

事例紹介

自動車整備におけるダイヤルゲージの測定技術教育

Education on Measurement Skills Using a Dial Gauge in Auto Maintenance

小野秀文^{※1}

Hidefumi ONO

鈴木規文^{※1}

Norifumi SUZUKI

吉田昌央^{※1}

Masao YOSHIDA

Auto mechanics require prompt and accurate judgment on the quality of parts for vehicle diagnosis and inspection. However, experiencing various tasks within a short span of time is impossible. Thus, guidance has focused on how to use measuring instruments for each vehicle part. Because the opportunity to use tools has decreased before entering auto mechanics school, measurement errors have become highly noticeable during practical training. Therefore, training materials pertaining to dial gauges have been developed for training in basic tasks, and the effects of training when performing actual maintenance tasks were examined. Furthermore, we assessed the influence of measurement time on the measurement accuracy of the dial gauge. The results show that measurement accuracy increases with a decrease in measurement time.

Keywords : Engineering Education, Maintenance, Training Exercises, Dial Gauge, Junior College

キーワード：技術者教育, 整備, 実習, ダイヤルゲージ, 短期大学

1. はじめに

自動車整備士は、自動車の点検、診断、分解、組立、修理、調整等に従事し、これらの作業では、各部品および装置の状態を正確に評価する技術が求められる。そのため、自動車整備士を育成する高等教育機関では、様々な測定技術を在学中に習得させ、卒業後の就職先へ輩出していかなければならない。愛知工科大学自動車短期大学（以下、本学）では、自動車整備実習を通して約40種類の測定機器の使用方法を指導している。そのため、学生は1年生前期に基礎となる測定機器の使用方法を確実に習得する必要がある。これまでも指導内容に応じた独自の教育^{1), 2)}を提供し、入学初期から各実習を通じて、自動車部品の測定作業に重点を置いて測定を反復訓練させてきた。しかし、近年、入学するまでに工具に触れる機会が少ない学生が増えており、それに伴って各実習において学生の測定方法の誤りが目立つようになった。特に1年生前期において学ぶダイヤルゲージにおける振れの測定を、1年生後期において学ぶ平面度や曲り量の測定に応用できない事例が増えた。自動車整備では、ディスク類、シャフト類およびギヤ類の測定にダイヤルゲー

ジを使用する。しかし、測定する振れ、曲りおよび平面度は、製品ごとに形状、測定箇所および基準値が異なる。こうした状況は、実際の整備作業において他社製品での測定ミスが懸念される。

そこで、ダイヤルゲージを正しく設置し、正確に測定値を読むための知識を重点的に訓練できる教材（以下、訓練用教材）を作製した。その上で、訓練用教材を活用した学生と活用していない学生とを比較することで、活用効果を検討した。また、測定手順において、学生のどの手順に誤りがあり、どの部分の理解に苦慮しているのかを調査した。さらに、学生に対して有効なダイヤルゲージを用いた測定の指導方法を実習において実践し、測定精度と測定時間との関係について調査した。その結果を基に、限られた実習時間の中で、測定精度を維持し、ダイヤルゲージが持つ多くの使用方法を習得できる測定技術に関する教育手法を構築したので報告する。

2. 調査概要

愛知県蒲郡市の本学において自動車整備実習を受講する大学生を対象に調査した。1年生前期に10コマを5日間で実施する計測機器の取り扱いおよび自動車のシャシ構造に関する実習である。そのうち1コマである90分をダイ

ヤルゲージの指導に当たる。調査対象を表1、表2に示す。はじめに、訓練用教材の活用効果を評価するために、表1に示す訓練用教材を用いずに自動車部品の測定作業に重点を置いて反復訓練した2014年度2年生（以下、G1）および訓練用教材を用いて指導した2014年度1年生（以下、G2）について調査した。

次に、測定精度を維持しながら作業を迅速化する新しい教育手法の有効性を検討するために、表2に示す作業における測定精度と測定時間との関係を調査した2015年度1年生（以下、G3）および高い測定精度を維持しながら測定時間を短縮するための教育手法を実践した2016年度1年生（以下、G4）について調査した。なお、訓練用教材については、G3およびG4においても使用した。また、調査に使用したダイヤルゲージは自動車整備実習で多く使用する標準型とし、マグネットベース付きのミツトヨ製で、最小目盛1/100mm、最大測定範囲10mmである。

2. 1 訓練用教材による教育効果

従来は、自動車部品に対応したダイヤルゲージの使用法に重点を置いて指導した。学生は、教員が実演するディスクブレーキにおける振れの測定を手本として、設置作業を学ぶ。この指導方法では、同一部品での測定は可能だが、部品が異なると、設置作業の理解不足による測定ミスが目立つようになった。

そこで、図1に示す訓練用教材を製作した。ダイヤルゲージは基準値を決める初めの設置位置および設置状態が測定精度に大きく影響する。このため、基本的な作業を指導できるように、図1の(1)～(4)における対象とした訓練および期待する効果を次のように定めた。

- (1) 様々なプレートへの正しいスタンド設置方法を訓練し、測定に最適なスタンド設置位置を理解する。
- (2) 長針と短針の回転方向および測定対象がスプリングの張力により瞬時に大きく変位したときの短針を確認することで、短針の読み取りの必要性を理解する。
- (3) ねじを左右に回し、ねじ頭部の変位を測定することで、スピンドル設置角度のズレがもたらす変位量の差を理解する。
- (4) 凹凸面から安定した測定面を探すこと、測定子を

表1 訓練用教材の活用効果に関する調査対象

	調査対象	取組内容
G 1	2014年度 2年生	自動車部品の測定作業を反復訓練する指導
G 2	2014年度 1年生	訓練用教材を用いた指導

表2 作業を迅速化する教育手法の有効性に関する調査対象

	調査対象	取組内容
G 3	2015年度 1年生	測定精度と測定時間との関係を調査
G 4	2016年度 1年生	高い測定精度を維持しながら迅速化するための教育手法を実践

測定対象に当てる位置がもたらす、誤差の発生原因を理解する。

実習では、1班4名～5名に訓練用教材を提供し、ダイヤルゲージの不適切な設置時における測定誤差を学生に体験させ、誤差の発生要因を考察させることで、測定精度を意識した技術習得を試みた。

調査に用いたテスト問題を図2に、解答を表3に示す。ダイヤルゲージに関する測定状態を表した6枚の図を用意し、その状態を正誤判定する筆記テスト形式（以下、画像による判定）で学生の理解度を調査した。調査項目は、一般的な単体部品での測定を想定し、ダイヤルゲージの設置手順を次の4つの項目に分割した。スタンドを設置し、マグネットベースにより固定する（以下、スタンドの設置と固定）。アームの長さおよび設置角度を調整する（以下、アーム長さ）。スピンドルの設置角度を調整する（以下、スピンドルの設置角度）。スピンドルの押し込みによる短針の目盛位置を確認する（以下、ダイヤル

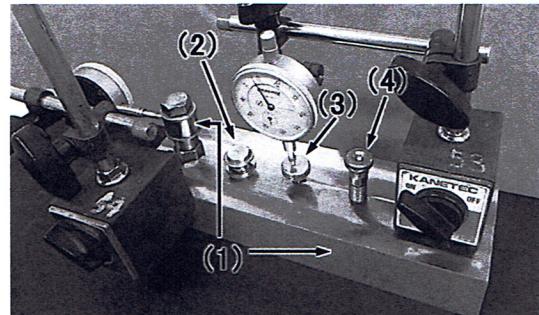


図1 訓練用教材

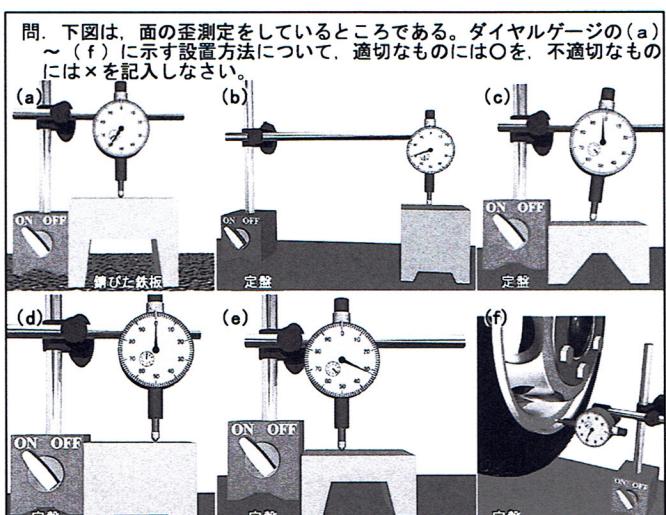


図2 画像による判定に用いたテスト問題

表3 画像による判定の解答および調査項目

	解答	調査項目
(a)	不備	スタンドの設置と固定
(b)	不備	アーム長さ
(c)	不備	スピンドルの設置角度
(d)	不備	ダイヤルゲージ短針
(e)	正解	基本4項目を正しく設置
(f)	正解	実車測定を正しく設置

ゲージ短針). この4項目をダイヤルゲージ設置時の基本項目(以下、基本4項目)とした。この基本4項目に関する設問に、すべてを正しく設置した設問を加えた5問(以下、基本測定)について調査した。さらに、応用問題として自動車部品を想定したホイールの振れ測定に関する設問(以下、応用測定)を加えた。調査対象は、G1が124名(有効回答数:123件)G2が149名(有効回答数:149件)であった。調査はG1が2014年度後期、G2が2014年度前期の最終授業で実施した。

2.2 測定精度の向上および作業の迅速化

(1) 基本4項目と測定精度との関係

G2までは、ダイヤルゲージの作業手順は学生ごとに異なるため、測定誤差を生じさせる要因を含んでいた。そのため、G3からは、ダイヤルゲージの設置手順を5つの項目に分割し、作業標準として指導した。標準化した手順は次のとおりである。

- 1) 安定した測定面を確保するため、測定前にウエスなどで測定面を清掃し、汚れ、異常が無いことを確認する。
- 2) 振動による指針の振れを防ぐため、ダイヤルゲージを固定するスタンドのアームは、できるだけ短くセットする。
- 3) スピンドルの設置角度による誤差を防ぐため、測定子は平面に垂直に当て、大きく変位した場合のスピンドルのストロークを確保するため、2mm~8mm押し当てた状態で固定する。
- 4) 視差による個人誤差を防ぐため、目の位置は目盛や指針に対して正面で読む。
- 5) ダイヤルゲージの保護および細かい変位を測定するため、平面の歪みや、表面の凹凸の測定は部品を静かに動かす。
- 6) もっとも確からしい測定値を得るため、測定は3回以上行い、大きな測定誤差を除く、安定した測定値で平均値を求める。
- 7) 転倒によるスピンドル保護のため、使用しないときは、本学ではスピンドルをスタンドのアーム同士の間に入れ保管する。

標準化することで、実技における測定精度に影響を与える基本4項目について調査した。

調査項目は、図2の基本測定の画像による判定に加え、その判定理由を次の4つから選択する筆記テスト形式(以下、判定理由)で行った。

- a) スピンドルの設置状態が不適切である。
- b) アームの設置状態が不適切である。
- c) スタンドの設置場所または固定が不適切である。
- d) 適切な測定方法である。

さらに、実技において自動車部品の測定を実技テスト形式(以下、実技による判定)で実施し、基本4項目が適切に実施されているかを評価した。実技の評価方法は、テスト終了後において、教員がスタンドの設置位置およびアームの長さについて基準となるゲージを用いて判定した。また、スピンドル設置角度およびダイヤルゲージ短針は目視により判定した。調査対象は、G3が180名

(有効回答数:180件)であった。

(2) 測定作業の迅速化への試み

実技テストでは基本4項目の確認が丁寧に行われるため、測定終了までに長時間をする学生が散見されるようになった。自動車整備の現場においては、安全性、確実性だけではなく、迅速性を含む3要素が求められる。そのため、測定作業の迅速化と測定精度の向上のための教育手法を構築するため、G4を対象に、測定時間に目標を定め訓練を実施した。具体的には、ダイヤルゲージを用いた単体部品および自動車部品の測定において2名一組とした学生間で測定に要する時間をそれぞれ計測させた。この実習によって測定にかかる時間を短縮するための作業手順の効率化と段取りの重要性を学生に理解させた。

調査は測定時間を意識させた教育手法による効果を検討するために、G3およびG4を対象に、実技におけるダイヤルゲージの測定に要する時間を比較、検討した。実技テストに用いた単体部品および自動車部品を図3に示す。図3(a)の単体部品には、表面に測定用の凹凸を設けた部品を製作し、2箇所の段差を測定させた。図3(b)の自動車部品には、実際のブレーキディスクロータを用いて、ディスクを回転させたときの振れを測定させた。整備技能を計る一般的な整備士試験では4~5分間で2つの部品測定を実施しなければならない。そのため、調査方法は、実技テストにおいて単体部品と自動車部品の2つを対象にダイヤルゲージを用いて5分間で測定させた。学生に目標とさせた測定時間は、著者らが実際に要した時間に30秒追加した時間とした。このため、単体部品では180秒、自動車部品では90秒を基準とした。また、測定時間の調査においては、測定作業の様子を2台のビデオカメラで撮影し、個々の学生が測定に要した時間をビデオカウンタにて確認して、各学生が要した時間を計測した。単体部品および自動車部品の測定に関する評価は次のように実施した。

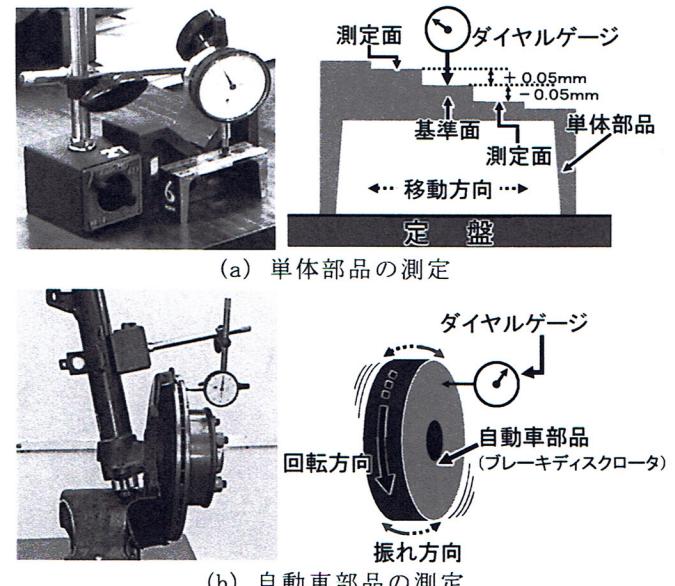


図3 実技テストに用いた測定対象

(a) 単体部品の測定

定盤上に設置した単体部品の上面における段差 2か所を、ダイヤルゲージを用いて測定し、その測定値の正解率（以下、測定値の正解率）を調査した。さらに、各学生が測定に要した時間について、ダイヤルゲージに触れてから一連の作業を終えてダイヤルゲージを測定開始の状態に戻すまでに要した時間を計測した。調査対象は G 3 180 名（有効回答数：164 件）、G 4 157 名（有効回答数：150 件）であった。

(b) 自動車部品の測定

自動車整備を想定し、ブレーキディスクロータの振れに関する実技による判定に加え、この測定時間を調査した。測定時間に関する調査では、自動車部品へのダイヤルゲージの設置開始から測定可能な状態までに要した時間とした。さらに、基本 4 項目において、もっとも時間を要した項目についても調査した。調査対象は G 3 180 名（有効回答数：107 件）、G 4 157 名（有効回答数：118 件）であった。なお、2 台のビデオカメラで作業を確認できなかった対象者は除外した。

3. 結果および考察

3. 1 訓練用教材による教育効果

(1) 基本測定での理解度

G 2 および G 1 に対し、基本 4 項目の理解度を比較し、訓練用教材による教育効果を評価した結果を図 4 に示す。G 1 は G 2 に比べ、ダイヤルゲージの使用機会が多くなったにもかかわらず、低い結果となった。スピンドルの設置角度を除く、全項目が 90% 以下であり、ダイヤルゲージ短針については 52.8% の学生が理解できていない。訓練用教材の未使用者は、自動車部品での測定に重点を置いて指導したため、車体へのダイヤルゲージ設置場所を予め定め、訓練した。このため、誤差を生じさせる要因が理解されず、設置に関する意識が低下したと思われる。これに対し、G 2 は、全項目について約 90% 以上と高い正解率となった。これは、訓練用教材を用いて誤差を生じる測定を体験したこと、理解度が向上したと思われる。

(2) 応用測定での理解度

G 2 は、入学初期での実習であるため、自動車部品での測定の経験はない。そのため、基本測定の設問すべてを正解した学生を対象に、応用測定をどの程度正しく判断できたかを実際の作業経験がある G 1 と比較した結果を図 5 に示す。基本測定を理解している G 2 は 72.5%，応用測定においては 84.6% と高い正解率となった。しかし、基本測定を理解している G 1 は 20.3% と低いのに対し、応用測定では 78.9% と高く、基本測定に比べ、58.6% 高い結果となった。これは従来の指導において取り付けが困難な応用測定を反復訓練したためと考えられる。しかし、この指導では、測定精度を向上させるための知識が理解されていないことがわかった。また、G 2 は、応用測定の経験がなくとも訓練用教材での指導により、応用測定を正しく判断できることが明らかになった。

3. 2 測定精度の向上および作業の迅速化

(1) 基本 4 項目と測定精度との関係

G 3 に対し、測定精度に影響を与える基本 4 項目の筆記および実技における理解度を調査した結果を図 6 に示す。画像による判定では、他の項目に比べ、ダイヤルゲージ短針の正解率が若干低いが、いずれも 86% 以上と高く、G 2 と同程度であった。しかし、アーム長さは、判定理由が 93.3% となり、実技による判定では 78.3% と低下した。スピンドルの設置角度およびダイヤルゲージ短針は、判定理由が約 80% であり、実技による判定は約 70% と一層低下した。これらは判定理由を理解できていないことが、実技における誤った設置の要因になったと考えられる。このことから、各手順における目的が明確に理解されていないことが、実際の作業における測定精度を低下させる要因と考えられる。

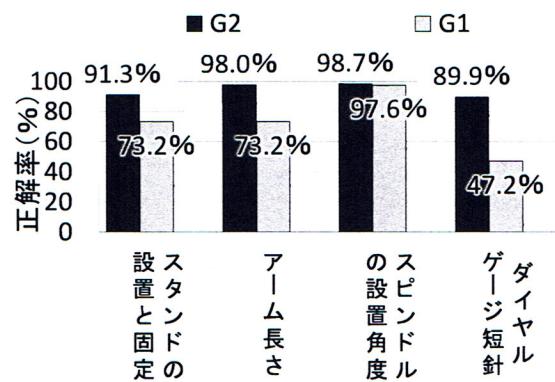


図 4 訓練用教材による基本 4 項目の理解度

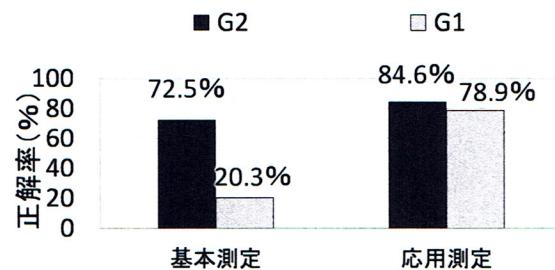


図 5 基本測定と応用測定との比較

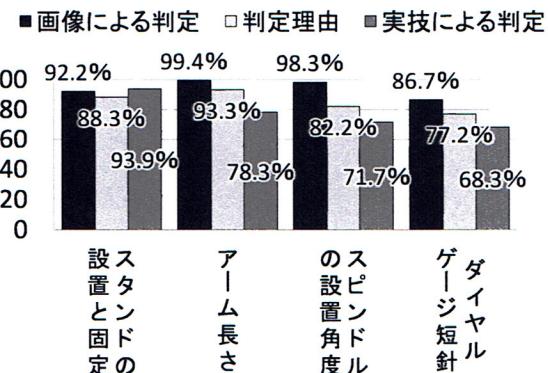
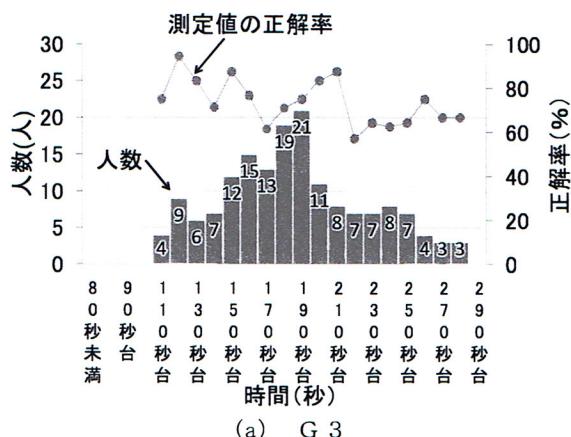


図 6 筆記および実技における基本 4 項目の理解度 (G 3)

(2) 測定作業の迅速化への試み

単体部品の測定時間についてG 3と測定時間に目標時間を定め訓練したG 4とを比較した結果を図7に示す。単体部品では、図3(a)の基準面に対する左右の段差2箇所の測定を出題した。左側の測定面では+0.04mm～+0.06mm、右側の測定面では-0.06mm～-0.04mmを正解とした。また、使用したダイヤルゲージの最小目盛が1/100mmのため、+0.050mmのように小数点第3位以下を記入した場合は不正解とした。正解率については測定値がすべて不正解なら0%，1箇所正解なら50%，2箇所正解なら100%とした。これらを各時間帯で加え、人数で除したものと測定値の正解率とし、図7の折れ線グラフで示した。また、各測定時間の人数を棒グラフで示した。G 3では測定時間は190秒台がもっとも多く、著者らが基準とした180秒未満は全体の40.2%だった。測定値の正解率は、120秒台がもっとも高く、140秒台以降は約75%と低下し、さらに220秒台では約60%まで低下する。このことから、59.8%の学生が基準よりも多くの時間を単体部品の測定に要しているが、測定値の正解率は時間を多く要するにつれて低下していることがわかった。G 4では、測定時間は150秒台がもっとも多く、著者らが基準とした180秒未満は全体の76.7%とG 3と比較して36.5%増加し、大半の学生が基準とした時間内に測定を終えた。また、測定値の正解率は、G 3に比べ、約10%向上し、時間の経過とともに正解率が低下する傾向が解消された。これは、測定時間が短い学生ほど手順を理解して測定するため、



(a) G 3

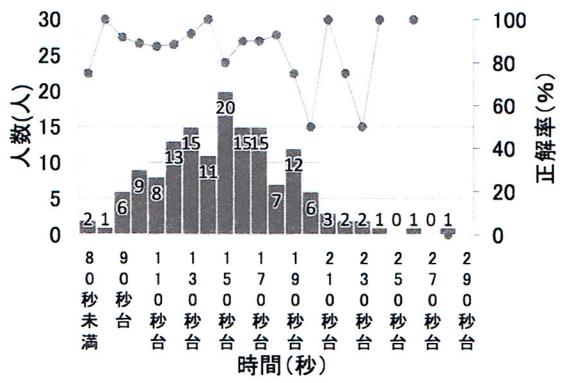
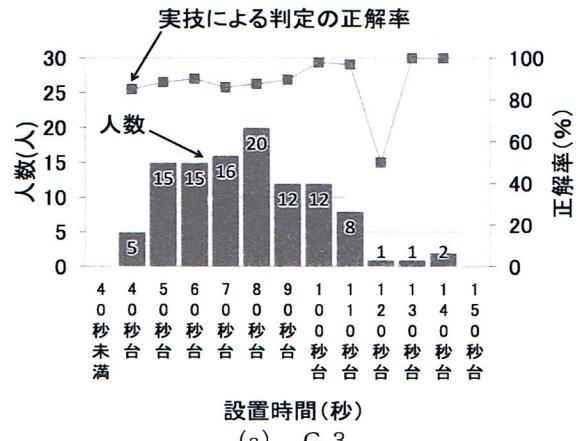


図7 単体部品の測定時間と測定精度との関係

無駄な作業が少なく測定時間を短縮できたと思われる。また、手順を理解することで、測定精度が向上し、正解率が高くなったと推察される。このことから、測定時間を意識して訓練することで、測定作業の迅速化だけではなく、測定精度の向上にも効果があることが明らかになった。

自動車部品に関するG 3およびG 4の結果を図8に示す。G 3における設置時間の人数は80秒台がもっとも多く、著者らが基準とした90秒未満は66.4%であった。実技による判定の正解率は120秒台を除くと、40秒台が85.0%ともっとも低く、設置時間が長くなるにつれて高くなる傾向がある。これは単体部品に比べ、設置作業が難しく、時間を要するためと思われる。実技テストでは大半の学生が単体部品での作業後に、自動車部品での作業に取り掛かる。このため、単体部品での作業を早く終えると、テストの制限時間を自動車部品に割くことができ、設置作業にゆとりが持てるため、正解率が向上したと考えられる。G 4における設置時間の人数は70秒台がもっと多く、著者らが基準とした90秒未満は60.2%と若干低下した。実技による判定の正解率は基準の90秒未満の学生が94.0%と非常に高く、早く設置が終了した学生ほど正解率が向上した。また、100秒台で正解率は下がるが、それ以降は正解率が上昇する傾向が見られた。さらに、全体では、G 3に比べ、実技による判定の正解率は6.1%向上した。これは、単体部品での測定時間を短縮できることにより、制限時間を自動車部品の測定に割け



(a) G 3

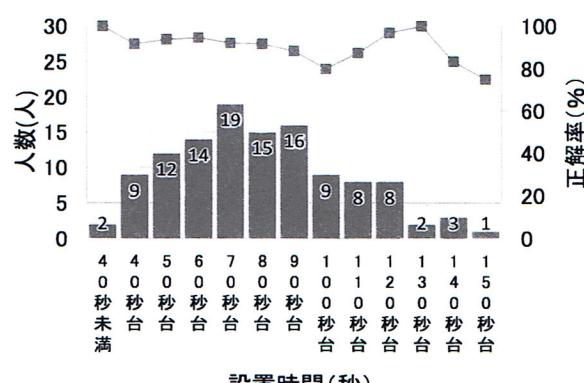
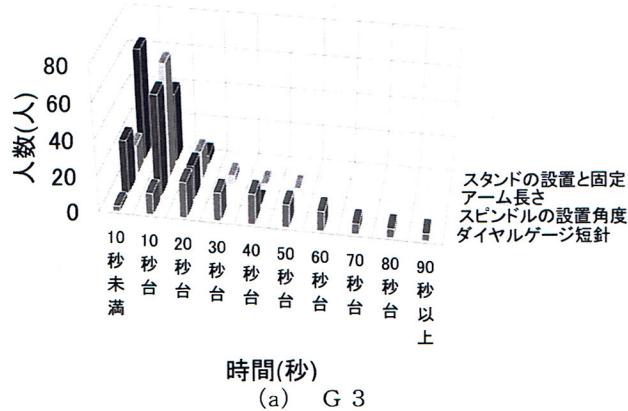


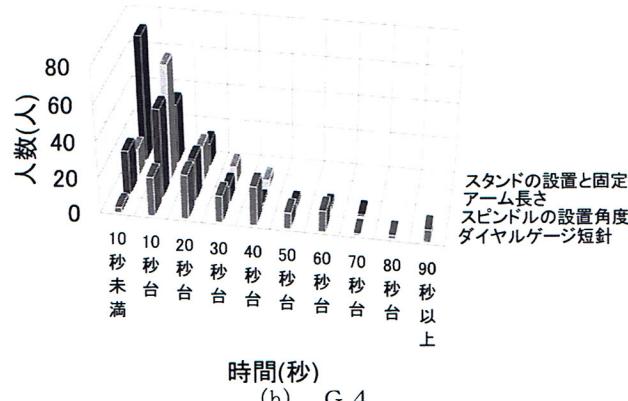
図8 自動車部品の測定時間と測定精度との関係

たため、90秒未満の学生は若干低下したが、正解率は向上したと思われる。また、測定時間という目標を与えたことで、学生が基本4項目を意識し、測定に要する時間を競い、設置状態を評価し合うようになった。これにより、学生自身が正確かつ効率のよい測定方法を検証したため、高い測定精度を維持しながら測定時間を短縮したと思われる。ただし、この結果だけでは、断定できないため、今後の検討課題としたい。

G3およびG4における自動車部品の基本4項目に要した時間を図9に示す。G3について各項目を30秒未満で終えた学生は、スタンドの設置と固定が100%，アーム長さが92.5%，スピンドルの設置角度が99.1%だった。しかし、ダイヤルゲージ短針については、スピンドルの押し込み調整作業に時間を要したため、30秒未満で終わる学生が32.7%と少なく、学生ごとの設置時間に差があ



(a) G3



(b) G4

図9 自動車部品における基本4項目に要した時間

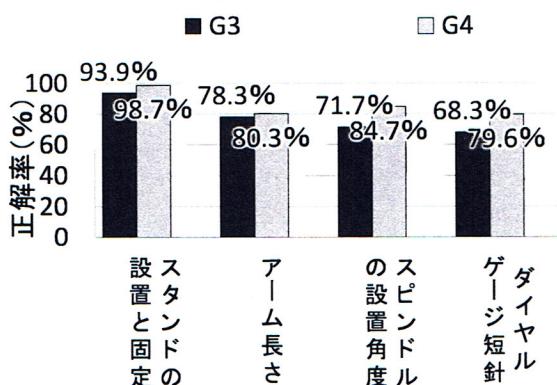


図10 自動車部品における実技による判定

り、時間を要した学生が多く散見された。G4について各項目を30秒未満で終えた学生は、スタンドの設置と固定が100%，アーム長さが86.4%，スピンドルの設置角度が83.9%，ダイヤルゲージ短針が42.4%となった。アーム長さおよびスピンドルの設置角度については減少したが、ダイヤルゲージ短針は増加し、ダイヤルゲージ短針の学生ごとにおける設置時間の差は減少した。これは、他の作業と比較して短針の押し込みを調整する作業が困難なため、G3は時間を要したと思われる。しかし、G4は測定時間を意識して訓練したため、短針の押し込みに大きく影響するアーム長さおよびスピンドルの設置角度に時間を割き、もっとも困難なダイヤルゲージ短針に臨んだため、改善が見られたと思われる。

G3およびG4の自動車部品における実技による判定を比較した結果を図10に示す。G3では、スピンドルの設置角度およびダイヤルゲージ短針についての正解率が約70%と低い。しかし、測定時間を意識したことで、G4では、スピンドルの設置角度が13.0%，ダイヤルゲージ短針が11.3%向上した。このことから、測定時間の計測を学生間で行い、測定時間を意識して訓練することにより、自身の測定体験だけではなく、他者の測定手法についても考察することで、理解度を深めたと考えられる。

4. まとめ

ダイヤルゲージの基本4項目を指導するための訓練用教材の活用効果および測定時間と測定精度について調査した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 自動車部品に対応したダイヤルゲージの使用法に重点を置いた指導では、測定精度を向上させるための知識が理解されていない。
- (2) 作業経験が少ない学生に対し、指導すべき項目を、容易に体験できる訓練用教材は、短期間での教育効果が期待でき、自動車部品での経験がなくとも正しく判定できる。
- (3) 測定に時間の制約を設けて指導することで、測定時間の短い学生ほど、測定精度が向上する傾向がある。

参考文献

- 1) 中島 守, 川村貴裕, 平野博敏, 小野秀文, 吉田昌央: 安全作業を熟知した自動車整備士育成への取り組み, 工学教育, 63-5, pp. 28-33, 2015.
- 2) 中島 守, 川村貴裕, 平野博敏, 小野秀文, 吉田昌央: 大学生の自動車整備における安全作業の認識度と整備技術, 工学教育, 59-4, pp. 49-53, 2011.

著者紹介

小野 秀文

1990年 愛知技術短期大学 卒業(準学士)
2005年 愛知工科大学短期大学部 技術員
(現愛知工科大学自動車短期大学)

2007年 愛知工科大学自動車短期大学助手
専門分野 自動車工学

学会 日本工学教育協会

連絡先 〒443-0047 愛知県蒲郡市西迫町
馬乗 50-2

