

空燃比フィードバック学習システムの試作と教育効果*

楠木 良治¹⁾ 中西 和雄²⁾

Prototype of air-fuel ratio feedback learning system and educational effect

Ryoji Kusunoki Kazuo Nakanisi

For many students, it is difficult to understand air-fuel ratio feedback control system. To repair the cars, necessary knowledge wants to give to the students.

In order to help students learn air-fuel ratio feedback control system, authors developed a simulator that can optionally change the air-fuel ratio feedback control system, furthermore studied the effective educational method of the simulator.

By applying this simulator, it was recognized that students could easily understand the correlation between sensors and actuators in air-fuel ratio feedback control system.

Key Words : **Electronics and control, Engine control, Active learning (E1)**

1. まえがき

現在の自動車にはエンジン電子制御システムが搭載されており、自動車の排気ガス基準をクリアするため、空燃比フィードバック制御を行っている。特に近年は空燃比センサや、電子制御式スロットル・バルブ等、様々なセンサやアクチュエータが相関しあい、高度な制御を行っているため、ひとたび不具合が発生すると不具合の原因を捉えにくく、修理には、複雑で様々な知識が必要となる。

また、このエンジン電子制御システムに関する知識の内容は二級ガソリン自動車整備士（以下、二級ガソリンという。）、一級小型自動車整備士（以下、一級小型という。）の資格を取得するための必須知識となっている。

本研究は、エンジン電子制御システムの空燃比フィードバック制御に着目し、学生が実体験できる教材を試作することで教育効果を向上させることを目的とした。その結果、一定の効果が得られたので報告する。

2. 研究動機

一級小型の問題には、正常車と不具合車のデータから、故障推定原因を絞り込む問題が過去に出題されている。その問題を図1に示す。⁽¹⁾

図1のような問題を理解するためには、各部制御の相関関係を理解することが必要で、例年学生は苦手意識を持つ問題となっている。

(2010年3月 1級小型・過去問題)

表は、外部診断器を用いて測定した正常車と不具合車とのデータである。このデータから考えられる故障推定原因として、適切なものは次のうちどれか。なお、車両はLジェトロニック方式エンジン搭載車で、ダイヤグノーシス・コードの発生はないものとする。

表 測定結果 (エンジンECUデータ)

	正常車	不具合車
水温 (°C)	85	85
I SCVデューティ (%)	35	30~53
エンジン回転速度 (min ⁻¹)	650	550~850
O ₂ センサ (V)	0.3~0.7を一定周期で変化	約0一定
噴射時間 (ms)	2.4	3.5~4.5
吸入空気量 (g/s)	2.1	1.9~4.6
空燃比フィードバック値 (%)	-3.2~0	+19.5一定

- (1) エア・クリーナ・エレメントの詰まり
- (2) I SCVの閉固着
- (3) エア・フロー・メータのHi側への特性ずれ
- (4) 吸気系統への「エア吸い」

Fig.1 一級小型・過去問題

*2018年8月2日受理。第50回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2) 広島国際学院大学自動車短期大学部(739-0302 広島市安芸区上瀬野町517-1)

2016年度専攻科2年生4名を対象に、問題実施後アンケート調査を行った。その結果を表1に示す。

また、本研究で試作する学習システムについて、効果がある

4.3 燃料圧力を変化させる学習システム

燃料圧力を変化させる学習システムについては、車両のフューエル・ラインを使用すると、燃料圧力の異常（高圧）を試作することが困難であった。このため別途、簡易タンクにフューエル・ポンプを取付、フューエル・ラインを増設する仕様にした。また接続は簡易的にできるようにするため、流体継手カブラを使用した。

なおこの教材車の正常の燃料圧力は289～299Kpaである。⁽²⁾ 燃料圧力を変化させる学習システムの仕様を表5に示す。

Table.5 燃料圧力を変化させる学習システムの仕様

項目名	詳細
使用したフューエル・ポンプ	マツダ・プレマシー(型式GF-CP8W)
プレッシャ・レギュレータ	JUDING製・調整可能範囲(0～965Kpa)
流体継手カブラ	日東工器製(TSPカブラ:型式2THS,2TPH)

4.4 インテーク・マニホールドにエアを吸わせる学習システム

エアを吸わせる学習システムは、エアツールに使用している空気流量調整弁付カップリング・プラグを、5個使用して試作した。

取付箇所は真空式制動倍力装置へのバキューム・ホース取付箇所に接続する。全体像を図4に示す。

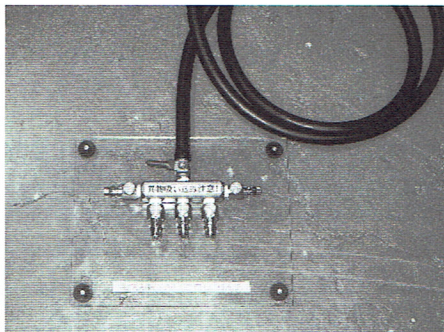


Fig.4 エアを吸わせる学習システム

5. 空燃比フィードバック学習システムを使用した実習

5.1 2017年度後期(専攻科2年生:4名)

まずは、2017年度専攻科2年生(4名)に空燃比フィードバック学習システムを使用した授業を行った。教育時間は200分で計画した。

初めに、基礎知識としてエンジン電子制御のシステムについて説明を行った。

その後、一級小型に出題されている問題(8問)を実施して、このような傾向の問題があることを理解させた。なお、この問題の解答については実習後、どのように向上するかを調査するため、解答と点数については学生に公表しなかった。

空燃比フィードバック学習システムを教材車に接続し、教員が外部診断機のデータ・モニタを説明しながら、データを解説して実習を行っていた。

その際、学生は配布プリントに、グラフデータを記入しながら

行っていたが、想定以上に記入する時間が長く必要で、途中からプリントの記入は中止した。この点については、改善が必要である。

実習後、先ほど実施した問題を再度行った。

実習前と実習後の問題正解数の変化を図5に示す。

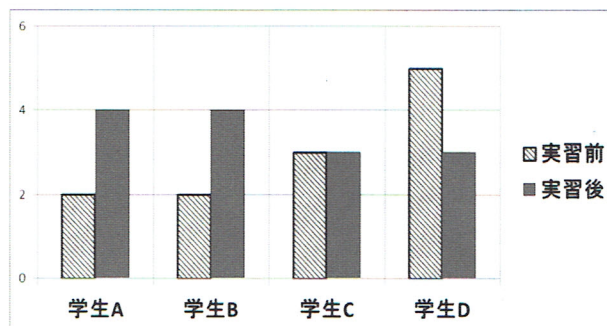


Fig.5 実習前後の一般小型の問題正解数

また、学習システムを行った感想について、自由記述でアンケート調査も行い、次のような回答を得た。

- ・普段体験できなかったことがなかったので、今回の学習システムは分かりやすくイメージしやすかったです。学習システムは分かり易かったのですが、そこからの考え方が難しい。
- ・学習システムをやったことでイメージが出来たのでよかったです。ただ、文字になるとイメージがわかりにくい。
- ・車を使うと分かり易い。実感がある。
- ・学習システムでやった時はリッチとリーンは分かり易かったです。

5.2 2017年度後期(専攻科2年生)の実習結果の考察

自由記述のアンケート結果の評価のみであるが、学習システム自体の評価はそれなりに得ている。しかし、プリントに記入する時間が予想以上に必要で、作業に追われて、現象を考える時間が不足していた。そのため、学生の理解が乏しくなり、問題正解数の向上も予想より向上していない。教育方法として改善が必要である。

また、効果を確認するために行った問題は、4択問題のため、偶然に正解している可能性も否定できず、効果を確認するのに不適切であると考えます。

以上の結果を踏まえ、改善するポイントを以下に示す。

- ・プリンタを用意し、グラフデータを印刷する。
- ・学生の理解を促進するため、グループワークを取り入れたアクティブラーニング型授業を実施する。⁽⁴⁾
- ・グループワーク後、理解力の確認のため、グループにて考察を発表させる。
- ・4択問題の解答に、偶然性を無くすため、「考えたが分からなかった」「考えすら分からない」の選択肢を作成する。

6. グループワークを取り入れた実習

6.1 2017年度（自動車工業科2年生：54名）

二級ガソリンの実技免除講習で「エンジン電子制御」を行っているため、自動車工業科の学生にも理解しやすい項目を選抜し、空燃比フィードバック学習システムを使用した。

授業構成を以下に示す。

- (1) エンジン電子制御のシステムの説明（15分）
- (2) 空燃比フィードバック学習システムの説明とデータの解説（15分）
- (3) データの採取（15分×3班）
- (4) グループワーク（25分）
- (5) 発表会（25分）

実習は「態度目標」と「内容目標」を示してから、4～5人組の班を3班つくり、データの搾取、グループワーク、発表会を順番に行った。全員を参加させるため発表は全員が前に行う形式にした。

最初に示した「態度目標」は「社会人になること」にした。社会人のイメージを学生に問いただしながら、周囲の人と協力すること、そして業績を出すことを目標に示した。今回の具体的な業績とは「発表会を成功させる」ことであると、学生に理解させ実施した。

また、「内容目標」については「空燃比フィードバック制御を理解すること」に設定し、目標に示した。⁽⁴⁾

データの搾取の様子を図6に示す。



Fig. 6 データ採取風景

グループワークを取り入れた授業は初めてのため、上手く授業が進行するか心配していた。しかし、学生間で対話をしながら、主体的に学生が取り組む授業になった。その様子は図7に示す。

発表は、全員の学生に参加させることを狙いとして、学生全員に役割を分担させ、データの考察についての発表を行った。

発表の様子を図8に示す。



Fig. 7 グループワーク風景

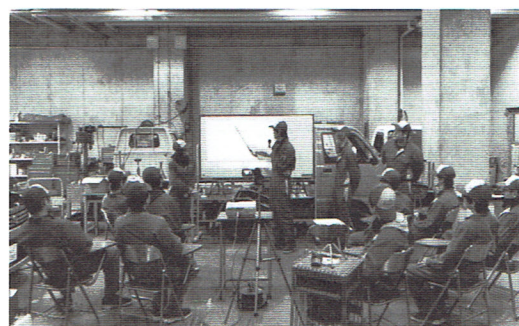


Fig. 8 発表会風景（2017年度自動車工業科2年生）

教育の効果を確認する目的で、実習前と、実習後にアンケート調査を行った。アンケート調査結果を表6、表7に示す。

Table. 6 実習前

Q.空燃比フィードバック制御について知っていますか？	
5.よく知っている	0人
4.少し知っている	1人
3.なんとなく知っている	15人
2.よくわからない	35人
1.わからない	3人

Table. 7 実習後

Q.空燃比フィードバック制御についての理解度をお聞きます？	
5.よく理解した	13人
4.少し理解した	26人
3.なんとなく理解した	15人
2.よく理解できなかった	0人
1.わからない	0人

6.2 2017年度（自動車工業科2年生）の実習結果の考察

アンケートのみのデータであるが、空燃比フィードバック制御を理解させるうえで、空燃比フィードバック学習システムは一定の教育効果があるものだと考える。さらに効果的な教育方法として、グループワークを取り入れたアクティブラーニング型授業が有効だと判断した。

7. 2018 年度前期（専攻科 2 年生:4 名）

2018 年度前期に、専攻科 2 年生（4 名）を対象に再度改善した授業を実施した。

教育時間は 2 回グループワーク・発表を行い、合計 260 分で行った。授業構成を以下に示す。

- (1) 一級小型に出題の問題実施・アンケート調査（20 分）
- (2) エンジン電子制御のシステムの説明（15 分）
- (3) 空燃比フィードバック学習システムの説明・データ解説（15 分）
- (4) データの採取（10 分×2 班）
- (5) グループワーク（25 分）
- (6) 発表会（20 分）
- (7) 「(4)～(6)」を再度実施
- (8) ほかに解説（教員：60 分）
- (9) 一級小型に出題の問題・アンケート調査（20 分）

実習は 2 名の班を 2 班つくり、自動車工業科と同様な流れで実施した。

2017 年度に実施した専攻科授業の時より、グループワーク（25 分）、発表（20 分）を 2 回実施することで合計 90 分、授業時間が長く必要となる。

しかし、プリント記入時間を、プリンタで印刷することにより省略ができ、授業時間を短縮することができた。

また、専攻科ということもあり、自動車工業科よりも上手にグループワーク・発表を進行することができた。

発表の様子を図 9 に示す。



Fig. 9 発表会風景（2018 年度専攻科 2 年生）

教育効果を確認するため、昨年と同様の問題を 4 問抜粋し、実施した。その結果は「正解」「不正解」「考えたが分からなかった」「考え方すら分からない」の 4 つに分け集計した。それを図 10 に示す。

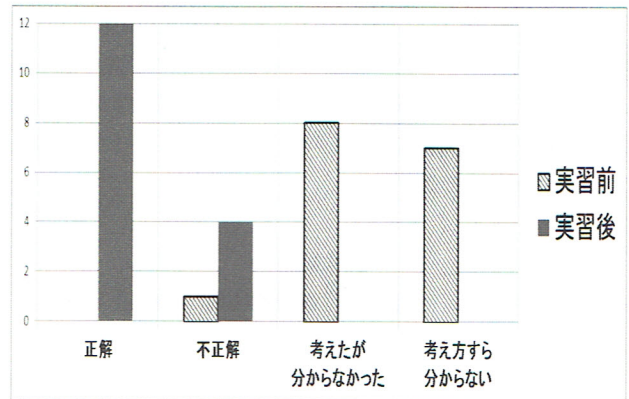


Fig. 10 実習前後の一級小型の問題実施結果

また、学習システムを行った感想について、自由記述でアンケート調査も行い、次のような回答を得た。

- ・なんとなく分かるようになって、イメージもしやすくなって良かった。
- ・先生の説明を聞くよりも、自分から説明して言った方が、自分が理解しているということが解る。
- ・学習システムをすることによって理解を深めることができた。
- ・どう変化したのかをまとめて、人に説明するのが難しいと思った。
- ・分かり易かった。

8. まとめ

空燃比フィードバック制御を任意にずらすことで、各部制御の相関関係を確認することができる学習システムを製作、その有効な教育方法について研究を行った。

本研究の成果として、空燃比フィードバック制御について、本学習システムを利用することで、実体験ができイメージしやすい教材を作成することができた。

また、グループワークを行うことにより能動的な学習を行うことができた。その結果、理解度についても、実習前後の問題実施結果より一定の教育効果が得られたと思われる。

9. 今後の課題

今回は「L ジェトロニック方式」の空燃比フィードバック学習システムを試作した。今後は「D ジェトロニック方式」の車両のものも試作したい。

また、今回は、専攻科に着目をし、空燃比フィードバック学習システムを利用し、アクティブラーニング型授業を実施した。

しかし、予想以上に自動車工業科の学生にも反応が良く、自由記述のアンケートにも約半数の学生が、「楽しかった」「良い経験になった」という肯定的な意見も多かった。また理解度についても、有効な方法であると考えられる。

今後は、このアクティブラーニング型授業をいろんな授業に取り入れる、授業改善を図っていきたい。

謝 辞

本研究遂行にあたり、「財団法人 東京自動車技術普及協会」より助成金を賜りましたことをここに記し、厚く感謝の意を表します。併せて、広島国際学院大学自動車短期大学の諸先生方には論文作成や発表に際しての有益な助言をいただきました。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 自動車整備士 一級小型 練習問題集 平成 29 年度版
公論出版
- (2) FAINES スズキ・ワゴン R・MH34S:整備マニュアル (2012. 8
～)
- (3) FAINES スズキ・ワゴン R・MH34S:自動車整備新技術「エ
ンジン電子制御装置の構造・機能及び故障診断」(2013. 7
～)
- (4) (株)講談社 図解 実践!アクティブラーニングができる
本