

# 徳島工業短期大学紀要

## 第 30 刊

### 目 次

---

#### 研究論文

疑似信号を用いたセンサ信号変調用テストボックス  
の運用手順の検討  
専攻科生の故障診断訓練のための基礎的教材化  
…………… 高橋秀成 福栄堅治 …… 1

エアコン・ブロアモータのシミュレータ回路の作成  
…………… 廣瀬博文 …… 4

リア・ワイパー・シミュレータの製作報告  
…………… 櫛田直人  
自動車工学専攻 大本陸斗 中津陽太 …… 6

HA30 グロリアのレストア  
自動車工学専攻学生の実習報告その2  
…………… 櫛田直人  
自動車工学専攻 大本陸斗 中津陽太 …… 10

機構挙動を体感できる  
自動車整備士養成用スケールモデルの開発  
可変式サスペンションモデルを用いた  
足回りジオメトリ理解支援の実践-  
…………… 谷 良 …… 15

モータースポーツ現場体験が  
自動車整備学生の判断力に与える教育効果  
Formula Drift Japan メカニック体験を事例として  
…………… 谷 良 …… 18

竹粉バイオマス燃料エンジンの開発と  
燃焼・性能特性試験  
…………… 花野裕二 廣瀬博文 宮城勢治 …… 22

ミニトマトの安定生産を実現する送風受粉機の開発  
…………… 助道永次, 後藤靖司  
徳島県立農林水産総合技術支援センター  
生月理奈, 村井恒治 …… 26

高齢者の健康寿命延伸と運転見守り機能の社会的意義  
…………… 多田博夫 …… 29

---

2026年7月

# 疑似信号を用いたセンサ信号変調用テストボックスの運用手順の検討 — 専攻科生の故障診断訓練のための基礎的教材化 —

徳島工業短期大学 高橋秀成 福栄堅治

**Keywords :** センサ, ECU, データモニタ, 疑似故障, 再現教材, OBD, 教育

## 1 はじめに

近年の自動車は、エンジン制御・運転支援・車体制御が ECU を中核として高密度に統合され、センサ入力 は CAN 等のネットワークを介して相互に参照される。高度化に伴い、診断機能 (DTC 判定・しきい値／変化速度監視・電源／GND 監視・整合性チェック等) も精緻化し、データモニタに現れる値の意味を根拠立てて説明できる能力が、整備士育成において一層重要になっている。こうした背景を踏まえ、本学でも実験・計測を通じて“体感の数値化”による理解促進を図ってきたが (例：衝突被害軽減ブレーキ作動時の加速度測定)、より踏み込んだ入力信号と ECU 応答の因果を可視化する教材の必要性が高まっている。<sup>(1)</sup>

一方、従来の教材・教科書<sup>(2)</sup>における故障診断の初学者向け演習は、断線 (オープン) や短絡 (ショート) といった「二値的な異常」を中心に構成されることが多い。そのため、センサ特性のわずかな偏倚 (オフセット／ゲインずれ等) を捉えて診断仮説を立てる訓練機会は相対的に乏しく、専攻科生であっても「データモニタの値を読む力」は身に着いていても、「なぜその値がその制御につながるのか」を定量的に説明する段で躓く事例が見られた。

本研究は、上記の教育上の課題に対応するため、専攻科生の故障診断技術向上を主目的として試作したテストボックス (可変抵抗および外部電源 [9V] を内蔵) を用い、センサ-ECU 間に意図的な“特性ズレ”や極端値を安全に再現し、その結果として現れるデータモニタ値の変化・DTC 発生・フェイルセーフ移行・車両制御の応答を段階的に観測・記録する教育的手法を検討するものである。<sup>(3)</sup>

## 2 使用機材

使用する車両は専攻科で実際に使用する実習教材である日産ノート<sup>(4)</sup>とした (図 1 に示す)。

テストボックスの仕様については図 2 に示すとおりである。車両側 ECU に接続するためのテストボックスと車両ハーネス側に接続するためのテストボックスの間にあるセンサ側チェックボックスの内部に可変抵抗と外部電

源となる 9V 乾電池を内蔵する形となっている。

また、図 3 に示すようにセンサ側チェックボックス側に疑似信号を送るセンサを選定できるように切り替え式のスイッチ及び可変抵抗値調整用のダイヤルを備え、外部診断機には図 4 に示す株式会社インターサポート<sup>(5)</sup>が提供する G-SCAN を使用してデータを取得する。



図 1 日産ノート

表 1 諸元表

|        |            |
|--------|------------|
| 車種     | 日産 E11 ノート |
| 年式     | H24 年式     |
| エンジン型式 | HR15       |

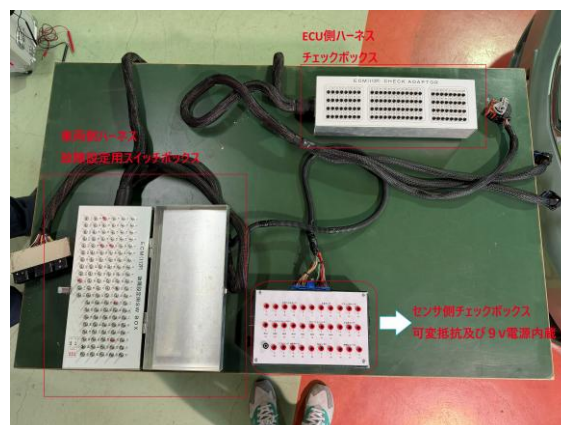


図 2 チェックボックス



図3 センサチェックボックス



図4 G-SCAN

### 3 接続について

前章で述べたテストボックスを日産ノートに接続し、実際に可変抵抗を用いて疑似信号を車両側 ECU に入力することで車両の状態及びデータモニタの数値の変化及び電圧変化を測定する。接続方法については車両側の ECU のコネクタを取り外し、ECU 側ハーネスを車両 ECU に接続、取り外した車両側のハーネスを故障設定用スイッチボックスから出ている車両側ハーネス用のコネクタと接続する。接続した様子は図 5 に示す通りである。

接続が完了したら、外部診断機(G-SCAN)を使用してデータモニタを起動、センサ側チェックボックスから疑似信号を送るセンサを選択し対応する項目をデータモニタにて確認する。

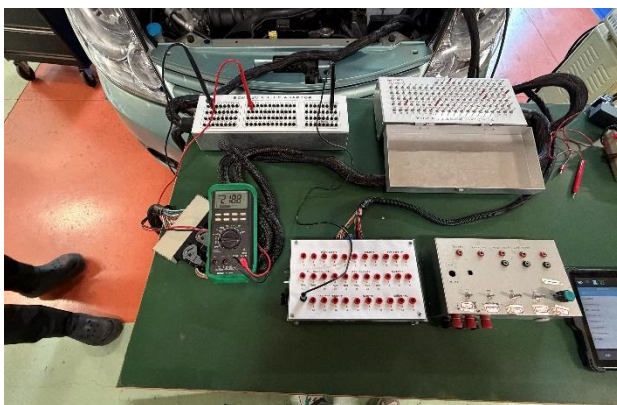


図5 計器接続

### 4 測定について

前項で述べたように、車両への接続が完了後にセンサ側テストボックス側面の調整用のダイヤル及びスイッチを操作し、データモニタ及びデジタルサーキットテスタの出力電圧が変化し、正常にテストボックスが機能していることを確認する、

続けて測定データに関して、データモニタでの正常時とテストボックスを操作した場合の出力電圧の比較をする。また、暖気時増量補正などの補正が入らないように、車両は完全暖気状態で測定する。

#### (1) 水温センサ

例として水温センサに疑似信号を印加した場合のデータモニタ及びデジタルテスタの数値の変化と、疑似信号を印加しない場合の出力データを比較する。

まず初めに図 5 に示すテストボックスの 10 番端子と 38 番端子の電圧値を測定する。これらは車両 ECU 側の水温センサの信号線及びアース線となる。<sup>(6)</sup>また、図 5 に既に示した通り、疑似信号を印加するために端子側チェックボックスのターミナルから ECU 側チェックボックスの 106 番のアース線に配線する。

正常値の場合、出力電圧は 1.00V でデータモニタ内の水温センサの出力値は 97℃となっている。続いて疑似信号を印加した時の変化を表 1 にまとめる。

表1 信号電圧

|        | 正常信号   | 疑似信号    |
|--------|--------|---------|
| 水温     | 1.00V  | 2.20V   |
| エンジン回転 | 738rpm | 1275rpm |
| エアフロ   | 1.24V  | 1.69V   |
| 噴射パルス  | 2.62ms | 4.25ms  |
| アクセル1  | 0.75V  | 0.75V   |
| アクセル2  | 0.75V  | 0.74V   |
| スロットル1 | 0.64V  | 0.78V   |
| スロットル2 | 0.66V  | 0.80V   |
| 点火時期   | -1BDTC | -10BDTC |

疑似信号電圧が正常に印加され、作成したテストボックスが有意に動作することが確認できた。

2.20V を印加すると水温が 57℃という表示になり、完全暖気完了後であるはずなのにエンジン回転数が上昇、冷間時のアイドリング補正制御状態となったことを確認

できた。これにより、センサの特性ズレを再現できたことを確認。次に更に印加電圧を増やしていくと 4. 89V を超えた段階で警告灯が点灯、DTC P0118 を出力。ECU が設定してある閾値を超えたことを現認できた。

(6) 日産自動車株式会社 ESM 整備マニュアル 配線図

## 5 まとめ

本研究では、専攻科生の故障診断実習における教材の一つとして、疑似信号を用いたセンサ信号変調用テストボックスを作成し、その運用手順について整理を行った。従来の教材では、断線や短絡といった明確な故障状態を扱うことが多く、センサ信号が徐々に変化した場合の挙動について、実車を用いて確認する機会は限られていた。

このテストボックスは、可変抵抗および外部電源を用いることで、センサ信号を疑似的に変化させることが可能であり、データモニタ上の数値変化と車両制御の状態を同時に観察できる構成となっている。

このような疑似信号を用いた取り組みは、既存の教材では扱いにくかったセンサ特性の変化を確認するための一つの方法として有効であり、専攻科生にとっては、これまで学習してきたセンサやデータモニタに関する知識を実車と結び付けて確認する機会になると考えられる。また、正常状態からの変化を段階的に観察することで、数値の変化と車両挙動の関係を整理するきっかけにもなる。

今後は、本稿で示した運用手順を授業の中で継続的に活用しながら、実習内容や学生の理解度に応じて対象とするセンサの拡張や運用方法の改善を検討していく予定である。本研究が、専攻科における故障診断実習の補助教材の一例として、今後の授業改善の参考となれば幸いである。

## 参考文献

- (1) 国土交通省・自動車整備技術の高度化検討会 (2023)  
「自動車整備の高度化に対応する人材確保の対策 (中間取りまとめ)」  
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001630593.pdf>
- (2) 自動車整備士養成課程 教科書 一級自動車整備士 エンジン電子制御装置
- (3) 福栄堅治 エンジンの故障診断-不具合のつかみどころ- 徳島工業短期大学紀要 第 23 刊 P37
- (4) 日産自動車株式会社 ESM 車両データ
- (5) 株式会社インターサポート G-SCAN Z tab  
<https://g-scan.jp/>

# エアコン・ブロアモータのシミュレータ回路の作成

徳島工業短期大学 廣瀬 博文

**KEY WORDS:** シミュレータ回路, 1 級整備士, 故障診断

## 1. まえがき

令和 7 年度「とくしまリカレント教育推進事業」に本学の申請した「自動車高度整備技術講座」が採択された。この講座の内容は 1 級整備士実技試験の内容を基に行う予定であり、今後の 1 級整備士を目指す整備士のための講座として開設された。今回の講座ではエアコン・ブロアモータ編を担当することになり、その講座で使用するエアコン・ブロアモータのシミュレータ回路を制作することとなった。

## 2. 本研究の目的

今回の研究では、「自動車高度整備技術講座」で使用するエアコン・ブロアモータのシミュレータ回路を制作することが目的となる。このシミュレータの内容は 1 級整備士実技試験の過去の問題を基に検討を行う。今後、一級整備士の需要増加に伴い実技試験を受ける整備士の受け皿として、また本学専攻科学生の回路図の読み取り、電圧測定、故障診断についての技術向上のために、制作したシミュレータ回路を活用していく予定である。

## 3. 製作方法

製作にあたって、実技試験で使用されているシミュレータ回路を模倣することを考えたが、実際にエアコン・ブロアモータの実技試験を受けたことがある整備士が知り合いにいなかったため過去問題の資料より模倣することにした(図 1、図 2)。

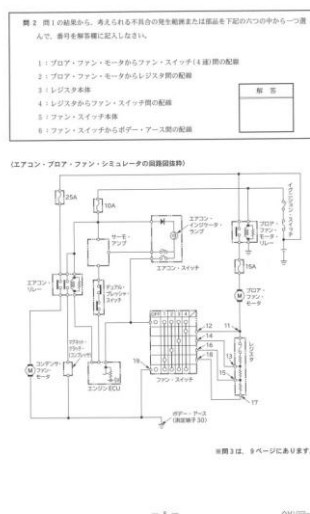
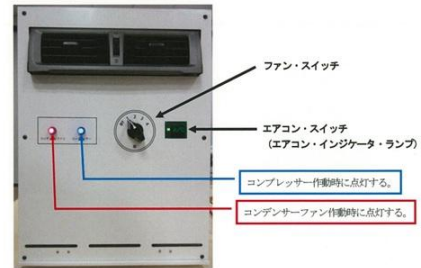


図 1 1 級整備士実技試験の問題①

## 留意事項

### 問題 3

- ① 試験は着席した状態で行うこと。
- ② エアコン・ブロア・ファン・シミュレータ(実物写真)は下図のとおりである。



### 問 1

- ① 電圧測定は、チェック・ボックスに設けた測定端子で行うこと。
- ② チェック・ボックスの番号と、回路図内の番号は、同じです。
- ③ 測定は、電圧レンジのみを用いること。

- 4 -

図 2 1 級整備士実技試験の問題②

図 1 の問題①では回路図が示されており、選択肢として不具合想定箇所が 6 つ示されている。そのため 6 つの不具合箇所を再現することとした。次に図 2 の問題②ではエアコン・ブロアモータシミュレータ回路の外観写真が掲載されているため、制作の参考とした。

材料としては図 3 の薄型アルミケースを大小の 2 サイズを用意し、大きいケースをシミュレータ回路本体、小さいケースを電圧測定のためのチェック・ボックスとした<sup>(1)</sup>。



図 3 薄型アルミケース

次に内部の回路については図 4 のブレッドボードを利用して回路を制作することにした。

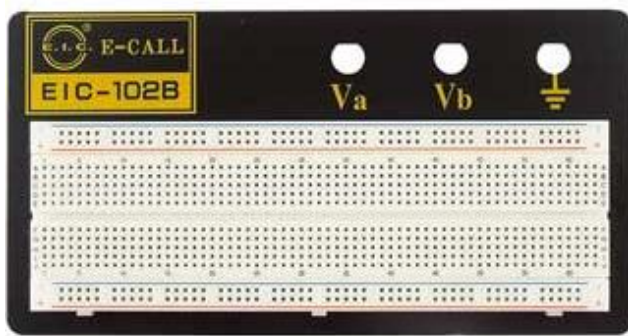


図4 ブレッドボード「EIC-102BJ」

### 3. 作成

エアコン・ブロアモータの回路図にはリレーなどが用いられていたが、不具合箇所には指定されておらず、省くことにした。そのため単純に風量を調整できる回路を作成し、その回線の間にトグルスイッチを挟みこみ、断線を再現する方法で制作を進めた<sup>(1)</sup>。

今回、このようなシミュレータ回路を制作することが初めてだったということもあり、内部の回線は非常に見苦しいものとなっている(図5)。

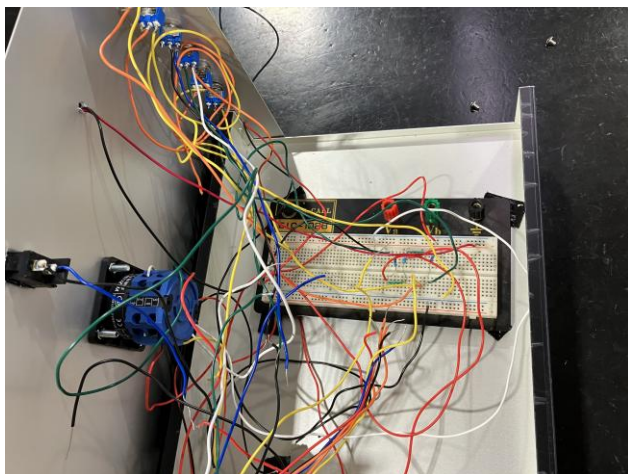


図5 シミュレータ回路の回線

不具合箇所のトグルスイッチは図6のようなシミュレータ回路本体上部に取り付けた。最後に本体とはチェック・ボックスを配線で繋ぎ完成した(図7)。



図6 トグルスイッチの取り付け位置

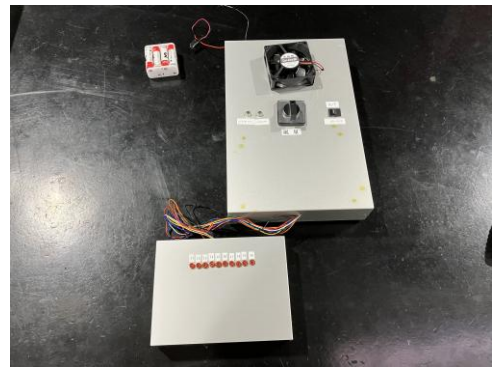


図7 シミュレータ回路全体の外観

### 4. 講座での使用

実際に講座で制作したシミュレータ回路を使って、5つの不具合箇所を再現して、不具合箇所を特定する実習を行った(図8)。



図8 シミュレータ回路を使った講座の様子

この回路を使っでの初めての实習であつたが大きなトラブルもなくスムーズに実習が行えたと思っている。

### 5. まとめ

今回、シミュレータ回路については一か月の制作期間だったことを考えると概ね成功したのではないかと考えている。

不具合箇所をトグルスイッチで簡単に再現でき、電圧測定についてもチェック・ボックスを使って測定しやすくなっており、伝聞ではあるが実際の実技試験のシミュレータ回路と同じようなシミュレータ回路を制作できたのではないかと自負している。

ただこの回路だけのアンケートを実施しておらず客観的な評価が出来ていない。今後、この回路を専攻科などの実習に使用して理解度についてアンケートを取り客観的な評価を行いたいと思う。

### 参考文献

- (1) 櫛田 直人, 乾 令樹, 馬代晃宏, 小林 篤, 高橋秀成, 仁尾裕貴: 電気回路トレーナーの製作報告 自動車工学専攻学生の実習報告, 徳島工業短期大学紀要 第24刊 P.32-33 (2020年)

# リア・ワイパー・シミュレータの製作報告

徳島工業短期大学 櫛田直人

徳島工業短期大学 自動車工学専攻 大本 陸斗 中津 陽太

**KEY WORDS:** 短期大学, 自動車短期大学, 教育, 故障診断

## 1. はじめに

本研究は、リカレント教育における電気回路実習で使用するリア・ワイパー・シミュレータの製作について報告するものである。また、本研究では自動車工学専攻科学生の実習課題として本装置の製作を行った。

学生には必要な電気回路および電気部品を提示し、電気部品の配置検討、設計図の作成、必要部品の見積および発注、加工、組み立て、報告書作成までを一貫して行わせた。これにより、学生が自ら考えながら作業する力を養うことを目的としている。

## 2. 目的

一級自動車整備士実技試験の過去問題に出題されているリア・ワイパー回路を再現したシミュレータを製作することを目的とした。機能としては、断線箇所および抵抗増大箇所をスイッチ操作により切り替え可能とし、テストを用いた点検作業が容易に行えるようテストボックスを設置した。

## 3. 製作準備

はじめに、一級自動車整備士実技試験の過去問題に掲載されているワイパー・スイッチの写真を調査したところ、トヨタ車用ワイパー・スイッチであることが確認できた。実習車であるプリウスを確認した結果、同形状のスイッチが使用されており、問題と同様にワイパー・スイッチをL0にした際には間欠動作となることが分かった。

そこで、本研究ではプリウスのリア・ワイパー回路および部品を用いてシミュレータを製作した。回路製作にあたっては、<sup>1)</sup> ファイネスを用いて配線図および修理書を参照した。

製作に必要な純正部品については、海外サイトを用いて部品番号を調査し、発注を行った。製作に使用した車両の諸元を以下に示す。

車名：プリウス

型式：DLA-ZVW35

フレーム No. : ZVW35-3001733

図1にプリウス（ZVW35）の配線図を、図2に今回製作したリ

ア・ワイパー・シミュレータの断線設定配線図を示す。なお、×は断線箇所、●はテスト端子を示している。

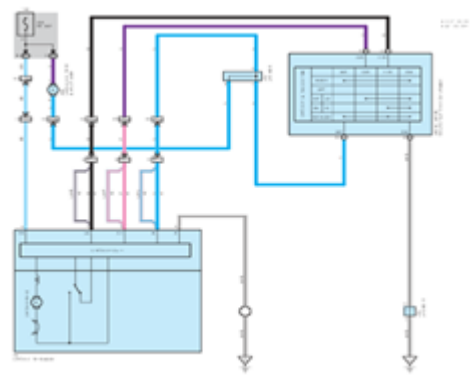


図1. プリウス（ZVW35）の配線図

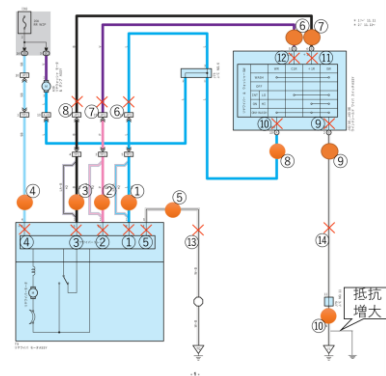


図2. 今回製作したリア・ワイパー・シミュレータの配線図

## 4. 設計

設計図の作成には AR CAD を使用した。フレームにはアルミベ้าシックフレームを用い、移動性を考慮してキャスターを取り付けた。断線箇所および抵抗増大箇所の設定変更を背面から行える構造とするため、台座形状とした。

正面にはリア・ワイパーおよびリア・ウォッシャー、平面部にはテスト端子およびワイパー・スイッチ、下面には 12 V バッテリーを配置した。図3にリア・ワイパー・シミュレータの設計図を示す。

表1に、今回購入した純正部品および材料の一覧を示す。

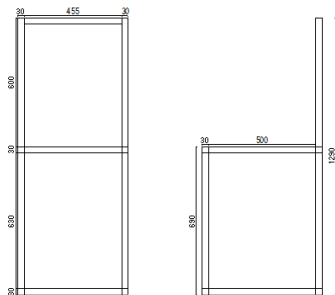


図 3. リア・ワイパー・シミュレータ設計図

表 1 に今回購入した部品一覧を示す。

表 1. 購入した純正部品, 材料一覧

| 部品名称              | 税込み価格  | 個数   | 品番          |
|-------------------|--------|------|-------------|
| リア・ワイパー・モーターASSY  | 中古     | 2 個  | 85130-47020 |
| ワイパー・スイッチ         | ¥9,386 | 2 個  | 84652-42130 |
| グロメット             | ¥198   | 2 個  | 85143-72010 |
| ワイパー              | ¥2,798 | 2 個  | 85241-28120 |
| ナット               | ¥85    | 2 個  | 90179-06158 |
| 配線コード赤            | ¥1,044 | 1 個  | 3468        |
| リア・ワイパー・モーターコネクタ  | ¥439   | 2 個  | 90980-10789 |
| リア・ウォッシャー・モーター    | ¥3,500 | 2 個  | 90980-11051 |
| ウインドワイパースイッチ ASSY | ¥8,000 | 2 個  | 90980-12359 |
| アルミベシックフレーム       | ¥9,432 | 6 本  |             |
| チップジャック TJ-10     | ¥296   | 40 個 | TJ-10-A-B   |
| キャスター             | ¥859   | 4 個  | 415E-R50    |
| ヒューズ 10A (10 個入)  | ¥681   | 1 個  | JTC2023-10A |
| トグルスイッチ           | ¥296   | 28 個 |             |
| アルミ板              | ¥4,398 | 4 枚  | HA2046      |

## 5. 製作 台座

最初に注文した中古品リア・ワイパー・モーター, リア・ワイパー・ウォッシャー・モーター, ワイパー・スイッチの動作確認を行った。

動作確認は,<sup>2)</sup> ファイネスの修理書に記載されている通り

に点検を行った。以下, リア・ワイパー・モーターの単体点検について示す。

### a. 間欠作動点検

コネクタの各端子に補機バッテリー電圧を加えたとき, リア・ワイパー・モーターASSY が作動することを点検する。

4(+B) 端子にバッテリーのプラス, 2(C1) 端子にバッテリーのマイナス, 5(E) 端子にバッテリーのマイナスを接続する。

基準: 間欠作動する。

### b. 連続作動点検

コネクタの各端子に補機バッテリー電圧を加えたとき, リア・ワイパー・モーターASSY が作動することを点検する。

4(+B) 端子にバッテリーのプラス, 3(LS) 端子にバッテリーのマイナス, 5(E) 端子にバッテリーのマイナスを接続する。

基準: 連続作動する。

点検後, リア・ワイパー・モーター, リア・ウォッシャー・モーターの作動は良好であったことが確認された。図 4 に点検状態を示す。



図 4 リア・ワイパー・モーター単体点検の様子

次に購入したアルミベシックフレーム・アルミ板をリア・ワイパー・シミュレータ設計図の寸法通りに切り出した。

リア・ワイパー・シミュレータ設計図の寸法通りに切り出した, アルミベシックフレームを設計図通りに組み立て, 台座が完成した。組み立てた状態を図 5 に示す。



図 5. 完成後の台座

完成した台座にリア・ワイパー・モーター, リア・ウォッシャー, ワイパー・スイッチを各部品の位置関係をチェックしながら取り付けた。リア・ワイパー・モーターはボルトで固定し, リア・ウォッシャー, ワイパー・スイッチは結束バンドで固定した。図 6 に各部品の配置した状態を示す。

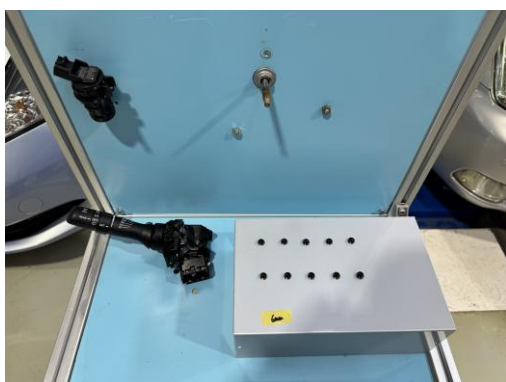


図 6. 各部品取り付け後の状態

## 5. 製作 配線

表 2 と表 3 にリア・ワイパー・スイッチとリア・ウォッシャー・スイッチの点検基準値を示す。

表 2. リア・ワイパー・スイッチ点検基準値

| リア・ワイパー・スイッチ             |            |                  |
|--------------------------|------------|------------------|
| 点検端子(端子記号)               | 点検条件(切り替え) | 基準値              |
| J43-5 (C1R) - J43-2 (EW) | OFF        | 10 k $\Omega$ 以上 |
| J43-4 (+1R) - J43-2 (EW) |            |                  |
| J43-5 (C1R) - J43-2 (EW) | LO (ON)    | 1 $\Omega$ 未満    |
| J43-4 (+1R) - J43-2 (EW) | HI         | 1 $\Omega$ 未満    |

表 3. リア・ウォッシャー・スイッチ点検基準値

| リア・ウォッシャー・スイッチ           |            |                  |
|--------------------------|------------|------------------|
| 点検端子(端子記号)               | 点検条件(切り替え) | 基準値              |
| J42-10 (WR) - J43-2 (EW) | OFF        | 10 k $\Omega$ 以上 |
| J43-4 (+1R) - J43-2 (EW) |            |                  |
| J42-10 (WR) - J43-2 (EW) | WASH       | 1 $\Omega$ 未満    |
| J42-10 (WR) - J43-2 (EW) | ON + WASH  | 1 $\Omega$ 未満    |
| J43-4 (+1R) - J43-2 (EW) |            |                  |

配線を接続し作動確認するにあたり, リア・ワイパー・スイッチ, リア・ウォッシャー・スイッチのカプラ端子記号を<sup>3)</sup>ファイネスで確認した。図 7 参照。

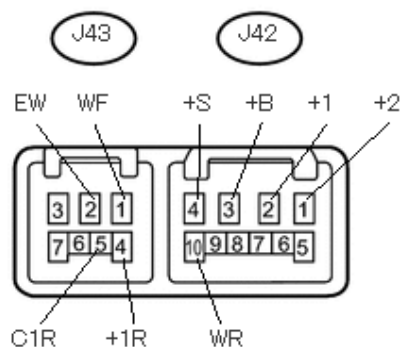


図 7. リア・ワイパー・スイッチ, リア・ウォッシャー・スイッチのカプラ端子図

次にリア・ワイパー・スイッチ, リア・ウォッシャー・スイッチの作動確認を行うために, 図 1 の配線図通りに導線を仮接続した。図 8 参照。

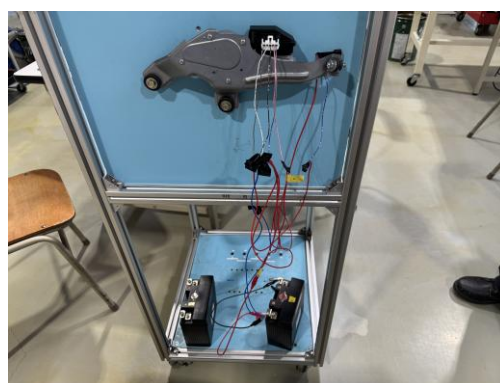


図 8. 導線を接続した様子

そして, 購入したアルミ BOX に, テスト端子用の穴を空け, チップジャックを取り付けてテスト BOX を製作した。図 9 参照。

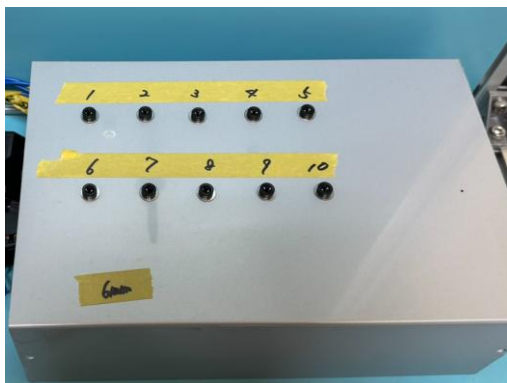


図9. テストBOX

次にアルミ板に、断線・抵抗増大スイッチ用の穴を開け、スイッチを取り付けて断線設定スイッチパネルを製作した。

断線設定スイッチは背面に取り付け、断線設定配線を割り込ませた後、半田で固定し配線の束をチューブで纏めた。図10に配線が完成した状態を示す。



図10. 完成図 背面

また正面のワイパー・スイッチには3Dプリンタで製作した配線カバーを取り付けた。図11に完成した正面図を示す。



図11 完成図 正面

正常状態での操作時の各端子での電圧について表4に示す。

表4. 正常時の電圧 (テストBOX)

| 測定端子番号 | ワイパースイッチ位置 |     |     |         |      |
|--------|------------|-----|-----|---------|------|
|        | OFF        | LO  | HI  | WASH-HI | WASH |
| 1      | 12V        | 12V | 12V | 0V      | 0V   |
| 2      | 12V        | 0V  | 12V | 12V     | 12V  |
| 3      | 12V        | 12V | 0V  | 0V      | 12V  |
| 4      | 12V        | 12V | 12V | 12V     | 12V  |
| 5      | 0V         | 0V  | 0V  | 0V      | 0V   |
| 6      | 12V        | 0V  | 12V | 12V     | 12V  |
| 7      | 12V        | 12V | 0V  | 0V      | 12V  |
| 8      | 12V        | 12V | 12V | 0V      | 0V   |
| 9      | 0V         | 0V  | 0V  | 0V      | 0V   |
| 10     | 0V         | 0V  | 0V  | 0V      | 0V   |

## 7. まとめ

本研究を通して、専攻科学生の電気回路に関する理解度が十分でない場合があることが明らかとなった。また、実習以外での配線作業や半田付けの経験が少ない学生が多く、理論的に理解していても実作業において円滑に作業を進められない場面が見受けられた。

しかしながら、作業指導を繰り返し行い、あえて失敗を経験させたうえで原因を学生同士で考えさせることで、理解の向上および達成感の向上につながったと考えられる。

今後の課題として、実作業経験の少ない学生が増加することが予想される。そのため、専攻科学生であっても、事前に学生の習熟度を把握し、結線や半田付けなどの基礎練習を含む導入教育を実施することが重要である。これにより、より円滑な実習および効果的な指導が可能になると考えられる。

## 8. 参考文献

(1) ファイネス (トヨタ プリウス サービス情報 修理書 外装ボデー&エレクトリカル リア・ワイパー・モーター 単体点検)

[https://faines.jaspa.or.jp/enduser/system/files/manual/public/TOYOTA/PRIUS\\_3/N00142/pgm/service.html](https://faines.jaspa.or.jp/enduser/system/files/manual/public/TOYOTA/PRIUS_3/N00142/pgm/service.html)

(2) ファイネス (トヨタ プリウス サービス情報 修理書 外装ボデー&エレクトリカル ワイパー&ウォッシャー ワイパー・スイッチ 単体点検)

[https://faines.jaspa.or.jp/enduser/system/files/manual/public/TOYOTA/PRIUS\\_3/N00142/pgm/service.html](https://faines.jaspa.or.jp/enduser/system/files/manual/public/TOYOTA/PRIUS_3/N00142/pgm/service.html)

(3) ファイネス (トヨタ プリウス サービス情報 配線図 システム回路図 外装ボデー&エレクトリカル リア・ワイパー&ウォッシャー)

[https://faines.jaspa.or.jp/enduser/system/files/manual/public/TOYOTA/PRIUS\\_3/N00142/manual/ewd/pgm/service.html](https://faines.jaspa.or.jp/enduser/system/files/manual/public/TOYOTA/PRIUS_3/N00142/manual/ewd/pgm/service.html)

# HA30 グロリアのレストア

## 自動車工学専攻学生の実習報告その2

徳島工業短期大学 櫛田直人

徳島工業短期大学 自動車工学専攻 大本 陸斗 中津 陽太

**KEY WORDS:** レストア,自動車工学専攻

### 1. はじめに

本紀要は,2024年9月17日より実施している自動車工学専攻科実習における,HA30型グロリアのレストア作業について報告するものである。今年度も後期実習時間を使用して作業を行った。

本実習では,学生に対して必要となるレストア作業の内容や使用工具について説明し,車両状態の確認,必要部品の見積もりおよび発注,レストア作業,報告書の作成までを一貫して行わせた。これにより,学生が自ら考え,計画的に作業を進める能力を養うことを目的としている。

### 2. 車両について

今回レストア作業を行った車両は,プリンス自動車製グロリアで,1969年(昭和44年)式の最終型HA30型である。エンジンは日産設計のL20型直列6気筒SOHCエンジンを搭載している。図1に作業開始時の車両状態を示す。



図1 HA30 グロリア

### 3. レストア作業 クラッチ・ブレーキ

本年度のレストア作業では,前回の実習においてエンジンの初爆確認まで完了していたため,自走可能な状態にすることを目標として作業を行った。

はじめにクラッチ配管の状態を確認したところ,腐食による亀裂が確認された(図2)。そのため,クラッチ配管を取り外す

こととした。

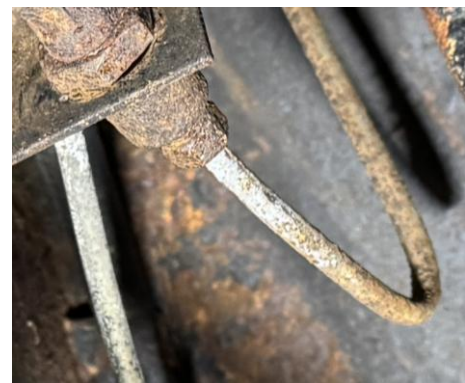


図2 亀裂の入ったクラッチ配管

亀裂が確認されたクラッチ配管は新品部品が廃番となっていたため,銅管を用いて新たに製作した。製作したクラッチ配管を図3に示す。フレア加工には専用工具を使用した(図4)。

銅管の曲げ加工は比較的容易であったが,フレア加工は非常に難しく,失敗すると作動油漏れの原因となる。製作したフレア部を図5に示す。作業を行った学生は,YouTube等の動画で手順を確認し,繰り返し練習を行った。完成した配管を取り付け,エア抜きを実施したところ,漏れはなく,クラッチリリースシリンダの作動も良好であった。

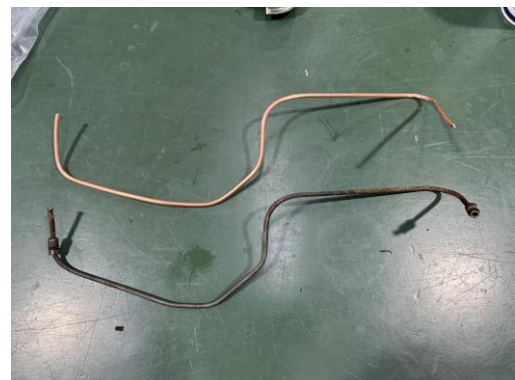


図3 製作したクラッチ配管(上)



図4 フレア加工で使用した工具



図5 製作したフレア部

フロントブレーキについては、昨年度にオーバーホールが実施されていたため、今年度は新たに注文したブレーキパッドおよびピンを取り付けた。しかし、注文したピンは純正品より約6mm 長く、そのままでは取り付けができなかったため、サンダーで切断加工を行い取り付けた。取り付け後の状態を図6に示す。



図6 フロントブレーキ取り付け状態

次にブレーキのエア抜きを実施したところ、リアブレーキからフルードが排出されなかったため、ブレーキマスターシリンダを分解することとした。オーバーホール中のマスターシリ

ンダを図7に示す。

点検の結果、ピストンの動きが渋かったため、#1000 のサンドペーパーで摺動部を研磨した。しかし再組み付け後も作動不良が発生したため、再度分解・研磨を行った。この作業を計5回繰り返した結果、作動がスムーズになり、リアブレーキのエア抜きも可能となった。



図7 オーバーホール中のブレーキマスターシリンダ

#### 4. レストア作業 燃料タンク

燃料系統の点検として、エンジンルーム側の燃料ホースからエアを吹き込み、通路の詰まりを確認した。しかし給油口からエア音が確認できなかったため、燃料タンクとエンジンルーム間に詰まりがあると判断した。

次に燃料タンク上部のパイプに接続されたホースからエアを吹き込んだが、給油口から音は確認できなかった。取り外したホース自体に詰まりはなかったため、燃料タンク上部のパイプに詰まりがあると推定した。

給油口からゴムホースを挿入してタンク内部を確認したところ、ホース先端に錆が付着していたため、内部洗浄が必要であると判断した。

燃料タンク取り外しのため、リアシートを取り外した状態を図8に示す。リアシート下部にはスポンジや吸音材、埃やゴミが大量に堆積していた。



図8 リアシートの座面を取り外した状態

燃料タンクを取り外し,セnderゲージを外して内部を確認したところ,タンク内部に著しい腐食が確認された(図9,図10).



図9 取り外した燃料タンク



図10 燃料タンク内部の様子

燃料タンク内部はスチーム洗浄を行い,多量の錆や汚れを除去した. 洗浄中は劣化したガソリンの強い臭気が発生したため,臭いがなくなるまで繰り返し洗浄を行った.

燃料タンク上部の燃料パイプに針金を挿入して点検したところ,途中で詰まりが確認されたため,パイプ周辺を切開した(図11). 詰まりの原因となっていた錆を除去後,切開部分を溶接した(図12).

しかし,溶接後に水を入れて漏れ確認を行ったところ,複数箇所にも穴が確認された. これは燃料タンクが薄い鋼板であり,腐食により溶接が困難であったことが原因である. 再溶接を試みたが完全な止水は困難であったため,最終的にコーキング剤を使用して補修を行った.

その後,タンク内部洗浄剤を使用し,約1週間処理液を循環させた結果,内部の錆をほぼ除去することができた. 仕上げとして,POR-15 タンクシーラーを用いてタンク内部および溶接部のコーティングを行った.



図11 切開した場所



写真12 溶接の様子

## 5. レストア作業 エンジン始動

エンジン始動確認のため,携行缶を用いて応急的に燃料供給を行った. エンジンオイル量を確認したところ,汚れは見られたものの油量は適正であった.

クランキングのためバッテリーを接続しようとした際,ターミナルが経年劣化により破損したため,ターミナルを交換した(図13,図14).



図13 折れたターミナル



図 14 交換後のターミナル



図 16 電圧測定の様子

その後、キャブレターを洗浄液で清掃し、ディストリビューター接点を研磨した上でクランキングを行った結果、エンジンの始動を確認することができた。

試走を行ったところ、ブレーキの制動力が非常に弱いことが確認された。原因はリアブレーキライニングの剥離による踏み代不足であったため、後日ライニングの張り替えを実施し、正常な制動力が得られることを確認した。クラッチの切れおよび踏み代は良好であった。

#### 6. レストア作業 清掃と点検

清掃前のリアシート裏側の状態を図 15 に示す。表面はシートクリーナーで清掃し、裏面は掃除機を用いて清掃を行った。



図 15 清掃前のリアシートの裏側

次に、製作したクラッチ配管のフレア部からの漏れ点検を行ったが、異常は認められなかった。

また、オルタネータの点検としてバッテリー電圧を測定したところ、13.5Vを確認できたため、正常に充電されていると判断した（図 16）。

内装清掃では、マイクロファイバークロスで拭き取り後、レザーワックスを塗布した。ダッシュボード、リアスピーカーボード、ドア内張りを清掃し、良好な仕上がりとなった（図 17）。最後に洗車を行い、実習を終了した（図 18）。



図 17 清掃後の室内



図 18 洗車後の車両状態

## 7. 考察

本年度のレストア作業は,昨年度に各部点検および部品手配が完了していたこと,ブレーキのオーバーホールやエンジン周辺作業が進んでいたことから,比較的スムーズに進行した.

一方で,ブレーキマスターシリンダの摺動不良によるエア抜き作業には予定以上の時間を要した. また,燃料タンクの配管修理では,薄鋼板の溶接作業の難しさや,腐食による巣穴処理に多くの時間を要した.

結 果として,ブレーキライニング作業は後日対応となったものの,当初の目標であった自走可能な状態までレストアすることができた.

## 8. まとめ

今回の実習では,学生間のコミュニケーションに課題を感じる場面も見られたが,途中で指導を行うことで一定の改善が見られた. これは2名での実習であったことや,作業経験・知識の差によるものと考えられる. 今後は,ミーティングの実施や事前学習の充実などの対策が必要である.

今年度は学生から「グロリアのレストアをしたい」「自走できる状態まで仕上げたい」という明確な目標が示されており,作業に対する意識も高かった. そのため,指導する側としてもやりがいを感じる場面が多かった.

今後もこのようなレストア実習を通して,自動車整備の重要性と技術の継承を行っていききたい.

# 機構挙動を体感できる自動車整備士養成用スケールモデルの開発

## 可変式サスペンションモデルを用いた足回りジオメトリ理解支援の実践

徳島工業短期大学 谷 良

**KEY WORDS:** 短期大学, 自動車短期大学, 視覚教材, アライメント

### 1. 序論

#### 1.1 研究の背景

自動車整備士養成課程において、足回りジオメトリに関する理解は、操縦安定性や操舵特性を学ぶ上で重要な基礎知識の一つである。しかし、キャンバー角、キャスタ角、SAI（ステアリング軸傾斜角）、キングピンオフセットといった概念は三次元的な位置関係を含むため、教科書や板書による平面図のみでは理解が難しい場合が多い。

国家試験対策においても、足回りジオメトリの役割や影響を文章や模式図から読み取る設問が出題されることから、空間的なイメージを持ってない学生にとって理解の障壁となることがある。

#### 1.2 教育実践上の課題

従来の教育現場では、模型や実車部品を用いた視覚教材が活用されてきたが、これらは大型であることが多く、学生が手軽に観察・操作することが難しい場合も少なくない。その結果、足回りジオメトリを構成する各要素を個別に変更し、その影響を比較しながら学習する活動には一定の制約があった。

#### 1.3 研究の目的

本研究の目的は、自動車整備士養成課程における足回りジオメトリの理解支援を目的として、キャンバー角、キャスタ角、SAI、キングピンオフセットを個別に変更可能なサスペンションモデルを開発し、その教材としての可能性を検討することである。

本研究では、3D プリンタを用いて製作した可変式サスペンションモデルを個別指導において活用し、その教育的意義について考察する。

### 2. 関連研究

#### 2.1 足回りジオメトリ教育に関する研究

足回り構造や操舵機構の理解を目的とした模型教材の活用により、学生の理解促進に一定の効果が認められたとする報告<sup>(4)(5)</sup>がある。一方で、これまで用いられてきた視覚教材は実車部品や大型模型を用いたものが多く、授業中に学生が手軽に触れて操作することが難しい場合も多かった。そのため、各ジオ

メトリ要素を比較しながら学習する活動には制約があったと考えられる。

#### 2.2 3D プリンタを用いた教材開発

近年、3D プリンタを用いた教育用教材の開発が教育分野を中心に報告されている。3D プリンタを活用することで、立体教材を比較的容易に作成でき、学習内容に応じた柔軟な教材設計が可能となる点が指摘されている。

#### 2.3 本研究の位置づけ

以上を踏まえ、本研究は複数の足回りジオメトリ要素を可変とした小型サスペンションモデルを開発し、教育実践に活用する点に特徴がある。

### 3. サスペンションモデルの構造と特徴

#### 3.1 モデル全体の構成

本研究で開発したサスペンションモデルは、自動車前輪足回り構造を簡略化して再現したスケールモデルであり、主としてナックル、アッパーアーム、ロアアーム、操舵リンク部から構成されている（図1）。

実車構造を忠実に再現するのではなく、教育目的に応じて構造を簡略化することで、足回りジオメトリの理解に焦点を当てている。

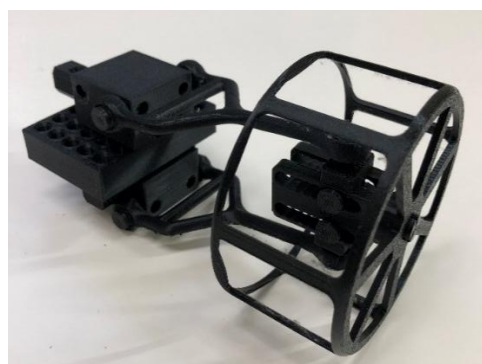


図1 可変式サスペンションモデルの全体構成

#### 3.2 足回りジオメトリ可変機構の概要

本モデルでは、足回りジオメトリの理解を目的として、キャンバー角、キャスタ角、SAI（Steering Axis Inclination：ス

テアリング軸傾斜角。キングピン角とも呼ばれる。車両前方視において、ステアリング軸が鉛直線に対して上端が車両中心側へ傾斜する角度を示す。以下、SAI と略記する。）、キングピンオフセットの各要素を個別に調整可能な構造とした。

なお SAI やキャスタ角は、アーム長の調整などによっても変更が可能であるが、本研究では構造の簡素化を第一とし、アーム長の変化による、バンプ、リバウンド時のキャンバー変化等は本モデルでは学習に用いないことを前提とし、取付位置をスライドすることにより調整を行うこととした。

また、これらのジオメトリ要素は、いずれも車輪姿勢や操舵特性に影響を及ぼすが、その変化の捉えやすさは観察方向によって異なる。

本研究では、キャンバー角、SAI、キングピンオフセットについては正面または上面からの観察が理解に適していると判断し、これらを統合した形で図2に示した。一方、キャスタ角は操舵軸の前後方向の傾きを示す角度であり、正面図では変化が把握しにくい。このため、キャスタ角のみ側面からの観察が可能な別図として図3に示している。

#### (1) キャンバー角

キャンバー角は、車輪を正面から見た際の傾きを示す角度であり、ナックル上部および下部の支持位置を調整することで変更可能な構造とした。調整操作により、ホイールの傾きが変化する様子を正面方向から確認できる。

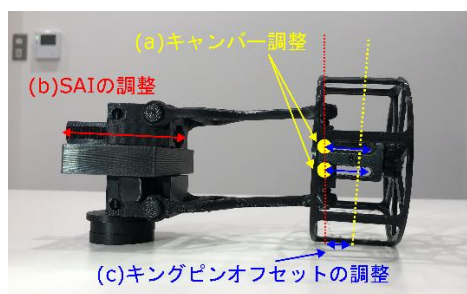


図2 足回りジオメトリ可変機構の概要

図2(a)に示すように、キャンバー角の変化が車輪姿勢に直接反映される様子を視覚的に把握することが可能であり、教科書上の図表と実際の構造との対応関係を理解しやすくしている。

#### (2) SAI (ステアリング軸傾斜角)

SAI は、操舵軸が車両中心方向に傾く角度を示すものであり、平面図や文章のみでは理解が難しい概念の一つである。本モデルでは、ナックルおよび支持部の配置を工夫することで、操舵軸とホイール中心線との位置関係を立体的に示している。

#### (3) キングピンオフセット

キングピンオフセットは、操舵軸とタイヤ接地点との距離

関係として示されるジオメトリ要素であり、上面または正面からの観察が理解に適している。

本モデルでは、操舵軸位置を調整可能とすることで、キングピンオフセットの変化を示す構造とした。

図2(c)に示すように、操舵軸とタイヤ接地点との位置関係が変化する様子を立体的に確認できる点が特徴である。

#### (4) キャスタ角

キャスタ角は、操舵軸の前後方向の傾きを示す角度であり、側面方向からの観察が必要となる。本モデルでは、ロアアームの車体側の取付位置を変更することでキャスタ角を調整できる構造とした。

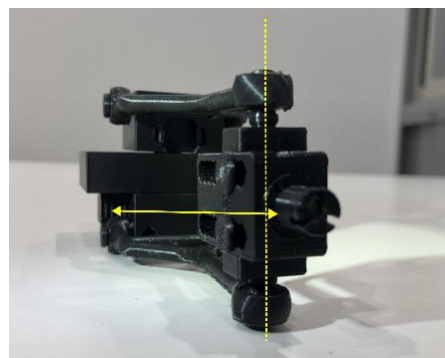


図3 キャスタ角可変機構の概要（側面観察）

図3に示すように、側面から操舵軸の傾きを観察することで、キャスタ角の変化を明確に確認できる。これにより、キャスタ角とトレールとの関係や、直進安定性に関わる概念を視覚的に理解しやすくなっている。

図2(b)に示すように、操舵軸の傾きとホイール中心線との関係を正面方向から確認することで、SAI の概念を空間的に把握することが可能である。

なお、これらの図は足回りジオメトリ変化の概念理解を目的としたものであり、数値的な再現性や実車挙動の定量的評価を目的とするものではない。

### 3.3 3D プリンタによる製作と教材化の工夫

本モデルは、構成部品のすべてを3Dプリンタにより製作した。教育現場における再現性を考慮し、特別な加工や市販部品を使用せず、出力後の簡易な組み立てのみで完成する構成とした。また、部品点数および組み立て工程を可能な限り簡素化することで、製作および保守の負担軽減を図っている。一方で、損傷を受けやすい連結箇所については単独のピン構造とし、破損時に当該部品のみを交換可能とすることで、復旧の迅速化と教材としての取り扱いやすさに配慮した。これにより、教育教材としての耐久性および保守性の向上を図った。

### 4. 個別指導における授業実践

#### 4.1 授業実践の概要

開発したサスペンションモデルは、国家試験対策を目的とした個別指導において活用した。対象学生は約5名であり、教科書や問題演習において理解が不十分であった足回りジオメトリに関する内容を中心に指導を行った。授業では、問題文中で示される図や用語を確認した後、対応する構造や動きをモデル上で実際に示す形で説明を行った。

#### 4.2 キャスタ・トレールの理解に関する実践

特にキャスタ角およびトレールの役割に関する説明において、本モデルは有効であった。キャスタ角やキングピンオフセットを変更した状態でモデルを前後に動かすことで、直進安定性の違いや、タイヤを左右に動かそうとするモーメントの変化を視覚的に確認できた。

学生からは、「教科書だけではどの部分について書いてあるのか分からなかったが、モデルを見ることで理解しやすかった」といった反応が得られた。

### 5. 考察

本研究で開発したモデルは、足回りジオメトリの抽象的概念を立体的に示す教材として、一定の教育的意義を有すると考えられる。特に、学生が自ら操作しながら確認できる点は、理解促進に寄与した可能性がある。

一方で、本研究は少人数の個別指導に限られており、定量的な学習効果の検証には至っていない。また、モデルは実車挙動を完全に再現するものではなく、あくまで概念理解を目的とした教材である点に留意が必要である。

### 6. 課題と今後の展望

今後の課題として、試作モデルではすべての部品が黒色であり、構造が分かりにくい点が挙げられる。キングピン軸や操舵軸を色分けすることで、視認性の向上が期待される。

また、強度的に弱い部分も確認されており、すべてを3Dプリンタで出力することの限界も明らかとなった。加えて、学生自身がジオメトリ調整を行うことを想定すると、調整機構のさらなる簡素化が必要である。

今後は、改良モデルを用いた授業実践を拡大し、理解度の変化を定量的に評価することで、教育効果の検証を進めていきたい。

### 参 考 文 献

- (1) 古和田 丈人, 隅田 学: 中学校理科授業における3Dプリンターを用いた教材開発～単元「生物のからだのつくりとはたらき」～, 日本科学教育学会研究会研究報告, 38巻, pp.1-4, 2024
- (2) 反畑 爽, 笠井 香代子, 進藤 勇作: 中学校2年理科におけるデジタル端末と3Dプリンタ教材を用いた授業実践, 日本科学教育学会研究会研究報告, 38巻, 3

号, pp.57-62, 2024

- (3) 大内健, 伊藤克司: 3Dプリンターを用いた教材作成における最適加工条件とその教育的効果, 福岡教育大学紀要(教育実践研究編), 68巻, pp.1-5, 2019
- (4) 花野 裕二, 多田 博夫, 阿部 昭一, 東條 賢二, 助道 永次: 自動車シャシ基本教育を目的とした教材製作 学生アンケート調査課題に基づく教材構想計画 I, 徳島工業短期大学紀要, 第27刊, pp.1-4, 2023
- (5) 花野 裕二: 自動車アライメント教材の試作ー基礎知識習得のためのイメージ学習法, 徳島工業短期大学紀要, 第26刊, pp.1-4, 2022

# モータースポーツ現場体験が 自動車整備学生の判断力に与える教育効果 —Formula Drift Japan メカニック体験を事例として—

徳島工業短期大学 谷 良

**KEY WORDS:** 短期大学, 自動車短期大学, モータースポーツ, 判断力

## 1. はじめに

近年, 専門職教育においては知識や技能の習得に加え, 問題解決能力や意思決定能力といった非認知能力の育成が重要視されている. 特に自動車整備分野では, 車両状態を把握し, 状況に応じて迅速かつ適切に対応する判断力が重要な能力の一つである.

整備作業は単なる手順作業ではなく, 車両状態の把握, 作業優先順位の決定, トラブル発生時の対応など, 多くの判断を伴う活動である. しかし教育機関における実習環境では, 安全面や設備の制約により, 実際の現場における緊張感や時間制約の中で判断を求められる状況を再現することは容易ではない.

モータースポーツは限られた時間の中で整備作業を行う必要があり, 整備士には迅速かつ正確な判断が求められる. 特にFormula Drift Japan (以下FDJ) は競技特性上, 短時間での整備対応やチーム連携が求められるため, 整備士の判断力が強く問われる環境である.

そこで本研究では, FDJ 参戦を教育活動として活用し, 学生がモータースポーツ競技環境において整備作業を経験することで, 判断力に関する自己評価および職業意識がどのように変化するかを検討することを目的とする.

## 2. 先行研究

専門職教育においては, 経験学習の重要性が指摘されている. 実践的な経験を通じた学習は, 経験学習として多くの研究で論じられている. 経験学習とは, 実際の経験を通じて知識や技能, 判断力などの能力が形成される学習過程を指す. 特に職場や実践的環境における経験は, 学習機会として重要な役割を持つことが指摘されている<sup>2)</sup>.

また, 職場環境における学習は, 単なる知識習得だけでなく, 実際の業務経験を通じた問題解決や意思決定の経験を通して形成されるとされる<sup>3)</sup>. このような経験は, 学習者の判断力や問題解決能力の形成に寄与すると考えられている.

さらに, Bandura<sup>1)</sup>は自己効力感の概念を提唱し, 個人が自らの能力をどの程度有能であると認識しているかが行動選択に影響を与えると指摘している. 判断力に関する自己評価も, この自己効力感の一側面として捉えることができる.

モータースポーツを活用した教育としては, 学生フォーミ

ュラ (Formula Student) に関する研究が比較的多く報告されている. これらの研究では, 学生による車両設計や製作プロジェクトを通じて, 工学教育やプロジェクトマネジメント能力の育成が図られることが示されている.

しかしこれらの研究の多くは車両設計や製作活動に焦点を当てたものであり, 競技現場における整備作業やメカニックとしての実践経験に着目した研究は少ない. 特に自動車整備学生を対象として, モータースポーツ競技環境における整備経験が判断力に与える影響を検討した研究は十分に蓄積されていない.

そのため本研究は, モータースポーツ競技におけるメカニック活動を教育実践として捉え, 整備学生の判断力に着目して教育効果を検討する点に特徴がある.

## 3. 研究目的

本研究では, モータースポーツの実践的環境におけるメカニック体験が, 学生の判断力および職業意識にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする.

具体的には, Formula Drift Japan 第6戦 (岡山国際サーキット, 2025年10月開催) へのメカニック参加を経験した学生を対象として, 参加前後のアンケート調査を実施した.

アンケートでは, 判断力に関する自己評価および職業意識の変化を把握するとともに, 自由記述回答を分析し, メカニック体験を通じて学生がどのような学習や気づきを得たのかを検討する. また, 本研究を通して, モータースポーツを活用した実践的な整備教育の教育的意義について考察する.

## 4. 研究方法

### 4.1 対象

調査対象は, 自動車整備を学ぶ短期大学の学生2名である. 対象学生は, 本学における実習科目の約8割を修了しており, 基本的な整備技術および知識を習得している段階にある. また, また, 参加に先立ち, 安全管理や作業内容に関する事前説明を実施し, 担当する作業や注意事項について十分な理解を得た上で活動に参加した. 両学生はメカニック補助として, チームの整備活動に参加した. 本稿では個人情報保護の観点から学生A, 学生Bと表記する.

## 4.2 活動内容

学生はレースイベントにおいて以下のような作業を担当した。

- 車両整備補助
- 燃料補給
- タイヤ管理
- 冷却水管理
- 清掃作業

これらの作業は、限られた時間の中でチームと連携しながら実施された。図1・2・3に作業の様子を表す。



図1 清掃作業の様子



図2 タイヤ管理の様子



図3 水の噴霧に夜クーリングの様子

## 4.3 調査方法

FDJ 参加前および参加後にアンケート調査を実施した。Q1 から Q10 は判断力についての質問を設定し 5 段階尺度で回答を得た。Q11, Q12 は職業の選択の意識に関して、Q13 からは各学生自身の考察を記入する項目とした。以下にアンケート項目を示す。(表1)

表1 アンケート項目

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| Q1  | 作業の優先順位を自分で決めることができますか？            |
| Q2  | 予期せぬ問題が発生したとき、解決策を考えられると思いますか？     |
| Q3  | 複数の選択肢がある場合、最も適切な方法を選ぶと思いますか？      |
| Q4  | 作業中に『なぜこの手順が必要か』を考えながら行動できると思いますか？ |
| Q5  | 時間制約がある中で、効率的な判断ができると思いますか？        |
| Q6  | 自分の判断に自信がありますか                     |
| Q7  | チーム内で判断を提案することに抵抗がありませんか？          |
| Q8  | 判断を誤った場合でも、次に改善できると思いますか？          |
| Q9  | メカニック体験を通じて、判断力が向上したと感じますか？        |
| Q10 | 今後の学習や仕事で、今回の判断経験を活かせると思いますか？      |
| Q11 | モータースポーツ関連の職業に興味がありますか？            |
| Q12 | 今後モータースポーツ業界を志望したいですか？             |
| Q13 | 成長したいと思う点を教えてください                  |
| Q14 | 現在の課題・改善点を教えてください                  |
| Q15 | 自由意見（メカニック体験に関する意気込みなど）            |

## 5. 結果

### 5.1 判断力自己評価の変化

FDJ 参加前後における判断力自己評価平均を図4に示す。

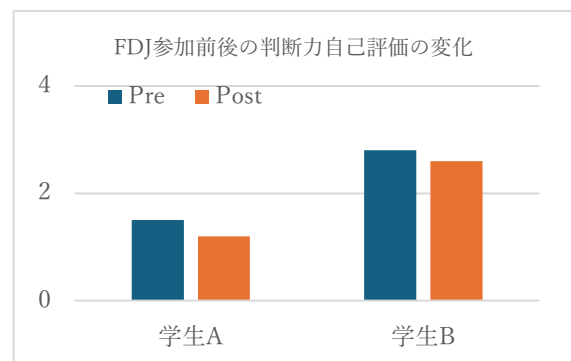


図4 判断力自己評価平均 (Pre・Post)

学生Aは事前平均1.5から事後平均1.2へ、学生Bは事前平均2.8から事後平均2.6へとわずかな低下が見られた。全体として判断力自己評価には大きな変化は見られなかった。

## 5.2 項目別分析

判断力10項目の平均値を図5および図6に示す。

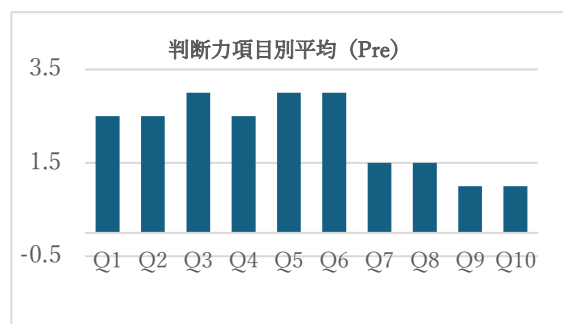


図5 判断力項目別平均 (Pre)

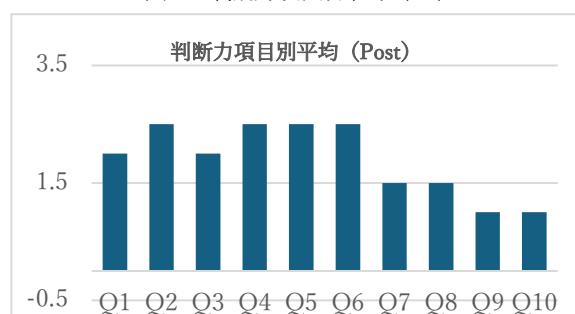


図6 判断力項目別平均 (Post)

事前調査では、作業判断や問題対応に関する項目において比較的低い自己評価が見られた。事後調査では一部項目で変化が見られるものの、全体として大きな差は確認されなかった。

## 5.3 項目別変化量

判断力10項目の事前・事後差分を図7に示す。

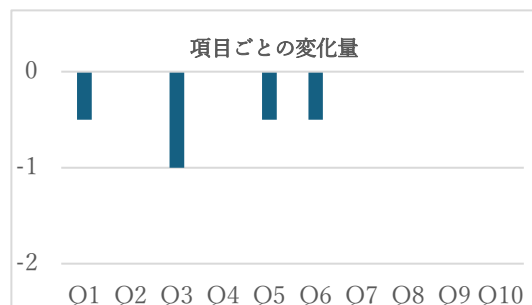


図7 項目変化量

項目ごとの変化量を見ると、多くの項目で大きな変化は見られなかった。いくつかの項目では判断力の評価が下がっている項目もあった。こ

## 5.4 自由記述分析

自由記述回答について内容を整理した結果、図8のように回答は主にチームワーク、責任感、判断力、観察力、時間管理の5つのカテゴリに分類された。

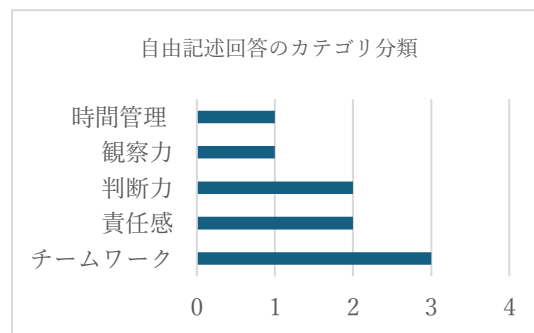


図8 自由記述回答のカテゴリ分類

具体的には、レース活動におけるチームワークの重要性や、整備作業が競技結果に影響することによる責任感に関する記述が見られた。また、作業の優先順位を考える判断力や、周囲の状況を把握する観察力、限られた時間の中で作業を行う時間管理の重要性について言及する回答も確認された。

学生の回答では、レース現場における作業経験を通してチームワークや責任感の重要性を認識したことが示されていた。

## 6. 考察

本研究では、FDJ 参戦後の判断力自己評価において、大きな数値変化が見られない項目や、体験後に自己評価が低下した項目も確認された。一方で、自由記述回答からは、判断力や責任感、時間管理などに関する気づきが多く見られた。このことから、レース現場での経験は学生にとって新たな認識を形成する学習機会となった可能性がある。

判断力に関する結果は、学生がモータースポーツ競技環境を経験することで、自身の判断能力をより現実的に認識するようになった可能性を示唆している。すなわち、レース現場における高い要求水準や実務的な判断の難しさを経験することにより、学生が自身の能力をより客観的かつ厳密に評価するようになったと解釈できる。

このような自己評価の再構築は、専門職教育において重要な学習過程の一つであり、学生が自らの能力を客観的に認識する契機となる。したがって FDJ 参戦は、判断力の単純な向上というよりも、判断力に対する認識の深化を促す教育経験として位置づけることができる。

## 7. 結論

本研究では、Formula Drift Japan メカニック体験を通じた教育効果について検討した。

アンケート結果では大きな数値変化は見られなかったもの

の, 自由記述回答からはチームワーク, 責任感, 判断力, 観察力, 時間管理といった能力に関する気づきが確認された。これらの結果から, これらの結果から, FDJ 参戦は判断力の単純な向上をもたらすというよりも, 学生が自身の判断能力をより現実的かつ客観的に捉え直す契機となった可能性が示唆された。すなわち, モータースポーツという高い実践環境における経験は, 判断力に対する認識の深化を促す教育的意義を有すると考えられる。

今後は対象者数を拡大するとともに, 自己評価の変化と実際の行動変容との関係について検討することで, モータースポーツを活用した整備教育の有効性をより明確にする必要がある。

#### 参 考 文 献

- (1) Bandura, A : Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change, Psychological Review, 84(2), pp.191-215, 1977
- (2) 中原 淳: 経験学習の理論的系譜と研究動向, 日本労働研究雑誌, No.639, pp.4-14, 2013
- (3) 中原 淳: 職場における学習, 組織科学, 48(2), pp.28-39, 2014

# 竹粉バイオマス燃料エンジンの開発と燃焼・性能特性試験

花野 裕二 廣瀬 博文 宮城 勢治

**KEY WORD: Diesel-Engine, Bamboo Powder, Engine Performance**

## 1. はじめに

原子力事故などを背景にエネルギー供給の不安定化が指摘される現在、地球温暖化対策の観点からバイオマスエネルギーの活用が有力視されている。将来的な石油資源利用の制約を踏まえると、自動車分野をはじめとする幅広い分野での利用拡大が期待される。さらに、全国的に増加する放置竹林問題への対応策としても有効活用が求められている。(図1)。



図1 山全体を覆う竹林：徳島県小松島市

このような状況で、成長の早い竹をエンジンの燃料として使うことができれば社会に貢献でき、また、粉体燃焼という学術領域においても発展につながる。竹粉は自発火温度が高いため圧縮点火(ディーゼル燃焼)は難しく、軽油を補助燃料として筒内噴射し、着火した軽油火炎で竹粉混合気を点火するのが本エンジンの原理である。幸い、予備実験においてディーゼルエンジンの吸気管内に竹粉を投入することによりエンジンの回転数が上昇することを確認し、特許申請をして平成30年(2018)に特許<sup>1)</sup>が得られた。本研究論文では、もう少し詳しい実験研究内容を報告し、竹粉エンジンの有望性を述べる。

## 2. 実験装置および方法

実験に使用したエンジンは、三菱かつらディーゼルエンジン NM5H 型で排気量は 290CC、水冷横型単気筒予燃焼室式の 4 サイクル・ディーゼル・エンジンである。最大出力は 5ps/2200rpm、連続定格出力は 4PS/2200rpm であるので、実験条件としては安全を見て 4PS/2000rpm を最大の運転条件とした。冷却水温度は 80°C、竹粉粒子径は 300μ 以下のものを使用した。使用した軽油は 2 号軽油で、比重 0.846 であった。

図2左端の黄色い漏斗から竹粉を定量的に供給する。右下に

ディーゼルエンジンにつながる電気動力計が見える。前面パネル上で主な試験データを採取し、計算・整理する。



図2 実験装置写真(エンジン性能試験装置全体図)

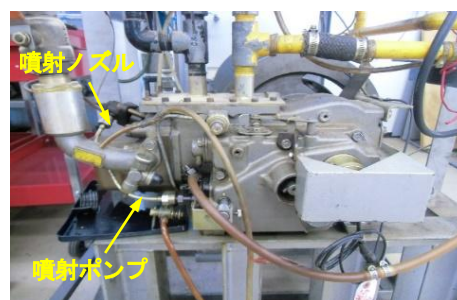


図3 使用した「三菱かつらディーゼルエンジン」

図2、図3に示す試験装置は東京メータ内燃機関性能総合試験装置(空冷渦電流式動力計付)で阿南工業高等専門学校より移管したものである。図3手前から軽油を少量噴射ノズルに供給する。左上方に上がっている太いパイプが吸気管でこの上方途中に竹粉供給装置が付いている。また、左手前に噴射ポンプ、奥に噴射ノズルが見える。図4は竹粉供給用改造電動散粉機である。その目的は竹粉を空気と十分に混合させてシリンダ内に供給することである。状況により使用した。



図4 竹粉供給用改造電動散粉機

表 1 実験データ

| 実験番号 | 軽油 5.14cc<br>の消費時間<br>t [s] | 軽油燃料<br>消費量<br>Bg [g/s] | 軽油のみの<br>トルク<br>[Nm] | 軽油出力<br>[kW] | 軽油+竹粉の<br>トルク<br>To [Nm] | 総合出力<br>Po [kW] | 竹粉消費量<br>(投入量/消費時<br>間) [g/s] | 竹粉消費率<br>Bb [g/s] |
|------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| 1    | 33                          | 0.1318                  | 5                    | 1.047        | 11.7                     | 2.449           | 32/58                         | 0.5517            |
| 2    | 31                          | 0.1403                  | 7                    | 1.465        | 13.0                     | 2.721           | 33/65                         | 0.507             |
| 3    | 25                          | 0.1739                  | 9                    | 1.884        | 14.5                     | 3.035           | 44/92                         | 0.4783            |

## 3. 実験結果

## 3. 1 出力測定

諸条件のため、多くの実験データは取れなかった。その原因は空気の湿度と、竹粉の水分率が大きく関係していると思われる。実験はエンジン回転数 2000rpm でおこなった。

表 1, 表 2 に実験データおよび結果, 図 5, 図 6 に各種条件における燃料消費率とエンジン出力トルクの関連性を示す。

表 2 バイオマス比率と熱効率

| 結果   | 総合熱効率<br>$\eta_e$ % | バイオマス比率<br>$\eta_b$ | 軽油のみの熱効<br>率 $\eta_e$ % |
|------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| 実験 1 | 15.6                | 0.629               | 18.0                    |
| 実験 2 | 17.8                | 0.595               | 23.7                    |
| 実験 3 | 18.7                | 0.527               | 24.6                    |

表 2 に示す熱効率, バイオマス比率の計算法は以下のとおりである。ここに竹の低発熱量を 17.9kJ/g, 軽油低発熱量を 44.1 kJ/g として計算した。

- 出力  $P_o = \pi \cdot N \cdot T_o / 30$  [W]
- $N$  = エンジン回転数 rpm
- 正味熱効率  $\eta_e = 0.209 T_o / (17.9 B_b + 44.1 B_g)$
- バイオマス比率  $\eta_b = 17.9 B_b / (17.9 B_b + 44.1 B_g)$

図 5 より、軽油を多く供給すればエンジントルクは増加する。竹粉を供給した場合を示す図 6 では、竹粉が増加すると、トルクが減少していることが分る。

このことから、竹粉の供給に関しては最適値が存在することが分る。

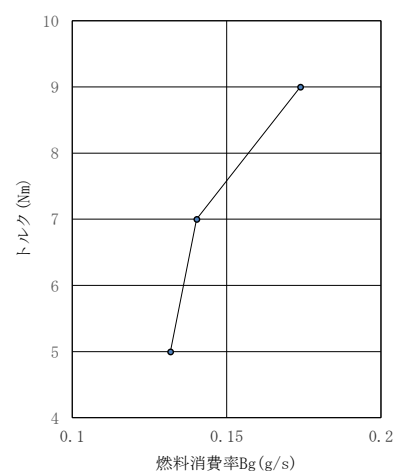
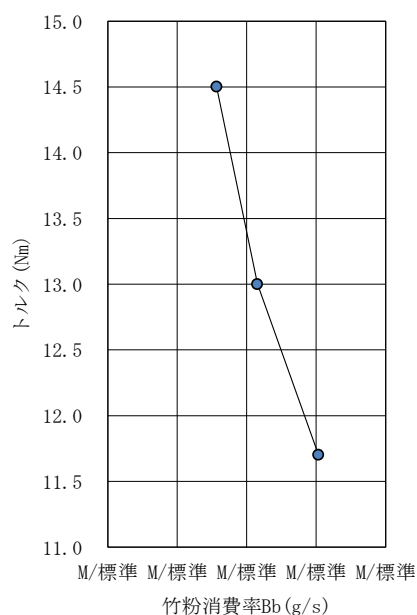
図 5 軽油のみのトルク図  
(エンジン回転速度 2000rpm)

図 6 軽油+竹粉のトルク (2000rpm)

### 3. 2 圧縮比の影響

図7はシリンダ・ヘッドの状況を示す。エンジン圧縮比をあげるために、図のシリンダ・ヘッドを1mm旋削して圧縮比をあげてエンジンの性能を測定した。圧縮比は計算上27になった。

この圧縮比で運転すると、エンジントルク11Nm, 2200回転で竹粉がなくなるまで15分間エンジンは停止せず運転できた。ヘッドの部分にオイルを噴射ノズルから流し込んでその量を測り隙間容積 $V_s$ とし、圧縮比は行程容積 $V_h$ を $V_s$ で割って求めることもできる。



図7 シリンダ・ヘッド面

### 3. 3 竹粉エンジンの燃焼・爆発過程

シリンダ・ヘッドに $\Phi 3$ 程度の小穴を開け、ヘッド外側からアダプターを付けてその小穴に貫通させ、エンジン指圧計(ミネベア MP-100K-14)をねじ込み、圧力信号をユニバース製のLC240 ロードセルコンバーターで増幅し、デジタルオシロスコープの垂直入力Pとした。

水平入力 T(ms)にはエンジンフライホイールにつけたピックアップコイル式センサーより上死点を検出してデジタルオシロスコープの水平トリガー入力とした。

指圧計の検定にはモータリング時のディーゼルコンプレッションテスターの出力と比較して行った。

図8はモータリング時(720rpm)シリンダ内圧力P(MPa)の圧力経過(上のトレース)を示す。

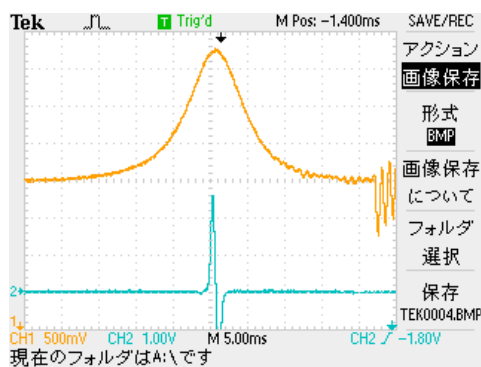


図8 モータリング時のシリンダ内圧力変化

この時コンプレッションテスターの出力値は3MPaであったので、指圧線図(P-T)の検定は1.7MPa/Vであることがわかる。下のトレースは上死点信号を示す。縦軸圧力Pは500mV/div, 横軸は5ms/divである。下のトレースのピークが上死点である。

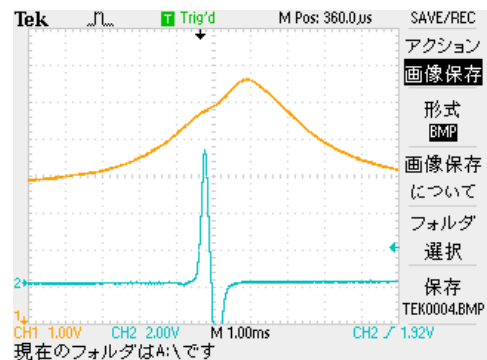


図9 燃焼・爆発時のP-T線図  
(軽油のみ、4.2Nm/2010rpm)

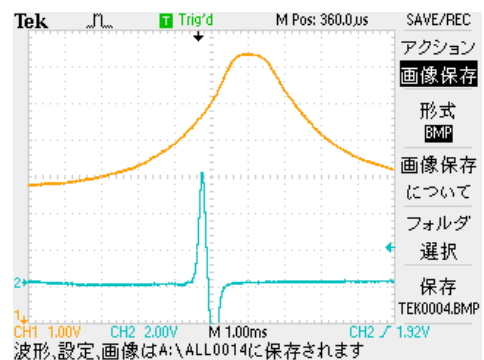


図10 燃焼・爆発時のP-T線図  
(軽油+竹粉、11Nm/2010rpm)

図9と図10を比較すると、縦横軸は同じスケールなので竹粉による燃焼経過がわかる。圧縮上死点後、圧力は急上昇し5ms後にピークに達しており、軽油の爆発圧力は4.5MPaであるが(図9)、竹粉燃焼時はピーク圧力になる時間は5ms遅れで、ピーク圧力は1.3倍の5.8MPaに達する。ピークがフラットに近いことから、竹粉は燃焼速度が遅く、エンジンとしてはディーゼル特有の定圧燃焼であることがわかる。

### 4. 考察

- 1) 現在までの実験によると、ディーゼルエンジンでは竹バイオマス比率(竹の発熱量割合)が50~60%で、竹粉ディーゼルの正味熱効率は20%程度である。軽油のみでは25%程度であるので、現段階では竹粉ディーゼルは熱効率が軽油より5%低度低いと思われる。この原因の多くは竹粉の不安定な供給、軽油噴射時期の不適正

であり、そのほか竹粉の粒径特性、燃焼特性など多岐にわたる。今後の研究により、熱効率の改善は十分可能である。よって竹粉エンジンの熱効率は軽油と同等あるいはそれ以上と考えることができる。

- 2) 排気ガスについては、竹粉は軽く燃えやすいため完全燃焼に近く、目視では黒煙は発生していない。しかし、多少黒煙は発生しても、山林では人家も少ないので人体への影響は少なく、また灰は自然に土壌に落ちるので肥料にもなる。問題となる場合は湿式煤煙除去装置を付ければよく、その場合水中に良質の炭（炭素）が沈殿するのでこれが有効に利用できる。
- 3) 木竹粉は軽く、また排気ガスで乾燥させながら空気とよく混合させてエンジンに供給（予混合燃焼）すれば、燃焼後シリンダ内に灰が多く蓄積することなく、良好に排出される。農耕用エンジンを使用すれば簡単に燃焼室の清掃も可能である。竹粉粒径が小さいほどこの問題は解消される。
- 4) 竹林で竹を伐採し、竹粉をその場で当エンジンに供給して運転し、その動力で発電機を回し、余剰の電力を売電すれば放置竹林の有効利用が可能になる。図 11 のように竹粉を排気ガスで乾燥させる。
- 5) 過去に微粉炭を軽油や重油に混ぜて、ディーゼルエンジンを運転した例があるが、この場合噴射ポンプ、噴射ノズルが摩耗し拡散燃焼のため、すすがよく発生し、ピストン、ピストンリング、シリンダ等をよく摩耗させたという報告<sup>2)</sup>がある。本エンジンは空気と竹粉を予混合させているので、予混合燃焼に近く、すすの発生は少ない。
- 6) 圧縮比をあげることにより、燃料がなくなるまで、竹粉で 15 分間運転できたことを考えると竹粉で連続運転ができることが分かった。

## 5. 結論

本研究により、エンジン圧縮比を高めることで、竹粉燃料を用いたエンジンの連続運転が可能となることを示した。さらに、本エンジンにおいて竹バイオマス比率を 90%以上とする運転条件においても安定した運転が可能であり、竹資源の高効率利用が実現可能であることを明らかにした。

市販の発電用エンジンを改造して本仕様の竹粉エンジンを製作し、当該エンジンによる発電電力を用いて竹粉製造装置を稼働させるとともに、余剰電力を売電するシステムを構築することで、放置竹林現場における資源循環型利用の実現可能性が示唆される。

本システムは、国内にとどまらず、世界各地の竹林地域においても、環境保全および分散型エネルギー供給の両面から有効な手法となり得る。

## 参考文献

- (1) 西岡守, 宮城勢治, 廣瀬博文: 内燃機関, 特許第 6374174 号 (2018 年 7 月 27 日)  
その後 2019 年 2 月には竹粉エンジンの運転を徳島新聞第 1 面に公開した。引き続き、全国の新聞等マスコミやインターネットで大きく取り上げられた。徳島新聞日刊、第 26930 号 (2019 年 2 月 28 日)
- (2) 福田昌准: コールスラリ燃焼による予燃焼室式ディーゼル機関の運転, 津山高専紀要, 第 20 巻, pp. 19-23 (1982)

添付

## [公開特許公報要約]

【解決手段】図 11 に示す燃焼室 2 と、圧縮または火花着火される石油燃料を燃焼室 2 に噴射する噴射ノズル 4 と、燃焼室 2 に供給する竹粉供給装置 7 が接続されており、竹粉供給装置 7 は、竹粉 8 を貯蔵するホッパー 9 と端部がホッパー 9 に接続され他端部が吸気管 5 に接続されており、ホッパー 9 に貯蔵された竹粉 8 を所望の量だけ連続して吸気管 5 に搬送可能なスクリュュー・フィーダ 10 とを備える。

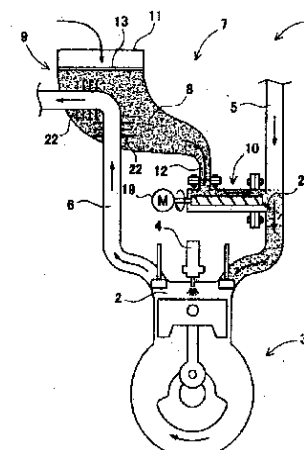


図 11 (竹粉エンジンの原理)

# ミニトマトの安定生産を実現する送風受粉機の開発

徳島工業短期大学 助道 永次, 後藤 靖司  
徳島県立農林水産総合技術支援センター 生月 理奈, 村井 恒治

**KEY WORDS:** 産官学連携, 地域連携, ものづくり

## 1. はじめに

近年、農林水産業を取り巻く経営環境は、「担い手の減少」「労働力不足」「生産資材価格の高騰」「異常気象の常態化」などの要因により、厳しさを増している。これらの課題に対応するためには、個々の生産者や組織のみで解決を図るのではなく、産学官が連携し、生産から販売に至るまでの一貫した課題解決を推進する新たな枠組みが求められている<sup>1)</sup>。

このような背景のもと、徳島県では農林水産業および関連産業の振興を目的として、とくしま農林水産業イノベーションHUB（以下「HUB」という。）を設置した。HUBでは、生産者、高等教育機関、ものづくり企業など多様な主体が参画（表1、図1）し、革新的な技術開発や新たなビジネスモデルの構築に取り組むことで、県内産業の振興および地域の活性化に寄与することを目指している。

本学は自動車整備士を養成する高等教育機関であり、主に自動車産業分野の教育・研究を担っている。しかし、農業分野においても農業機械の維持管理や簡易な点検整備など、機械工学的知識を活用できる場面が多いことから、HUB事業において技術的協力の依頼を受け参画することとなった。本研究は、こうした産学官連携の取り組みの一環として実施したものである。

本研究では、HUB事業の一環として取り組んだ送風受粉機の開発プロジェクトについて、その試作過程および実証結果を報告する。

表1. 参画 機関団体

| 分類       | 機関名（案）                                                                                                                                                                                            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 高等教育機関   | <ul style="list-style-type: none"> <li>徳島大学</li> <li>四国大学</li> <li>徳島文理大学</li> <li>鳴門教育大学</li> <li>阿南工業高等専門学校</li> <li>神山まるごと高等専門学校</li> <li>徳島工業短期大学</li> <li>徳島県立農林水産総合技術支援センター農業大学校</li> </ul> |
| 農林水産関係団体 | <ul style="list-style-type: none"> <li>全国農業協同組合連合会徳島県本部</li> <li>徳島県農業法人協会</li> <li>徳島県畜産協会</li> <li>徳島県木材協同組合連合会</li> <li>徳島県漁業協同組合連合会</li> </ul>                                                |
| 商工関係団体   | <ul style="list-style-type: none"> <li>とくしま産業振興機構</li> <li>徳島県産業国際化支援機構</li> </ul>                                                                                                                |
| 徳島県      | <ul style="list-style-type: none"> <li>農林水産総合技術支援センター</li> <li>工業技術センター</li> </ul>                                                                                                                |

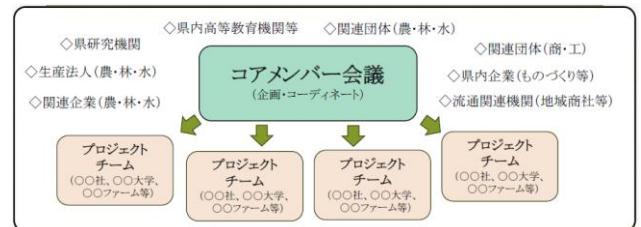


図1. HUB組織図

## 2. プロジェクトチーム結成

徳島県立農林水産総合技術センター農産園芸研究課では、施設栽培ミニトマトの安定した果実生産に関する研究が長年行われており、受粉方法に関する基礎的な研究データが蓄積されている。

施設栽培におけるミニトマトの果実生産では、一般的に植物ホルモン剤を花に噴霧して果実の肥大を促す方法（ホルモン処理）や、マルハナバチを放飼して受粉を行う方法が用いられている。しかし、ホルモン処理は一花ごとに処理を行う必要があり作業負担が大きいという課題がある。また、マルハナバチによる受粉は、高温期などの環境条件によって訪花活動が低下することがあり、果実生産が不安定になる場合がある。

このような課題に対する代替技術として、送風による受粉方法に着目した研究が進められてきた。これまでの研究により、安定した果実生産を可能とする送風条件および送風方法が明らかにされている（図2）。しかしながら、これらの知見を生産現場で活用するためには、実際に使用可能な送風受粉機を開発する必要がある<sup>2,3)</sup>。

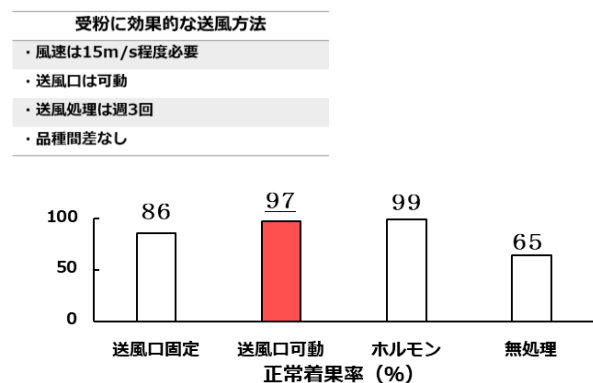


図2. 送風条件および送風法

そこで本プロジェクトでは、既存の研究成果を基に送風受粉機の開発を目的として、研究機関と本学によるプロジェクトチームを結成（図3）した。本学は機械分野の技術的知見を活かし、送風機構および装置構造の設計・試作を担当することとした。

また、実証試験として、みのるファーム株式会社、JA 徳島、吉野川農業支援センターの協力を得る<sup>4)</sup>。

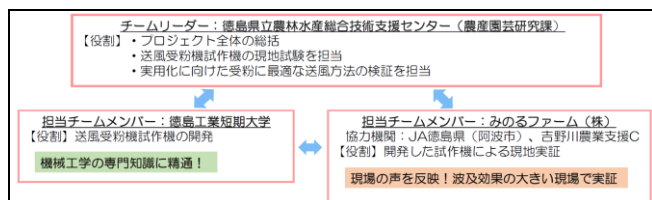


図3. プロジェクトチーム役割

### 3. 計画

本研究において本学が担った役割は、徳島県立農林水産総合技術センター農産園芸研究課がこれまでの試験により明らかにしてきた送風受粉の条件に基づき、実用的な送風受粉機の試作機を製作することである。これまでの研究では、受粉効果を得るための送風条件として、適切な風速、送風口の上下動機構、および電動式による送風方式などの要件が整理されている。そこで本学では、これらの条件を満たし、生産現場で使用可能な機械仕様を備えた送風受粉機の試作機の開発を担当することとなった。

試作機の開発には、特別な装置を用いるのではなく、市販されているハンドブロアや一般的な資材を利用して自作可能な構成とすることを基本方針とした。また、施設内での移動作業を容易にするため、装置全体を手押し台車に搭載できる構造とし、作業者が通路を移動しながら送風受粉作業を行える送風受粉機を提案し、試作機の製作を行った。

製作期間としては、初号機完成を令和8年3月までとし、完成後に実証試験を実施しながら改良を重ねて完成させる計画（図4）である。



図4. 製作計画

### 4. 製作

試作機の製作にあたっては、農業現場での導入の容易さおよび実用性を考慮し、市販製品を活用した構成とした。具体的には、送風装置としてマキタ 充電式ブロワ 40Vmax（図5）、電源装置として EcoFlow DELTA 3 ポータブル電源 1024Wh（図6）、移動用台車としてアルミス 大型アルミ四輪自在ハウスキャリー（図7）を入手し、これらを基礎構成として送風受粉機の試作を行った。

装置の設計においては、ミニトマトの受粉に必要な風速を確保できることに加え、長時間の作業に対応可能な大容量バッテリーを備えること、さらに農業従事者が容易に操作できる簡便な構成であること、および装置全体が軽量で移動しやすいことを基本要件とした。

特に、送風口の可動機構については、本研究における重要な要素であるため、試作と改良を繰り返し試行錯誤を重ねながら構造の検討を行った。その結果、送風方向を適切に制御しながら作業が可能な可動機構を備えた送風受粉機の試作機を完成（図8）させることができた。



図5. マキタ 充電式ブロワ 40Vmax



図6. EcoFlow DELTA 3 ポータブル電源 1024Wh



図7. アルミス 大型アルミ四輪自在ハウスキャリー

試作機の構造においては、移動台車としてアルミ製の軽量台車を採用し、装置全体の軽量化と作業時の取り回しの向上を図った。一方、送風装置を支持するブラケットおよび支柱

については、試作段階における加工の容易性や強度を考慮し、スチール鋼材を用いて製作した。次段階の改良機では、さらなる軽量化を目的として、これらの構造部材についてもアルミ材を用いた構造とする予定である。なお、本試作機ではスチール材を用いた構造であるものの、装置全体の構成を簡素化することで、作業時の取り扱いに支障のない軽量の構造とすることができた。

送風性能については、ミニトマトの受粉に必要とされる風速を考慮し、最大で約 15 m/s 程度の送風が可能となるよう調整できる構造とした。また、送風口の可動範囲については、可動アームの長さを調整することにより対応可能な機構とし、施設内の栽培条件に応じて送風位置を変更できる構造としている。

なお、本試作機の設計および製作には、構想設計から試作機完成まで約 6 か月の期間を要した。



図 8. 完成図

### 5. 実証試験

完成した送風受粉機の試作機は、徳島県立農林水産総合技術センター農産園芸研究課へ納品（図 9）し、施設栽培ミニトマトの生産現場において実証試験を実施している。現在、実際の栽培施設内で装置を使用しながら、受粉に適した送風方法の検討を進めている。具体的には、送風時の風の当て方や送風口の動作方法、作業者が移動しながら作業する際の試作機の走行速度などについて検証を行い、安定した受粉効果を得るための条件の整理を行っている。

また、実際に作業を行う農業従事者の意見を取り入れるため、装置の操作性についての評価も併せて行っている。具体的には、操作時の感覚や作業負担、装置の重量バランス、移動のしやすさなどについて確認し、現場で継続的に使用するうえでの改善点を把握することを目的としている。

さらに、施設栽培のハウスは農場ごとに通路幅や栽培方法が異なるため、試作機のサイズや構造が各農場の作業環境に適しているかについても検討を進めている。これらの実証試験を通じて得られた結果や現場からの意見を基に、装置の改良を行い、より実用性の高い送風受粉機の開発につなげる予定である。



図 9. 試作機納品

### 6. まとめ

本研究では、とくしま農林水産業イノベーション HUB における産官学連携の取り組みの一環として、施設栽培ミニトマトの安定生産を目的とした送風受粉機の開発に取り組んだ。

本学は機械分野の知見を活かし、徳島県立農林水産総合技術センター農産園芸研究課の研究成果に基づいて送風受粉機の試作機を製作した。試作機の設計においては、農業現場での実用性を重視し、市販されている機器や資材を活用した構成とすることで、導入のしやすさや製作の容易性を考慮した装置開発を行った。その結果、必要な風速を確保しつつ、長時間の作業が可能で移動しながら作業できる送風受粉機の試作機を完成させることができた。

現在、試作機は生産現場において実証試験を実施しており、送風方法や作業速度など受粉効果に関する条件の検討を行うとともに、農業従事者の操作性や作業性に関する評価を進めている。これらの結果を踏まえ、装置の改良を重ねることで、より実用性の高い送風受粉機の開発を目指す予定である。

本研究は、農業分野と工学分野が連携した地域課題解決型の取り組みであり、今後は装置の改良と実証データの蓄積を進めることで、送風受粉技術の社会実装および施設園芸における省力化・安定生産への貢献が期待される。

### 参 考 文 献

- (1) 農林水産省：施設園芸をめぐる情勢，農林水産省資料，2023.
- (2) 農業・食品産業技術総合研究機構：施設トマト栽培における受粉管理技術，技術資料，2021
- (3) 徳島県立農林水産総合技術センター：施設栽培ミニトマトにおける受粉技術に関する研究報告，農産園芸研究課資料，2022.
- (4) [とくしま農林水産業イノベーションHUB](https://innovation-hub.pref.tokushima.lg.jp/docs/7885.html)：  
<https://innovation-hub.pref.tokushima.lg.jp/docs/7885.html>

# 高齢者の健康寿命延伸と運転見守り機能の社会的意義

徳島工業短期大学 多田 博夫

**KEY WORDS:** well-being, 運転寿命, 健康寿命, 交通事故, 免許返納, 自動運転, 異常検知

## 1. はじめに

人は誰もが心身ともに健康な状態を維持することを望み、良好な人間関係で社会とのつながりを維持し、健康的で安全かつ快適な生活環境で生活することを望んでいる。そしてこれらウェルビーイングの向上に重要な役割を果たしているのが自動車の進化と普及である。

自動運転技術や環境に配慮した電動車両の開発により、高齢者や交通弱者も含めたすべての人々が安全かつ快適に移動できる社会が実現されつつある。これにより、社会的孤立の軽減や経済的安定性の向上が期待できるだけでなく、環境負荷の低減にも寄与する。また、自動車による移動手段の確保は、高齢者のフレイル予防にも繋がり、健康寿命の延伸に寄与する。本研究は高齢化社会における自動車の運転寿命について調査し、運転中止による健康寿命への影響を調査する。次に高齢者の交通事故要因を調べ、高齢者が安心して運転をすることのできる自動車の運転サポート機能について調査する。

## 2. 運転中止による健康への影響

認知症の発生率と日常生活との関連について島田<sup>1)</sup>は65歳以上の4564人を調査し、日常生活の活動、認知症のリスク要因、新たに発生した認知症の記録から要因分析を行っている。平均42.6か月の追跡調査中に4.8%に当たる219人が認知症を発症し、日常生活の活動と認知症発生確率の関連を求めた。表1に分析結果を示す。発症リスクを示すハザード比の低い順に日常的な会話、買い物、車を運転、畑仕事やガーデニングと成っている。車を運転している人は95%信頼区間での認知症発生危険度は0.45~0.88であり、平均0.63倍である。またこの数値の偶然確率pは0.7%であり、偶然の要素は非常に小さく、高い信頼度と成っている。車の運転は、買い物や日常的な会話の機会との関連性が強く、車の運転を中止することにより、会話や買い物の機会も減ることが予想できる。

表1 認知症の発生リスクと日常生活との関連

| 行動         | ハザード比 |           | 偶然確率<br>p |
|------------|-------|-----------|-----------|
|            | HR    | 95% CL    |           |
| 日常的な会話     | 0.56  | 0.35-0.89 | 0.015     |
| 買い物        | 0.57  | 0.34-0.96 | 0.033     |
| 車を運転       | 0.63  | 0.45-0.88 | 0.007     |
| 畑仕事やガーデニング | 0.71  | 0.54-0.94 | 0.016     |

高齢者が運転をやめることによる自身の健康との関連性についての調査結果を要約する。島田<sup>2)</sup>は大阪市に於いて過去に運転をしていた高齢者3,556人(平均年齢71.5歳、女性比率50.2%)を対象に、運転を続けている人、運転をやめた人、運転していないが車を使う人の3つのグループに分類し、調査から2年間に発生した新たな身体機能制限と影響因子を調査した。表2に分析結果を示す。認知症発生率は、運転をやめたグループが最も多く参加者の10.8%が発症し、車に乗せてもらい運転はしないグループが5.6%、運転を続けているグループは0.9%であり、運転をやめた人の認知症発症リスクは運転を続けている人の12倍となる。

平井<sup>3)</sup>の調査結果を表3に示す。2,704人の運転者と、2010年までに運転をやめた140人を比較し、運転停止者を公共交通機関や自転車を利用している人、他人に運転してもらっただけの人に分けて分析を行っている。運転を続けている人の発症率が最も低く、公共交通や自転車を使わずに車に乗せてもらっただけが最も発生率が高い。いずれの調査に於いても車の運転が最も効果が高く、次に自身の力で公共交通や自転車の利用となる。表2に於ける運転をやめたグループの95%信頼区間によるハザード比に幅が大きいのは、外出の方法や会話頻度によるものと推測する。

以上より、高齢者が車を運転できないことは生活範囲が縮小して社会活動への参加の機会が減少する。免許返納により心身の機能低下が進み、フレイルや認知症発症、要介護状態になりやすくなる。運転寿命の延伸が最も効果が高いが、運転ができずとも社会参加できる移動手段を作ることにも有効である。

表2 運転中止後の機能制限リスク

| 行動       | 発生率   | ハザード比 |            |
|----------|-------|-------|------------|
|          |       | HR    | 95% CL     |
| 運転を続けている | 0.9%  | -     | -          |
| 運転をやめた   | 10.8% | 7.80  | 2.61-23.36 |
| 運転をしてもらう | 5.6%  | 2.37  | 1.27-4.44  |

表3 移動方法による機能制限リスク

| 行動       | 発生率   | ハザード比 |           |
|----------|-------|-------|-----------|
|          |       | HR    | 95% CL    |
| 運転を続けている | 3.8%  | -     | -         |
| 公共交通・自転車 | 8.2%  | 1.69  | 1.15-2.49 |
| 運転をしてもらう | 11.9% | 2.37  | 1.51-3.10 |

### 3. 高齢者の運転リスクについて

自動車の運転や社会参加の増加は認知症の発症リスクが低下するが、高齢者が加害者となる交通事故も多く発生している。図1に交通事故発生件数と高齢運転者による交通事故構成率を示す。交通事故は65.6万件(2011)→28.9万件(2020)と年々減少しているが、高齢者の構成比率は15.8%→23.7%と増加している。しかし、高齢者の交通事故発生数は10.4万件→6.8万件と35%減少しており、これは自動車の安全装置技術の向上と、次に示す免許制度改定による高齢者講習や認知機能検査による安全意識の向上と不適合者を含む免許返納によるものである。

図2に高齢者の交通死亡事故発生要因を示す。高齢者の交通事故発生率の高さは高齢化に伴う視覚、運動機能、認知機能の低下によるものであり、70歳以上では高齢者講習、75歳以上では認知機能検査が運転免許証の更新時に義務付けられた。認知機能検査の結果、認知症の疑いが認められると判定された者は医師の診断が義務付けられ、医師から認知症と診断されれば、免許証が取り消される。

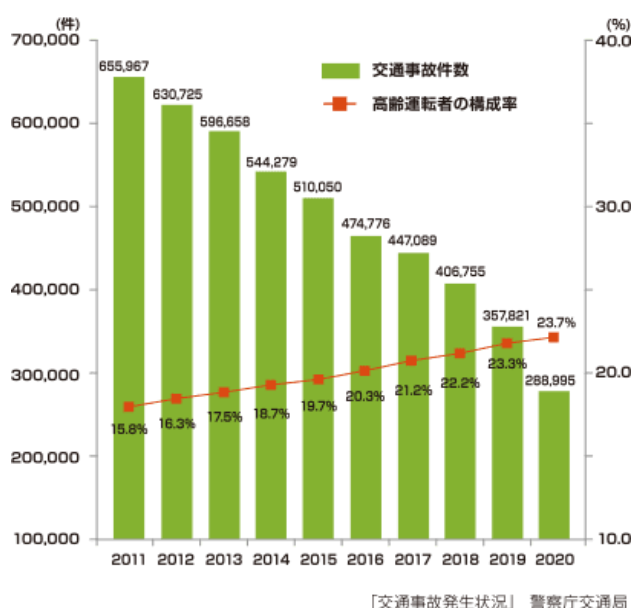


図1 交通事故発生状況

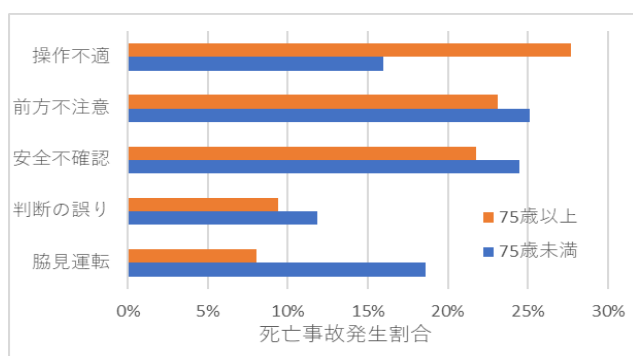


図2 交通死亡事故発生要因

### 4. ドライバー異常時対応システム

自動車の安全性向上は、ヘッドライトやウインカー、警報、バンパーなど車体外部に向けての安全対策から始まり、シートベルトやエアバッグなど乗員の安全対策、そして自動制御技術の進歩に併せアンチロックブレーキやスタビリティコントロールにより車両の安定走行性能が向上した。近年では自動運転技術の進化により、運転サポートによる負担軽減から無人での自動運転へと研究が進んでいる。

本研究に関連した技術は、運転手の異常状態を検知し、車両の減速と操舵をすることで安全な箇所に停車させるシステムであり、国連協定規則第79号第4改訂に準じたリスク軽減機能（ドライバー異常時対応システム）の搭載を新型車両は2025年9月から、継続生産車は2027年9月から適用される。本基準を満たす作動例を図3に示す。①運転者をモニタリングして運転手の状態を検知し、②運転者に警報を発報、③車両を減速し停止させる。車線変更機能付き車両は、④車線変更を行い、⑤道路脇に停止する。本規則に於ける最大減速加速度は $4\text{m/s}^2$ であり、時速30km走行時には停止までに2.08秒の時間を要し、この間に8.7m走行する。時速60kmでは4.17秒、34.7m、時速100kmでは6.94秒、96.5mと増加し、幹線道路や高速道を走行する機会の多いドライバーは、車線変更機能付き車両を選択すべきであり、少なくとも車線維持機能が必要と考える。

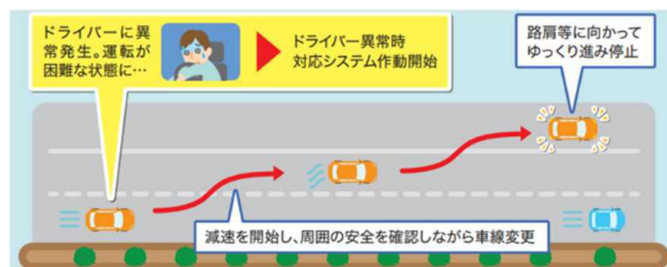


図3 ドライバー異常時対応システムによる車両退避

マツダが推進するCO-PILOT CONCEPTについて、講演会<sup>5)</sup>とマツダ技報<sup>6)</sup>より得た情報を整理する。マツダブランドの核となる「走る歓び」は車を運転することで元気になる事であり、CO-PILOT CONCEPTは副操縦士が寄り添うことでドライバーは安心し、自信をもって運転ができる。機械が人間に変わるのでなく、人の運転をサポートすることで運転寿命を延ばすトレーニングマシンとなる。

ドライバーに起因する交通事故原因は、眠気、発作、急病などであり、運転操作状況、頭部の挙動、視線挙動のモニタリングよりドライバー異常が検知できる。運転操作は普段の操作からの逸脱度から推定し、運転シーンに応じたハンドルやペダル操作の予測値と実際の操作との乖離度合いで推定される。頭部挙動は無意識な行動変化であるが車体挙動に応じて予測でき、これとの乖離度により推定される。視線挙動は

車両前方カメラとドライバーの視線モニターとの重ね合わせより、本来見るべき個所との乖離度より推定される。本機能による異常検知後、警報と音声、ディスプレイ表示によりドライバーに注意を促し、ドライバーが5秒以内に覚醒しなければ停止等のステップに移行する。西日のまぶしさにより目を細めたことによりシステムが作動したとの報告もあるが、実際に視線移動を検知した証明でもあり、5秒以内に復帰することで正常運転に戻ることも確認されている。

## 5. 普及状態調査

### 5.1. マツダの取組

マツダが推進する CO-PILOT CONCEPT の普及状況を調査するため、徳島マツダ本店を訪問した。日本メーカでは最も早く本システムの研究に着手し、現在 CX-80 と CX-60 にドライバー異常時対応システム (DEA) の名称でオプション設定されており、前章にしめす動作を行うと取扱説明書に明記されている。また、CX-30、MAZDA3 には眠気・脇見検知により警報シグナルを発するシステムがオプション設定されている。これらのシステムは高齢者の事故防止に有効との認識を販売員も持っていたが、これまでに顧客からの要望は無く、カタログの紹介も小さいことから特に説明をしていない状況であった。本機能は大型車両から順に搭載が開始されており、高齢者が乗りやすい小型車に設定されていないことも一因と考える。

本システムが搭載されている車両を調査した。販売員から SOS スイッチの位置と機能説明までは得られたが、ドライバー異常システムの動作確認はできなかった。本システムの発動が運転開始から一定以上の時間経過が必要であり、公道等で明確な異常行動をとること自体が危険であるためであり、販売店での実演は実質的に困難な状況である。



(a) 外観



(b) SOS スイッチ

図4 MAZDA CX-80

### 5.2. 国内外自動車メーカーの取組調査

国内・海外のドライバー異常時対応システムの搭載状況を調査した。欧州車では Peugeot 208, Renault Clio, VW Polo, Opel Corsa, Volvo EX30 などの小型車両に搭載されているとの情報を得たが、国内版カタログに明記されていない車種もあり、日本への正規輸入車への対応では正確な情報は得られ

ていない。

日本車での顔認識によるドライバー異常時対応システム対応状況を表4に示す。マツダ、スバル、日産は図4に示す路肩退避までを可能なシステムを搭載した車両として CX-80, CX-60, レヴォーグ, レガシアアウトバック, WRX S4, セレナが確認でき、車線内停止までを可能としたシステムを搭載するのがトヨタクラウンとヴォクシー、ホンダアコード。システムが警報を出すまでのシステムを搭載するのがスズキスイフトと e ビターラである。2025 年 9 月以降の新型車両は全車種にドライバー異常時対応システムが義務付けられ、継続生産車も 2027 年 9 月以降は搭載の義務がある。大型車両は路肩停止、中型車量は車線内停止、小型車両は警告を発する機能になると思われる。

表4 日本メーカの安全システム

| メーカ | システム名                | 顔認識 | 停止 | 退避 |
|-----|----------------------|-----|----|----|
| マツダ | CO-PILOT CONCEPT     | ○   | ○  | ○  |
| スバル | EyeSight X           | ○   | ○  | ○  |
| 日産  | ProPILOT 2.0         | ○   | ○  | ○  |
| トヨタ | Toyota Safety Sense+ | ○   | ○  | ×  |
| ホンダ | Honda SENSING 360+   | ○   | ○  | 維持 |
| スズキ | DSBS II              | ○   | 警告 | 維持 |

## 6. まとめ

本調査により、自動車運転を継続することが健康寿命を延ばし、認知症発症や要介護となるリスクが低くなることが示された。また、会話や買い物も健康寿命との関連が高く、車に乗せてもらうよりも公共交通機関など能動的な移動が効果のあることが示された。

国連協定規則第 79 号第 4 改訂により、新型車は 2025 年 9 月から、継続生産車は 2027 年 9 月からドライバー異常時対応システムの搭載が義務化さ、本機能はわき見や居眠り運転の検知による事故防止だけでなく、高齢運転者の状態把握をすることで運転寿命の延伸にも寄与し得る重要な安全技術である。しかし、自動車販売の現場ではその意義が十分に説明されておらず、購入者も車両選択の要因として認識していない。

国内自動車メーカーは本システムの搭載を大型車両から順次進めているが、その機能には車格に応じた大きな差が存在する。大型車では、ドライバー異常時に安全に路肩へ自動退避する高度な制御が実装されている一方、中型車では車線内停止までにとどまり、小型車では警告提示のみを行う仕様が一般的である。このような機能格差は、技術的制約やコスト構造に起因するものの、利用者層との整合性という観点から課題が残る。特に、小型車は高齢運転者の利用率が高く、運転状態の把握や異常時の安全確保がより重要となる車種であるにもかかわらず、最も簡易な機能にとどまっている。高齢者のみまもりや運転寿命の延伸を社会的課題として捉えるならば、小型車こそ高度な DMS 機能の搭載を優先すべきである。

今後は、車格に依存した機能差を前提とするのではなく、利用者特性に基づく安全機能の最適配置を検討することが求められる。

高齢運転者による事故が報じられるたびに免許返納を求める声が高まる一方で、高齢者の運転を支える安全装置の技術は近年大きく進展している。高度な安全システムを備えた車両はドライバーの状態を継続的に見守り、異常時のリスク低減に加え適切なフィードバックを通じて運転寿命の延伸にも寄与し得る。特に高齢者の利用率が高い小型車において、より高度な監視・介入機能を実装することは、社会全体の安全性向上に資する重要な課題である。自動車が単なる移動手段にとどまらず、誰もが安心して活動が続けられる社会基盤として機能することを期待したい。

#### 参 考 文 献

- (1) Shimada H, et al. Driving and Incidence of Functional Limitation in Older People: A Prospective Population-Based Study. *Gerontology*. 62(6): 636-643, 2016.
- (2) Shimada H, et al. Lifestyle activities and the risk of dementia in older Japanese adults. *Geriatr Gerontol Int*, 18(10): 1491-1496, 2018
- (3) Hirai H, et al. The Risk of Functional Limitations After Driving Cessation Among Older Japanese Adults: The JAGES Cohort Study, 2020 Volume 30 Issue 8 Pages 332-337
- (4) 国土交通省: リスク軽減機能(ドライバー異常時対応システム)の要件を導入します  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha10\\_hh\\_000260.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha10_hh_000260.html)
- (5) 柄岡孝宏: クルマを通じた生きる歓びへの貢献, オートモーティブワールド, AUTO-MS1(2025)
- (6) 柄岡孝宏, 他: MAZDA COPILOT CONCEPT 技術試作車の紹介, マツダ技報, No39, pp176-182(2022)