

競技用低燃費車両の開発 – 車両構造 –

山口大造* 石川雄基** 見當 豊** 鳥取涼太** 桑原諒也** 岡田遥輝** 植月優衣**

河原みほ*** 川村純司*** 中島哲史*** 佐伯文浩****

Development of higher-mileage car – structure –

Daizo YAMAGUCHI*, Yuki ISHIKAWA**, Yutaka MIATARI**, Ryota TOTTORI**,
Ryoya KUWAHARA**, Haruki OKADA**, Yui UETSUKI**, Miho KAWAHARA***,
Junji KAWAMURA***, Tetsushi NAKASHIMA***, Fumihiko SAEKI****

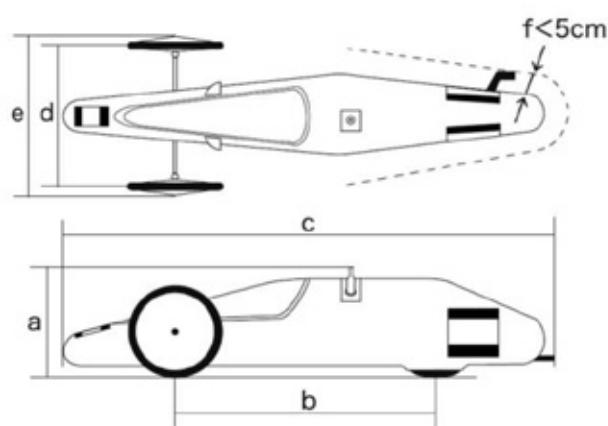
An internal combustion engine vehicle which has been invented for 120 years is absolutely imperative for our life. Green action and resource-saving are the key technologies for automobile engineering. Hybrid car, hybrid electric vehicle, electric vehicle, and clean diesel have been developed. New diesel and petrol cars and vans will be banned in the UK from 2040 in a bid to address air pollution, the government has announced in July 2017. However, an internal combustion engine vehicle will maintain holding a key position at least 20 years. The competition for gasoline mileage “Honda eco-mileage challenge” is held since 1981. Here we show the newly developed experimental production vehicle. The design guide, structural design, of the vehicle which has simple rigid frame has been demonstrated.

Key Words: Higher-mileage car, Design guide, Structural design

1. 緒 言

自動車は 100 年余りの歴史の中で様々な効用を期待され、これまで多様な機能を具備してきた。環境保全と省資源化は次世代自動車に欠かせない基本問題である。モーターとエンジンとを組み合わせたハイブリット自動車や、小型高効率ディーゼルエンジンを搭載した自動車が開発されている。燃費は、車重を 100 kg 低減することで 1 km/L の向上が図れる^{1),2)}。自動車に対する全性向上の要求が年々高まっていることから重量は増加傾向にある³⁾。そのため、自動車用部品の軽量化は急務であり、自動車メーカーや素材メーカーなどによって自動車部品の軽量化がなされている。

このような背景のもと、自動車の基礎技術やモノづくり、さらには環境問題への意識を高めることを目的とし、燃費の限界に挑戦する燃費競技大会が国内外各地で開催されており、多数のチームが燃費競技用車両を開発して出場している⁴⁾。



a. 全高	1.8 m 以下
b. ホイールベース	1.0 m 以上
c. 全長	3.5 m 以下
d. トレッド	0.5 m 以上
e. 全幅	1.7 m 以下
f. エキゾーストパイプ (排気管) はボディ端面より 5 cm 以上出ないこと. ボディ後方からの排気を強く推奨する.	

原稿受付 平成 30 年 9 月 25 日

*総合理工学科 先進科学系

**機械工学科 平成 30 年 3 月卒業

***技術部

****総合理工学科 機械システム系

図 1 全国大会競技規則

Honda エコ マイレージ チャレンジは、「1 リッターのガソリンでどれくらい走れるのか？」がテーマであり、実際の競技では、規定周回数（距離）

を決められた時間の中で走行し、燃料消費量から「燃費」を算出し、その燃費性能の高さを競う。現在の大会最高記録は、2011年の全国大会で記録された3644.869 km/Lである。各チームは、マシンの設計や形状、走り方などありとあらゆる要素の効率化を追求して、燃費性能の極限を目指している。

HONDA エコマイレージチャレンジ全国大会競技規則では、機関はHonda製4ストローク50 cc機関を使用すること、参加車両は3輪以上とし、停止時・走行時にかかわらず自立できる構造であること、そして、平坦な所で全輪が常時路面に接地することが規定されている。車体主要諸元を図1に示す⁵⁾。この競技規則に基づき、燃費競技車両の設計を行った。

本研究では、競技用低燃費車両の製作を行う上で、シンプルナリジットフレーム構造を有する車両の構造設計に関する設計指針を示すことを目的とした。

2. 競技車両および実験方法

2.1 競技車両の開発

試作車両1: 競技用低燃費車両を製作するにあたり、自動車製作を行ったことがない我々は自動車を製作する上でどんな要素が必要かを理解することを目的として試作車両1を製作した。供試機関としてヤマハ発動機株式会社製YBR125の動力機関を用いた。純正供試機関の主要諸元は、エンジン型式: RE052、排気量: 123 cc、エンジンタイプ: 空冷・4ストローク・SOHC、最高出力: 10 ps(7.5 kW)/7800 rpm、最大トルク: 1 kg·m(9.8 N·m)/6000 rpmである⁶⁾。図2に試作車両1の概要を示す。一般的な自動車と同じ前輪2輪、後輪2輪の4輪車である。乗員数はドライバーのみ1人乗りで、ドライバーズシートと後輪車軸の間にエンジンを配置するミッドシップレイアウトとした。駆動輪は後輪であり、エンジンから得られる出力をスプロケットとチェーンを介して後輪車軸に伝達する。フレーム材料は機械構造用角型鋼管(STKMR、40 mm×40 mm、 $t=2.3$ mm)を用いた。足回りは市販のバギー用のものを用いた。車体重量は120 kgであった。

試作車両1の走行テスト(体感評価試験: 被験者5名)を、備北ハイランドサーキットAコース(岡山県新見市、コース全長750 m、コース幅員9 m ~ 11 m)にて実施した。自動車の3要素である走る、曲がる、止まるができることを確認し、その後全開走行を行った。その結果、車体重量が非常に重いことに起因して、発進から中低速の加速が悪いこと、そして、車体強度が十分過ぎるこ

とが明らかになった。競技用低燃費車両としてはフレーム構造を簡潔化し、軽量化を実施すること、また、タイヤが太く転がり抵抗が大きいこと、タイヤの適切な選定が必要であること、そして、運転操作が複雑であったため、見直しが必要であることが明らかになった。



図2 試作車両1の概要

試作車両2: 競技規定に沿った車両を製作することを目的として試作車両2を製作した。供試機関として以下に示す本田技研工業株式会社製スーパーカブの動力機関を用いた。純正供試機関の主要諸元は、エンジン型式: AA02E、排気量: 49 cc、エンジンタイプ: 空冷・4ストローク・SOHC、最高出力 3.4 ps(2.5 kW) / 7000 rpm、最大トルク: 0.39 kgm(3.8 N·m) / 5000 rpmである⁷⁾。



図3 試作車両2の概要

図3に試作車両2を示す。前輪2輪、後輪1輪の3輪車で、タイヤは自転車用20×1.75インチである。乗員数はドライバーのみ1人乗りで、ドライバーズシートと後輪車軸の間にエンジンを配置する、ミッドシップレイアウトとした。駆動輪は後輪であり、エンジンから得られる出力をスプロケットとチェーンを用いて後輪車軸に伝達する。フ

レーム材料は機械構造用角型鋼管 (STKMR、25 mm × 25 mm、 $t=1.6$ mm) を採用した。車体重量は 75 kg であった。

テスト走行は、第 31 回ホンダエコマイレッジチャレンジ鈴鹿大会にて行った。試作車両 1 の試走で問題となった転がり抵抗については、車輪数を 3 輪にし、細いタイヤを用いることで低減された。重量については試作車両 1 よりも大幅に軽くなったものの、同時に排気量が小さくなったため発進から中低速の加速が悪いままであった。試作車両 2 においても強度が十分過ぎたため、更なる構造変更を行う必要があることがわかった。運転操作においては、自動遠心クラッチを用いることにより試作車両 1 よりも変速が簡単になったが、変速の操作そのものが手間であることがわかった。

試作車両 3 (実験装置)：試作車両 1・2 の開発結果より、実験装置においては、パイプラダーフレームを採用した。供試機関は試作車両 2 と同じであるが、ミッションギヤおよびギヤ室を取り除いた。図 4 に実験装置を示す。タイヤは自転車用 20×1.75 インチとした。エンジンから中間軸を介して後輪への減速比は 1:11 とした。アイドリングと発進のために自動遠心乾式クラッチを採用した。フレーム材料は一般構造用炭素鋼鋼管 (STK400、 $D=27.2$ mm、 $t=2.3$ mm) を採用した。車体重量は 65 kg であった。



図 4 実験装置の概要

テスト走行は、ツインリンクもてぎスーパースピードウェイ (全長距離 2.4 km、最大バンク角 10 度、最大直線長 600 m) および、津山高専正面玄関前ロータリーにて行った。車両重量は試作車両 2 に比べ、約 10 kg の軽量化に成功し、発進、低速の加速が改善された。運転操作も簡易化することに成功した。

シンプルなりジットフレーム構造を有する競技用低燃費車両の構造設計に関する設計指針を示すために、模擬定常円旋回テストを行い、車両に生じる曲げひずみおよびねじりひずみについての測定および解析を行った。

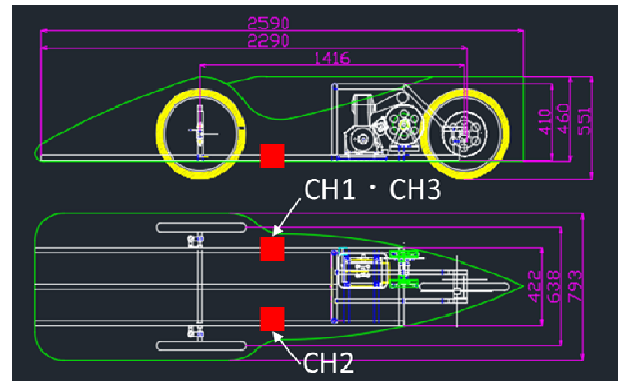


図 5 ひずみゲージ貼付位置

2. 2 実験方法

構造的に最も力が掛かると考えられるドライバー着座位置真横フレームにひずみゲージを貼付し、フレームに生ずるねじりひずみおよび曲げひずみについて測定を行った。貼付位置は、前輪と後輪間距離の前側 1/4 の位置で、エンジンとドライバーシートを隔てるフレームの中間である。競技では、時計回りで走行することから、右側にねじりひずみ測定用 (4 アクティブゲージ法、CH1) を配した。さらに、左右に曲げひずみ測定用を配する (2 アクティブゲージ法、それぞれ CH2、CH3) (図 5)。KYOWA 社製 EDX-10 シリーズにより 3 回測定した。図 6 に CH1 の、図 7 に CH2、CH3 のキャリブレーション (サンプリング周波数：500 Hz) 結果を示す。いずれも高い決定係数 (CH1:0.9978、CH2:0.9959、CH3:0.9964) が得られた。

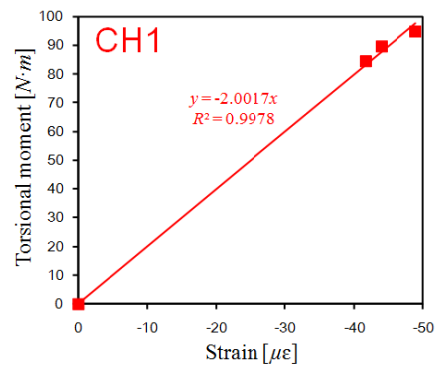


図 6 キャリブレーション結果 (CH1)

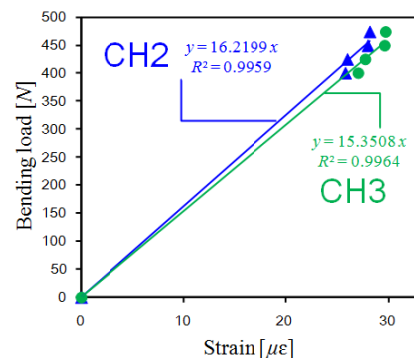


図 7 キャリブレーション結果 (CH2 (▲)・CH3 (●))

3. 結果と考察

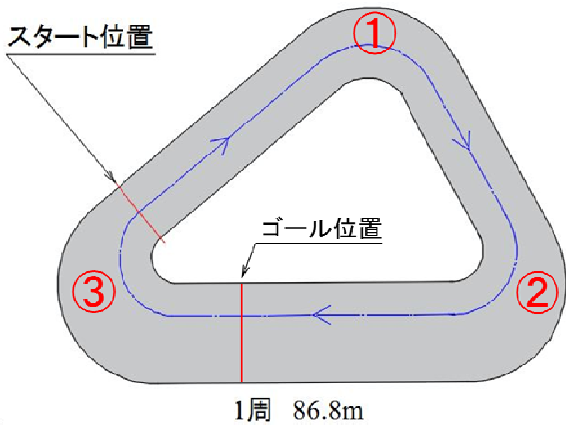


図8 模擬定常円旋回コース

津山高専正面玄関ロータリーにおいて、模擬定常円旋回によるひずみ測定を行った。車速一定(10 km/h)の条件で、図8に示すように走行した(サンプリング周波数: 10 Hz)。

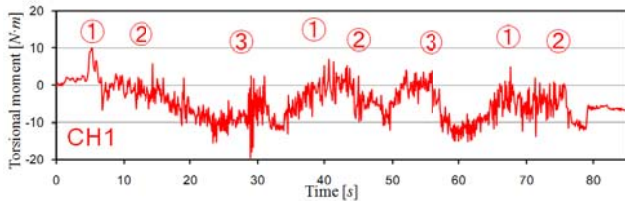


図9 ねじりモーメントの測定結果

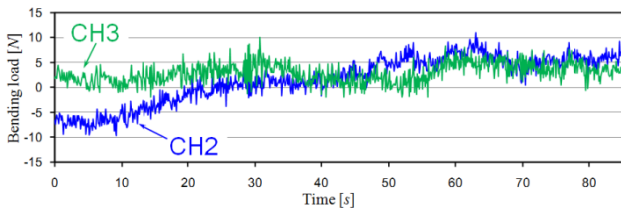


図10 曲げ力の測定結果

図9にねじりモーメントの測定結果の一例を、図10に曲げ荷重の測定結果の一例を示す。ねじりモーメントは、進行方向に向かってパイプを反時計回りにねじるように生じるトルクをプラスと表わしている。測定を開始後、第①カーブ、すぐに第②カーブ、その後、第③カーブを経過していることが分かる。

一連の測定結果から、ひずみゲージ貼付位置における最大ねじりモーメントは、20-25 N·m程度であることが分かった。また、曲げ荷重は、最大15-20 N程度であることが分かった。

得られた結果から、自動車の安全率の基準であるおよそ1.4を安全率として採用した場合の適正材料を考える。実験装置を簡単な両端支持はりとし、市販されている鉄系の丸パイプ(配管用炭素

鋼鋼管 SGP) およびアルミ系の丸パイプ (A6063 T5) を仮定する。関係式を下記に示す。

$$\sigma_{max} = \frac{M}{Z} \quad (1)$$

$$M = \frac{l-x}{l} Px \quad (2)$$

$$Z = \frac{\pi(d_2^4 - d_1^4)}{32d_2} \quad (3)$$

ここで $l=1416$ [mm] (ホイールベース)、 $x=325$ [mm] (ひずみゲージ貼付位置)、 $P=($ ドライバー荷重 267.15 [N] + 解析で得られた最大曲げ荷重 20 [N])、配管用炭素鋼鋼管 (SGP) の基準強さ 290 [N/mm²]、A6063 T5 の基準強さ 110 [N/mm²] とする。

検討の結果、配管用炭素鋼鋼管 (SGP) では、直径 17.3 mm、厚み $t=2.3$ mm 程度、アルミ系の丸パイプ (A6063 T5) では、直径 30 mm、厚み $t=1.5$ mm 程度で十分な強度が保証できることが分かった⁸⁾。

今後は「Honda エコマイレージチャレンジ 2017 本田総一郎杯第37回全国大会」大会規則⁹⁾に沿って、さらなる走行テストを実施し、車両に生じる曲げひずみおよびねじりひずみについて、測定および解析を行う。また、今回は簡単なモデルにした安全率の計算を行ったが、詳細な解析・計算を行い、シンプルなりジットフレーム構造を有する競技用低燃費車両の構造設計に関する、さらに詳細な設計指針を示すことを目指す。

謝辞

本研究の一部は、平成29年度校長裁量経費(ものづくり活動経費「低燃費競争車両の開発(内燃機関部)」・プロジェクト経費「エコラン支援プロジェクト」)により実施した。

参考文献

- 1) 森謙一郎: ホットスタンピング入門 自動車軽量化に向けた超高強度鋼部材成形法, 日刊工業新聞社, (2015) 8-12.
- 2) ガソリン乗用車の10・15モード燃費平均値の推移-国土交通省: <http://www.mlit.go.jp/common/000037099.pdf> (参照 2015-09-25) .
- 3) 佐藤章仁, 西村信吾: 自動車車体の軽量化とその課題, 塑性と加工, (2003) 44-506, 202-206.
- 4) 津田勇: エコラン競技車両の製作, 山形県立産業技術短期大学校庄内校紀要 11, (2015) 3-6.
- 5) 本田宗一郎杯 Honda エコマイレージチャレンジ 2017 第37回 全国大会 競技規則: <http://www.honda.co.jp/Racing/emc/pdf/37th-kyougikisoku.pdf>

(参照 2015-09-25) .

- 6) YAMAHA YBR125 天剣 :

<http://cn.trustexporter.com/cz79o1597088.htm> (参照 2015-09-25) .

- 7) ホンダ スーパーカブ 50・カスタム :

http://www.goobike.com/catalog/HONDA/SUPER_CUB_50_CUSTOM/index.html(参照 2015-09-25). 8) Honda エコ マイレッジ チャレンジ 2017 第 31 回 鈴鹿大会 競技規

則 : http://www.suzukacircuit.jp/emc_s/pdf/2017regulation.pdf

(参照 2015-09-25) .

- 8) 石川雄基他 : 競技用低燃費車両の開発-車両構造について一, 2017 年度津山工業高等専門学校卒業論文集, (2018).

- 9) Honda エコ マイレッジ チャレンジ 2017 第 31 回 鈴鹿大会 競技規則 :

http://www.suzukacircuit.jp/emc_s/pdf/2017regulation.pdf (参照 2015-09-25) .