

シャシ・ダイナモメータを活用した 初学者のためのA/T理解と整備技術実習に関する研究*

川崎 信隆¹⁾ 市野瀬 和正²⁾ 鈴木 真人³⁾

Study on A/T Understanding and Maintenance Practical Training
for Beginners Using a Chassis Dynamometer.

Nobutaka Kawasaki Kazumasa Ichinose Makoto Suzuki

The automatic transmission (A/T) of an automobile using a planetary gear mechanism has a complicated structure and shifting mechanism, and is one of the things that is difficult for students to understand in lectures and practical training. Currently, automatic transmissions are being replaced by continuously variable transmissions (CVTs) mainly in the small to medium capacity class, but in the large capacity class, A/Ts using planetary gear mechanisms are still on the market. Therefore, students enrolling in this college must maintain A/T as a mechanic even after employment. Although our students (beginners in maintenance technology) know the term A/T, it is difficult to understand the shifting system and mechanism. A/T is a field where the percentage of correct answers is low in the national test of auto mechanic license. In this study, in order to facilitate the understanding of A/T, which beginners are not good at, we conducted education using a chassis dynamometer and a scan tool, and report the results.

Key Word: Automatic Transmission, Practical Training, Chassis Dynamometer, Scan Tool

1. はじめに

オートマチック・トランスミッション（以下A/T）は、流体クラッチであるトルク・コンバータと、変速機構を制御装置によって走行状態に合わせ、自動変速を実現する変速装置である。現在、販売地域やメーカーにもよるが、ハイブリット車を除くと、自動変速機のカテゴリーでは小～中容量クラスを中心に無段階変速機（以下CVT）に置き換わりつつあるが、現在も多くの変速機構に遊星歯車機構を用いたA/T車が販売されている。遊星歯車機構を用いたA/Tは、CVTでは置き換えることが困難な大容量クラスにおいて、さらに多段階化をするなどして高性能化されて販売され続けており、本学に入学する学生も就職後も整備士としてA/Tを整備することが容易に想像できる⁽¹⁾⁽²⁾。本学に在籍する学生のうち半数程は普通科高校や国外からの留学生の受け入れである。このような自動車工学および整備技術の初学者にとっては、A/Tという言葉は知っているものの、変速のシステムや機構を理解することは難しく、故障探求や2級自動車国家試験において正答率が低い分野となっている⁽³⁾。

*2021年9月13日受理、

第53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)・3) 新潟工業短期大学自動車工業科

(950-2076 新潟県新潟市西区上新栄町5-13-7)

本学の実習では、A/Tの変速のシステムや基本的な機構の説明において教科書を参照しながら説明してきたが、初学者である学生の理解度は残念ながら低かった。そこで、令和2年度からは、それらの授業形態に加えて、学生の理解度を向上させるために、シャシ・ダイナモメータ（MSR500 MAHA社）及び故障診断機（G-scan 株式会社インターサポート）を用いて、システムの働きを実感できるような実習方法を試みた。

本研究では、新たな実習の試みの内容とその結果について報告する。

2. 実習機器

表2-1に試験車両の主要諸元を示す。車両の選択に当たっては、2級自動車整備士 シャシ編 動力伝達装置にある4速A/Tを搭載している車両とした。

表2-1 試験車両

車名型式	ニッサン CUBE BZ11
エンジン型式	CR14DE
総排気量	1386 cc
変速機	電子制御式4速AT
年式	2005年

表2-2に本実験で使用したシャシ・ダイナモメータの仕様について、表2-3に故障診断機の仕様について示す。

表2-2 シヤシ・ダイナモメータの仕様

メーカー	MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co.KG.
国内代理店	株式会社ダイノテック
機種	MSR500/2 4WD
ローラー外径	504 mm
許容軸重	2500 kg
使用最大速度	300 km/h
モーター駆動最大速度	約 200 km/h
モーター出力	2 × 22 kW
個別出力計測	260 kW
連続出力計測	1000 kW
定トルク制御	約 7000 N

表2-3 故障診断機

製品名	G-scan Tab
開発元	株式会社インターサポート
Version	2021.05.31
OS	Windows 10 Pro
車両通信	Bluetooth

3. 実習方法

3.1 実習の概要

本学2年次前期に開講される自動車実験・実習Ⅲの履修対象者108名（留学生54名を含む）を対象に、テーマ「動力伝達装置Ⅱ」の12コマで実施した。

12コマの内訳を表3-1に実習内容の変更前と後で示す。なお、表のようにA/Tだけではなく、減速機構の基礎的な項目かつ重要と考えられる変速比や、比較としてマニュアルトランスミッション（以下M/T）についても学習時間を設けている。

表3-1 動力伝達装置Ⅱ時間配分(1コマ90分)

項目	変更前	変更後
変速比	2コマ	2コマ
マニュアル・トランスミッション (以下M/T)メカニズム	2コマ	2コマ
ディファレンシャル	1コマ	1コマ
A/T 概要説明	1コマ	1コマ
遊星歯車, クラッチ機構 A/T オーバーホール 変速の仕組み 制御装置の働きと油圧回路	6コマ	4コマ
シヤシ・ダイナモメータ 走行実験と考察		2コマ

令和元年（変更前）までは、表3-1にあるように教科書を中心とした授業形態での説明と、A/T 単体での組み立てである。この形態の良いところは十分な時間をもってA/Tの機構などの名称やオーバーホールに習熟することができることである。しかし、実際の変速機構であるクラッチやブレーキとプラネタリ・ギア・ユニットとの関係や、また変速機構に働く油圧及び油路の制御機構がどのように働くのかを理解することが難しいと考えられた。また、自動変速線図をアクセル

開度と車速から現在の変速ギアを読むことができる学生であっても、実際にアクセル開度が変化することで変速点が早くなったり、遅くなったりするなどの変化を図表だけでは実感することはできなかった。

そこで、変更後は以前の学習内容に加えて、シヤシ・ダイナモメータと故障診断機を用いて走行時のA/Tの状態をデータ記録し、実験後に故障診断機の記録データのグラフ表示と、実験車両上での体感からグループ毎に変速について考察する時間を設けた。表3-2に故障診断機でモニタする項目を示す。

表3-2 モニタリング項目

項目	単位
車速	km/h
エンジン回転数	rpm
変速ギア位置	—
シフト・ソレノイド A	ON-OFF
シフト・ソレノイド B	ON-OFF
アクセル開度(%)	—
ライン圧 DUTY	%
ロックアップ DUTY	%

実習車両の電子制御式4速A/Tはセンサ部、コントロールユニット部、アクチュエータ部に分けられる。システム図を図3-1に示す⁽⁴⁾。



図3-1 電子制御式4速ATのシステム図

センサ部には車速センサやアクセル開度センサ等が備え付けられており車両の状態をA/Tコントロールユニットに送信する。A/Tコントロールユニットは各種制御を実行する指示信号を各アクチュエータに送信する。変速制御では、センサからの信号をもとに自動変速線図と照らし合わせ変速ギアを決定する。当該のギアに変速するのに必要な電気信号をアクチュエータであるシフト・ソレノイドA・Bに送りパイロット圧を変化させてシフト・バルブが動くことで所定のクラッチやブレーキにライン圧が送られる。ライン圧の変化によりクラッチでは締結及び開放状態を作り出し、ブレーキでは停止状態または開放状態を作り出している。例として3速ではシフト・ソレノイド・バルブA・B共にOFFとすることでハイ・クラッチとフォワード・クラッチが締結状態となり、変速比が1の状態を作り出している。

3.2 シヤシ・ダイナモメータによる走行実験の様子

実験の様子を図3-2と図3-3に示す。図のようにシヤシ・ダイナモメータ上に準備された実習車両に学生グループ4名～5名が搭乗し、故障診断機を用いてモニタリングデータを確認しながら、指定された走行条件（スロットル開度・車速）に合わせて実験を実施した。この時の走行条件を表3-3に示す。



図3-2 シヤシ・ダイナモメータ上の実習車両



図3-3 走行中にモニタリングデータを観察する様子

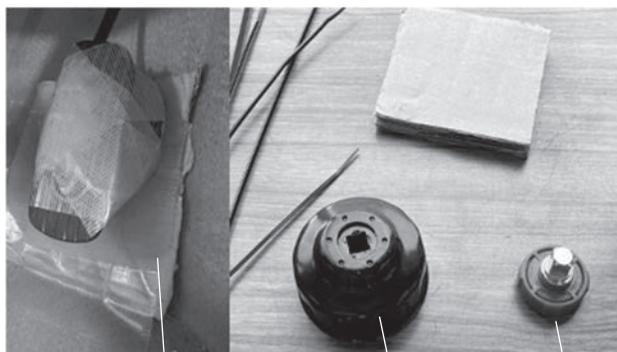
表3-3 走行条件

	単位	条件1	条件2
走行抵抗	N	50	250
アクセル開度	x/8	0.5→0.0	2.5→0.0
車速	Km/h	0→60→0	0→80→0
変速ギア		1→4→1	1→4→1

実習では走行条件をいくつか試したが、本実験の主目的である「A/Tの基本的な作動に関する理解度を向上させること」を主眼におき、1速からはじまり4速そしてロックアップ制御が十分に働く車速域までアクセル開度を開いて加速させ、

その後減速するためにアクセル開度を0.0となるようにした。実際とは異なるが、アクセル開度に合わせて走行抵抗を設定することで車速が上昇するカーブを緩やかにし、1速から4速の変速信号が一瞬で完了しないように工夫し、学生達が変速信号や、刻一刻と変化する車両の状態を確認しやすいようにした。しかしながら、実際は走行抵抗が同じ条件でアクセル開度を大きくした場合、加速力が踏み加減に応じて大きくなり、変速点までの時間が短くなることで結果的に素早く変速が完了する。実際の走行に即した走行を体感することができる条件については今後検討していきたい。

アクセル開度については0.5と2.5の2つの条件を設定した。アクセル開度と車速の値をもとに予め設定されている自動変速線図からA/Tコントロールユニットが実行する変速制御を学生に体感させることが目的である。しかし、実験するとアクセルペダルの操作にばらつきが大きいことがわかり、アクセル開度を一定にする工夫が必要であることがわかった。そこで図3-4に示すオイルフィルターレンチをアクセルペダルに直接固定して手回しソケットを脱着することで実験車両のアクセルペダル開度を2段階に容易に変更できるようにした。



調整用ダンボール オイルレンチ 手回しソケット
図3-4 アクセルペダルに装着したアタッチメント

さらにドライバーである学生には予め実験前にアクセル開度の様子をモニタ画面で確認してもらい、自身の操作によるアクセル開度値を把握する時間を設けた。シヤシ・ダイナモメータ上での操作に慣れることに繋がり、アクセル操作に均一性が保たれ、実験中の不必要な急ブレーキやハンドル操作が抑止されることで安全性を高めることができた。

3.3 故障診断機によるデータモニタリング

故障診断機のモニタリングデータを次の3つの利点から利用することとした。

1. 項目データ表示（実験中）
2. 項目データ保存機能
3. 項目データグラフ化機能（実験後）

項目データ表示機能を用いることで走行中にデータを観察し

ながら走行体験をすることができ、本来は知覚できない電気信号や制御状態を走行状態の変化とともに知ることが可能になった。項目データ保存機能と項目データグラフ表示機能により、実験中に気が付かなかったデータの変化や数値について、時間軸を統一して項目ごとの関係性について十分な時間をかけて検討することが可能になった。これらの機能を用いたことで単純な走行実験のみでは理解しにくいと思われる制御のタイミングや、体感と実際の変速との関係性をより理解しやすくなったと思われる。図 3-5 には実験で保存された記録データの呼び出し画面を示す。

項目名(1/8)	現在値	単位	最小値	最大値
エンジン回転数	1344	rpm	544	2048
変速ギア位置	4	-	-	-
車速	50	km/h	0	50
アクセル開度	1.0	/8	0.0	1.0
ラインDUTY	63	%	0	85
ロックアップDUTY	65	%	4	85
シフトソレノイドA	ON	-	-	-
シフトソレノイドB	OFF	-	-	-

図 3-5 故障診断機に記録されたデータ画面その 1

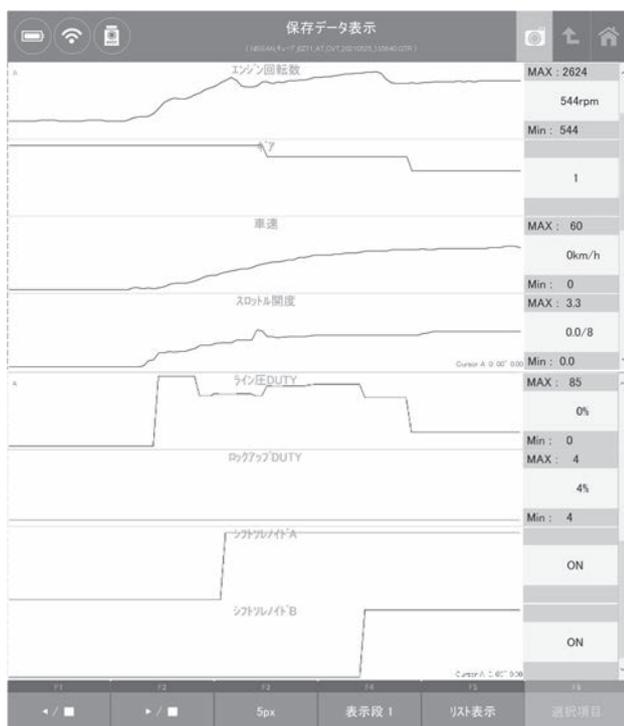


図 3-6 故障診断機に記録されたデータ画面その 2

実験中は各項目の現在値と単位が表示され、車両状態に合わせて変化する各項目の現在値がわかる。学生は変速する際にす

で学習してきた制御信号が出力される様子と変速ギア的位置との関係を知ることができた。図 3-6 には故障診断機のグラフ化機能により記録されたデータからグラフ化された画面を示す。ギアが変速に入るよりも数秒早い段階で制御信号が送られていることや、アクセル開度の変更に合わせてシフトアップ及びシフトダウンすることなど、教科書の図を用いた解説では伝えにくい内容等が、学生に理解されていることが学生発表からも確認でき、これまで学習した内容の振り返りも行うことができた。電気信号を可視化することで、クラッチやブレーキと作動油圧との関係まで理解できている学生には、より理解が進んだと考えられるが、電気信号で何をコントロールしているのかをそもそも理解できていない学生には、オーバーホール実習での部品の確認や、図を用いた説明をさらに丁寧に示さなくてはならないことが問題点として感じられた。

4. 授業前後の理解度アンケート結果

4.1 学生の自己評価による 5 段階評価

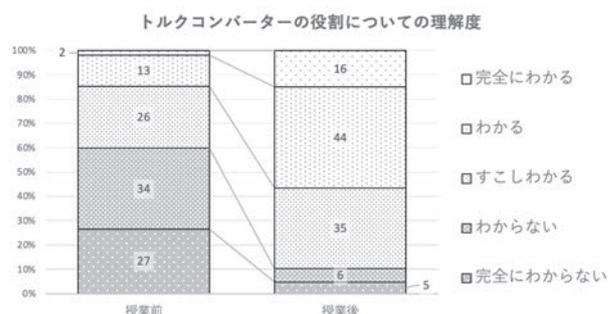
授業の理解度を調査する為に、授業の前後でアンケート調査を実施した。表 4-1 に示す①-④の各設問は、学生の自己評価による 5 段階評価である。集計した結果を表 4-2 と図 4-3 に示す。

表 4-1 アンケート項目

質問事項	回答方式
① ATトルクコンバーターの役割について理解していますか。	5段階評価
② 電子制御式4速ATの変速機構(機械)について理解していますか。	5段階評価
③ 電子制御式4速ATの制御機構(電気・油圧制御)について理解していますか。	5段階評価
④ 電子制御式4速ATの変速の仕組みは理解できていますか。	5段階評価

表 4-2 自己評価による 5 段階評価集計結果

質問事項	①		②		③		④	
	授業前	授業後	授業前	授業後	授業前	授業後	授業前	授業後
完全にわかる	2	16	2	12	3	17	4	11
わかる	13	44	14	44	9	39	9	55
すこしわかる	26	35	14	34	18	34	23	28
わからない	34	6	30	8	25	10	32	6
完全にわからない	27	5	42	8	47	6	34	6
平均値	2.30	3.57	2.06	3.42	1.98	3.48	2.19	3.56
差	1.26		1.36		1.50		1.37	



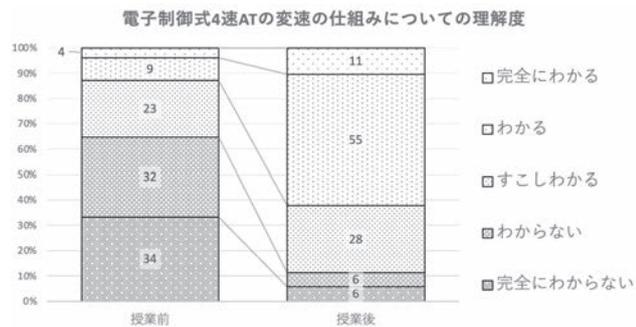
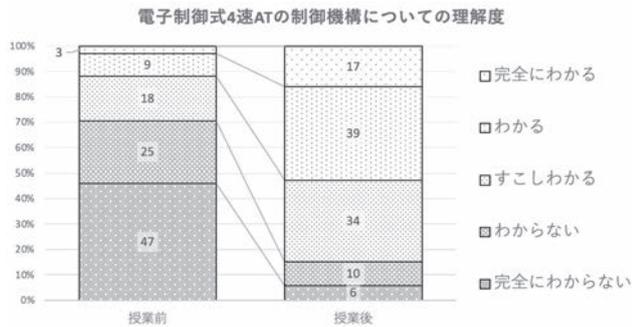
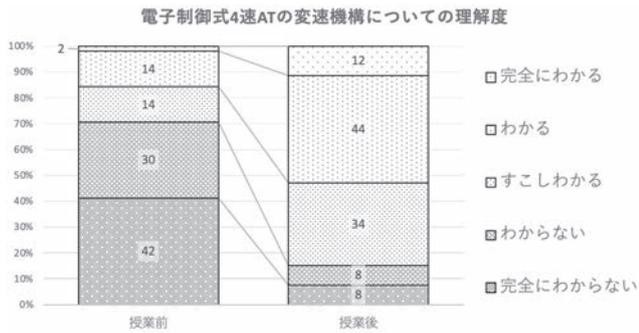


図 4-1 アンケート結果

これらのアンケート結果をみると授業前には全ての質問事項で60%~70%の学生が「完全にわからない」または「わからない」と回答したが、授業後には20%弱まで少なくなったことがわかる。また全体的に授業後には「わかる」または「すこしわかる」と回答した学生が70%ほどを占める結果となった。実習後の各項目の5段階評価の平均値は3.5ポイント程度を示し、実習前と比べて1.3ポイントほど上昇したことが分かる。

4.2 記述回答の分析による段階評価

学生のより深い理解度を調査する為に、記述式の回答のアンケート調査も行った。表4-3に示す⑤~⑩の各設問について分析評価を実施して集計した。分析評価は5段階として、「全ての正しい部品名を用いて説明ができた場合」には5点の完全にわかる、「一部足りない部品名があるが正しく説明ができた場合」には4点のわかる、「足りない部品名または一部説明が誤っているが概ね正しい場合」には3点のすこしわかる、「1つまたは2つ程度の部品名のみの場合」は2点のわか

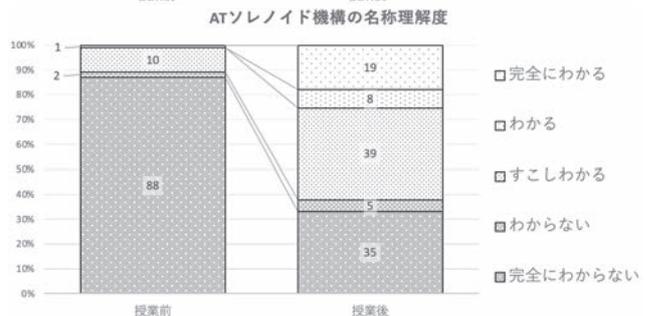
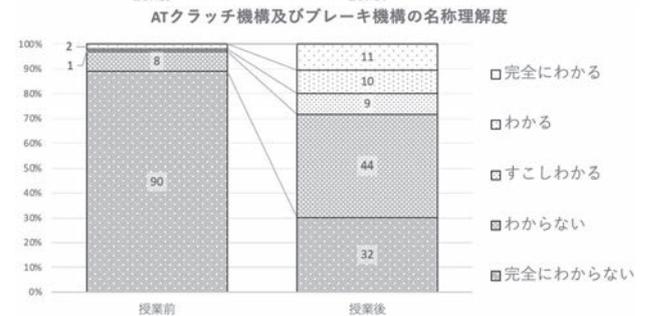
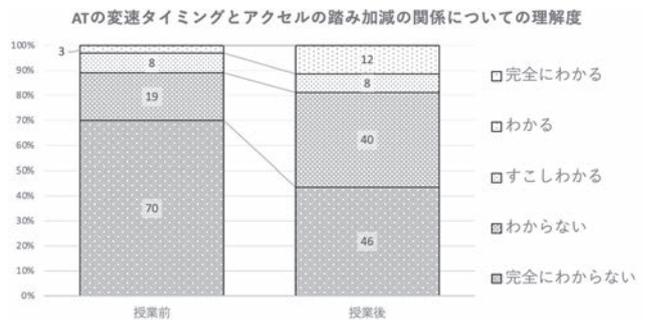
らない、「わからない又は無関係な場合」には1点の完全にわからないと評価した。集計した結果を表4-4と図4-2に示す。

表 4-3 記述式アンケート項目

質問事項	回答方式
⑤ 電子制御式4速AT車でアクセルの踏み加減によって、変速のタイミングはどのように変化しますか。	記述式
⑥ 電子制御式4速ATにての変速に関わるクラッチやブレーキの名称を述べなさい。	記述式
⑦ 電子制御式4速ATの変速に関わるソレノイドの名称を述べなさい。	記述式
⑧ 電子制御式4速AT車では変速するために車両からどのような信号が入力されていますか。	記述式
⑨ 電子制御式4速AT車では変速するための油圧を制御する方法を教えてください。	記述式
⑩ 電子制御式4速AT車で変速するためにどのような装置を用いて制御や作動がされていますか。	記述式

表 4-4 記述式による5段階評価集計結果

質問事項	⑤		⑥		⑦		⑧		⑨		⑩	
	授業前	授業後										
完全にわかる	0	0	0	11	1	19	0	3	0	0	0	3
わかる	3	12	2	10	0	8	0	3	0	2	0	4
すこしわかる	8	8	1	9	10	39	2	26	1	16	1	5
わからない	19	40	8	44	2	5	13	25	6	48	4	35
完全にわからない	70	46	90	32	88	35	87	49	95	40	97	59
平均値	1.41	1.87	1.15	2.28	1.25	2.73	1.17	1.92	1.08	1.81	1.06	1.65
差	0.46		1.14		1.48		0.76		0.73		0.59	



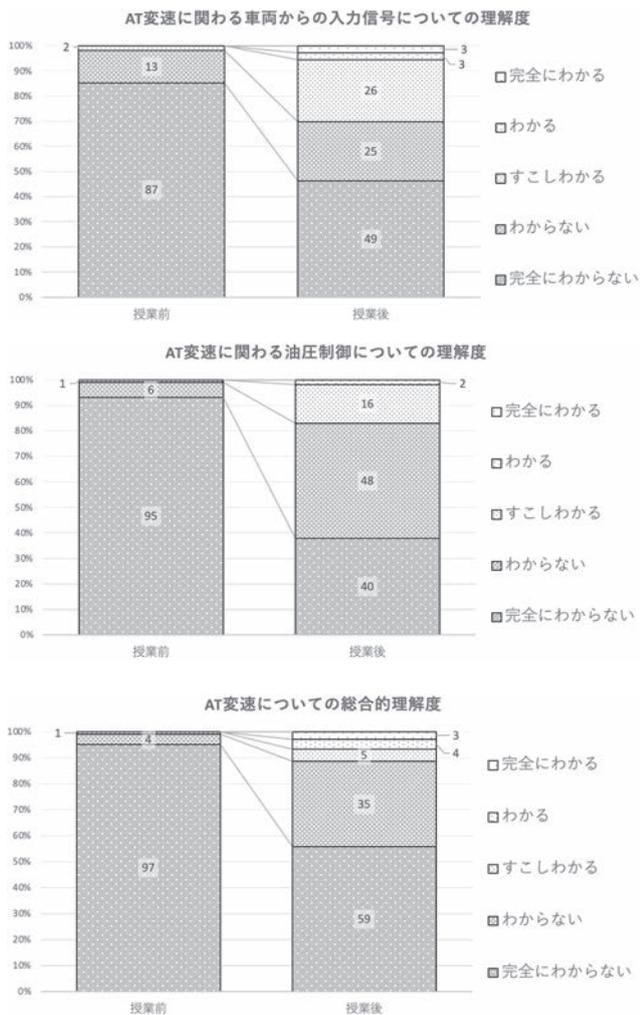


図 4-2 記述式アンケート結果

この記述回答の分析結果をみると授業前には 90%前後の学生が記述式では回答ができていない。その他 10%前後の学生が記述回答をしているが、1つまたは2つ程度の部品名のみで回答となっておりこれまでの学生生活で学習してきた内容が定着していないことがわかる。しかしながら、学生自身の運転経験をもとに回答が可能なアクセルの踏み加減と変速タイミングにかかわる質問については学生からの記述にも具体性があり得点が高くなっている。

授業後の結果においては70%と高い割合の学生が「完全にわからない」または「わからない」結果となり、自己評価の数値と乖離している。学生は知っていることと理解していることを混同している、または、理解したことを自分の言葉で説明するには考察する時間が不足していると考えられる。このような結果を踏まえ授業担当者として「わかる」「完全にわかる」に分類される学生が50%を超えるように授業を改善したいと思う。平均値は授業前の1.2程度から授業後には2.0に上昇しているものの自己評価による回答と比べ低い値を示している。

5. まとめ

今回の授業で良かったと思われる点は下記の3点である。

1. 教科書を中心に学習した制御等の実際に体験することができるので、自身がイメージしていた制御と実際の制御との違いなどを知ることができた。
2. シャシ・ダイナモメータを利用することで安全に配慮した状態で走行体験を学生が獲得することができた。
3. 故障診断機を利用することで教科書では理解しにくい制御信号が変化していく様子を知覚しながら学習に役立てることができた。

今後の展開として、次年度の学生向けには基本的なA/Tのシステムを理解するのに適した走行条件を確立することと、後期のカリキュラムであるA/T故障診断授業においてもこの結果を活用し、教科書に書かれた内容を学生が確認、実体験できる実習を展開したいと思う。

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の助成金を頂きましたことを記し、感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 自動車技術会：動力伝達装置の研究動向等, Vol. 75, No. 8, p. 132-136, (2021)
- (2) 自動車産業ポータル 分析レポート CVT, https://www.marklines.com/ja/report/wsw0012_201408 (参照 2021. 09. 11)
- (3) 加藤 寛ほか：オートマチックトランスミッション実習授業でのタブレットと端末の利用とその効果, 自動車整備技術に関する研究報告誌, 第46号, p. 30-34, (2017)
- (4) 社団法人自動車技術会 自動車技術ハンドブック編集委員会：自動車ハンドブック 第4分冊 設計 (パワートレイン) 編 第2版, 第5章 制御システム, p. 293, (2007)