徳島工業短期大学紀要

第　２７　刊

目　　次

研究論文

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
…… 花野 裕二，多田 博夫，阿部 昭一，
東條 賢二，助道 永次 …… 1

ステア特性シミュレーターの開発その１
基本構想及び模型車両の試作と特性試験
…… 助 道 永 次，
㈱アルファ・コレクションズ 島田 清 …… 5

衝突被害軽減ブレーキの作動における加速度の測定
（第二報）
…… 廣瀬 博文 … 11

災害時における自動車の電源利用
自動車工学専攻学生の実習報告
…… 櫛田 直人、
専攻科 佐々木　斗羽　荒井　祐人 … 14

ライト消し忘れ警報装置の製作と等価回路の構築
…… 岩瀬 一裕 …… 19

ものづくり技術を活用したアンテナ特性解析その
マルチヘリカルコイルによる広帯域特性の改善
…… 助 道 永 次，
㈱アルファ・コレクションズ 島田 清 …… 22

子ども用電動バイク改良報告　地域連携事業
…… 助 道 永 次，
㈱アルファ・コレクションズ 島田 清 …… 26

安全管理　その３　安全を推進する工具の製作
……福栄 堅治… 29

自動車整備基礎講座
…… 鎌田孝，高橋秀成 …… 32

とくしま科学技術アカデミーと連携した
小中学生への自動車体験講座
…… 多田博夫，東條賢二，鎌田孝・多田好宏，
助道永次，福栄堅治 …… 35

道の駅いたのを拠点としたカーシェアリングの可能性
…… 多 田 博 夫…… 40

２０２３年７月

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　花野 裕二，多田 博夫，阿部 昭一，東條 賢二，助道 永次

KEY WORDS: サスペンション，アライメント，キャンバ角，タイヤグリップ力，旋回性能，イメージ教材，

1．まえがき

自動車走行時には，加速，減速時の車両姿勢変化や旋回時の車両の傾き（以後，ロールと称す）に応じて，タイヤは常に上下にストロークし，ストローク量に応じてタイヤの姿勢（以後，アライメント変化と称す）も変化することとなる．

ロールによるアライメント変化は，自動車シャシ構成の中でも車体とタイヤの間を結ぶサスペンションの種類や特徴に大きく左右され，その動作はサスペンションとの相対的な位置関係で決まることとなり，タイヤを常に最適に接地させるためのレイアウトがなされている．

上記に関連する自動車走行時のアライメント変化や操安性を取り上げた授業時に感ずることであるが，自動車に備えられた各種機構の中でも特に学習意欲や興味を示す学生が多くいることを実感する．自動車を通学手段として使用する学生の場合，公道を直進又は旋回する場合や走行速度や路面状況に応じた日常的な走行体験等により，ある程度の動作イメージが伝わりやすいのかもしれない．

しかし，これから自動車技術を学習しようとする大半の学生にとって，自動車そのものに対して体験的な学習経験はない．また，年齢的な問題（運転免許未取得）等の致し方のない理由等から，興味と関心を持ちつつも視野が狭くその基本動作について理解できていない現状がある．このような事も関連し，教科書記載図にある内容説明図と実物とを結びつけた動作を伴った学習項目に対しては，戸惑いも生じることとなり規定のカリキュラム時間内で学生個々の理解度を向上させるとなると至難である．

上記に示す課題より，サスペンション機構とアライメント変化の関連性と基本的動作における教授法について，効率化を図る必要性があった．

本研究では，学生に実施した理解度調査より，アライメント変化の中でも特に旋回時等による車体の傾きに関係の深いキャンバ角変化に特化するものとし，受講学生の連想力補助を目的とした教材試作計画について報告を行うものである．

2．学生の理解度調査

学習理解度を把握するため，アライメント学習を終えた本学 2 年生に対しアンケート調査を行った．アンケート調査では，独立懸架式（上下 2 本アーム式）サスペンション機構における走行時の動作とアライメント変化について，受講学生の学習理解度と動作イメージ力を調査したものである．

2.1 理解度調査のための設問項目

アンケート設問項目は，下記(1)に示す A～F の 6 項目とし，(2)に示す①～⑤の選択肢により集計をおこなった．

(1)アンケート設問項目

A)　サスペンション型式名と構成品名称．

B)　基本的なアーム配置の設定目的．

C)　車体上下動による左右輪のキャンバ角変化．

D)　車体傾きによる左右輪のキャンバ角変化．

E)　旋回時における左右輪のキャンバ角とスラスト角の関連性．

F)　不具合時（走行安定性，タイヤ摩耗）の整備箇所

(2)理解度選択項目．

①理解できる．②やや理解できる．③どちらとも言えない．④あまり理解できない．⑤理解できない．

2.2 理解度調査結果と教授法の課題

(1) 理解度調査結果

アンケート調査は 2 年生 47 名中欠席者 6 名を除く 41 名の回答となる．図 1 にアンケート調査結果を示す．

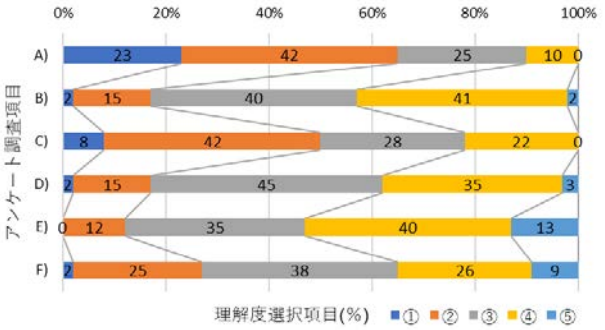


図 1　アンケート調査結果

設問項目集計結果では，「①理解できる」と「②やや理解できる」を肯定回答として捉え集計し考察をおこなった．

設問項目 A)「サスペンション型式名と構成品名称」が基礎的学習を示す回答であり，肯定的回答は 65%であった．

設問項目 B)「基本的なアーム配置の設定目的」では，肯定回答が 17%と低く，逆に，「どちらとも言えない」が 40%と増

加，同じく，「あまり理解できない」と「理解できない」が43%と増加している．設問項目B)～F)では，車体の動作変化に伴うキャンバ角変化についての調査である．

C)の車体上下動による左右輪のキャンバ角変化での肯定的回答50%に対し，D),E)に示す車体の傾き(旋回時含む)による左右輪のキャンバ変化では，肯定回答が12%～17%と大きく減少していることがわかる．設問項目F)に示す不具合時における整備箇所についても肯定回答は減少している．つまり，動作に伴ったイメージ理解が出来ていない場合には，不良箇所の推測に繋がらないといった関係が成り立つことが，アンケート調査結果よりわかる．

(2) 教授法の課題

サスペンション型式や構成品名称については，教科書記載事項又は演習問題等を含めた反復学習により一定の学習成果は得られているように思える．しかし，車体及びサスペンション機構の動作を伴った左右輪のキャンバ角変化となると，理解度が大きく減少していることになる．車輪の動作変化に伴った関連箇所について，その角度変化を理解させる為には，教科書記載事項を如何に効果的な方法で動作イメージを認識させ学生個々に学習内容を認識させるかが重要となる．

3. 構想・計画のポイント

授業内容において本テーマのような動作を伴う学習内容では，その動作イメージを描くことが不得意な学生，あるいは，自分自身が想定する動作イメージについて自信が持てない学生等も多く存在する．このような場合，適否判断が困難となり結果的に学習成果を得たことにはならないことより，学生目線に立ち課題解決を目的とした製作条件を明確にする必要がある．

わかりやすい教材製作を行うには，受講者から「分かりやすかった」と評価されることが重要であり，構成等が曖昧であった場合，学生個々への働きかけが十分ではなくなり，その効果が発揮できないこととなる．したがって，課題点にねらいを絞った出来る限りシンプルな構成を持つ教材を目指すことが必要となる．

構想・計画のポイントとして，以下に記述する視覚化及び共有化の2つ要素を取り入れ構想・計画を行うものとする．

(1)視覚化

a)基本動作を視覚に訴えて理解を深める．

b)言葉で話す言葉は記憶に留まりにくいことが多いことから見てわかるようにする．

c)論理や想像しにくいイメージを目に見える形とする．

(2)共有化

a)学生個人の理解度に合わせ学習利用する．

b)応用問題等に対し自学自習の習慣をつけさせる．

c)学生個人又はグループに対し貸出を可能とした研究材料とした教材とする．

以上に示す要素を取り入れることで，目標を定め学習法に繋げることで自らの力で学び続ける能力の向上を図るものとする．

4. 教材モデル製作に向けて

本教材製作に向け，アンケート調査結果により得られた下記に記述した a)～c)の課題を基にキャンバ角変化に特化するものとし，その基本動作についてイメージ学習させることに重点を置くものとする．なお，本年度については構想計画に基づいた材料製作に重点を置くものとし，教材モデル製作に向けての検証をおこなうものとする．

4.1 学習目標

a)車体上下動による左右輪のキャンバ角変化の基本学習．

b)車体傾きによる左右輪のキャンバ角変化の基本学習．

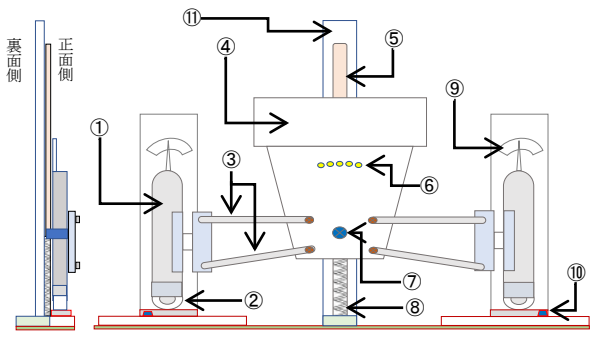
c)旋回時における左右輪のキャンバ角変化とスラスト角の関連性学習．

4.2 構想

教材は学生自身による個人又はグループ間での使用等 を目指す目的より，モデル自体については強固な構成にする必要がある．学生自身が実際に手を動かし自分の目や肌で直接感じることで技術を身に着けるものとすることから，モデル自体をやや強固な構成にする必要がある．なお，本構成ではキャンバ角変化に特化した構成とする基本学習教材とすることから，正面からの視覚動作を優先した2次元型モデル構成とする．図3に教材基本構想概略図（正面図・側面図），図4に動作イメージ図を示す．表1は主な構成品を示したものである．

表1　構成品

①	車輪部	⑦	疑似ロール・センタ
②	タイヤ（カットゴム）	⑧	車体上下動スプリング
③	サスペンション・アーム	⑨	車輪部角度計
④	車体部	⑩	左右スライド板
⑤	車体部傾斜ハンドル	⑪	本体基礎軸
⑥	車体角度表示部		



側面図　　正面図

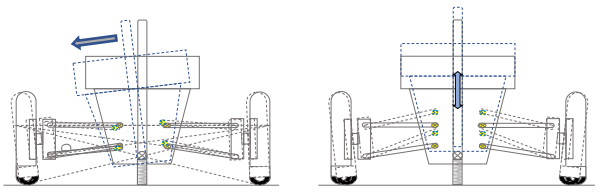
図3　教材基本構想概略図

動作学習として構成上必要となる疑似的なものとし，構成では車体部と車輪部及びその両者を連結するリンクを設定したシンプルなものとする．なお，動作学習時には教材を直立状態となるよう設定することとし，図 3 側面図の教材裏面側に直立に対応できるスタンドを設ける構造とする．

(1) 基本形状と構想

基本形状では，サスペン型式を上下 2 本のアーム構成（W・ウイッシュボーン式）とした．図 3(①から⑪)に示す各種構成品の製作及び組立により，車体部の傾きによる車輪部の動作を大きく表現できるものとする．

車体部④は見やすく最前面に位置させ，その裏面に取り付けた本体基礎軸⑪に 車体部傾斜ハンドル⑤と共に取り付け，車体部傾斜ハンドルと車体部は疑似ロール・センタ⑦は裏面部で連結させた構造とする．この車体傾斜ハンドルは疑似ロール・センタを中心に手動操作が可能な構造とする．

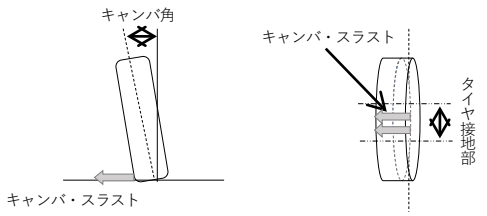


(1) 車体傾き動作とキャンバ角　　(2) 車体上下動作とキャンバ角

図 4　基本動作図

本体基礎軸の中心部にはレールを設け，そのレール内に体上下動スプリングスプリング⑧を組み込み，バウンド及びリバウンドを想定した車体部の上下動を再現させることとする．車体部に示す 5 個の小穴は 車体角度表示部⑥とするもので，個々の穴間隔を 5° とし，小穴に固定ロックピンを差し込むことで車体部の傾きを固定可能なものとする．なお，疑似車体のロール角については左右傾斜角を最大 15° までとする．車体部と車輪部は左右それぞれに上下 2 本設けたサスペンション・アーム③で直接連結させる構造とする．なお，サスペンション・アームの取り付け位置は変更が容易な機構とする．

(2) 車輪部傾斜によるタイヤ歪動作



(1)正面図　　(2) 平面図

図 5　キャンバ角とスラスト力

自動車走行時には，車体の傾きや車体の上下動によりタイヤ接地部は常に動作していることとなる．したがって，タイヤ接地部ではトレッド中心線は本来の円弧の位置から接地面に対し直線の位置に変形させられることから，キャンバ・スラストが発生することとなる(図 5)．

基本形状では，タイヤ接地面はスライド板⑩を取り付けたものとし，車体上下動及び車体傾き時に発生するキャンバ角変化に対応させ視覚確認を容易なものとする．

5. 加工部品による構成

本年度の計画は，基本構成図をもととした材料加工や必要部品の購入等に向けた作業に限定したものであり，教材としての動作や関連する測定項目及び測定結果について報告を行うものではない．

しかしながら，次の工程に向け構想計画に基づいた材料加工品の修正や構成等，その全体像について構成概要を把握しておく必要があった．

以上のことから，加工部品による仮組立を行うこととし全体構成における配置等について検証をおこなった．図 5 は，加工部品を使用した仮組付け状態での正面図を示すものである．

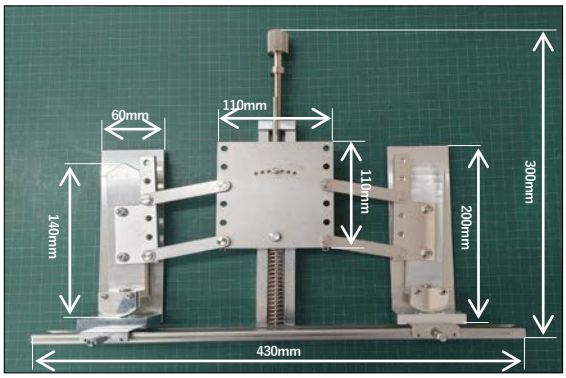


図 5　仮組付けによる構成（正面図）

本教材構想では，教材構成以外に学習教材自体の持ち運びを考慮に入れることから，小型サイズの構成を目標とした．

仮組付け状態によるサイズ構成では，横幅 430㎜×縦幅 300㎜ となり厚みでは最大 50㎜ 縦幅となり，基本形状については概ね達成できたと考えている．

加工部品材料には，アルミ合金及びステンレスを用いることとし，教材としての管理や耐用年数を伸ばせるものとした．仮組付け状態での重量は約 3kg となり，移動も容易なものとなった．本教材の骨格となる部分については，上記に記述した通りとなり，次年度へ向けて動作確認を含め詳細箇所の組立及び調整に取り組んで行く予定である．

4. まとめ

自動車旋回時におけるサスペンション動作や，これに伴うアライメント変化等の学習内容については，受講学生も特に学習意欲や興味を示す内容となる．しかし，その意欲や興味をさらにスキル・アップさせるとなると，学生間においても理解度のバラツキがみられた.

筆者はこれまでに関連する幾つかの学習教材を製作し，受講学生全体のスキルを上げることを目標としてきたが，学生個々の理解度により指導方法は異なることもあり，理解できていない学生に対する学習法が極めて難しく課題でもあった.

本研究では，学習法の課題を改めて整理し，新たに構想・計画のポイントとして，学生個々との共有化が図れる教材製作を目指したものである．今後，完成に向け継続研究をおこない学習状況を分析的に捉える観点別学習状況の評価が可能なものとなるよう製作を継続させていくこととする.

参考文献

1) 花野裕二：自動車シャシ可視化教材の試作
リンク式サスペンション機構の基本動作学習法
徳島工業短期大学紀要，Vol.25，p. 18-23 (2021)

2) 花野裕二：自動車シャシ学習教材の製作
サスペンション･リンク機構の基本動作イメージ学習法
徳島工業短期大学紀要，Vol.26，p. 1-4 (2022)

3) 宇野高明：車両運動性能とシャシメカニズム，
グランプリ出版（1994）p.92 - p.96

4) 2 級自動車シャシ偏，日本自動車整備振興会
p. 119 - p.127

ステア特性シミュレーターの開発その１

―基本構想及び模型車両の試作と特性試験―

助道　永次，（株）アルファ・コレクションズ　島田　清

KEY WORDS: ステア特性，ニュートラルステア，オーバーステア，アンダーステア，リバースステア，スキッドパッド

1.　まえがき

自動車の旋回特性すなわちステア特性は，レースなどのサーキット走行のみならず日常における自動車の安全な運転において重要な特性の一つであり，自動車技術の教育分野においてもそれなりの時間を割いて教育を行っている．しかしながらステア特性の正確な理解には，ある程度以上高度な運動力学的な知識が必要であり，機械系四年制大学の 3 年次以上の学生でないと十分な理解を得ることは難しい．また，ある仮定条件に基づいた理論解析の結果を単純に当てはめてしまうと，非常に複雑な実際の自動車の特性とは乖離してしまう危険性もある．

現在市販されている自動車のうち型式指定を受けて量産されている車種においては，全てが弱アンダーステアになるように製造されており，ユーザーが購入後に大幅な独自の仕様変更を行わない限り，どんなに走行経験豊かな運転手であってもオーバーステアがどういう特性なのかを知るすべはない．

このように，自動車のステア特性を理解することは簡単ではなく，ましてや短い時間の中での教育において，力学的な基礎知識も学習途中で，かつ運転経験も浅い短期大学の学生に対し，自動車のステア特性を教育することには困難を伴うことになる．

筆者らは長年の教育活動から，教育には知識以外に目からの情報，耳からの情報，体からの情報が重要であり，特に目からの情報は物事を総合的にまた直感的に理解するのに大変役立つということを経験してきた．そこで，短い講義時間（または実習時間）で使用することができる小型のステア特性シミュレーターの開発を思い立った．今回は，シミュレーターの基本構想と，そこで使用する小型の模型自動車の試作並びに特性試験について報告する．

2.　ステア特性シミュレーターの基本構想

実車にてステア特性試験を行う場所は，スキッドパッドと呼ばれる特別なテストコースであり，JIS D1070-1998「自動車 － 定常円旋回試験方法」によって定義されている．それによれば，走行試験時の旋回半径は 100m を標準として最小値は 30m とされている．試験はごく低速から行い速度を徐々に増大させながらコースからのずれを±0.5m 以内に収め，横加速度やヨー角速度，ステアリング角度などなどを測定する．JIS で規定される試験方法は，基本アンダーステア特性の程度を測定するものであり，極端なオーバーステアやリバーススステア特性が発生したときの測定方法などは記載されていない．これは，自動車というものは基本的にオーバーステアやリバーススステアになってはいけないということからきていると考えてよい．

ステア特性を理解するために最低限必要な事項は，ステアリング角を一定に保った状態で，速度を増大させていった時の自動車の旋回半径の変化と，タイヤのコーナリングフォースに直結する車体のヨー角の変化である．

スキットパッドでの試験は広いコースで自動車が旋回しているわけであるが，移動している自動車であっても車両に各種センサー類を装備しておけば，その電気信号から必要な情報を読み取ることができる．しかしながら学習段階にある学生がそれらの電気信号を受け取ったとしても何も理解できないであろう．彼らに理解してもらうためには，その場で旋回半径がどう変化するのかが見える様にするべきであり，ヨー角がどのように変化するかを見せるべきである．

これをシミュレーターで実現するためには，自動車を走らせるのではなくスキッドパッドの方を回転させ，車両は重心回りに自由に回転及び横方向への移動ができるようにし，装置に配置した目盛により旋回半径とヨー角が目視で測定できるようにすればよい．車両を走行させなくした場合に不足する条件は，走行しないことによる空気抵抗の欠如といわゆる遠心力の欠如である．このうち空気抵抗は，実車においても車速が 80km/h 以上にならないとほとんど影響がないことから，シミュレーターに於いては無視することとする．

いわゆる遠心力 F は自動車の質量を m，旋回半径を r，車速を v とすれば次式で表される．

$$F = m\frac{v^2}{r} \qquad \text{----------(1)}$$

式（1）から，車速 v が一定であれば遠心力は 1/r の関数になり，これをシミュレーターで再現するのは簡単ではない．（車両の旋回半径の位置情報からサーボ機構とコイルばねを使用して発生する力を 1/r の特性に自動制御すること自体はそれほど難しくはないであろうが，そこまで複雑な制御を行うことのメリットはあまりないように筆者らは考えている．）

この遠心力相当の力（以後疑似遠心力と呼ぶ）は，その線形近似として細長いコイルばねもしくはゴムひもの反力を用いることとする．1/r の特性にはならないが，線形近似として少

なくとも旋回半径が大きくなると値は減少し，旋回半径が小さくなると値は増大するという特性は有しているので，シミュレーターとして最低限の性能は確保していると考える．また，細長いゴムひもの非線形特性を有効に使えれば線形近似より高次の近似特性が得られるかもしれないと考えている．この件については，シミュレーターの試作が進んだ以降で再度検討したいと思う．

スキッドパッド自体を回転させることは，もちろんできなくはないが非常に大きな設置面積が必要になり現実的ではない．そこで目を付けたのが，部品の自動搬送装置として使われているベルトカーブコンベアなどと呼ばれているもので，円錐台形状のベルトと 2 本のテーパーローラーと駆動措置などから構成されるものである．一例を写真 1 に示す．

写真 1　カーブコンベア（ニッタ株式会社製 ACR-I）

これらの製品でのベルト中央部の移動速度はおおむね最大 0.5m/s であり，ステア特性シミュレーターとしては少々物足りない値であるとともに，ベルト表面がウレタンなどでコーティングされているため摩擦係数が大きすぎるとともに価格も高額であるため必要最小限の機能に絞り込んだものを自作することとする．

まだ詳細な検討は行っていないが，現時点でのラフな構想を図 1 に示す．

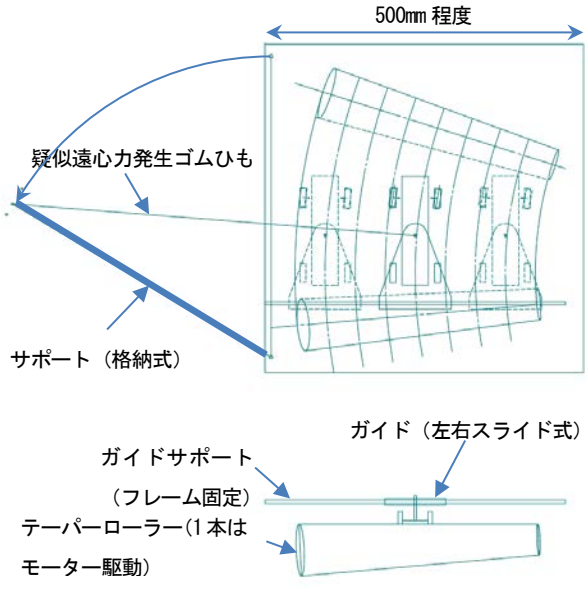


図 1 ステア特性シミュレーター構想図

図 1 において，模型自動車はその重心位置にてガイドに対して回転自由にピン支持されており，同じく重心位置から疑似遠心力を付加するばね（現時点では細いゴムひもを想定）でラジアル方向に引っ張られる．疑似遠心力を付加するばねの強さは，ベルトの中央位置において 1 本あたり車両重量×0.05g（g は重力加速度）を想定している．シミュレーション作業においては，このばねを 1 本ずつ重ねて付加してゆくことで自動車の速度が増大することになる．つまり，速度の変化は連続的ではなく，速度の増大に伴って発生する遠心力の値として 0→0.05g→0.1g→0.15g・・・と段階的に増大することでシミュレートすることになる．もちろん，旋回半径の値などから車速を逆算することができる．

カーブドベルトは今のところ厚さ 0.5mm のポリカーボネートの薄板を 2 枚貼り合わせて作成する計画である．テーパーローラーのうち 1 本は可変速モーターにより駆動される．

良く知られているようにタイヤが発生するコーナリングフォースはタイヤの回転速度には無関係であり，スリップアングルとタイヤの接地荷重によって決まるため，ベルトの速度はゼロでなければどの値でもよいことにはなるが，教育を受ける学生にベルト速度を変化させても車両の挙動には変化がないことを理解させるためにあえて可変速モーターを用いることにする．

措置全体のサイズは，模型自動車のサイズにより変わることになる．模型自動車はディファレンシャル装置とユニバーサルジョイントを備えた前輪駆動を想定すると，実車の 1/20 程度が試作精度上最小サイズになると思われるため，装置全体のサイズは幅×奥行き×高さで約 500x500x150mm 程度が最少寸法になると考えている．

旋回半径はガイドの左右方向位置からスケールで読み取ることとし，車両のヨー角（車体のスリップアングル）は，上方から見た時のガイドにつけた角度目盛りにより車体の振れ角を読み取ることとする．

3.　模型自動車の試作

試作する模型自動車は，以下の要件を満たすもので検討を行った．

① 1 台で前輪駆動と後輪駆動の両方で試験が行える
② 前後の重量配分を変化できる構造とする
③ 極力単純な構造とするためサスペンションは装備しないが，タイヤの接地荷重は路面の多少のうねりに追従できるものとする
④ 駆動は小型直流モーターを使用する
⑤ 操舵機構はアッカーマン・ジャント式とする
⑥ 使用するユニバーサルジョイントはフックジョイントとする

検討の結果，ディファレンシャルギヤとユニバーサルジョイント及びアッカーマン・ジャント式操舵機構を採用すると，

模型自動車のサイズは実車の 1/30 スケールでは無理があることが明らかになったため，1/20 スケールで詳細検討を行った．

路面のうねりにタイヤの接地状態を追従させるため，車体は前後二分割とし，ねじれ機構を採用した．試作した模型自動車の基本設計図を図 2 に示す．試作品の最終仕様を写真 2~4 に示す．

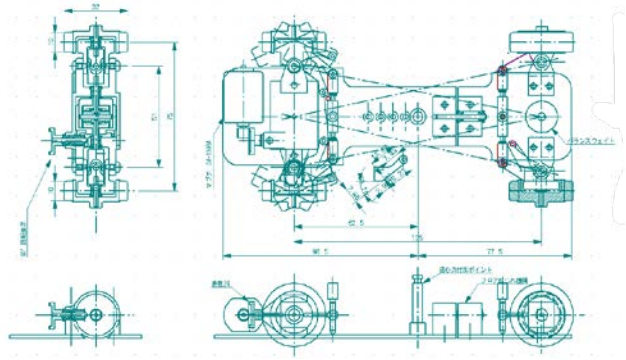


図 2　模型自動車の基本設計図

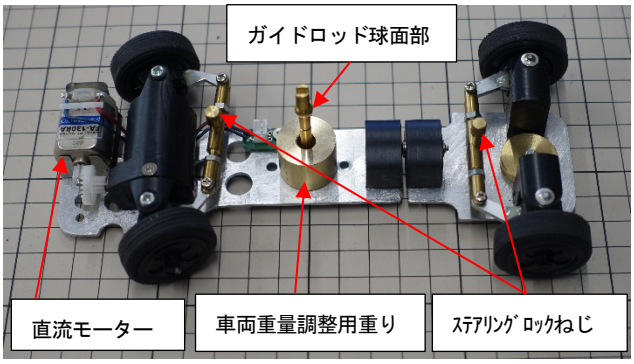


写真 2　模型自動車（FF 重量配分 60：40）

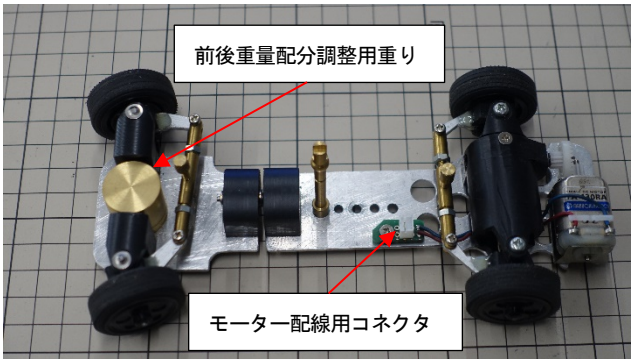


写真 3　模型自動車（RR 重量配分 50：50）

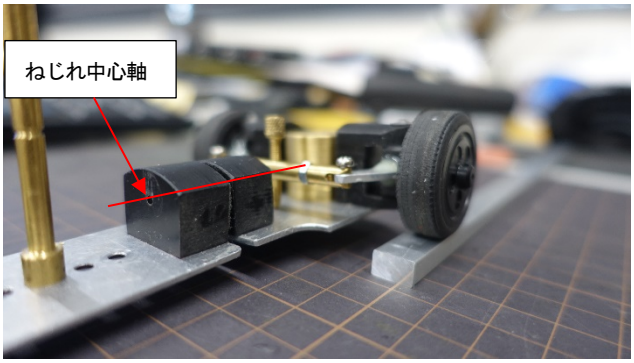


写真 4　模型自動車（ねじれ機構））

車体フレームは 1.5mm 厚のアルミ板を用い，駆動用モーターはマブチモーターの FA-130RA を使用した．試作当初は前後の重量配分を 50：50 から 70：30 まで調整できるように計画したが，各部品の重量の実測から 50：50 及び 60：40 の二通りの重量配分とすることとした．また，重量配分 50：50 と 60：40 とで車両重量が同じ値となるように，60：40 の場合は重心位置に調整用重りを追加することとした．試作車両の重量測定結果を表 1 に示す．測定は 4 回行った．重量測定の様子を写真 5 に示す．測定には市販の小型デジタル重量計 4 個を用いた．なお，この重量計は測定単位がグラムであったため，測定後に単位を N（ニュートン）に換算した．

表 1　試作車両の重量（単位：N）

回数	FL	FR	Front	RL	RR	Rear	Total	前軸比
1	0.54	0.54	1.09	0.36	0.37	0.73	1.81	59.9%
2	0.55	0.54	1.08	0.36	0.37	0.73	1.81	59.9%
3	0.54	0.54	1.08	0.36	0.37	0.73	1.81	59.7%
4	0.55	0.54	1.09	0.36	0.36	0.72	1.81	60.2%
平均	**0.55**	**0.54**	**1.09**	**0.36**	**0.37**	**0.73**	**1.81**	**59.9%**

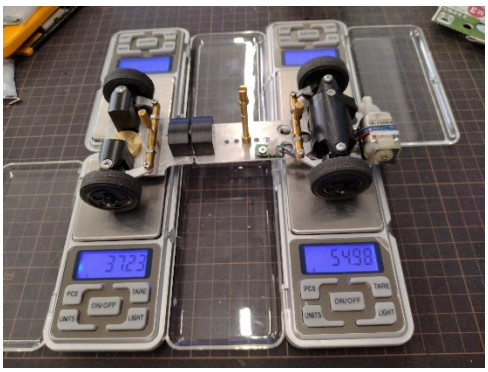


写真 5　車両重量測定の様子

従動輪側は設計上左右対称であるが，駆動軸側は非対称であるため，フレームの重量軽減孔の大きさを変えることで左右のバランスをとった．

前後の重量配分を 50：50 にする場合は，従動軸の中心位置に 0.36N の重りを負荷すればよく，その場合の車両重量は 2.17N となる．重量配分が異なる条件で車両重量に差があるのはあまり好ましくないため，重量配分が 60：40 の場合には 0.36N の調整重りを写真 2 に示すように重心位置すなわちガイドロッド位置に付加することとした．こうすることにより FF 時でも RR 時でも車両重量は 2.17N と同一の値となる．

タイヤは，市販の模型用ソリッドタイヤ（公称外径 φ36mm 幅 10 ㎜）のものを，治具を用いて外径 φ32mm，内径 φ22mm の円筒状に加工し，さらにトレッド面には 5 本の縦溝（深さ 2mm）を加工した．こうすることによりソリッドタイヤではあるが剛性を下げることができ，結果として路面に対するグ

リップ力が向上したようである．

試作車両の主な仕様を，1/20 スケールの実車相当仕様と合わせて表 2 に示す．

表 2　試作車両の主な仕様

	模型	1/20 実車相当
ホイールベース	125mm	2500mm
トレッド（前）	75mm	1500mm
トレッド（後）	75mm	1500mm
キャンバ	0	0
キャスタ	0	0
トー	0	0
タイヤ	幅 10mm 外径 32mm	200/50 18"
車両重量	2.17N	17,360N(1.77ton)

一般的な車両と比較して，キャンバ，キャスタ，トーがともにゼロとなっているのが気になるかもしれないが，ステアリングは走行中には固定されているため，走行安定性には問題がないと考えている．また，重量が実車相当の値で 1.77 トンと大きめになってしまったが，最近では車両総重量が 2 トン近くの乗用車もあるので，問題なしとした．

4.　自走試験

シミュレーター本体の試作はこれからになるが，その前に試作した車両単体での自走試験を行ってみることにした．モーター駆動用の直流電源は，市販の安価な製品を改造して使用した．この装置はシミュレーターに於いても使用する予定である．装置の外観を写真 6 に示す．

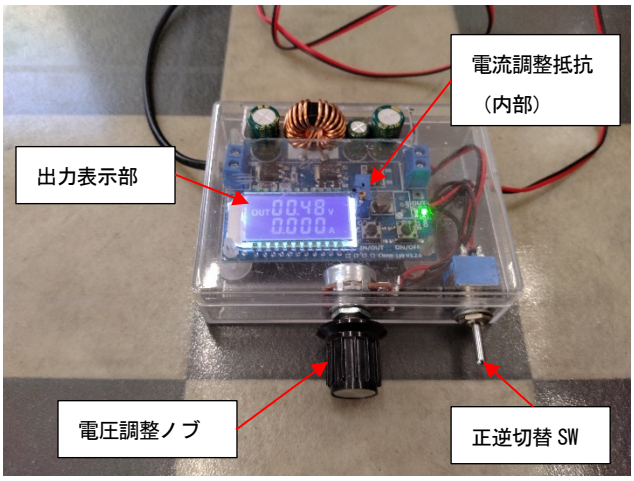


写真 6　直流可変電源

正逆切替 SW は，FF 走行時と RR 走行時とでは前進させるときにモーターの回転方向を逆にする必要があるため追加した．スイッチノブ上向きが FF，下向きが RR 用となる．

走行路面は平滑である必要があり，理想的には 3mx3m 程度の広さが必要であるが，準備できなかったため，今回は予備試験であることを考慮して旋回半径を 0.5m 程度に小さくし，市販のフロアプロテクターを用いて走行路面とした．フロアプロテクターは厚さ 2mm の透明な PET 樹脂製のもので，片面にはディンプル加工が，反対面は平滑面であった．摩擦の具合を調べてみたところ，ディンプル加工面は非常に抵抗が小さくグリップが不十分であったため，平滑面を用いることとした．

摩擦の具合は車両を床に置き，ガイドロッドにニュートンばね秤を引っ掛けて横方向に引っ張り，車両が動くところの値を目視で読み取った．その時の様子を写真 7 に示す．測定の時は，安定した姿勢となるように車体は上下を逆転させている．わずかな力で動き出すため，正確な値は測定できなかったが，約 1.5～1.75N であった．車両重量は 2.17N であるため，摩擦係数は 0.69～0.80 となり妥当な値であると判断できる．

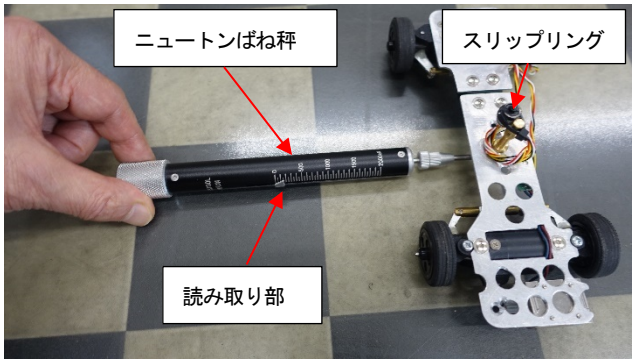


写真 7　摩擦係数の測定

続いて走行試験を行った．車両は重量配分 50 : 50 とし，正規状態では重心位置が低すぎてしまうので，上下を逆にフロアを上側にして（写真 7 状態）行った．また，円旋回を繰り返すと配線が絡まってしまうので，それを避けるために小型のスリップリングを取り付けてある．（写真 7）

測定は上方（地上高約 1.2m）からカメラで動画撮影を行い，床面の市松模様（100mm ピッチ）を頼りに旋回半径を算出した．撮影に当たっては，カメラの水平出しは水準器を用いて行った（写真 8）．なお，撮影は 30fps で行った．

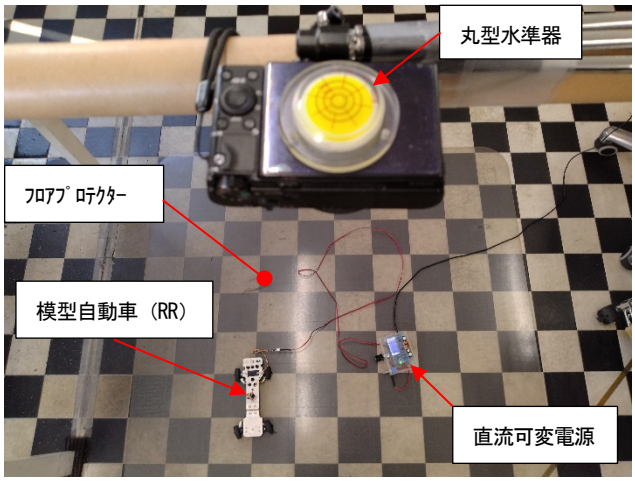


写真 8　カメラの水平出し

走行をさせてみると，FF でも RR でもごく低速からある程

度の速度までは同じ旋回半径で走行を続けるが，床面が多少うねっているようで，徐々に旋回中心が移動する現象が見られた．シミュレーターにおいても，走行路面の水平出しは重要でありシミュレーターにも水準器を設置することとする．

また，走行抵抗が非常に小さいようであり，その結果駆動力が小さくて済んでしまうことから，駆動輪と従動輪とで発生できるコーナリングフォースの差が小さくなってしまい，ニュートラルステアの速度域が広くなりすぎてしまうことにより，試験が難しくなってしまった．そこで，車両の重心位置を上げるために車体を上下逆にし，かつ走行抵抗を増やす目的で重心位置にて重りを引きずるようにした．なお，シミュレーターでは疑似遠心力を付加するポイントの地上高を自由に選択できるため車体は正規状態で試験ができる．また，走行抵抗については車体がガイドでピン支持されることから，モーターへの入力電圧を上げ駆動力を増大することが結果的に走行抵抗を増大することと等しくなるため，実車走行での工夫は必要ないことになる．

最初に FF 状態での走行試験を行った．重量配分は 50：50 の左旋回で行った．結果を図 3 に示す．走行抵抗を付加するための重りは約 0.3N とした．図 3 においては，実際の自動車での感覚に合わせるために，数値は 1/20 スケールでの換算数値とした．すなわち実測値を 20 倍して表示してある．試験はごく低速から徐々に速度を増大させ，換算車速で 84km/h に到達したのち徐々に車速を低下させたときの半周ごとの直径と時間を画像から読み取り，旋回半径と車速を計算して求めたものである．

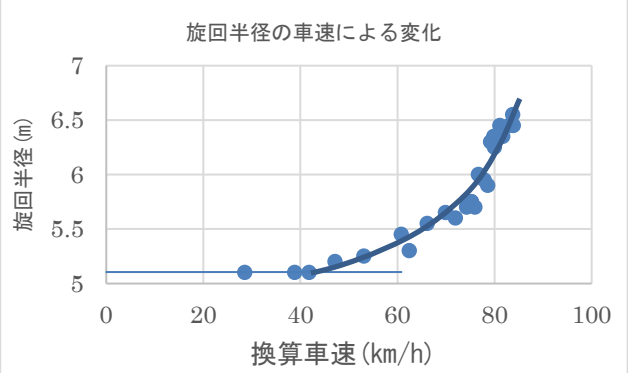


図 3　FF 走行時の旋回半径（重量配分 50：50）

図 3 より以下のことが分かった．

① 換算車速で 45km/h までは旋回半径は 5.1m 一定である

② 45km/h を超えると旋回半径は急速に大きくなり，84km/h で 6.55m と，初期値の 128%になった．

③ 速度を低下させてゆくと，ほぼ速度増大時の値と同じ値を示した．

旋回半怪 6.55m を 84km/h で実車が旋回できるかどうかは少々疑問ではあるものの，特性としてはアンダーステア特性を示したものと考えてよいと思う．

次に RR 状態での走行試験を行った．重量配分は FF 時と同様に 50：50 とし，左旋回で行った．結果を図 4 に示す．

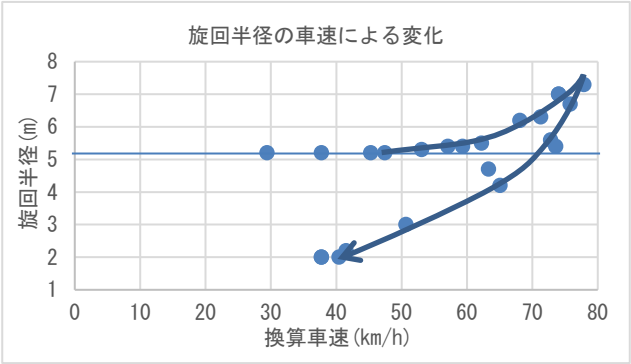


図 4　RR 走行時の旋回半径（重量配分 50：50）

今回の試験においては，換算車速が 45km/h までは旋回半径は 5.2m 一定となり，速度が増大するにつれて旋回半径が大きくなるのは FF 走行時と同じであったが，78km/h を越えたところから，モーターへの入力電圧を一定に保った状態でも，旋回半径が小さくなり続け，タイヤはスピンを始め（音から判断）車速は低下し続けてついには旋回半径 2.0m でスピンに至った．いわゆるリバースステアと呼ばれる特性であり，ある車速まではアンダーステアだったものが突然オーバーステアに切り替わるものである．現代の自動車でリバースステアが発生することは聞いたことがないが，自動車の初期に用いられたスイングアクスルサスペンション形式の車両ではまれに見られた特性であるらしい．

オーバーステア特性が表れると，急激に旋回半径が小さくなり続けて車両はスピン状態になってしまい，過渡状態となるため計測が甚だ難しくなってしまう．そこで，画像処理の手法を用い，スピンに至る過程を可視化してみることにした．筆者らは高度な画像解析システムを持っているわけではないため，一般的な画像処理ソフトの機能を利用して半ば手作業での解析を行った．

手順を以下に示す．

① 画像のエッジ部分を取り出すフィルター処理にて画像を線画に変換する．

② 後軸中心位置にマークを付ける．

③ 撮影時間間隔 0.0333 秒又は 0.1 秒間隔のマークをレイヤーとして重ね，最終的に一枚の画像として描画する．

結果を図 5 に示す．

図 5 において，A から C までは 0.0333 秒ごとの軌跡を，C 以降は 0.1 秒ごとの軌跡を表す．A から B までの軌跡はほぼ完全な円弧状になっており，B 以降急激に旋回半径が大きくかつ中心が図の上方に移動し C 点またはその少し手前から旋回半径が急激に小さくなる様子が分かる．今回の試験ではオーバーステアが発生してから 3 周目にスピンに至った．

車体のスリップアングルは，アンダーステアの状態ではおおむね 10 度程度であったのが，オーバーステア領域では大幅に増大し，最終的なスピン状態では 40 度以上になった．

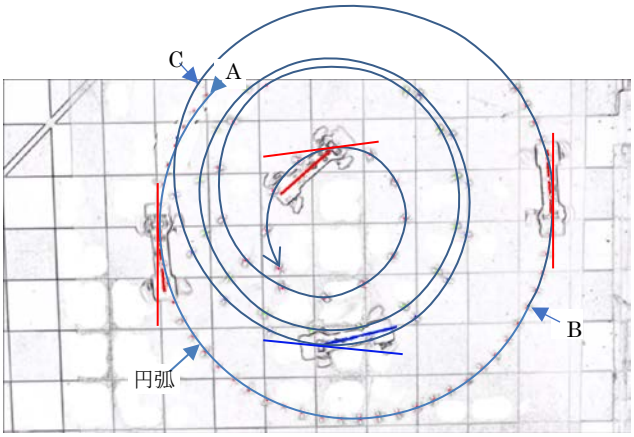


図 5　リバースステア時の後軸中心軌跡とスリップアングル

5.　走行試験結果の解釈と今後の課題

今回の試験条件では，単純なオーバーステアは観察されなかったが，FF 走行時では典型的なオーバーステア，RR 走行時ではリバースステアが観察された．

解析方法として動画を一コマ一コマ解析する方法をとったが，手間暇をかければかなりの解析が行えることが明らかになった．カメラと組み合わせた高度な画像解析ソフトが最近多く販売されているので，予算に余裕があれば使って行きたいと考えるが，今回の研究の主目的はステア特性シミュレーターの開発であるため，ソフトの購入はまた別の機会に検討したい．

図 5 のリバースステアでの軌跡について再度考察してみると，B 点からの軌跡が大きく膨らんでいることが見て取れる．これはおそらく B 点でモーターへの電圧増加が少し急激すぎていわゆるプッシュアンダー気味にアンダーステアが発生してしまい，その直後からオーバーステアが発生したのではないかと思われる．実走行では，例えば路面のわずかなうねりや，モーターへの電圧増加の割合が少しばらつくだけでも大きく軌跡への影響が出てしまうのであろう．この点，シミュレーターでは旋回中心は常に一定であり，かつ走行条件を細かく指定できるため，もっと安定した現象の再現と観察ができるものと期待している．

試験場所の制約から，旋回半径が最少 0.25m 実車換算で 5.1m と小さく JIS が定める条件よりはかなり小さな旋回半径となってしまった．しかしながら，試作した車両はかなり安定した走行特性を示し，ディファレンシャルやユニバーサルジョイント並びにタイヤやホイールの精度・性能がきちんと各々の役割を発揮したものと考えられる．駆動部位にはミニチュアベアリングを使用したのも良かったことと思われる（トランスアクスルに 10 個，リヤハブには左右各 2 個及びねじれ機構に 2 個の計 16 個のベアリングを使用）．

走行試験において，当初は試作車両の走行抵抗が小さく走行安定性に欠けるきらいがあったが，摩擦抵抗により走行抵抗を増やすことでより安定した走行ができたことは，シミュレーターを製作する上で有用な情報であったと考えている．

タイヤについても，模型用ソリッドタイヤは硬すぎて使い物にならなかったが，縦溝を深く刻むことにより十分な横力が発生できることが分かった．しかしながら，タイヤを空転させた状態で観察してみると，タイヤのランアウトがかなり発生していた．材質がゴムであることから，旋盤での切削時に誤差が発生したと考えられるので，誤差を抑える治具の工夫などが必要と考える．おそらく，内径を加工したのちホイールに接着固定してから，ホイールごと旋盤にかませて同芯度を維持しながら外径切削加工を行うべきであったのではないかと考えている．今後の課題としたい．

今回走行路面として使用した PET 材の平滑面は，カーブベルトの素材として考えているポリカーボネート材と近い特性であると考えられるので，安定した走行ができるものと期待できる．

車体のねじれ機構も問題なく作動しており，シミュレーター用の車両として今回試作した車両は問題なく使用できると考える．

今回のいろいろな情報をさらに詳細に検討を加え，シミュレーター本体の試作に繋げてゆけると考えている．

6.　あとがき

筆者（島田）が個人的に使用していた事務所（ラボ）を 2023 年 1 月をもって閉鎖することになり，1 月以降はこれまでと同様の研究体制が維持できなくなることとなった．来年度の共同研究をどのように進めるのか，これから検討して行かなければならないが，徳島工業短期大学保有の機械設備を活用したり，部品試作を外注したりすることにより，ステア特性シミュレーターの開発が中断することのないように，関係者のこれまで以上の協力をお願いしたい．

モノづくり技術を活用した教育用教材の試作開発では，徳島工業短期大学は筆者ら以外の多くの教員も，内外から相当程度以上の評価を得ているものと確信しているので，この活動を今後ますます発展させてゆけるよう努力してゆきたいと考えている．

参　考　文　献

(1)　日本工業規格，JIS-D1070-1998
(2)　自動車の操縦安定性　－運動性能の力学的理解－，深沢深他 2 名，2021 年，コロナ社
(3)　自動車の運動と制御第 2 版車両運動力学の理論形成と応用，阿部正人，2012 年，東京電機大学出版局

衝突被害軽減ブレーキの作動における加速度の測定（第二報）

徳島工業短期大学　廣瀬　博文

KEY WORDS: 衝突軽減ブレーキ，加速度測定，教育

1．まえがき

近年，先進安全装置を装備した自動車が普及しており，その中でも衝突被害軽減ブレーキの普及は日本工業会の発表よると 2018 年の段階では 84.6%となっている．そのため自動屋の購入時やイベントなどで衝突軽減ブレーキを体験する機会も多い．しかし，その衝撃を「すごかった」という感覚な表現となっていることが多い．そこで自動車について専門的に教育している本学においては，もう一歩踏み込んだ知識や情報が必要と考えた．具体的には衝突軽減ブレーキが作動すると，どのくらいの加速度を感じるのかを数値で表現できるようになるのが望ましいのではないかと考えた．

そこでブレーキによる加速度の変化を様々な条件で測定し，それを数値による解説を行うことによって，学生の理解が深まると考えている．

2．本研究の目的

前回の研究では，自動車の加速度を簡易的に測定できる方法を検討して実際に測定を行い，衝突被害軽減ブレーキによる加速度を測定した．今回の研究では，ドライバーの操作による急制動を行い，その加速度を測定して衝突被害軽減ブレーキの作動による加速度と比較して検証を行う．またそのデータを元に今後の授業に役立てるのが目的となっている．

3．使用機材

測定方法として簡易的に加速度を測定できるスマートフォンとそれに対応した加速度測定アプリケーションを利用する．ただし，搭載されている G センサーは精度については十分ではないという研究結果 [1] もある．このことを承知の上で，今回の目的は，学生がブレーキによる加速度の変化の理解を深めるためであるため，今回も簡易的に測定できるスマートフォンを使った方法で実験を行うことにした．今回も加速度を測定に使用するスマートフォンは「ipod touch（第 7 世代）」を使用した(図 1).

図 1　スマートフォン「ipod touch（第 7 世代）」

次に加速度測定アプリケーションにはフリーソフトの「加速度ロガー　ver0.13」[2]を利用した(図 2).

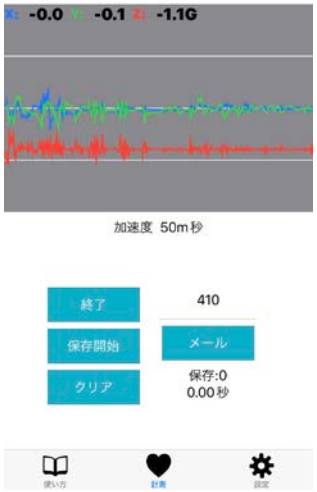


図 2　加速度測定アプリ「加速度ロガー　ver0.13」

この加速度測定アプリケーションを使用する理由としては加速度を簡単に測定でき，さらにその測定したデータをエクセルデータとして保存する仕様になっているからである．

次に衝突軽減ブレーキの加速度を測定する車両としてスズキ製「ワゴン R」を使用する(図 3，表 1).

図 3　スズキ製「ワゴン R」

表 1　「ワゴン R」の諸元

メーカー	スズキ株式会社
型式	DBA-MH34S
サイズ（D ×W ×H） mm	3395×1475×1640

4. 測定

測定方法としてスマートフォンを車両に固定して，前方に安全な空間を確保してから加速を始め，車速を 10km/h と 20km/h の二種類の速度からドライバーの操作による急制動を行った．測定はそれぞれの速度で 3 回ずつ行った．

まずは時速 10km からドライバーの操作による急制動を行った場合の前後方向（Y 軸）の加速度の変化と，衝突被害軽減ブレーキによる前後方向（Y 軸）の加速度の変化を図に示す(図 4，図 5)．

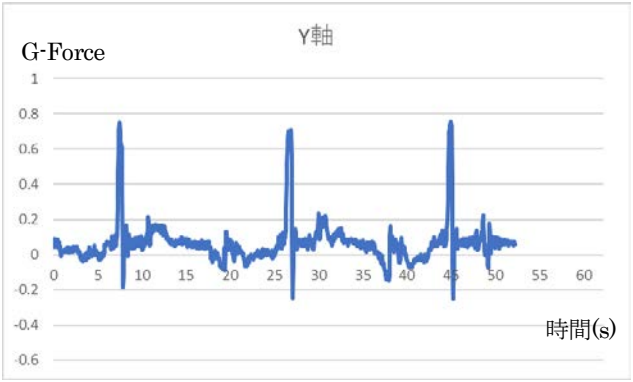


図 4　時速 10km からドライバーによる
急制動の前後方向の加速度（Y 軸）

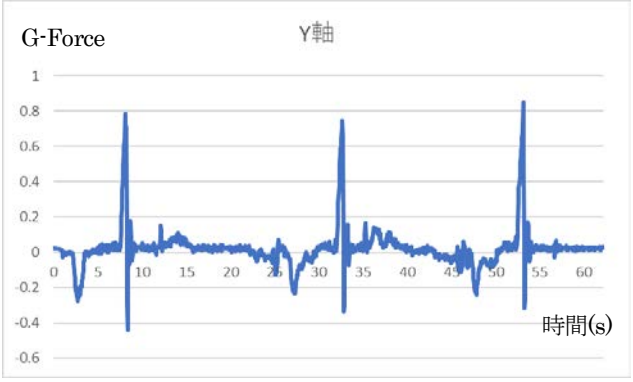


図 5　時速 10km から衝突被害軽減ブレーキによる
急制動の前後方向の加速度（Y 軸）

ドライバーによる急制動の加速度の変化の図と，衝突被害軽減ブレーキによる加速度の変化による図を比較すると，若干ではあるが，ドライバーによる急制動の方が加速度が緩やかに上昇してから急激に加速度の数値が上がっているのが確認できる．

次に時速 20km からドライバーの操作による急制動を行った場合の前後方向（Y 軸）の加速度の変化と，衝突被害軽減ブレーキによる前後方向（Y 軸）の加速度の変化を図に示す(図 6，図 7)．

図 6　時速 20km からドライバーによる
急制動の前後方向の加速度（Y 軸）

図 7　時速 20km から衝突被害軽減ブレーキによる
急制動の前後方向の加速度（Y 軸）

ドライバーによる急制動の加速度の変化の図と，衝突被害軽減ブレーキによる加速度の変化による図を比較したが，大きな差異は確認できなかった．

次に時速 10km と時速 20km での前後方向(Y 軸)での衝突被害軽減ブレーキが作動した際にその加速度の最大値を表にまとめた(表 2，表 3)．

表 2　時速 10km の場合の加速度の最大値

	ドライバーによる急制動	衝突被害軽減ブレーキによる急制動
1 回目	0.75G	0.78G
2 回目	0.70G	0.74G
3 回目	0.76G	0.84G
平均値	0.74G	0.78G

表 3　時速 20km の場合の加速度の最大値

	ドライバーによる急制動	衝突被害軽減ブレーキによる急制動
1 回目	0.77G	0.88G
2 回目	0.91G	0.91G
3 回目	0.90G	0.88G
平均値	0.86G	0.89G

時速については自動車に搭載されている速度メーターを目視で確認しながらアクセルペダルで調整しながら行っている．さらに速度メーターによる誤差や目視による誤差があるため測定値にも若干の誤差が発生していると思われる．そのため時速 20km の場合のドライバーによる急制動の 1 回目が他の測定値より大きく違っており，ドライバーによる誤差が発生していると思われる．

数値については時速 10km の場合，ドライバーによる急制動と衝突被害軽減ブレーキによる急制動を比較すると平均値として 0.04G の差ではあるがドライバーによる急制動の方が加速度の最大値が低い印象を受ける．時速 20km の場合は，平均値が 0.03G ほどドライバーによる急制動の方が低くなっているが 1 回目の誤差を考慮すると，それほど差異はないのではないかと思われる．

6. 検証

時速 10km の場合，ドライバーによる急制動の場合は制動力の立ち上がりが緩やかで，衝突被害軽減ブレーキの急制動の方が急激に制動力を増していることがわかった．理由については，ドライバーによる操作よりも，ハイドロリック・ユニットの動作の方が素早く最大の制動力を出せるために加速度の変化や，最大値に差が発生したのではないかと推測する．

次に時速 20km の場合では，グラフの特徴の違いや，加速度の最大値に大きな差異はなかった．理由については速度が速い場合，エンジン回転数が高いためアクセルオフ時に高い負圧が発生し，倍力装置の負圧の数値が良くためハイドロリック・ユニットと同等に素早く制動力を出せるのではないかと推測する．

6. まとめ

今回の実験に至った経緯は，衝突被害軽減ブレーキについての実習を行っている際に，ドライバーによる急制動との差が気になったからである．ドライバーによる急制動の場合，感覚的にブレーキの感覚が衝突被害軽減ブレーキの急制動と比較して「ぬるっと」していることを感じており，それを数値で確認できないかと思って実験を思い立った次第である．

今回の実験で時速 10km の場合に加速度の差異は確認できたが，理由が推測の域を出ていないため，今後検証行い，その上で今後の授業に役立てていきたいと考えている．

参　考　文　献

(1) 衝突被害軽減ブレーキの作動における加速度の測定　廣瀬博文　徳島工業短期大学紀要第 26 刊 (2022)

(2) 携帯情報端末の加速度センサーによる実感をともなった運動の理解　市川忠樹　越桐國雄　近畿の物理教育第 16 号 (2010)

(3) アイム有限会社：「加速度ロガー　ver0.013」(http://im-aim.com/)

災害時における自動車の電源利用

自動車工学専攻学生の実習報告

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　佐々木　斗羽　荒井　祐人

KEY WORDS:災害，インバーター，電源装置，自動車工学専攻

1.　はじめに

近年，地震や災害の被害が増えており，災害時の対策は各メディアで取り上げられている．南海トラフ地震も来ることを想定して備えておくことは重要と考えている．災害時に家屋が被災した場合や家庭用電源が使用できなくなった時に，自動車から電源が確保できればと考えた．電気自動車では自動車からの電源利用が可能となっている車両もある．しかし電気自動車を所有していない場合，普通自動車の電源を利用して家電が使えるのか，自動車にどのような影響があるのかを調べた．

2.　インバーターについて

自動車からのの電源供給として必要になってくるインバーターについて調べた．インバーターとは直流電力から交流電力を電気的に生成する電気回路のことで，今回の実験で使う車載用のインバーターはバッテリーからの直流電流（DC）から交流電流（AC）に変換し家電を使用することができる．

インバーターにも多く種類があり，一般に正弦波や矩形波の２種類の出力波形に分かれていることがわかった．矩形波のインバーターではマイコン制御の家電使用できないので，本研究では正弦波インバーターを使用する事とした．さらにインバーターを選ぶにあたって重要視したことを次に示す．

・利用機器に合わせて定格出力を選定する
・最大出力に余裕のある製品
・利用したい機器の数，出力端子を確認する
・車内スペースに合わせてサイズを選ぶ
・使用時の静音性
・熱を持つので放熱性

以上のことをふまえて選択したインバーターを図１に示す．

図１　EDECOA 製 正弦波インバーター1500W

インバーターの諸元を表１に示す．

表１　　EDECOA 製 正弦波インバーター諸元

定格出力	1500W
モデル	DPP15
持続出力	1500W
最高出力	3000W
入力電圧	12V
ファン起動温度	45±5℃
温度保護	75±5℃

購入したインバーターの波形がどのようになっているのか，オシロスコープを使用して波形測定を行った．また古いタイプの New-Era 製インバーターについても波形測定を行い比較した．

図２と図３に実際に研究で使用したインバーターの正弦波と矩形波の波形を示す．

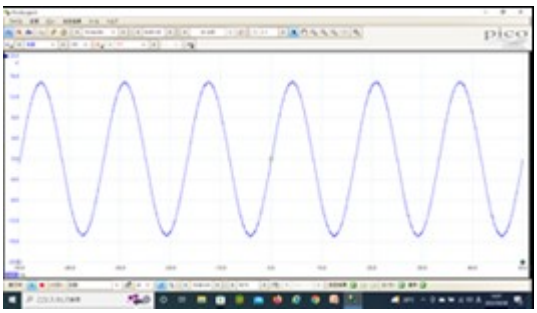


図２　EDECOA 製インバーターの正弦波

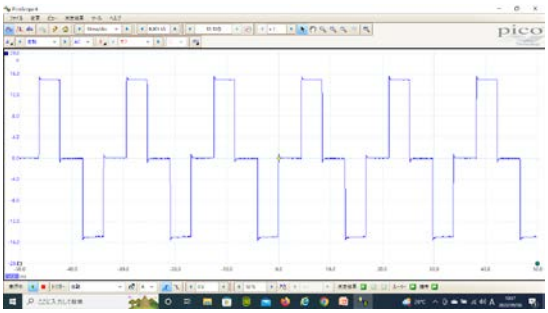


図３　New-Era 製インバーターの矩形波

3.　FIT での測定

実習車両である FIT を使用して，実際にインバーターで電気ポッドの使用をした場合に，オルタネーターの出力電力とインバーター入力電力を測定比較するすることで充放電状態が把握できると考えた．また測定の前後でバッテリーの状態がどのように変化するのか測定した．

3.1 実験条件

室温 29℃，電気ポッドに 1.6ℓ 25℃の水を入れ，3 分毎にオルタネーター出力電流，バッテリー電圧の測定を行った．また測定前後でのバッテリー充電状態を測定した．

図 4 にオルタネーター出力電流を測定するクランプメーターを示す．

図 4　KAISE 製　SK-7660　クランプメーター

図 5 にバッテリー電圧を測定するサーキットテスターを示す．

図 5KAISE 製　KT - 2008　サーキットテスター

図 6 にバッテリー充電状態を測定するバッテリーテスターを示す．

図 6　DHC 製　BT002　バッテリーテスター

3.2 アイドル回転時の測定

エンジン暖気後，オルタネーター側とインバーター側の電流及び電圧の測定を行った．オルタネーター出力電力測定はオルタネーター+B 配線にクランプメーターを取り付けて測定した．オルタネーター出力電圧はバッテリー端子間電圧とした．測定状態はは図 7 に示す．オルタネーターは三菱電機製，出力が 12V/95A となっている．

図 7　オルタネーター出力電流及び電圧の測定状態

表 2 に測定結果を示す．バッテリー電圧が 12.08V から 11.00V まで低下，出力電流も 68.1A から 55.3A まで低下していることがわかる．

表 2　オルタネーター出力電力　アイドリング時

	オルタネーター　出力電流 A	バッテリー電圧 V	オルタネーター　出力電圧 W	ポッド表示温度℃
測定開始	68.1	12.08	822.64	25
3 分後	60.8	11.43	694.94	45
6 分後	58.0	11.27	653.66	65
9 分後	55.3	11.00	608.30	80
12 分後	計測不可	計測不可	計測不可	計測不可

次にインバーター入力電力測定状態を図 8 に示す．インバーター入力配線にクランプメーターを取り付けて測定した．入力電圧はバッテリー間端子電圧をサーキットテスターで測定した．

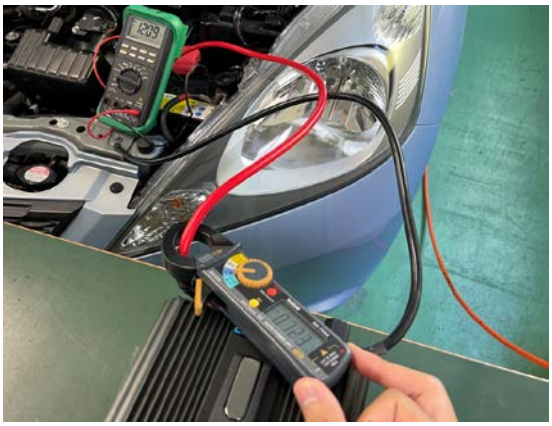


図 8　インバーター入力電流及び電圧測定の状態

インバーター入力電力の結果を表 3 に示す．バッテリー電

圧は 12.08V から徐々に低下していくが，インバーター入力電流は 71.3A から 73.9A に少しではあるが上昇している．

表 3　インバーター入力電力　アイドリング時

	インバーター入力電流 A	バッテリー電圧 V	インバーター入力電力 W	ポッド表示温度℃
測定開始	71.3	12.08	861.3	25
3 分後	73.8	11.43	843.53	45
6 分後	74.3	11.27	837.36	65
9 分後	73.9	11.00	812.9	85
12 分後	計測不可	計測不可	計測不可	計測不可

図 9 にインバーターの出力電力の測定状態を示す．テーブルタップ配線にクランプメーターを使用できるようにし，コンセントから電圧を測定した．

図 9【インバーター出力電流及び電圧測定の状態】

インバーター出力電力の測定結果を表 4 に示す．インバーター出力電圧は 104V 付近で安定している．インバーター出力電流も測定開始直後は 7.1A と少し低いがそれ以外は 7.6A で安定していた．

表 4　インバーター出力電力　アイドリング時

	インバーター出力電流 A	インバーター出力電圧 V	インバーター出力電力 W	ポッド表示温度℃
測定開始	7.16	104.4	747.50	25
3 分後	7.68	104.5	802.56	45
6 分後	7.65	104.8	801.72	65
9 分後	7.64	104.7	799.90	80
12 分後	計測不可	計測不可	計測不可	計測不可

3.3 バッテリーの状態

図 10 にアイドリング時の測定前でのバッテリーの充電状態を示す．SOC　12.71V　100%　SOH　323SAE　100%　SOC は充電率を表し，SOH はバッテリー健全度や劣化状態を表す．

図 10　測定前バッテリーテスター表示画面

図 11 にアイドリング時の測定後のバッテリー充電状態を示す．SOC12.32V　65%　SOH　297SAE　97%となった．

図 11　測定後のバッテリーテスター表示画面

3.4　アイドリング状態での測定まとめ

アイドリング状態での測定では，測定開始後 11 分程でバッテリー電圧の低下により計測不可となった．これはインバーターのバッテリーセーフティ回路が働きバッテリー電圧降下によるバッテリー上がりを回避するための機能である．電気ポッドの表示温度は 90℃まで沸かすことができた．

オルタネーターの出力電力は 822W から 608W まで低下した．その為バッテリーの充電状態も 100%から 65%まで低下した．

3.5　1000rpm 時の測定

アイドリング回転数で測定した結果，約 11 分，90℃までしか沸かすことが出来なかった為，エンジン暖気後 1000rpm まで回転数を上げ，同じ測定方法で測定を行った．表 5 にオルタネーター出力電力測定結果を示す．

表 5　オルタネーター出力電力　1000rpm

	オルタネーター　出力電流 A	バッテリー電圧 V	オルタネーター　出力電圧 W	ポッド表示温度℃
測定開始	74.7	14.56	1087.63	25
3 分後	74.1	14.07	1042.58	45
6 分後	74.0	13.96	1033.04	65
9 分後	75.7	13.25	1003.03	85
12 分後	75.0	12.66	949.50	95

表 6 にインバーター入力電力測定結果を示す.

表 6　インバーター入力電力　1000rpm

	インバーター 入力電流　A	バッテリー 電圧　V	インバーター 入力電圧 W	ポッド 表示温度℃
測定開始	64.2	14.56	934.75	25
3 分後	66.2	14.07	931.43	45
6 分後	69.4	13.96	968.82	70
9 分後	73.2	13.25	969.9	85
12 分後	73.0	12.66	924.18	95

表 7 にインバーター出力電力測定結果を示す.

表 7　インバーター出力電力　1000rpm

	インバーター 出力電流 A	インバーター 出力電圧 V	インバーター 出力電力 W	ポッド 表示温度℃
測定開始	7.74	103.8	803.41	25
3 分後	7.62	103.7	790.19	45
6 分後	7.58	103.9	787.56	65
9 分後	7.57	103.8	785.76	85
12 分後	7.56	104.4	789.26	95

3.6 バッテリーの状態

図 12 に 1000rpm で測定後のバッテリー状態を示す. SOC, SOH ともに 100%となり，測定前と変わらない結果となった.

図 12　バッテリーの状態　1000rpm 測定後

3.7　1000rpm 状態での測定まとめ

アイドル回転時の測定と比較すると，オルタネーター出力電力は高く，1000W 前後で安定して出力している事がわかった.　入力電力も同様にアイドリング時に比べ高くなっており，950W 前後で安定していた. インバーター出力電力は会アイドリング時とは特に変化は無かった.

そして，アイドリング時にはバッテリーセーフティ機能が働いたが，1000rpm では働かずに，12 分で沸騰させることができた.

4.　FIT 測定結果まとめ

アイドル回転ではオルタネーターの発電量不足が発生しており，11 分と短い時間ではあるが，充電量の低下からみてバッテリーに負担がかかっていると考えられる. このことから劣化したバッテリーを搭載した自動車で消費電力が大きい家電を使用するときは注意が必要である. 無理に使用するとバッテリー上がりが発生しエンジン始動不可となる恐れがある.

インバーター使用時にはバッテリー電圧を監視し，必要に応じてエンジン回転数を上げることでバッテリー上がりを回避できることもわかった.

5.　クラウンでの測定結果

実習車のクラウンでも同様にオルタネーター出力電力，インバーター入力電力，インバーター出力電力，測定前後のバッテリー状態を測定した. 測定条件として暖気後，アイドリング状態での測定を実施した. オルタネーター出力電力を表 8 に示す.

表 8　オルタネーター出力電力

	オルタネーター 出力電流A	バッテリー 電圧 V	オルタネーター 出力電力W	ポッド 表示温度℃
測定開始	74.5	13.98	1041.51	25
3 分後	74.9	12.18	912.28	45
6 分後	72.5	11.94	865.65	65
9 分後	70.5	11.76	829.08	85
12 分後	68.8	11.53	792.58	95

表 9 にインバーター入力電力を示す.

表 9　インバーター入力電力

	インバーター 入力電流 A	バッテリー 電圧 V	インバーター 入力電力 W	ポッド 表示温度℃
測定開始	67.5	13.98	943.65	25
3 分後	72.5	12.18	883.05	45
6 分後	73.8	11.94	888.17	65
9 分後	75.2	11.76	884.35	85
12 分後	76.4	11.53	880.89	95

表 10 にインバーター出力電力を示す.

表 10　インバーター出力電力

	インバーター 出力電流 A	インバーター 出力電圧 V	インバーター 出力電力 W	ポッド 表示温度℃
測定開始	7.71	103.7	799.53	25
3 分後	7.52	103.6	779.07	45
6 分後	7.54	103.9	783.41	65
9 分後	7.53	103.8	781.61	85
12 分後	7.58	104.2	789.84	95

図 13 に測定後のバッテリー状態を示す. SOH は 100%，SOC は 92%となった.

図 13　測定後のバッテリーの状態

6　クラウン測定結果まとめ

クラウンの測定はアイドリング状態のみの測定とした，これは FIT と違い途中で発電量不足による中断が無かった為である．

オルタ―ネータ出力電力については 1000W から徐々に低下し約 800W となった．インバーター入力電力は 900W 前後で安定していた，これはバッテリーから足らない電力が供給されていたと考える．バッテリー容量について 12 分で約 8%の充電量低下となった．この程度の容量低下であれば特に問題なくアイドリングでのインバーター使用が可能であると判断出来た．

7　考察とまとめ

今回の研究では，FIT では小型自動車ということでバッテリー容量の小ささ，またオルタネーターの容量が小さいということで，アイドリングでのインバーター高負荷状態での連続使用は難しいということが分かった．連続使用するのであればエンジン回転数を上げてキープする必要があり，燃費の低下，騒音，運転者が常に足で操作する等，問題が発生する．また FIT，クラウン共にオルタネーターに高負荷がかると，徐々に出力電力が下がることも分かった．負荷により熱が発生し，性能低下に繋がったと考えている．ただ本研究ではオルタネーターの温度測定を実施していないので，今後の課題とし．研究を行う．

ただ消費電力の少ない家電は問題なく使用できる．災害時等で家庭用電源として使用できるので，正弦波インバーターは災害対策の 1 つとして有効であると考える．

参　考　文　献

(1)　災害時におけるクルマからの電源供給（JAF ユーザーテスト）
https://jaf.or.jp/common/safety-drive/car-learning/user-test/disaster/power-supply

ライト消し忘れ警報装置の製作と等価回路の構築

徳島工業短期大学　岩瀬　一裕

KEY WORDS: AND 回路，OR 回路，NOT 回路，NAND 回路，NOR 回路，個別警報装置，等価回路，教材

1．はじめに

これまでに製作した自動車電気回路装置は，フェール・ポンプ電子回路故障診断装置[1)]，スロットル・ポジション・センサ電子回路故障診断装置[2)]，オートエアコン・ミックス・モータ回路故障診断装置[3)]，センサ回路故障探求装置[4)]などがあり，自動車電気装置の故障診断を行う装置である．

これらの装置は，異常発生装置の SW 操作により回路内に断線などの異常を発生させて端子の電位や端子間の電圧値を測定することにより，異常時の回路の電流の流れを理解させることを目的としている．また，この測定値を基に逆の作業として回路内の異常の原因を特定することも目的としている．

今回製作した装置は，自動車電気装置の個別警報装置の一つであるライトの消し忘れをブザーの吹鳴により警告する装置である．論理回路で構成された電子回路であり，OR 回路，NOT 回路，3 入力の AND 回路などで構成されている．その他の基本的な論理回路を外部回路として，装置内に 2 入力の AND 回路，NAND 回路，NOR 回路の論理回路を組み込んでいる．基本的な論理回路の入出力の情報を理解したうえで，ライト消し忘れ警報装置の等価な回路構成を構築させるものである．

このライト消し忘れ警報装置は，新しい論理回路用の電気用図記号を採用した回路として教科書に記載されており，国家試験にも出題されている．また論理回路の構成もいくつかのパターンがあり，さらにジーゼルの国家試験では回路内の断線や短絡など異常が発生した場合のブザー吹鳴の有無についての問題に発展して出題されている．そうした内容に対応できる装置として製作したものである．

2．回路構成と動作情報

図 1 は，国家試験に出題されたライト消し忘れ警報装置の作動回路の一例である．図 2 は，今回製作した警報装置のパネル部で，図 1 の NOR 回路の代わりに OR 回路と NOT 回路に分解した回路としている．

使用した電気材料は，電磁リレー，LED，抵抗，SW，ブザー，コネクタ端子，端子台，12V 電源等である．それぞれの論理回路における入出力の情報については，緑色の LED は入力の情報を，赤色の LED は出力の情報を表し，点灯時は”1”の状態を，消灯時は”0”の状態を表すこととしている．回路内の論理回路を含めた入出力の状態が LED の消灯・点灯により視覚的に理解できるようにしている．ブザーはこの警報装置が作動したときに吹鳴する．

また，外部回路として基本的な論理回路を設けており，装置内の論理回路の一部と置き換えて接続するときの誤接続を防止するため．コネクタ端子の色と大きさを変えている．さらに，装置内には，接続する端子同士の記号を貼っている．

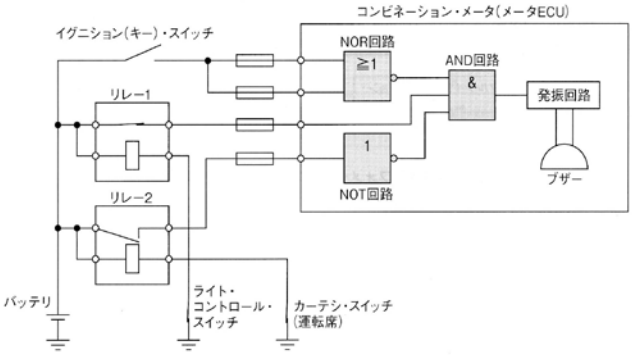


図 1　ライト消し忘れ警報装置作動回路の一例

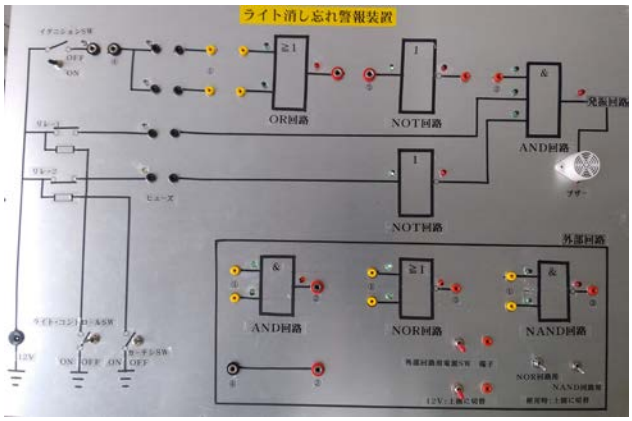


図 2　ライト消し忘れ警報装置のパネル部

図 3 は，装置内の外部回路である．外部回路の 3 つの基本的な論理回路については，その入出力の情報を確認するため，外部回路電源 SW と接続端子を設け，論理回路の入力端子に接続する．スイッチを上側に切り替えると，”1”の状態が作れるようになっている．

さらに，右側の 2 つのスイッチは，NOR 回路，NAND 回路の入出力情報を確認する時に使用するスイッチで，使用時には上側に切り替えると正確な入出力情報が得られるようにしている．図 4 は，パネル内の配線部である．

図 3　装置内の外部回路

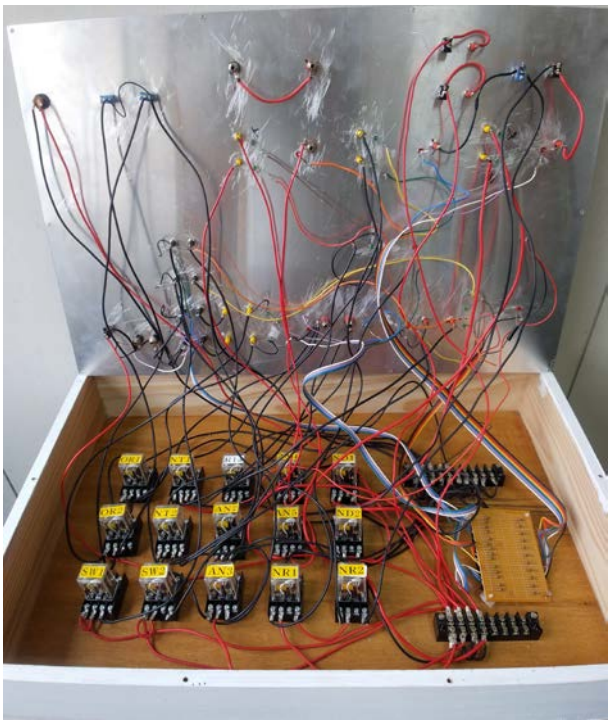


図 4　パネル内の配線部

3. 警報装置の動作と等価回路

3.1　警報装置の動作

この装置の作動に必要な SW は 3 種類で，電源スイッチとしてのイグニション SW，常時開接点のライト・コントロール SW，運転席側のドアにある常時閉接点のカーテシ SW である．

図 1 の作動回路では，イグニション SW がオフの状態では，NOR 回路への入力が両方とも″0“になるので出力が″1”になり，AND 回路には″1 “が入力される．またライト・コントロール SW がオンになるとリレー1 の接点がオンになるので AND 回路には″1 “が入力される．また，カーテシ SW がオンになると，リレー2 の接点がオフになり，NOT 回路への入力が” 0 “になるので，出力は″1” になり AND 回路には “1” が入力される．これらによって AND 回路への入力が全て″1 “になることから出力は″1” となりブザーが吹鳴する．

つまり，この警報装置は，イグニション SW がオフで，コントロール SW，カーテシ SW がともにオンのときブザーが吹鳴する．

3.2　基本論理回路の入出力情報の確認

この警報装置に含まれる論理回路のほかに，外部回路として，図 3 のように，図 5 の 2 入力の AND 回路，図 6 の NAND 回路，図 7 の NOR 回路を組み込んでおり，各論理回路の入力端子と外部回路用電源の端子と接続し，スイッチ操作により論理回路の入出力の情報が確認できる．スイッチを上側に切り替えることにより″1” の状態が得られる．

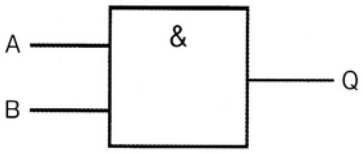


図 5　2 入力の AND 回路

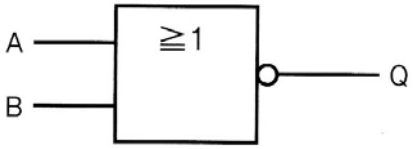


図 6　NOR 回路

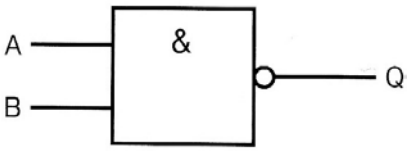


図 7　NAND 回路

図 8　NOR 回路の入出力情報の確認

図 8 は，NOR 回路の入力端子に，外部回路用電源を接続し，入出力情報をスイッチ操作により確認する作業である．

3.3　等価回路の構築

図 1 の回路では，AND 回路の入力の一つを NOR 回路の出力にしているが，これまでに出題された回路は，OR 回路と NOT 回路を組み合わせた回路，シンプルに NOT 回路のみの回路が出題され，併せて 3 種類のパターンがある．ともに入出力の情

報は同じで警報装置としての機能に変わりはない.

そこで，基本的な論理回路の入出力情報を基に，他にも警報装置と同じ機能を持つ論理回路ができないかを考えさせ，等価回路を構築させる.

装置内の論理回路の構成を含め，次の 5 種類の回路が考えられ，その接続について説明する.

㋐　OR 回路と NOT 回路の組み合わせで構成
㋑　NOR 回路で構成
㋒　AND 回路と NOT 回路の組み合わせで構成
㋓　NAND 回路で構成
㋔　入力を 2 つに分けず NOT 回路だけで構成

㋐の OR 回路と NOT 回路の組み合わせについては，装置の回路で構成されているので省略する.

以下の 4 種類についての接続方法を説明する.

㋑　NOR 回路で構成

NOR 回路の入力端子を装置内の端子①に接続し，出力端子は端子③に接続する．このとき NOR 回路用のスイッチを上側に切り替えておく.

㋒　AND 回路と NOT 回路の組み合わせで構成

AND 回路の入力端子を端子①に，出力端子を端子②に接続する．図 9 は，装置内の OR 回路を AND 回路に置き換えた作業である.

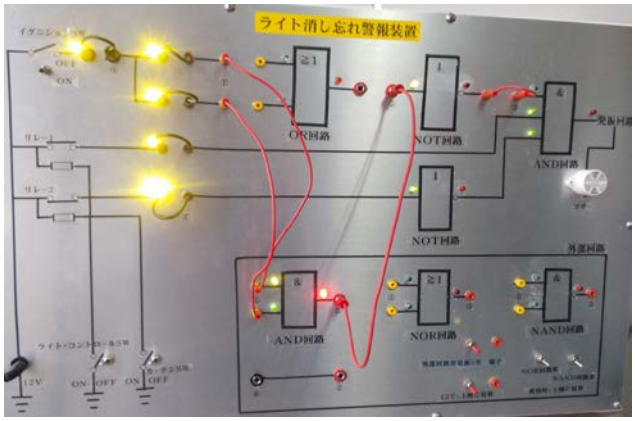


図 9　AND 回路を組み込んだ等価回路

㋓　NAND 回路で構成

NAND 回路の入力端子を端子①，出力端子を端子③に接続する．このとき，NAND 回路用のスイッチを上側に切り替えておく.

㋔　入力を 2 つに分けず NOT 回路だけで構成

OR 回路の入力を 2 つに分けず OR 回路を省略した回路構成にする．左の端子を装置内の端子④に，右側の端子を端子②に接続する.

4．あとがき

このライト消し忘れ警報装置は，基本的な論理回路の入出力情報の理解や論理回路の応用例として授業で使用するとともに自学自習の教材として製作したものである.

基本的な論理回路の入出力情報を理解したうえで，警報装置内の論理回路と等価な機能を持つ回路が構築できることを目指すものである．また，回路内の断線や短絡などの異常状態についても，実際に配線することにより，回路の動作状況が理解できる.

回路内の入出力情報や動作状況が LED の点灯状況により視覚的に認識できるので，この装置を活用して論理回路への理解に役立てば幸いである.

参　考　文　献

(1)岩瀬一裕：フューエル・ポンプ電子回路故障診断装置の製作について，徳島工業短期大学紀要第 20 刊 pp.　45 -48
(2)岩瀬一裕：スロットル・ポジション・センサ電子回路故障診断装置の製作について，徳島工業短期大学紀要第 21 刊 pp. 19 -22
(3)岩瀬一裕：オート・エアコン・エア・ミックス・モータ回路故障診断装置の製作，徳島工業短期大学紀要第 23 刊 pp. 10-13
(4)岩瀬一裕，花野裕二：センサ回路故障探求装置の製作と故障探求方法，徳島工業短期大学紀要第 26 刊 pp.　11-16
(5)自動車整備士養成課程　二級自動車シャシ　一般社団法人日本自動車整備振興会連合会 p.　180

ものづくり技術を活用したアンテナ特性解析その 2

―マルチヘリカルコイルによる広帯域特性の改善―

助道　永次，（株）アルファ・コレクションズ　島田　清

KEY WORDS: 自動車用アンテナ，FM 放送，ヘリカルコイル，共振周波数，帯域，マルチコイル，広帯域

1. まえがき

前報において，ヘリカルコイルアンテナの基本的な性質とその応用について試作実験的な解析を行った．その結果，ヘリカルコイルアンテナを製作するにあたっての基本的な諸条件を明らかにし，狙った周波数特性のショートヘリカルコイルアンテナを試作することができるようになった．

しかしながら，共振周波数を指定した値に調整することはできるものの，アンテナ特性の帯域（VSWR＝3.0 またはリターンロス－6dB）は，アンテナ全長に大きく依存するため，アンテナ全長の短縮化によって帯域は狭まってしまうことも明らかになった．

日本におけるラジオ電波の規格は，従来からの短波放送及び AM 放送と FM 放送に加え，いわゆるワイド FM とも呼ばれる AM 放送番組を FM 化した放送が行われるようになっており，都市部においてはほぼ FM 放送で事足りるようになってきた．このため，FM 放送電波の周波数帯は 76～94.9MHz と非常に広帯域化している．

周波数の広帯域化に伴い，アンテナの受信特性にも広帯域化が求められるようになってきたが，単純な構造のヘリカルコイルアンテナやヘリカルホイップアンテナは，特定の周波数での感度には優れるものの広帯域には適していない．一方，現代の自動車のラジオの受信性能は回路技術の向上により大変高くなってきており，アンテナ単体での感度が低くても，ノイズが少なく受信できるようになってきているようである．したがって，アンテナに求められる性能も，感度よりは広帯域化が必要になってきているのではないかと思われる．

今回は，前報で一部のアンテナに見られた共振周波数が複数見られた現象をヒントに，ヘリカルコイルを多重巻きにしたマルチコイル式ヘリカルアンテナの特性につき報告する．

2. ダブルコイル

自動車に複数のアンテナを装着できるのであれば，各々帯域の異なるアンテナを複数搭載し，混波器または切替器を用いて広帯域化するのは容易であろうが，設置場所やコストの問題で実用化は難しい．そうなると解としてはおのずと同心軸状にヘリカルコイルを配置し，一体化した構造にならざるを得ないと考える．しかしながら，そういう構造の場合は直感的にもコイルの相互干渉が生じて狙い通りの性能は出ないであろうと考えられる．

これは機械系の振動現象でも同様であり，複数の共振系が相互に干渉しあうと，共振周波数の値は変化しそのピーク値は大きく減衰してしまうことが多いのはよく知られたことである．これを逆手にとって，不要な共振を分散させてピーク値を低減させるダイナミックダンパなるものが自動車などではよく用いられる．共振現象のロジックから，ヘリカルコイル式のアンテナでも同様の現象が起きてしまうことは想像に難くない．

感度を優先するアンテナ，例えば送信アンテナではリターンロスがゼロになるのが理想的であり，VSWR 値 1.0 を目指してアンテナが設計される．しかしながら受信専用アンテナ，特に広帯域が要求される FM 受信アンテナにおいては，特定の周波数でリターンロスがゼロであったとしてもそれ自体に大きな優位性はなく，それよりは周波数帯全域で一定の受信感度が確保される方が良いことであろう．

そこで，まずは同軸状にコイルを配置したダブルコイルがどのような特性を発揮するのかの実験を行った．供試品として内側コイルは φ8mm 線径 0.5mm ピッチ 1.0mm 巻き数 N1（初期値：100）とし，外側コイルは φ12mm 線径 0.5mm，ピッチ 1.5mm 巻き数 N2（初期値 64）として測定を行った．測定方法などは前報と同様である．

コイルの配置方法は図 1 に示す通り，下端末で両者のコイルが結線され VNA（Vector Network Analyzer）へ入力され，上端側は開放端となっている．下端の位置は内側コイルに対し外側コイルとの距離を L とし，L＝0，2.2，5.0mm の 3 通りで測定を行った．

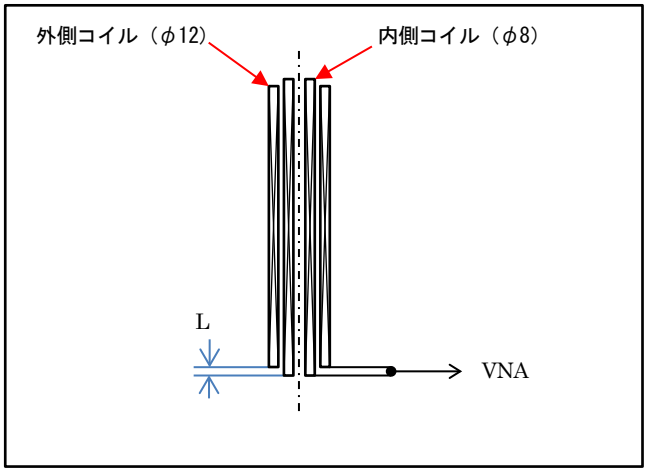


図 1　ダブルコイルの配置

各コイルは，厚さ 1mm の薄い樹脂パイプに所定のピッチで外表面にねじ切の要領で旋盤にて深さ 0.5mm の溝を掘っておき，そこにコイルを巻き付けて，ばらけないように瞬間接着剤にてコイルを固定したものをまず作成し，それらを入れ子状にかぶせて位置を合わせて測定を行った．後述するマルチコイルも同様の手法で行った．参考としてトリプルコイルの例を写真 1 に示す．

写真 1　トリプルコイルの測定用試作品（例）

図 1 の供試品の測定結果を表 1 に示す．

表 1　ダブルコイルの基本特性

	共振（MHz）	VSWR	帯域（MHz）
内側単体	67.69	1.18	2.28
外側単体	62.01	1.1	1.84
L＝0mm	68.05	1.61	2.51
L=2.2mm	68.2	1.715	**3.97**
	70.66	1.607	
L=5.0mm	66.19	2.085	—
	71.72	1.46	1.64

L=0mm の場合，共振は一つしか観測されなかった．L=2.2mm の場合，二つの共振の帯域は連続しており，VSWR の値は小さくはないものの帯域は広がっている．L=5.0mm になると，共振が離れすぎて帯域は二つに分かれてしまっている．

以上の実験結果より，同軸上に配置したダブルコイルの特性は下記にまとめられる．

① 共振周波数が近接している両コイルの下端の位置を合わせた場合，共振が一つにまとまってしまう（共振周波数は内側コイル単体の値とほぼ等しい）

② コイル下端の位置をずらせた場合，共振は二つに分かれ，下端間の距離が大きくなれば両共振周波数の差が大きくなる

③ いずれの場合も共振のピークにおける VSWR 値は単体のコイルの時と比較して悪化する

④ コイルの下端の位置をうまく調整すると両方の共振の帯域が連続し，結果として帯域が大きく広がる

次に，内側コイルの巻き数は一定のまま，外側コイルの巻き数を減らしていった場合の共振周波数の変化を測定した．内側コイルは巻き数 N1 を 92 巻きとし，外側コイルの巻き数 N2 を 62 巻きから 2 巻きずつ減らして 50 巻きまで測定した．コイル下端の距離 L は 5.0mm とした．

結果を図 2 に示す．

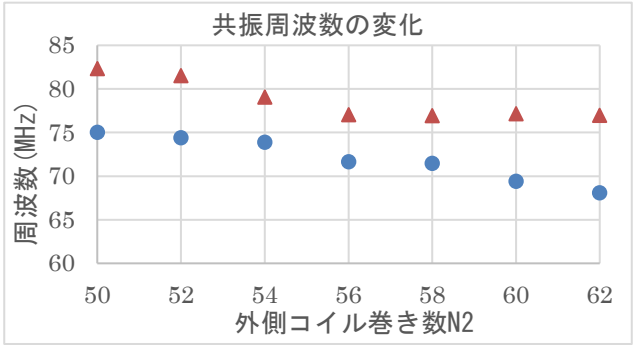


図 2　ダブルコイルの共振周波数の変化

図 2 において，外側コイル巻き数 N2 が 56 巻き近辺で特徴的な変化が認められた．本来は巻き数の条件をより細かくして実験を行うべきであったと思うが，今後再実験を行う場合は考慮したい．

いずれにしても広い帯域を示すのは低い方（●印）の共振域であり，高い方（▲印）の共振域は VSWR 値が約 2 以上であり受信感度は低かった．コイル下端の距離 L が 5.0mm と大きい場合は，二つの共振周波数の差が 5.2～7.1MHz と大きく離れてしまい両方の共振の帯域がつながらなくなったため，アンテナ全体としての帯域が広がることはなかった．試作したアンテナのサイズでは，下端の距離 L は 2～3mm 程度が良いものと思われる．

試作品は外側と内側でコイルの巻きピッチが異なっているが，ピッチが異なることによる特異的な現象は，他にもいろいろ試作をしてみた結果を踏まえ，なかったといえる．言い方を変えると，ピッチを異なるものする効果もなかったということで，あえて異なるピッチにする必要はないと考える．ただし，コイルの巻き方向（右巻き，左巻き）を混在させると磁束の干渉が起こるためか，VSWR がいちじるしく悪化することがあったため，コイルの巻き方向は統一しなければならない．

以上の知見を踏まえ，ダブルコイルのショートヘリカルアンテナを試作した．試作したアンテナと，POLO 純正アンテナの比較写真を写真 2 に，特性を図 3 に示す．図 3 の縦軸はリターンロス（−dB）である（以下同様）．

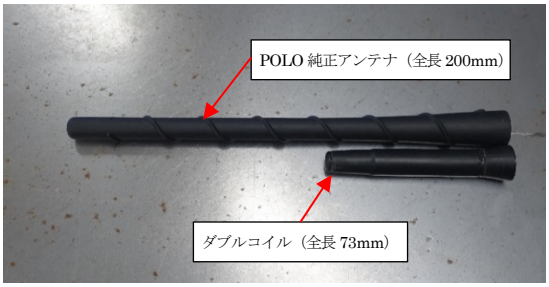
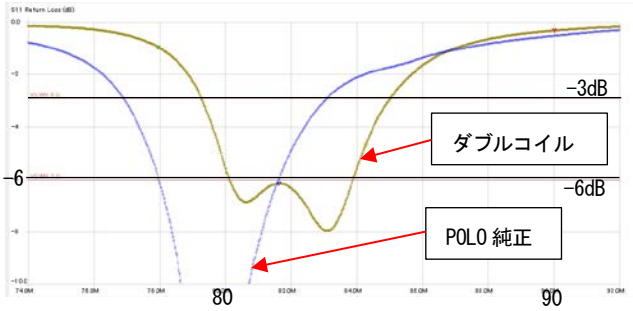


写真 2　POLO 純正アンテナとダブルコイル試作品



周波数（MHz）

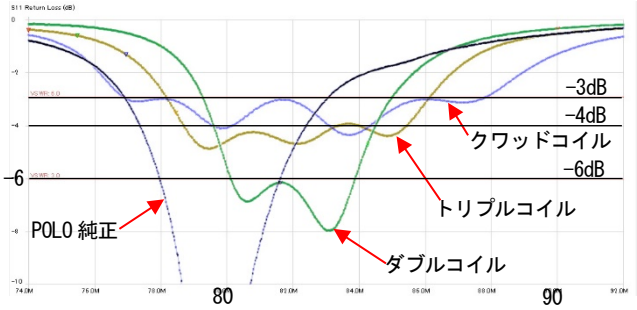
図 3　ダブルコイルと純正品比較

試作品の中心周波数が，純正品より 2MHz ほど高周波側へずれているため，比較がしづらくなってしまったが，VSWR=3.0 の帯域は両者とも約 3.8MHz であり，VSWR=6.0（リターンロス=－3dB）での帯域は，純正品：6MHz，試作品：4.8MHz となった．

以上のことから，アンテナ全長が半分以下（40%）のショートヘリカルアンテナであってもダブルコイル化により帯域を純正品と同等まで拡大することが可能であることが分かった．ただし，帯域内での VSWR の最小値は約 2.3 であり，帯域内での感度はほぼ一定で高いとは言えない．

2. マルチコイル

ダブルコイルの結果を受け，トリプルコイル及びクワッドコイルによるさらなる帯域の拡大を検討した．細かなテクニックについてはここでは割愛し，結果だけを図 4 に示す．



周波数（MHz）

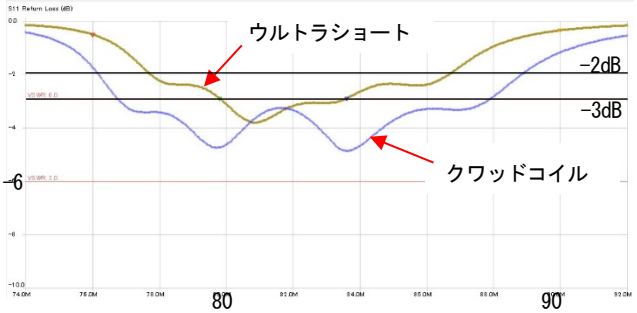
図 4　POLO 純正品とマルチコイル比較

ダブルコイルではリターンロス－6dB の帯域が確保できたが，トリプルコイルでは－4dB での帯域で 6.5MHz，クワッドコイルでは－3dB での帯域で 11MHz となった．リターンロスが悪化してよいのかということであるが，純正品との比較でいえば，少なくとも 83MHz 以上の周波数域においてはクワッドコイルの方が純正品より感度が高いといえる．純正品は．特に高周波数域において感度が低いが，それによる実車でのラジオの受信に問題は出ていないことから，実はアンテナ感度はリターンロスで－1dB もあれば受信できてしまうのではないかと思っている．この辺の事情については詳細な検討が必要であるが，これは今後の課題としたい．

次にトヨタ 86 純正アンテナに対応するクワッドコイルの試作・評価を行った．86 純正アンテナと，先に試作したクワッドコイル，新たに試作したウルトラショートクワッドコイルの比較写真を写真 3 に示す．86 純正品は全長約 114mm，クワッドコイルは全長約 90mm，ウルトラショートクワッドコイルは全長約 57mm である．

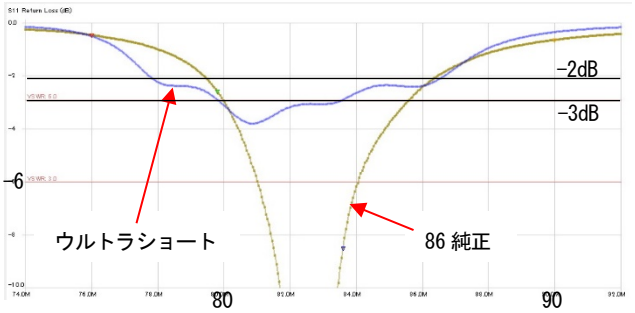
写真 3　トヨタ 86 純正品とクワッドコイルアンテナ

クワッドコイルとウルトラショートクワッドコイルの性能比較を図 5 に，86 純正とウルトラショートクワッドコイルの性能比較を図 6 に示す．



周波数（MHz）

図 5　クワッドコイルとウルトラショート比較



周波数（MHz）

図 6　86 純正とウルトラショート比較

クワッドコイルと比較し，ウルトラショートクワッドコイルは周波数全域にわたって感度が低下していることが分かる

が，それでもリターンロス－2dB での帯域は 9MHz を確保している．

86 純正品との比較では，リターンロス－3dB での帯域はウルトラショートの方が狭いが，リターンロス－2dB での帯域ではウルトラショートの方が 86 純正品よりも約 2MHz 広い結果になった．車載した状態での受信では 86 純正に対して遜色ない感度を有していると思われるが実車での確認はまだ行っていない．

また，細かなところであるが，図 4 と図 5 のクワッドコイルの特性にわずかな差（約 0.2dB）がみられるが，図 4 のコイルのトップキャップは樹脂製であるのに対し，図 5 のコイルのトップキャップは真鍮製（写真 3 参照）であり，その差で生じたものである．このように，コイルの開放端の条件によりアンテナの感度は少なからず影響を受けるため，最適な条件があるものと考えられる．仮に商品化を目指す場合は注意を払う必要があるエリアであろう．

3. まとめ

VW POLO 純正（アンテナ全長 200mm）及びトヨタ 86 純正（アンテナ全長 114mm）に対し，各々全長が半分以下のクワッドコイルで，共振周波数での VSWR 値は大幅に悪化するものの，広帯域での感度はほぼ同等又は純正以上の感度を有するアンテナを試作することができた．今回の試作品では，ワイド FM（90～94.9MHz）帯まで帯域を拡張はできなかったが，今回得られた知見をもとに，さらなる工夫を加えることで，さらなる広帯域化及び低 VSWR の実現ができるものと期待している．

これまでは，アンテナと言えば共振周波数における VSWR 値をいかにして 1.0（すなわちリターンロスがゼロ）に近づけるかが重要であり，帯域についてはあまり注意が払われていなかった．これは送受信を同じ一本のアンテナで行う無線機においては，送信回路を保護する目的のための常識（業界では少なくとも VSWR＜1.5 と言われているようである）であったが，受信専用アンテナにおいては VSWR に拘泥する必要はなかったわけであり，筆者らの頭の中もこれまではその常識にとらわれすぎていたようである．

最近自動車メーカーが純正品として装着している，いわゆるシャークフィンアンテナは，現在ではマルチ通信アンテナシステムとでもいうべき複雑な構造になっている．今や自動車のアンテナはラジオ放送を受信するだけではなく，インターネット接続や GPS 信号の送受信にも使われるようになってきておりアンテナの形状もプリント基板に実装しているものなどさまざまになっている．その一例を図 7 に示す．（図 7：特開 2019-016930，アンテナ装置，トヨタ自動車株式会社，図はアウターカバーを省略，7：基板，10：SDARS（衛星デジタル音声ラジオサービス）アンテナ，20：GNSS（汎地球測位航法衛星システム）アンテナ，30：TEL アンテナ，詳細省略）

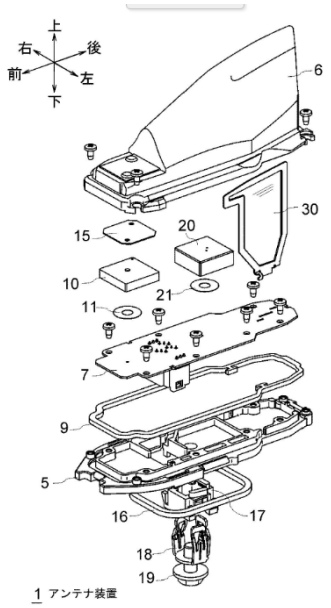


図 7　最新（将来）のルーフアンテナユニットの例

また，オーディオだけに絞ってみても回路技術の進歩により，微弱な電波でもクリアな受信ができるなど進化をしてきている．こういった進化に合わせてラジオアンテナも見直すべきなのであろう．さらに言えば，将来的にはラジオもアナログ式からデジタル式へ移行してゆくのであろうか．

今回試作したクワッドコイル式ヘリカルアンテナも，試作品のままでは商品化には程遠いと考えるが，これまでの製造技術にとらわれることなく，例えば金属 3D プリント技術を使って多層の回路を同軸状に積層してゆくなど，いろいろ採用できる可能性のある技術も増えているので，今後採用・検討して行きたいと考えている．

参 考 文 献

(1) コイルの等価回路，https://detail-infomation.com/inductor-equivalent-circuit/
(2) コイルを使う人のための話，https://www.sagami-elec.co.jp/file/tech/coil_doc_100j.pdf
(3) 電装回路の線間容量，https://illustrationprize.com/ja/500-capacitance-of-transmission-line.html
(4) 長岡係数，長岡係数 - Wikipedia
(5) ものづくり技術を活用したアンテナ特性解析，徳島工業短期大学紀要　Vol.26　p29-36　(2021)

子ども用電動バイク改良報告

― 地域連携事業 ―

助道　永次，（株）アルファ・コレクションズ　島田　清

KEY WORDS: 地域連携，ものづくり

1. まえがき

自動車業界はCASEに合わせた小型モビリティ社会実現に向けた次世代自動車の開発が必要とされる大きな変革期を迎えており，将来性の高い業界である．

徳島県では，自動車は現代の生活になくてはならない必需品であり，自動車を安全かつ快適に維持管理するための仕事の重要性は増加することはあっても減少することはない．しかしながら18歳人口の減少に伴い，この仕事の担い手である本学などの自動車の技術を学べる教育機関への入学者が減少することは，何としても避けなければならいことであり，自動車整備士を養成している本学は，地元地域との連携を更に強化して，県内外で開催されるイベントや出張体験授業等を通して自動車への興味を喚起し，今後の自動車業界を担う若い人材を多く発掘して自動車業界へ送り出す使命があると考える[1)2)]．

2. 地域連携事業

徳島県の子供向け体験型科学教育機関である「あすたむらんど」とは，以前からソーラーカーの開発などを通し，本学と連携した活動[3)]を行っている．子ども安全教育用ソーラーカー（写真1）や園内周遊ソーラーバス（写真2）を本学が設計・製作を行い，年間数回不定期にメンテナンスを担い，現在でも様々なイベントにて活用している．子ども安全教育用ソーラーカーに関してはメンテナンスや改良を施し10年経過後も各イベントにて使用している．

写真1　2012年完成　子ども安全教育用ソーラーカー

写真2　2017年完成　園内周遊ソーラーバス

3. 子ども用電動バイク改良

3.1　改造委託

今年度の依頼は，子ども安全教育用電動バイク（子ども用電動バイク）の改良であり，あすたむらんど担当者より、下記諸元に示す子ども用電動バイク（写真3）を購入したが，あすたむらんどスタッフの検証結果では10分程度しか走行ができないということであるため，走行可能時間を改善しないとイベントに使用ができないという相談を受けた．あすたむらんどが開催している「子ども安全教育」にて使用するにあたり，そのイベント時間が3時間程度とすれば，乗り換え時間を考慮すると，走行時間は2時間程度必要となる．

表1

名称	BMW バイク キッズライドオン
本体サイズ	全長 1030×680×570　mm
スピード	0～4 km/h
バッテリー	12V7Ah/20Hr　鉛バッテリー
モーター出力	DC 12 V　50 W ブラシモーター
重量	12.4kgf
耐荷重	30kgf
対象年齢	6歳～8歳

写真3　子ども用電動バイク

3.2　検証

小学 1 年生（7 歳児）の平均体重は約 24kgf あり [4]，バイク重量が 12.4kgf で計約 36kgf. 速度が毎秒 1m(時速 3.6km)で，走行抵抗係数が 0.2 だとすれば走行パワーは 72 W，ギヤの損失を 15%, モーターの損失を 10%とすれば, 必要電力は 89.7W となる.

バッテリーの 20 時間率と 5 時間率の換算係数は約 0.87 であり，1 時間率の係数はもう少し低下するので 0.7 位とすれば，このバッテリーが満充電であったとしても，取り出せる容量は,

12V×7Ah×0.7=59Wh

となる．走行時間は,

59Wh/89.7W＝0.66 時間＝39.5 分

重量二倍の 50kgf が乗った場合，走行抵抗係数は約 1.5 倍になるとすれば走行時間は約 15 分となる．実際上は，バッテリー容量の 80%位しか取り出せないので走行時間は少し低下する．検証結果の 10 分程度の走行時間ということとつじつまが合う.

そこで，一時間率で性能の良い，二倍くらいの容量のリチウムイオンバッテリーに交換することにより，イベントにて子供が二時間くらいの走行は可能であり，それに加え，急速充電器を揃えれば，昼休みの時間で充電を行えば午後の部も走行が可能であると考え改良を施すこととした.

3.3　改造

このバイクの性能を把握したうえで，分解をして，どこにどのような部品が配置しているか構造を調査した結果，オリジナルバッテリーはシートの下に収まるようになっており，そこに容量の大きなバッテリーは入らないため，中央部に大きな空洞（写真 4）があることが判明し，その空洞に収まるサイズのバッテリーを購入し，そのバッテリーを容易に交換ができる仕組みを構築することとし実施した（写真 5）.

写真 4　中央部の空洞

写真 5　バッテリー配置

今回，交換したバッテリー「12V 40Ah リン酸鉄リチウムイオンバッテリー（写真 6）」は容量の割に軽量であるため，＋1.6kgf 程度であり，小学 1 年生乗車の場合，必要電力は 94W ととなる.

480Wh×0.7＝336Wh

336Wh/94W＝3.57 時間＝3 時間 34 分

イベント時間を午前 2 時間，午後 2 時間程度であれば，休憩時間 1 時間程度の 14.6V10A 急速充電（写真 7）にてバッテリーを回復させれば可能である.

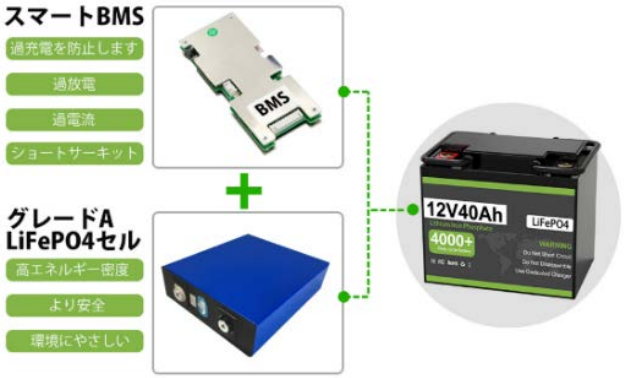


写真 6　12V 40Ah リン酸鉄リチウムイオンバッテリー

写真 7　　リン酸鉄リチウムイオンバッテリー充電器

3,4　バッテリー交換手順書　製作

今回はシートを取外しただけでは，バッテリーの交換作業を行えなくなり，車体後部よりバッテリーを取外す構造としたため，リア・タイヤの取外しを行わなくてはならない．限りなく容易に交換ができるように考えた結果であるが，誰でもバッテリーの交換作業ができるように，交換手順書（写真 8）を作成して納品を完了した．

4. 検証・課題

この改造を完成させて，あすたむらんどへ納品したのが 8 月頃であり，秋に開催する各イベントにて走行実証試験を兼ねて使用する予定であったが，長びくコロナ感染症拡大の影響がまだ残っていたため，イベントは開催されずに走行実証試験が未実施であり，課題がまだ見えない状況である．

5. まとめ

地域連携を促進し，産学官で地域へ貢献できる事業を広く展開していきたい．本学が担える部分に関しては潜在的にまだまだ多くあると考える．

今回の地域連携事業のように，モノづくりの楽しさを子供たちへ伝えて，進化を続けるクルマ産業，EV・FCV といった地球規模の環境問題に関わる自動車技術について関心をもってもらい自動車業界に携わることを目指す子どもたちが一人でも多くなるようにと願い，このような活動を継続したい．

参 考 文 献

(1) 助道永次，島田清：体験教育用電動レーシングカート改良報告（その 1），徳島工業短期大学紀要第 21　p35-40

(2) 助道永次，多田博夫，平野一正：e-モータースポーツ体験車両製作－自動車実車と e-モータースポーツお融合に関する研究－，徳島工業短期大学紀要第 25　pp.33-3

(3) 島田清：あすたむカートの研究開発（その 1）－あすたむらんど園内周遊カートの企画－，徳島工業短期大学紀要第 19　p35-38

(4) 国民健康・栄養調査 14 身長・体重の平均値及び標準偏差：https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003224177

写真 8　バッテリー交換手順書

安全管理 その３
安全を推進する工具の製作

徳島工業短期大学　福栄　堅治

KEY WORDS: 教育，安全, 整理整頓, 総合診断, ,

1.　はじめに

安全管理をテーマとして取り上げるのは三回目となる，安全を考えると終わりのない取り組みであるとしみじみ感じてしまう．さて，今回は工具について取り組むことにした．実習作業において脱着作業を何回も繰り返し行っていると，いろいろと教材にもガタができたり破損したりもする．それよりも不適切な工具の選択や誤った工具の使い方をすれは，事故やケガの発生の原因となり得る，工具や部品なども傷んでしまう．適材適所に使う工具の選択をした作業は，安全であり作業の効率も確実に上ることは疑う余地はない．よって，学生には安全作業を心掛けるには，適材適所に使う工具の選択と正しい工具の使い方やテクニックを磨くことを実習作業によって会得することを望んでいる．がそんなにうまくは進まない．工具さえあれば全てが楽に作業できるかといえばそうではない, なかには作業スペースが狭すぎて工具が入らなかったり，力不足で回せなかったりと難儀することも多々ある．今年度の学生に難儀する作業は，どの作業かと聞いたところ「配線カプラーの取り外し」と答えた学生が 50%いた．理由はロックのつめが硬くて指先が痛くなるとのこと，もちろん個人差はあると思うが，確かに実習車両のコネクター及び配線カプラーのロックは固いしそれにガタもあってロックが外れにくさはあった．そこで今回，ロックの取り外しを何よりも安全に作業できる工具の作製に取り組むことにした．

2.　目的と方法

カプラー及びコネクターの，形とか大きさ及び取り付けている位置は，車種によっていろいろとあるけれども，今回の目的は実習車両（日産車）のノートに採用されているコネクターを対象に作製することにした．ツールは一つに限らずそれぞれの作業に応じた種類のものを作製することにする．

3.　ツールの製作

3.1.　指先型の製作

学生の話の中で，ロックつめが硬くて指先が痛くなるということで作製したのが，図 1 の指先ツールである．親指の先に装着して，配線カプラー及びコネクターのロックのつめを押して使うタイプである. 材料は φ26mm の塩化ビニールで作製している, 長さ 33mm, 幅 30ｍｍ程のサイズとなっている．また，突起部には φ5mm の丸ねじを長さ 10mm に加工して取り付けている

図 1 指先型

図 2 は，ツールを親指に装着している状態である．このツールは，人差し指で支えて親指で押して使用するから，指先に力が必要とするので力の弱い人には不向きであった．それにサイズもいろいろと用意する必要があるから合理的ではない．そして使う人も限定されることになる．

図 2 指先型の使用例

3.2　コの字型の製作

図 3 の, コの字型は, 厚さ 3mm の鋼材で長い方が 140mm, 短い方が 30mm で長短の間隔は 30mm，幅 27mm で作製している，ボルト又は蝶ボルトなどで配線カプラー及びコネクターを挟み込む方式である．

図 3　コの字型

図 4 は，コの字型の使用例である．このタイプは力の弱い人には最適である，配線カプラーやコネクターの厚みがあっても，両サイドからのボルトによって調整ができる，ただ，作業スペースが狭い所では不向きである．

図 4　　コの字型の使用例

3.3　平行型の製作

図 5 の, 平行型は, 厚さ 2.5mm の鋼材で幅 24mm, 長さ 135mm, 140mm の鋼材と 2 本のボルトを使用する．135mm の先には，配線カプラーやコネクターのロックのつめ部を押さえるためのφ4.5mm，長さ 3mm の突起物をつけている．このタイプは，２本のボルトを操ってロックの解除を行う方式としている．

図 5　平行型

図 6 は，平行型の使用例である．小さめの配線カプラーやコネクター用として作成したものであるが，意外とサイズを問わず使用することが出来るので良いと思う．やはり，このタイプも作業スペースが狭い所では不向きである．

図 6 ミッションジャッキ

3.4　プライヤー型 I の製作

図 7 の，プライヤー型 I は，全長 150mm の小さい市販されているプライヤーを，配線カプラーやコネクターのロック部を挟みやすいように削って加工しているだけで，見た目はプライヤーそのものである

図 7　プライヤー I 型

図 8 は，プライヤー I 型の使用例である．使い方は一般に市販されているものと同じで，挟み込んでそのまま引き抜く方式である．しっかりしてて最も多面にわたって使いやすいので良いと思う．非力の者でも扱える．

図 8　　プライヤー I 型の使用例

3.5.　プライヤーⅡ型の製作

図 9 の, プライヤーⅡ型は長さ 290mm, 幅 25mm, 厚さ 2.5mm の鋼材を使用，真ん中のボルトを支点として，先までの長さは 145mm, 幅 10mm として，先端の突き出し部は，縦 12mm, 横 12mm である．また柄の部分の長さは支点から 145mm となっている．

図 9　プライヤーⅡ型

図 10 は，プライヤーⅡ型の使用例である．このツールの利点は，配線カプラーやコネクターの周囲に妨げるものを気にせずに直接上から挟み込んで簡単に作業ができる事であるが．それ以外作業にはサイズ大きいため扱いにくいという欠点がある．

図 10　プライヤーⅡ型の使用例

3.6　突き刺し型の製作

図 11 の突き刺し型は，長さ 200mm，幅 10mm，厚み 2.5mm のサイズで，先端には長さ 18mm，幅 2mm を左右にそれぞれ加工している，間隔は.8mm に設定している．さらに少し角度を設けていて，その角度をつけたあたりに突起物を加工している．

図 11　突き刺し型

図 12 は，突き刺し型の使用例である．配線カプラーやコネクターのロックの横にある左右のすき間に突き刺すことによって，突起物がすべり込んでロックのつめが外れるという方法である．シンプルであるが対象とするカプラーやコネクターは限定される．

図 12　　突き刺し型の使用例

4　考察

配線カプラーを取り外す工具は，すでに市販されている．市販品と比べると到底及ばない．いろいろと作製した型は，一長一短はあるが十分とは言えないものの，ロックのつめが硬くて指先が痛いという学生にとっては，対策ができたのではないかと思っている．

5．まとめ

いつもは，コネクター及び配線カプラー脱着作業は，指先の力で外している，指先で外せなければ細いマイナスのドライバーを用いて行っている．コツさえつかめばそんなに難しい作業でない，けれども器用な学生もいれば不器用な学生もいる，指が太い人，細い人，力が強い人，弱い人というように個人的な差もいろいろとある．いずれにしても作業の安全性については，どんな状況や立場が違っても安全にということには，常に細心の注意を払うことが一番大事なことであると思う．

参　考　文　献

(1)　社団法人　日本自動車整備振興会連合会：一級自動車備士　総合診断・環境・安全管理，(参照　pp．173-183)
(2)　公論出版：自動車整備士 1 級小型　問題と解説
(3)　福栄堅治「安全管理(整理・整頓)の取り組み」　徳島工業短期大学紀要第 25 刊　(参照　pp．1-4)
(4)　福栄堅治「安全管理(その 2)実習作業における機器の改善」　徳島工業短期大学紀要第 26 刊　(参照　pp．26-28)

自動車整備基礎講座

徳島工業短期大学　鎌田孝・高橋秀成

KEY WORDS:リカレント教育，自動車整備，HV,

1.　はじめに

県立総合大学校本部が高等教育機関と連携して実施されるリカレントプログラムの中で、本学が担当する「自動車整備基礎講座」の一環で「エンジンルーム内作業『ハイブリッド自動車』」を実施した内容と，受講者のアンケートを基に効果の検証と今後の改善点について考察する.

2.　実施計画

受講者の定員は 12 名，担当時間は 80 分間，講師 2 名で対応するので、日常的な保守管理作業と，不十分な知識で作業した場合の不意な事故を防止する事を重視し，また準備に要する期間や保有する教材等を考慮し，以下の内容を計画した.

① 「ハイブリッド自動車概要説明」
② 「高電圧遮断作業」
③ 「インバータ用冷却水交換」
④ 「整備モード移行」

以上の 4 種類で実施する事とした.

3.　実施内容

3. 1　「ハイブリッド自動車概要説明」

資料の中から，専門知識が無くても理解しやすいものを使用し、「構造」については「シリーズ・ハイブリッド・システム」，「パラレル・ハイブリッド・システム」，「パラレル・シリーズ・ハイブリッド・システム」の主要部品の配置、長所・短所，「回生ブレーキ」，「ハイブリッド冷却システム」、「排気熱再循環システム」の仕組み、最後に「高電圧回路の点検整備上の注意と，作業者には労働安全衛生法による，特別教育が義務付けられている事を，配布したプリントとパワーポイントを使用し説明した．実施の様子を図 1 に示す.

図 1　概要説明

3. 2　「高電圧遮断作業」

トヨタプリウス（ZVW30）の実車を使用し、受講者は車両の周辺で見学という方法で，「安全衛生教育」を受講済みの講師が作業手順を説明しながら実施した．車両には事前に通電しないようフューズを取り外した「サービス・プラグ」図 2 に示す，を取り付けており，「インバータ」の放電時間 10 分間の待ち時間を短縮した（受講者には事故防止の為、実際の作業では必ず整備手順に基づいた放電時間が必要な事を何度も説明し，理解して頂いた）

また，実際に使用した「絶縁手袋」には規格と使用期限がある事も説明した。作業の様子を図 3 に示す.

図 2　サービス・プラグ

図 3　高電圧遮断作業

3.3「インバータ冷却水交換」

実車（トヨタ・プリウス ZVW30）と故障診断器（DST-i）を使用し，交換作業を実施した.

①構成部品の配置を説明し、故障診断器を接続.

②車両をリフトアップし、トランス・アクスルのドレンボルトを取り外し冷却水を抜き取った後，ドレンボルトを締付.

③リザーブ・タンクに全容量の 30%以上の冷却水原液を先に注入後，水道水を F レベルまで補充.

④故障診断器でウオータ・ポンプを駆動し，エア抜きを実施し，水道水を補充する.

⑤作業確認のため，ドレンボルト周辺の漏れやリザーブ・タンクのレベルを確認.

作業の様子を図 4 に示す.

図 4　インバータ冷却水交換

3.4 整備モード移行

整備モードの必要性を説明後，トヨタプリウス（ZVW30）の実車を使用し，車両の整備書の実施要領に沿って，講師が実際に作業を実施後，車両のインジケータが「整備モード」の表示に切り替わったのを確認した（一連の操作を 1 分間以内で行う必要がある事を説明）.

2 台の車両を使用し時間内で希望者を優先に作業を実施中に予定時間となり講習を終了した. 作業の様子を図 5 に示す.

図 5　整備モード移行

4　アンケート結果

4. 1 講座を知った方法（受講者 10 名に対し,8 名からの回答結果）を図 6 に示す.

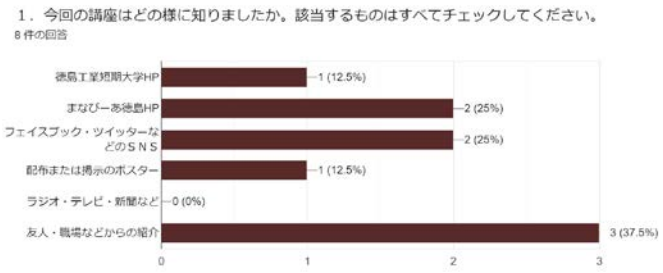


図 6　講座を知った方法

4.2. 講座を受講しての満足度を図 7 に示す.

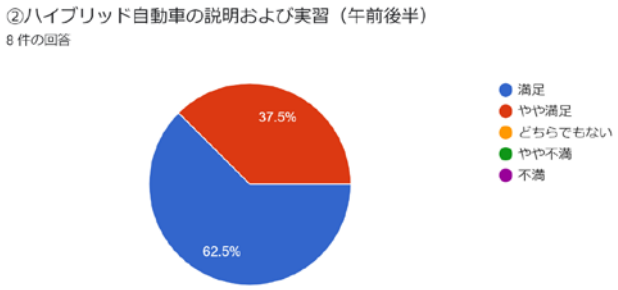


図 7　講座を受講しての満足度

4.2. 今後、どの様な講習内容を希望するか.　（6 件の回答）

①自動車の電装・電気回路、駆動系(デフ・トランスミッション).

②電装品の装着で気をつける点、見映えよくする配線の取り回し、それに伴う内装の脱着のコツなど.

③MT・CVT 構造メンテナンス作業.

④モータースポーツに必要な基礎的知識の習得や、整備技術の演習.

⑤実習においては趣味や DIY で車を整備やカスタム等したりするので，特殊な設備や工具が不要な，知識と一般工具があればできる作業等を希望します.

⑥ガソリン，ディーゼル，ハイブリッドに少人数（５人くらい）づつ選択制で班分けして，知りたいエンジンをもっと詳しく時間をさいて説明してくれるとセルフメンテナンス出来ると思いました．今回の研修では質問時間が無いか短い講習が多く，帰ってからも疑問点が多く残りました．改善を期待しています.

4.2. 初日の講座全体を通じ，意見や感想．（6 件の回答）

①講義・実習のバランスも良くためになる講義だった．

②まず，このような講座を企画・開催いただきありがとうございます．親切に対応いただき感謝しています．さて，クルマをいじっていて，失敗して心が折れそうになることがあります．その原因は工具と経験と根気が不足しているからだと思っています．その意味で，座学の中に，揃えておきたい工具やその使い方，加えて，クルマをいじるときの心がけもご教示いただけるとありがたいです．次回もよろしくお願いいたします．

③大変満足しています．プリウス整備の隠しコマンドには驚きでした．次回も楽しみにしております．

④社会人向けの講座を開講していただき，ありがとうございました．普段習うきっかけのない内容で，大変楽しく参加させていただきました．ただ、初めての開講ということもあり，内容が手広く，テーマが絞り切れていないような感じもありました．個人的には，職場で「自分で軽い整備ができるようになる」との案内があり参加しましたので，少し期待していた内容とズレがあったように感じます．２日目の講座ではタイヤ周りの整備もあるようなので楽しみにしています．引き続きよろしくお願いいたします．

⑤今回の講座では新たな知識や経験を楽しく積むことができたと思います．実習においては知識としては理解しているが，実際には実施したことのないことを経験でき，非常に満足しております．ただ、座学の講座においては全般的に「どのような人」に「何を伝えたい」かが明確になっていないように感じました．おそらく講義で使用した資料も，普段の授業で使用しているものをそのまま，もしくは端折ったものだと思いますが，時間の制限があるため沢山の情報をかなり浅く説明しており，専門用語（受講者の方は理解できる前提？）の説明等も少なく，結局何を一番伝えたいのかがピンときませんでした．今後はもっと受講対象者の知識レベルや知りたいこと（事前アンケート等は有効）を把握した上で伝えたいことの的を絞った内容で講義いただければより一層いい講座になると思います．

⑥短時間でパワーポイントを利用して要点の説明は分かりやすくて大変良かったです．ただ，済みません，質問時間が無いか短いのが残念でした．

５．　アンケート結果

受講者のアンケート結果より，今後に希望する内容として，趣味で行う軽作業から，MT・CVT 等の駆動装置の整備作業など，幅広い要望がある事が分かった．

講座全体を通じた意見や感想では，募集時と実際の講習との相違の指摘や，テーマが不明確，質疑応答の時間が無い等の意見が寄せられており，次回開催時の対策が必要である事が分かった．

6.　おわりに

受講者の意見より，自動車関連の従事者と，自動車整備に興味を持つ一般の受講者と思われる意見が分かれており，次回募集時には，対象者を事業者と一般で区別する等，受講者を限定して募集する等が必要と考える．

また，実施内容と，座学か実習を明確に記載する必要があると考える．

参　考　文　献

(1)　とくしまリカレント教育支援センター (tokushima-ec.ed.jp)，

(2)　徳島県政策創造部 県立総合大学校本部：リカレント教育推進のためのニーズ調査報告書令和５年２月

とくしま科学技術アカデミーと連携した小中学生への自動車体験講座

徳島工業短期大学　多田博夫・東條賢二・鎌田孝・多田好宏・助道永次・福栄堅治

KEY WORDS: Society5.0，プログラミング，自動運転，遠隔操縦，バーチャルリアリティ，ＥＶ，ＦＣＥＶ

1.　はじめに

徳島県では，地域産業の飛躍を支える科学技術の未来を切り拓く人材を育成するため，平成 28 年度より「とくしま科学技術アカデミー」[1)] として「小中学生向け『サイエンスラボ』」を開講し，県内の高等教育機関等と連携して，県内の小中高校生に対し，科学に対する興味・関心を喚起する実践的な学習の機会を提供する支援を開始した．本取組は Society 5.0 を見据えた科学技術人材の育成を図るため，早い段階から理科や科学技術分野に興味を持つ子どもを増やすことを目指している．本学では入試広報課が中心と成り，自動車実車やエンジン装置などを用いた出張授業や学内での体験学習を実施している．科学技術アカデミーは徳島県内小中学生に認知度が高く，自動車に興味を持って貰う取り組みとして利用価値が高いと考える．自動運転や先進安全技術等は Society 5.0 を支える科学技術に関連しており，これらを扱う講座とすることで，小中学校で義務化されたプログラミング学習との親和性高められ，プログラミングや IT に興味を持つ子供たちに自動車へも興味を持って貰えると考えている．

本稿では本学で実施したミライの自動車体験講座として実施した３つの講座の概要と実施状況について述べると共に，本講座による効果，問題点について考察する．

2.　実施計画

とくしま科学技術アカデミーを実施するにあたり，実施経費は 50 万円以下，AR や VR などのバーチャルリアリティやプログラミングなどが例に挙げられており，本学の計画が採択されるための講座設定に於いても可能な限りこれらの文言や IT，DX などを取り入れることとした．このため，マイコンカーを用いたプログラミング体験と実車の自動ブレーキ体験を組み合わせるなど，実車を扱う本学の強みを活かした講座とした．また，本学が推進する e モータースポーツをバーチャル運転体験として位置付けると共に，オープンキャンパスでも活用しているミニッツラジコン，昨年の筆者の研究実績である VR ラジコン，電気自動車と燃料電池自動車も扱う事とした．

これらの目的を達成するために，以下に示す 3 テーマを設定し，合計 4 日のプログラムとした．

① 「自動運転プログラミング」
マイクロコンピュータにより走行を制御する模型自動車を製作し，自動ブレーキ機能，道路に沿って走る機能のプログラミングを行う（2 日）

② 「電気自動車・水素自動車」
電気自動車や水素自動車の構造を学び，小型 EV の操縦体験を行う．(1 日)

③ 「自動車のバーチャル運転体験」
VR 技術を用い，模型自動車を遠隔操縦する．また，シミュレータによりバーチャル空間での自動車運転を体験する（1 日）

実施方法としては徳島工業短期大学教員と学生による講義を行い，その後プログラミングや体験実習を実施する計画とした．

以上の計画に対し，教職員と学生に対する謝金，消耗品，役務費，大学設備の使用料，受講者保険を経費として県に申請することとし，計画予算 486,000 円に対し満額の回答を得て実行に移した．

3.　受講者の募集活動

本学とまなびーあ徳島のホームページに案会を掲載すると共に，本学ホームページに申込フォームを設け，ネットから申し込みができる環境とした．併せてチラシを作成し，本学近隣の小中学校での直接配布，本学教職員の協力による小学校への配布を行った．

9 月 1 日より申し込み開始，10 月 1 日に 1 回目の講座開講であったが応募者は少なく，広報の範囲を広げたが定員合計の 48 名（各回 12 名を 4 回実施）に対し，申し込み実績は 28 名に留まった．このため 5 回目の追加開講を計画し，徳島県教育委員会学校教育課から県下小中学校へ本講座案内のメール配信を依頼したが申込者は無く，5 回目の追加実施は中止とした．

受講生の減少に併せ，本学教員および学生スタッフ数を減少に伴い謝金が減少した．また，損害保険会社より子供向けの安全な講座であると承認されたため，保険料が大幅な減額となった．以上より計画予算が減少により，委託料を 362,452 円とする変更契約書を締結した．

４．　実施状況と結果

4.1.　自動運転プログラミング

(1) 講座概要

受講者 1 名に 1 セットのマイコンカーを貸し出し，スクラッチベースのビジュアルプログラミングを講師 1 名と学生ス

タッフ 2 名の指導により実施し，動作確認を教室後部に設置したテストフィールドで実施した．

マイコンカーには Arduino 互換基盤であるアーティック社の「Studuino mini」[2] が搭載され，PWM 制御基板である DC モータ拡張基盤を接続することで，二つの車輪を駆動する DC モータへの印加電圧を調整することで前後進と旋回の２自由度の走行を可能とする．障害物検知には赤外線フォトリフレクター―を用い，障害物との距離をアナログデータとしてマイコンに取り込み，目的に応じた取付け方をすることで自動ブレーキや旋回により壁を回避する動きなどを実現できる．本講座に用いたマイコンカーを図 1 に示す．

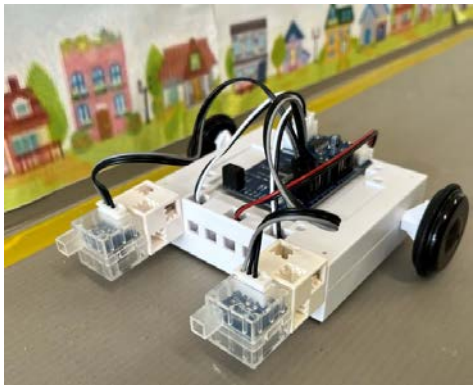


図 1　マイコンカー

(2) 実施状況講座概要

自動運転プログラミングは 2 回に分けて実施した．受講定員の各回 12 名に対し各回 6 名の希望があり，実際の参加者は 6 名と 3 名であった．

各回ともスライドとビデオを用い，自動車の先進安全技術である自動ブレーキや前車追随走行，そして海外に於ける自動運転の実証実験の様子など自動車実車の状況を説明した．また 2 回目の講座では自動車実車の衝突防止ブレーキの実演と同乗体験を行った．時速 20 キロ程度から，赤色目標物に対しノーブレーキで侵入し，完全停止するまでの様子を外からと乗車しての両方で体験した．

図 2　自動ブレーキ同乗体験

自動ブレーキのプログラミングでは一つの赤外線センサを車体前部に取り付け，障害物との距離を測定しモータを駆動する電圧を調整させた．この結果，自動運転プログラムでは受講者全員が壁に衝突させずに，安全に停車させることが出来た．また，前車に自動追従するプログラムでは，車間距離を保って全ての車が直進し，壁の手前で安全に停車することが出来た．確認実験の様子を図 3 に示す．

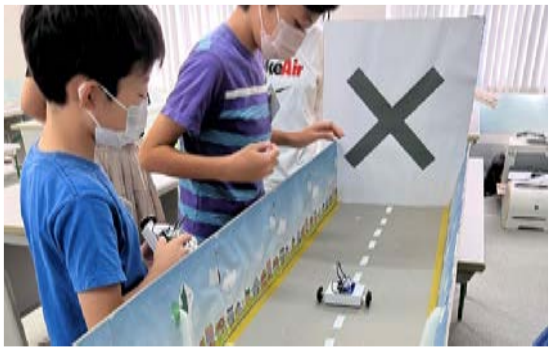


図 3　自動ブレーキ確認実験

4.2.　電気自動車・水素自動車

(1) 水素自動車講座概要

水素を利用した自動車を理解するため，燃料電池自動車実車であるトヨタ MIRAI と，その構造を理解するために小型燃料電池 [3] を用いた説明を行った．燃料電池と水素タンクを図 4 に示す．本装置は水素吸着合金により水素を貯蔵できる小型ボンベから水素を供給し，待機中の酸素と反応させることで，定格 200W(24V,8.3A)の電力が得られる．これを DC-AC コンバータを用いて 100V 電源を得られ，液晶テレビやノートパソコンを駆動できることを示した．また水素ボンベから水素が供給されることで圧力が低下し，断熱変化によりボンベ表面が冷たくなることも確認できた．

燃料電池自動車であるトヨタ MIRAI の助手席と後席に乗り，走行性能を確認した．また，水素と酸素が反応することで発電すると共に水が生成されることを証明するため，車両の排水ボタンを操作することでタンクに残った水分が排出されることを示し，燃料電池の理解を深めて貰った．

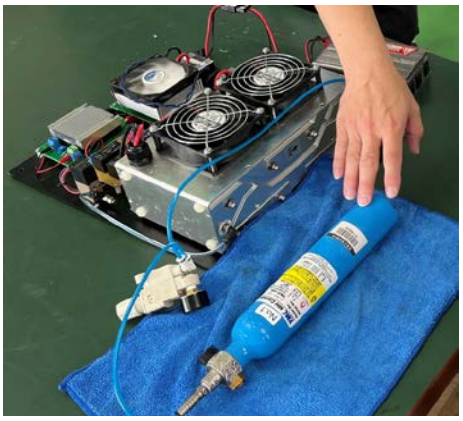


図 4　燃料電池と水素タンク

(2) 電気自動車

電気自動車の構造を改造型電気自動車である EV セリカと EV ポルシェを用いて説明した．このとき，バッテリの重さを実際に持ち上げて体感してもらい，その後に車両をリフトアップして車体下部からバッテリの積載状況を確認した．また，EV ポルシェの助手席に座っての体験試乗を実施すると共に，引率の保護者には原付規格のマイクロ EV であるトヨタコムスの運転体験もして貰った．引率者のコムス試乗の様子と電動ポルシェを図 5 に示す．

講座の最後に，シルバーカーを改造した子供用 EV[4] を用いた操縦体験を受講者に体験してもらった．通常走行から始まり，けん引による走行や後退，更には縦列駐車，曲がった先へのバック駐車など，難易度を高めながら運転テクニックを高めて貰った．図 6 に受講者の運転状況を示す．

図 5　引率者のコムス試乗の様子と電動ポルシェ

図 6　受講者の運転体験

4.3.　自動車のバーチャル運転体験

(1) ラジコンカーの操縦体験

ミニッツラジコンによる目視の遠隔操縦と単眼カメラを搭載したラジコン[5] を遠隔視により操縦する 2 種類の体験を行った．ミニッツラジコンはオープンキャンパスと同じ講座内容であり，オーバルコース上を最大 4 台が同時走行した．車体を外部から見ながらの運転では，自身から遠ざかる場合と近づいて来る場合ではハンドルの操作が逆に成る事を説明し，時計方向に周回する最も簡単なコースをタイム計測しながら走行練習を行った．運転操作を誤り，コースアウトや転倒する車も多かった．

通常の自動車運転は乗車して実施するが，遠隔操縦では外部から見ながらの操作であるために車両の状況を把握するのが難しい．VR 技術を用いた操縦では車載カメラからの映像を見ながら遠隔操縦を行うことが可能であるため，対面操作でのハンドルの切り間違いなどが発生しない．本来は VR ゴーグルを着用しての操縦操作であるが，感染症対策として映像をディスプレイに映し，室内から室外のラジコンを操縦した．運転の状況を図 8 に示す．

図 7　ミニッツラジコン運転体験

図 8　VR ラジコン運転体験

（2）ドライビングシミュレータ運転体験

本学が導入した e モータースポーツシステム[6),7)] を用いた体験を実施する．3 種類のドライビングシミュレータを用いた操縦体験を実施した．グランツーリスモシステムは 4 台あるため，多くの引率者も運転体験をすることが出来た．グランツーリスモシステムでは通常の自動車と同様なハンドル・アクセル・ブレーキを操作してサーキットを走行した．走行練習を行った後に 4 人でレースを行い，運転テクニックを競った．グランツーリスモ体験の様子を図 10 に示す．

7 軸レーシングシミュレータと実車を改造した e モータースポーツシステムも希望者のみであるが体験してもらった．

両システム共に3つのディスプレイにより映像を広げることで臨場感を高めている．7軸レーシングシミュレータは路面の凹凸や加速度も反映されており，よりリアルな体験が可能である．図11，図12に運転体験の様子を示す．

図9　グランツーリスモ運転体験

図10　7軸レーシングシミュレータ運転体験

図11　eモータースポーツシステム運転体験

5．　受講者の評価と意見

受講生に対し，グーグルフォームでのアンケートを求めた．本講座の満足度は67%が非常に満足した，33%が満足したの評価であり，良好な結果が得られた．本講座を通じ，弁口や趣味などご自身の目的に役立つ部分があったかの設問に対しては，50%が非常に有った，33%が少しあった，17%が普通の回答であった．記述式アンケートからは，プログラミングや操縦操縦など，実際に自身が体験できるものが楽しかったと分析できる．

受講者が集まらない理由についてアンケート結果より分析する．土曜の午前は参加しにくいとの声が多く，土日よりも夏休みなど長期休暇中が参加しやすい，土曜は午前より午後が参加しやすい，自宅からzoom等で参加できれば嬉しいなどの意見を聞くことが出来た．特に，夏休みの宿題に対応したようなプログラムであれば，連れて行きやすいとの事であった．

5．　おわりに

徳島県の委託事業として実施した小中学生向けの本事業は次世代自動車をテーマとし，自動運転車等の先進安全技術と小中学校でのプログラミング教育と連携させた．また子供たちに興味があるVRや遠隔操縦なども取り入れた．

本事業の運営には筆者を含め合計6名の教員と，4名の事務スタッフにより運営した．受講者は目標定員の各回12名を集めることはできなかったが，参加者からは高い評価を得ることが出来た．また徳島県に提出した完了報告書も受理され，徳島県の委託事業としても無事終了することが出来た．

以上の結果より，本事業の実施内容については参加者や県からも高い評価を得られているが，参加者を集める方法に改善が求められる．実施時期を夏休みなどに変更すると共に，周知方法についても改善をすることで多くの子供たちが参加する事業にして行きたい．

参　考　文　献

(1)　とくしま科学技術アカデミー開講記念イベント，https://www.pref.tokushima.lg.jp/governor/activity-topics/5003938/

(2)　Studuino，https://www.artec-kk.co.jp/studuino/ja/

(3)　東條賢二・廣瀬博文・平野一正：燃料電池を使った電動カートの製作（その1），徳島工業短期大学紀要，第20刊，pp.15-16, 2016

(4)　助道永次：体験教育用電動カートの製作，徳島工業短期大学紀要，第25 刊，pp.41-44, 2021

(5)　多田博夫：模型自動車を用いた遠隔型自動運転システムに関する研究，徳島工業短期大学紀要，第25 刊，pp.56-58, 2021

(6)　多田博夫・助道永次・鎌田孝・廣瀬博文・東條賢二：e

モータースポーツの導入計画と初年度の成果について，
徳島工業短期大学紀要，第 25 刊，pp. 45-50, 2021
(7) 助道永次・多田博夫・平野 一正：e-モータースポーツ
体験車両製作 自動車実車と e-モータースポーツの融合
に関する研究，徳島工業短期大学紀要，第 25 刊，
pp. 33-36, 2021

道の駅いたのを拠点としたカーシェアリングの可能性

徳島工業短期大学　多田博夫、多田好宏

KEY WORDS: MaaS，シェアリング，２次交通，観光誘致，ＥＶ，ミニカー，電動キックボード，スローツーリズム

1.　はじめに

100 年に一度と言われる自動車の大変革期に於いて，製造業では自動車の電動化への対応が急がれているが，利用者にとっては自動化とコネクティッド化による影響が大きい．特に Mobility as a Service の略である MaaS は自動運転や AI などのさまざまなテクノロジーを掛け合わせた，次世代の交通サービスであり，人々の移動や物流などに効果があるとされている．筆者は県内大学生向けの共同授業 [1] として，自動車産業の大変革を地方創生のチャンスにする考え方について講義した．ここでは電動化により従来の自動車産業の主要集積地が分解され，徳島などの地方に於いても自動車の主要部品を生産することが可能と成り，これらの生産への従事者を増やすことが出来るとした．自動化とコネクティッド化は高齢者の運転年齢を延長することが出来ると共に，ロボットタクシーやデマンドバスの普及により免許返納後の移動を確保できるとした．

大学生向けの講演後，新たなモビリティと地域の観光についての相談が増加し，観光業者向けの講演も実施した．本稿では他県や海外の事例を紹介すると共に，徳島の様な公共交通機関が衰退した地方に於いて，どのようなモビリティサービスが効果的かについて検証し，道の駅いたのを拠点としたカーシェアリングの可能性について検討する．

2.　人の移動に関する徳島県の状況とカーシェアリング

徳島県民の移動の多くは自家用車が用いられ，鉄道と路線バスの利用度は他県に対して非常に少ない．図１は四国地区における交通機関別割合 [2] を示し，調査が打ち切られた 2009 年での自家用自動車依存度は 92.3%に達している．鉄道（JR）は 1.8%，路線バスは 1.5%であり，タクシーがこれらより多い 1.9%と成っている．

公共交通機関の衰退は，観光客誘致に大きな影響を及ぼす．近県からの観光は，本四架橋ルートでの自家用自動車利用が可能であるため，公共交通機関の脆弱性による影響は少ないが，遠距離県や海外からの観光客は空路や高速バスなどの公共交通機関を用いて来県することが多く，徳島空港や徳島駅から県内観光地に移動する２次交通が他県にくらべ利便性が劣っており，観光客の満足度を低下させている．公共交通機関が発達した都市部では，これらの有効利用を推進する MaaS が有効であるが，徳島県では公共交通機関の組み込みが難しく，都市部以上にタクシーやレンタカー，カーシェアリングの重要性が増している．

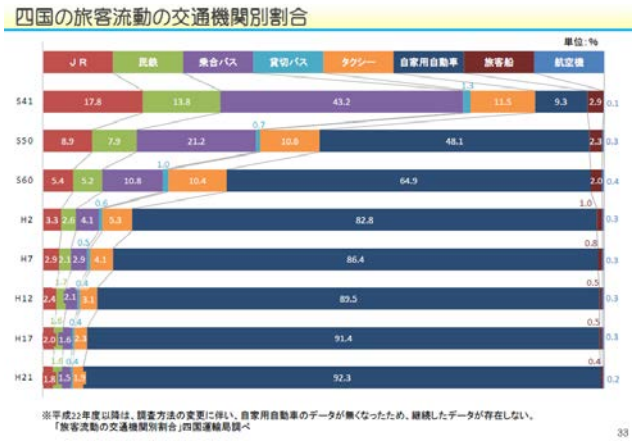


図１　四国の旅客流動の交通機関別割合

３．カーシェアリングの歴史と現状

自動車の購入と維持が困難な 1948 年に，スイスに於いてカーシェアリングの原型と成る協同組合が設立され，複数の人が１台の車を購入して共同所有したことが起源とされている．経済の発展につれて個人所有車が増加するに伴い，カーシェアリングは低迷期に入るが，1980 年代後半に環境問題がきっかけのひとつとなり，共同所有から不特定多数による共同使用をする現在のスタイルが増加し，スイスから欧州，北米へと普及が進んだとされている．

日本のカーシェアリングは 1998 年に外車専門のカーシェア事業として開始したが継続できず，2000 年代前半よりレンタカーや駐車場の事業者が行うようになった．簡単な手続きで短時間利用することが出来るカーシェアリングは特に都市部や観光地を中心に増加しており，近年では事前に会員登録をしておけばスマホのみで予約から車両利用，支払いまでトータルで行うことが出来る．利用できる車両も自転車からオートバイ，自動車など様々な車両が用意され，現在は電動キックボードの公道走行も可能と成った事から，様々な形態のシェアリングサービスが展開されている．

４．道の駅いたのを核としたカーシェアリング

徳島県には四国八十八カ所霊場の１番札所が有り，ここを起点とした巡礼が観光資源と成っている．しかし巡礼者の約半数は貸切のバスツアーであり，次ぎに自家用車と成る．歩

き遍路は，区間にもよるが 5~10%とされている．

道の駅いたのを起点とした四国八十八ヶ所巡礼について考察する．道の駅いたのと近隣の霊場の位置を図２に示す．道の駅いたのは板野 IC と藍住 IC に近く，JR 板野駅からも徒歩移動圏内である．この章では道の駅いたのに近距離移動に特化した小型モビリティを貸し出すサービスについて考察する．道の駅いたのは四国最大級の規模を有し，防災拠点としても機能する広大な面積を持ち，高速バス利用者向けの駐車場も備え，自家用車からの乗り換えも便利である．

道の駅いたのを起点とし，１番札所霊山寺から５番札所切幡寺まで巡礼して起点に戻るルート 1，10 番札所切幡寺までのまでのルート 2，17 番札所井戸寺までのルート 3 をモデルルートとして検討する．表 1 に区間距離と総距離を示す．

これらのルートを移動するにあたり，スローツーリズムを意識した車両から選択する．電動の超小型モビリティとして，電動キックボードから軽自動車 EV までの一充電走行距離と充電時間を表 2 に示す．電動キックボードは小型特殊自動車登録の LUUP[3] が一部のエリアでシェアリングサービスが開始され，ZERO9[4] は原付 1 種として一般販売されている．一充電での走行距離が 40km 程度であることから，ルート 1 の距離を寄り道しながら走行することが可能である．表 2 に示す電動バイクは全て原付 1 種であり，これらもルート 1 の走行が可能である．電動キックボードや電動バイクでのルート 2 の完走には途中充電を要する．テレビ東京系で放映中の「出川哲朗の充電させてもらえませんか？」[5] では，途中で充電を繰返すことで地元住民との触れ合いを大切にしながら，目的地まで時間をかけて旅をしている．電動キックボードや電動バイクはバッテリ容量が小さいことから充電電力も小さく，食事中や観光中に充電をしながら完走することも可能と考える．但し，電気が無くなったことで充電場所を探すなどの行動を楽しめるような利用者に限定される．

原付 1 種登録のマイクロカーは普通自動車免許を要す一人乗り車両である．鉛バッテリを搭載するコムス[6] は走行距離も短く，ルート 1 に限定すべきと考える．途中で充電をすることも可能であるが，バッテリ容量が大きく充電に時間がかかることから効率的でない．櫻星 88[7] の様な走行距離が長いマイクロカーなど，大容量バッテリ搭載車，またはリチウムバッテリ搭載車の利用が好ましい．原付 2 種相当の超小型モビリティは 2 名乗車が可能であるが，本カテゴリの走行には市町村の許認可が必要である．現在，石井町のルノー徳島の働きかけにより，認可エリアを増やしているが，板野・上板エリアはまだ認可を得ていない．

トヨタ C+pod[8] や軽自動車 EV を用いることで，ルート 3 の走行が可能と成る．但し，12 番札所焼山寺は標高 938m の焼山寺山の 8 合目にあり，登坂には平地以上の電力を必要とする．動力性能の低い EV では登坂困難な可能性があり，坂を下るときも十分に回生充電を行わなければブレーキを焼損する恐れがある．C+pod が走行可能かについては，事前テストを要する．

図２　道の駅いたのと四国８８カ所霊場

表１　道の駅いたのを起点とした走行距離　(km)

ルート	区間距離					総距離
	霊山寺	地蔵寺	切幡寺	井戸寺	道の駅いたの	
1	4.2	11.0			4.7	19.9
2	4.2		27.9		18.8	50.9
3	4.2			78.6	7.6	90.4

表２　小型電気自動車の１充電走行距離と充電時間

種別	メーカ委・車名	走行距離	充電時間
電動キックボード	Luup	45	4.5
	SWALLOW ZERO9	40	
電動バイク	ヤマハE-Vino	29	3
	ホンダEV-neo	34	0.5
	BLAZE SMART EV	30	3.5
マイクロカー	トヨタコムスロング	45	13
	トヨタコムスベーシック	35	8
	トヨタコムス新型	57	6
	櫻星88	100	5
超小型モビリティ	C+pod	150	5
	RENAULT Twizy	100	
軽自動車	日産サクラ	180	8
	三菱 i-MiEV	160	7

５．マイクロカーによる試験走行

マイクロカーが本研究の目的であるスローツーリズムのシェアリングサービスに適しているか検討をするため，大学近隣の狭隘な道路を走行した．本学にはショートとロングの２種類のコムスを所有しているが，本研究には航続距離が長く，荷物の積載性能も高いロングバージョンを用いた．を図３に外観を示す．一人乗りの車体であり，車幅は 995㎜ と非常に

狭い．このため，一般の自動車では侵入をためらう狭い道路にも容易に入ることが出来，電動で騒音の無いことから住宅地への侵入も気にならない．図４に試験走行中の運転席からの視界を示す．小川沿いの花畑に遭遇する等，予期する発見をすることが出来た．

問題点としては最高速が低く，登坂時の速度低下が大きかったが，後続車に煽られることは無かった．乗用車の様なマスターシリンダが無いためにブレーキは強く踏む必要があり，早い段階でブレーキの効きに慣れる必要があると感じた．

図３　トヨタコムスロング

図４　試験走行

６．カーシェアリングサービス実現に向けて

本事業を持続的に推進するためには，事業を継続できるだけの採算性の確保が求められる．前章に示す電気自動車は走行可能距離が短いため，満充電での貸し出しを基本とすると，前の利用者の返却後に表２に示す充電時間を必要とするため，１日１回の利用が限度とる可能性が高い．このため，車両の稼働率低下が懸念される．利用形態としては電力消費の少ない短距離が繰り返されることも想定され，車両のバッテリ電力残量のモニタリングにより，利用の幅が広がる可能性がある．現在阿南高専との共同研究として，省電力かつローコストで遠隔モニタリングが可能な LPWA(Low Power Wide Area-network)通信を用いた車両位置およびバッテリ状態等車両状態のモニタリングシステムを開発しており，予約システムとの連携を予定している．

７．まとめ

カーシェアリングの事業化には，事業を継続できるための採算性，乗りたいと思わせる魅力が必要である．本論で大学の地元である道の駅いたのを中心とし，四国８８カ所霊場巡りを目的としたカーシェアリングの妥当性を検討した．既に自家用車で道の駅に来た旅行者が，乗り換えてでも使ってみたいと思える電動キックボードから小型ＥＶまでの環境に優しく，さらにはスローツーリズムに有効と思える車両の可能性を探った．充電時間を必要とするために，高い利用率を求めることが難しいが，遠隔モニタリングの併用により稼働率を高めることも可能と考えている．シェアリング車両は，企業や自動車のＰＲとしての提供，道の駅いたの水素ステーションと連携した燃料電池自動車の普及活動なども考えられる．若者に対し，スポーツカーや旧車など，普段は乗れない憧れの車をイベントとして提供することも，本サービスに加える事も可能であろう．地域の観光と自動車の楽しさを実感できるようなサービスになるよう，検討を進めたい．

参　考　文　献

(1)　多田博夫：自動車産業の変革をチャンスと捉える（地方創生に向けた徳島の可能性），徳島工業短期大学紀要，第 26 刊，pp. 44-47, 2022

(2)　JR 四国資料：四国における手地同ネットワークのあり方に関する懇談会Ⅱ，2029. 10. 18, https://www.jr-shikoku.co.jp/04_company/information/shikoku_trainnetwork/5-1.pdf

(3)　株式会社 Luup：公式 HP, https://luup.sc/

(4)　SWALLOW：公式ストア, https://swallow-scooter.com/

(5)　TV 東京：出川哲郎の充電させてもらえませんか？番組 HP, https://www.tv-tokyo.co.jp/degawacharging/

(6)　トヨタ車体：コムス公式 HP, https://coms.toyotabody.jp/

(7)　櫻星超能電池株式会社：OHSEI-88 公式 HP https://www.ohsei.net/products/ohsei-88.html

(8)　トヨタ：C+pod 公式 HP, https://toyota.jp/cpod/