

# 製作した教材を用いた場合の教育効果について\*

岩間 大輔<sup>1)</sup> 金子 友海<sup>1)</sup> 池田 秀明<sup>1)</sup>

## Educational Effect of the Original Experimental Device

Daisuke Iwama Tomomi Kaneko Hideaki Ikeda

A continuously variable transmission (CVT) is usually used as an automobile transmission, and it is also described in an automotive mechanic training textbook. Basically, the CVT cannot be disassembled. So that it is usually replaced as new CVT in the automotive maintenance. The authors assumed that there was no necessity of experimental teaching for the CVT assemble and disassemble. On the other hand, in the national qualification test of the automobile mechanic, there are some questions relative to the structure and mechanism of the CVT. Students must understand the internal CVT structure. So the authors try to develop an original CVT experimental device.

In this study, the authors would like to clarify the teaching effectiveness of the original CVT experimental device. This report describes the results of questionnaire research for student's understandings of the CVT and how to make the original CVT experimental device.

**KEY WORDS: Engineering Education, Continuously Variable Transmission, Maintenance (F2)**

### 1. はじめに

北海道科学大学短期大学部(以下「本学」とする.)では、2015年度に、その所在地を札幌市豊平区中の島から札幌市手稲区前田に移転し、実習場などの設備が変わったこと、ならびに、教科書の改訂に併せて、学生への教育の質を高めることを目的としたカリキュラムの再編が行われた。その中で、実験実習の内容についても検討が行われ、「4コマ続きの実習を簡素化し2コマにする」ならびに「近い内容の項目を統合する」、また「教科書に記載のない実習を廃止する」等の統廃合を行った。この統廃合に伴い、生じた項目不足に新規の実習を盛り込むこととし、学生の自動車の構造・機能に関する理解度の向上および卒業後の二級自動車整備士資格取得率の向上を図った。

本研究では、新規の実習に際して教材の作成と、その教材を用いて実習を行ったことによる教育効果について明らかにすることを目的とし、本報では無段変速機(以下「CVT」とする.)を教材化した結果およびその教材による教育効果の検証の第一歩として、当該教材を用いた実習を経験する前の学生に行ったアンケート調査結果について報告する。

### 2. 教材化の方法および教育効果の検証方法

#### 2.1. 供試 CVT について

図1に示す供試 CVT(型式:RE0F10A)は日産自動車株式会社から、教育用教材として無償提供を受けたものであり、エクス

トレイルなどに搭載され、一般販売されているものである。一般的に、CVTについては、分解整備は行わず、ユニット交換するものである<sup>(1)</sup>ことから、分解手順書の付属はなかった。ただし、図2に示す簡易的な分解手順を示した資料を頂いた。

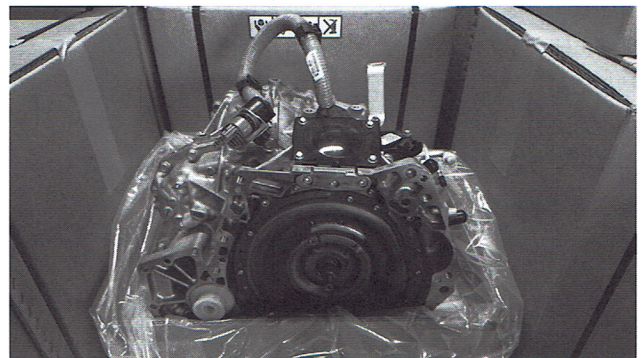


Fig.1 供試 CVT の外観

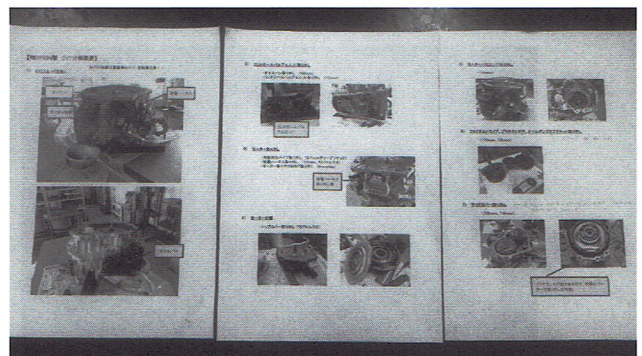


Fig.2 メーカー提供の分解資料

\*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) 北海道科学大学短期大学部(006-8585 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1)

Table 1 アンケート質問内容

質問 番号	対象		選択肢及び解答例
	1年生	2年生	
1	CVTの機能はどのようなものであるか、書きなさい。		「無段変速機または連続的に変速するミッション」等の回答により正解とする
2	図の矢印のCVTの部品名を答えなさい。		「スチール・ベルト」と記入した場合に正解とする。「ベルトまたはバンド」は不可
3	CVTを用いることでどのようなメリットがあるか答えなさい。		「エンジン回転をほぼ一定または燃費の良い領域」等の回答により正解とする。
4	CVTの動力伝達の順番に従い、空欄に部品名を記入しなさい。		エンジン→トルク・コンバーター→プライマリ・プーリー→スチール・ベルト→セカンダリ・プーリー→デフ・ファイナルギヤ
5	発進加速が悪いという故障が起きた場合、CVTのどの部分に異常があると考えられるか、いくつでも書きなさい。		「スチール・ベルトとプーリー間に滑り」、「油圧制御機構」などの回答により正解
6	CVTを学ぶ上で、実物を分解する実習を行うことは役に立つと思いますか。	CVTを学ぶ上で、実物を分解する実習は役に立ったか。	はい・どちらともいえない・いいえ・わからない

## 2.2. 教育効果の検証方法について

実習において、CVTの分解を行い、内部の構造および作動の理解を促す。その効果の検証方法として、同じ入学年度の学生に対して、1年次の実習受講前と2年次の実習受講後にそれぞれアンケート調査を行い、結果を比較することとした。アンケートの質問内容を表1に示す。また、質問番号2のCVTの構造に関する質問に用いた図を図3に示す。なお、アンケート結果に関しては、総数について1年次と2年次では差が生じるため、実数ではなく、(1)式に示すように回収したアンケート用紙の全数を分母として、回答数を分子として除し、百分率で示すこととした。

$$\text{回答結果 (\%)} = \frac{\text{回答数}}{\text{回収したアンケート用紙の全数}} \times 100 \quad (1)$$



Fig.3 質問に用いた図

## 3. 教材製作およびアンケート結果

### 3.1. 非分解CVTの教材化

CVTの教材化はメーカ提供の資料に基づき、分解作業を開始した。まず、CVTフルードの抜き取りを行った。次に図4に示すオイル・ウォーマ（クーラ）、図5に示すオイルパンの順で取り

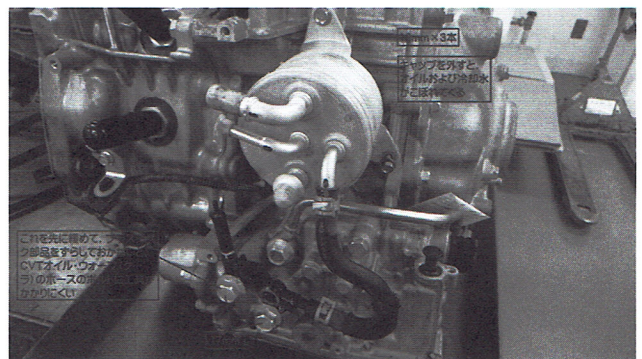


Fig.4 オイル・ウォーマ（クーラ）

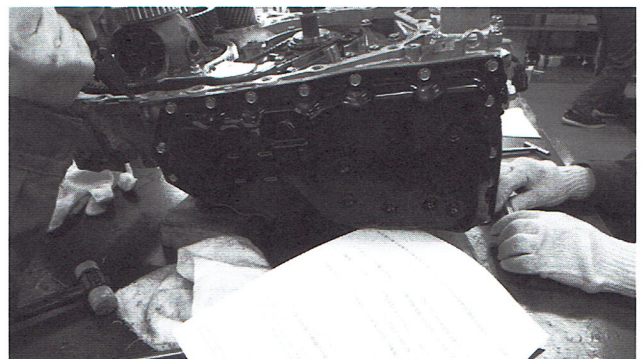


Fig.5 オイルパン

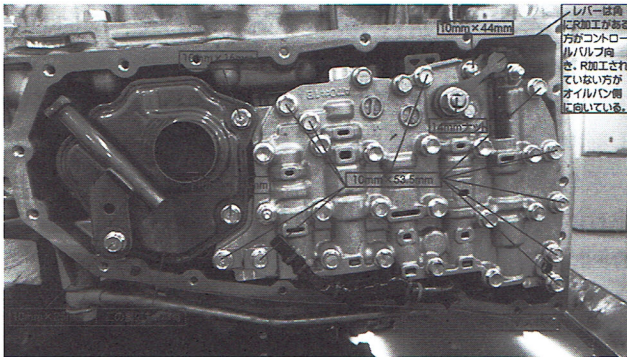


Fig. 6 コントロール・バルブ・ユニット



Fig. 10 モータ取り外し

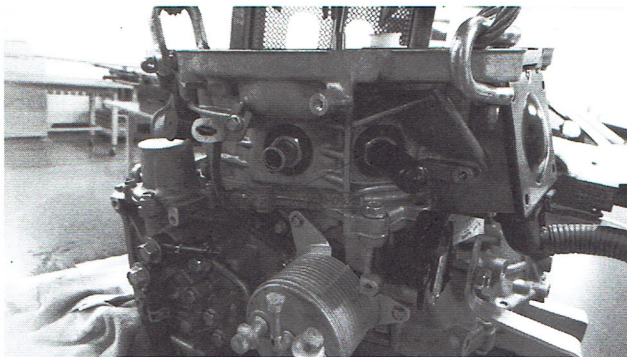


Fig. 7 モータ冷却用のパイプ

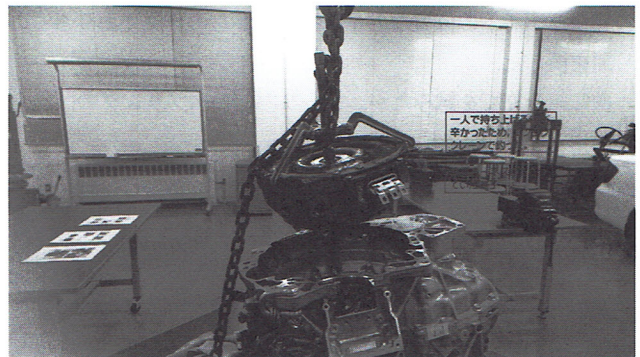


Fig. 11 モータ取り外し (エンジクレーン使用)

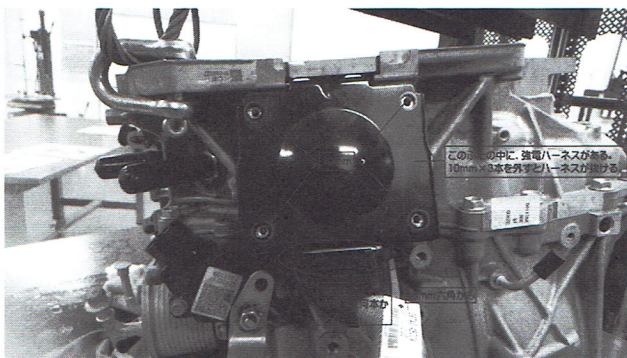


Fig. 8 強電ハーネス

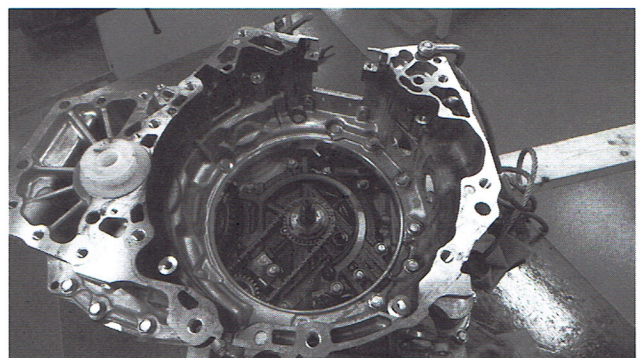


Fig. 12 モータ・ハウジング

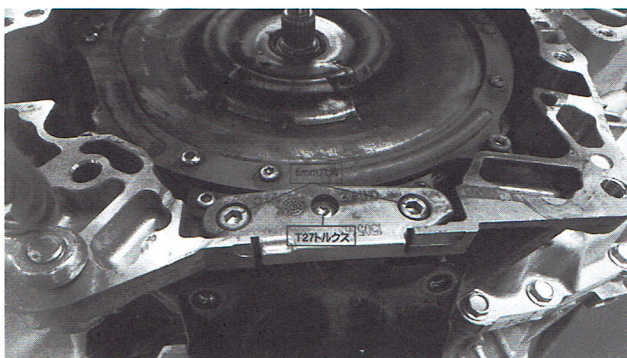


Fig. 9 モータ取り付けブラケット

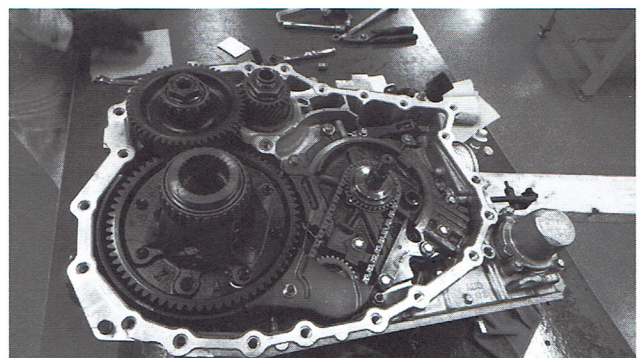


Fig. 13 ファイナル・ドライブ・ギヤ・ユニット等

外し、CVTフルードをほぼ全て抜き取った。

次に、図6に示すコントロール・バルブ・ユニットを取り外し、図7に示すモータ冷却用のパイプ、図8に示す強電ハーネス、図9に示すモータ取り付けブラケットの順で取り外し、図10に示すようにモータの取り外しを行った。この時、モータは非常に重く、

図11に示すようにエンジクレーンを使用して取り外した。この時、モータは非常に重く、

持ち上がらなかったことから、図11に示すようにエンジンクレーンを使用し、モータを抜き取った。メーカー提供の資料ではこの後、モータを分解することとなっていたが、今回の教材化の目的から少し外れるためスキップし、図12に示すモータ・ハウジングを外し、図13に示すファイナル・ドライブ・ギヤ・ユニットやプラネタリ・ギヤ・ユニットの取り外しを行い、図14に示す状態にした。そして、図15に示すサイド・カバーを外し、図16に示すプーリとスチール・ベルトを取り外した。

以上の作業により、分解が完了した。ここまでの作業においてメーカー提供の資料ではシンプルに「取り外す」としか記載がなかったが、見えにくいスナップ・リングの取り外しや、長さの異なるボルトの位置などを記録しながらの作業であり多くの時間を要した。

次に組み立てを試みたが、プーリ内部のスプリングのばね力

が強靱であり、組み立てが困難であることが判明した。図17に内部のスプリングを示す。一般にメーカーでは、特殊工具によって油圧または空気圧を可動プーリに作用させ、スプリングを押し縮めて組み立てをおこなっていると想像されるが、どの部分にアタッチメントをつけるのか不明であり、またアタッチメント自体の製作にも多くの時間を要することが考えられたため、今回は、スプリングを取り去り、組み立てることとし、実習時には口頭で説明することとした。なお、このスプリングを取り外すには、圧入されているギヤおよびベアリングのインナ・レースを取り外す必要があり、大きな労力を要した。

組み立ての手順は、おおよそ分解の逆手順となるが、追加を要した手順について以下に記載する。

図18に示すように両プーリおよびスチール・ベルトを配置した後、サイド・カバーを取り付ける。このとき、両プーリのベ

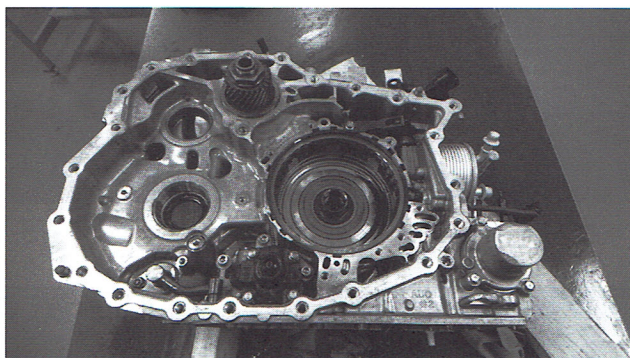


Fig. 14 ファイナルドライブギヤユニット等取り外し後



Fig. 17 プーリ内部のスプリング

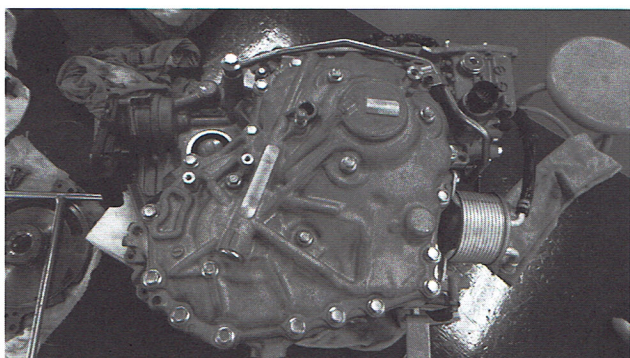


Fig. 15 サイド・カバー

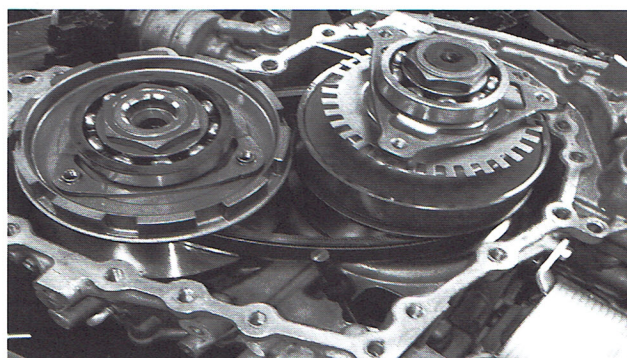


Fig. 18 サイド・カバー取り付け前

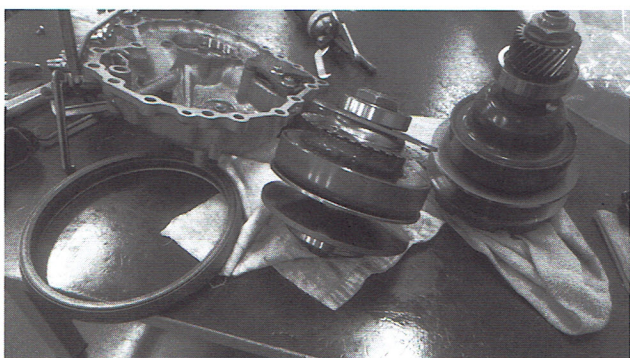


Fig. 16 プーリおよびスチール・ベルト

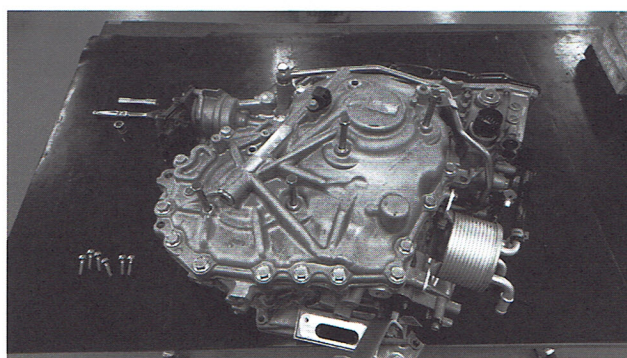


Fig. 19 ベアリングの位置決め

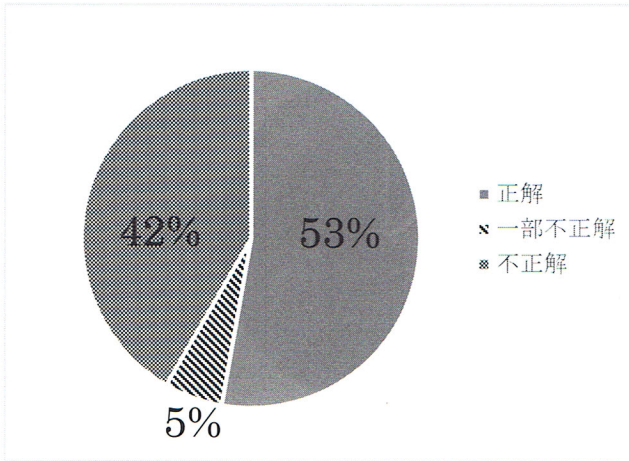


Fig. 20 機能に関する質問（問1）の回答結果

アリングのアウト・レースがサイド・カバーの溝にはまるようになっており、さらに、ベアリングのステアをサイド・カバーに、取り付けボルト3本を用いて固定するようになっていた。あらかじめベアリングのステアの位置決めをしておかないと、カバーをかぶせた際に、ボルト穴が一致せず、組み立てられないことがわかった。したがって、長さ約 100 mmのボルトを SSTとして準備し、図 19 に示すように位置決めで使用し、組み立てた。

以上のように教材化を行い、最初の1台は約 30 時間、他 4 台は併せて約 10 時間の製作時間を要した。実習の際に学生には図 12 に示すモータを取り外した状態を初期状態として、分解と組立を行わせることとした。

### 3.2. アンケート結果と考察

表 1 の各質問番号の質問を学生に対し行った結果を図 20、図 21、図 22、図 23、図 24、図 25 に示す。

図 20 は、CVT の機能に関する知識を問う質問の回答結果である。正解が 53%、不正解が 42%、一部不正解が 5%であった。なお、一部不正解は「変速が楽」、「変速機」、「2 つのプーリの径を変えることで無段階的に変速を行うもの」、「ベルトの幅を変

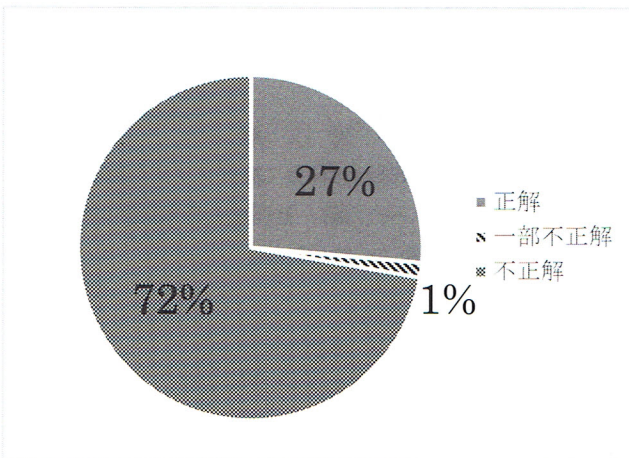


Fig. 21 部品名に関する質問（問2）の回答結果

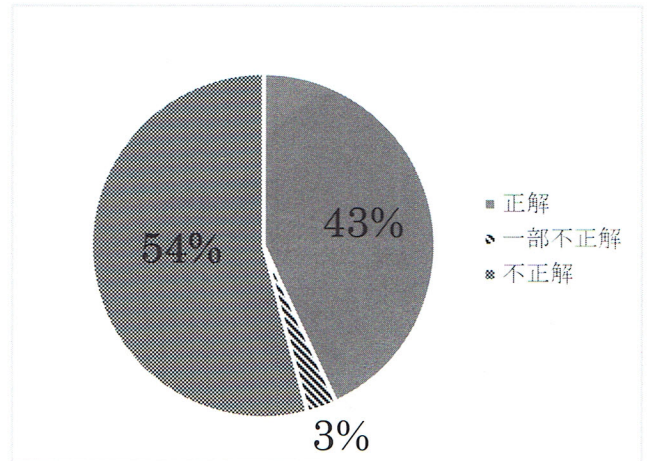


Fig. 22 特長（メリット）に関する質問（問3）の回答結果

えて無段階に変速する」等の一部間違いや簡潔すぎる回答である。おおよそ半数の学生が CVT の機能について、知識がないあるいは知識があやふやであると思われる結果が得られた。

図 21 は部品名に関する知識を問う質問の回答結果であり、図 3 に示すように矢印はスチール・ベルトを指した。正解が 27%、不正解が 72%、一部不正解が 1%であった。なお、一部不正解は「〇〇〇ベルト」と、単に「ベルト」ではないことはわかるが、正確には答えられないというものであった。非常に多くの学生が、内部の部品について知識がないと思われる結果が得られた。

図 22 は CVT の特長に関する知識を問う質問の回答結果であり、正解が 43%、不正解が 54%、一部不正解が 3%であった。なお、一部不正解は「エンジン回転全域でパワーを出せる」、「レッドゾーンにあたらぬ」と、誤った認識が含まれていた。半数以上の学生が、特長について知識がない、あるいは知識があやふやであると思われる結果が得られた。

図 23 は CVT の動力伝達の経路に関する知識を問う質問の回答結果であり、正解が 6%、不正解が 87%、一部不正解が 7%であった。なお、この問については、経路の組み合わせによる

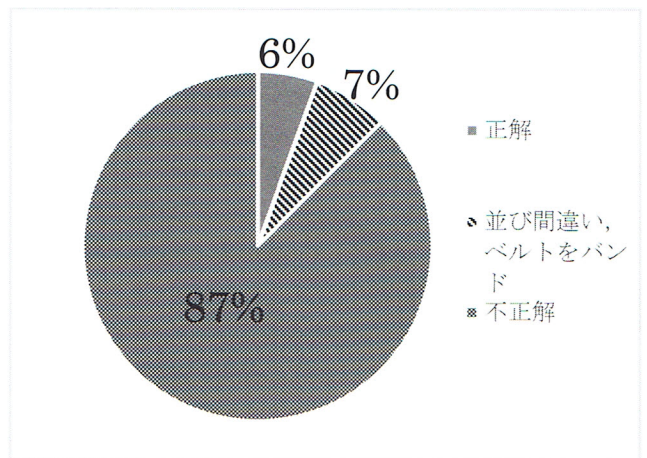


Fig. 23 動力伝達経路に関する質問（問4）の回答結果

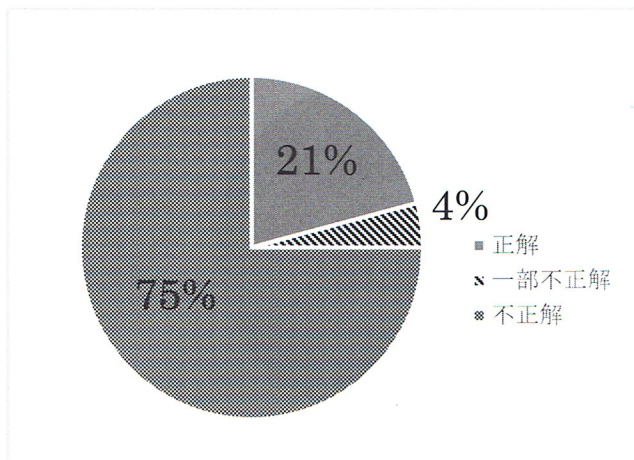


Fig. 24 故障現象と原因に関する質問（問5）の回答結果

複数の正解を排除するため、回答語群を与えた。一部不正解は、「使用した部品名はあっているが、並び順を間違えた」ものと「使用した部品名はあっているが、スチール・ベルトをスチール・バンドと回答した」ものである。非常に多くの学生が、動力伝達経路について知識がないと思われる結果が得られた。

図 24 は CVT の故障現象と原因に関する知識を問う質問の回答結果であり、正解が 21%、不正解が 75%、一部不正解が 4% であった。なお、正解の回答の中には、「CVT フルードの不足」、「トルク・コンバータの不良」など一般のオートマチック・トランスミッションにも該当する出題者の意図しない回答も含まれていた。また、一部不正解は「オイル交換頻度が少なすぎる」、「プーリとベルトの幅を変えられなくなる」、「ベルトの幅が変わりにくい」と間接的なものや誤った認識が含まれていた。非常に多くの学生が、故障現象と原因に関して知識がないと思われる結果が得られた。

以上の各結果から考察すると、図 20 と図 22 から、CVT の機能や特長について知識を持っていると思われる学生がおおよそ全体の半数いることがわかるが、図 21 から使用されている部品については、知識を持つ者は全体の四分の一程度まで減ることがわかった。また、図 23 によると、部品名はわかっているが、そのつながり（動力の伝達）を理解している者は更に全体の八分の一程度であることがわかった。したがって、CVT の構造・機能を理解している学生は非常に少ないと思われる。

また、図 25 は CVT を学ぶ上で、実習を体験することの有用性について問う質問の回答結果であり、はいが 71%、いいえが 1%、どちらとも言えないが 14%、未回答が 8% であった。多くの学生が、実習をすることで内部の構造や機能について知識を得られると考えていると思われる。非分解であるがゆえに、将来的に、仕事として分解整備を行うことは非常に少ないと思われるが、構造・機能を確認し、動力伝達経路の理解をすすめることにより、故障診断にかかわる知識として、生かすことが可能となると考えられ、CVT の分解を実習として行う意義があるのではないかとと思われる。

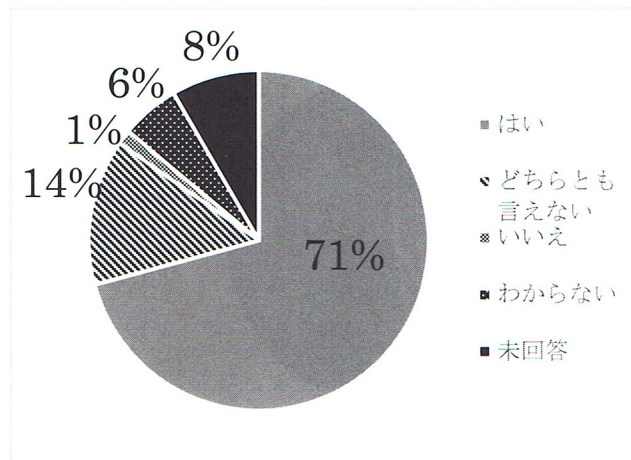


Fig. 25 実習の有用性に関する質問（問6）の回答結果

#### 4. ま と め

本論文では、非分解式 CVT の教材化および、その教材による教育効果検証の第一歩として、実習を経験していない学生へのアンケート調査を行った。

本研究によって得られた結果を要約するとおおよそ以下の通りである。

1. 非分解のユニットを教材化するには、多くの時間と労力を要することがわかった。
2. 学生は CVT の概要や機能について、ある程度の知識があることがわかった。一方で、内部構造については、知識がない、または、知っていてもつながりをイメージ出来ていない可能性があることがわかった。
3. 約 7 割の学生が、分解することは知識の定着に役に立つと考えていることがわかった。
4. 実習として CVT の分解を行うことで、内部構造の理解につながり、故障診断の知識として生かせる可能性があると思われる。本報では、未だ実習前であることから、次報において、教育効果について報告したい。

#### 謝 辞

一般財団法人東京自動車技術普及協会の助成を頂きましたことを記し、謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- (1) 自動車整備士養成課程教科書二級ガソリン自動車・二級ジーゼル自動車（シャシ編），社団法人日本自動車整備振興会連合会，第四版，p. 61 (2012)