

プレロード用教材を用いた学生の主体性を引き出す実習の試み*

小野 秀文¹⁾ 吉田 昌央²⁾ 鈴木 規文³⁾ 平野 博敏⁴⁾

Approach to Develop Students' Ability to Take Initiative in Learning Auto Maintenance Using Learning Materials for Preload Adjustment

Hidefumi Ono Masao Yosida Norifumi Suzuki Hirotooshi Hirano

There have been several recent reports of vehicular fires caused by incorrect preload adjustments of power steering, hub bearings, etc. However, the structure of these automotive parts prevent carrying out preload adjustments while making visual examinations of the interior, resulting in poorer understanding of the issue than other maintenance procedures. Thus, we investigated the actual situation of understanding of preload, and examined items requiring strenuous efforts for understanding. Additionally, we prepared hands-on learning materials that allow visualization of preload adjustments, and tried an educational method for proactive approaches. As a result, hands-on learning materials were found to be highly effective in teaching operational procedure.

KEY WORDS: Safety, Safety education, Accident reconstruction, Maintenance skills, Preload (C1)

1. ま え が き

近年、パワーステアリングやハブベアリングなどの不適切なプレロード調整に起因した車両火災を含む事故事例⁽¹⁾が多数報告されている。これらは、構造上、調整作業において内部を目視で確認できないため、他の整備に比べ理解度が低下する傾向がある。愛知工科大学自動車短期大学（以下、本学）では、1年次の後期からプレロード調整に関する実習を導入し、卒業までに種々の自動車部品で反復訓練させてきた。しかし、学生の作業を観察したところ調整手順の誤りが目立ち、プレロードに関する理解が乏しいと感じた。

本研究では、プレロードに関して学生の理解度の実状を調査し、理解に苦慮する項目を検討した。また、プレロード調整について学生自身が課題を考え、主体的に取り組む教育手法を試みた。さらに、本学では過去の研究^{(2)・(3)}から体験型教材による効果が高いことが実証されている。このことから、プレロードに関する理解度向上を目的とした教材を製作し、その教育効果を検討した。これらについて、従来の教育手法と比較することで、その教育効果を検討したので報告する。

2. 調 査 概 要

2.1. 調査対象

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学生を対象に調査した。調査時期は、1年生後期に18コマを9日間で実施する自動車のシャシ構造に関する実習である。そ

*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)・2)・3)・4) 愛知工科大学自動車短期大学(443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗50-2)

のうち2コマである180分をプレロードの指導に当てた。調査対象は、従来の教育手法を用いた2016年度1年生（以下、2016年度）および体験型教材を活用し、新たな教育手法を用いた2017年度1年生（以下、2017年度）に対して実施した。調査参加者は、2016年度が156名（有効回答者数156件）、2017年度が145名（有効回答者数145件）である。

2.2. プレロード調整に関する理解度の実状調査

従来の教育手法では、教員が実演するインテグラル型パワーステアリングのプレロード調整作業を手本とすることで、学生は作業方法を学ぶ。この指導方法では、構造上、内部を目視で確認できないため、作業手順の各工程をイメージできるように、部品に掛かる負荷を詳細に説明したスライドを用いて指導してきた。しかし、学生はテキストに沿った手順を行うことに没頭してしまい、作業の意味を熟知するレベルに到達することなく調整作業を完了していた。また、限られた実習時間において全学生の理解度を向上させることは難しく、他の実習において形状が異なる自動車部品でのプレロード調整では、理解不足により作業が適切に行えない学生が目立つ実状を指導者として強く感じていた。

そこで、2016年度および2017年度を対象に、プレロード調整に関する理解度を定量的に評価できる問題を作成し、設問形式で出題した。プレロードに関する理解度調査に用いた設問を表1に示す。調査項目を次の三つに定め、正誤判定で解答させた。

- (i) プレロードの意味（以下、用語の意味）
- (ii) プレロード調整の趣旨（以下、調整の趣旨）
- (iii) および (iv) 不適切なプレロード調整による故障等の不

具合（以下、不適切な整備による不具合）

なお、(iii)、(iv)については、両方が正解で理解していると判断した。

プレロード調整における作業手順の調査に用いた設問を表2に示す。作業手順について各工程を無作為に並べ、正しい順序になるよう並び替えさせることで、作業手順の理解度を調査した。いずれも調査時期は、実習最終日において筆記テスト形式で調査した。

3. 理解度向上のための教育手法改善と体験型教材の製作

3.1. 教育手法の改善への取り組み

プレロード調整不良が原因で起こる代表的な故障現象は、プレロード不足による組み付け部品のガタ発生とプレロード過大によるベアリングの破損または焼き付きである。この調整作業は、一連の作業工程のいずれかで不備があった場合、プレロード調整不良になる要因を持っている。そのため、正確なプレロード調整の技術を習得させるために、各工程の注意すべき点を学生に理解させなければならない。そこで、種々の分割型ベアリングに応用できるプレロード調整の作業標準を次のように定めた。

- ① 部品を組み付け、アジャストスクリュを締め付ける。
- ② 部品をなじませ、落ち着かせる。
- ③ アジャストスクリュを少し緩め、プレロードを抜き、改めてプレロードが掛からず、また、部品のすき間が無い位置まで徐々に締め込む。
- ④ ③の状態から、起動トルクの測定を行いつつプレロード基準値内までアジャストスクリュを徐々に締め込む。
- ⑤ プレロード基準値内で、ロックナットを締め付け、アジャストスクリュを固定する。
- ⑥ 再度、起動トルクを測定し、プレロードが基準値内にあることを確認する。

これにより、整備要領書の手順を行うことのみで没頭してしまうことを防ぎ、各工程で注意を払うべき作業およびその理由を考えながら作業させた。

3.2. 体験型教材の製作

作業標準を暗記するだけでは、次回行うプレロード調整の実習までの期間が長くなるにつれて記憶が薄れてしまう。そこで、本学では以前より学生が理解に苦慮する指導項目に対し、通常作業では体験しにくい現象を独自の体験型教材を活用することで理解させてきた。本研究においても、プレロード調整作業の各工程において作業に不備があった場合の故障事例を体験できる教材を製作した。体験型教材によって不適切な調整状態を体験することで、学生自身が各工程での注意すべき点を検証できプレロードの必要性を理解できるようにした。さらに、学生間で調整不良に至った経緯を考えさせ確認し合うことで、学生の主体性を引き出せるように工夫した。

Table1 プレロードに関する理解度調査に用いた設問

(不適切：iiiのみ)

プレロードに関する記述として、適切なものには○、不適切なものには×を記入しなさい。

- (i) プレロードとは、機構(装置)の無負荷状態にあらかじめ負荷を与えておくことをいう。
- (ii) プレロードを掛けることで機械的な剛性と精度が増す。例えば、ウォームシャフトに掛る力の大きさや向きが変化しても部品の破損を防止できる。
- (iii) プレロード過大であると、負荷によりベアリングの回転が軽くなり、ウォームシャフトの回転抵抗が減少するため、ステアリングホイールの操舵力が軽くなる。
- (iv) プレロード不足の場合、ベアリングとウォームシャフトの支持にすき間やガタが発生し部品の損傷の原因となる。

Table2 作業手順の調査に用いた設問

(正しい順序：B, D, A, C)

下記の文をウォームシャフトプレロード調整の作業手順となるようにA~Dを並べ替え、答えを記号で記入しなさい。

- 1番. パルプハウジングにウォームシャフト(コントロールパルプ Assy)、ベアリングレース、ニードルローラベアリングを組み付け、アジャストスクリュを締める。
- A. 各部品にすき間のない状態から、起動トルクを測定しながらプレロード基準値内までアジャストスクリュを少しずつ締め込む。
 - B. ウォームシャフトを左右に回転させ、各部品をなじませ落ち着かせる。
 - C. プレロード基準値内で、ロックナットを締め付ける。
 - D. アジャストスクリュを少し緩めた後、アジャストスクリュを徐々に締め込み、各部品のすき間のない状態にする。
- 6番. 再度、起動トルクを測定し、プレロードが基準値内にあることを確認する。

体験型教材は、以下の6項目に留意して製作した。

- (1) 自動車部品と同様の構成部品と配置にする。
- (2) 調整作業時の部品の動きおよび不適切な組み付け状態を可視化できる構造にする。
- (3) 繰り返し作業に耐えられ、学生間での教材の共有が容易に行え、工具を使用せずに調整作業ができるようにする。
- (4) 測定機器を用いずに、プレロード不足および過大を体感でき、各工程の良否を容易に判定できるようにする。
- (5) プレロード不足を構成部品のガタにより、目視および音と振動で容易に確認できるようにする。
- (6) プレロード過大によるベアリングレースの焼き付きを傷で観察できるようにする。

製作した体験型教材を図1に示す。調整作業中の各部品の様子を観察しやすくするために、実機よりも形状を大きくし、扱いやすくしたため、最大直径が130mm、最大幅は198mm、

質量は約8kgとなった。また、作業性を考慮し、教材を縦方向と横方向ともに支持できる木製の作業台も製作した。

教材の各構成部品における現象体験の部位を図2に示す。教材には、各工程の作業手順ごとに、不適切な作業状態を体験できる仕組みを以下の部位に施した。

- 構成部品の状態を確認ができるようにアクリル製のハウジングにした。
- ベアリングレースの外周にゴムリングを取り付けることで、ハウジングとの摩擦により組み付けにくくし、ベアリングレースがハウジングやシャフトに引っ掛かった状態を再現できるようにした。
- ベアリングレース溝からベアリングがずれる加工を施し、各部品をなじませ落ち着かせる作業の必要性を体感できるようにした。
- ベアリングレース片側の素材を傷がつきやすいアルミで製作し、プレロード過大による焼き付きを傷で再現することでベアリングの損傷を理解できるようにした。
- 工具を使用せずに分解、組み立てが容易に行えるように、アジャストスクリュの外周にローレット加工を施した。

製作した体験型教材による作業風景を図3に示す。製作した教材は、1班4、5名のグループに1台を配当した。実習では作業標準を1項目毎に区切り、指示した作業のみを行わせた。各項目で起こる故障現象を学生に確認させ、どのように作業をすると適切に組み付けられ調整できるか学生に検証させた。この手法により各作業手順の必要性を理解させた。

4. 結果および考察

4.1. プレロード用体験型教材による教育効果

2016年度および2017年度を対象に、プレロード調整に関する理解度を調査した結果を図4に示す。従来の指導方法を用いた2016年度の正解率は、用語の意味が79.5%であり、調整の趣旨が68.6%といずれも2割以上が理解できていないことが明らかになった。これはプレロード調整における各工程の意図を理解せずに、手順だけを反復訓練したためと考えられる。しかし、不適切な整備による不具合については89.7%と高い正解率となった。また、表2の作業手順をすべて正しく解答した学生は39.7%と非常に低く、作業手順を正しく理解できていないことが明らかになった。このため、他の実習においても今回の経験が活かされていないと考えられる。

体験型教材を活用した2017年度の正解率は、用語の意味が87.6%と高く約8%向上したが、不適切な整備による不具合については86.2%と若干減少した。また、調整の趣旨についても57.9%と低く約10%下がった。これは、実習時間内に目標とする教育内容を収めるために、各工程での作業に関する詳細な説明を削除し、体験型教材の活用に時間を割いたためと考える。しかし、作業手順については73.1%と高く約33%向上した。このことから体験型教材の活用は、作業手順の理

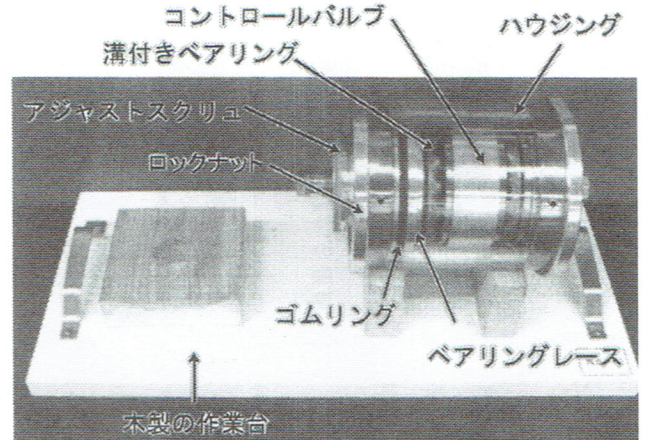


Fig 1 体験型教材

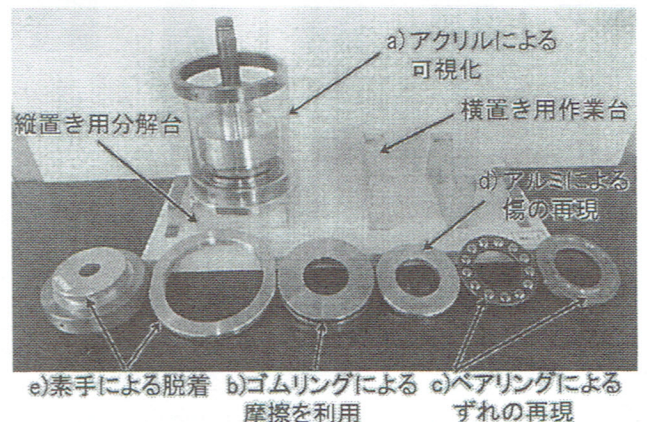


Fig 2 各構成部品における現象体験の部位

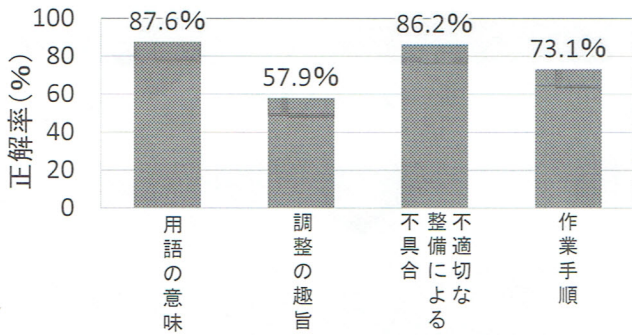
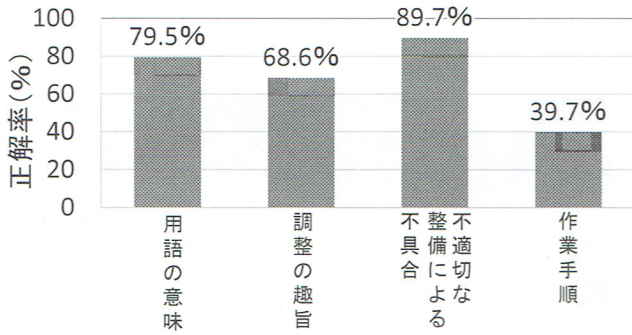


Fig 3 作業風景

解度向上に効果があると考えられる。

4.2. プレロード調整における作業手順の理解

2016年度および2017年度における作業手順に関する表2の各項目について、学生が選択した順序を図5に示す。2016年度はいずれの作業手順においても、正しい順序を選択した学生が大半ではあるが全体的に低く、特に、手順の1番目および2番目については、約51%が誤った順序を選択している。



(b) 2017 年度

Fig.4 教育手法の改善による効果

これは、従来の指導方法では部品内部の構造を確認できないため、作業手順における各工程の意味が理解できず、誤った順序を選択したと考えられる。しかし、2017 年度はいずれの作業手順についても正しい順序を選択した学生が大幅に増加し、誤った順序を選択した学生は約 17% に低下した。これは体験型教材による経験から、作業手順における各工程の必要性を理解したためと考えられる。また、指導を受けるだけでなく、学生自身が適切な調整方法について主体的に取り組んだ結果が正しい作業手順の習得につながったと考えられる。

5. ま と め

プレロード調整についての体験型教材を製作し、学生の主体性を引き出す実習を実践した結果、以下のことが明らかになった。

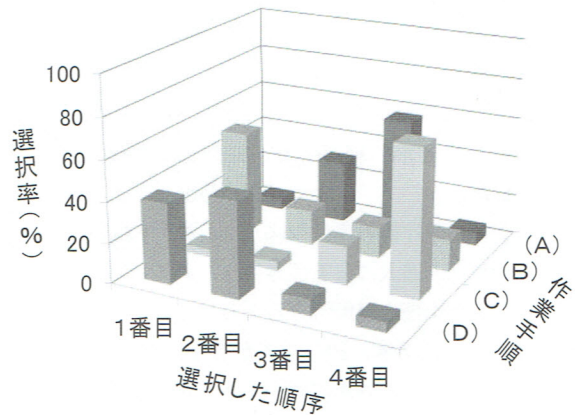
- (1) 従来の指導方法ではプレロードの不適切な整備による不具合は理解できるが、正しい作業手順で調整できない。
- (2) 体験型教材の活用はプレロード調整における作業標準の意識付けに効果がある。
- (3) 体験型教材を用いることで学生の主体性を引き出し、調整の作業手順、必要性の理解度の向上に効果がある。

謝 辞

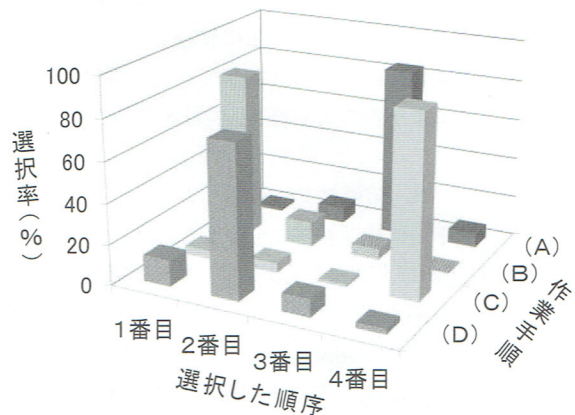
本研究を行うに当たり、一般財団法人 東京自動車技術普及協会の助成金を頂きましたことを記し、感謝の意を表します。

また、本研究に対しご協力をいただいた愛知工科大学ものづくりセンターの先生方に厚くお礼申し上げます。

- A. 各部品にすき間のない状態から、起動トルクを測定しながらプレロード基準値内までアジャストスクリューを少しずつ締め込む。(正解：3番目)
- B. ウォームシャフトを左右に回転させ、各部品をなじませ落ち着かせる。(正解：1番目)
- C. プレロード基準値内で、ロックナットを締め付ける。(正解：4番目)
- D. アジャストスクリューを少し緩めた後、アジャストスクリューを徐々に締め込み、各部品のすき間のない状態にする。(正解：2番目)



(a) 2016 年度



(b) 2017 年度

Fig.5 プレロード調整手順の理解度

参 考 文 献

- (1) 平成 22 年度交通安全環境研究所後援会：大型車の車両火災の発生状況について、独立行政法人 交通安全環境研究所、<https://www.ntsel.go.jp/kouenkai/h22/22-07.pdf>
- (2) 中島守ほか：安全作業を熟知した自動車整備士育成への取り組み、日本工学教育協会, Vol. 63, No. 5, p. 53-58 (2015)
- (3) 小野秀文ほか：自動車整備におけるダイヤルゲージの測定技術教育、日本工学教育協会, Vol. 66, No. 2, p. 58-63 (2018)