

教育用電子制御式燃料噴射実習装置の製作

池田 秀*・龍 英夫*・藤木 正信*

The development of electronically controlled fuel injection equipment for practical training

Shigeru IKEDA, Hideo RYU and Masanobu FUJIKI

Abstract

In order to deal with regulations which have controlled the exhaust gases of motor vehicles since the 1970s, the electronic control system was adopted in the engine and its function has been developed year by year. However, the operation of the high performance electronic control system has made it difficult for the automobile mechanic to diagnose fault of the engine and to tune up the machine. For the students, practical vehicle and text have been the main training tools which we have used till now in their training for the operation of electronic control system. They have become aware of some difficulties in this way of learning to understand the system well.

If the actuation of the electronic control system can be visually and sensuously confirmed, it would be easier to understand than the present learning method and it would be very effective in the training. For such purpose, the electronically controlled fuel injection equipment for practical training was developed. Then several practical training examples were examined and the results are summarized.

1. まえがき

1970年代より、自動車排出ガス規制が米国に続いて我国でも実施され、これらに対応するためには従来から用いられている燃料供給および点火系統では空燃比制御、点火制御の面で機能的に限界があり、電子制御システムが搭載されるようになった。今日ではエンジンに留まらず運転性、経済性の面からも各装置の制御に電子制御システムを搭載する車両が増加しており、これからもこの傾向が続くと思われる。

しかしながら、このような高機能な電子制御システムは整備士が故障診断や整備をするうえで困難なものにしていることも事実である。その対応策として自動車メーカーは独自にオンボードまたはオフボードタイプの故障診断ツールを開発しているが、図1に示すように、その診断能力の20%にも満たないことが知られている。その結果、従来通りの手法である整備士のスキルを基とした測定器ならびにトラブルシューティングマニュアル等に負

うところが多い。ここで問題になるのが、このような電子制御システムを整備士がどれだけ理解しているかである。

本学の交通機械工学科は2級自動車整備士養成の認定

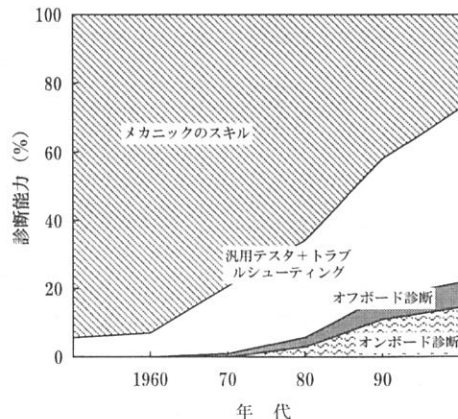
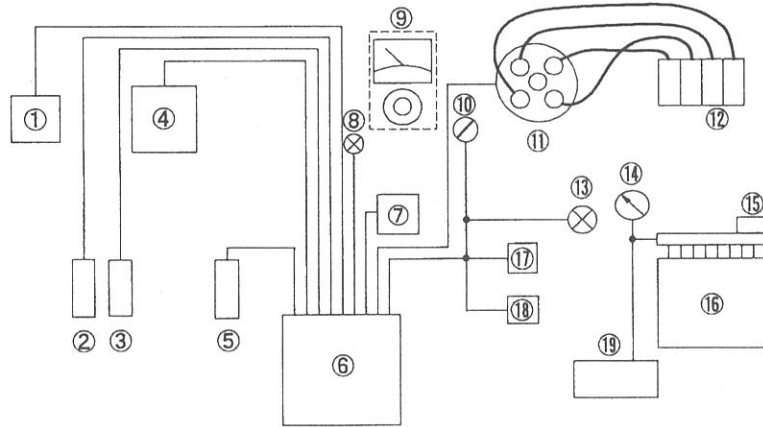


図1 診断手法の動向⁽¹⁾

* 交通機械工学科
平成11年9月30日受理

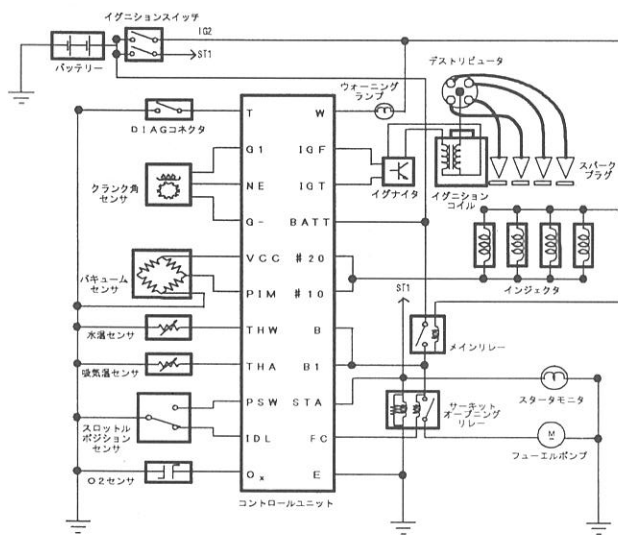
校でもあり、電子制御システム搭載車両の実習も当然行っているが、これらのシステムを学習させるには困難な

面が多々ある。今日の自動車において電子制御システムは重要な技術であり、また教育課題でもある。現在、本



- | | |
|----------------------|------------------|
| ① バキュームセンサ | ⑩ イグニションスイッチ |
| ② 水温センサ | ⑪ ディストリビュータ |
| ③ 吸気温度センサ | ⑫ スパークプラグ |
| ④ スロットルバルブスイッチ | ⑬ セルモータ作動モニタ |
| ⑤ O ₂ センサ | ⑭ 燃料圧力計 |
| ⑥ ECU | ⑮ プレッシャレギュレータ |
| ⑦ ダイアグノーシスコネクタ | ⑯ インジェクタ |
| ⑧ チェックエンジンランプ | ⑰ メインリレー |
| ⑨ ディストリビュータ回転操作部 | ⑱ サークットオープニングリレー |
| | ⑲ フューエルポンプ |

図2 実習装置の概要



- | | |
|-------|------------------------|
| T | : DIAG ターミナル出力 |
| G1 | : クランク角基準位置信号 |
| NE | : クランク角度信号 |
| VCC | : 定電圧電源 |
| PIM | : 吸気管負圧信号 |
| THW | : 水温センサ信号 |
| THA | : 吸入空気温度センサ信号 |
| PSW | : パワースイッチ信号 |
| IDL | : アイドルスイッチ信号 |
| OX | : O ₂ センサ信号 |
| W | : ウォーニングランプ |
| IGF | : 点火確認信号 |
| IGT | : 点火指示信号 |
| BATT | : バックアップ電源+ |
| #20 | : インジェクタ |
| #10 | : インジェクタ |
| B, B1 | : +電源 |
| STA | : スタータ信号 |
| FC | : フューエルポンプ制御信号 |
| E | : アース |

図3 実習装置回路図

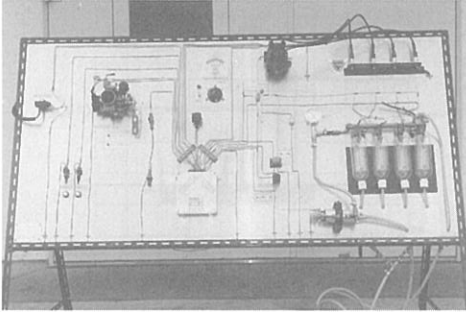


図4 実習装置全体写真

学科において行っている電子制御システムの授業は実車およびテキストを主な教材にしているが、学生にとっては理解しにくい面がある様に思える。その主な理由としては、視覚的ならびに感覚的な作動確認が困難な点にある。もし、視覚的ならびに感覚的な作動確認が可能になれば、効果的な学習到達が期待され、教育上大変有意義なことである。

このような目的で『電子制御式燃料噴射実習装置』を製作し、電子制御システムの理解を深めさせるための教育方法について検討を行ったので、ここにその概要を報告する。

2. 製作上のねらい

実際の部品を使用し、電子点火回路、燃料噴射システムならびに点火、燃料噴射の状況がシステムのおよび視覚的に理解できるようにした。

なお、製作した実習装置は、基本的な制御のみを分かりやすく系統別に配列したもので電子制御式エンジンの制御すべてを学習できる訳ではない。したがって、応用編としては直列6気筒ベンチエンジンを併用した。

3. 実習装置の概略

装置の概要、回路図および全体写真を図2、3および図4にそれぞれ示す。学習者が分かりやすいように、センサ類はECUの左側に、アクチュエータ類は右側に配置している。

4. 実習装置の特徴

装置製作にあたっては実際の部品を使用し、構造、機能および作動原理の各要素のダイナミックな動作が分かりやすいような学習支援装置となるように製作した。

4.1 「回路図」と「実車」の中間的存在の装置

サービスマニュアル等の回路図にできるだけ近似するように各センサを配置した。こうすることによって、実車同様の状態を作り出すことが可能となり、実車による実習の前に予めその作動内容について理解を深めることができる。

4.2 センサ類、アクチュエータ類の作動確認が容易

本装置は、システム全体の作動源であるクランク角センサの回転制御に独自の駆動装置を用いている。これにより、実際のエンジンでは回転継続が困難な低速回転域でも作動制御が可能となり、特に各アクチュエータの作動が容易に理解できる。

4.3 実車で再現性の困難さの解消

本装置では、各センサを単独で作動させることが可能であるので実車で再現性に困難が生じる場合、例えば、冷却水温センサ出力の瞬時変化、空燃比検出用 O_2 センサ出力の瞬時変化および吸入空気量検出用バキュームセンサ出力の瞬時変化等である。このような各センサの入力信号がECUを経てアクチュエータをどのように作動させているのか等をオシロスコープとの併用により確認できる。

4.4 電子制御システムの点検方法等の実習が容易
前述したように本装置は、実際に則して製作しているので、これまで実車による実習では難解であったサーキットテスト、オシロスコープ等を使用した点検方法、ダイアグノーシス機能を使用したオンボード故障診断実習教育がより効果的に行えるようになった。

5. 基礎実習例

5.1 サーキットテストの取り扱い

サーキットテストの取り扱い実習風景を図5に示す。実車では複雑な配線がされており、学生がどの部分を、どのように点検をしているのか理解していないケースがしばしば見受けられたが、本装置は関連部品だけが配列されているので簡単に学習できる。

5.2 点火および噴射タイミングの目視確認

点火および噴射タイミング図を図6に示す。実車では点火や燃料が噴射している様子を確認することは多大な時間を要するが、4.2で述べたように本装置を用いると瞬時に確認することができる。さらに噴射タイミングを同時噴射タイプとしているので、噴射の様子がより理解しやすいものになった。

5.3 減速時フューエルカット⁽²⁾

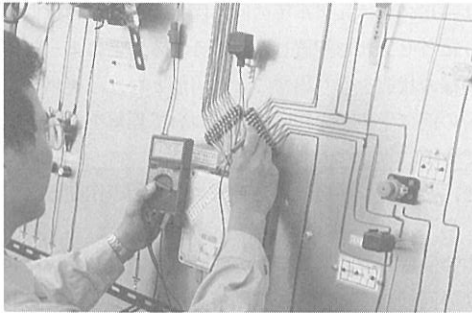


図5 入力電圧点検実習風景

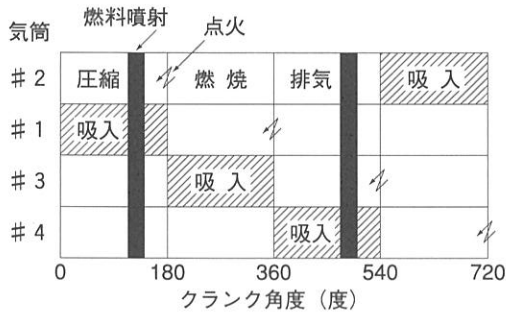


図6 点火, 噴射タイミング図

スロットルバルブのアイドル接点がON(全閉)の状態
で、エンジン回転速度を設定回転速度以上の燃料供給が
必要でない減速状態に設定すると、ECUは燃料噴射カット
を行なう。燃料カット回転速度はギヤ位置、エアコン
負荷およびエンジン冷却水温度等で細かく切り換えるこ
とにより燃料カット領域を広げ、排気ガス浄化、触媒の
加熱防止および燃費の改善を行っている。

エンジン冷却水温度に対する燃料カット回転速度と燃
料カット復帰回転速度の例を図7に、燃料カット時の噴
射波形を図8に示す。燃料カット復帰回転速度とは、だ

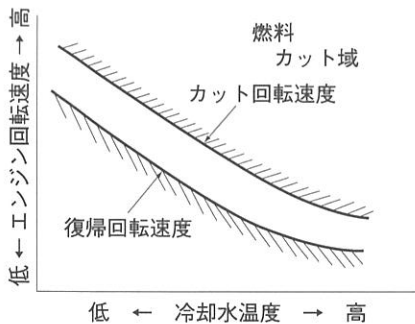
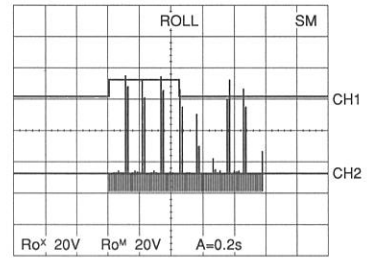


図7 フューエルカット(復帰)回転速度と冷却水温の関係



CH1:スロットルポジションセンサ・アイドル接点信号
CH2:インジェクタ噴射信号

図8 フューエルカット時の噴射波形

走行行が続いた時、空燃比の適正化およびエンジン回転
速度の安定化を図るため燃料噴射を再開する回転速度で
、燃料カット回転速度より一定回転下げた設定となってい
る。このため、アイドル運転では燃料カット状態に入ら
ないように冷却水温度が低いほど、燃料カット回転速度
の設定を上げている。なお、燃料カット中にスロットル
が開かれた場合は直ちに噴射を再開する。本装置では
、このような冷却水温、スロットル開度の変化に伴い燃料
カット領域や燃料カット復帰領域が変化する様子を視覚
的に確認できる。

5. 4 水温センサの疑似抵抗を利用したインジェク タの燃料噴射時間観測と自己診断システム

(1) 実車の水温センサ内のサーミスタ抵抗は、図9の
ような特性を有している。本装置では、水温センサ内に
接続した可変抵抗を用い、この可変抵抗をサーミスタ抵
抗特性に類似するように瞬時変化させる。こうすること
により、実車同様に低温時にはインジェクタの噴射特性
が増加し、高温時には減少する。このことは図10に示す
ように、オシロスコープ上にインジェクタ噴射波形の変
化として観測できる。

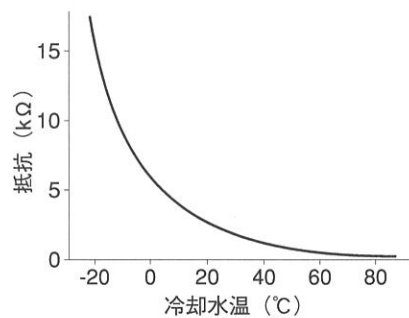
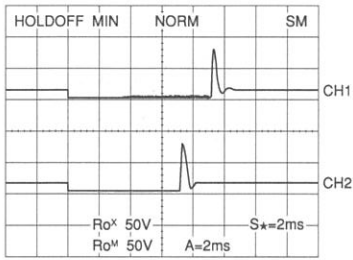


図9 水温センサの特性



CH1：冷却水温 約0°C
CH2：冷却水温 約80°C

図10 インジェクタ噴射波形

(2) 水温センサ信号線をセンサコネクタ部で断線または短絡させると、図11および図12に示すようにECUには予め記憶している正常値を外れる信号が入力される。そこで、水温信号系統の異常を検出するとともにECU内のRAMに記憶し、エンジン・ウォーニングランプの点滅により運転者に異常を知らせる。それと同時にフェールセーフ機能が作動し、ECU内のROMに記憶されている標準値に切り替える。表1に示すように各アクチュエータを制御の様子や水温センサの能力が劣化しエンジン不調や触媒の過熱等、エンジン性能に悪影響を及ぼすような場合でも、ECUは水温センサ端子電圧でトラブルを判断しているため、断線や短絡が起きない限り自己診断機能は作動しないこと等が学習できる。

(3) システム内にあるダイアグノーシス端子を短絡させた場合、ダイアグノーシスコードを実習装置パネル上にあるチェックエンジン・ウォーニングランプの点滅回数により水温系統の異常を簡単に知ることができる。

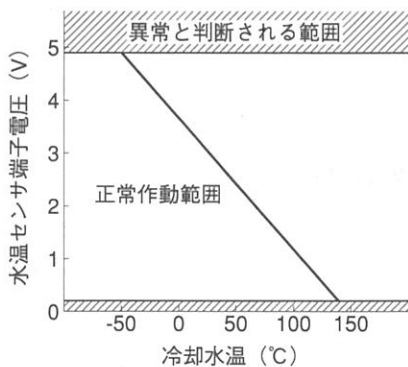


図11 冷却水温と水温センサ端子電圧の関係⁽³⁾

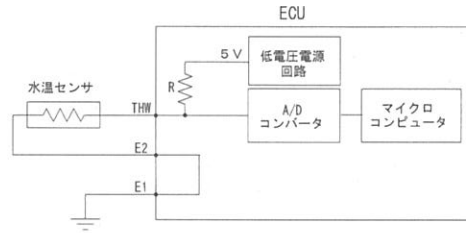


図12 水温センサ回路図⁽³⁾

表1 噴射時間と点火時期の固定例

| エンジン状態 | 噴射時間 | 点火時期 |
|---------------|----------|-------------|
| クランキング時 | 始動時噴射と同じ | B T D C 7° |
| I D L : O N | 3 ms | B T D C 10° |
| I D L : O F F | 6 ms | B T D C 10° |

6. 応用実習例

基礎実習では、更に高度な制御を行う電子配電システム、可変パルスタイミングおよびO₂センサ出力信号等の観測については、ここで紹介した実習装置では不可能である。これらについては、直列6気筒ベンチエンジンでオシロスコープを使用してその観測を行なっている。

6.1 波形観測例1

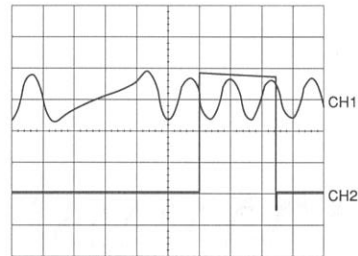


図13 クランク角度信号(CH1)と点火命令信号(CH2)

エンジン回転に対するクランク角度、エンジン回転速度と点火時期の関係は図13に示すように複雑に変化している。これらの観測結果よりエンジン回転速度や点火時期が容易に算出できる。

6.2 波形観測例2

イグナイタへの点火を命令する点火命令信号と点火をECUに知らせる点火確認信号の関係が図14に示すように観測できる。

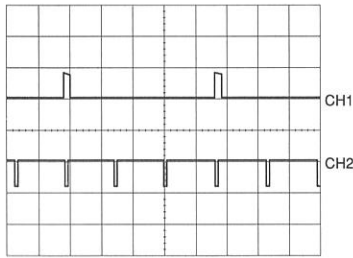


図14 点火命令信号 (CH 1) と点火確認信号 (CH 2)

6. 3 波形観測例 3

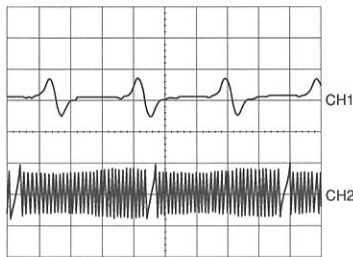


図15 カムシャフト角度信号(CH 1)とクランク角度信号(CH 2)

ベンチエンジンには、吸気側カムシャフトに最適なバルブタイミングに制御可能な可変バルブタイミング機構が採用されており、エンジン回転速度を変化させることでバルブタイミングの変化が図15に示すように観測できる。

6. 4 波形観測例 4

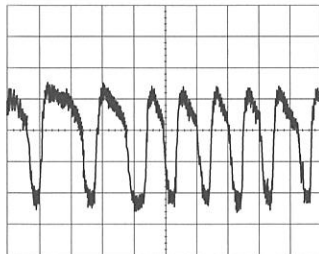


図16 O₂センサ出力信号

排気ガス中の酸素濃度差を検出するO₂センサ出力信号波形を、図16に示すように観測することで、空燃比変化に伴う出力電圧が増減の様子が学習できる。

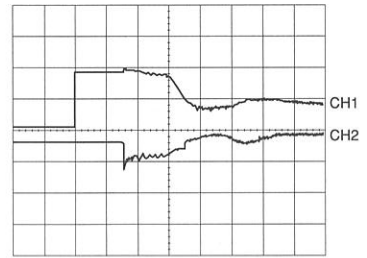


図17 吸入負圧検出用バキュームセンサ信号 (CH 1) とバッテリー電圧 (CH 2)

6. 5 波形観測例 5

イグニションスイッチOFF → ON →セルモータ始動の状態にした場合の電圧と吸気マニホールド負圧検出用バキュームセンサの出力電圧との関係を図17に示すように観測できる。

7. まとめ

電子制御式燃料噴射システム学習においては、テキスト、実車実習および構成部品の説明のみでは理解が深まるものではなく、オシロスコープ、サーキットテスタ等の取り扱い、回路図およびサービスマニュアル等の関連資料を使用した多様な学習教材が揃って初めて理解が深まるものである。

電子制御式燃料噴射システムはセンサ、アクチュエータの部品点数が多く、ECUで多くの制御を行っている。しかし、複雑に見えるECUの制御も個々に整理してみると、部品点数の多さの割には分かりやすく、すっきりとした形に整理できる。この点にポイントをおき、従来の学習方法では視覚的ならびに感覚的でないテキストや、そのままの複雑な実車による実習に頼っていたものを、今回の電子制御式燃料噴射実習装置を用いると理解が深まるようになり、より一層の学習効果が期待できる。

最後になったが、実習装置の製作に際し協力いただいた平成10年度卒研究生中山勝博、秦博之君に深く謝意を表します。

8. 参考文献および引用文献

- (1) 檜皮ほか, 車両エレクトロニクスシステムの故障診断 (現状と将来), 自動車技術, Vol.47, No.2, (1993), 26
- (2) 藤沢ほか, 電子制御ガソリン噴射, 山海堂, (1987), 124-125
- (3) トヨタ自動車, TCCSマニュアル, (1986), 81