

オート・エアコン故障診断シミュレータの試作*

後藤 衆治¹⁾ 知名 宏²⁾

Trial manufacture of diagnosis simulator of automatic air-conditioning system

Shuuji Gotoh Hiroshi China

In the automobile service job, the trouble of automatic air-conditioning system(auto-A/C) are increasing. The requirement of trouble shooting skill and high level knowledge of auto-A/C is increasing for the service engineers. To respond this recent trend, auto-A/C diagnosis simulator was manufactured and introduced for the service training lecture to raise the understanding of auto-A/C for the students. The results of questionnaire survey for the students show the effectiveness of the lecture using this diagnosis simulator.

Key Words : automatic air-conditioning system , diagnosis simulator , car service training

1. はじめに

昨今、カー・エアコンの普及率は目覚ましく、その中でオート・エアコンの装着率が高くなっている。オート・エアコンが装着されている自動車の運転は快適であるが、ひとたび不具合が発生すると修理は複雑で多くの知識と経験を必要とする。中でも、冷え不良という不具合は使用頻度の高い暑い時期に集中し、修理作業にも多くの時間を費やしている。したがって故障診断に当たっては早くて確かな判断が求められる。自動車の整備を志す学生にとって、このような故障に対応できる故障診断技術や知識の習得は不可欠と考える。本研究は、本学学生に対し、早くて確実にオート・エアコンの不具合箇所を発見修理できるような技能と知識を身につけさせるべく、オート・エアコン故障診断シミュレータを作製し、故障診断の練習を行うことで、その教育効果を向上しようとするものである。その第一段階としてオート・エアコン故障診断シミュレータの作製と診断の手順方法を確立し、故障診断の教育を実施した。その結果、一定の教育効果が得られたので報告する。

2. オート・エアコンの理解度の状況

本学2年次生の学生約110名を対象に、講義前にアンケートを実施し、以下のような結果を得た。

(1) マニュアル・エアコンを修理した経験の有無

| | | | |
|----|-------|-------|----|
| ある | 12.7% | 87.3% | ない |
|----|-------|-------|----|

(2) オート・エアコンを修理した経験の有無

| | | | |
|----|------|-------|----|
| ある | 6.8% | 93.2% | ない |
|----|------|-------|----|

(3) 多くのオート・エアコンには自己診断機能が備わっていることについて

| | | | |
|-------|-------|-------|------|
| 知っている | 50.6% | 49.9% | 知らない |
|-------|-------|-------|------|

以上の結果、実際にオート・エアコンの修理経験がない学生は全体の約93%で、さらに多くのオート・エアコンには自己診断機能が備わっていることを知っている学生も約50%であった。このことからオート・エアコンの故障診断方法の講義、実習の必要性を痛感した。

3. シミュレータの仕様

シミュレータの基となる教材車は、日産自動車(株)製1997年式、型式E-PA32、V型6気筒(ガソリン・エンジン)、排気量2490cc、オート・エアコン仕様車(表1)でオート・エアコンには自己診断機能も付いており本研究に用いるにあたり十分に条件を満たしている。講義時、多くの学生が同時に見学できるように車をセンター・ピラー後部から切断し前半分を使った形状とし、また、実車のインパネ部分を使うことでより現実に近い故障診断が可能となる。

*2008年8月5日受理

第40回全国自動車短期大学協会研究発表会

1)・2) 広島国際学院大学自動車短期大学部

表1 教材車の空調仕様

| 項目 | 仕様 |
|-------------------------------|-------------------------|
| 暖房能力:風量 5m ³ /min時 | 5020W |
| 冷房能力:風量 8m ³ /min時 | 5540W |
| 冷媒 | HFC134a (700±50g) |
| コンプレッサ・オイル | ダフニーハーメチック PS 250cc |
| コンプレッサ | 6気筒片斜板可変容量式 |
| コンデンサ | パラルフロー式 (3パス) |
| エバポレータ | ラミネート式 (片タンク式) |
| レシーバ | 250 cc |
| プレッシャ S/W | 約2.6Mpa以上又は0.18Mpa以下OFF |

4. シミュレータの製作

4.1 点検用装置の取り付け

故障診断技術を効率的に身につけるため、点検用装置を車内に配置し、ほとんどの点検、測定作業を運転席に着座した状態で行えるようにした。点検用装置の取り付け状態を図1に示す。

(1) ゲージ・マニホールド

助手席エア・バッグを取り外し、空いたスペースに設置することで運転席から冷媒の圧力を確認でき、さらに吸込口の作動状態も確認可能とした。

(2) 外気温度計、吸込口 (内気温度) 温度計、吹出口温度計、吸込口湿度計

グローブ・ボックスを取り外して設置し運転席から確認可能とした。

(3) オート・エアコン ECU とエンジン ECU のサービス端子

クラスター・リッドとオーディオを取り外して設置し運転席からサーキット・テストで測定可能とした。

(4) ブロワ・モータ等のサービス端子

助手席足元にサービス端子を設置し運転席からサーキット・テストで測定可能とした。

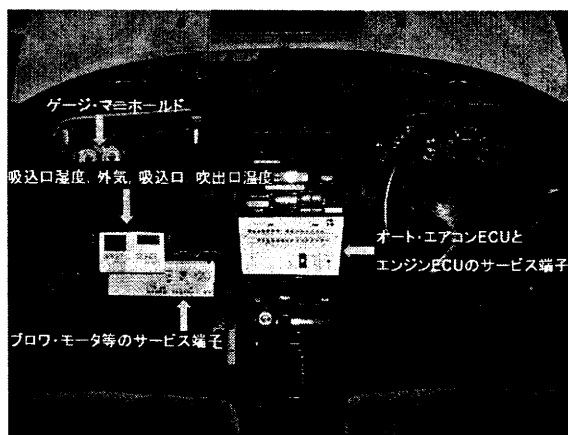


図1 取り付け位置

4.2 故障箇所の設定

故障箇所の設定には、冷凍サイクル系にはサイクルの詰まりを1カ所、オート・エアコン ECU を含めた制御系には8カ所設定した。

(1) 冷凍サイクル系の不具合

レシーバとエキスパンション・バルブ間に図2に示す開閉バルブを取り付け、これによりレシーバの詰まりを再現できる構造とした。

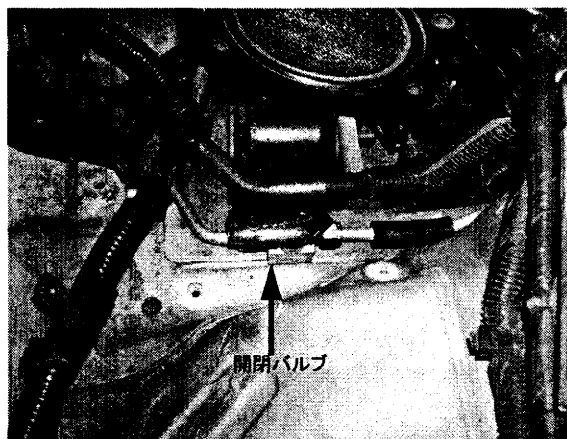


図2 開閉バルブの取り付け

(2) オート・エアコン ECU を含めた制御系の不具合

制御系では、比較的不具合が発生しやすく自己診断機能で判断できるもの(①~④)と自己診断機能では判断できないもの(⑤~⑧)を計8カ所設定し、不具合の設定はすべてコンソール・ボックスの内部で操作できるように不具合設定装置を作製した。図3は制御系の不具合設定箇所を回路上で示し、図4にそれに対応した不具合設定装置を示す。このように、多くの不具合箇所を点検して行くことで点検手順や、センサやシステムの働き、不具合発生時の制御方法を習得することができるように構成した。

以下は不具合の内容と現象である。

- ① 内気温センサ配線断線----室内温度を-30℃と判断
- ② 内気温センサ配線地絡----室内温度を 55℃と判断
- ③ 外気温センサ配線断線----外気温度を-30℃と判断
- ④ 外気温センサ配線地絡----外気温度を 55℃と判断
- ⑤ プレッシャ S/W 3~オート・エアコン ECU 9間の断線----コンプレッサのマグネット・クラッチ作動せず
- ⑥ A/C リレー 3~コンプレッサ 1 配線断線----コンプレッサのマグネット・クラッチ作動せず
- ⑦ ブロワ・モータ 2~オート・エアコン ECU 1 9間配線断線----ブロワ・モータ最大風量固定
- ⑧ エア・ミックス・ダンパ 1~オート・エアコン ECU 1 8間配線断線----吹出温度変化せず

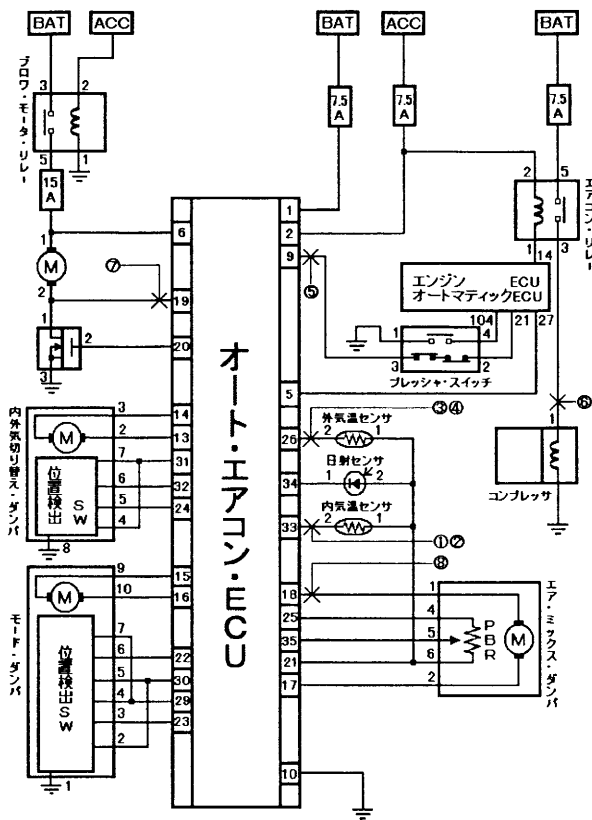


図3 オート・エアコンの回路略図
(図中の①～⑧は不具合の設定箇所を示す)



図4 不具合設定装置

5. 故障診断の方法

5.1 故障診断の流れ

診断には独自の故障診断記入用紙を作成した。用紙を図5(内気温センサ断線による不具合の手順記入済み)に示す。この用紙の特徴は、システムの作動状態を、上から順に測定または点検し記入することにより、冷凍サイクル系統の不具合かオート・エアコン ECU を含めた制御系の不具合かを判

別することができる。実際の整備作業ではオート・エアコン ECU を含めた制御系に原因があれば自己診断機能を用いて判断しているが、故障診断教育の場合は、Auto 時および、Manual 時での制御の点検を先に行い、不具合箇所を推定させる。その後、自己診断を行い、推定される箇所をサーキット・テスタで測定し、その結果から不具合箇所を確定し、なぜそのような不具合になったかを記入しオート・エアコンの故障診断を終了とする。

以下に、オート・エアコン ECU～内気温センサ間の断線による冷え不良を例に説明する。

() 班 学生番号 () 氏名 ()

【整備V】オート・エアコンの故障診断

この車両(日産 A32)のオート・エアコンには冷え不良の不具合が発生しております。以下の手順で故障診断を行い、不具合原因を確定しなさい。

①オート・エアコンを作動させて性能点検をしない。(別紙資料参照)
コンプレッサ制御(作動音で確認) OK NG ()

②オート・エアコンを作動させて下記の Auto 時と Manual 時の点検をしない。

外気温度 (27.0) °C 内気温度 (23.0) °C 内気湿度 (55.0) % 吹出口温度 (8.0) °C
マニホールド・ゲージによる圧力 低圧側 OK NG (0.20) Mpa 高圧側 OK NG (1.20) Mpa
上記点検結果より冷凍サイクル系統には不具合は ある・ない (不具合がある場合は別紙参照)

③回路図から、推定される不具合原因をすべて記入しなさい。

④自己診断機能による故障診断を実施しなさい。(手順は別紙参照)

自己診断結果 step1 正常 step2 No(2) 内気温センサ
step3 正常 step4 正常 step5 内気温度 -30°C

⑤点検を実施しなさい。
(測定時の点検条件) (測定箇所) (測定値) (基準値) (判定)

1 E/G 始動 A/C S/W ON Auto-A/C-ECU3 端子～アース間 4.8(V) 2.7(V) ×
2 E/G 始動 A/C S/W ON 内気温センサ2 端子～アース間 0.0(V) 2.7(V) ×
3 _____
4 _____

⑥不具合箇所を記入しなさい。
Auto-A/C-ECU3 端子～内気温センサ2 端子間の断線

⑦なぜそのような不具合が発生したか記入しなさい。
内気温度を-30°Cと判断し極低温時の作動となり冷え不良の現象となった。

図5 故障診断記入用紙

5.2 冷え不良の診断手順

- ① 性能点検を実施する約 10 分前にシミュレータを表 2 の状態にしておきエンジンの暖気が終了し、エンジン回転数が規定のアイドル回転数になっているかを確認する。

表2 シミュレータの初期設定

| | |
|--------------|----------|
| フード | 全開 |
| ウインド・ガラス | 全開 |
| ドア | 全閉 |
| A/C auto S/W | ON |
| ファン・スピード | 4 速 (全開) |

| | |
|-------|---------------|
| 吸い込み口 | 内気循環 |
| 吹出し口 | ベンチレータ |
| 設定温度 | 18℃ (フル・コールド) |

次に、性能点検を実施する。まず、A/C S/W を ON, OFF させてコンプレッサのマグネット・クラッチの作動音を確認する。作動音を確認できれば、次に外気温度計、内気温度計、吹出口温度計、内気湿度計、冷媒の高圧側圧力、低圧側圧力の数値を読み取り故障診断記入用紙に記入する。読み取った数値を図 6 の外気温度 - 圧力特性、図 7 の吸込温度 - 吹出温度特性のグラフで基準値内であることを確認する。ここで基準値から外れている場合は冷凍サイクル系統に不具合が発生していることになり、冷凍サイクル系統の点検を行う。この例では、基準値内であるため冷凍サイクル系統には不具合は発生していないと判断する。

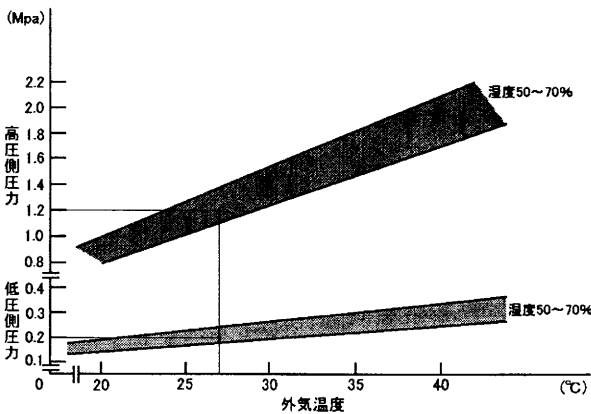


図 6 外気温度 - 圧力特性

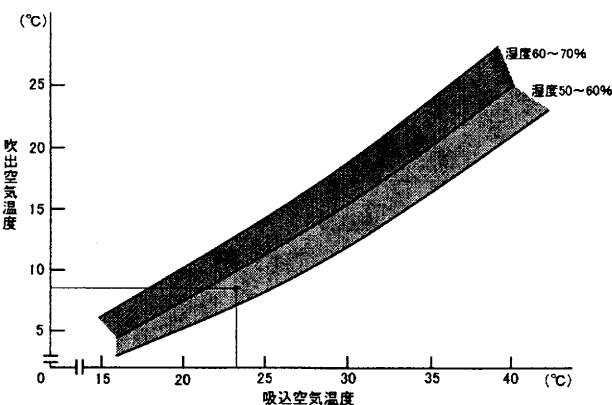


図 7 吸込温度 - 吹出温度特性

② 冷凍サイクル系統には不具合は発生していないことが確認できたら、Auto 制御時と Manual 制御時での風量制御、温度制御、吹出口制御、吸込口制御の点検を行う。Auto

時の点検方法は Auto S/W を押して、温度設定をフル・コールドの 18℃ から 32℃ の間を 2℃ ずつ上昇させその都度、風量制御、温度制御、吹出口制御、吸込口制御の点検を行う。

Manual 時の点検方法は風量制御、吹出口制御、吸込口制御の点検を行うが、温度制御はフル・コールド又はフル・ホットでしか Manual 制御できないため 18℃ 時と 32℃ 時で確認する。

③ ここまでの点検で、不具合が発生している箇所を推定する。Manual 制御ではすべての制御において正常であると判断されるが、Auto 制御時では、風量は最大風量固定で、温度制御ではフル・コールド時以外はフル・ホットに制御され、吹出口制御では Foot 固定、吸込口制御では外気導入固定になっていることから、オート・エアコン ECU は室内が極低温時の作動を行っているとは判断できる。極低温時の作動を行う条件として内気温センサ断線と推定できる。その他に、内気温センサは正常であってもオート・エアコン ECU の不具合で極低温時の作動を行っている可能性もあり、内気温センサに係る配線の断線の可能性もある。したがって、推定される不具合箇所は

- ・ 内気温センサ不良
- ・ オート・エアコン ECU 不良
- ・ 内気温センサ～オート・エアコン ECU 間の断線
- ・ 内気温センサ～アース間の断線

以上 4 カ所に不具合の可能性があると推定できる。

④ 自己診断機能を活用すると以下の診断結果が得られた。
STEP1 (表示部の点検) -----正常
STEP2 (各センサの点検) -----内気温センサ異常
STEP3 (ダンパ位置の点検) -----正常
STEP4 (各出力機器の点検) -----正常
STEP5 (各センサの検出温度) -----内気温センサ -30℃
③ で推定した内気温センサに異常が発生しており、制御系は内気温度を -30℃ と判断して極低温時の作動になったと推定できる。

⑤ 故障箇所を絞り込むために、サーキット・テスタを使用しオート・エアコン ECU の 33 端子をサービス端子にて電圧を測定すると本来車内の温度では約 2.7V (内気温センサのサーミスタ特性と車内の温度から) の電圧があるはずであるが 4.8V であった。よって判定は×となる。このことからオート・エアコン ECU の 33 端子以降の内気温センサを含めた断線であると推定できる。更に不具合箇所を絞り込むために、内気温センサの 2 端子を測定すると本来車内の温度では約 2.7V (内気温センサのサーミスタ特性と車内の温度から) の電圧があるはずであるが 0.0V であった。よって判定は×となる。以上の診断結果から不具合の原因はオート・エアコン ECU 33 端子から内気温センサ 2 端子間の断線と確定した。

- ⑥ 原因が⑤で確定できたので不具合原因はオート・エアコン ECU33 端子から内気温センサ 2 端子間の断線である。
- ⑦ 不具合が発生した理由として、オート・エアコン ECU は車内の温度を -30℃ と判断し早く車内の温度を上げようとして極低温時の制御になり冷え不良の現象となった。
本来ならば不具合箇所を修理し、正常確認まで行いたいに限られた時間で行わなければならないので故障原因を突き止めた段階で故障診断を終了とする。

6. 環境設定

冷え不良は暑い時期に集中する。過去の広島市の平均気温と湿度を調べてみると図 8 のようになる。7 月、8 月辺りの気候を再現するには気温 27℃、湿度 75% あたりを教場にて再現する必要がある。このため室内の温度、湿度を調整することでシミュレータ周りの環境を図 9 に示すように夏場の気候を設定した。なお、日射についてはエア・ミックス・ダンパの開度に大きく影響しないため再現していない。

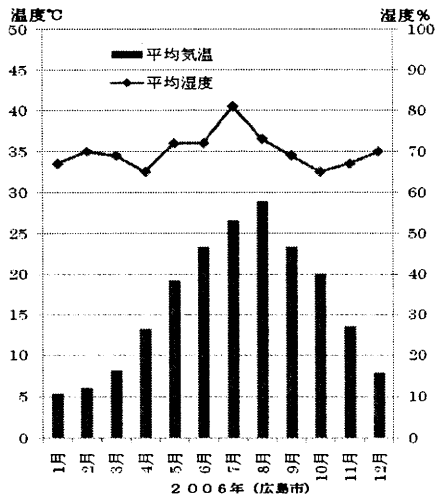


図 8 2006 年度の広島市の気象データ (気象庁調べ)

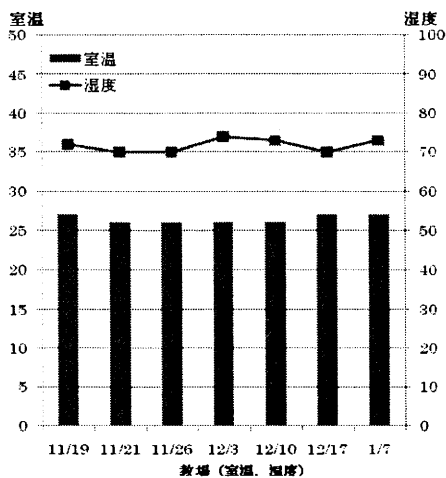


図 9 講義時(教場)の室温と湿度

7. 講義の進行方法

1 班約 16 人に対し 100 分間の講義を行った。
始めに、オート・エアコンについての概要、オート・エアコンの修理についての修理作業の現状などを説明する。
続いて、多くのオート・エアコン装着車両に備わっている自己診断機能とはどのようなものか説明し、実車にて自己診断の方法を学生全員に操作をして見せる。
続いて、故障診断記入用紙を配布し記入方法を説明し、シミュレータに不具合を発生させ、学生全員に見せながら一通り故障診断を行い故障診断記入用紙に記入し故障箇所を決定する。その後 1 名の学生に一通り故障診断をさせ故障診断記入用紙に記入し故障箇所の決定を行う。その作業を全員で見学し、最後に解答と解説を行い終了とする。

8. アンケートの結果

講義の前後にアンケートを実施した結果を比較し分析してみると以下のような結果が出た。(2 年生約 110 名対象)

出来ると回答した学生をレベル 5、できないと回答した学生をレベル 1 に設定し 5 段階に分けた。講義前と講義後のアンケートを比較してみると以下のような結果が出た。アンケートの結果を図 10、図 11 に示す。

- (1) オート・エアコンに不具合が発生した場合に現象確認の可否について

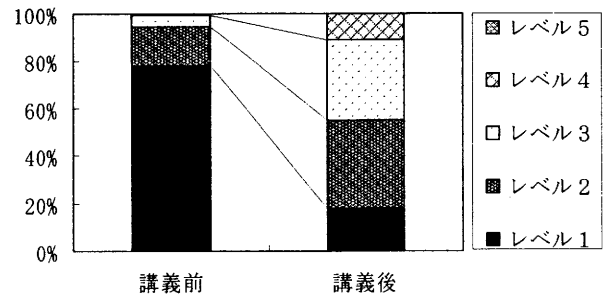


図 10 アンケート(1)

- (2) オート・エアコンに不具合が発生した場合に修理の可否について

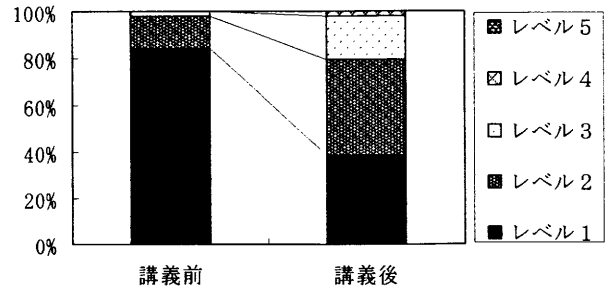


図 11 アンケート(2)

オート・エアコンに不具合が発生した場合に現象確認はできますか?の問いに対する結果を図10に示す。講義前は、できないとするレベル1の学生が約77%と圧倒的に多かったが、講義終了後ではレベル1と答えた学生は約17%と約1/4に減少した。

続いてオート・エアコンに不具合が発生した場合に修理はできると思いますか?の問いに対する結果を図11に示す。講義前にはできないとするレベル1の学生が約84%と圧倒的に多かったが、講義終了後ではレベル1と答えた学生は約40%と約1/2に減少した。

アンケートのみのデータではあるが、以上のことから一定の教育効果が得られたと考える。

アンケートの最後に本講義で新しく得た知識や興味深かったところを記入させると以下のようなコメントがあった。

- ・自己診断機能が付いていることを初めて知った。
- ・内気循環、外気導入の切り替えの動きを実際に見ることができたのは良かった。
- ・設定温度の風が出るのではなく設定温度にするための風が出ていることを知った。

9. まとめ

オート・エアコンの様々なトラブルを設定できる故障診断シミュレータの製作と診断の手順方法および故障診断記入用紙を作成した。それを講義に用い、設定した不具合に故障診断記入用紙を用いて学生に診断させ、故障箇所の確定を行った。

学生に対するアンケートの結果からも、故障診断に対する理解が深まったことを確認した。これらのことから、オート・エアコンの故障診断に対する、知識レベルの向上が図れ、実際の現場でも活用できると考える。

10. 今後の課題

オート・エアコンの故障診断方法を今後も効果的に継続していく上での課題には次のものが考えられる。

- (1) 不具合発生時、Auto制御ではどのように制御するかを理解することにより、比較的早く故障箇所を絞り込むことができるので、様々な不具合時のオート制御の制御方法を予め再現させて学生に見せておく必要がある。
- (2) エアコン・システムのモジュール化や運転席、助手席の独立した温度設定など、新たな装置や制御方法が続々と出てきているのがオート・エアコンの現状である。したがって今後は市場の動向にも対応できるシミュレータが必要である。
- (3) アンケート以外に実技テストも行ない細かく教育効果を確認する必要がある。

11. 謝辞

最後に本研究にあたり、「財団法人 東京自動車技術普及協会」より助成金を頂きましたことを記し、謝意を表します。

また、本研究に対しご指導とご助言をいただいた広島国際学院大学短期大学部の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 日産自動車(株), ニッサン セフイーロ整備要領書(追補版I含む)
- (2) 日産自動車(株), ニッサン セフイーロ配線図集(追補版I)
- (3) 気象庁データ 2006年 広島市の月ごとの値