

徳島工業短期大学紀要

第 26 刊

目 次

研究論文

- | | |
|--|--|
| 自動車アライメント教材の試作
基礎知識習得のためのイメージ学習法
花野 裕二 1 | 安全管理 その2 実習作業における機器の改善
福栄 堅治, 小笠原 雅之, 鎌田 孝 26 |
| クラッチレリーズレバー調整台の製作
東條 賢二 5 | ものづくり技術を活用したアンテナ特性解析
ヘリカルアンテナの基本特性の実験的解析と試作
助道 永次
(株)アルファ・コレクションズ 島田 清 29 |
| 電気装置実習装置の製作および動画制作の報告
自動車工学専攻学生の実習報告
榎田 直人
専攻科 中津 勇人, 藤原 純一郎 8 | e-モータースポーツ体験車両改良 自動車実車と
e-モータースポーツの融合に関する研究
助道 永次, 多田 博夫 37 |
| センサ回路故障探求装置の製作と故障探求方法
水温センサ回路, 吸気温センサ回路, スロットル・
ポジション・センサ回路
岩瀬 一裕, 花野 裕二 11 | 無線映像伝送システムを用いたビデオ配信
屋外イベント, 卒業式, コロナ対策授業への適応
多田 博夫
助道 永次, 鎌田 孝, 東條 賢二, 廣瀬 博文 40 |
| 鉛電池の内部抵抗に関する一考察
(第2報) SOC, SOH の影響
多田好宏
愛媛大学 佐藤 員暢 17 | 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
多田 博夫 44 |
| 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 20 | ネパールからの留学生理解のための基礎知識
近藤孝造 48 |
| 自動車制御体験を目的としたプログラミング教材
の開発 前進時の自動ブレーキへの適用
阿部 昭一 23 | |
-

2022年5月

自動車アライメント教材の試作

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 花野 裕二

KEY WORDS: アライメント角変化, トーコントロール, 可視化, イメージ学習教材

1. まえがき

前報¹⁾においては、アライメント学習法の改善を図ることを目的とした新たなアライメント教材構成について報告をおこなった。構成に至っては、アライメント授業を終えた学生を対象に実施したアンケート調査より得た情報を基としたものとなる。アンケート調査内容は、各種角度名や設定状態等の基本学習理解度に加え、車両旋回時における車体のロールを上手く利用したトーコントロール機能^{2),3)}等の応用編まで踏み込んだ内容であった。アンケート調査より、トーコントロール機能について「理解できる」と回答した学生が0%であるという現状を知り試作に至ったものである。

試作において最も重要視したポイントは、トーコントロール機構の明確化を含め、車輪に働く横力に限定した動作を想定した構成であった。

試作教材を使用した試験的授業では、課題の一つであった指導者と学生間の知識の相違による異なった捉え方等を減少させることができ、指導方法としては効果的で正しい知識について習得させることに繋がった。

トーコントロール機構には既に報告した横力時に働くトー角変化以外に、加速時や制動時などの前後力時に働くトー角変化もその一つにあげられる。

本報告では、前報に引き続きトーコントロール機構の中でも、車輪に働く前後力とリンク配置の関連性によるトー角変化に限定し、試作したイメージ学習教材について基本構成を報告するものである。

2. アライメント学習教材の基本構成と改良箇所

学習教材は、既に報告済である横力とトー角の基本動作学習法で活用した自動車シャシ可視化教材をベースとし、部分的に改良を施したものとした。図1に示す教材は今回のベースとなった可視化教材構成図を示すものである。

構成は、車体と車輪に相当する各プレートを対面に設定し、そのプレート間に2本のリンクを設けたものである。

図1に取付けた各プレートは、自動車の車体側（以後、プレートAと記述する）と車輪側（以後、プレートBと記述する）を想定したものである。

横力とトー角の基本動作学習法では、横方向への可動手段として、市販の手動式リニア・アクチュエータを使用し、アクチュエータに設定された操作ハンドルにより横方向の力を

駆動部に与えることで、駆動部の上部に取付けたベース②を介してプレートBをプレートA方向に可動させる機構であった。

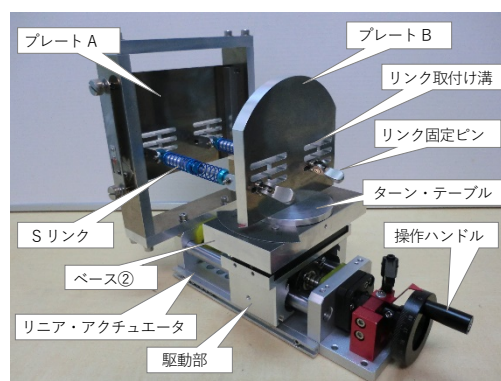


図1 ベースとした可視化教材構成図

2.1 前後方向の可動手段と可動部

前後方向の可動においても、ベース②(図1)を可動させる構成となる。本構成においては可動手段として簡易的なスライド・プレート（以後、前後可動プレートと称す）を代用することとした(図2)

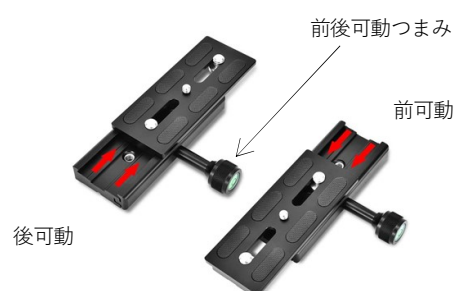


図2 前・後可動プレート

2.2 構成

前後可動プレート組付け箇所は、駆動部とベース②の中間に挟む形とした。可動時には可動つまみによりロックを解除させ上下のプレートを手動により可動させる構成とし、前方向及び後方向へ可動を再現することとした(図3)。

図4はプレートBの対面に設定したプレートAを取外し、プ

プレート B およびベース②を示したものである。測定時においては、規定の可動量の均一化を図る必要があることから、ベース②の側面部には、基準となるスケールテープを張付け前・後可動量の確認を容易とした。

図 4 はベース②の可動例を示したものである。可動 0mm 位置(白線)を基準とし、前可動及び後可動についてそれぞれ 10mm の可動(赤線)が可能な構成とした。

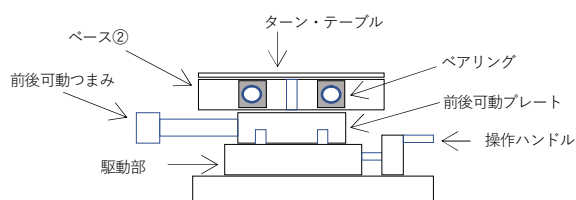


図 3 可動プレート組付け部構成

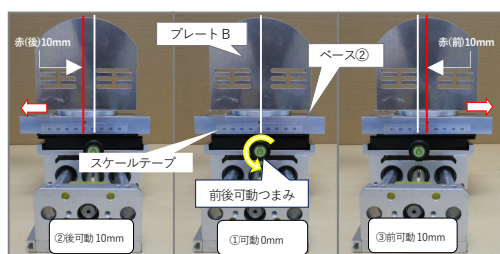


図 4 ベース②及びプレート B 可動状態

3. プレート形状

3.1 対面プレート形状

対面するプレート A とプレート B は、それぞれ横長穴を開けた構造であり、2 本の T リンクの取り付け位置は横方向に対し自在に移動させることを目的としたものである(図 5、図 6)。

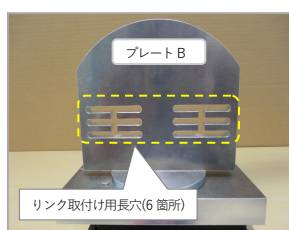
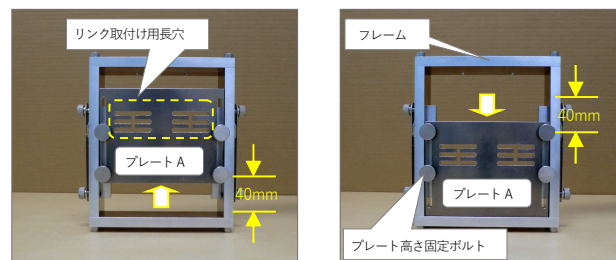


図 5 プレート B 側形状

前後力によりトー角の基本動作について可視化させるためには、対面する各プレートに取付けたリンク取り付け位置を水平状態とすることが好ましい。

そこで、上下方向には可動できないプレート B 側に対して、その調整を容易とするためプレート A のフレーム両サイドには縦穴を設け、上下方向に対して可動が可能な構成とし、プ

レート B との水平度を図るための調整を可能とさせプレート高さ固定ボルトを設けた(図 6)。



(a) プレート A が持ち上がった場合 (b) プレート A が下がった場合

図 6 プレート A 側形状と上下移動機構

また、2 本のリンク取り付け位置が双方で異なる設定とした、応用動作では、自在にリンク取り付け位置を変更できる構造。従ってプレート A とプレート B には、6 か所の長穴を刻み、その範囲内で自在にリンク取り付け位置を変更できる構造とした。なお、プレート A については最大 40mm までの上下可動が可能な構成とした。

3.2 リンク機構

対面したプレート A 及びプレート B に取付けたリンク機構が必要となる。横力が作用したときのトー角変化³⁾を可視化させる方法では、模型用バネ付きショック・アブソーバ(以後、S リンクと称す)を使用した。

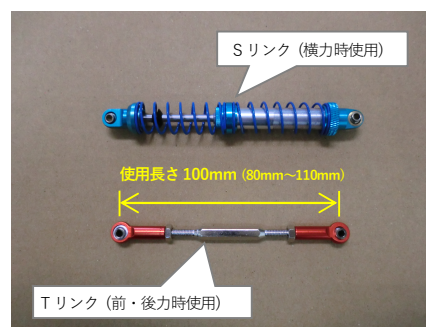


図 7 使用リンク

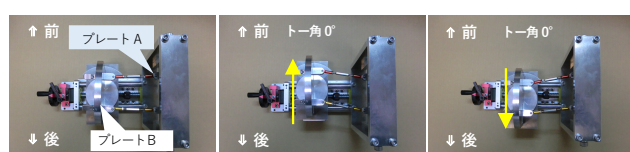
この S リンクは決して実車両に用いられるものではないが、実車両においてサスペンション・リンク両端に取付けられたゴム・ブッシュ剛性の違いによるトー角変化を疑似的に再現させ、その動作を受講学生に対し大きく可視化させるための手段とし取り入れた構成であった。

本構成では、プレートに掛かる前後力とトー角変化における関連性を重視することとなる。この場合、構造的な面よりリンク動作を大きく可視化させることが可能であった。従って、プレート A 及びプレート B 間には 横力時に使用した S リ

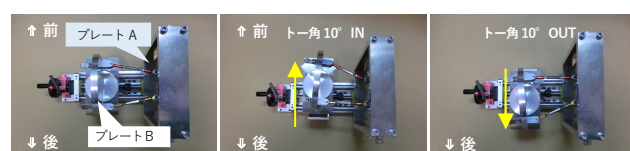
リンクは使用せず、連結のみを目的としたタイロッド・リンク（以後、Tリンクと称す）を組付けることとした(図7)。

4. 動作確認

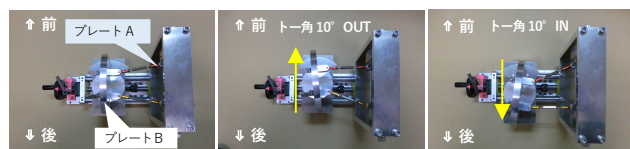
動作確認方法では、全てにおいてプレートBに前後力が作用した場合をイメージしたものである。教材構成は2.2節(図3, 図4)に示す。2本のTリンクの取付け位置は、プレートA, Bとも同じ高さに設定し、前後力により作動させたプレートBとトー角変化についての動作確認の一例である。以下にTリンク設定によるトー角変化状態を示す。図8(a)は、プレートA側とプレートB側のリンク取付け位置を等しくした場合の作動例を示すものである。



(a) Tリンク取付け幅：プレートA(70mm) = プレートB(70mm)



(b) Tリンク取付け幅：プレートA(70mm) < プレートB(100mm)



(c) Tリンク取付け幅：プレートA(100mm) > プレートB(70mm)

図8 Tリンク設定によるトー角変化

図8(b)は、プレートAに対してプレートB取付け幅を広くした場合の作動例を示し、図8(c)では、プレートAに対してプレートB取付け幅を狭くした場合の作動例を示すものである。なお、プレートBによる前後の移動量は全て10mm(図4可動状態参照)とした。

表1 Tリンク取付け幅とトー角変化測定表

	Tリンク取付け幅	前後動作 10(mm)	トー角変化 IN・OUT	トー角 度(°)
(a)	プレートA = プレートB	前	無	0
		後	無	0
(b)	プレートA < プレートB	前	IN	10
		後	OUT	10
(c)	プレートA > プレートB	前	OUT	10
		後	IN	10

表1は、図8に示すTリンク取付け幅とトー角変化状態を比較表としてまとめたものである。

ベース②に取付けた角度計数値より、プレートB前後に取付けたTリンクが等長で、平行に取付けた場合には、前後力によるトー角変化は発生せず、Tリンク取付け幅が異なる場合では、2本のTリンク回転動作が異なりから、トー角変化するという基本的な動作を可視化させることが可能となった。

6. まとめ

従来の学習方法に潜在する課題について吟味し、講義だけではイメージが難しいトー角動作について試験的ではあるが可視化教材を用いた学習方法について提案したものである。

本装置を使用する学習実験までには至っていないが以下のような学習成果に発展することが期待できる。

- 1) 学生個人が直接触れることにより、学習内容および目的について認知し、指導者と学生間で共通のイメージを持ち学習効果は大きい。
- 2) 機構の動作確認等で課題であった知識の相違による異なった捉え方の減少が期待できる。
- 3) 装置自体に興味を持ち、今までとは違う視点により興味を抱き学習効果が期待できる。
- 4) 基本的な動作にとらわれない大きく極端な動作を作ることにより、機構全体像を捉えることができ、理解度向上面においては底上げが図れる教材となると考えられる。

5. おわりに

本報告は、自動車シャシ講義において基本学習を終えた学生に実施した理解度アンケート調査を基に、学習法の改善を目指した新たな試作教材について報告をおこなったものである。

本調査の実施により、サスペンション機構に関する概念や知識が十分に備わっていない学生にとって、学習自体が簡易に済まされてきた事実も解明された。

本装置を座学に取り入れることにより、学生自身が持ち合わせる基本的な動作に対する迷いや、指導者と学生間の認識格差を回避することにも繋がり、基本動作に対する認識を効率よく確実なものとする事が期待できる。

しかし、本装置の機構的な面においては、各部作動状態の数値的な表し方や部分的に改良の余地もあり、更なる工夫が必要となるが今後の課題としたい。

今後も引き続き受講学生が意欲的に取り組める態勢作りをおこない、如何に意欲・好奇心を引き出させ、効率よく学習指導が行えるのかを課題とした新たな教材構想計画を進めていく必要がある。

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, 第 25 刊, pp. 18-23,2020
- (2) 影山克三：自動車の操縦性・安定性, 山海堂 pp. 92-96,1992
- (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 pp. 91-94,1994

クラッチリリースレバー調整台の製作

徳島工業短期大学 東條 賢二

KEY WORDS: 実習, 教育, 動力伝達装置,

1. まえがき

自動車整備教育において、安全作業は基本作業を習得する上で重要な要素である。本学の自動車工業学科 1 年生の動力伝達装置実習のクラッチ実習にてコイルスプリング式のクラッチカバーの分解組み付けを実施しているが、リリースレバーの高さ調整を行う際、クラッチカバーが固定されていないため時間を要し、また危険である。

そこでリリースレバー調整作業時にクラッチカバーを固定する装置台の製作を行い、作業効率と安全作業の向上を図ることとする。

2. 製作

現在リリースレバー調整作業時に使用している調整台の外観を図 1 に、クラッチカバーを調整台に設置した状態を図 2 に示す。



図 1 現在使用しているリリースレバー調整台



図 2 現在使用しているリリースレバー調整台にクラッチカバーを設置した状態

問題点として、まず、調整台とクラッチカバーが固定されていないため、調整作業時にクラッチカバーが回転し調整台から外れる恐れがあるため、もう一人の学生が手で固定して調

整作業の補助を行わなければならない。次に、調整台の台座に足がないため、調整台を作業台に置く際に指を挟む恐れがある。また、この調整台は分解、組み付け作業時の土台も兼ねているため、現在の形状を出来る限り維持する必要がある。

以上のことを考慮した結果、調整台の形状と寸法は 300mm×300mm で現状のままとし、強度の向上と安定性の向上を図るため厚さを 3mm から 6mm に変更する。また、調整台とクラッチカバーを固定する方法として、クラッチカバーのフライホイールとの固定用ボルト穴を使用する。固定に使用するクラッチカバーのボルト穴の位置を図 3 に示す。



図 3 固定に使用するクラッチカバーのボルト穴の位置

このボルト穴を使用する理由は、どのクラッチカバーでも位置やボルト穴径が同一のためである。この 4 箇所の中の対角線 2 箇所を使用する。そして、調整台の土台に長棒を固定しクラッチカバーの固定ボルト穴に通して作業台とクラッチカバーを固定することとした。

製作材料として、300mm×300mm×6mm の鉄板、高さ 10mm にカットした L 型アングル 4 個、M10×30 のボルト 2 本、M10×80 のボルト 2 本、M10 ナット 4 個を使用する。使用する材料を図 4、図 5、図 6 に示す。

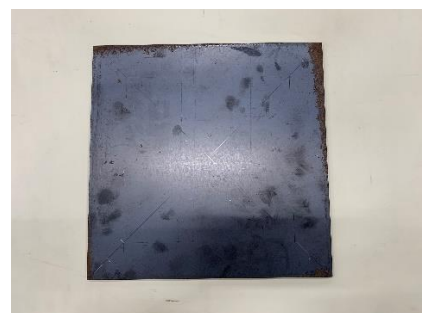


図 4 使用する材料(1)



図5 使用する材料(2)



図6 使用する材料(3)

まず、この土台となる鉄板の中心に 200mm×200mm×50mm の箱型定盤を固定するために、高さ 10mm にカットした L 型アングルを 205mm×205mm の位置に溶接する。次に、固定に使用するクラッチカバーのボルト穴と同一の寸法で作業台の土台にφ8.5 の下穴をあけ M10×1.5 ピッチのタップを使用してねじを切る。そして、裏側から M10×30 のボルト 2 本、M10×80 のボルト 2 本を対角に取り付けナットで固定する。裏側からボルトを取り付けた理由は、ボルトヘッドを調整台の足とするためである。完成した調整台の外観を図 7 に、クラッチカバーを調整台に設置した状態を図 8 に示す。

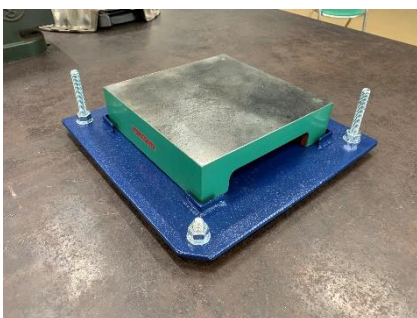


図7 新たに製作した調整台



図8 完成した調整台にクラッチカバーを設置した状態

3. 検証

今回製作した調整台で実際に調整作業を行った。調整している状態を図 9 に示す。



図9 製作した調整台で実際に調整作業を行っている様子

クラッチカバーが固定されているため工具で調整ナットを回転させても調整台から外れることはなかった。また、工具を使用する際に余計な力を必要としないため、工具を調整ナットに対して垂直にしっかり掛けることができ、安全に作業が出来るようになった。しかし、鉄製の作業台にて調整作業を行っているため、稀に調整台自体が回転することが発生したが、作業台に 300mm×300mm×3mm ゴムマットを敷き、その上に調整台を置いて作業することにより解決した。ゴムマットの上に調整台を設置した状態を図 10 に示す。



図10 ゴムマットの上に調整台を設置した状態

また、この調整台を自動車工業学科 2 年生の 2 級ジーゼル講習会にて使用し、受講生に感想を聴取し効果の検証を行った。講習会内での使用ということもありアンケートや時間計

測等は実施しなかったが、作業時間は短縮され、クラッチカバーが固定されているため工具を上から押さえやすい等、聴取の結果概ね良好な使用感と思われる。

4. まとめ

今回製作した調整台は、使用感、安全性ともに概ね良好な結果となった。そのため、実習における作業効率の向上には有効であると考ええる。

今後は、同じものを4個製作し来年度の自動車工業学科1年生の実習授業にて活用することとする。また、作業動画を撮影し作業説明に使用することや、ウェブから学生が閲覧し実習の予習や復習等に使用することも出来ると考えている。



図4 穴あけ加工

次にスタータ取り付け穴を利用した固定ステーの取り付け、本体はステンレスバンドで固定し、作動時の振動でズレないように固定した。また断線設定が実施できるようにスイッチの取り付けをおこなった。取り付け位置は裏側に付け、正面からは見えにくい位置とした。取り付けた部品を図5に示す。

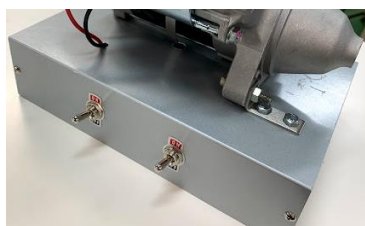


図5 取り付けた固定ステー及びスイッチ

アルミケースの保護シートをはがし、テプラで端子と断線設定できるコイル名称のシールを作成、それぞれ貼付した。その後作動点検、プルイン・コイル断線、ホールディング・コイル断線状態での点検作業を実施した。完成した状態を図6に示す。

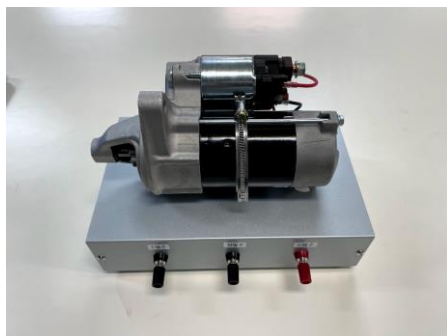


図6 完成 正面図

4. 動画製作

次にスタータ実習装置、充電装置の点検説明動画を製作した。これから実習で使用する装置を動画説明することで、より具体的な説明が出来ることにより、実習の理解度が深まると考えた為である。また復習にも役立てることが出来ると考えた。ここでは実習装置の動画制作について説明する。動画制作に使用した機材を表1に示す。

表1 使用した機材

品名	型式
デジタル・サーキット・テスタ	PC20TK
メガー・テスタ	PDM509S
ワニ口クリップ付き配線	
ビデオカメラ	HC-V480MS
パソコン	学生貸し出し分

動画での点検内容について説明する。撮影する点検内容やセリフなど考えリストアップした。スタータ点検概要を表2に示す。

表2 スタータ点検概要

概要
ブランジャーの吸引保持（スタータ実習装置）
スタータ実習装置を使用したブランジャー吸引保持点検
正常な状態の点検
プルイン・コイル断線状態での点検
ホールディング・コイル断線状態での点検

オルタネータ点検概要について表3に示す。撮影をしている状態を図7に示す。

表3 オルタネータ点検概要

概要
アーマチュアコイルの点検
フィールドコイルの点検
ステータコイルの点検
ローターコイルの点検
ダイオードの点検



図7 撮影状態

動画では分かりやすいように、テストの使い方や正常値、注意点など初心者でも分かるように制作した。また動画を撮影する前に点検の流れやセリフの言い回しを変更した。制作した実習装置の不備などもあり、リハーサル段階で改修した。

動画の撮影では、撮影前に準備していたので、あまり多くの撮り直しや、失敗は少なかった。撮影後の確認で理解しにくいと判断する場合や手元が隠れてしまうことがあり、再撮影をおこなった。

動画の編集では Windows ムービーメーカーを使用し、動画にタイトルを付けたり、字幕を付けた。字幕はなるべく見やすい配色やフォントにし、読みやすく改行した。製作した動画をキャプチャしたものを図8に示す。



図8 スタータ実習装置説明動画

5. 考察

今回の実習では、学生同士が考え各種装置の配置を決定した。ある程度の時間は必要となるが、専攻科学生が本科学生の実習時において、どのようにしたら理解しやすい部品配置になるか、接続しやすい配置になるか等を考えて製作することができ、専攻科学生にとって、非常に有意義な実習になったと考える。

また動画制作では教科書¹⁾の内容をもとに、動画を視聴する学生がより理解しやすい点検方法となるようにセリフを考えた。動画のテロップでは何度もカットを繰り返しながらのテロップとなり、製作・修正にかなりの時間を要した。

5. まとめ

本研究で製作した実習装置・動画を本科実習で使用したところ概ね満足できる結果になった。これは学生アンケートにおいてもほとんどの学生が満足できたと回答していることから確認できた。始動装置ではとくに迷いなく最初から接続できる学生が多かった。ただ配線同士をショートさせてしまう学生がいたので、今後ショート対策を実施する。

充電装置においても点検・測定がスムーズに行うことが出来た。

今後も電気装置実習において、有意義な実習装置を製作したいと考える。

6. 謝辞

実習装置の製作および動画制作にあたり協力してくれた自動車工学専攻 中津 勇人 藤原 純一郎に感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- (1) 2級ガソリン自動車第三版 1刷発行 エンジン偏 P84-P86, P94-P95

センサ回路故障探求装置の製作と故障探求方法

ー水温センサ回路, 吸気温センサ回路, スロットル・ポジション・センサ回路ー

徳島工業短期大学 岩瀬 一裕, 花野 裕二

KEY WORDS: 故障探求, 水温センサ, 吸気温センサ, スロットル・ポジション・センサ, 外部診断器, 教材

1. はじめに

自動車電気装置の故障診断装置については, これまでにフェール・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⁾などを製作した。

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求めるもので, 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が, 明確に特定するには時間を要する。

今回製作した装置は, 自動車電気装置の基本的なセンサ回路として, 水温センサ, 吸気温センサ, スロットル・ポジション・センサの電気回路^{4), 5)}を基にして製作したもので, パネル上のSW操作により異常を発生させ各端子の電位等を測定することにより異常の原因を特定する故障探求装置である。

実際の自動車での異常は, 外部診断器によるダイアグ・ノース・コードや異常系統名の表示により確認されるが, この装置では, ECU部のマイコン入力端子の信号電圧値の測定により異常が確認できる。

異常の原因の探求については, 回路における電圧点検とマイコン入力の信号電圧値の変化を確認する2つの方法により行うこととした。電圧点検による探求はフローによる点検作業で, 信号電圧値の変化による探求はコネクタを取り外しての点検作業で進めていくが, とともに切り分け法を使うことにより簡便な探求作業となるようにした。後の章において, 3つの回路故障探求装置における異常の原因を特定する方法の一例を挙げる。なお, 信号電圧値の変化による探求では, コネクタ等の点検を行うことにより最終的な原因の特定を行うこととした。

2. 故障探求装置の構成

水温センサ故障探求装置, 吸気温センサ故障探求装置の異常箇所については, センサ部, 信号線, ECU部の断線及び短絡, アース線の断線が発生できる。スロットル・ポジション・センサ故障探求装置では, センサ部, 電源線, 信号線の断線及び短絡, アース線, ECU部の断線が発生できる。

これらの異常はパネル上でのトグルSWにより発生できるようにしている。センサ部とECU部を接続する配線部のコネ

クタは, ピン端子を使用し, 取り外しての電位測定や導通点検等ができるようにしている。

本来の3つの装置において, マイコンが異常を検知する仕組みは, マイコンの検出信号電圧値とマイコンの閾値との比較が行われ, 上限値の閾値をアップ・エッジしたとき, または下限値の閾値をダウン・エッジしたときに異常検知を行っている。この装置での異常の検知は, 上限値の閾値をアップ・エッジしたときを5V, 下限値の閾値をダウン・エッジしたときを0Vとして扱う。

図1, 図2, 図3は製作した装置のパネル部である。



図1 水温センサ回路故障探求装置



図2 吸気温センサ回路故障探求装置



図3 スロットル・ポジション・センサ回路故障探求装置

3. 故障探求方法

各装置の異常発生時の異常箇所及びその原因の特定には回路の電圧点検とマイコン入力の信号電圧値の変化の確認による2つの故障探求法について述べる。

3. 1 水温センサ異常時の故障探求

図4が水温センサの回路である。エンジンの状態が冷間時(約15℃)のとき信号電圧値は約2.6V、暖機時(約87℃)のとき約0.45Vを表示するように設定している。異常箇所の特定には、回路電圧点検による方法とマイコンへの信号電圧値の変化に加えコネクタの点検による方法によって進める。

(1) 回路電圧点検による故障探求

図4の回路において、図5のフローの手順に従って点検を進め異常箇所とその原因の特定を行う。

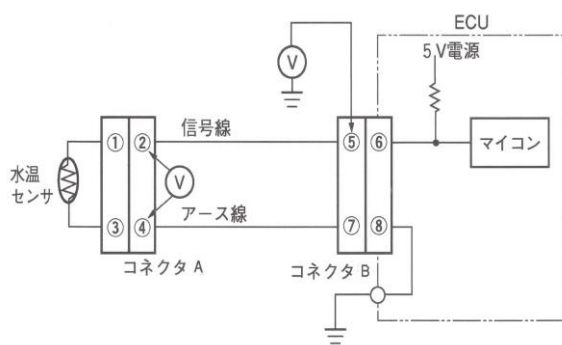


図4 水温センサ回路

図5のフローにおける点検の作業は次のとおりである。
 点検1:コネクタBの端子⑤の電位を測定する。
 点検2:コネクタAを外し端子②④間の電圧を測定する。
 点検3:コネクタAを外し端子②の電位を測定する。
 点検4:コネクタAを外し端子④⑦間の導通を点検する。
 点検5:コネクタAを外し端子⑤の電位を測定する。
 点検6:コネクタBを外し端子⑥の電位を測定する。
 点検7:コネクタBを外し端子⑥の絶縁を点検する。

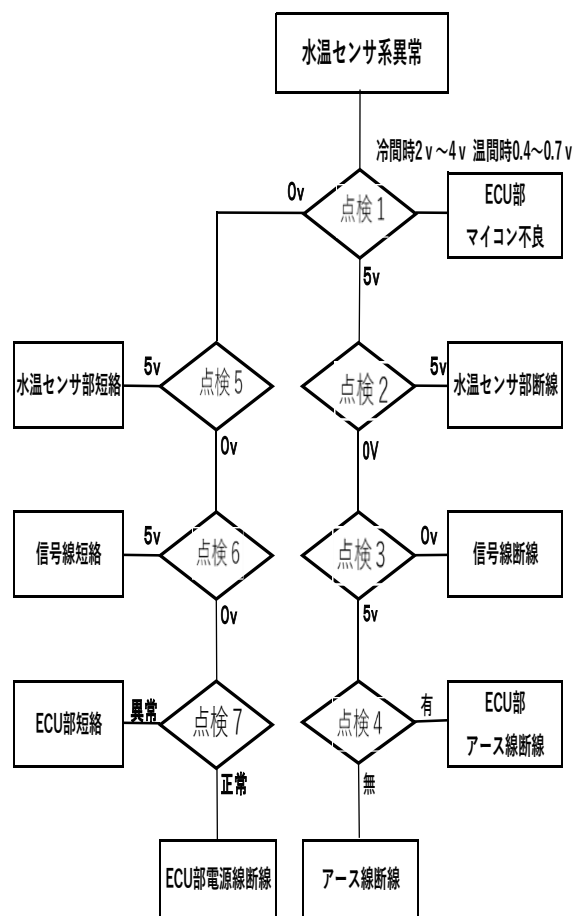


図5 水温センサ回路故障探求(回路電圧点検)フロー

(2) マイコン入力の信号電圧値による故障探求

故障探求については、マイコン入力の信号電圧値が5V、0Vに分けて探求する。

1) マイコン入力の信号電圧値が5Vのとき

次の2つの切り分け法により、異常箇所の特定を行う。

a. 切り分け法1

図6のようにセンサ側のコネクタを外し、コネクタ端子の信号線端子とアース線端子間を短絡させて点検を行う。

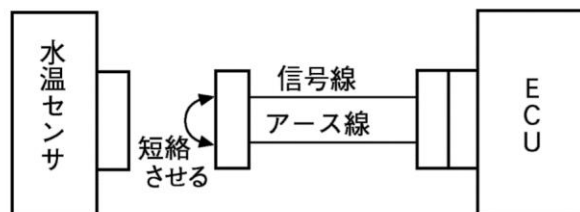


図6 信号電圧値が5V時の切り分け法1(水温センサ)

- a) 信号電圧値が 5v から 0v に変化したとき
水温センサの断線と特定できる。
- b) 信号電圧値が 5v のままで変化しないとき
信号線, アース線, ECU 部のアース線の断線が考えられる。
次の切り分け法 2 により, 異常箇所の特定を行う。

b. 切り分け法 2

図 7 のようにセンサ側のコネクタを外した状態で, コネクタの ECU 側の信号線端子とアース線端子を短絡させて点検を行う。

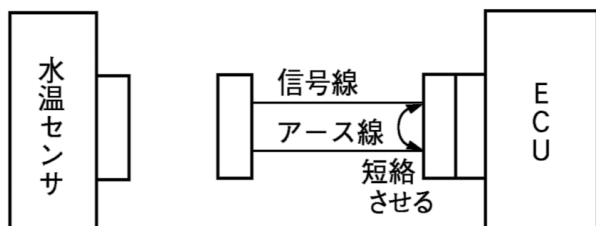


図 7 信号電圧値が 5v 時の切り分け法 2 (水温センサ)

- a) 信号電圧値が 5v のままで変化しないとき
ECU 部のアース線の断線と特定できる。
- b) 信号電圧値が 5v から 0v に変化したとき
信号線, アース線の断線が考えられる。次に, 図 6 において短絡させた箇所の電位を測定し, その電位が 0v のときは信号線の断線と特定できる。5v のときはアース線の断線と特定できる。

2) マイコン入力の信号電圧値が 0v のとき

次の 2 つの切り分け法により, 異常箇所の特定を行う。

a. 切り分け法 1

図 8 のようにセンサ側のコネクタを外して点検を行う。

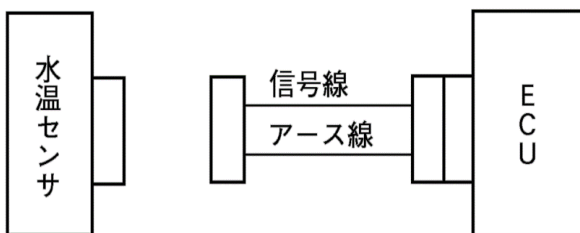


図 8 信号電圧値が 0v 時の切り分け法 1 (水温センサ)

- a) 信号電圧値が 0v のままで変化しないとき
信号線の短絡, ECU 部の不良が考えられる。
次の切り分け法 2 により, 異常箇所の特定を行う。
- b) 信号電圧値が 0v から 5v に変化したとき
水温センサの短絡と特定できる。

b. 切り分け法 2

図 9 のようにコネクタを取り外した状態で点検を行う。

- a) 信号電圧値が 0v のままで変化しないとき

ECU のコネクタの信号線端子の絶縁を点検し, 絶縁されている場合は ECU 部の電源線の断線と特定できる。絶縁不良なら ECU 部の短絡と特定できる。

- b) 信号電圧値が 0v から 5v に変化したとき
信号線の短絡と特定できる。

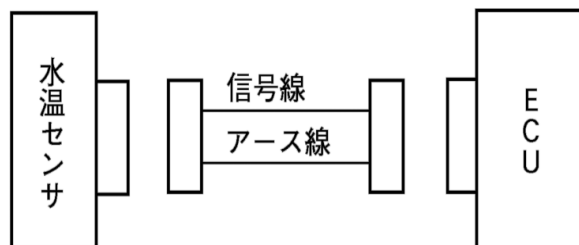


図 9 信号電圧値が 0v 時の切り分け法 2 (水温センサ)

3. 2 吸気温センサ異常時の故障探求

図 10 が吸気温センサの回路である。吸気温度が約 30℃ のとき信号電圧値は約 1.8v を表示するように設定している。異常箇所の特定には, 回路電圧点検による方法とマイコンへの信号電圧値の変化に加えコネクタの導通点検, 絶縁点検による方法によって進める。

(1) 回路電圧点検による故障探求

図 10 の回路において, 図 11 のフローの手順に従って点検を進め異常箇所とその原因を特定する。

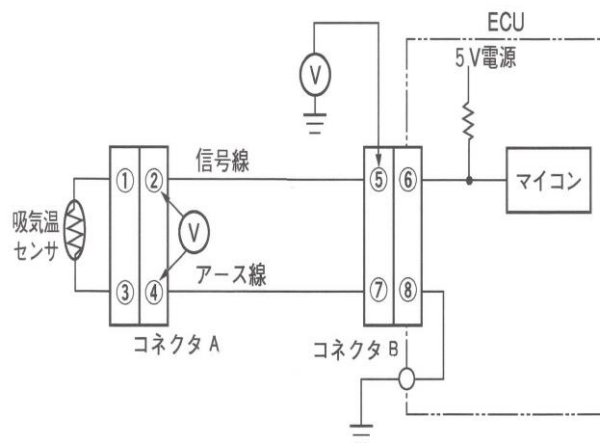


図 10 吸気温センサ回路

図 11 のフローにおける点検の作業は次のとおりである。

点検 1: コネクタ B の端子 5 の電位を測定する。

点検 2: コネクタ A を外し端子 2④間の電圧を測定する。

点検 3: コネクタ A を外し端子 2 の電位を測定する。

点検 4: コネクタ A を外し端子 4⑦間の導通を点検する。

点検 5: コネクタ A を外し端子 5 の電位を測定する。

点検 6: コネクタ B を外し端子 6 の電位を測定する。

点検 7:コネクタ B を外し端子⑥の絶縁を点検する。

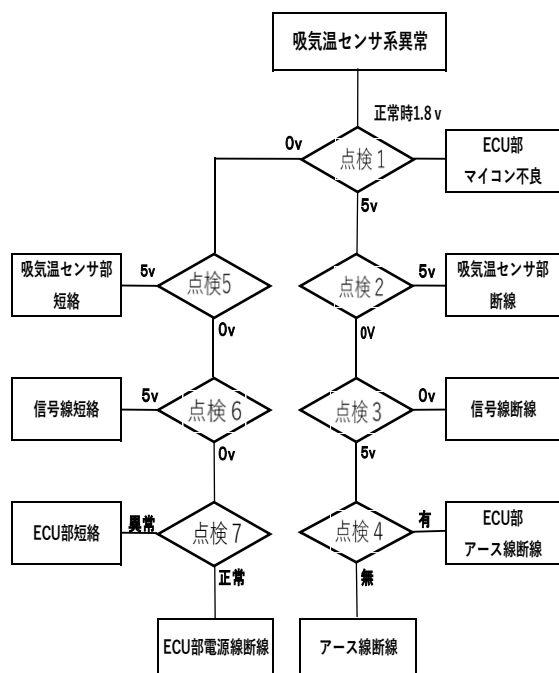


図 11 吸気温センサ回路故障探求（回路電圧点検）フロー

(2) マイコン入力信号電圧値による故障探求

故障探求については、マイコン入力信号電圧値が 5v、0v に分類して探求する。

1) マイコン入力信号電圧値が 5v のとき

次の 2 つの切り分け法により、異常箇所の特定を行う。

a. 切り分け法 1

図 12 のようにセンサ側のコネクタを外し、コネクタの信号線端子とアース線端子間を短絡させて点検を行う。

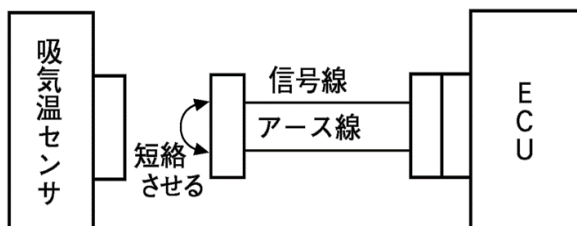


図 12 信号電圧値が 5v 時の切り分け法 1 (吸気温センサ)

a) 信号電圧値が 5v から 0v に変化したとき

吸気温センサの断線と特定できる。

b) 信号電圧値が 5v のままで変化しないとき

信号線、アース線、ECU 部のアース線の断線が考えられる。次の切り分け法 2 により、異常箇所の特定を行う。

b. 切り分け法 2

図 13 のようにセンサ側のコネクタを外した状態で、コネク

タの ECU 側の信号線端子とアース線端子を短絡させて点検を行う。

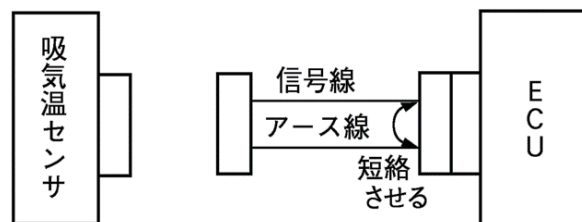


図 13 信号電圧値が 5v 時の切り分け法 2 (吸気温センサ)

a) 信号電圧値が 5v のままで変化しないとき

ECU 部のアース線の断線と特定できる。

b) 信号電圧値が 5v から 0v に変化したとき

信号線、アース線の断線が考えられる。次に、図 12 において短絡させた箇所の電位を測定し、その電位が 0v のときは信号線の断線と特定できる。5v のときはアース線の断線と特定できる。

2) マイコン入力信号電圧値が 0v のとき

次の 2 つの切り分け法により、異常箇所の特定を行う。

a. 切り分け法 1

図 14 のようにセンサ側のコネクタを外して点検を行う。

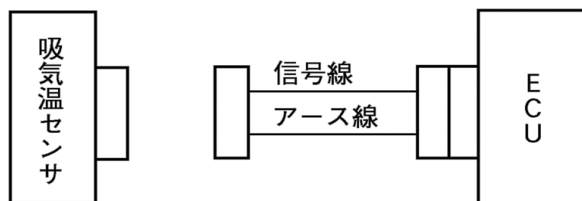


図 14 0v 時の切り分け法 1 (吸気温センサ)

a) 信号電圧値が 0v のままで変化しないとき

信号線の短絡、ECU 部の不良が考えられる。次の切り分け法 2 により、異常箇所の特定を行う。

b) 信号電圧値が 0v から 5v に変化したとき

吸気温センサの短絡と特定できる。

b. 切り分け法 2

図 15 のようにコネクタを取り外した状態で点検を行う。

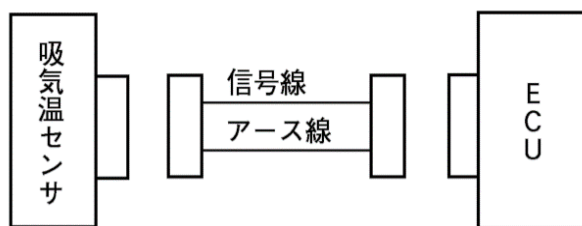


図 15 信号電圧値が 0v 時の切り分け法 2 (吸気温センサ)

a) 信号電圧値が0vのままで変化しないとき
ECUのコネクタの信号線端子の絶縁を点検し、絶縁されている場合はECU部の電源線の断線と特定できる。絶縁不良ならECU部の短絡と特定できる。

b) 信号電圧値が0vから5vに変化したとき
信号線の短絡と特定できる。

3. 3 スロットル・ポジション・センサ異常時の故障探求
アクセル・ペダル全開時には、信号電圧約0.5v、全開時には約4.0vを表示するように設定している。異常個所の特定には、回路電圧点検による方法とマイコンへの信号電圧値の変化に加えコネクタの導通点検、絶縁点検による方法によって進める。

(1) 回路電圧点検による故障探求

図16の回路において、図17のフローの手順に従って点検を進め異常箇所とその原因の特定を行う。

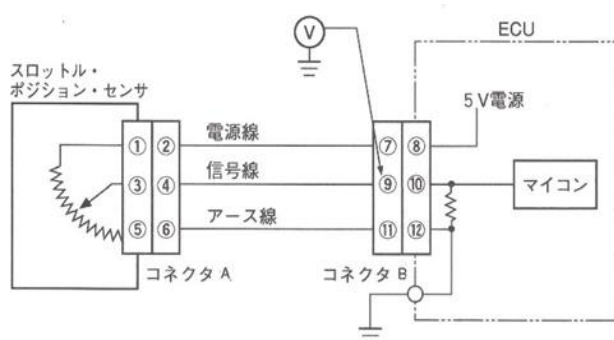


図16 スロットル・ポジション・センサ回路

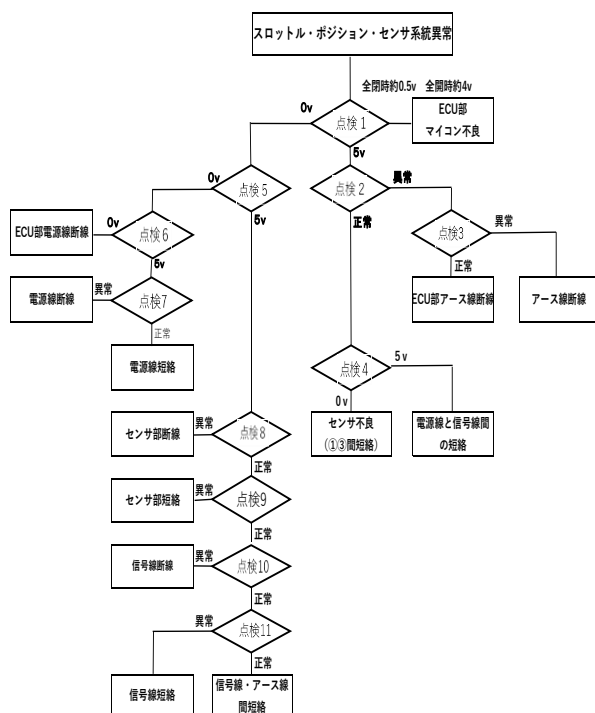


図17 スロットル・ポジション・センサ回路故障探求（回路電圧点検）フロー

図17のフローにおける点検の作業は次のとおりである。

- 点検1:コネクタBの端子⑨の電位を測定する。
- 点検2:コネクタAを外し端子⑥アース間の導通を点検する。
- 点検3:コネクタAを外し端子⑥⑩間の導通を点検する。
- 点検4:コネクタAを外し端子⑨の電位を測定する。
- 点検5:コネクタAを外し端子②の電位を測定する。
- 点検6:コネクタBを外し端子⑧の電位を測定する。
- 点検7:コネクタを取り外し端子②⑦間の導通を点検する。
- 点検8:コネクタAを外し端子③⑤間の抵抗を測定する。
- 点検9:コネクタAを外し端子①アース間の絶縁を点検する。
- 点検10:コネクタを取り外し信号線の導通を点検する。
- 点検11:コネクタを取り外し信号線の絶縁を点検する。

(2) マイコン入力の信号電圧値による故障探求

故障探求については、マイコン入力の信号電圧値が0v、5vに分けて探求する。

1) マイコン入力の信号電圧値が0vのとき

次の2つの切り分け法により、異常箇所の特定を行う

a. 切り分け法1

図18のように、スロットル・ポジション・センサのコネクタを外し、センサ側端子に外部電源乾電池1.5vを加えて信号電圧値の変化を確認する。

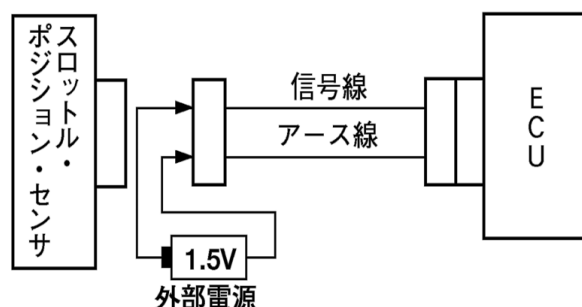


図18 信号電圧値が0v時の切り分け法1（スロットル・ポジション・センサ）

a) 信号電圧値が0vから変化したとき

スロットル・ポジション・センサの不良が考えられる、次に、図18のセンサ側の端子間の導通点検、絶縁点検によりセンサ部の断線、短絡が特定できる。

b) 信号電圧値が0vのまま変化しないとき

スロットル・ポジション・センサ以外の不良が考えられる。センサ以外の不良のうち、コネクタの信号線端子とアース線間の絶縁点検により信号線とアース線との線間短絡が特定できる。他の不良は次の切り分け法2により特定を行う。アース線の断線については、信号電圧値が5vのときに発生する。

なお、電源線の異常が考えられるので、コネクタの電源線の導通点検、絶縁点検により、電源線の断線及び短絡が考えられる。

b. 切り分け法 2

図 19 のようにコネクタを取り外し，ECU 端子に外部電源乾電池 1.5V を加えて信号電圧値の変化を確認する

a) 信号電圧値が 0V から変化したとき

配線不良が考えられる．配線不良のうち，コネクタの信号線の導通点検により，信号線の断線及び短絡が考えられる．

b) 信号電圧値が 0V のまま変化しないとき

ECU 部の信号線からマイコン入力端子までの接続線の断線と特定できる．なお，電源線の異常が考えられるので，ECU 部の電源端子の電位を測定することにより電源異常が特定できる．

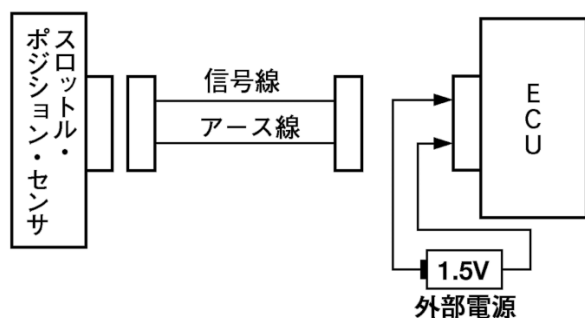


図 19 信号電圧値が 0V 時の切り分け法 2
(スロットル・ポジション・センサ)

2) マイコン入力の信号電圧値が 5V のとき

アース線の断線が考えられる．図 19 においてコネクタのアース線の両端子間の導通点検により配線部のアース線の断線が特定できる．また，信号線とアース線の絶縁点検により，信号線とアース線の線間短絡が特定できる．ECU 部のアース線側端子とアース間との導通点検により，ECU 部のアース線の断線が特定できる．

なお，電源線と信号線との線間短絡が考えられるので，コネクタの電源線と信号線との絶縁点検を行うことにより線間短絡が特定できる．

4. あとがき

マイコン入力の信号電圧値が異常となったときの回路上での原因の探求について，3つのセンサ回路故障探求装置を製作し，それぞれの装置について2つのアプローチによる探求方法の一例を示した．一級自動車工学専攻科の授業科目における高度故障診断技術の章で，異常が発生したときの故障探求方法が示されているが，机上での理解でなく実際にセンサ回路の電圧測定や導通検査等を通して視覚的に確認し理解できる装置として製作したものである．この研究では，故障探求方法の一例を示しているが，最終的な異常原因の特定には他の方法もあるので学生には挑戦していただきたい．一級自動車整備士国家試験では，センサ回路における異常時の故障原因を求める問題が多く出題されているので，問題を解くにあ

たって，これらの装置を活用して少しでも理解への近道に役立てれば幸いである．

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)一級自動車整備士エンジン電子制御装置，一般社団法人日本自動車整備振興会連合会 pp. 257-271
- (5)自動車整備士一級小型筆記問題と解説，自動車公論社

鉛電池の内部抵抗に関する一考察（第2報）

SOC, SOH の影響

徳島工業短期大学 多田 好宏
愛媛大学 佐藤 員暢

KEY WORDS: , バッテリー, サルフェーション, 内部抵抗, SOC, SOH

1. はじめに

鉛電池の劣化状態（SOH: State of Health）の測定において、スタータバッテリーではCCA(Cold Cranking Ampere)や電解液比重の測定により判定してきた。近年密閉式電池やリチウム電池の使用事例が増加しており、CCAは内部抵抗に起因することから、現在内部抵抗測定によるSOH判定が主流となってきた。しかし、前報で述べたように電池の内部抵抗は数mΩ程度と微小であり⁽¹⁾⁽²⁾、テストングツールのテストリードの接触抵抗さえも大きな測定誤差として現れるため注意を要するところである⁽¹⁾。

一般的に、内部抵抗による電池寿命判定は内部抵抗値が初期の3倍程度となった時点と判定するようである。しかし、内部抵抗は個体差や測定時の充電率（SOC: State of Charge）また温度にも影響される様であるが、測定値に及ぼす影響がどの程度であるか明らかにされていない為前報で実験を試みた次第である。

前報では、電池の劣化診断として用いられる電池の内部抵抗の測定について、測定上注意すべき事柄について検討すべく、手始めとして行ったものである。特に考えられた項目としては、バッテリー温度、SOC、SOHにより内部抵抗が変化することであった。バッテリーの内部抵抗は、バッテリー温度やSOCに影響されることはバッテリーの等価回路から想定出来た事ではあるが、SOHの低下によりより大きく影響されることが分かった。

劣化バッテリーの判定を瞬時に行う為の手段が如何に難しいかについても理解が深められた次第である。劣化バッテリーの判定をより精度よく測定するには、SOC100%での内部抵抗測定が劣化度の影響を受けにくい方法と思われた。

前報では、電池の内部抵抗が諸条件に如何程の影響を受けるのかは判明したが、中古電池を使用した事で電池の初期データを得ることが出来なかった為、電池評価の基準である25℃での内部抵抗推定値を求めるには至らなかった。

電池の内部抵抗は、実際の電解液の電気的、物理的な抵抗成分では無く、化学反応を電気的に表現して等価な抵抗として表している物であるので⁽³⁾、内部抵抗測定時の温度、SOCを補正すること自体が不可能であるかもしれない。

これらを明らかにするため本報の実験を試みた。

本報では、初期データを得るため新品電池を複数個使用し

て、電池の内部抵抗とSOCの関係を明確にし測定誤差の少ない計測方法について報告する。

2. 内部抵抗測定

前報では、使用過程のバッテリーを試験対象としたため、試験対象の初期値が不明であり各試験値の初期値比較が出来なかった為本報では、新品電池（SOH100%）を測定対象として内部抵抗測定に関するSOC, SOHの影響を把握することとした。また、個体差についても把握するためメーカーの異なる4個のバッテリーを測定対象とした。

測定方法については、前報と同様に放射温度計によるバッテリーターミナル温度の計測、充放電試験機により5時間率放電でSOC値を変化させ内部抵抗を内部抵抗計で測定した。

測定に用いた機器は以下のとおりである。

①放射温度計

放射温度計 AD-5619 (FLUKE)

温度測定範囲: -38℃～+365℃

分解能 : 0.1℃

応答速度 : 1sec

精度 : ±2%または±2℃の何れか大きい方の値

使用温度範囲: 0℃～+50℃



図1 放射温度計

②内部抵抗計

バッテリーテスターBT3554 (日置電機株式会社)

最大入力電圧: DC±60V

電圧測定精度：分解能 10mv
 抵抗測定精度：分解能 1 $\mu\Omega$
 使用温湿度範囲：0℃～40℃ 80%以下
 適合規格：安全性 EN61010, EMCEN61326



図2 内部抵抗計

③充放電試験機

株式会社 NDK
 定電流放電 電最大電圧 : DC30V
 最大電流 : DC1A～40A
 放電電流制度 : 100mA P-P
 使用温度 : -10℃～40℃



図3 充放電試験機

④供試鉛電池

A:G 社製 40B19L
 B:G 社製 40B19R
 C:S 社製 40B19L
 D:S 社製 40B19R

3. 内部抵抗測定結果

3.1. バッテリー内部抵抗の個体差

本報で用いた供試鉛電池は、G 社製と S 社製の鉛電池各 2 個

である。各初期内部抵抗値は G 社製 A:9.87m Ω , B:9.48m Ω , S 社製 C:10.35m Ω , D:10.69m Ω であり新品時の内部抵抗値の個体差はメーカーによっても、また同一メーカーでも各々3.3%, 4.1%と予想より大きい事が分かった。

図4から図7は、SOC 変化に伴う内部抵抗値を示したものであるが、SOC の低下に伴って内部抵抗値が上昇しており、この傾向は、前報の報告と一致していた。

しかし、個々のデータを見ると各バッテリーの初期内部抵抗の個体差は SOC 低下に伴って更に大きくなる事が分かった。これは、図8で示すように SOC100%において 4.1%であったものが、SOC の低下と共に 2 次曲線的に増加し SOC50%に低下すると個体差は 10.5%迄増加した。

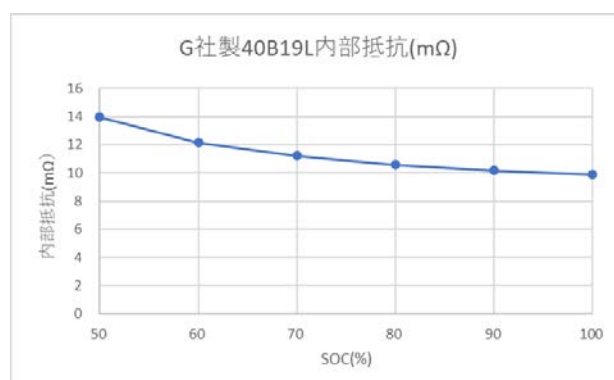


図4 G 社製 A の SOC に対する内部抵抗

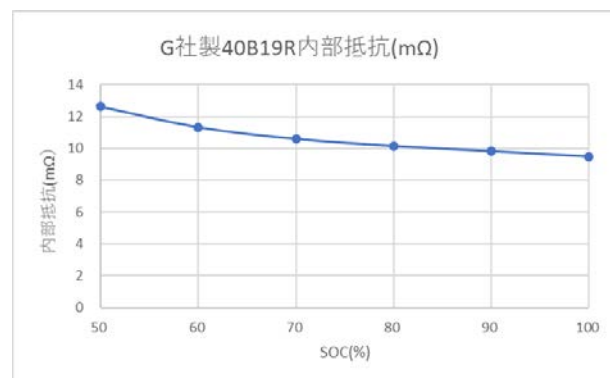


図5 G 社製 B の SOC に対する内部抵抗

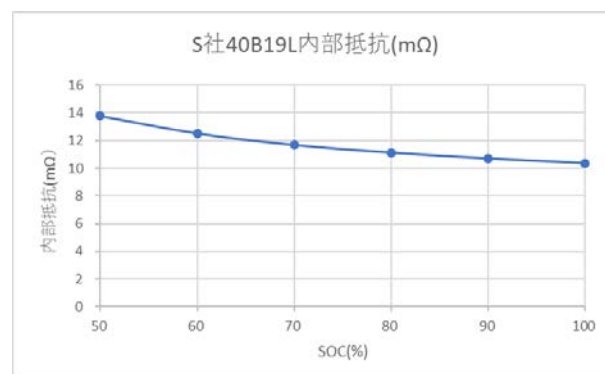


図6 S 社製 C の SOC に対する内部抵抗

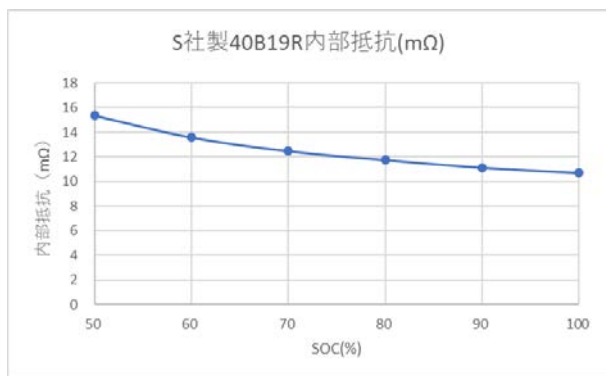


図7 S社製DのSOCに対する内部

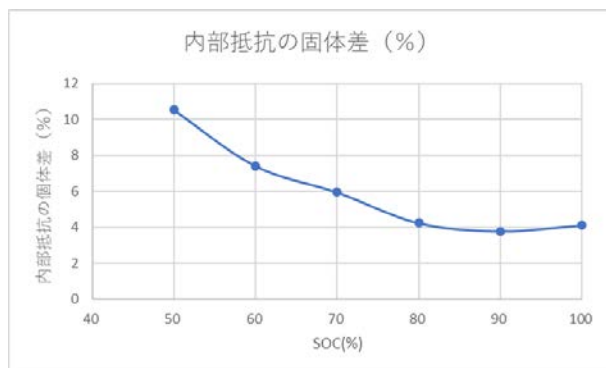


図8 SOC変化に伴う内部抵抗の個体差

3.2. SOC に対するバッテリー電圧

鉛電池を使用している電動車等では、バッテリー残量の把握にバッテリー電圧を目安としているものも多いが、バッテリー電圧とSOCはどのような関係になっているかを調べることにした。これを把握する事で、内部抵抗の測定においてバッテリー開放電圧によりSOCを推定し、内部抵抗の測定誤差を推定することが出来ると思われた為であった。

図9は、SOCに対するバッテリー開放電圧を示したものである。SOC100%から90%までは急激に電圧降下し、それ以降SOC50%迄は緩やかな電圧降下となった。つまり、SOC90%からSOC100%の間は電圧から容易にSOC判定することが可能と思われた。

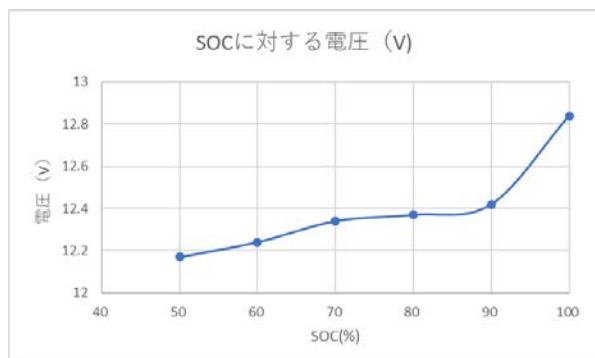


図9 SOC に対するバッテリー電圧

4. まとめ

前報では、電池の劣化診断として用いられる電池の内部抵抗の測定について、測定上注意すべき事柄を検討すべく、手始めとして行ったものである。バッテリー温度、SOC、SOHによる内部抵抗の変化特性が分かれば電池の劣化度判定の為の内部抵抗測定における測定条件修正ができ、測定条件を整える必要無くより正確な内部抵抗値の推定が出来ると思われた。

しかし、新品バッテリーの初期抵抗値の個体差が3.3%から4.1%と大きい事、更に初期内部抵抗の個体差はSOCの低下に伴って大きくなることも分かった。

電池の内部抵抗は、実際の電解液の電気的、物理的な抵抗成分ではなく、化学反応を電気的に表現して等価な抵抗として表しているものである^③、内部抵抗測定時の温度、SOCすべてを補正することは今回の試験結果からバッテリーの個体差が大きく、一般的な事項として測定条件修正した内部抵抗値とすることは不可能であると思われた。

しかし、限られた範囲での補正は可能と考えられた。

温度に対する補正は、内部抵抗は温度に対してほぼ反比例する事、また比例定数が小さい事などから25℃±10℃程度であれば補正可能である。SOCについては100%から90%の範囲（電圧12.5V以上）で有れば補正可能である。

結論として、バッテリーの劣化度判定の条件として、バッテリー電圧12.5V以上（SOC90%以上）、バッテリー温度25℃±10℃で測定すれば、個体差を考慮しても10%程度の誤差で測定が可能であり、補正により更に精度は上げられると思われた。

参 考 文 献

- (1) (一社)電池工業会:制御弁式鉛電池の内部抵抗を正確に測って頂くために、IPS/TS-006a
- (2) 吉田愛二他2名:鉛電池の内部抵抗に関する一考察,徳島工業短期大学紀要,第25刊, pp.8-10, 2021
- (3) 森本雅之:電気自動車, 森北出版株式会社, p.65, 2009

衝突被害軽減ブレーキの作動における加速度の測定

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によると 2018 年の段階では 84.6% となっている。そのため自動車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、もう一步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。

そこで自動車における加速度を簡易的に測定する方法を検討して測定することにより学生の理解度を深めることになると考えた。

2. 本研究の目的

今回の研究では、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、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方法を考えた結果、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こと考えた。現在、スマートフォンの普及率は凄まじく、機材の確保は容易となっている。ただし、搭載されている G センサは精度については十分ではないという研究結果⁽¹⁾もあり、本格的な実験での器材としては不向きである。しかし、今回は自動車の加速度を学生が理解を深めるのが目的であるため、簡易的に測定でき、かつ学生の理解に役立つレベルの精度は確保されていると思われる。そのため今回はスマートフォンの G センサを利用することとし、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)」を使用することにした(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)。

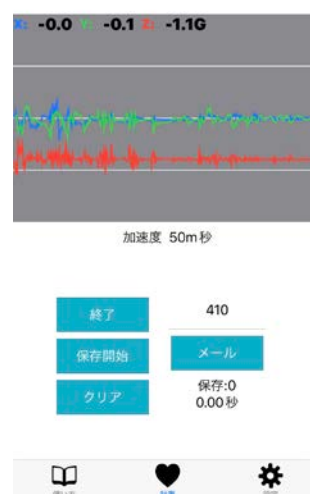


図 2 加速度測定アプリ「加速度ロガー ver0.13」

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、一定の距離から模擬車両（ターゲット）に向かって加速し、車速を10km/hと20km/hの二種類の速度から衝突被害軽減ブレーキを作動させた(図4)。測定はそれぞれの速度で3回ずつ行った。



図4 衝突被害軽減ブレーキを作動させている様子

まずは時速10kmから衝突軽減ブレーキを作動させた場合の加速度のデータを図に示す(図5, 図6, 図7)。

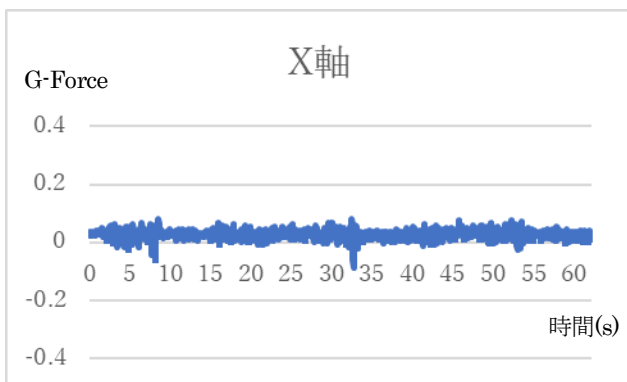


図5 時速10kmの場合の左右方向(X軸)の加速度

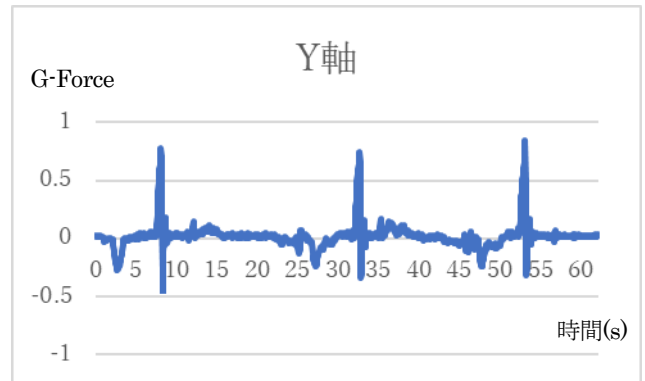


図6 時速10kmの場合の前後方向(Y軸)の加速度

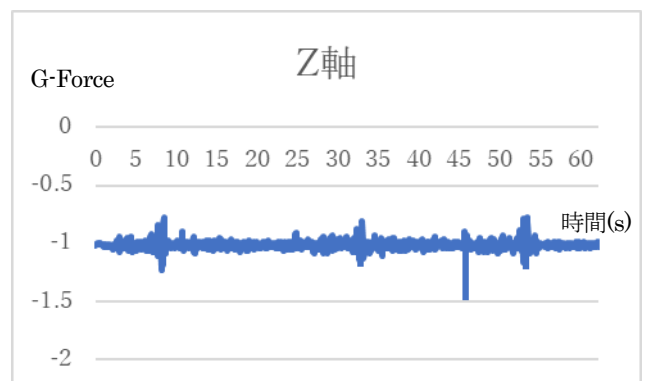


図7 時速10kmの場合の上下方向(Z軸)の加速度

衝突軽減ブレーキを作動させた時に前後方向(Y軸)のグラフには約0.8Gの前方向の加速度が測定できた。また左右方向(X軸)及び上下方向(Z軸)にも衝突被害軽減ブレーキを作動させたと同時に加速度に変化が見られる。ただ左右方向(X軸)には静止状態においてもプラス方向(右方向)に0.02Gほど加速度が常にある、何らかの誤差が発生していることが確認できる。そのため、今回の研究では使用しないがX軸の測定値をデータとして使用する場合は、この誤差を検証・補正する必要があると思われる。

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2 速度の違いによる加速度の最大値

	時速10km	時速20km
1回目	0.78G	0.88G
2回目	0.74G	0.91G
3回目	0.84G	0.88G
平均値	0.78G	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。しかし、

概ねの加速度の測定は出来たと考えている。

数値については時速 10km と時速 20km を比較すると速度を+10kmすることにより約0.11Gの加速度が増加することが分かった。

6. まとめ

若干の誤差はあるものの加速度について測定することができた。また速度による違いも測定することが可能である。ただやはりスマートフォンの G センサでは本格的な研究での使用は不向きと思われ、予備実験的な使用にとどめるべきだと思われる。しかし、学生と一緒に実験する上では手軽に実験することができるため加速度の理解度を深めるためには良い教材となると思われる。

今後は実習などの授業でこの測定方法を取り入れて、加速度の数値の測定を行い、学生の加速度の理解を深めるのに役立てていきたいと思う。

参 考 文 献

- (1) 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)
- (2) アイム有限会社：「加速度ロガー ver0.013」
(<http://im-aim.com/>)

自動車制御体験を目的としたプログラミング教材の開発

前進時の自動ブレーキへの適用

徳島工業短期大学 阿部 昭一

KEYWORDS : プログラミング教育, 自動車

1. はじめに

近年、車の進化は目覚ましく、踏み間違い防止システムや衝突被害軽減ブレーキなどの安全装置をはじめ、自動運転システムを搭載した車両として昨年には自動運転レベル3の機能を搭載した車両も販売された。このように「100年に1度の変革期」を迎えている自動車業界では自動車に数多くのセンサーが搭載され、人の代わりにセンサーが自動車周囲の情報を収集し、それをもとに瞬時にシステムが判断し、安全性や快適性を向上させている。

2. 目的

今日、コンピュータは人々の生活の様々な場面で活用されており、家電や自動車をはじめ身近なものの多くにもコンピュータが内蔵され、人々の生活を便利で豊かなものになっている。

コンピュータをより適切、効果的に活用していくためには、その仕組みを知ることが重要である。コンピュータは人が命令を与えることによって動作し、この命令が「プログラム」であり、命令を与えることが「プログラミング」ある。

プログラミングによって、コンピュータに自分が求める動作をさせることができるとともに、コンピュータの仕組みの一端をうかがい知ることができる。プログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に着けるため、小学校においてもプログラミング教育がスタートしており、今後は中学、高校でも随時予定されている。またその様な学生が今後入学してくることが予想されており、プログラミング学習を経験した新入生への対応を探る必要が有る。また、小学校などのプログラミング教育はタブレットやパソコンのみを使用し、センサーやアクチュエータと接続した教育事例は少ない。本研究では本学が得意とする自動車と組合せ、オープンキャンパスや公開講座

での活用も可能なプログラミング体験教材の製作に向けた検討を行う。

3. 実験計画

センサーやアクチュエータを容易に接続可能なマイクロコンピュータとして図1に示すマイクロコンピュータ「Studuino Lite」⁽²⁾を使用する。外部入力として人感センサー、明るさセンサー、温度センサーを備え、外部出力として2つの直流モータを駆動できる。このため、自動車への適用では障害物との距離や照度により左右輪の駆動モータを制御可能と成る。本実験では上記実験が可能な部品がセットと成った「はじめてのプログラミング工作 (小学校プログラミング教育対応)」を使用し基本的な考え方、使い方を学ぶことから開始した。



図1 マイクロコンピュータ

本実験に使用したマイクロコンピュータのプログラミングは、マサチューセッツ工科大学が開発した教育用のプログラミング環境 Scratch3.0 (スクラッチ) をベースとして、Studuino Lite 制御用に開発されたビジュアルプログラミング環境であり、ブロックパレットに置かれているブロックをスクリプトエリアにドラッグ&ドロップで移動し、他のブロックとつなげることで Studuino Lite を制御するプログラムを作成できる。図2にプログラミング画面を示す。



図2 ソフトウェア「Studuino Lite」

同キットの中には、「人感センサーを使ってみよう」という項目があり「ぶつからない自動車」の仕組みに触れることが出来る．実際の自動車では，カメラやレーダー等を使用し，ブレーキやエンジンの制御で行っているが，ここでは人感センサー（赤外線）を使用し，モータの制御をする方法で行っていく．

自動車がぶつかりそうになると自動で止まるように，人感センサーを使用し停止する条件を入力し，障害物が近くにいないときは電気を逆方向に流して前進するようにプログラミングする．（図3）



図3 プログラミング

4. 実験

人感センサーの数値を変えることにより停止距離が変化する．図4に示すように白色の障害物を置き，自動車を動かし停止した時点での人感センサーから障害物までの距離を測定した．

実験条件を同じにするため人感センサー初期数値が「22」になる位置からスタートさせ，停止位置での障害物までの距離を測定する実験を行った．実験結果を表1で示す．

次に，車輪を浮かした状態にしておき，障害物を近づけてモータが停止した時点での障害物までの距離を測定した．実験結果を表2に示す．

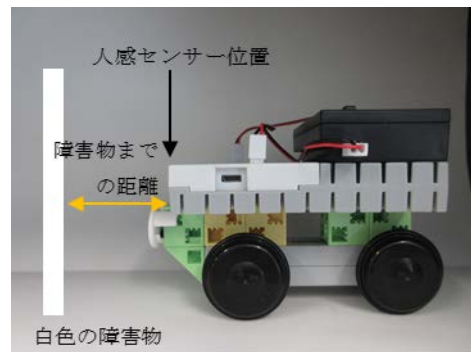


図4 実験の様子

表1 障害物固定

人感センサー 入力数値	障害物までの 距離（cm）	停止時の人感 センサー数値
30	5.0	38
40	3.0	52
50	2.0	64
60	1.5	81

表2 障害物移動

人感センサー 入力数値	障害物までの 距離（cm）	停止時の人感 センサー数値
30	5.5	35
40	3.5	45
50	3.0	55
60	2.0	64

表3 黒色障害物

人感センサー 入力数値	障害物までの 距離	衝突時の人感 センサー数値
30	停止せず	23
40	停止せず	23
50	停止せず	24
60	停止せず	23

障害物までの距離が短くなると人感センサーの値は大きくなる．モータの停止時のセンサー数値は表2に示す障害物移動では4から5大きくなり，表1に示す車両が走行する条件では8から21大きくなった．障害物までの距離を比べてみると，0.5cmから1cm長くなった．

固定された障害物と移動してくる障害物の差から，実際に動いているものを停止させる慣性力の為に，制動時距

離が伸びたことにより停止距離も伸びたものと推測される。

障害物を黒色とすると自動車は停止しなかった。これはこのキットの人感センサーが反射型センサーで、黒色に赤外線が吸収されたことによる為である。表3に実験結果を示す。

今後は、センサーやモータの数を増やしたり、色に影響を受けない超音波センサーを使用したりし、よりリアルな動きに挑戦していきたい。

4. まとめ

今回は、基本的な考え方、使い方にはなったが、実際の自動車の電子制御装置の構成にも「センサ」「ECU」「アクチュエータ」が使用されており、実験でおこなった「センサ」に赤外線センサ「アクチュエータ」にモータを使用し「ECU」にはプログラミングしていくことで、各々の関係を具体的に理解出来るようになればと思う。

参考文献

- (1) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第一版），（2018）
- (2) Studuino Lite であそぼう！はじめてのプログラミング工作，株式会社アーテック

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 福栄 堅治, 小笠原 雅之
鎌田 孝

KEY WORDS: 教育, 安全, 整理整頓, 総合診断,

1. はじめに

実習には、脱着・分解・点検・調整・測定など様々な工程作業があって、軽作業もあれば重作業もある。それらの作業には機器・工具などを使い実習を通して正しい使い方を学習している。不適切な使い方や誤った機器・工具の選択などをやってしまうと災害の要因になるからである。

専攻科1年生の「自動車新技術IV(CVT)」の実習では、CVTの脱着・分解作業及び故障診断などを行っている。実習においては安全作業に留意しているが、特にCVT本体の脱着作業には、よりいっそう集中して安全性を確認して作業を行う必要がある。学生にとってその脱着作業で一番危険度が高いのが、CVTをエンジンから分離して、CVT本体を車両から降ろす作業なのである。周りのバランスなどを考慮して注意深く作業をする必要があり、手順を間違えると事故に至ってしまう。毎回のごとく特に集中しているところであった。そこで今回、その作業を不慣れな学生のためにより安心・安全にできてかつ円滑に進めることができる環境づくりに取り組むことにした。

2. 改善の目的と方法

不慣れな学生にとって災害の要因となる、不安全な状態と不安全な行動¹⁾になりえる作業は、CVTの実習の工程ではエンジンを支えて作業をすることである。一般的にはエンジンを支える方法としては、FF車であれば次の様な方法で行っている。(エンジンとCVTを同時に脱着する車種は除く)

- ① エンジンハンガーなどで上から吊る。図1
- ② エンジンを下から支えるリフトサポート。図2
- ③ ミッションジャッキでエンジンを下から支える。図3



図1 エンジンハンガー



図2 リアトサポート



図3 ミッションジャッキ

図1のエンジンハンガーは、エンジンを上から吊る方法で一般的によく使われているが、実習車両の日産ノート²⁾の形状では使えない。図1のエンジンハンガーを活用できない形状の車については、図2のリフトサポート及び図3のミッションジャッキのどちらかでエンジンを下から支える方法がよく用いられている。また、CVT本体を脱着するときには図3のミッションジャッキを使用する。ノートの整備要領書では図3のミッションジャッキでエンジンを下から支える方法で説明している。その場合は、ミッションジャッキが2台必要となる。熟練の整備士であれば、いずれの方法でも、速やかに安心・安全に手際よく作業ができる。しかし、要領を得ない学生にとっては、適切な工具であってもいささか不安全な状態での作業と感じてしまうほど不器用な動きである。その原因はエンジンを支えているリフトサポートとCVT本体を載せているミッションジャッキが、足元にあるため作業の体勢が定まっていないことが不器用なひとつの要因でもある。また、エンジンを下から支えている関係上、リフトアップした車両をそのまましておくことの不安もある。万が一地震が

起きた場合には、支えが外れエンジンが垂れ下がることにでもなれば、安全性も欠けることになってしまう、安心・安全を確実にものにするには、不安要素をとり除く必要がある。その対策としては、足元の行動範囲を今以上に広げてやることである、そうすれば作業の体勢も整い安全な動きを確保できる、対策としてはエンジンを下から支えるのではなく、車両側で支えることで解決する。しかし、車両側で支えるものとして図1のエンジンハンガーでは実習車のホデー形状ではサイズ合わないので使えない、よってエンジンハンガーに代わるものを考案することにした。

また、同時により安全な実習を構築するために、CVTの故障診断の回路の点検作業に、ECU端子のチェック・ボックスの製作と回路断線S/Wの製作及び、作業中の車両周りの確認のためにコーナミラーなども制作することにした。

3. ツールの製作

3.1. アンダーサポートの製作

足元の行動範囲を今以上に広げてやるには、エンジンを下から支えるのではなく、車両側で支える方法として、エンジンメンバーとロア・コアーサポートを利用してエンジンを下から支えるものを考案する。それが図4のアンダーサポートである。アンダーサポートは厚み1mm、角寸法25×25mm、長さ320mmの角パイプを使用、エンジンのオイルパンに当て材として長さ220mm角寸法70×70mmの木材を使用する。その当て材は角パイプにボルトで固定する、また角パイプの両端には、長さ1mのチェーンを取り付ける。図5はアンダーサポートによってエンジンを下から支えている状態である。



図4 アンダーサポート



図5 アンダーサポートを取付けた状態

3.2. チェック・ボックスの改善とスイッチの製作

使えなくなった日産車専用の古いエンジンECU端子チェック・ボックスを、実習車(ノート)のCVTのECU端子チェック用に改造を行った。併せて故障診断として不具合設定用の断線スイッチもチェック端子に接続して製作をした。図6がCVT端子点検及び断線設定スイッチBOXである。



図6 チェックBOX

3.3 コーナーミラーの製作

車両周りの視界の範囲を確保するのに、高さが固定式の図7のコーナミラー(1)と、高さを調整できる図8のコーナミラー(2)をそれぞれ製作した。前後のコーナーにミラーを配置することにより安全確認の利便性に期待できる。

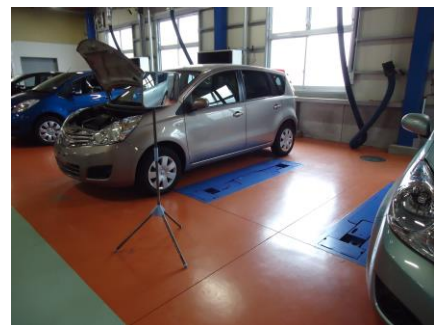


図7 コーナーミラー(1)



図8 コーナーミラー(2)

4 考察

アンダーサポートによって、下からの作業の足元の位置取りにも余裕ができるようになったことで、不安要素が解消できることになった。そして CVT 脱着後でも、車両をリフトに乗せたままの上げ下げが自由に設定できることで、作業手順の少々の間違いでも対応できることが良い結果となった。

端子チェック・ボックスの改造によって、車内の狭い空間での CVT の ECU 端子点検チェックも、点検がやりやすくなった。また、コーナーミラーの活用によって周辺の安心・安全の確認もでき、動きの面での作業の効率化が図れると事にもなった。

5 おわりに

専攻科の総合診断「安全管理」に正しい作業、正しい機器・工具の扱い方や使い方、また、決められたルールを正しく守ることで作業効率も期待ができ、安心・安全に作業も進められると記述されている⁽¹⁾とおり、安心・安全に作業をするということは当然なことながら、その作業に対して豊富な経験と専門的な知識が備わっていることも要求されると思う。だから、学生には、実習作業を通して経験・技能・知識に加えて安心・安全についてもより深く理解することを願っている。

参 考 文 献

- (1) 社団法人 日本自動車整備振興会連合会：一級自動車整備士 総合診断・環境・安全管理, (参照 pp. 173-174)
- (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)

ものづくり技術を活用したアンテナ特性解析

—ヘリカルアンテナの基本特性の実験的解析と試作—

徳島工業短期大学 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

1. まえがき

自動車のルーフに取り付けられる棒状のアンテナは、洗車や機械式駐車場を利用するときに取り外したり折り曲げたりしなくてはならなくなり不便である。そのため、全長を短くしたショートアンテナが販売されているが、ラジオの受信性能面では悪化することが多いようである。また、最近では内部にヘリカルコイルを内蔵した、俗称シャークフィンアンテナも用いられているが、自動車メーカーが標準採用しているものは別にして、市販されている部品メーカー製のものは形だけというものが多くある。

アンテナの受信性能は、現代ではコンピューターシミュレーションで精度よく設計できるようであるが、本研究ではものづくりの技術を活用し、自動車用ヘリカルコイルアンテナの特性を解析して、FM 放送 (76MHz~90MHz) の受信性能をそれほど悪化させない小型のショートアンテナの構造はどうあるべきかを実験的アプローチで明らかにすることを目標とする。

2. 測定手法

アンテナの受信性能は、一般的には目的とする周波数帯域の中心周波数と帯域幅 (リターンロスでマイナス 6dB) で表すことができるが、これらを測定するアンテナアナライザは比較的高価であり、測定する周りの環境も整えないと精度の良い分析はできないため個人レベルでの導入は難しい。したがって、測定に当たっては安価な民生用 VNA (Vector Network Analyzer) を利用し、測定は自動車メーカー純正のアンテナとの相対比較で行うこととする。すなわち測定精度の絶対値は不問とし、同条件での純正アンテナの性能との比較で解析を行う。この方法であっても、例えばコイルの寸法と共振周波数との関係などは比較的精度良く行うことができ、本研究の目的に合致するものと考えられる。

測定に際しては、アナライザ本体から発するノイズや他の影響を極力小さくするために、板厚1mmで幅450mm奥行き540mmの鉄板の上に小型の三脚を利用してアンテナを設置し、VNA本体は鉄板の下に配置した。VNAの操作はUSBケーブルでパソコンに接続し、パソコン上のソフトで行った。VNA装置を操作するために手を近づけるだけで、測定結果に影響が出るためである。

使用した試作品の一部と測定状態を図1に示す。

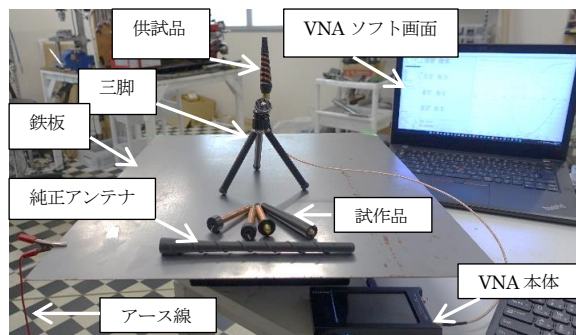


図1 測定状態

2. 純正アンテナの特性

自動車のラジオ用アンテナは、高級車においてはガラスプリントアンテナなど、外部に突出部を持たないアンテナを採用することがあり、最近では、前述したように内部にヘリカルコイルやプリントコイルのユニットを内蔵した、シャークフィンアンテナやドルフィンアンテナなどと呼ばれるアンテナがはやり始めているが、コストなどの点からロッドアンテナを採用する自動車が依然多い。

今回は、徳島工業短期大学所有の自動車と著者所有の車両アンテナを用いて特性を測定した。

1) 自動車メーカー純正アンテナ

測定に使用したアンテナの種類と寸法を表1に示す。

表1 アンテナの種類と寸法

メーカー	適用車種	タイプ	寸法 (mm)			備考
			全長	最大径	再小径	
VW	POLO(AW)	A	200	16	10	風音対策螺旋付
ホンダ	インサイト	A	248	14	11	
トヨタ	プリウス (30系)	A	176	14	10	風音対策螺旋付
ダイハツ	ムーブ (LK100)	A	176	14	10	
スズキ	スイフト (ZC31)	A	176	13	10	
トヨタ	トヨタ86 (初期型)	B	114	14	10	
BMW	Z3	C	415	16.5	4	風音対策螺旋付
日産	フェアレディZ (Z33)	C	410	16.7	4	
マツダ	デミオ (DE3F)	D	779	11	3	三菱と同製品
三菱	ランサーエボリューション	D	779	11	3	マツダと同製品

タイプ	概要
A	一般的なヘリカルアンテナ (ヘリカルコイルで導線の直線部分が内蔵)
B	ショートヘリカルアンテナ (ヘリカルアンテナで長さが100mm前後)
C	ヘリカルロッドアンテナ (導線の直線部分がロッドとして突き出ている)
D	ロッドアンテナ (単純なロッドのみ)

なお、ヘリカルコイルアンテナには、ヘリカルコイルのみのものとヘリカルコイルに直線状の導線が付いたものがあり、後者は一般にはヘリカルホイップアンテナと呼ばれるが、ここでは外形とサイズによって上記のタイプ分けを行っている。測定に用いた測定器を図2に、アンテナを図3に示す。



図2 測定器 (左:表, 右:裏)

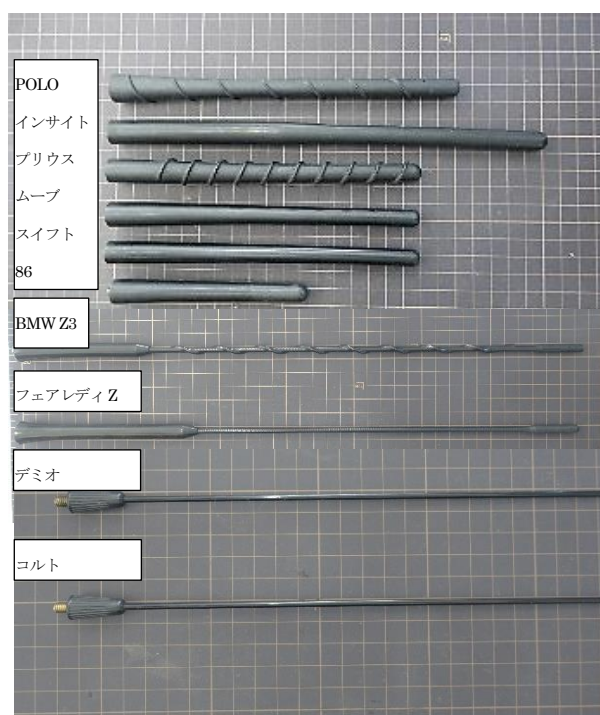


図3 各車純正アンテナ

2) 純正アンテナの測定

タイプA～Cでは、共振周波数は80～83MHzであり、タイプDでは76.5MHzであった。ロッドアンテナでは、車両側のアンテナ取り付け部構造が共振周波数に影響を与えるものと考えられる。FM放送の周波数は76～90MHzであるため、ロッドアンテナにおいても車載状態では共振周波数はタイプA～Cと大差ないものになるのではないだろうか。

また、このロッドアンテナの長さから計算される1/4波長での共振周波数は93.48MHzであり、測定結果との比は81.8%となり、ロッドの被覆の影響を考慮しても少々差が大きいように思われる。今後の課題としたい。

受信アンテナの性能で重要なものの一つは、その帯域幅である。各アンテナの測定した帯域幅を、アンテナの全長に対して図4に示す。

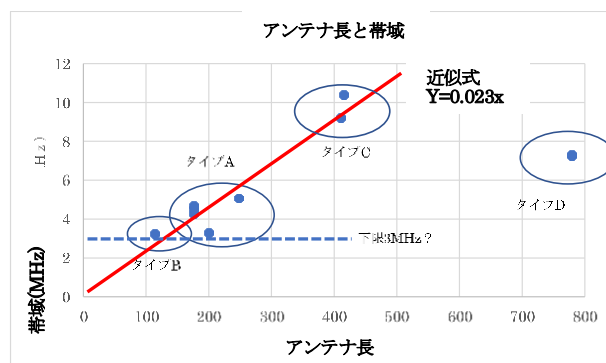


図4 純正アンテナの特性

試験結果から、ヘリカルコイルタイプのアンテナでは性能の相場として、アンテナ長100mmあたり帯域は2.3MHzと見込まれる。しかしながら、受信性能上帯域幅はある程度以上のものが求められるため、特にショートヘリカルアンテナを作る場合は、帯域幅としては3MHzを下限とするべきではないかと考えられる。

タイプCで帯域幅が広い理由は、単純に長さが長いだけではなく、周波数特性の持たせ方にその理由があると考えられる。ニッサンのフェアレディZのアンテナ測定結果を図5に示す。

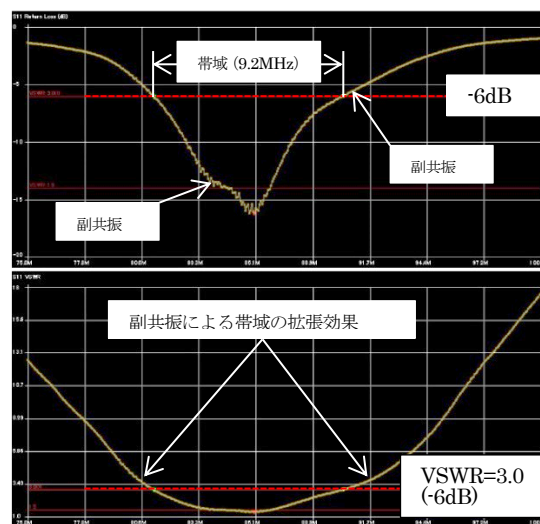


図5 フェアレディZの特性

横軸が周波数で、上がリターンロス、下がVSWR (Voltage Standing Wave Ratio 電圧定在波比)を示す。このグラフを見ると、リターンロス及びVSWRが単純な一つの共振ではなく、一つの主共振とその近くに二つの小さな共振があり、その結果、VSWRの最小値はこの場合1.366と、それほど小さな値ではない反面、帯域幅は広がっていることが見て取れる。BMWのアンテナでもほぼ同じ形状の特性が測定された。他のヘリカルコイルアンテナでは、単純な共振形態を示す。例

としてトヨタプリウスの測定結果を図6に示す。

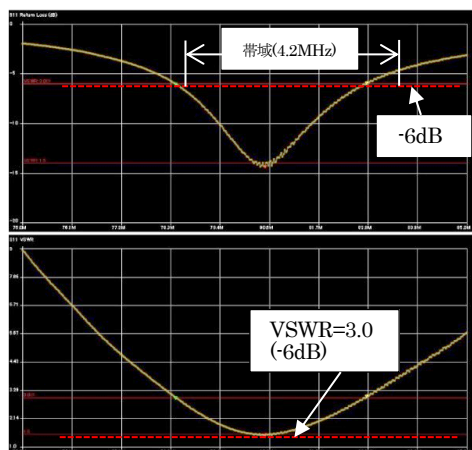


図6 トヨタプリウスの特性

このような共振状態が、アンテナそのものから生じるのか、それとも周りの状況（今回の測定は鉄板の上にアンテナを置いて測定）により生じるのか、現時点では不明である。自動車の場合、車体はほとんど鉄板でできておりアンテナとの相互干渉が起きるのではないかと考えられる。通常、相互干渉は避けるのが鉄則ではあるが、自動車用アンテナにおいては、相互干渉を積極的に取り込むことも良いことと考えられる。この辺りはさらなる検討が必要である。

3) 純正アンテナの測定結果

メーカー純正のアンテナの特性を実測した結果、以下のことが分かった。

- ① アンテナの形式で、受信特性に顕著な差があることが分かった。
- ② ヘリカルアンテナにおいては、帯域幅はアンテナ全長に大きく依存し、一つの指標としてアンテナ長100mm 当たり帯域幅は 2.3MHz であることが分かった。
- ③ ロッドアンテナは、その特性上車載状態で測定しないと実際の性能はわからないのではないと思われる。
- ④ ショートヘリカルアンテナを作る場合は、受信性能を満足するためには帯域幅を下限 3MHz とすべきと考えられる。
- ⑤ 全長 100mm 以下のショートヘリカルアンテナを作る場合は、なんらかの工夫をしない限り帯域幅 3MHz の確保は難しいと思われる。

3. ヘリカルアンテナの試作と特性

1) ヘリカルアンテナの試作

ヘリカルコイルアンテナを試作する場合、ピッチとコイル径を精度よくその形状を保つ必要がある¹⁾。導線としては電気抵抗が小さい銅を用いるのが良いが、銅は柔らかい素材であ

るため、それだけで形状を保つことは難しい。そこで、樹脂素材を円筒形に加工し、そこにねじ加工の要領で溝を切削加工したうえで、そこにエナメル線を巻き付けることとした。

加工には徳島工業短期大学にもあるミニ旋盤を用いた。樹脂素材としては入手が容易で加工も容易な POM 材 (Polyacetal ポリアセタール 熱可塑性樹脂) を用いた。試作したいコイル径の円筒をまず作り、そこにエナメル線径の 1/2 の深さの溝を加工したのち、旋盤をごくゆっくり回転させながらエナメル線を適度な張力をかけながら巻き付けると均一なヘリカルコイルが出来上がる。このままでは張力をなくすと線がばらけてしまうので、瞬間接着剤を塗布して形を保持することとした。POM 材は瞬間接着剤の接着力が小さいため、エナメル線の端を持ち上げて引き上げると簡単に接着がはがれ、任意の巻数とすることが容易である。

2) 共振周波数=80MHz における特性

コイル径=φ15mm として、ピッチを 1.0mm~2.0mm まで 0.25mm おきにコイル (線径 φ 0.4mm) を試作し、共振周波数が 80MHz となるように巻数を調整して測定した結果を表2に示す。

表2 共振 80MHz における特性

ピッチ(mm)	共振 (MHz)	巻数	コイル長(mm)	VSWR	帯域(MHz)	帯域%	線長(m)
1	79.83	24.5	24.5	1.913	1.29	1.62%	1.15
1.25	80.52	26.5	33.1	1.547	1.74	2.16%	1.25
1.5	80.27	28.5	42.8	1.206	1.99	2.48%	1.34
1.75	80.07	30.5	53.4	1.097	2.23	2.79%	1.44
2	79.68	32.5	65.0	1.015	2.48	3.11%	1.53

実験結果から、ピッチと巻数は図7に示すように比例関係にあることが分かる。

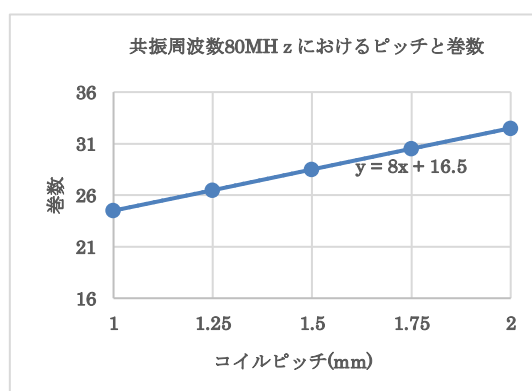


図7 ピッチと巻数の関係

また、VSWR と帯域については図8に示すように、ピッチが大きくなると VSWR が 1.0 に漸近するとともに帯域が増大する様子が分かる。

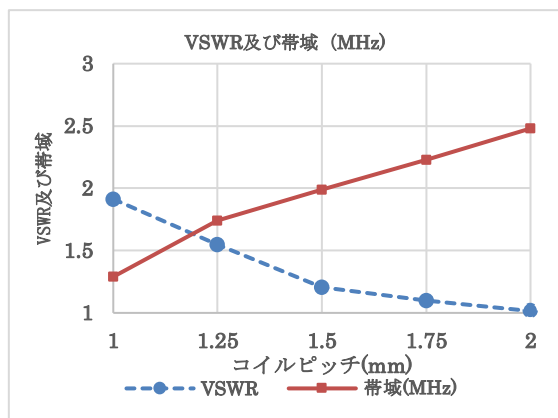


図8 ピッチに対する VSWR と帯域

ピッチが 2.0 より大きくなった場合, そのまま帯域が比例的に大きくなることはあり得ないため, どこかで頭打ちになるものとするが今回の実験では確認できなかった。

80MHz での半波長の長さは $(300/80)/2=1.875\text{m}$ であるため, ピッチ=3 (線長 $\approx 1.9\text{m}$) あたりが最大になると推測されるため, 今後の課題としたい。

3) ピッチによる共振周波数

コイル径 $D=15\text{mm}$ 一定とし, コイル巻数とピッチによる共振周波数の特性を測定した。測定結果を図 9 に示す。

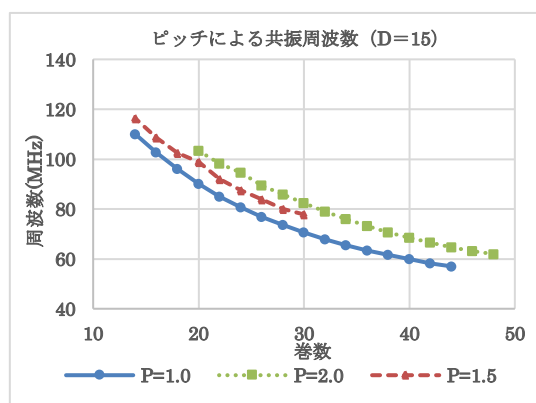


図9 巻数とピッチによる共振周波数 ($D=15$)

図 7 に示した, 共振周波数一定の場合のピッチと巻数の関係から, ピッチ 1.0 を基準にピッチ 1.5 の巻数を $24.5/28.5=0.8596$ 倍し, ピッチ 2.0 の巻数を $24.5/32.5=0.7538$ 倍して表示すると図 10 のようにほぼ一本の曲線状に全データを表示できる。これは, ヘリカルコイルの共振周波数をきめるコイルのインダクタンスが次式で表されることからきていると考えられる²³⁾。すなわち, コイル径: D , 巻数: N , ピッチ: P , 長岡係数: k , 透磁率: μ とすればインダクタンス L は

$$L = \frac{1}{4} \pi k \mu D^2 N / P \quad \dots \text{式 (1)}$$

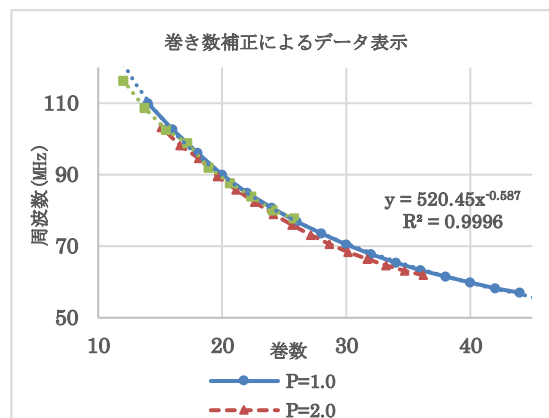


図10 巻数補正によるデータ表示

細かく言えば, 長岡係数 k はコイル径とコイル長 ($P \times N$) に関連するため長岡係数も考慮した巻き数補正を行えば, より誤差の少ないことにはなるが, 今回の試験範囲内では概略としてはこれでも十分と考える。また, $P=1.0$ の測定データを累乗近似式で表すと横軸 x の -0.587 乗となり, ほぼ $y=f(1/x)$ の関数に近いものになる。これはヘリカルコイルの共振周波数は単純に考えると LC 発信回路であり, その共振周波数 ω は

$$\omega = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \dots \text{式 (2)}$$

であらわされ, L は式 (1) で示すように D の二乗に比例するため, 式 (1) と式 (2) から ω は $1/D$ の関数になるためである。もっとも, C (電気容量) も関数形であり, さらに言えばヘリカルコイルの共振現象は単純な LC 回路にはならないため単純な $y=f(1/x)$ の関数にはならない。

4) コイル径による共振周波数

ピッチを 1.0mm 固定とし, コイル径 D を $\phi 8, 9, 10, 11, 13\text{mm}$ とした場合につき巻数と共振周波数を図 11 に, VSWR を図 12 に示す。

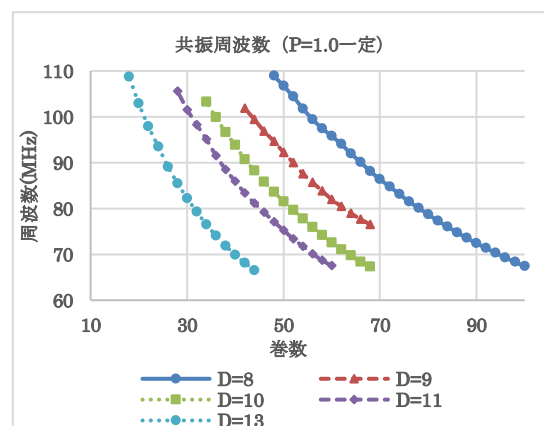


図11 ピッチ一定における巻数と共振周波数

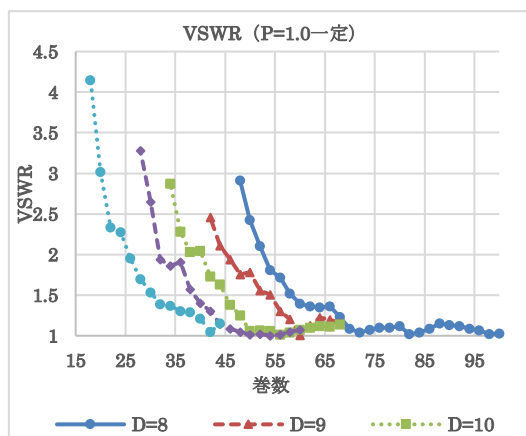


図 12 ピッチ一定における巻数と VSWR

図 11 において、全体として巻数に対する共振周波数の関係は $y=1/x$ に近く、コイル径が小さく（細く）なるに従い大きく増大する様子が分かる。特性変化は単調であり、特異点的なところは見当たらない。

それに対し、図 12 の VSWR ではコイル径ごとに特定の巻数のところで値が小さく（すなわち感度が向上）なる特性がみられる。

次に、図 10 で示したのと同様に、D=13 を基準に他のコイル径の巻数補正を行った結果を図 13 及び図 14 に示す。

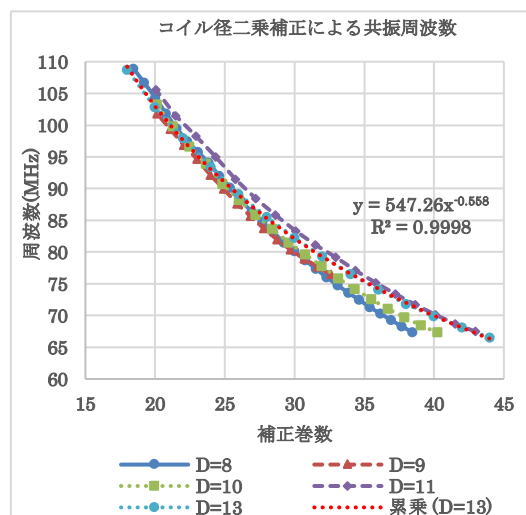


図 13 コイル径二乗補正による周波数 (D=13 基準)

図 13 においては、図 10 で示した結果よりは差が大きく、補正巻数の数値が大きいほどその差が大きくなっている。また、D=11 と D=13 の値がそれ以外の値と少し乖離しているように見えるため、試作上の精度や測定時の誤差などが関係している可能性がある。もっと条件を正確に合わせることでばらつきが改善できるのではと考える。ただしばらつきはあるにせよ、今回行った単純な補正でも誤差は約 15%以内に収まっており、ラフな見積もり等には十分活用できるものと考えられる。

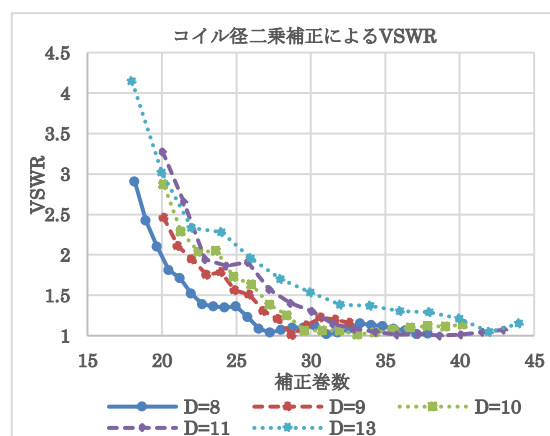


図 14 コイル径二乗補正による VSWR (D=13 基準)

図 14 では、図 12 と比較して VSWR の大きな傾向すなわち補正巻数で 30 前後の値より小さな領域で急激に値が大きくなる（悪化する）傾向が読み取れる。しかしながらばらつきは大きく、また特定の値で VSWR が極小値を示すことが明確ではない。ヘリカルコイルの共振現象は多くのファクターが関連するため、今回のような単純な補正では表しきれないものと思われる。

VSWR が極小値を示す条件は、アンテナ感度を向上させる一つの大きな要件であるため、どのような条件で極小値を示すのかについてはさらなる検討が重要であると考えるので、今後の課題としたい。

4) 円錐形コイルの試作と特性

これまでコイル形状は円筒形としていたが、自動車のアンテナとして搭載する場合は見栄えの観点から円錐状にしたいことがあると考え、形状の違いについて実験を行った。

円錐を表す尺度としては、テーパ比が通常用いられる。テーパ比とは、円錐の両端の直径を D1 および D2 とし、全長を L とすれば次式で表される。

$$\text{テーパ比} = (D1 - D2) / L \quad \dots \text{式 (3)}$$

自動車に用いられるアンテナの外形のテーパ比は通常 3/100~6/100 程度のもが多い（全長が 100mm で先端径が $\phi 8\text{mm}$ 、根元付近の径が $\phi 13\text{mm}$ の場合でテーパ比は 5/100）と見受けられるので、常識的に考えるとこの程度のテーパ比であれば平均直径の円筒状のコイルと比べて大きな差は生じないと思われる。それを確認するためにテーパ形状の表面に一定ピッチで溝を掘ることができるように旋盤に取り付ける治具を作成した。

治具は芯押し台の回転センターをオフセットして素材をテーパ形状に加工できるようにするもので、溝加工は刃物台の自動送り機構を使用することができる。今回の治具のオフセットの量は、最大で 20mm である。

取り付け、加工の様子を図 15 に示す。

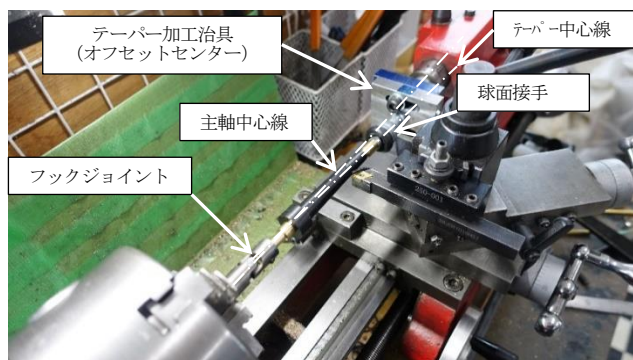


図 15 テーパー加工治具と加工の様子

芯押し台側の回転センターの代わりとして球面接手を用い、かつ本来ならば主軸側にもセンターを置いて両センターとし、素材の回転はケレを用いるのが一般的であるが、今回は素材が POM 材であり加工が容易であることから、主軸側にはフックジョイントを用いて、素材との固定は素材中心に加工したねじを使用して駆動力を伝達している。

フックジョイントを用いると、ジョイントに存在するガタにより若干の芯ぶれが発生してしまうが、精密加工ではないので良しとした。また、素材中心に $\phi 5$ のドリルで貫通穴をあけてから外径のテーパ加工を行うが、外径が細い場合は素材がたわんでしまうのを防止するために内部に $\phi 5$ の黄銅棒を中子的に使用してたわみを防止している。

根元側のコイル径が $\phi 9\text{mm}$ で、先端側のコイル径 $\phi 7\text{mm}$ ピッチ 1.0mm の 60 巻き（全長 $\approx 60\text{mm}$ ）のテーパコイルと、 $\phi 8\text{mm}$ でピッチが 1.0mm の 60 巻きの円筒コイルをそれぞれ試作して比較を行った。試作品の図 16 を示す。

上がテーパ、下がストレートである。

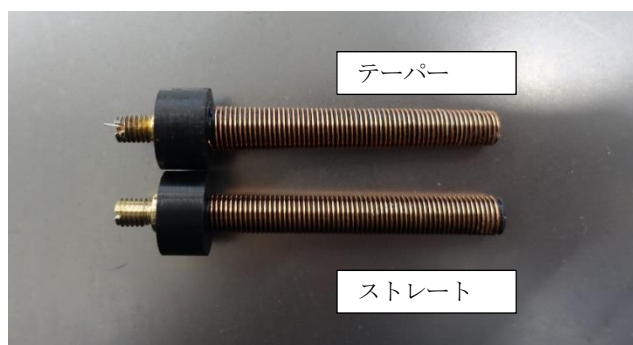


図 16 ストレートとテーパコイル

測定結果を表 3 に示す。

表 3 ストレートとテーパの測定結果

仕様	共振周波数 (MHz)	帯域 (MHz)
テーパコイル	91.73	2.81
円筒コイル	94.49	2.80

テーパコイルの方が、共振周波数が 2.93%低い値を示した

が、コイル径が 0.1mm の誤差があると共振周波数に 2.5%程度の差が生じるため、この結果は有意差があるとは言えない値である。後述するほかの仕様での結果を合わせてみても、この程度のテーパ比では、円筒コイルとの差はほとんどないかまたは若干下がる程度と考えてよいと思われる。

次に、製品仕様に近い形状のアンテナを試作した。トヨタ 86 のアンテナに近い仕様として、コイル先端径 $\phi 7.1\text{mm}$ 根元径 $\phi 10.9\text{mm}$ （完成品実測値）、ピッチ 1.25mm 、巻き数 67 巻きのものを試作した。仕様はこれまでの実験結果を参考に数値を算出した。

共振周波数と帯域の測定結果を表 4 に示す。

表 4 86 用テーパショートアンテナ測定結果

仕様	共振周波数 (MHz)	SWR3.0(-6dB) 帯域 (MHz)	SWR6.0(-3dB) 帯域 (MHz)
試作品	82.49	2.86	5.14
86 純正品	82.31	3.48	6.16

共振周波数はほぼ同じ値にできたが、全長が純正品の 111mm に対し 20mm 小さい 91mm となったため帯域は若干狭くなってしまった。全長をほぼ同じ値とするためには、ピッチを 1.5mm 程度にするか、ピッチを変えないのであれば平均径をもっと小さくするべきであったようである。

両者のリターンロスの比較を図 17 に示す。

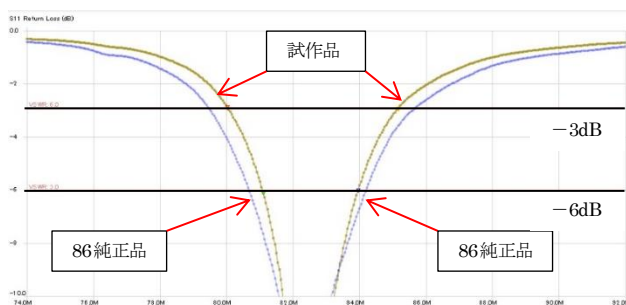


図 17 86 純正品と試作品のリターンロス

試作品は 80MHz 近辺で約 1dB 感度が低下しているのが分かる。ただし、これまでの実車測定での結果から判断すると、実車での受信性能においては聴感での両者の差はほとんどないと思われる。後述する実車での確認でも大きな差は認められなかった。

アンテナの比較を図 18 に示す。上が 86 純正品で下が試作品である。試作品の方が小ぶりですっきりとした外観になっているのが分かる。

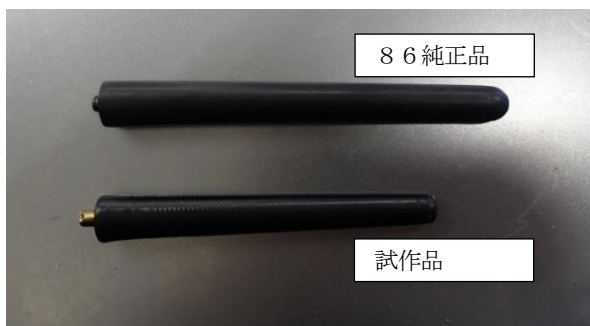


図 18 86 純正品と試作品

86 純正品のアンテナの内部構造は不明ではあるが、おそらくごく普通のヘリカルコイル型であると思われるが、コイル径が小さく、ピッチも小さいコイルが全長にわたって内蔵されているのではないだろうか。感度や帯域を確保するためには共振周波数の 1/2 波長の長さより若干短い長さの導線を使用するのが一般的であるためである。ちなみに今回の試作品では導線の長さ（計算値）は 1.89m で、83MHz の 1/2 波長である 1.8m に対しては若干長すぎたきらいはある。

次に VW POLO の純正品に対応するテーパースhortアンテナを試作した。詳細は省くが、比較写真を図 19 に、特性の比較を図 20 に示す。



図 19 VW POLO 純正品と試作品

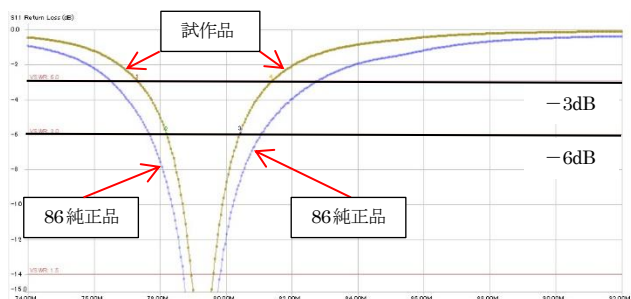


図 20 VW POLO 純正品と試作品の特性

POLO 用の試作品は、コイル先端径 $\phi 8.0\text{mm}$ 根元径 $\phi 13.3\text{mm}$ （完成品実測値）、ピッチ 1.5mm、巻き数 50.5 巻きとした結果、全長 96mm と純正品の全長 200mm と比較し半分以下となった。共振周波数と帯域の測定結果を表 5 に示す。

表 5 POLO 用テーパースhortアンテナ測定結果

仕様	共振周波数 (MHz)	SWR3.0(-6dB) 帯域 (MHz)	SWR6.0(-3dB) 帯域 (MHz)
試作品	79.27	2.23	4.02
POLO 純正品	79.62	3.66	6.16

POLO 用試作品は、全長が 86 用試作品より若干長いにもかかわらず帯域が 2.86→2.23MHz と狭くなっている。86 用と比べるとピッチが荒くなっているのと、コイル平均径が大きくなっているなど、条件に違いがあるが帯域を決めるなんらかの要因があるものと考えるべきであり、今後の課題としたい。

4. 実車での評価

試作したアンテナの受信性能を、それぞれ実車で評価を行った。

1) 評価方法

- (1) 官能評価：手動により、76.1MHz から 0.1MHz ごとに官能評価を行う

- A: 音量を上げてもノイズがなくクリアに聞こえる
B: ノイズはあるが会話／音楽がはっきり聞こえる
C: ノイズが大きく会話／音楽の内容があまりよく分からない
D: 受信はしているがノイズが大きすぎて内容がほとんどわからない

- (2) 自動選局：自動選局により選局されるかどうかを確認する

2) 評価場所

- (1) 徳島では短大のグラウンド中央および小松海岸にてトヨタ 86 を使用して行った
(2) 横浜では横浜市内 2 ヶ所で VW POLO を用いて行った

3) 評価結果

徳島での評価結果を表 6 に示す。

表 6 トヨタ 86 評価結果

周波数 (MHz)	吉野川河口 小松海岸			大学グラウンド 中央付近		
	純正	試作品	無し	純正	試作品	無し
79.0	D			D	C	C
79.1	C	D	D	C	B	B
79.2	D			D	C	C
80.6	C	C	B	D	D	D
80.7	A	A	A	A	A	A
80.8	C	C	B	D	D	D
83.3	B	B	C	D	C	D
83.4	A	A	A	A	A	A
83.5	B	B	D	D	D	D

使用オーディオ：パイオニアナビ AVIC-MRZ06

FM びざん：79.1MHz, FM 徳島：80.7MHz, NHK FM：83.4MHz

アンダーライン付きは自動選局されたところを示す

徳島での評価結果は、3局しか受信できず、各々の周波数の隣あった周波数に混信が見られた。混信の程度を見ると純正品と試作品の方が、受信感度は高いように見受けられるが、79.1MHz の感度は純正品が必ずしも高いとは限らない結果となった。理由は不明である。

いずれにしても、この評価結果で言えば、トヨタ 86 にはアンテナはなくても問題ないということになった。もっとも、今回は FM 局の受信性能を評価しただけであり、AM 局を評価すればアンテナ付きの方が評価は高くなると思われる。

横浜での評価を表 7 に示す。横浜では受信可能な FM 局が多く、すべての評価データを羅列すると煩雑になるため、評価の数を整理して示すことにする。

表 7 POLO 評価結果

	横浜自宅駐車場			横浜市本牧町神社周辺		
	純正	試作品	無し	純正	試作品	無し
自動選局数	16	16	13	13	12	10
評価 A 数	19	19	15	15	14	12
評価 B 数	6	6	8	2	1	2
評価 C 数	3	3	2	4	2	2
評価 D 数	19	10	12	5	9	6

使用オーディオ：POLO 純正 Discover Pro

横浜の筆者自宅駐車場は小高い尾根筋にあり、電波状態が良いところであるため、受信局数が多い。ここでは純正品と試作品に大きな差は認められないが、評価 D の個数が純正の方が試作品より 5 局多く、やはり受信感度は高いことがうかがえる。

本牧神社周辺は海拔が 5m 程度のところであり、横浜市中心部より離れているため電波状態が少し悪くなる。ここでは純正品の方が試作品より性能が高く、評価 A と B がそれぞれ 1 局ずつ多くなった。

快適に視聴できるものは評価 A のところになるため全体の評価としては下記になると考えてよいと思われる。

純正品 > 試作品 > アンテナ無し

ただし、アンテナ無しの状態でも 10 局以上受信できており、放送局に特別のこだわりがなければアンテナ無しの状態でも実用上は問題がないということである。

もっともこの場合でも、AM 局を受信する場合はなるべく長いアンテナの方が良いことは言うまでもない。横浜市では民放 AM 局が 4 局、ワイド FM での放送を行っており、この 4 局はアンテナのない場合でも POLO の純正オーディオでノイズなく視聴できている。

5. まとめ

民生用の VNA を利用することで、FM 放送周波数帯域でのアンテナ特性を手軽に実測することができ、またミニ旋盤を用いて正確なヘリカルコイルを容易に試作することで、いろ

いろな形状のヘリカルコイルアンテナの周波数特性を実験的に明らかにすることができた。その結果、下記が明らかになった。

- ① 自動車メーカー純正のアンテナの形状毎の基本的な特性が明らかになった
- ② ヘリカルコイルの共振周波数は単純な LC 発信回路から導かれる結果に比較的近く、その結果少ない数の試作品から仕様の異なるヘリカルコイルの共振周波数を比較的正確に推測することが容易であることが分かった
- ③ しかしながら、SWR (Standing Wave Ratio 定在波) の値と帯域については単純な特性にはならず、特異的な要素があることも明らかになった
- ④ 円筒形状のヘリカルコイルと、テーパ形状のヘリカルコイルでは、テーパの度合いが小さい場合は、コイルの平均径の円筒コイルと特性がほぼ等しいことが分かった
- ⑤ 試作したショートヘリカルアンテナは、アンテナ単体での帯域は劣るものの、実車での受信感度は純正アンテナと同等か、若干劣る程度の性能を示すことが分かった
- ⑥ ⑤の理由として、自動車用オーディオは高性能な受信増幅回路(ブースター)を有していると思われ、FM 放送に限れば、アンテナ無しでも実用上困らない程度の受信性能を示すことが分かった

6. 今後の課題

自動車用ヘリカルコイルアンテナは、すでに知り尽くされているかのようにも思えるが、BMW Z3 やフェアレディ Z のアンテナのように主共振以外に副共振が生じることや、単純なヘリカルコイルでも SWR や帯域には特異的なところが存在するなど、まだ解明またはそれを有効活用することが多く存在すると考えられる。ヘリカルコイルそれ自体は安価な構造体なため、今後は目的に特化した特性の把握と、その有効活用について研究を進めてゆくことが課題と考えている。

参考文献

- (1) 電装回路の線間容量, <https://illustrationprize.com/ja/500-capacitance-of-transmission-line.html>
- (2) コイルの等価回路, <https://detail-infomation.com/inductor-equivalent-circuit/>
- (3) コイルを使う人のための話, https://www.sagami-elec.co.jp/file/tech/coil_doc_100j.pdf

e-モータースポーツ体験車両改良

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 助道 永次, 多田 博夫

KEY WORDS: 地域連携, 体験教育, e-モータースポーツ

1. はじめに

世界的に技術革新の波が押し寄せる中, 自動車業界では自動運転をはじめとする最新技術が目まぐるしく進化している。国内では Society5.0 の実現に向けて, 都市や地域の抱える諸課題の解決を行い, 持続可能な街づくり, すなわち「スマートシティ」を推進している¹⁾。こうした背景の中, 昨年度より本学ではクルマの魅力を伝える新たな試みとして取り組んでいるのが, e-モータースポーツ環境の整備である²⁾。

本研究は, e-モータースポーツを通して本学で学ぶ学生や入学を目指す高校生へ自動車を自ら操る楽しさを体験してもらい, 若者への健全なモータースポーツのあり方を示すものとしてスタートしたものである³⁾。

昨年度より引き続き, e-モータースポーツ・シミュレータをより臨場感のあるシミュレータとするために, 実車(リアル)とシミュレータ(バーチャル)を融合した e-モータースポーツ体験車両を製作したこの体験車両を用いて, 県内各地で開催されるイベントに参加, オープンキャンパスや出張体験授業等にて幅広く機会を提供する。そのことにより, クルマやモノづくりの楽しさ素晴らしさを伝え, クルマへの興味を喚起し, 自動車業界をめざす若者を一人でも多く発掘することが目的である⁴⁾。

本論文では, 課題部分の改良を施し, その改良したマシンの評価とイベントでの利用と評価を実施した結果を報告する。

2. 体験車両の改良

2.1 改良計画

この車両は, 元は, ミニカーのレースに参戦していた車両であった。そのため専任ドライバーの体型に合わせたセッティングとされており, シートや操縦に関する装備は全て固定されていた。今回製作した e-モータースポーツ体験車両は, アクセル・ペダル, ブレーキ・ペダルに関しては多少の体格差に対応できるように三段階の可動式としていたが, 身体の小さい小学生から大人までの幅広い体験者への対応が更に必要であるという課題がでてきた。今回は, 固定シートを可動シートへ改良し, この改良した体験車両を用いて県内各地でイベントを開催することにより, 多くの人へ体験してもらうことにより, 実証試験と本研究の目的を達成する。

2.2 製作

固定シート取り付け部分をフラットにし, 乗降が容易になるように不要な固定金具や補強部分を切断にて取り除き, 新たに可動式シートレールを設置した。シートの可動領域を 220 mm とすることにより, 幅広いシートポジション・レイアウトが可能となった(図 1)。

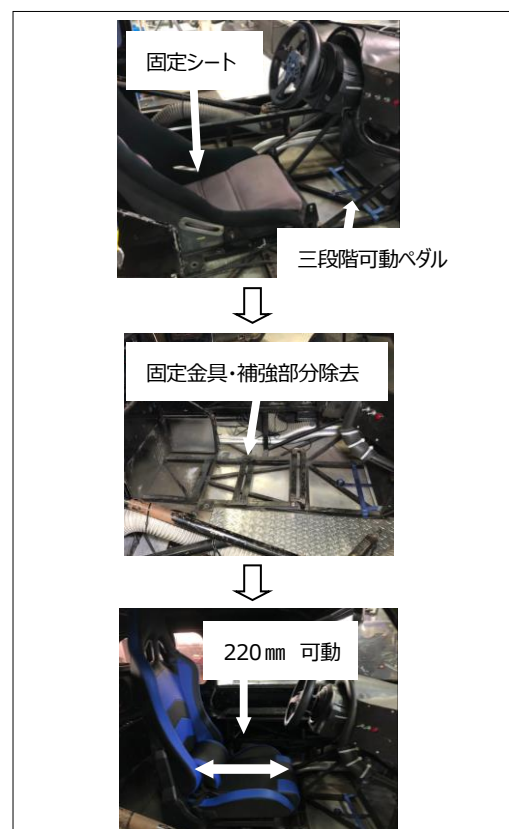


図 1 可動式シートへ変更

2.3 学内評価

三名の体格差の異なる学生に依頼してこの e-モータースポーツ体験車両を体験してもらい(図 2), 総合的な評価を調査した。

- ① 学生 A (身長約 180 cm)
フロント・ガラス越しに見えるモニタは下部しか見えない。ペダル関係は問題なし。
- ② 学生 B (身長約 170 cm)
フロント・ガラス越しに見えるモニタの上部が見えにくい, 腰をかかめると見える。ペダル関係は問題なし。

③ 学生 C (身長約 150 cm)

視点は特に問題を感じない。ペダル関係は問題なし。

上記のような意見により、可動式シートとすることにより幅広い身長に対応できることが分かったが、更にシート高さを変更できる仕組みが必要であることが判明した。この課題に関しては図3に示すように、70mm視点を下げることができるように、シートバッグを取外し可能な仕組みとすることで対応した結果、視界は良好と確認できた。

尚、身長 150 cm以下の小学生に対しては、シートバッグを追加することで対応することとした(図4)。



図2 視点調査



図3 視点調査



図4 身長 150 cm以下対策

3. 実証試験としての地域連携事業

今年度、徳島県eスポーツ推進事業補助金を獲得し、eスポーツ啓発活動の資金とした。今回改良したeモータースポーツ体験車両にて県内五か所で体験会を実施する計画であった⁵⁾。しかし、長期化する新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、二回の開催となった。

まず、板野町と連携し、今年度新たにオープンした「道の駅いたの」にて第一回目の体験会を実施した。参加者は延べ41名であり見学者は約100名と盛況であった。併せて、SDGs

啓発活動の一環として、燃料電池自動車（FCV）を用いた電力供給を行い、水素発電についてのデモを実施した（図4）。

次に、ミニカー正規代理店である「MINI 徳島」にて、二回目の体験会を実施した。参加者は延べ20名であり見学者は約40名という結果であった（図5）。

開催回数は減少したものの、体験者数は総数61名であり、実証試験としては十分な人数を確保でき、シートポジションに関して問題視する声は上がらなかった。



図4 道の駅いたの



図5 MINI 徳島

6. 課題

体験者のスキルに合わせたシミュレーション・レベルを設定して実施したが、ゲーム感覚で臨む小学生には難易度が高いということが分かった。一部の小学生参加者の反応としては、ステアリング操作やペダル操作のアクションが大きく、スピンをしたり、壁に衝突してしまい、このシミュレータではまともに走ることができなかった。楽しいという感覚よりも、難しい面白くないという感覚の小学生が少なからず存在していた。小学生向けのゲームソフトに対応できるように改

善する必要がある。

新型コロナウイルス感染症拡大の影響でイベント回数の減少を余儀なくされたが、SNS 広報を効果的に利用し、体験参加者に関しては目標数を確保できた。

4. まとめ

地域のイベントやオープンキャンパス、e-モータースポーツ体験会にて、今回製作したe-モータースポーツ体験車両を活用し、小・中・高生に対してクルマの楽しさやモノづくりの楽しさを伝えることにより、クルマに親しむよう啓発活動を継続し、バーチャルとリアルの両面からクルマ好きを増やして行けると考えている。

参 考 文 献

- (1) 内閣府：Society 5.0 科学技術製作
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- (2) Toyota Gazoo Racing：e-Motorsports,
<https://toyotagazooracing.com/jp/e-motorsports/about/2020.html>
- (3) 経済産業省：日本のeスポーツの発展に向けて
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/030486.pdf
- (4) 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.33-37
- (5) 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 pp.45-51

無線映像伝送システムを用いたビデオ配信

屋外イベント，卒業式，コロナ対策授業への適応

徳島工業短期大学 多田博夫，助道永次，鎌田孝，東條賢二，廣瀬博文

KEY WORDS: 無線通信，映像配信，広報，ユーチューブ，SNS

1. はじめに

大学広報は様々なステークホルダーへの対応が求められ，入試に特化した受験生向けの広報活動に加え，在学生や保護者向けの広報，卒業生や大学を支える地域，企業などへの幅広い情報発信が求められる．大学経営にとって入学希望者数の増加は重要であるが，少子化と若者の自動車離れが進む中では従来の受験生への入試広報活動だけでなく，大学のイメージ向上に繋がる情報発信を広く地域と関連業界に継続して実施する必要がある．その中では特に自動車の楽しさと整備士の仕事のやりがい伝えると共に，他の短期大学や専門学校との違いと優位性を明確にすることが重要である．しかし，大学自体の認知度が低ければ発信した情報はステークホルダーに届かず，情報を単にホームページや SNS にアップすれば良いのではない．本学の大学広報はツイッターとユーチューブを使用しているが，本学公式ツイッター¹⁾ のフォロワー数は 366，公式ユーチューブ²⁾ のチャンネル登録者数は 79 人と少数である．経費を必要とするオープンキャンパス告知は数千から 1 万回の視聴となっているが，通常ビデオの視聴回数は 100 回程度であり，情報発信の効果は限定的である．

本研究では，ステークホルダーに対し見てみたい，リツイートさせたいと思わせるビデオコンテンツの制作方法について検討し，3 種類のビデオ配信事例の概要と，その効果について検証した．本学は自動車整備士を育成する大学であることから，情報発信の内容は必然的に自動車に関わるものとなり，そのフィールドは実習工場や屋外に成る事が多く，ユーチューブや Zoom に接続したパソコンとビデオカメラとの距離がケーブル長以上に離れることも想定される．本研究では前年度実施した VR 教習システム³⁾ に利用した無線通信システムを利用すると共に，若者に人気の高い Vlog (ビデオブログ) に使用する Vlog カメラと，HDMI 無線通信機，ビデオスイッチャー等を新たに導入することで特に若者に訴求するユーチューブライブ映像を配信し，視聴者数などからその効果を確認することを目的とする．

2. 無線映像システム

昨年度実施した運転スキル向上を目指した VR 教習システム³⁾ では，図 1 に示すように教習車両に搭載したカメラ映像を送信し，車外の受講者が運転のバーチャル体験を行うことを目的とした映像の送受信方法について比較検討を実施した．

本システムでは図 2 に示す 2.4GHz デジタル通信により映像を伝送するドローン利用から開始し，良好な画像と 60ms の短い遅延時間を確認したが，通信距離が短く，障害物により映像遮断が発生した．図 3 に示す 5.8GHz アナログ F8W 方式送信機では 0.8W の送信出力によりコース長 1005m の阿讃サーキット全域の映像送受信を可能とし，遅延時間も 30ms と良好であった．しかし伝送がアナログ方式のため画像の鮮明度は低下した．

本年度は新たに 5.2GHz WiFi を用いた無線通信システムとして HOLLYLAND MARS300 PRO を導入し，良好な画質と室内での遠隔通信を目指した．5.2GHz 帯は衛星通信と周波数を共用し，気象レーダーが隣接周波数帯と成っているため電波法により屋内利用に限定され，屋外使用は不可と成っている．表 1 に無線通信システムの諸元，図 4 に接続図を示す．

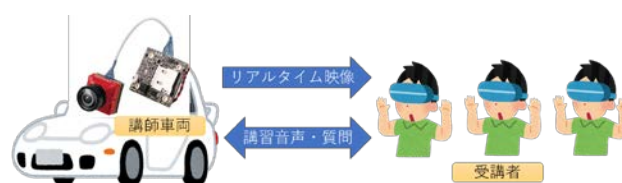
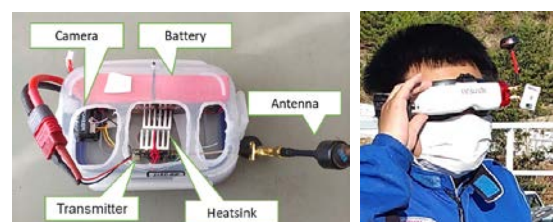


図1 VR 教習システム

(a) ドローン機体 (b) ドローン送信機 iPad

図2 2.4GHz デジタル通信機 (ドローン)



(a) ビデオ送信機(自作) (b) VR ゴーグル

図3 5.8GHz アナログ F8W 方式通信機

表 1 MARS300 PRO 諸元

	送信機	受信機
名称	HOLLYLAMD MARS300 PRO	
入出力	HDMI	
画質	480p60~1080p60	
送信出力	21dbm	-
通信距離	最大100m	
遅延時間	0.08s	
電源	USB(5V・2A),Battery(5-12V)	
重量	136g	128.5g

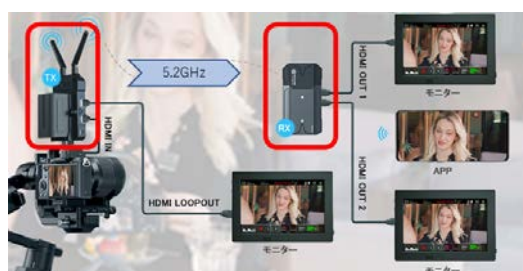


図 4 MARS300 PRO 接続図⁴⁾

3. 適用事例

3.1. JAF オートテストライブ配信

道の駅いたので実施した JAF オートテストの全日程をユーチューブライブ中継した。競技の様子は1台のビデオカメラを有線接続で撮影し、会場の空撮と式典の様子は図2に示すドローンにより行った。ビデオ放映の内容を図5に示す。図5(a)に示す競技中の映像は三脚に固定したビデオカメラで撮影すると共に、iPad に準備した参加者名などの画像をビデオスイッチャーで合成した。図5(b)の空撮は実際にドローンを飛ばし、操縦機に接続した iPad 画面をミラーリングで HDMI 信号として取り込み、ビデオスイッチャーに入力している。図5(c)に示す式典ではドローンの羽根を折りたたみ、撮影者が手持ちカメラとして使用した。



(a) ビデオカメラ映像



(b) ドローン空撮映像

(c) ドローン手持ち映像

図 5 配信映像

図 6 にビデオ放映システムを示す。ビデオカメラ、iPad、ドローンの3種類の映像をビデオスイッチャーで映像の切り替えや合成処理を行い、USB 接続したノートパソコンからユーチューブライブ送信を行った。

ドローンの無線映像は画面の乱れもなく、問題なく映像を送ることが出来た。ドローンでは音声を送信できないが、固定マイクロホンでイベント実況や式典の全てを收音することが出来た。



図 6 オートテストでのビデオ放映システム

3.2. 卒業式のライブ配信

卒業式は整備士国家試験の5日前であることからコロナ感染症対策を万全にする必要が有り、卒業式への保護者および来賓の出席を取りやめ、代替措置としてユーチューブライブの限定配信とした。図7(a)に卒業式に使用したビデオ放映システムを示す。図中左側のVlog 用カメラは体育館向かって右側に設置し、5.2GHzWiFi を用いた無線通信システム（表1, 図4）を用いて舞台上左袖に設置した主システムにビデオ映像を送信、主システム付近に設置した図7(b)のビデオカメラからの信号と共に映像切替機に入力し、図7(c)に示す各カメラ画像を確認してビデオ信号を切り替え、ノートパソコンよりユーチューブライブ配信を行った。体育館には LAN ケーブルおよびWiFi が存在しないため、5G モバイルルーターを使用し、ユーチューブサーバに接続している。

無線接続したVlog 用カメラの映像は送信機と受信機の間には障害物がない状況ではクリアな映像を送信でき、本学体育館内の全域で通信が可能であった。しかし扉を隔てた体育館玄関からの映像は受信できず、体育館入場前の卒業生の姿はライブ中継できなかった。また、卒業生の退場時に於いてカメラの前を卒業生が通るときに映像が乱れた。本機は最大 100m の通信が可能であるが、5.2GHz 帯の電波は直進性が高く、障害物による電波遮断が発生しない環境での撮影を心がける必要が有る。それ以外の映像はクリアであり、ユーチューブへのアップロードについても乱れや遅延は発生せず、問題なく卒業式ライブを行うことが出来た。



(a)ビデオ放送システム



(b)配信状況



(c)ビデオスイッチャー画面

図7 卒業式のビデオ放映

3.3. 学内遠隔授業

コロナ感染症対策の一環として、明確なコロナ感染や濃厚接触者ではないが、感染や濃厚接触の可能性が否定できない、または体調が思わしくないが自宅待機にまでは至らない学生に対し、学内での別室授業を実施した。図8(a)に示す受講生は他の学生から離れた電算機室で受講し、通信はZoomにより行った。実習中は図7(b)に示すiPadを実習場に持ち込みWiFi接続し、iPadの映像の向きなどは他の実習受講生が担当した。座学に於いてはiPad位置が他の座学受講生の邪魔になることから、卒業式と同じVlog用カメラと5.2GHzWiFi無線通信機を教室後ろに設置し、隣室の有線LANに接続されたデスクトップパソコンを使用し、Zoom接続した。図9に学内遠隔授業に用いたシステムを示す。送受信機間の距離は隣接した部屋nのため壁は有るが距離は近いので、クリアな映像を送ることが出来た。なお本方式ではZoomの双方向性が確保できず、リアルタイム配信に限定した仕様方法と成る。



(a)受講の様子



(b)受講画面

図8 コロナ対策学内遠隔授業



図9 学内遠隔授業システム

4. ビデオ配信の効果

4.1. JAF オートテスト

道の駅いたので開催したオートテストのライブ配信⁵⁾は午前の部1時間47分、午後の部1時間13分にライブ配信終了後に不要部を消去するなどの処理を行い、現在も同じアドレスでアーカイブを残している。視聴回数は午前の部、午後の部共に446回(R4.3.30現在)であり、高評価件数は午前10件、午後11件と成っている。本配信は自動車部とeモータースポーツ部が活動内容を配信する大学非公式チャンネルであり、チャンネル登録者数も31人と少なく、これまでの動画視聴数は20回から112回であるが、本ライブ中継の視聴者は突出して多くなっている。また、広報に利用した徳島工業短期大学eモータースポーツ部ツイッターの書き込みに対し、52件のいいねと12件のリツイートが有り、同ツイッターでの最高値と成っている。オートテスト参加台数が60台であり、関係者の視聴も期待できたことで、広報効果が高かったと思われる。

4.2. 卒業式ライブ配信

卒業式のライブ配信は学生のプライバシー対策として保護者宛郵便にユーチューブアドレスを送り、拡散は親族のみに限定した。式典中の視聴者数は33名であり、57名の卒業・修了生に対し58%の視聴率と成っている。ライブ配信後は不要部を消去し、アーカイブとして残している。263回の視聴回数と8件の高評価(R4.3.30現在)を得ており、本学公式ユーチューブの一般的なビデオ配信に比べ、高い視聴回数と高評価を得ている。また、卒業生と保護者からの問い合わせも多く、その中には自身の操作ミスによる音声聞こえないなどもあったが、アーカイブを残してほしいとの希望もあり、ライブ配信の効果が高かったと考える。

4.3. 学内遠隔授業

家族が濃厚接触者と成った学生1名に対し、延べ4日間実施した。プリント配布などは学生登校前に席上配布することで接触を避けた。午前の座学はシステムの性格上、双方向性を確保できなかったが、座学受講生とLINEを通じてやり取り

をするなどで、授業の不明点を補っていた。実習説明は通常の Zoom 利用と同じであり、質問などへの対応が可能であった。

5. おわりに

大学広報に於いて SNS 等の利用は有効であるとされているが、単にユーチューブやツイッター、ホームページに掲載しただけではステークホルダーへ情報が届かない。特に若者の SNS に対する興味も変わってきており、Vlog など新たなコンテンツ制作にも対応する必要がある。

本研究では昨年度実施した VR 教習システムで培った映像の無線通信研究を活用すると共に新たなシステムを追加し、実習や広いフィールドから映像配信が可能なシステムを組み立て、実際に活用した。オートテストでは参加者や自動車に興味のある人たちにツイッターによる事前広報によりライブ配信への期待度を高め、更にアーカイブとして残すことで高い視聴回数と高評価を得た。卒業式のライブ配信ではプライバシーに配慮し、学生の親族のみに配信アドレスを知らせる方式を取ったが、ライブ中継中の視聴率、アーカイブの視聴数ともに高い数字と評価を得た。学内の授業利用として、コロナ感染対策用学内遠隔授業に使用したが、無線による映像配信は 1 方向であるため Zoom の様な双方向性は確保できなかった。

本研究で使用した機器類は、令和 2 年度「ICT とくしま想像戦略」重点戦略推進に向けた調査・研究事業助成および本年度学長裁量経費から購入し、学内で誰もが使える ICT 関連機器の整備を行っている。次年度からは協定校向けの自動車に関する日本語教育も予定されている。本学教員がそれぞれの授業や実習、学内外での取り組みをコンテンツとしてまとめ、本学の姿を広く伝え、大学の認知度を高める事が入試広報にも貢献すると考える。

参 考 文 献

- (1) 徳島工業短期大学公式ツイッター
https://twitter.com/TCOT_official
- (2) 徳島工業短期大学公式ユーチューブ
<https://www.youtube.com/channel/UCTAGN1zzwFYoj6rG8KfpV4g>
- (3) 多田博夫, 他 2 名 : 運転スキル向上を目指した VR 教習システムの開発, 徳島工業短期大学研究紀要, 第 25 刊, pp51-55 (2021)
- (4) HOLLYLAND 公式 HP
<https://www.hollyland-tech.com/detail-mars300pro>
- (5) 徳工大自動車部・e モータースポーツ部ユーチューブ
<https://www.youtube.com/watch?v=yT8IUh22jjU>
https://www.youtube.com/watch?v=AAmn3_17P18

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 多田博夫

KEY WORDS: CASE, MaaS, 電気自動車, ガソリンスタンド, 自動運転, ロボットタクシー

1. はじめに

徳島県内の大学・高等専門学校と、地方公共団体、企業等の各種機関が協働し、地域が求める人材を養成することを目的とした COC+R 事業の一環として実施された共同授業「徳島の魅力、徳島で働く」¹⁾では、徳島の産業や企業の強みと徳島で働く魅力を考えるオンライン授業が実施され、筆者は100年に一度と言われる自動車産業の大変革と、これを地方創生のチャンスと捉える考え方について講義した。本稿では授業の中で特に強調した内容である自動車の電動化と自動運転の概要と、これらが徳島県の諸問題をどのように解決できるかについて検討した内容を述べると共に、県内大学生からの質問等の反響から、若者の考え方について考察する。

2. 自動車の電動化による影響

2.1. 電気自動車の普及速度

世界の新車販売台数の見通し²⁾を図1に示す。エンジン車は廃止目標の2035年に対し2年遅れの2037年が予想されており、ハイブリッド車も2045年には新車販売が終了するとされている。プラグインハイブリッド車は2050年に於いても新車販売が継続していると予想されるが、シェアは数%程度と少ない。電気自動車の普及は電気自動車の特にバッテリーの性能と充電ステーションの整備状況により変動すると思われるが、ガソリンや軽油を燃料とするエンジン車やハイブリッド車、プラグインハイブリッド車のシェアは、ガソリン価格とガソリンスタンド数の推移にも影響される。

ガソリンスタンドの増減数と揮発油販売業者・給油所総数の推移³⁾を図2、図3に示す。国内の給油所数は平成6年の60,421カ所をピークに減少を続け、令和2年度末は半数以下となる29,005カ所に減少している。平成元年より平成6年は給油所数が増加しているがこれはセルフスタンド解禁によるものであり、販売業者数は平成元年から減少を続け、令和2年にかけて40.5%に減っている。これは低燃費車の普及によりガソリン販売量が低下しているのに加え、平成23年の消防法改正によりガソリンスタンドの地下埋設タンクの40年毎改修の義務付けにより、長期の黒字経営が見込めないことによる廃業が多くなったと分析されている。今後電気自動車の普及に伴いガソリン消費量は更に急激な低下が予想され、ガソリンスタンドの経営の悪化によるスタンド数の減少とガソリン価格への赤字分の転嫁等により、ガソリンを消費する車両の

維持も困難な状況になると考えられる。

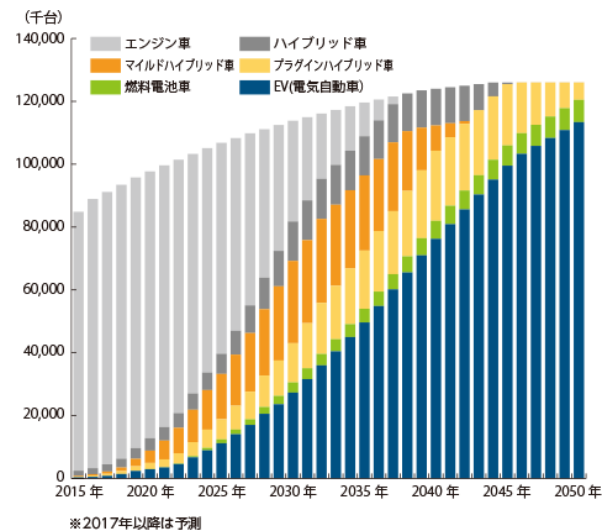


図1 世界の新車販売台数の見通し

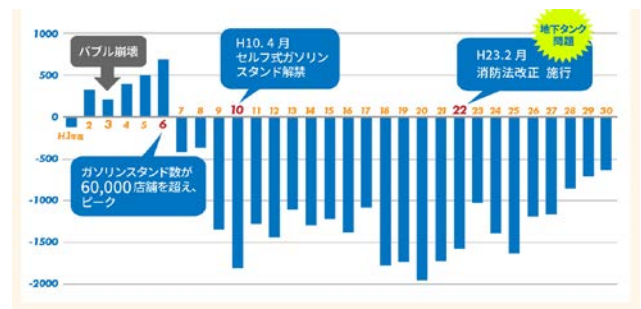


図2 ガソリンスタンドの増減数

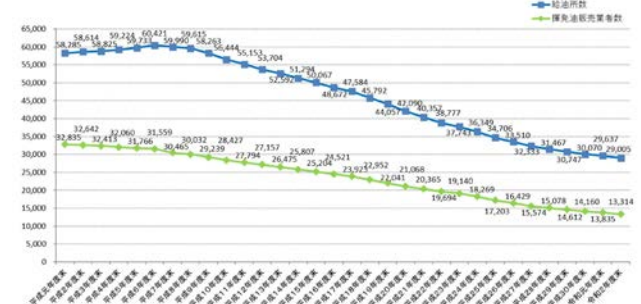


図3 揮発油販売業者と給油所数の推移

2.2. 電気自動車普及による地方産業への影響

電気自動車の急速な普及により、ガソリン販売業は今後大きな経営方法の転換が求められる。現在もガソリン販売に加え、図4に示すような自動車整備やタイヤ販売、車両の洗車やコーティング等のサービスを強化している。電気自動車の増加に伴いEV充電ステーションや、待ち時間を有効活用するためのコンビニ併設等の動きも加速している。Shellは2025年までに全米でEV充電ステーションを50万カ所に設置するとしている⁴⁾。本報ではガソリンスタンドに対する考察はこれまでとし、地方特有の産業構造の変化について考察する。



図4 ガソリンスタンドの収益

図5に全製造業に対する自動車産業の出荷総額を示す⁵⁾。自動車産業は最大金額である18.8%を占め、その生産拠点は図6に示すように主要な集積地に集中している。自動車産業はトヨタ、日産等のトップメーカーを頂点とした巨大なピラミッドを形成し、輸送や組立ライン維持の利便性からピラミッドの頂点に近い企業ほどトップメーカーの近隣に立地することで地域格差を生む構造と成っている。これはエンジンとミッション、その他補器類との取り合わせ等が複雑と成っていることに起因している。このため、トップメーカーから離れた地方では自動車産業のピラミッド構造の上位に位置する自動車の大物アセンブリを製造する工場を立地することが出来ず、ベアリングやハブ等の組立に必要な部品製造に留まっている。このため、自動車産業に興味を持つ若者の多くは主要集積地の企業に就職しており、若者の県外流出の一因と成っている。

電気自動車の主要部品は電動機、インバータ、バッテリーであり、電気・電機メーカ等の汎用製品の利用が可能と成っており、自動車メーカ以外の異業種の参入が相次いでいる。組立における企業間のすり合わせの重要性も低下しており、企業の立地場所による影響を受けにくく、徳島県等の地方に於いても電気自動車の主要部品を製造することは可能である。徳島県内にはベアリング、ステアリング、ドライブシャフト、ハブ等の部品や小物アセンブリを製造する拠点は存在し、自

動車の電動化に伴いハイブリッド車や電気自動車のバッテリー、リチウムイオン電池の電極製造が増加している。エンジンやトランスミッションの製造を行ってきた主要集積地の産業は業種転換など厳しい状況に置かれることが予想されるが、電動化に伴う部品製造は全国の地方でも製造できるようになることから、徳島県に於いてもEV関連部品の製造企業の誘致などを進め、若者が県内で働く場所を増やす取り組みを強化すべきと考える。

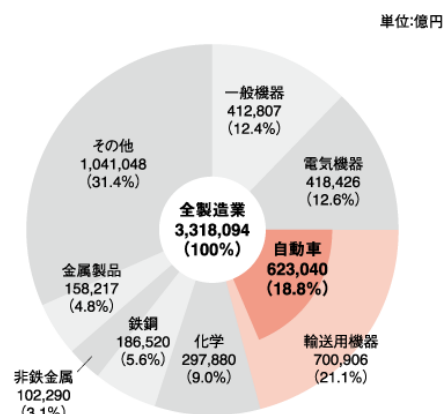


図5 全製造業に占める自動車製造業製造品出荷額の割合

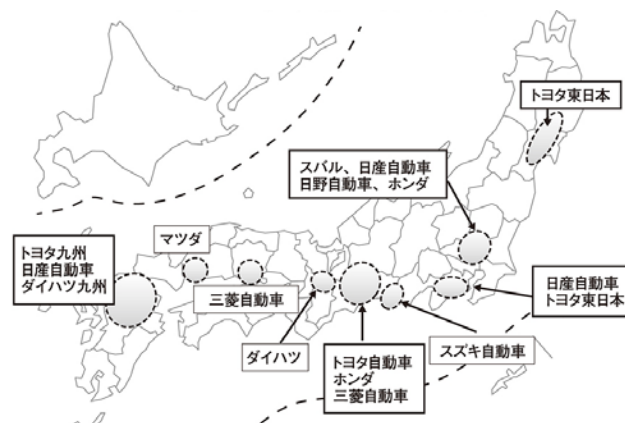


図6 自動車産業の主要集積地

3. 自動車の ICT 化による影響

3.1. 地方における移動の利便性について

徳島県などの地方に於いては自動車保有台数が増加する一方で、公共機関の利用者は減少している⁶⁾。JR 四国の年間輸送人員は昭和 63 年度の 6325 万人から平成 30 年度は 28%減の 4543 万人に減少している。また、路線バスは 2092 万人から 76%減の 492 万人、タクシーの利用者数も 1238 万人から 64%減の約 441 万人へと、鉄道以上の減少と成っている。路線バスやタクシー使用者がマイカー利用へ転換した割合が大きいと考えられ、地方に於ける公共機関を用いた移動の利便性を高めるには、鉄道に比べ面積カバー率の高いバスやタクシーを MaaS(Mobility as a Service)の技術により最適に組み合わせ

せる検索や予約、決済などの導入が重要である。

図7に年齢別の免許保有者数を示す⁷⁾。全国、徳島県共に働き盛りの47歳と団塊の世代の71,72歳にピークが有るが、徳島県は高齢層の免許所有者数が全国合計に比べて高い割合になっている。高齢者の交通事故も増加する中で、免許を返納したくても移動手段を確保できない状況が有り、対策が必要である。

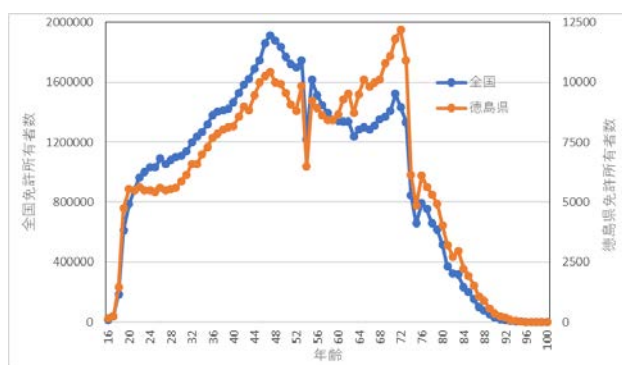


図7 全国と徳島県の年齢別自動車免許保有者数

3.2. 自動運転技術の普及について

自動運転は衝突被害軽減ブレーキ(AEBS)や車線維持支援システム(LKAS)等の先進運転システム技術を含むレベル1から、常にシステムが全ての運転タスクを実行するレベル5の完全自動運転までのレベルに分けられている。レベル1技術はドライバーの安全運転を支援する先進安全自動車(ASV)として実用化され、日本では令和3年11月より、フルモデルチェンジする新型国産車から搭載が義務化され、既存の車種は令和7年12月以降に販売する車種が対象となる⁸⁾。高齢者へのサポカー限定免許は令和4年5月からの利用が始予定されており、免許返納をためらう高齢運転者が自動車運転をする助けとなっている。

自動運転は、日本では令和2年4月の改正道路交通法等によって、公道での自動運転レベル3車両の走行が認められ⁹⁾、特定の条件下での部分的な自動運転が可能と成った。日本車の対応としては令和3年3月にレベル3の自動運転機能が搭載されたホンダレジェンドの発売が開始された。

政府が主導する官民ITS構想・ロードマップ¹¹⁾では、①自家用車における自動運転システムの更なる高度化、②運転者不足などに対応する効率的な物流サービスの実現、③地方や高齢者等向け無人自動運転移動サービスの実現の3つの分野に重点化することで、それぞれの市場化等に向けた目標を明確にして開発等が進められている。個人向けの自動運転車両は、今後急増する高齢者が自身で所有し、運転する手段として有効であると共に、免許を返上した高齢者や免許を持ってない子供たちの移動手段として、無人自動運転移動サービスのニーズが更に高まると考えられる。カーシェアリングの普及

も併せ、自身が運転する必要のない車両を所有する必要性は薄れ、無人タクシーの形態で無人タクシー業やシェアリング業の発達が予想される。

3.3. 無人タクシーの普及について

自動車の新たなキーワードであるCASEのConnected(通信)とAutonomous(自動運転)、Shared(シェアリング)技術は自動車のロボット化を推進し、自律的に走行する自動運転車を配車サービス等により効率的に運用することで、自身が自動車を所有しなくてもスマホひとつで移動が可能と成る。図8に示すGoogle系Waymo(ウェイモ)¹²⁾は、2018年12月に自動運転タクシーサービス「WaymoOne」をアリゾナ州フェニックスで一部ユーザーを対象として開始し、現在は一部車両の完全無人運用も実施している。ロボットタクシー事業は政府による道路使用認可も必要であり、特に米国と中国は認可エリア拡大に向けた取り組みが活発化しており、MaaS技術に含まれる予約から決済がスマホで可能と成っている。



図8 ロボットタクシー事業を開始したウェイモ

一般のタクシー業は運転手の高齢化が進み、徳島県では64%の運転手が65歳以上¹³⁾であり、既に運転手不足が進行している。これに対しロボットタクシー事業は運転手が不要であることから、高齢化に伴う運転手不足の問題は解消される。ロボットタクシーの事業損益¹⁴⁾の予想として、平均的なタクシー事業が全売上高に対する運転手の労務費が72%と最も大きくなっているのに対し、ロボットタクシーではこの費用が不要となる。一方では車両の維持費と償却費は合計6%から52%へと増加するが、労務費負担軽減効果が高いことから、営業収益は25%増加する結果と成っている。この試算は自動運転車両が現行タクシーの10倍としたものであり、今後自動運転車両の普及に伴う車両価格の低下により、更に営業収益が増加すると考えられる。タクシー1台当たりの輸送人員に対する利益率は、損益分岐点は平均的なタクシー事業者が1日当たり15人の利用者であるのに対し、ロボットタクシーは11名と少なく、利益率の上昇カーブはロボットタクシーが大きくなっている。これは無人自動車が疲れ知らずで24時間営業が

可能である事による。徳島では電脳交通によるクラウド型タクシー配車システムが開始されており、顧客とタクシーをDX技術で繋げることでサービス力の向上が図られている。UBER等スマホを用いたタクシー配車アプリ、顧客とタクシー事業者とのコネクティッド化は進んでおり、地方の移動を無人タクシーが支える時代が来るのは近いと考える。

4. 受講した大学生からの質問について

これまでの内容についてCOC+R共同授業として約60分間オンライン講義をし、約10分間の質疑応答を行った。受講者は6つの大学等から127名が参加し、約10件の質問があった。質問の多くはガソリン車から電気自動車へ移行する事に対する心配や否定的な意見であり、充電ステーションが足りないのではないか、充電に長時間かかるのでは、バッテリー価格や高性能バッテリー開発の速度、電気自動車の航続時間の短さ等が占め、電気自動車への移行を前向きに捉える意見や質問が無かった。SDGsやカーボンニュートラルについては知っていても、ガソリン車が電気自動車に移行する事に対して考えを持つことがこれまで無かったように思える。自動運転についての質問は1件程度であり、自動車を運転する楽しみを奪うものとして捉えた感想であった。

5. おわりに

県内大学生向け授業として地方創生と新たなモビリティ社会について結び付けた調査をした結果、電気自動車の普及速度は予想以上に早く、欧州の動向等を見ても2037年にガソリン車の新車販売が終了することに現実味が帯びている。また、ガソリンスタンドの経営悪化等も加わり、ガソリンを消費するハイブリッドは2045年に終了し、プラグインハイブリッドも追従すると予想される。これらの変化に対し、本授業を受けた若者の多くが不安と戸惑いを持ち、電気自動車の普及に対する前向きな意見を聞くことが出来なかった。日産リーフやテスラ等の電気自動車を県内で見る機会は増えており、メーカーの開発熱は高まっているが、電気自動車社会を支える充電ステーション等のインフラに対しては対応が遅れていることから、認知度が低くなっていると思われる。

自動車の自動運転についても日本の法整備が遅れ、米国の様なレベル4のロボットタクシーを認可する等には至っていない。国内に於ける自動運転のテレビコマーシャルも高速道路の自動運転等をPRしているが、自動運転車両を積極的に購入したいと考える学生からの意見は無く、運転を楽しみたい若者にとって、自動運転に対する興味は低いと見受けられた。高齢化対策等に効果が高いと思えるロボットタクシー等、自身が所有する車両ではなく、無人タクシーや無人トラックへの取り組みについて積極的に推進し、これらの認知度を高め、新しいモビリティ技術を活用した地域住民に対するサービスを提供するベンチャーを起業する若者が出ることを期待

している。

参 考 文 献

- (1) 徳島大学：2021年度COC+R事業参加校共同授業「徳島の魅力、徳島で働く」、
<https://www.tokushima-u.ac.jp/ccell/docs/29843.html>
- (2) 大和証券：EV化がもたらす変化
https://www.daiwa.jp/products/fund/201802_ev/change.html
- (3) 経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石油流通課：揮発油販売業者数及び給油所数の推移
https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/distribution/hinnkakuhou/data/2021_07_30_01.pdf
- (4) Shell：ELECTRIC VEHICLE CHARGING
<https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/electric-vehicle-charging.html>
- (5) 日本自動車工業会：基幹産業としての自動車製造業
https://www.jama.or.jp/industry/industry/industry_3gl.html
- (6) 徳島県生活交通協議会：次世代地域公共交通ビジョン、pp.2-5, 2019
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippannokat/kendozukuri/doro/5033535>
- (7) 警視庁：運転免許統計, 2021
<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/menkyo.html>
- (8) 国土交通省：道路運送車両の保安基準の細目を定める告示等の一部改正について, 2020
https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_003618.html
- (9) 警察庁：道路交通法の一部を改正する法律, 2021
<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/selfdriving/trafficact.pdf>
- (10) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議：官民ITS構想・ロードマップ, p2, 2021
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20210615/roadmap.pdf>
- (11) Waymo: <https://waymo.com/>
- (12) 徳島県生活交通協議会：次世代地域公共交通ビジョン、p.6, 2019
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippannokat/kendozukuri/doro/5033535>
- (13) アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社：モビリティサービスの事業性分析（詳細版）, pp.19-20, 2019

ネパールからの留學生理解のための基礎知識

—地理，文化，社会，国民性—

徳島工業短期大学 近藤 孝造

KEY WORDS: 出稼ぎ留学生，多言語・多民族国家，ヒンドゥー教，カースト制

1. はじめに

ネパール国民の年齢の中央値は，図 1¹⁾ で示すように 2020 年で 24.6 歳と日本の 48.4 歳の日本と比べて東南アジアの他の国と同様にこれからの成長が期待できる人口構成を持つ国である²⁾。

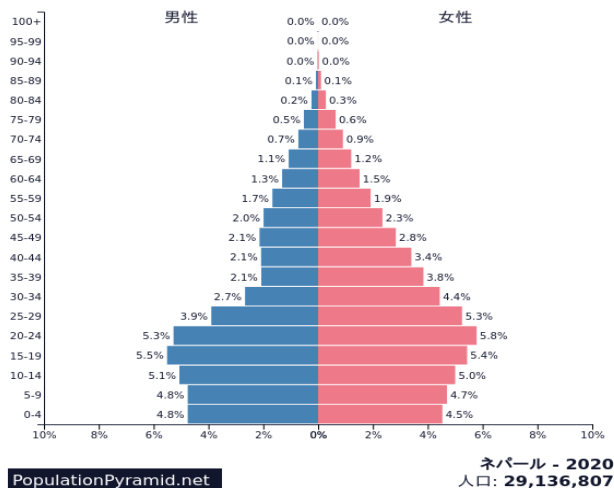


図 1 ネパールの人口動態図

一方で，労働人口の 64%が農林業に従事しているが，生産性が低いので GDP に占める農林業の割合は 27.1%に過ぎない。家計を捻出するための出稼ぎは，農業部門からの基幹的な労働力の流出を招き，農業生産の低下を招いている³⁾。また，国民一人当たりの GDP は，ここ数年伸びたものの 1,085 ドルにとどまっている⁴⁾。このため，国内で教育を終えた者は十分な所得が得られる就労先がわずかしかないので，海外での労働や留学を経て現地での就職・定住を希望している。2011 年の国勢調査によれば，6 カ月以上の不在人口は全国民の 7%を占める約 200 万人に達し，外国で暮らす家族や親戚がだれもいない人のほうが珍しい⁵⁾。郷里への送金額は 2018/2019 年度で GDP の 23.2%に達している⁶⁾。ネパール政府も国策として，法律を整備しながら移民政策を推進してきた⁷⁾。現地調査をした須田⁸⁾によると，村人の話として「貧しい人はインドへ，中間層は中東やマレーシアへ労働者として，裕福な人は学生ビザで先進国へ行く傾向がある」という。

本稿では，日本ネパール協会編『現代ネパールを知るための

60 章』，中川加奈子『ネパールでカーストを生き抜く』を主なテキストとして用い，他の研究者の論文や著者が調べたデータなどを引用してネパールからの留学生と接する時に必要な基礎知識—地理，文化，社会，国民性—を本学の職員に提供することで，親近感を深めさらに丁寧な学習・生活指導が図られるようにすることを目的とする。

2. 留學生の国別推移とネパールの留学事情

本学に初めてネパール留學生が入学したのは，2017 年である。その年は，全国で留學生は 267,042 人であった。3 年後には 279,597 人とコロナ禍による入国制限のために微増の留まっている。表 1 により国別に全国の留學生数の推移⁹⁾を比較すると，10 年間でネパールからの留學生が 12 倍に達しており，その結果国別在籍数では第 3 位になっていることがわかる。このように日本への留學生の推移を見ると，日本をめざす母国の経済力の低さが若者にとって日本が働く場所として魅力となって表れていることが明らかである。

表 1 2020 年留學生国地域別在籍数 全体で 279,597 人

	留學生数 (人)	全体の比率 (%)	2011 年の留學生 数比較 (倍)
中国	121,845	43.6	1.4
ベトナム	62,233	22.3	6.0
ネパール	24,002	8.6	12.0
韓国	15,785	5.6	0.9
台湾	7,088	1.6	1.9

ネパール国民の 15 歳以上のネパール語識字力は男性で 72%，女性で 45%¹⁰⁾，義務教育(1 年～8 年)は終了率 89%¹¹⁾，高等教育への進学率は 15%¹²⁾に過ぎない。海外留学が増加する要因として，長年の政治的混乱により教育の質が十分に確保されていないことに加え，貧困脱却の手段としての留学(留学を手掛かりに先進国に入国し収入を得る)があり，多くの学生が田畑などを抵当に入れ借金して留学すること，Study in Japan という看板を掲げた留学斡旋機関が乱立し，その中には主に地方・村落出身の学生を対象に「日本語ができなくても留学できる，渡航費用・留学諸経費は借金しても，日本でアルバイトすれば返済できる」といった甘い言葉で勧誘する機関がある¹³⁾。一方，受け入れ側の日本語学校も 2011 年に発生

した東日本大震災と福島原発の重大事故、翌年の野田内閣による尖閣諸島国有化による中国の反日運動を含めた領有権の主張などで留学生の多数を占めていた中国が急減したことによる経営上の理由から新たな募集対象国としてベトナム、ネパールからの留学生募集に力を入れて来た事情もある。

学生側の日本選択の動機として、アニメ・日本文化への好感、電化製品・自動車などの技術力の高さに加えてオーストラリアなどと比べて人種差別をされない・治安が良いことも日本語学校の学生からのアンケート調査でわかっている¹⁴⁾。経済界においては、夜勤を必要とする食品工場、宅配便の集配所、工場及びコンビニなどで最低賃金に近い時給で働いてくれる「労働者」の要望は強い。

以上、ネパール側のプッシュ要因と日本側プル要因が合体して、相当数の者が留学に必要な諸経費を母国で賄えず高額な借金を背負ってより高い学歴と収入を得るため「出稼ぎ留学生」となって来日しているのが実態である¹⁵⁾。

日本への留学生急増の原因は、2010年まで70%を占めていたイギリスへの留学が、イギリス政府が語学学校・専門学校に通う留学生のアルバイト許可を20時間から10時間に厳しくしたことにより自活を強いられる留学生にとって行き場を無くしたことによる。つまり、日本への魅力が急上昇したわけではなく働きながら勉強できる国が日本にシフトしたのである¹⁶⁾。

翻って、本学のネパール学生の状況を見ると、令和2年度のオープンキャンパス参加留学生は、ネパール出身者が約50%と最も多かった。彼らの入学を期待したが、会話能力は高いものの漢字読解能力と経費支弁能力が十分でなく、1名入学するのにとどまった。しかし、来年度以降も国内日本語学校に在籍するネパール留学生が一定数いることから本学に入学するネパール留学生も増えていくことを考えると、彼らとの円滑なコミュニケーションを図るうえで、彼らの国民性を築いた歴史、文化、社会への理解と共感が不可欠となる。

次章から各節に分けて考察する。

3. ネパールの地理・地域的多様性

3.1. ネパール国旗・国旗の特色

ネパール国旗は、世界で唯一長方形でない国旗である(図2)。その形状は、1769年にネパール領土を統一し2008年まで続いた前王朝及び宰相家が使っていた旗がルーツである。今は、ヒマラヤの形と二大宗教であるヒンズー教と仏教を意味している。国家のシャクナゲ 色の赤は国民の勇敢さを表し、縁取りの青色は平和を表している。

その中に描かれているものは月と太陽で、この国が月や太陽と同じように持続し発展するようという願いが込められている¹⁷⁾。ネパールはこれまで植民地になったことがない国で19世紀初頭でのネパールと当時インドを支配していたイギリス軍とのゴルカ戦争において、イギリスに敗れたものの大

打撃を与えたことでネパールの兵、のちにグルカ兵と呼ばれ、イギリスにかなり恐れられていた¹⁸⁾。インド独立後もイギリスならびにインドでゴルカ兵の部隊は存続し、現在でもイギリス軍医2,000人、インド軍に5万人のゴルカ兵が傭兵としている¹⁹⁾。

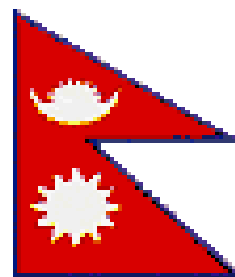


図2 ネパール国旗

次に、2007年に制定されたネパール国歌の日本語訳を示す²⁰⁾。

数百の花で編まれし、私たちはネパールの花輪。
メチからマハカリまで、広まっています。
遺産も自然も豊かで
勇者の犠牲により、自由で不屈になった国。
知識の地、平和の地、タライ平野、丘、ヒマラヤ山脈。
分割されることのない、愛しい私たちの母国ネパールよ。
多くの人種、言語、宗教、文化がある。
この進歩的なネパール万歳！

国歌は、ネパールが起伏に富んだ国土であり、古い文化と植民地化されたことがないこと、多人種・多言語・多文化の国民が住んでいること表わしている。

それでは、国歌に記されているネパールの特色について概説することとする。

3.2 地域的多様性

ネパールは、ヒマラヤ山脈に抱かれた内陸国である。面積は14.7万km²(北海道の約1.8倍)、人口は2,970万人(関東地方の68%)²¹⁾の小国である。国土の北側には、サガルマータ(エベレスト)をはじめとした8,000メートル級のヒマラヤ山脈が横たわるが、地理的環境は北から南にかけて高度差によって大まかに3区分され、ヒマラヤ(高地)から亜熱帯性の密林まで多様な自然が見られる(図3、4参照)。

最も自然環境に恵まれたカトマンズ盆地は、標高1,400mにあり、古くはチベットとインドの中継ぎ交易地として栄えてきた。カトマンズ盆地では、そこを故地とするネワールが独自の文明を築き温暖な気候と肥沃な土壌を基盤に都市国家を発展させてきた²²⁾。首都カトマンズ(標高1,300m)の2019年の人口は、Wikipediaによると約144万人で146万人の京都市に匹敵している。

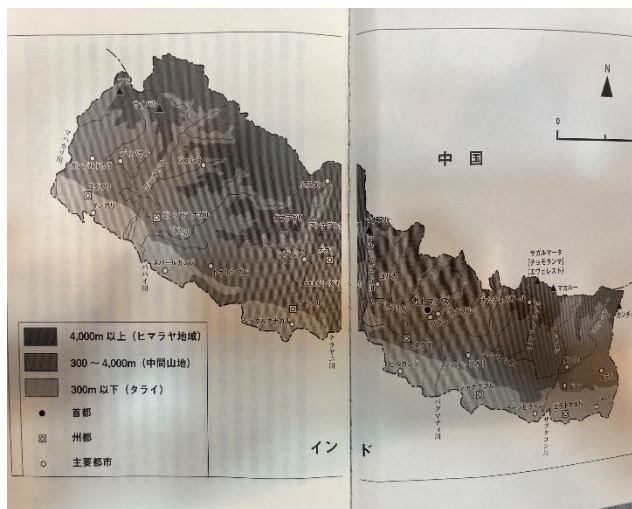


図3 ネパール地図（高度差）



図4 ネパール地図（都市名）

4.ネパールの民族・言語・宗教

4.1 ネパールの民族

ネパールは、多民族国家でありブリタニカ国際大百科事典によると、ネワール、タマン、グルン、マガル、シェルバ族等から成り、2011年の国勢調査では125のエスニック集団より構成される民族国家であるとされている。宗教としては、ヒンドゥー教信者が約80%、次いで仏教徒が約10%、イスラム、キリスト教徒などを合わせて約10%前後とされている。ネパールに住む人びとは、出自に関して「カス」「モンゴロイド」及び「その混合民」に大別できる。カスは、主にネパールの中山間地にすむ北インド文化の影響を色濃く受ける人びとでありカースト所属ではブラーマン（司祭）、チェットリ（軍人）、ダリット（元不可触民）を含み、ネパール人口の約40%を占める。ダリットは2011年国勢調査によれば、全国民の12.5%を占め貧困者の45%、性差別も加わりダリット女性の49%が暴力を受け、「バディ」カーストの女性は伝統的に売春を生業とせざるを得ない、など彼らへの支援が大きな社会問題となっている²³⁾。

モンゴロイドはタナン、チェルパ、マガル、グルン、タカリ、キラートなどを含む。混合民は、カトマンズ盆地に古くから住むネワール語を母語とする人々により主に構成される。モンゴロイドと混合民は、全人口の約50%を占める。残りの約10%は、インドやチベットからの移民である²⁴⁾。

4.2 ネパールの言語

ネパール政府は、125の母語があると発表している。元来ネパール語（約45%）を話す民族集団を一括りにする名称（民族名）はないので、学者たちの間では「パルバテ・ヒンドゥー」（山のヒンズー教徒）と呼びならわされている。ネパール語は、インド・アーリア系の言語で、その起源はサンスクリット語にさかのぼる。インド亜大陸でサンスクリット語が時の流れとともにいろいろな地域で独自に変化していくなかで、進化してできた言語である。同じ言語を話す民族がカーストや氏族によって別々の民族・カースト集団として扱われたり、逆に言語学的には同一の民族の方言の範疇に入ると思われるものが、それぞれ独立した母語として扱われたりしていて非常にわかりにくい。通訳や翻訳の文化は発達していない。その例として、大学のレベルとなると一部の科目を除いて授業は英語で行われている。普通のネパール人を対象としたイベントやテレビ番組の中でも、ネパール人同士なのに英語で話をしている場面を目にするのは決して珍しいことではない²⁵⁾。また、柳²⁶⁾によると海外への出稼ぎのため、英語教育がとても重要視されている。教育言語としてネパール語（主に公立学校）と英語（主に私立学校）の両方が用いられており、外国語教育として英語は必修となっている。特に、都心部の私立学校では母語（ネパール語）以外の全ての授業が英語で行われている。その結果、都心部で私立学校出身者の英語は比較的高く、基本的に英語のコミュニケーションができる。

4.3 ヒンドゥー教

ネパールに暮す住民にとってヒンドゥー教は、代々に渡って生まれてから死ぬまで生活や社会生活の基盤になっていると言っても過言でないであろう。そもそも、ヒンドゥー教は、イスラームの人々や西洋人などの他者からの視線によって、「インドにもとから住む人々」そして「その人々の信仰（信念）」に対して付けられた名称であった²⁷⁾。

したがって、この宗教には開祖もいなければ教主もない²⁸⁾。「知識」を意味するヴェーダをヒンドゥーたちに精神的に与えられた「啓示」であり、ヴェーダを通じて、自分たちは「宗教」を受け取ったのだと主張している。ヴェーダは、前1200年頃に成立してきたインド最古の宗教聖典（口伝による）の総称である²⁹⁾。信仰する神々についていえば、紀元前後からブラフマーが世界を創造し、ヴィシュヌが維持し、シヴァが破壊するという考えをしていたが、やがてシヴァとヴィシュヌの2神の個性が際立つにつれてブラフマーの姿が後退することになる³⁰⁾。

神への祈りは、「プージャー」と呼ばれており神像に向かって合掌し、水や香をかけ花を飾り供え物を供える。ヴェーダの祭式では、供え物がささげられるのは神像ではなく

「火」であった。これを「ホーマ」と呼び漢字では「護摩」と音写された。今日でも密教寺院にいれば護摩が焚かれて護摩供が行われており、まさにヴェーダの祭式に由来していることがわかる³¹⁾。このようにネパールではチベット仏教とは異なる独自の仏教を発展させてきた³²⁾。

インドでは、仏教は個体の精神的至福あるいは救済という宗教的財を紀元前後まで占有していたが紀元後には、ヒンドゥー教もまた精神的至福に焦点を当て始めた。ヒンドゥー教は、人生儀礼や現生利益を求める供養祭を積極的に執行していたが、仏教はそうした儀礼には冷淡だった。仏教は僧院中心主義をとっていたためにイスラームにより仏教僧院が破壊されると、仏教は急速に衰退した。これに対してヒンドゥー教の知識や儀礼は、それぞれの家で伝授されていた³³⁾。

5. カースト制度

5.1 カーストの成立

ネパールのカースト制度は、インドからの人々の移動などに伴い、インドのカースト制度の影響を受けつつ形成されてきた。カースト制度の原型をなすのは、古代インドにおけるバラモン（祭祀階級）、クシャトリア（武士階層）、ヴァイシャ（一般庶民）、シュードラ（奉仕者階層）という4つの「ヴァルマ」に基づく身分制度である。ヴァルマとはサンスクリット語で「色」を示しており、皮膚の色を中心に容貌など形質的な差異に基づいて種姓的な身分制度が紀元前8世紀ごろに形成されていた。15世紀末にインドにやってきたポルトガル人が、「血統」「家柄」「種族」をあらわす「カスタ」と呼んだ。これを後からきて植民地支配を行ったイギリス人が「カースト」と英語読みした。インド社会は『マヌの法典』などにより示されるカーストにより規定されているとみなし、1870年代よりはじめられた国勢調査を通じて法制化し具現化した³⁴⁾。

カーストの形成について、身分が国の単位で制度化された機会は大きく二度ある。一度目は、14世紀にジャヤッステティ・マッラ王の時、二度目はジャハ王朝期の1854年「国定カースト序列」であるムルキアインを制定した時である。ムルキアインは民族を超えて国中の人びとを、①聖紐（せいちゅう）を身につけたもの、聖紐とは聖化された木綿糸の紐で男の子は12、13歳になると儀式により掛ける。この儀式を経て初めて結婚する資格とともにその家族や父系集団の祖霊崇拝などの宗教的行事に参加する資格を得られるもの³⁵⁾。あるいは、聖紐は白く細い木綿の紐をたばねたもので、左肩から右脇の下にかけてぐるりと回してゆるやかにかけられる。バフン族は6本の紐、チェトリ族は3本の紐をたばねたものが与えられる³⁶⁾。②奴隷化できないが酒を飲むもの、③奴隷化でき酒を飲むもの、④水を与えられないが可触、⑤水を与えられず

不可触に序列づけた。カーストの性格として石井氏が行った村落調査によると、①世襲の身分範疇である。②それぞれ固有の名前を持ち、相互に区別する。③生業面及び儀礼面で特定の役割を持ち、それによって他の諸カーストと一定の相互依存関係にある。④カーストへの帰属は生得的であり、また原則的に固定である³⁷⁾。このことは、ヒンズー教の司祭になろうと思えば生まれながらの身分であるブラーマン（バフン族）に所属しているものに限って司祭が出来る。ブラーマン以外のカーストはヒンズー教の司祭になれない。これが世界の他の宗教（仏教・キリスト教・イスラム教）との大きな違いである³⁸⁾。

結婚については、条件付きで「カースト通婚」や「一夫多妻制」も認められていた。第一儀礼的階級に属する男が第二・三階級に属する女を娶っても構わないが、その逆は認めていない³⁹⁾。ダウリーと呼ばれる花嫁持参金制度が結婚を複雑にしている。花嫁持参金制度はもともとインドにあった制度でネパールに入ってきた。この制度はバフン族やチェトリ族といった山地ヒンズー教徒の慣習である⁴⁰⁾。

嫁側が婿側に多額の持参金を持っていかないと結婚が成り立たない社会制度があるために女子は生まれても大事にされない⁴¹⁾。法律で男女の結婚は20歳以上と定められているのに、女子で18歳未満が37%、15歳未満が10%、男子も18歳未満が11%⁴²⁾と児童婚が根深く残っている。

ネワール社会を調査した中川加奈子は、後述するように日常生活においてカーストの存在は不可分となっていることを明らかにした。ネワールとは、カトマンズ盆地に住みネワール語を話す人びとでいくつかの王朝が変遷した。14世紀にマッラ王朝のジャヤッステティ・マッラ王は、36のカーストに分類する規定を定めたとされる。各カーストがかかわる職業を定着化させて社会秩序の維持を図るという意図がこめられている。王制としては、1769年にブリトビ・ナラヤン・シャハ王によりネパールが統一され2008年まで続いた⁴³⁾。

日常生活において①食べ物授受の制限（自分よりも低いカーストの人びとから特定の食べ物を受け取って食べることが出来ない）。②接近の制限（水を受け取ることができるかどうかの問題にかかわっている）⁴⁴⁾。

カーストに基づく差別が1955年に禁止されても、差別される「カドギ」（家畜の屠畜や肉売り、儀礼のための家畜の供犠をする人々）⁴⁵⁾と呼ばれる階層に実態調査を行った前述した中川加奈子は、市場経済の発展により経済的特権として大きなビジネス・チャンスを得るものの、水の授受ができない「不浄」の地位を齎し、ネガティブな烙印であるスティグマとして彼らの尊厳や権利を脅かしてきたことを明らかにしている⁴⁶⁾。また、1989年にボカラ市住民のカースト序列意識を調査した山本勇次・村中亮夫によれば5大主要カーストの序列意識は存続していることを明らかにしている⁴⁷⁾。前述した三瓶清朝もネパール在住のキリスト教徒日本人医師が料理などを作

るお手伝いさんをわざと不可触民を置いたところ、ネパールの客さんは彼女が作るお茶を決して飲まない、それどころかけがれているからという理由でヒンズー教寺院にすら入れない⁴⁸⁾と記している。

このようにネパールでは、国家権力によってネパール独自のカースト社会、序列化された枠組みが整備され子々孫々に受け継がれてきている。ところで、この枠組みを構成する社会範疇をあらわすのに、民族やカーストに当たるネパール語のジャートという用語が適用された。ジャートは、地域や時代、教育によって認識に温度差があるものの、20世紀半ばまでは人々を国家に編入する法的な枠組みとして利用され、この用語の定義に修正が加えられながらも、現在も社会範疇を示す単位として認識されている⁴⁹⁾。結城史隆もネパール社会構造の大枠を理解するためには、「ジャート」という用語が重要である、と指摘している⁵⁰⁾。

5.2 カーストの変容と課題

1955年の市民解放差別の禁止、1963年ムルキアインはより先進的なものに置き換えられた。このように近代国家として名目上はカーストの差別を禁止するなど、国会によるカーストの位置づけはこの時期に大きく変化している。1990年代半より抑圧されてきた人びとにより、平等な社会の実現を求める動きがみられるようになり、一方で国王が専制体制をしたことによる反発が市民運動に発展し、マオイスト(ネパール共産党毛沢東主義派)による武力闘争も加わり、さらに大規模な民主化運動となって、ついに2008年に王制が廃止された⁵¹⁾。換言すれば、2007年までは世界で唯一ヒンドゥー教が国教の国家であり、ヒンドゥー教的浄・不浄観に基づいた「カースト制度」が社会の根幹にあった⁵²⁾。王制廃止後は、2015年に7つの州から成る連邦民主共和制を敷き、国民主権・人権・多様性の尊重、差別撤廃などを掲げた憲法が定められた⁵³⁾。その後、選挙が行われるようになりカーストや民族などの民族範疇とそれへの帰属意識が強化され、カースト間の関係が競争関係へと変化しつつある⁵⁴⁾。

現在は、カトマンズのネパール社会においては、職場の同僚や学友など多様な属性をもつカーストが違うものどころが、結婚や子供の食い初め儀礼などの疲労パーティに参加することが広く受け入れられつつあり、「水を受け取れるカースト」と「水を受け取れないカースト」のカースト間関係の制限は、徐々に緩んできている⁵⁵⁾。日本政府も差別を克服するための経済援助のひとつとして、JICAによる「ジェンダー主流化及び社会的包摂促進プロジェクト」により男と女、ブラーマンとダリット、ヒンズー教徒と仏教徒がひとつのグループで協働して自分たちの村の飲用水タンク建設、道路補修、所得向上のためのヤギ飼育、女性向け研修などを成功させた。これによって、女性やダリットに対する人々の見方が変わった⁵⁶⁾。佐野麻由子が2016年～2017年に約2500名の住民を対象に実施した男女別子供への期待調査では、女兒への複数回答イメージ

でダウリーの負担は6.7%と少なく、年老いた両親への世話(60.6%)、家事の支援者(53.8%)が多い⁵⁷⁾。

そうは言うもののなお結婚に際しては、民族＝カーストが違くと周囲の理解を得られないことがある。神戸ユネスコ協会がネパールの学校へ防災教育を指導した時の現地スタッフだった数民族のタマン民族の男性とダライ民族の女性が、双方から反対され結婚式に親族が誰も来なかった。4年目に夫の母が病気になり入院することになったが母の世話をする人がいなくて困っていたところ、妻が看病を申し出て献身的に世話をしたことで、「民族よりも、人の心のほうが大事だ」と夫側の両親が悟ったと体験記を書いている⁵⁸⁾。ほかの事例では、ダリット出身の女性が高校時代に高位のカーストの男性と恋愛し結婚しようとしたが、男性の親が猛反対、さらに親族が女性を脅迫した結果、男性も別れることにした。女性は自殺をはかったが一命をとりとめた⁵⁹⁾。

ジャートの精神的基盤になるヒンドゥー教への信仰の中で様々な差別現象を根絶することは、ネパール政府にとって現代の大きな課題である。

6.ネパール人の国民性

実際に我々がネパール人とコミュニケーションをとろうとする時に留意すべき国民性について、以下に述べる事例で説明する。

ネパール留学生を採用する企業へのアドバイスとして人材紹介業のdnus担当者は、次のように述べている⁶⁰⁾。

- (1)ハングリー精神を持っているが、むき出しにしない。
- (2)人とのコミュニケーションは好きで、人懐っこさを持っている。
- (3)依存的で自己責任に対する意識が薄い面がある。
- (4)日本社会がかなり他国と比べても厳格なので、仕事をともにする際にはお互いに歩み寄って理解し合うスタンスは必要である。

また、外国人で初めてネパールの大学院修士課程を修了し留學生活7年半に及ぶ経歴を持つ前述した野津治仁⁶¹⁾は、次のような体験談を述べている。

- (1)ネパールの母語はネパール語だが話せる人は約45%に過ぎず、英語で話すことも多い。しかし、住民の中には英語がよくわからない人も多いから、常に他人が話していることを「大体」でしか聞いていない。あらかじめその場の状況や話の流れから、相手がどのようなことを言いたいのかを推測しながら聞いている。このために話の行き違い、勘違いもよく発生する。後日「そんな話は聞いていなかった」ということも少なくない。
- (2)ネパール人は、日本人に対して概して親切でやさしい。道を尋ねると知らなくても「大体の感じ」で答えてしまう。必ずしも「嘘をつこう」と思ったわけではない。また、カトマンズ市内からでは直接エベレストは見えないのだが、

外国人観光客に「エベレストはどの山だ？」と聞かれたネパール人ガイドが「あれだ！」と言って、全く別の山であるガウリシャカルを指さしたのを、そばで見たことがある⁶¹⁾。

- (3)しいて一言で国民性を言い表すならば「アバウト」ではないか。その原因は、想像力や創造力を養う教育がなされていないことが挙げられる。想像力や創造力が養われていないと、そのような緻密な検討なしに作られた計画が実行された際にどのようなことになるか、ということを想像することができなくて、計画的に物事が進まない、という結果になる。

野津治仁が経験したことの一例として、大雨の日に市街地から離れた大学に来る学生は半分くらい、教授陣はもっと少なく、自分の都合は考えることができても、自分がした行動、あるいはしなかった行動が他人に、ひいては社会に対してどのような影響が及ぶかを想像することをしない、否できないのであろう⁶²⁾、と述べている。

留学生の日本語習得については、前述した安井裕司他編⁶³⁾で川口の先行研究が報告されている。川口は会話分析の手法を用いて、意見を交換する場面における日本語母語話者はどちらか一方が「提案」しているというよりも、2人で話し合いを繰り返した「提案」の述べながら「決定」への道を辿るという「共話」形式が窺える。それに対して、ネパール学生は、相手の「提案要求」に対して自分の「提案」を即答することが多く、「相手との共通の理解を前提とせず、相手の賛同や同感を特に期待せず、しかも自分の意志や意見を相手の理解させることを目的として話す」という「対話」形式が代表的パターンとして見られると結論付けている。

以上のようなネパール人の国民性に対するイメージは、本学の留学生に対しても、「人懐っこさ」「アバウト」「共話できる」などをつなげると実に共感できる Key Word であると言える。同時に、ネパール語は語順が日本語と似ているため、留学生の時間が経つと会話はマスターできるが、漢字の読み書きは難しい⁶⁴⁾、との指摘も同感するところである。

7. むすびにかえて

近年来日が急増しているネパール留学生への理解を深めるためにこれまで述べてきたことを整理する。

- (1)日本への留学生は10年間で急増し中国、ベトナムに次いで第3位である。
- (2)ネパール国旗は、世界で唯一長方形でない国旗で文化的融合の意味が込められている。
- (3)ネパールは、北海道の約1.8倍の面積に人口2,970万人の小国であるが古い歴史と植民地化されたことがない。
- (4)ネパールは125の民族集団からなる多民族・多言語国家である。

- (5)ヒンズー教徒は、国民の約80%を占め、国民にとって生活や社会生活の基盤となっている。

- (6)カースト制度は、2015年に制定された憲法で禁止されたが今も健在で日常生活で差別が行われている。

- (7)ネパール人の国民性は、コミュニケーション能力は高いが、相手との共通の理解を前提とせずに自分の意見を相手に理解させることを目的として話す傾向がある。

以上の知見を踏まえて本学職員に若干の提言をする。

- (1)ネパール留学生は、経済的貧困から留学することを知ること。

母国からの送金を期待できない留学生は、アルバイト及び奨学金で学費を支弁し生活費を賄っている。アルバイトで疲れて眠ったり宿題をしなかったりすることが続く場合は、研究室に來させて学生が払った学費の重さと本学に入学した意味を論してほしい。

- (2)国旗の意味を知ること

ネパール国旗は、多文化共生と国の誇りを意味するデザインとなっている。国旗を見る機会は新入生歓迎昼食会、入学式、卒業式と数少ないが節目ごとに国旗が意味するところを認識することはネパールという国への理解の第一歩だと考える。

- (3)ネパール学生への指導には彼ら特有の文化・思考を知った上で日本人の思考・行動様式を納得させること。

学生は、「アバウト」な性格から不正確な情報を伝えたり、我々からの質問や指導の言葉に対して自分からの質問や話題と関係がない返答をしたりすることがある。学生からの逆質問などにすぐ反応するのではなくまず我々が質問したことへの回答や指導内容を学生が理解し納得しているか確認することが先決である。

要は、2年間という短い期間にネパール学生が会社で日本人社員と一緒に働くのに必要なコミュニケーション能力（言語・思考・行動）を身に付けられるよう丁寧に支援をしていくことが肝要である。

参 考 文 献

- (1) 人口：ネパール 2019 - PopulationPyramid.net
<https://www.populationpyramid.net/ja/%E3%83%8D%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%AB/2019/>
- (2) ネパール：日本の年齢（中央値）
<https://knoema.com/atlas/Nepal/topics/Demographics/Age>
<https://knoema.com/atlas/Japan/topics/Demographics/Age>
- (3) 森岡昌子・近藤巧：ネパールにおける出稼ぎが農業生産に及ぼす影響の分析，日本農業経営学会，農業経営研究第55巻第2号，p90，2017。
- (4) 在ネパール日本国大使館：図説ネパール経済 2021，p5，p11，2021

- (5) 日本ネパール協会編：現代ネパールを知るための 60 章，明石書店，p109，2020
- (6) 在ネパール日本国大使館：前掲書，p5-23
- (7) 南埜猛，澤宗則：日本におけるネパール人移民の動向」移民研究第 13 号，pp.28-30，2017
- (8) 須田敏彦：ネパールの海外出稼ぎとダリットーDhading 郡の一農村の事例一，大東文化大学紀要＜社会科学編＞第 55 号，p212，2017
- (9) 独立法人日本学生支援機構：2021（令和 3）年度外国人留学生在籍状況調査結果，
<http://www.studyinJapan.go.jp/ja/statistics/zaiseki/index.html>
- (10) 日本ネパール協会編，前掲書，p203
- (11) 同上書，p193
- (12) 同上書，p200
- (13) 佐藤由利子：ベトナム・ネパール人留学生の特徴と増加の背景ーリクルートと受け入れにあたっての留意点一，独立行政法人日本学生支援機構，留学交流 Vol63，P17，2016
- (14) 引田莉菜：ネパールにおける日本語教育の実態ー聞き取り調査を通して，日本語教育研究 65 巻，pp223-224，2019
https://www.jstage.jst.go.jp/article/naganuma/65/0/65_210/_article/-char/ja/
- (15) 安井裕司他編著：防災・教育・民族からみた多相なるネパール，神戸ユネスコ協会・2017 年ネパール国際ボランティア，ふくろう出版，p42-43，2019
- (16) 岩切朋彦：「働く留学生」をめぐる諸問題について
(1) ーグローバルな移民減少としてのネパール人留学生一，鹿児島女子短期大学紀要第 53 号，p17-20，2017.
- (17) ネパール国旗の意味：ネパールの国旗 - Wikipedia，
<https://ja.wikipedia.org/wiki/>
- (18) duns：外国人採用支援の総合ポータルサイト，p4，2019
<https://dnus.jp/articles/73>
- (19) 南埜猛・澤宗則：前掲書，p25-26.
- (20) ネパール国歌 <https://ja.wikipedia.org/>
- (21) 外務省，ネパール基礎データ | 外務省 (mofa.go.jp)，
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/nepal/data.html>
- (22) 日本ネパール協会編，前掲書，pp.22-24
- (23) 日本ネパール協会，前掲書，pp.237-239.
- (24) 中川加奈子：パールでカーストを生き抜く，世界思想社，p7，2016
- (25) 野津治仁：ネパールとネパールの人びと（下），ICD NEWS 第 68 号，pp.37-38，2016
- (26) 柳基憲：ネパール留学生の実態に関する研究ー福岡で学ぶ留学生を対象として一，（公財）福岡アジア都市研究所，『都市政策研究第 18 号』，p116，2017、元の出典は外務省、世界の学校を見てみよう、ネパール連邦民主共和国 HP，
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/kids/kuni/nepal.html>
- (27) 赤松明彦：ヒンドゥー教 10 講，岩波新書，p13，2021
- (28) 日本ネパール協会，前掲書，p337
- (29) 同上，P16.
- (30) 同上，p25
- (31) 同上，pp.32-33
- (32) 同上，p27
- (33) 立川武蔵編著：ネパール仏教ー歴史・マンダラ・実践儀礼一，春秋社，pp.7-8，2015
- (34) 中川加奈子，前掲書，p6.. 石坂晋哉・宇根儀己・舟橋健太，ようこそ南アジア世界へ，昭和堂，pp.44-45 2020.
- (35) 山本勇次・村中亮夫：ネパール人のカースト序列認識の客観性と恣意性ーポカラ市住民のアンケート調査による考察，立命館大学人文科学研究所紀要（102 号），p168，2013.
- (36) 三瓶清朝：みんなが知らないネパール文化人類学者が会った人々，尚学社，p258，2018
- (37) 中川加奈子：前掲書，p8-9
- (38) 三瓶清朝：前掲書，pp.20-21.
- (39) 山本勇次・村中亮夫：前掲書，p144
- (40) 三瓶清麻：前掲書，p153
- (41) 三瓶清朝：前掲書，p55
- (42) HUMAN RIGHTS WATCH：ネパール：児童婚で脅かされる少女たちの未来
<https://www.hrw.org/ja/news/2016/09/08/293398>
- (43) 中川加奈子：前掲書，pp.48-49.
- (44) 中川加奈子：前掲書，pp.54-56
- (45) 中川加奈子：前掲書，pp.1-3.
- (46) 中川加奈子：前掲書，pp.2-3
- (47) 山本勇次・村中亮夫：前掲書，P129-130
- (48) 三瓶清麻：前掲書，p72
- (49) 日本ネパール協会：前掲書，p24.
- (50) 結城史隆『ネパール王国』財務総合政策研究所，pp.37-38，2000
- (51) 中川加奈子：前掲書，pp.22-24
- (52) 竹内愛：ネパール、ダリット女性議員の抱える課題，共生の文化研究第 15 号，愛知県立大学多文化共生研究所編，p117，2021
- (53) 日本ネパール協会編：前掲書，pp.6-7
- (54) 中川加奈子：pp.23-24
- (55) 中川加奈子：前掲書，pp.136-137
- (56) 豊間根則道：差別をどう克服するかーネパールで考える，国際開発センター，開発の理論と現場をつなぐ 184，p1，2020

- (57) 佐野麻由子：ネパールの男児選好の社会的背景の分析，福岡県立大学人間社会学部紀要 Vol.26， No.2， p238， 2018
- (58) 安井裕司他編著：前掲書， pp.29-30
- (59) 日本ネパール協会：前掲書， pp.243-244
- (60) DNUS：前掲書， p7
- (61) 野津治仁：前掲書， pp.38-41
- (62) 野津治仁：ネパールとネパールの人びと（上）， ICD NEWS 第 67 号， p21， 野津氏はネパールトリブバン大学修正課程でネパール語を専攻した初めての外国人で留学生生活は 7 年半に及ぶ。
- (63) 中井加奈子：前掲書， p43
- (64) 柳基憲：ネパール留学生の実態に関する研究—福岡で学ぶ留学生を対象として—， 都市政策研究第 18 号， p119， 2017

発行者 徳島工業短期大学 研究課
〒779-0108
徳島県板野郡板野町犬伏蓮花谷100番地
TEL：088-672-2311
FAX：088-672-2162
URL：<http://www.tokuco.ac.jp>