

リンク機構の体験型トレーニング・ボードの作製 及び教育効果の研究*

三品 明博¹⁾

掛布 知仁²⁾

中島 守³⁾

Production of the experienced type linkage training board and research on the educational effect using it

Akihiro Mishina

Tomohito Kakeno

Mamoru Nakashima

Many linkage mechanisms are used for autoparts. For the student who studies automobile maintenance, an understanding of linkage mechanism leads to improvement in its skills. Until now, the education of linkage mechanism is the form learned using the figure of textbook. Therefore, it was difficult for students to image a motion of linkage mechanism. In this research, the training board which assembles oneself and be induced studying about a linkage mechanism was produced. Since the training board real-experienced the motion, the moving image was easy to be evoked and the correct answer rate of the question which asks the motion rose.

Key Words : Linkage, Training board, Educational effects

1. はじめに

旧来より、機械設計に関する基礎教科の1つとして、リンク機構について学習する機構学⁽¹⁾⁽²⁾がある。可動部を有する工業製品の多くは、このリンク機構が多用されて製作されている。構成されている可動部位の力の伝達状態を理解することができれば、初見する系であったとしても、その系の働きを予想することができるようになる。とりわけ、可動部位の多い自動車においては、随所に動力伝達のためのリンク機構が使用されており、自動車整備を学ぶ学生にとって機構学の概念を培うことは、整備力をさらに向上させることにつながる。本学において、機構学は「機械運動学」の教科名で、2学年の前期に選択科目として組み込まれている。この科目は1年次に習得した整備技術を力学的な面から練磨する教科目として、また一般企業の設計・技術開発部門を希望する学生への基礎教育として位置付けられている。しかしながら、これまでの講義実践においては、動きのあるリンク機構を板書や教科書によって静止図として教示していたので、学生がその動きのイメージに窮する場面がしばしば散見された。従って今回、自動車に用いられている構造に反映させやすいリンク機構の教育教材を作製・提供し、その教育効果を調査したので報告する。

2. 教材開発の背景

通常の工業製品の成り立ちは、立案、設計、試作、加工、組立、検査、製品の順で市場に提供される。よって、工業製品の製造に携わる場合は、この順番の成り立ちを常に考えておく必要がある。しかし、整備士を目指す学習者においては、まず自動車という工業製品の完成形に注目し、その分解組み立てを通して、大きさ、重さ、動きなどを体験し、その根本に位置する部品の機構や仕組みの原理を顕在化させるという前述の流れとは逆のルートをたどるのが特徴である。一般に機構学で使用されている専門書の多くは、機械技術者の養成を目的としているため、機械の定義から原理・応用へと発展させていく手順をとる。またその説明に使用されるリンク教材は単純で応用が難しいものであるか、逆にプラジオグラフ⁽³⁾のように極めて難解であって使いづらいものとなっている。そこで今回、整備を学ぶ学習者に合わせ、単純なリンク部材を組み合わせて、自動車に用いられている様々なリンク機構を組み立てて作動させることで創造力を養うことができるトレーニング・ボードを作製した。

3. トレーニング・ボードの設計

トレーニング・ボード開発のコンセプトは、部品すべてを単純明快な形状にし、自らの手で1つずつリンクを組み立てて力の伝達を実感できるものとした。また、自動車に用いられる代表的なリンク機構であるワイパ機構、アッカーマン・ジャントに代表されるかじ取り機構、ダブル・ウィッシュボーンタイプのサスペンション、レシプロ・エンジ

※平成24年8月7日受理

第44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) 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)

ン等が学べるようにリンク数、支点数を決定した。具体的には以下の点を念頭に置き作製を行った。

- ①部品点数を図1及び図2に示すように、できるだけ少なくして、部品、工具を1つの箱の中に収めるようにした。
- ②リンクの長さは275mm, 175mm, 125mm, 75mm, 35mmの5種類で、ボード上で可動できる範囲の長さとした。
- ③リンクの長さは間違いを防ぐため、長さに応じて色わけし、長さも併せて記した。
- ④組み付け作業の効率と作動時の部品とボードの干渉を考え、図3に示すように高さ60mmの支柱リンクを設置した。
- ⑤ボードの大きさは可搬性も考え、たて257mm×よこ365mmとし、机上に置ける大きさとした。
- ⑥部品の取り付けは蝶ナットで簡単に手締めできるようにした。
- ⑦リンク接合部の締付ボルトは、図4、図5、図6に示すように、可動時、リンク間の干渉がないように段付ボルトとスペーサを用いた。またこのボルトは図5、図6に示すように長・短の2種類の寸法のみとし、複雑さを防いだ。
- ⑧材質は軽量化と剛性化を考え、リンクは鉄製、ボードはプラスチック製とした。

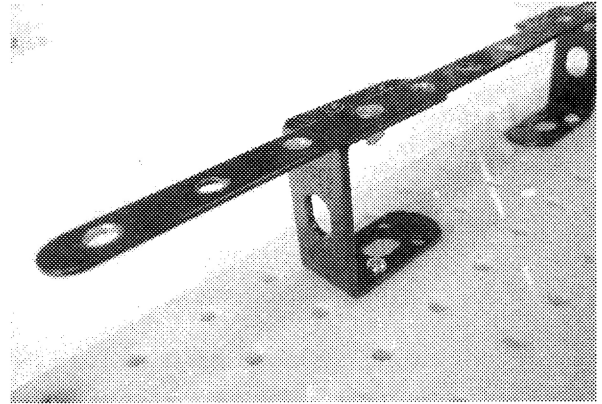


図3 支柱リンク

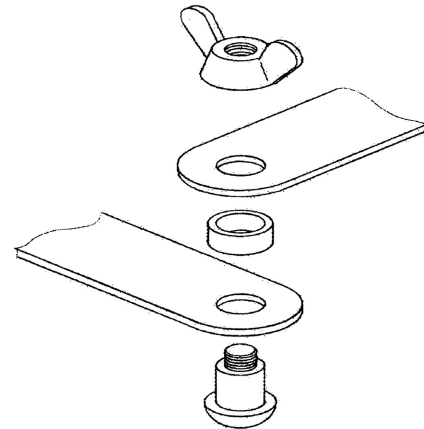


図4 取り付け部の拡散分解図

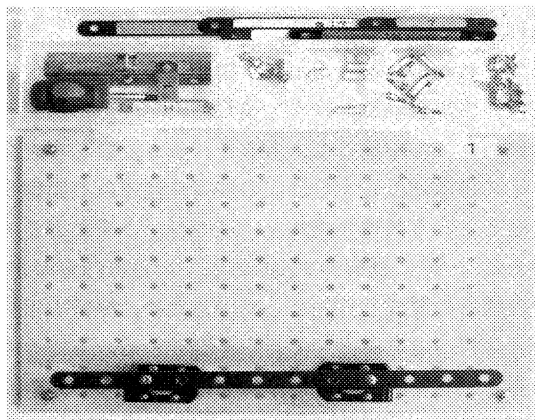


図1 トレーニング・ボード全体図

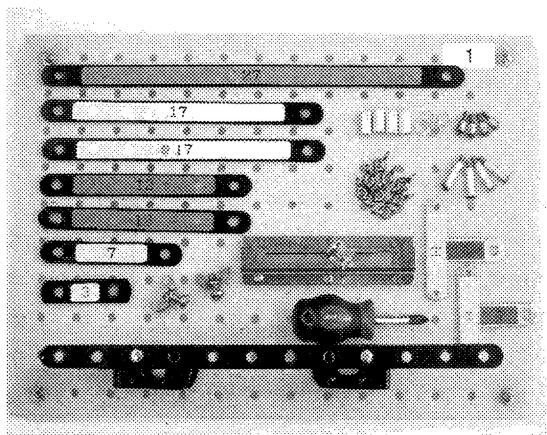


図2 トレーニング・ボード部品一覧

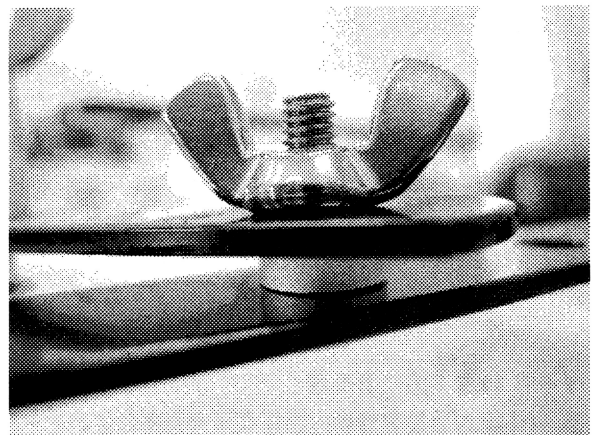


図5 段付ボルト (短)

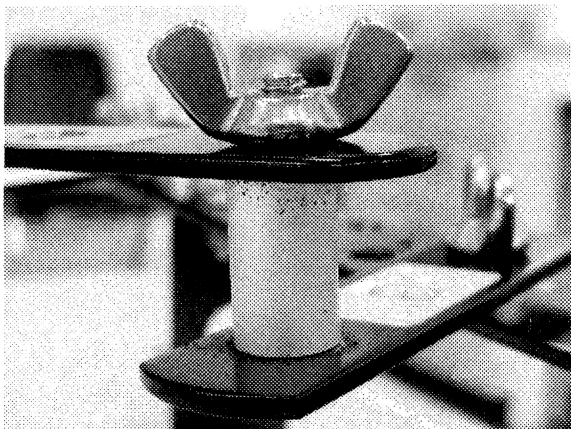


図6 段付ボルト（長）

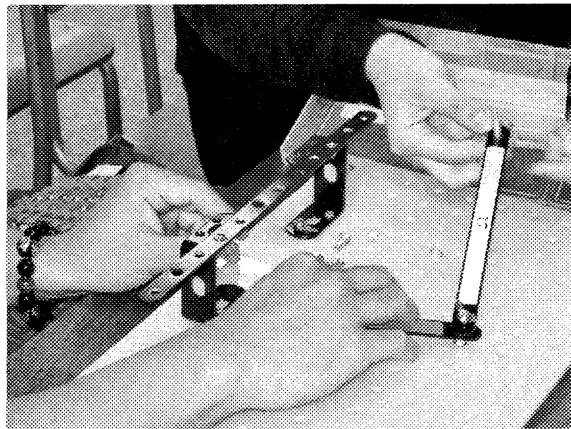


図7 リンク機構組み立て風景

4. 講義実践

このトレーニング・ボードは2年生前期の機械運動学(選択科目)にて使用した。平成23年度の受講者数は18名でトレーニング・ボードは2名で1台とし、お互いに意見交換ができるように配慮した。講義の様子を図7、図8、図9に示す。トレーニング・ボードの使用期間は、表1に示すように、全講義の回数14回のうち7回とし、図10にてココランク機構、図11のかじ取り機構、図12のクランク付ワイパ機構、図13のダブル・ウィッシュボーン機構、図14のスライダ・クランク機構(レシプロ・エンジン)の5課題を組み立てさせた。また、このトレーニング・ボードの感想を調査するため、全講義終了時にアンケートを行った。同時に筆記試験を行い、トレーニング・ボードを使用していなかった昨年との得点の違いについても調査した。講義内容(7回分)の概要を表1に示す。

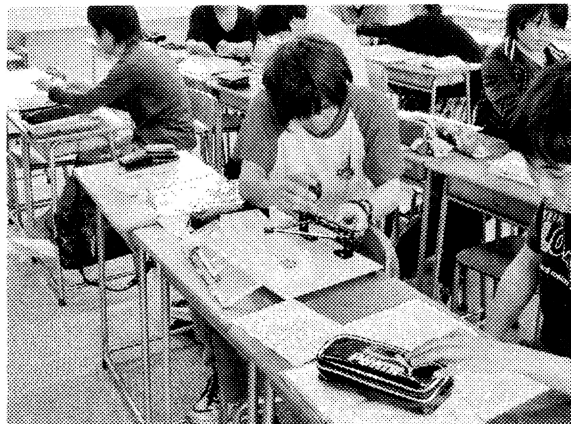


図8 講義風景

表1 講義内容

回目 / 講義総数	リンク・トレーニング・ボードを使用する講義内容
4/14	リンク機構の概要、トレーニング・ボードの使用 方法、拘束連鎖の考え方
5/14	各種拘束連鎖の求め方、リンク機構とトレーニング ・ボードの部品との対応
6/14	四節回転リンク機構、てこクランク機構など
7/14	基本的リンク機構とコンパスを用いた可動範囲の 作図法の対応
8/14	両てこ機構の応用、かじ取り機構など
9/14	両クランク機構の応用、クランク付ワイパ、ダブル ・ウィッシュボーンなど
10/14	スライダ・クランク機構の応用、レシプロ・エン ジンなど



図9 講義風景

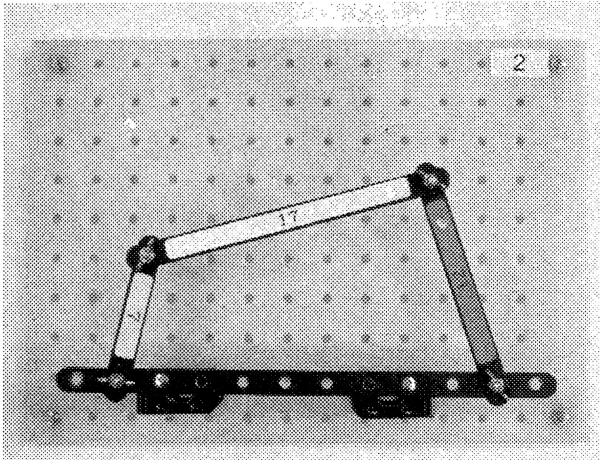


図10 てこクランク機構

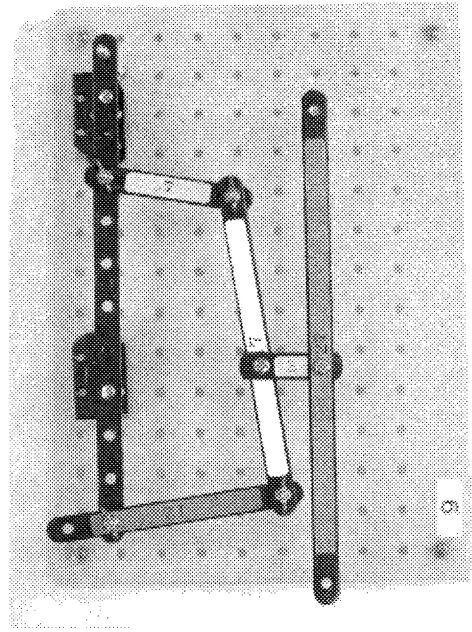


図13 ダブル・ウィッシュボーン機構

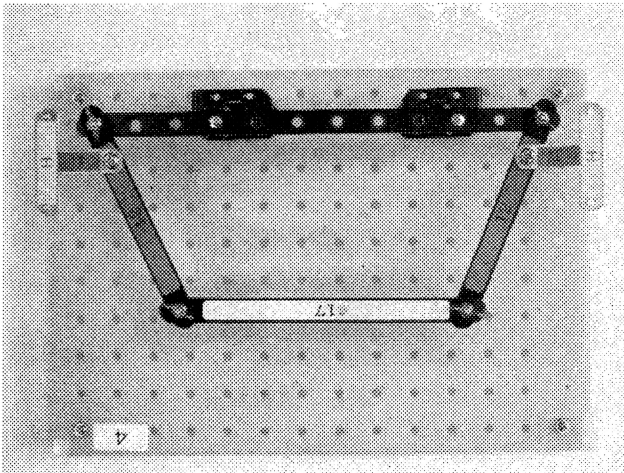


図11 かじ取り機構

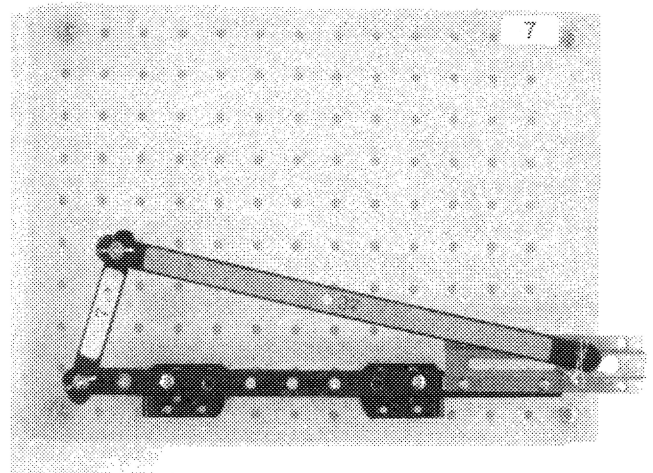


図14 スライダ・クランク機構

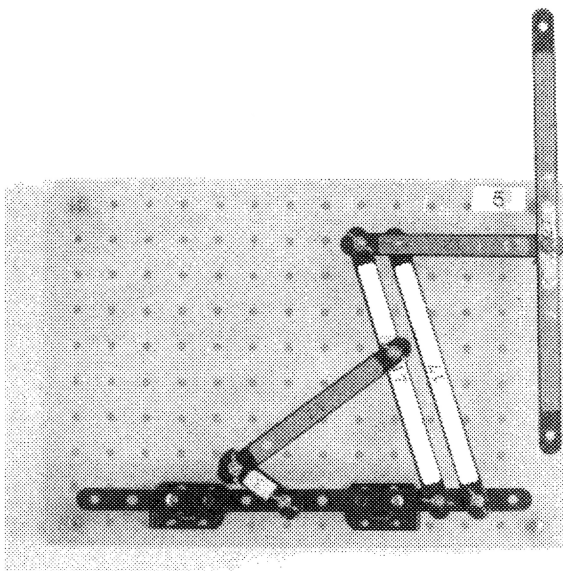


図12 クランク付ワイパ機構

5. アンケートの結果と考察

全講義終了後に行ったアンケートを図15, また, そのアンケートの結果を図16, 図17, 図18に示す. 図16, 図17にそれぞれ示されるリンク教材の楽しさに関する問いと理解の深まりに関する問いについては, 各指標に回答された数を全人数で除してパーセントで表示した. また, 図18に示される各種リンク機構に関する興味評価点は, 一番興味が深いと答えたものを6点とし, 後はその興味の順位に沿って1点まで相対させた. その後, 各々の機構の得点を平均し, グラフ化した.

リンク教材に関するアンケート

◆他の人と相談することなく、感じたままを記入して下さい。
◆このアンケートは成績には一切関係ありません。

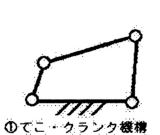
1. リンク教材を使用した学習形態は楽しかったですか？

5 () 4 () 3 () 2 () 1 ()
楽しい ←————→ つまらない


2. リンク教材を使用してリンクについての理解は深まりましたか？

5 () 4 () 3 () 2 () 1 ()
深まった ←————→ 深まらない

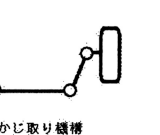
3. 授業内で作成したリンク機構に興味の深かった順に番号を書いてください。



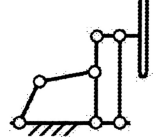
①てこ・クランク機構



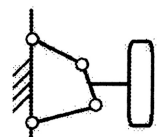
②両クランク機構



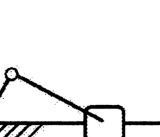
③かじ取り機構



④クランク付ワイバ



⑤ダブル・ウィッシュボーン



⑥スライダ・クランク

4. リンク教材の良かった点、悪かった点を感じたまま記入してください。

ご協力ありがとうございました

図 15 アンケート (抜粋)

図 16 より、学生のトレーニング・ボードに対する意識は好意的なものが多く回答され、楽しく学習を進められたことが見てとれる。次に、図 17 の結果より、学習者自ら理解が深まったと感じているのが観察される。このアンケートを採取した時期は、実力を測る筆記試験の前であり、アンケートを回答した時点では、試験結果が存在していない。よって、この理解の深まりについての回答は純然とした学習者の直感の結果であることが想像できる。次に図 18 の結果より、最も興味関心が高かったのが、かじ取り機構であることが分かる。これは回転時の基本である内輪と外輪の角度差をナックルアームの角度を工夫することで発生させるのだが、実際に学習者が作動させてみて、角度の違いを体感することができ、その時の講義中の雰囲気からも、この系が有する機構学的な不思議さが興味を高めたと思われる。また、当初の我々の予想では、ワイバやレシプロ・エンジンなどの自動車に使用される機構については興味が高く、てこクランクや両クランクのような、基本的リンクの興味度は極めて低くなるであろうと予想した。しかしながら結果は、てこクランク 3.2 点、両クランク 2.8 点と予想したような低い点数ではなかった。これは学習者が、トレーニング・ボード使用初期に、最も集中して取り組んだため印象が強く残り、その結果「興味深かった」と回答した者が一定数存在したと考えられる。また、自由記述欄に

ついては、良い点として、「動作が分かりやすかった」、「仕組みが分かった」などの、リンク機構の理解の根幹にあたる所の発言が多く見られた。逆に悪かった点としては、机上の寸法より各部位の大きさが決まるので、どうしても小さなビスに頼らなくてはならなかったことに対する不満が多く出ていた。具体的には「穴が小さい」「ねじの締め込み量が難しい」などが割合多く見られた。

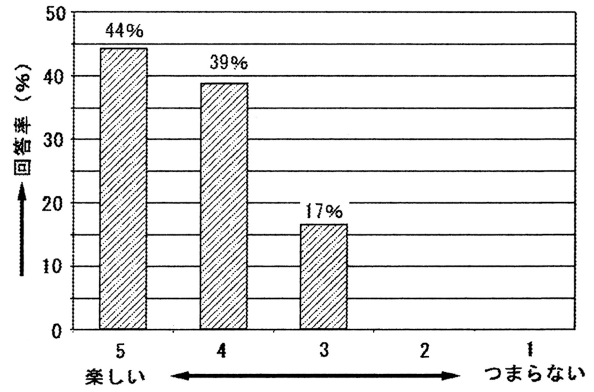


図 16 楽しさに関するアンケート結果

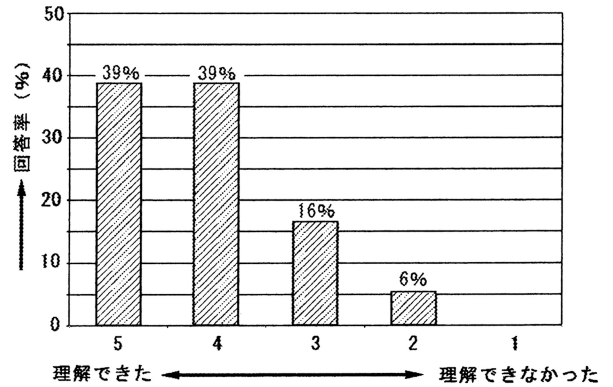


図 17 理解の深まりに関するアンケート結果

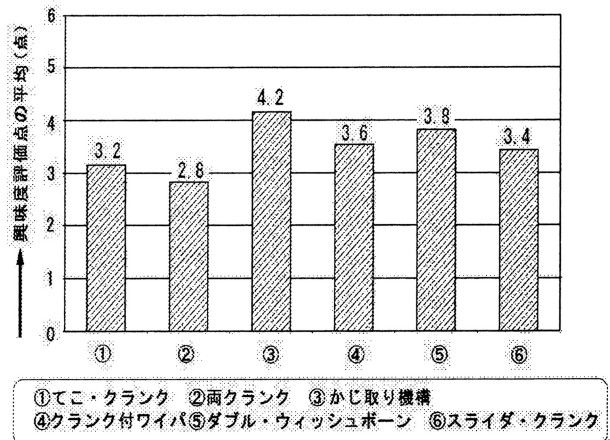


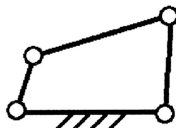
図 18 各種リンク機構に関する興味評価点

6. 教育効果の検討

教育効果の検討については、14回の講義が終了した後、筆記試験を行った。今回は、その中のトレーニング・ボードに関する設題3問に注目し、検討を行った。試験内容の抜粋を図19に示す。具体的には問題1はリンク機構の用語・名称に関する問題(6題)、問題2はリンク機構の拘束状態を判定する問題(3題)、問題3はてこクラック機構の作図問題の3題である。この試験結果を表2に示す。トレーニング・ボードを使用していないのが22年度、使用したのが23年度である。

問題1 用語・名称の穴埋め
 (前略)～リンク機構を機械的製品として成立させるためには、運動が()である()連鎖が必要条件となる。～(中略)～四節回転機構とは()がすべて()対偶によって連鎖する機構である。

問題2 拘束条件の判断
 下図に示すリンク機構について節(n)と対偶(p)の数を求め、拘束連鎖、無拘束連鎖、固定連鎖の判断を行え。



問題3 作図
 次に示す条件に基づいて、てこクラック機構を作図せよ。また図中に死点の位置も書き込むこと。
 <条件>：固定リンクA=400mm、クランクB=200mm
 連接棒C=350mm、てこD=300mm

図19 試験内容(抜粋)

表2 試験の比較

	問題1	問題2	問題3
22年度正解率 (使用せず)	90%	66.7%	74%
23年度正解率 (使用する)	85%	74.2%	93%

これより、問題1リンクの用語・名称については、若干の降下が見られる。これは、22年度の講義形態は従来型の板書を書きとる方法であり、23年度はトレーニング・ボードの作業が増えた分、板書量が減少し、結果として用語・名称の記憶量が減少したものと考えられる。逆に、リンクの拘束状態を判定する問題2では、可動、非可動を自分の手で確かめながら経験をした成果が表れていると考えられる。

問題3についても、設題の図を頭中で可動させながら作図することができるようになったので、正解率が伸びたと考えられる。

7. まとめ

従来まで理解に窮していたリンクの動きを体感的に掴ませることを目的とし、リンク機構の体験型トレーニング・ボードを作製し、機械運動学の講義に提供した。その結果、次のことが観察された。

- ①アンケートより、トレーニング・ボードに対して肯定的意見が多く、多くの学生には受け入れられた。
- ②動きを実体験することができるので、イメージが喚起されやすく、動きを問う問題の解答率は上昇した。
- ③トレーニング・ボードを使うと、筆記の時間が相対的に短くなり、筆記によって得られる記憶量は減少するので、用語に関する教育効果は低下するという弊害が発生することが観察された。

よって、このような体験型教材を使用する際には、その教材の持つ特性をよく理解し、効果的に使用する必要性があることが再認識できた。

8. 今後の展開

整備士が対峙する実際の自動車に使用されるリンク機構については、すべて順調に作動するものだけではなく、故障によって作動不良となったリンク機構を修理することも多く考えられる。この時、故障の原因がどこにあり、どのような外力が加わって破壊したのかを正しく推理する力が求められる。今後の展開として、リンク機構の接合部を強力な磁石(ネオジム磁石)で繋ぎ、外的な荷重を加えることによって、どのような動きをし、どこで破損するか(磁石が外れる)という体験的教育の実践とその破損箇所の研究を行いたいと考える。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、財団法人東京自動車技術普及協会より研究助成を頂いたことをここに記して感謝の意を表します。併せて本研究にご協力をいただきました本学教職員の皆様にも、感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 太田博：工学基礎機構学，共立出版，p.7-83(1978)
- (2) 稲田重雄・森田鈞：大学課程機構学，オーム社，p.3-56(1966)
- (3) 田中真樹子：リンク機構を教材とした，数学的活動を高める授業の研究，中学校・高等学校数学科教育課程開発に関する研究(11)，p.166-176(2004)