱に圧倒されたが、一方で私たちの総合制作実習に対するモチベーションアップにつながった。

### 2 カーボン製作企業との連携

車体軽量化の対策として、カーボンファイバ製のカウル製作に挑戦することとした。当校ではカーボンファイバの製作技術がないため、県内企業数社と交渉し、カーボン製作会社ワイエムポリマックス有限会社に技術協力および製作指導を受けることができた。具体的な指導を受けたことで、カーボン製作に対する不安がなくなり、さらに総合制作実習に打ち込める環境となった。

### 3 板金加工企業との連携

今回カーボンファイバはカウルのみを採用することとし、車体は材料として鉄パイプを採用した。理由は、学生が板金加工や溶接技術を習得するためである。特に曲げ加工と溶接技術習得のために地元企業株式会社タキノ工業所の技術協力を頂いた。

### 4 バイク店との連携

燃費効率向上のため、もっとも重要なものとしてエンジンがあげられる。今回の総合制作実習では市販エンジンを参考としエンジンを自作することで大幅な燃費向上を狙った。その際、エンジンの知識が少ないため、地元穴水町の山下輪業有限会社より技術指導を頂

き、エンジンの構造設計に役立てることができた。

#### IV 戦略に基づいた仕様検討と設計

目標の燃費 1000km/L を達成するため、以下の燃費基本式<sup>(3)</sup>に基づき、チーム全員で戦略を検討・立案した。

$$\text{燃費} \propto (\text{エンジン正味熱効率} \times \text{駆動系伝達効率}) \div (\text{転がり抵抗} + \text{空気抵抗})$$

$$\text{転がり抵抗} = \text{転がり抵抗係数} \times \text{重量} \times \text{重力加速度}$$

$$\text{空気抵抗} = 0.5 \times \text{空気密度} \times \text{速度} \times \text{前面投影面積} \times \text{抗力係数}$$

##### ①戦略 1：車体軽量化とフレームの強度保証

車体軽量化とフレームの強度保証の両方を満足するため 3 次元 CAD 及び機械要素設計を駆使し鉄製フレーム設計を行った。目標値は昨年の質量 37kg を 30kg まで削減させることとした。図 1 はドライバー荷重およびエンジン駆動力を考慮し 3 次元 CAD による CAE 解析した画像である。

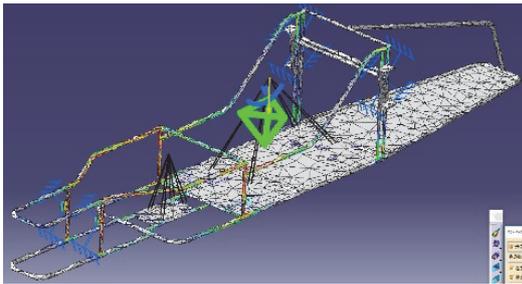


図 1 3 次元 CAD での CAE 解析画像

##### ②戦略 2：カーボンカウル採用による軽量化と全面投影面積削減

カーボン繊維はステンレスやアルミを比較しても比重や比強度で優れているため、軽さと強度を考慮し、また 3 次元曲面の形状を採用するため、カーボン製カウルが最適と判断し採用した。

またカウル設計に際し、前面投影面積を昨年と比較し 0.64 m<sup>2</sup> を 0.45 m<sup>2</sup> まで削減することとした。

カーボン製カウルを新規採用するにあたって、型を製作するため、マシニングセンタの最大加工寸法にあわせ、型を分割して製作した。またこの加工方法を考慮したカウル形状に重点を置き設計した。図 2 は 3 次元 CAD で設計したカウルのモデルである。

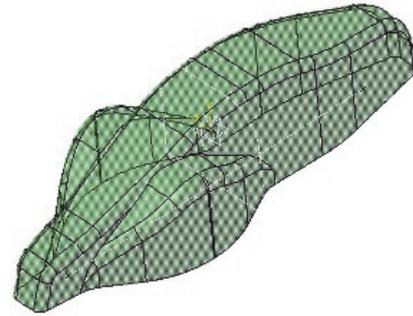


図 2 3 次元 CAD でのカウル設計モデル

##### ③戦略 3：エンジンの自作による軽量化と燃費向上

エンジン軽量化の目標値を 11.5kg(昨年 23kg)とし半減することとした。

エンジンにはホンダスーパーカブ用 AA04E50cc<sup>(2)</sup>を流用し、軽量化策として、クランクケースおよびシリンダ・フライホイールは自作設計・製作した。シリンダヘッドは冷却フィン部の除去、変速機部については、全て取り除き軽量化を図った。またピストンおよびクランク・クラッチは純正部品を流用した。図 3 は 3 次元 CAD での設計モデルである。

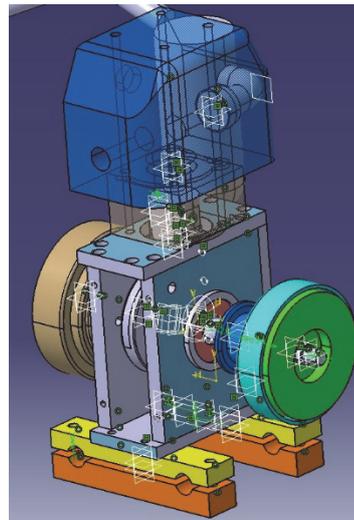


図 3 3 次元 CAD でのエンジン設計モデル

##### ④戦略 4：適正ギヤ比の採用

エンジン特性を調査した結果、燃費効率を最もよくするため、最大トルク回転数 5500rpm 時に速度 30km/h となるようなギヤ比を採用した。(図 11 参照)

##### ⑤戦略 5：転がり抵抗の削減

転がり抵抗の削減策として、ほとんどの参加チームが採用している溝なしスリックタイヤ(外径 50cm)を使用することとした。

## V 製作

### 1 車体フレームの製作と組立

製作は金属材料の切断、曲げ、溶接、切削、塗装など様々な加工技術を駆使して作業・製作を行った。(フライス盤作業(図4)、TIG溶接作業(図5))。フレーム製作にあたっては、前面投影面積削減のためのダウンサイジングと車体軽量化を図るため、パイプ本数および溶接箇所削減を行った。



図4 フライス盤作業風景

フレームの組立および溶接作業については、地元企業株式会社タキノ工業所の技術協力を頂いた。プロの技術力の高さを目の当たりにし、仕事に取り組む社員の姿勢や厳しさを体験できたことは貴重な財産になった。

TIG溶接(図5)は初めての作業であり、強度を十分に保証できるレベルまでに練習を重ね、完成することができた。この作業を含め、本総合制作実習は、地元北國新聞に4回掲載(図6)され、広報活動にも貢献できた。



図5 TIG溶接作業風景



図6 掲載記事(2018年7月10日北國新聞社より抜粋)

### 2 カーボンカウルの製作

今回初めての取り組みとなったカーボンカウル製作について、多くの作業工程と多くのノウハウがあり完成まで試行錯誤が続いた。製作完了まで40時間×4名の時間を要した。

3次元CADでカウルおよびカウル製作型の設計をしたあとの作業工程は以下の通りである。

- ① CAM技術を活用し、マシニングセンタで型の原材料であるウレタンを加工。
- ② 加工したウレタンを接着し型の原型を製作。
- ③ ウレタンに溶剤の染み込みを防止するため目止め用レジン処理を行う。
- ④ ウレタン原型をポリパテで埋めたあとサンディング。ポリパテとサンディングは3回実施。
- ⑤ ウレタン型からのカーボン離型性をよくするため、カルバナ入りワックスを離型剤としてウレタン型に3回塗りこむ。
- ⑥ カーボン繊維をウレタン型に密着させるため、スプレー糊をウレタン型に塗布。
- ⑦ カーボン繊維をウレタン型に密着させ、カーボン硬化用の接着剤樹脂を塗布し、乾燥後サンディングを行う。この工程は3回実施。
- ⑧ カーボン硬化を確認後、ウレタン型からカーボンを離型する。

カーボンカウルの積層手順は内側の硬質ウレタンから1層目止用接着剤、2層樹脂、3層ワックス、4層のり、5層カーボン繊維、6層樹脂の順で行う(図7)。カーボンカウルの製作風景を図8に、完成したカーボンカウルを図9に示す。

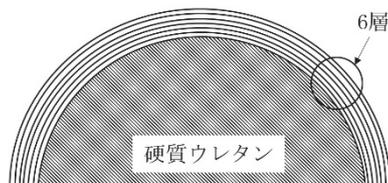


図7 カーボンカウル(6層)及び型断面構造



図 8 カーボンカウル製作風景



図 9 完成したカーボンカウル

### 3 自作エンジンの製作

シリンダヘッド・クランク・クラッチ等はホンダ製スーパーカブ AA04E50cc の部品を流用し、不要なジェネレータや変速機を取り除き、放熱フィン等を除去加工し、軽量化を図った。

クランクケースはアルミ材、シリンダは鋳鉄、フライホイールはステンレスを使用し、汎用フライス盤およびマシニングセンタ、レーザ加工機で、設計から製作まですべて新規に行った。公差幅 0.003mm の精度を出すためのマシニングセンタでのプログラム作成と加工は困難を極めた。プログラムミスや設定値ミスなど 5 回の失敗を含め延べマシニングセンタおよびフライス盤加工は 100 時間 (50 時間×2 名) にも及んだが学生の技術が格段に向上した。マシニングセンタで加工・製作したクランクケースを図 10 に示す。

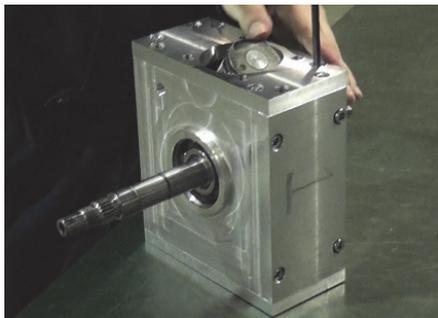


図 10 マシニングセンタで加工したクランクケース

エンジンへの燃料供給装置は大会規定が厳しくダイヤフラム方式を新しく採用した。

ギヤ比についてもエンジントルクバンド(図 11)を調査し、最大トルク回転数 5500rpm 時に速度 30km/h となるように 1:8 を採用し、レーザ加工機でアルミ製スプロケットを製作した。

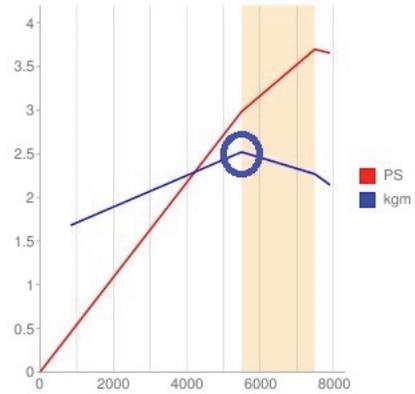


図 11 AA04 型エンジン性能曲線<sup>(2)</sup>

## VI 評価試験

評価試験は規定周回数を完走できる信頼性をはじめ、燃費性能にかかわる空気抵抗評価、速度評価、吸排気評価など 13 回に及ぶ評価を行い、評価項目洗い出し(P)、試験走行実施(D)、問題点抽出(C)、原因究明と対策適用(A)の PDCA サイクルを回しながら、車両を作り込んできた。

また、試験走行は地元穴水町役場および輪島総合自動車学校の協力を頂き、陸上競技場と自動車学校コースを使用させて頂いた。

評価試験結果は試験走行評価結果(図 12)の通りである。エンジンやカウルの改良により、回を重ねるごとに燃費性能は徐々に向上したが、突発的な不具合で試験走行を中止することもあった。



図 12 試験走行評価結果

## VII 大会出場結果

大会は1日目練習走行、2日目決勝の予定であったが、当日台風の影響で練習走行を中止し、1日目に決勝を行うこととなった。そのため、決勝スタート前まで各チーム混乱した。私たちも例外ではなく、雨走行が未評価であったため、急きょ雨仕様に変更した。その影響でエンジントラブルが発生したが、スタート直前で解決し、無事スタートし完走することができた。

結果は燃費500km/Lを達成し、参加カテゴリⅢ(大学/短大/高専)74台中16位であった。目標1000km/Lは達成できなかったが、即決勝の混乱を乗り越えたため、順位は予想以上の好成績となった。

**本田宗一郎杯 Honda エコマイレージ チャレンジ 2018**

開催日: 2018/09/29 走行距離: 16,389.68 [km] 規定速度: 25 [km/h] 気温: 20.0°C  
 密度: 0.744 周回数: 7周 競技時間: 39分20秒110

**【正式結果 / グループⅢ(大学・短大・高専・専門学校生クラス)】**

順位	No.	チーム名	燃費 [km/l]	平均速度 [km/h]	周回	初期値 [s]	計測値 [s]	消費量 [cc]
1	311	八戸高専自動車工学部NP号IV	1674.989	25.110	7	281.97	274.69	9.780
2	347	鈴鹿高専エコカープロジェクトA	1162.433	27.890	7	279.95	269.46	14.100
3	332	Team淡青of有明高専	925.184	25.246	7	284.18	271.00	17.720
4	308	ホンダテクニカルチャレンジ関東	864.204					
5	320	関東工業自動車大学校	836.546	25.415	7	281.13	259.93	19.920
6	304	埼玉自動車大学校エコラン部	780.661	25.753	7	281.13	259.93	20.950
7	336	静岡工科自動車大学校	671.841	25.753	7	281.13	259.93	20.950
8	371	愛知工業大学機械学科チーム	613.994	25.753	7	281.13	259.93	20.950
9	358	日産自動車大学校	596.622	25.753	7	281.13	259.93	20.950
10	321	神奈川県立産業技術短期大学校α	591.077	25.753	7	281.13	259.93	20.950
11	367	中日本自動車短期大学省エネ研究会	585.965	25.753	7	281.13	259.93	20.950
12	370	愛知工業大学 TeamAITEC	575.185	25.676	7	281.13	259.93	28.490
13	340	東京電機大学理工学部自動車部将軍	548.041	25.324	7	283.40	281.15	29.910
14	335	都立産技実業品川	545.345	25.400	7	282.91	260.95	30.050
15	372	日産横浜自動車大学校Aチーム	530.401	25.313	7	284.83	261.84	30.900
16	301	ポリテクカレッジ石川レーシング	500.983	25.808	7	286.61	262.27	32.720

74台中16位  
燃費500.983km/L  
(昨年比2倍向上)

図13 大会結果<sup>(4)</sup>

## VIII 大会以降の取組み

目標1000km/L達成に向けて、以下の改善を行い、大会から3ヶ月後の1月時点で1021km/Lまで燃費を向上させることができた。

- ① 遠心クラッチのばね変更による伝達効率向上
- ② フライホイルの新規設計・製作によるエンジン回転負荷の軽減による燃費向上
- ③ 適正エンジン温度の評価・採用による燃料消費効率向上
- ④ タイヤの幅広化とステアリング方式変更によるころがり抵抗軽減
- ⑤ 改善版フレームの新規設計・製作によるさらなる軽量化および空気抵抗削減

## IX おわりに

今回のエコカー製作は、大会までの期間が5ヶ月と短く、海外からも参加する格式高いレースであったため、新たな車体での上位入賞は高い目標であった。

大会当日までの納期を守り、完走できる品質の車を

造りあげるため、グループ一丸となって、総合制作実習に取り組んできた。その結果、大会では好成績をおさめることができ、学生全員のすばらしい成功体験につながった。またかけがえのない達成感を味わうことができ、学生の大きな自信にもつながった。

総合制作実習を通して、技術力の向上はもちろん、時には意見があわず、学生同士が議論を交わし、指導員からも厳しく指導されたこともあった。その結果、学生同士に強い絆が生まれ、様々なヒューマンスキル向上にも繋がった。

最後に株式会社タキノ工業所やワイエムポリマックス有限会社、山下輪業有限会社の方々からは親切な技術指導をいただき、様々な加工技術や仕事に取り組む厳しい姿勢を教わったことは、学生のよい財産になった。

また試験走行の場を提供して頂いた地元穴水町役場や輪島総合自動車学校の方々も含め、協力いただいた関係者の方々に感謝致します。

### 【参考文献】

- (1) Honda エコマイレージチャレンジのホームページ <https://www.honda.co.jp/Racing/emc/> (最終アクセス日 2019/8/26)
- (2) AA04E 型エンジンの各種諸元と性能曲線図 [https://mtc.grecco-channel.com/honda/supercub50\\_aa04\\_engine/](https://mtc.grecco-channel.com/honda/supercub50_aa04_engine/) (最終アクセス日 2019/8/26)
- (3) 八戸高専自動車工学部のホームページ [http://www.hachinohe-ct.ac.jp/~gakusei/automobile/ecorun/about\\_ecorun.htm](http://www.hachinohe-ct.ac.jp/~gakusei/automobile/ecorun/about_ecorun.htm) (最終アクセス日 2019/8/26)
- (4) Honda エコマイレージチャレンジ 2019 大会結果 [https://www.honda.co.jp/emc/history/national/result2018/pdf/180929Result\\_Gr3.pdf](https://www.honda.co.jp/emc/history/national/result2018/pdf/180929Result_Gr3.pdf)