

## 技術科の教授=学習内容に関する研究(V)

### 一回転モーメント(トルク)の教材について

大 国 博 昭\*・中 山 義 弘\*

Hiroaki OGUNI and Yoshihiro NAKAYAMA  
Studies on Teaching-Learning Contents in  
Technological Education (V)  
—On Teaching Materials of Turning  
Moment (Torque)—

#### I はじめに

ここに取り上げている題材は、現行の「技術・家庭科、男子用」(以下「技術科」という)の中では、回転モーメント、あるいはトルク(回転力)の教材としての、いわゆる単元項目の扱いはなされていない。しかし、これに関連する学習事項は、既に報告されてきた、『ねじとその関連教材について』<sup>(1)</sup>や『機構の教材について』<sup>(2)</sup>の中にみられる、「スパナやドライバーによるネジのしめつけトルクやねじりモーメント」および「回転力の伝達機構」あるいはまた、「自転車の伝動のしくみ」等にもみることが出来る。

元来、機械の教材には、回転比と直径(半径)比、あるいは歯数比などの、速度の変換に関連して、駆動力比を扱う内容が多い。それだけに、ここでは、同一軸のまわりのトルク(回転力)の大きさと加える力(あるいは加わる力)の大きさととの関係あるいは、他の2軸間での回転力比(駆動力比)と加える力(あるいは加わる力)との関係などについて、理論的な混乱を与えぬように、理解させておく必要がある。そのためには、工具や機械の基本的な機構についての原理や法則性、基礎事項を、生徒の主体的学習活動と調和させながら、理論的に、実験的に学習させ、機構の本質を明確に理解させることが必要である。

本研究は、『技術科の教授=学習内容に関する研究』の一環である。<sup>(1)~(4)</sup>先の報告、『機構の教材について』<sup>(2)</sup>で、機構学習での教材内容の構造的な再構成が試みられたのであるが、ここでは、改めて、回転モーメント(トルク)

の教材として再編成された部分の、学習内容と指導方法について報告する。

さらには、教育内容の高度化と学力としての確実な定着を意図した教授内容と指導方法の追究を、実験授業によって実験実証的に試みようとするものである。

一つの実験授業成績を得たので、資料をあげながら、概要について報告する。

#### II 目的と基盤

輪軸・てこの原理は、重要な機械の原理である。これらの原理については、既に小学校の理科で学習しており、さらにまた、「力の単位」、「2力のつりあい」および「仕事」、「てこと仕事」などについては、中学校理科で、それぞれ学習している。しかし、小学校理科では、輪軸・てこの原理を「2力のつりあい」に重点をおいて学習させており、力のモーメント(トルク)の概念を導入しても、トルクのつりあいについての充分な理解と、その応用は困難であることが予想される。他方、中学校理科でも、「今回の指導要領では、てこなど力のモーメントを扱う場所がなくなった」<sup>(5)</sup>こともあり、機械学習的な観点からの、これらの教材についての学習指導が、一層必要となろう。

特に、機械学習的な教材観に立てば、この輪軸・てこの原理を、回転モーメント(トルク)の立場からとらえた学習内容にして、そこに指導の重点をおき、その応用として、「ドライバーやスパナによるネジのしめつけ力」、「自転車の伝動のしくみ」、あるいは「動力の伝達のしくみ」などの教材を扱う必要がある。

3学年での「動力の伝達」や「変速装置のしくみ」の教材でも、その機構や機能を理解させるためには、トル

\* 島根大学教育学部技術科教育研究室

\*\* 島根大学教育学部附属中学校

ク（回転力）について充分に理解させておくことが、必要な条件となろうし、その条件が満たされる時、そのことによって始めて、そこに学習内容の系統性も考えられるのである。

このような基盤から、回転モーメント（トルク）の教材について、再構成することを一つの目的とした。

そのような見地から、ここに題材として取りあげられた工具や機械は、形状・用途やトルクの伝達の方式などの点から比較すると、それぞれに異なっているが、所要の機能や運動の目的に対してそれらを考えてみると、そこには共通するいくつかの基本的な原理を見出すことができる。これらの基本的事項は、個々の機構を理解するためにも、また、機構を相互に関連させて理解する上からも、基本となる学習事項である。この題材についての教授＝学習の内容は、後に詳しく述べられているので、ここでは触れないが、これらの学習に対して、生徒がどのような理解のしかたをしているのか、またどの部分を中心に、どんな問題にどのようなつまづきをしているのか、「生徒の理解の仕方・程度」を分析的につかもうとすることを一つの実験目標とした。他面、呈示された課題に対する生徒の反応速度を強化するために、どのような指導方法が正の効果をもつのか、あるいは負の効果をもつことになるのか、また同時に、その指導方法は、理解の安定度や知識の定着とどのようにかかわりあうのか、といった課題も明らかにされる必要があるだろう。そしてまた、主題に設定されたトルクの伝達の場合のように、例えば「回転力比の変換に関する原理」を一つ取りあげてみたとき、その原理が機構間相互に関連して適用されているような場合には、例えば、チェーン伝動機構（装置）の原理を歯車の場合のそれに対応させて、その共通する基本事項や特性がどのように関係づけられたり、変換されているのかなど、解決に必要な問題部分について、課題の把握へと導くことによって、本質的な関係の理解をうながすことが必要となる。その際、問題解決を促進させるために、容易に受け入れられ、しかも、比較的有効な手段・方法はないのか、もしあるとすれば、それはどのような方法が用いられるのか。また、その手段は上記のような学習効果を高める要因となりうるのか、という課題についても検討する必要がある。従って、その課題の部分解明の手段として、補足的な実験目標の一つを、実験装置を使った計測実験・観察学習を学習過程に取り入れた場合の学習効果との関係について、検討することとした。

今一つの主な目的は、再構成されたトルクの教材について、筆者らの一人が試作した実験装置を使って、帰納的方法と演繹的方法とで学習指導を展開する4群を構成して、実験授業を行い、学習効果の相異について実践的

に考察を試みようとした。

すなわち、各種の実験装置を使って、実験・計測をおこなう生徒実験の後に、理論学習を行う場合（対照群）と、理論学習を先行させて、後に生徒実験を行う場合（実験群Ⅰ）と教師実験を行う場合（実験群Ⅱ）、および理論学習と教師実験を実験項目ごとにスモールステップで交互に行う場合（実験群Ⅲ）との学習効果に及ぼす影響の差異を考究することを目的とした。

### Ⅲ 方 法

#### 3.1 実験授業の方法

実験授業の方法は次に示したとおりである。

- (1) 実験授業の場：島根大学教育学部附属中学校
- (2) 実験授業の担当者：大国博昭
- (3) 題材：回転モーメント（トルク）と動力伝達のしくみ
- (4) 実験授業の構成：表1に示したような4群を構成し、実験授業を実施した。

このような群の編成にあたっては、本実験の目的のために、意識的に、特別の手続きを経て群化されたのでは

表1 実験授業の群構成

群	学 習 者	3学期末の3教科のテスト		知能偏差値	
		平均	S・D	平均	S・D
対照群	男子2年C組23名	203.74	51.08	62.83	9.59
実験群Ⅰ	〃 A組22名	201.33	40.61	63.14	7.96
実験群Ⅱ	〃 B組23名	199.00	46.93	61.13	8.95
実験群Ⅲ	〃 D組22名	198.73	39.94	62.45	7.61

- (注) 1. 実験群Ⅰでの学期末テストの実施の際の対象者数は21名であった。  
2. 実験群Ⅱでの学期末テストの実施の際の対象者数は22名であった。

なく、既成の学級集団を対照群と実験群にした。

また、構成群の等質性を検討するために、t検定がおこなわれた。

3学期末の3教科（数学、理科、技術科）についてのtの値は、対照群と実験群Ⅰとの間の $t=0.1700$ 、対照群と実験群Ⅱとの間の $t=0.3171$ 、対照群と実験群Ⅲとの間の $t=0.3591$ で、それぞれ $t < 基準t = 2.8237$ となり1%水準で各群間に有意差は認められなかった。また、知能偏差値についてのtの値は、対照群と実験群Ⅰとの間の $t=0.1156$ 、対照群と実験群Ⅱとの間の $t=0.6079$ 、対照群と実験群Ⅲとの間の $t=0.1443$ で、それぞれ $t < 基準t = 2.8241$ となり、1%水準で各群間

に有意差は認められなかった。

このようにして、差のないことが確かめられた既成の単学級からなる4群を構成し、次のような指導方法で実験授業が行われた。

すなわち、対照群に対しては、生徒実験による実験学習の後に、得られた実験データをもとにして、理論学習を展開した。また、実験群Ⅰに対しては、理論学習の後に、生徒実験による実験学習を行い、得られたデータによって、今一度、簡単に理論の検証を行った。

なお、生徒実験を行った2つの群では、2群ともに、5～6名ずつの4班に班編成をおこない、各班ごとに実験装置を教具として使用させ、学習プリント(表4)に従って計測実験・観察学習ができるような学習構造にした。

実験群Ⅱに対しては、理論学習の後に、教師実験による実験学習を行った。また、実験群Ⅲに対しては、理論学習と教師実験を学習内容の項目ごとに、スモールステップで交互に行う授業展開にした。

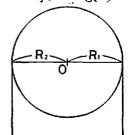
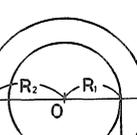
なお、教師実験によった2つの群では、実験によって得られたデータを、生徒の一人に記録させておき、それをTPシートを使って教示し、各人の測定値記入表に記入させてから、結果を考察させ、その後に再度、簡単に理論の検証を行う学習方法をとった。

### 3.2 学習の内容と過程

#### (1) 学習の内容

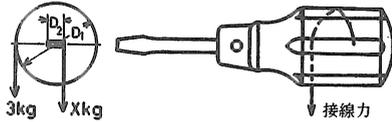
対照群ならびに実験群に対して行われた指導内容の概要は、表2に示すとおりである。

表2 教授・学習内容の概要

教授・学習の内容	(a) 2力のつり合いの関係で求めてみる。
1. 回転モーメントの定義……回転モーメント(トルク)の学習プリントによって説明する。	○Ⅲ=50mm, ○Ⅱ=100mm
2. 輪軸の原理……TP1, 板書, TP2の順序で説明する。《TP1を使用》	○Ⅰ=150mmとする時、各点でつり合
(1) 輪軸の原理を2力のつり合いの関係で説明する。	いの状態にあるためには、
(a) 中心Oから力が加わる点(力点)までの距離が等しい時、つまり $R_1=R_2$ でつり合いの状態にあるためには、	Ⅲの点の重量 $F_3= \quad kg$
	Ⅱの点の重量 $F_2= \quad kg$
$F_1=F_2$ (予めふせておく) $F_1 \cdot R_1 = F_2 \cdot R_2$	Ⅰの点の重量 $F_1= \quad kg$
$F_1 = F_2 \cdot \frac{R_2}{R_1}$ , ( $\frac{R_2}{R_1} = 1$ ) だから $\therefore F_1 = F_2$	(b) 回転モーメント(トルク)の立場から求めてみる。
《板書によって》	左まわりのモーメント $M = 2 kg \times 150$
(b) 中心Oから力が加わる点までの距離が等しい場合はもちろん、等しくない場合も含めて一般に、つり合いの状態にあるためには、	$mm = 300 kg \cdot mm$
	右まわりのモーメントは、
$F_1 \cdot R_1 = F_2 \cdot R_2$	Ⅲの点では $M_3 = \quad kg \cdot mm$
の関係式が成り立つ。	Ⅱの点では $M_2 = \quad kg \cdot mm$
(c) 今、この式を変形して、半径(距離)の比と力(重量)の比との関係で表わすと、	Ⅰの点では $M_1 = \quad kg \cdot mm$
$R_1 : R_2 = F_2 : F_1$	3. 輪軸の原理の応用
の式が得られる。	〔質問〕輪軸の原理を応用したもので、工具や機械にどのようなものがあるか。
(d) この式を分数式で表わすと、	身近かなものを例にとり、その中からドライバー(ねじ回し)と自転車について考えてみる。
$\frac{R_1}{R_2} = \frac{F_2}{F_1}$ と書ける。	(1) ドライバー(ねじ回し)
(2) 回転モーメント(トルク)の立場から説明する。	振り部と先端部との関係
右まわりのモーメント $M_1 = F_1 \cdot R_1$	(2) 自転車
左まわりのモーメント $M_2 = F_2 \cdot R_2$	クランクと大ギヤおよびフリーギヤ(小ギヤ)と後車輪との関係
今、先のように軸Oを中心に左、右がつり合う時(つり合うためには)、両側に回転させようとする力(両側の回転モーメント(トルク))を同じくすればよいから	} どの部分が輪軸の原理の応用であるのか、部分の名称の説明と同時に理解させておく。
$M_1 = M_2$	4. ドライバー……大, 中, 小のドライバーの实物をOHPを使って教示し, TP, 板書で説明する。
《TP2を使用》	(1) 振り部でのモーメントと先端部でのモーメントとの関係。
(3) 具体的な数値を使って、演算を試みる。	輪軸の原理の応用であることから、振り部での回転モーメント(ねじりモーメント)が先端部に生じる回転モーメント(しめつけモーメント)に等しいことを指導の重点とする。
	(2) 振り部が大, 小の場合に、どちらの方が大きい力がかけやすいか、について考えてみる。

- (3) ねじる時の力(接線力)を同じにした場合に、どちらの方が大きいモーメントが得られるか、について考えてみる。  
 (4) ドライバーの先端に一定の(同じ大きさの)ねじりモーメントを与えたい場合に、握り部の大きさと握り部に加える力(接線力)との関係について説明する。

《TPを使用》



- (5) 具体的な数値(実験学習先行では測定値)を使って、演算をしてみる。

《板書によって》

握り部の直径  $D_1=40mm$ 、半径  $R_1=20mm$   
 先端部の幅  $D_2=6mm$ 、幅の半分  $R_2=3mm$   
 握り部に加える接線力  $P=3kg$  とすると、握り部でのねじりモーメント  $M_1$  は

$$M_1 = 3kg \times 20mm = 60kg \cdot mm$$

先端部でのしめつけモーメント  $M_2$  は  $M_1$  に等しいから、先端部に加わる力  $X$  は

$$X = 60(kg \cdot mm) \div 3(mm) = 20kg$$

次に、

握り部の直径  $D_1=40mm$ 、半径  $R_1=20mm$   
 握り部に加える接線力  $P=3kg$  と、前と同じくしておいて、  
 先端部の幅  $D_2=4mm$ 、幅の半分  $R_2=2mm$  とする時には、  
 先端部に加わる力  $X$  は

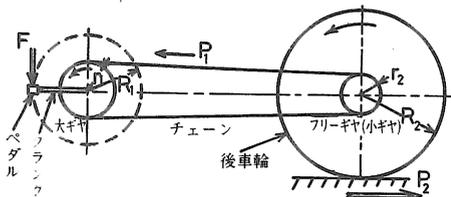
$$X = 60(kg \cdot mm) \div 2(mm) = 30kg \text{ とする。}$$

- (6) ねじの大きさ(ねじの溝)と先端部および握り部との関係について、ねじりモーメントの大きさと一般的な使用目的などの観点から、その適合性を説明する。

5. 自転車……TP 1, 板書, TP 2, 板書の順で説明する。

- (1) 動力の伝達経路  
 (2) ペダルを踏む力と後車輪をおし進める力(駆動力)との関係を説明する。

《TPを使用》



F: ペダルに加わる力  
 P<sub>1</sub>: チェーンを引張る力

P<sub>2</sub>: 自転車をおし進める力(駆動力)  
 R<sub>1</sub>: クランクの長さ(回転半径)  
 R<sub>2</sub>: 後車輪の有効半径    r<sub>1</sub>: 大ギヤの半径  
 r<sub>2</sub>: フリーギヤ(小ギヤ)の半径

《板書によって》

回転モーメントの立場で、輪軸の原理から、クランクの回転モーメントと大ギヤの回転モーメントはそれぞれ

$$M_1 = F \cdot R_1 \quad M_1' = P_1 \cdot r_1$$

で、両者は等しいから

$$F \cdot R_1 = P_1 \cdot r_1 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

①式から

$$P_1 = \frac{R_1}{r_1} \cdot F \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

同じようにして、フリーギヤ(小ギヤ)の回転モーメントと後車輪の回転モーメントはそれぞれ

$$M_2 = P_1 \cdot r_2 \quad M_2' = P_2 \cdot R_2$$

で、両者は等しいから

$$P_1 \cdot r_2 = P_2 \cdot R_2 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

③式から

$$P_2 = \frac{r_2}{R_2} \cdot P_1 \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

④式の P<sub>1</sub> に②式を代入して

$$P_2 = \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{R_1}{r_1} \cdot F$$

$$\therefore P_2 = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot F \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

(3) ギヤ比について

《TP 2を使用》

- (a) ギヤ比 =  $\frac{\text{大ギヤの歯数}(z_1)}{\text{小ギヤの歯数}(z_2)} = \frac{\text{大ギヤの直径(半径 } r_1)}{\text{小ギヤの直径(半径 } r_2)}$

- (b) ギヤ比と回転比

大ギヤの歯数を  $z_1$ 、回転数を  $N_1$ 、小ギヤの歯数を  $z_2$ 、回転数を  $N_2$  とすると

$$z_1 \cdot N_1 = z_2 \cdot N_2$$

$$\therefore \frac{z_1}{z_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

- (i) 回転数の比はギヤ比の逆数に等しい。

- (ii) 回転数は歯数に反比例する。

(4) 変速ギヤ付きの自転車

ギヤ比の式を使って⑤式を書きかえると

$$P_2 = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot F \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

また、⑥式は

$$F = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot P_2 \dots\dots\dots \textcircled{7}$$

とも書ける。

- (a) ギヤ比と後車輪の駆動力との関係を⑥式から考えてみる。

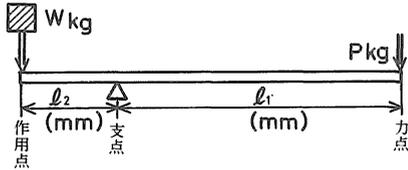
- (b) ギヤ比とペダルを踏む力との関係を⑦式から考えてみる。

- (c) クランク一回転での後車輪の回転数をギヤ比との関係から考えてみる。

(5) 普通自転車とミニサイクルとの比較を、⑤式から考えてみる。

6. てこの原理……TP1, TP2の順序で説明する。

《TP1を使用》



- (1) 力点, 支点, 作用点の確認。
- (2) てこの原理を2力のつり合いの関係で説明する。
- (3) 回転モーメント(トルク)の立場から説明する。

支点Oから右のトルクは

$$T_1 = P(\text{kg}) \times l_1(\text{mm})$$

支点Oから左のトルクは

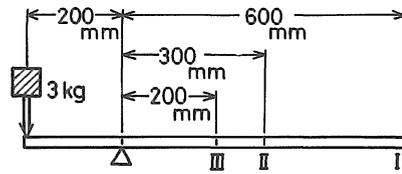
$$T_2 = W(\text{kg}) \times l_2(\text{mm})$$

今, てこのつり合いについて考える時, 両側の回転モーメント(トルク)は等しく,  $T_1 = T_2$  だから

$$P \cdot l_1 = W \cdot l_2$$

$$\therefore P = W \cdot \frac{l_2}{l_1} \text{ 又は } W = P \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

《TP2を使用》



実験学習での実験内容・方法については, 表4の回転モーメント(トルク)の学習プリント中の「2.実験」の項に示されている。

また, 今回の実験授業で使用された教科書と教材・教具は, 「全国職業教育協会編『技術・家庭科』, 開隆堂出版株式会社, 頁110~111, 頁114」ならびに, 回転モーメント(トルク)の学習プリント, 輪軸の実験装置, 自転車の実験装置, トルクドライバーセット, ねじのしめつけトルク測定装置およびTPなどであった。

(4) 具体的な数値を使って, 演算をしてみる。

支点Oから左のトルクは

$$T = 3 \text{ kg} \times 200 \text{ mm} = 600 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

支点Oから右のトルクは

$$\text{IIIの点では } T_3 = \text{kg} \cdot \text{mm}$$

$$\text{IIの点では } T_2 = \text{kg} \cdot \text{mm}$$

$$\text{Iの点では } T_1 = \text{kg} \cdot \text{mm}$$

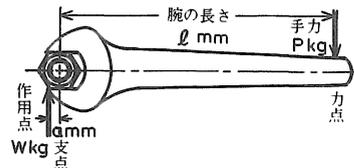
7. てこの原理の応用

〔質問〕てこの原理を応用したもので, 工具や機械にどのようなものがあるか。

身近かなものを例にとり, その中からスパナについて考えてみる。

8. スパナ……組スパナ, TPを使用して説明する。

《TPを使用》



(1) スパナについて, てこの三点(力点, 支点, 作用点)を確認する。

(2) スパナによるしめつけトルクTとねじのねじりモーメントMとの関係。

ここでは, スパナがてこの原理の応用であることから, スパナによるしめつけトルクTがねじのねじりモーメントMに等しいことを指導の重点とする。

$$T = P(\text{kg}) \times l(\text{mm}) \quad M = W(\text{kg}) \times a(\text{mm})$$

$$T = M \text{ だから}$$

$$P \cdot l = W \cdot a$$

$$\therefore P = W \cdot \frac{a}{l} \text{ 又は } W = P \cdot \frac{l}{a}$$

(3) しめつけトルクTの大きさの決定には, 手力Pと腕の長さlとが関係することを分らせる。

(4) 具体的な数値を使って, 演算をしてみる。

(2) 学習過程

対照群ならびに実験群の4群にわたっての実験授業は, およそ表3に示されるような学習過程で実施された。しかし, 指導の実際は, 帰納的方法と演繹的方法とによって展開されている。

なお, 学習プリントは, すべての群の全構成員に, 一人に一枚ずつ授業の始めに配布された。

表3 学 習 過 程

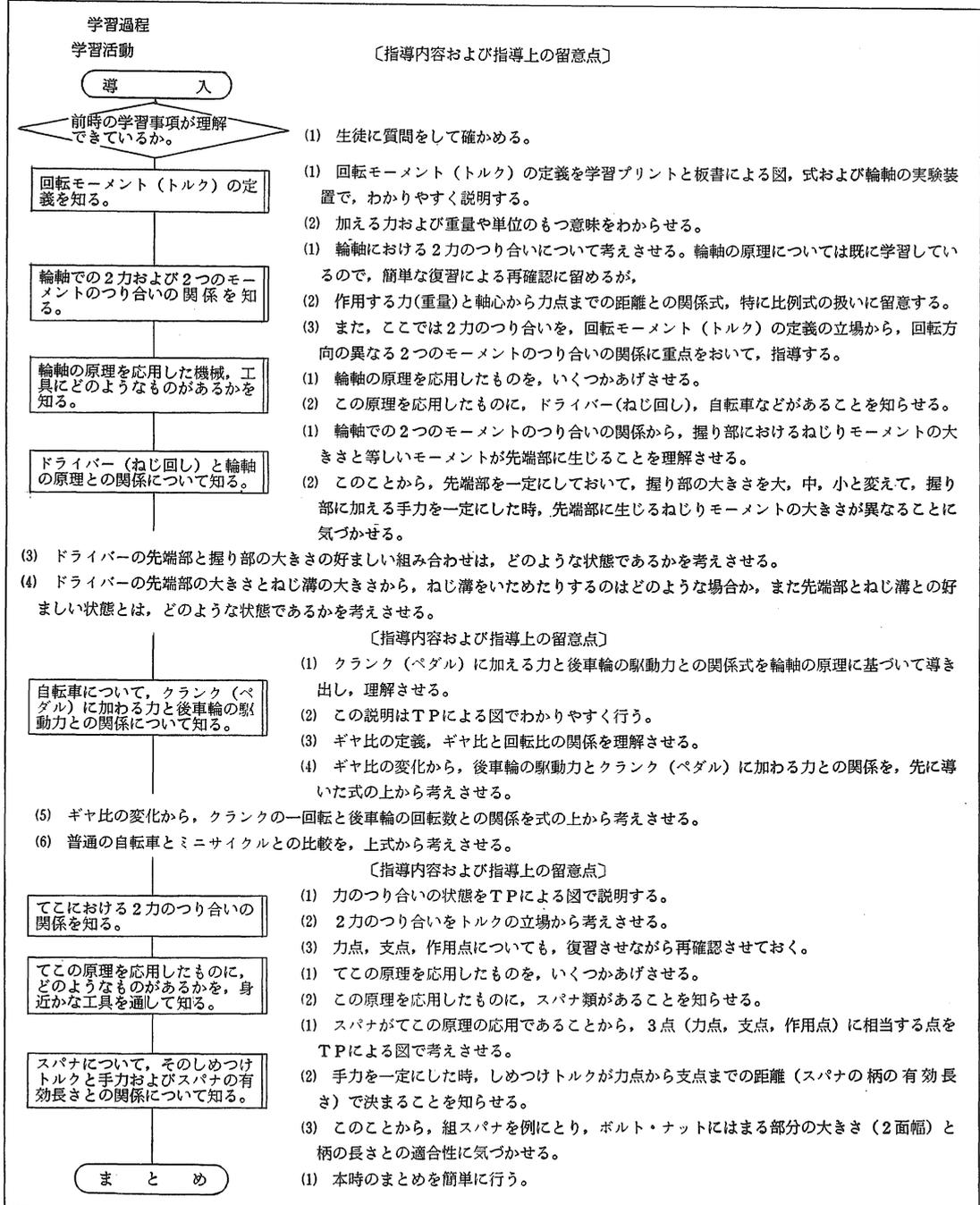


表4 回転モーメント（トルク）の学習プリント

<p>回転モーメント（トルク）の学習プリント</p> <p>1. 回転モーメントの定義</p> <p>下の図に示すように、力Fを加えて回転体を回転の中心Oのまわりに回転させようとする働きを回転モーメントという。</p> <p>この回転モーメントの大きさは、作用する力Fの大きさと、回転軸Oから力の作用線までの垂直な距離Rとをかけた</p>	<p>得られる。</p> <p>図の場合、軸Oに関する（あるいは軸Oを中心とする）モーメントMは、</p> $M = F \times R$ <p>F, R, Mの単位は</p> <p>F : (kg), (g)</p> <p>R : (m), (cm), (mm)</p>	
---	---	--

M: (kg・m), (kg・cm), (kg・mm), (g・cm)

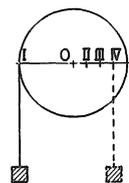
回転モーメントはトルク(回転力)またはねじりモーメントなどと同じ意味の語として使われることが多く、トルクはふつうTで表わす。

2. 実験

2-1 輪軸の実験装置を使った実験

〔実験〕輪軸の教具を用いて、2力のつり合いの状態を調べてみよう。

- ① 下図に示すように、Iの点に0.75kg(一定)を加えた時に、II, III, IVの各点でつり合うようにした場合の錘(おもりの)重さを調べて下表に記入する。
- ② 支点(軸中心O)からI, II, III, IVの各点までの長さを測り、下表に記入する。
- ③ 各点でつり合っている状態でのトルク(回転力)をそれぞれ計算して、下表に記入する。



実験2-1の①, ②, ③の記入表

	錘の重量 (kg)	軸中心O からの距離 (mm)	トルク (kg・mm)
Iの点	0.75		
IIの点			
IIIの点			
IVの点			

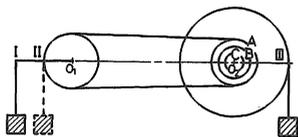
〔考察〕この実験の結果からどういことがいえるか考えてみよう。

(考察欄は省略)

2-2 自転車の実験装置を使った実験

〔実験〕自転車の実験装置を使って、2力のつり合いの状態を調べてみよう。

- ① 下図に示すように、IIIの点に0.7kg(一定)を加えた時に、Iの点でつり合うようにした場合の錘(おもりの)重さを、次の状態で調べて下表に記入する。
  - (イ) 大ギヤとフリーギヤ(小ギヤ)Cとがかみ合っている時。
  - (ロ) 大ギヤと小ギヤBとがかみ合っている時。
  - (ハ) 大ギヤと小ギヤAとがかみ合っている時。
- ② 同様にして、IIの点でつり合うようにした場合の錘の重さを、大ギヤと小ギヤAとがかみ合っている状態で調べて下表に記入する。
- ③ 次の各部の測定をして下表に記入する。(イ)大ギヤの回転の中心O<sub>1</sub>からIの点までの長さ。(ロ)O<sub>1</sub>からIIの点までの長さ。(ハ)小ギヤの回転の中心O<sub>2</sub>からIIIの点までの長さ。(ニ)大ギヤの歯数と直径。(ホ)小ギヤA, B, Cの歯数と直径。
- ④ 実験②で調べなかった大ギヤと小ギヤB, Cとのかみ合いの場合について、その時のつり合いの状態を想定して、錘の重さを下表に記入する。



実験2-2の①, ②, ③の記入表

	フリーギヤ Aの場合	フリーギヤ Bの場合	フリーギヤ Cの場合
IIIの点の重量(kg)	0.7	0.7	0.7
Iの点の重量(kg)			
IIの点の重量(kg)		[ ]	[ ]

実験2-2の④の記入表

(イ) O <sub>1</sub> からIの点 までの長さ	(mm)
(ロ) O <sub>1</sub> からIIの点 までの長さ	(mm)
(ハ) O <sub>2</sub> からIIIの点 までの長さ	(mm)

〔考察〕この実験の結果からどういことがいえるか考えてみよう。

(考察欄は省略)

2-3 ドライバー(ねじ回し)セットによる実験

〔実験〕トルクドライバーセットを用いてねじのしめつけ力を測定し、ドライバーとねじの大きさとの適合性を調べてみよう。

- ① ドライバーでの手力測定装置を用いて、大, 中, 小の大きさのドライバーを使った時の各握り部に加えた手力(接線力)をばねばかりで測定して下表に記入する。
- ② 実験①で使った大, 中, 小のドライバーの握り部の太さ(半径)と先端部の幅(幅の半分)を測定して、下表に記入する。
- ③ ①, ②で求めた接線力と握り部の半径の値から、大, 中, 小のドライバーを用いた時のそれぞれのねじりモーメント(ねじのしめつけトルク)を計算で求めて、下表に記入する。
- ④ トルクドライバーセットを用いて、握り部の大, 中, 小と先端部の中, 小とおのおの組み合わせで、使用した場合のねじりモーメントを測定して、下表に記入する。(注意: この実験で、握り部に加える力(接線力)は実験①で測定した時と同じ大きさになるようにする。)

実験2-3の①, ②, ③の記入表

握り部	大	中	小
握り部に加えた力(接線力) (kg)			
握り部の半径 (cm)			
計算で求めた(kg・cm) トルク(kg・mm)			
先端部の幅の半分(mm)			

実験2-3の④の記入表

握り部	大	中	小
先端部			
中	(kg・cm) (kg・mm)		
小	(kg・cm) (kg・mm)		

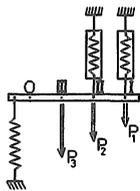
〔考察〕

- ① 実験③の計算で求めたねじりモーメントと実験④で測定したねじりモーメントとを比較して、どのようなことがわかりますか。  
(考察欄は省略)
- ② 以上のことから、ドライバーの握り部と先端部の大きさとの関係について、どのようなことがいえますか。  
(考察欄は省略)

2-4 ねじのしめつけトルク測定装置による実験

〔実験〕トルク測定装置を用いて、ボルト・ナットのしめつけ力と支点からの距離や手力との関係調べ。

- ① 実験装置の概略を示す図において、Iの点に手力  $P_1 = 4 \text{ kg}$  を加えて左端の引張コイルバネに一定の長さの伸びを与える時に、IIの点での力  $P_2$  (ばねばかりの読み) を測定して、下表に記入する。
- ② 支点OからI、II、IIIの各点までの長さを測定して下表に記入する。
- ③ 実験①の場合のIIIの点での力  $P_3$  を想定して下表に記入する。
- ④ ①, ②, ③で求めた数値から各点におけるトルクを計算で求めて下表に記入する。



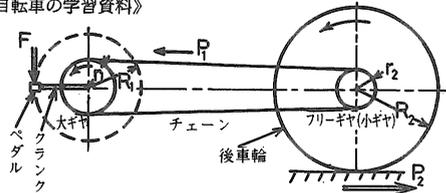
実験2-4の①, ②, ③, ④の記入表

	力の大きさ (ばねばかりの読み) $\text{kg}$	支点Oからの距離 $\text{mm}$	計算で求めたトルク $\text{kg}\cdot\text{mm}$
Iの点			
IIの点			
IIIの点			

〔考察〕この実験の結果からどういうことがいえるか考えてみよう。

(考察欄は省略)

《自転車の学習資料》



- F: ペダルに加わる力
- $P_1$ : チェーンを引張る力
- $P_2$ : 後輪の駆動力 (自転車をおし進める力)
- $R_1$ : クランクの長さ
- $R_2$ : 後輪の有効半径 (直径:  $D_2$ )
- $r_1$ : 大ギヤの半径
- $r_2$ : フリーギヤ (小ギヤ) の半径 (直径:  $D_1$ )

### 3.3 実験授業の経過

#### (1) 配当時間

対照群ならびに実験群の実験授業での時間配当は、授業に4単位時間を配当し、テストとアンケート調査では、第1回目に50分を配当し、第2回目には、テストのみにして40分を配当した。

#### (2) テストおよびアンケート調査の実施

実験授業が終わった時点より3~9日後に、第1回目のテストとアンケート調査を、それより更に40日後に第2回目のテストを実施した。尚、調査は、すべての学習者には予告なしに、表6に示すような質問事項について行われた。

実験授業の時期と経過、ならびに出席状況などは表5に示したとおりである。

表5 実験授業の時期と経過ならびに出席状況

群	実験授業		テ ス ト	
	期 日	出 席 生徒数	期 日 (出席生徒数)	期 日 (出席生徒数)
			第1回目	第2回目
対 照 群	2月20日	21名	3月4日 (22名)	4月14日 (23名)
	2月27日	23名		
実験群 I	2月24日	22名	3月7日 (22名)	4月17日 (21名)
	3月3日	22名		
実験群 II	2月19日	23名	3月7日 (23名)	4月17日 (22名)
	2月26日	22名		
実験群 III	2月22日	22名	3月4日 (22名)	4月14日 (22名)
	3月1日	22名		

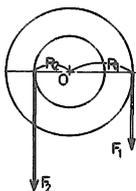
- (注) 1. 対照群での第2回目のテストの対象者は23名であったが、第1回目のテスト時の欠席者を採点から除外して、共に22名とした。
2. 実験群 I での第1回目のテストの対象者は22名であったが、第2回目のテスト時の欠席者 (転校生) を採点から除外して、共に21名とした。
3. 実験群 II での第1回目のテストの対象者は23名であったが、第2回目のテスト時の欠席者 (転校生) を採点から除外して、共に22名とした。

表6 調 査 内 容

### 回 転 モーメント (トルク) に 関 する 試 験 問 題

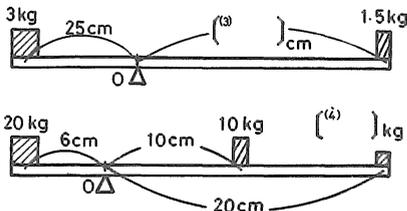
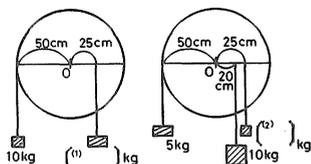
2 年 組 番 氏 名

問題1. 次の輪軸の図から、各問いに答えなさい。

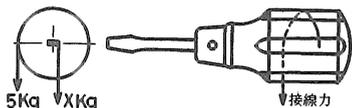


- (1) 軸心Oを中心に左、右がつり合っている時、2力のつり合いの式を求めなさい。  $\square \cdots \cdots$  (i)
- (2) 上で求めた式を、力 (重量) の比と距離の比との関係式で表わしなさい。  $\square \cdots \cdots$  (ii)
- (3) (ii)の式を分数式で表わすと、どのようになりますか。  $\square \cdots \cdots$  (iii)
- (4) (i), (ii), (iii)式のいずれかの式を使って、 $F_1$  を求める式を作りなさい。  $F_1 = \square$
- (5) 左の図のように、2力がつり合っている時、これを回転モーメント (トルク) について考えるならば、左まわりのモーメント  $M_2$  と右まわりのモーメント  $M_1$  はどのような関係にあるか。記号  $M_1, M_2$  を使って示しなさい。  $\square$

問題2. 次の各図において、支点Oを中心に両側がつり合うように、〔 〕の中に適当な数値を入れなさい。(てこの重さなどは考えない)

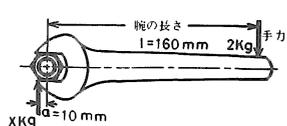


問題3. 次の各図から問いに答えなさい。



図のようにして、ドライバー(ねじ回し)でネジをしめつける時、次の問いに答えなさい。

- (1) 握り部のねじりモーメント  $M_1$  =
- (2) その時、先端部でのねじりモーメントを  $M_2$  とすると、 $M_1$  と  $M_2$  はどのような関係にあるか。記号  $M_1, M_2$  を使って示しなさい。
- (3) 先端部に加わる力  $X(kg)$  はいくらになるか、式を書いて  $X(kg)$  を求めなさい。  
式  答  $X = \text{}$  (kg)
- (4) 握り部のねじりモーメント  $M_1$  は同じにしておいて、先端部の幅  $D_2$  を  $4mm$  (幅の半分  $R_2 = 2mm$ ) にしたら、先端部に加わる力  $X(kg)$  はいくらになるか。答  $X = \text{}$  (kg)
- (5) 握り部のねじりモーメント  $M_1$  の大きさには、何が関係するか、主なものを2つ書きなさい。  
答 (イ)  (ロ)



(6) 図のようにして、ボルト・ナットをしめつける時、ボルト・ナットに加わる力  $X(kg)$  は、およそいくらになるか、式を書いて、 $X(kg)$  を求めなさい。

式 (イ)  答 (ロ)  $X = \text{}$  (kg)

(7) 同じスパナを使って、手力を  $2(kg)$  加えたら、ボルト・ナットに  $16(kg)$  の力が加わった。この場合、スパナの柄のどの位置に力を加えたことになるか。式を書いて

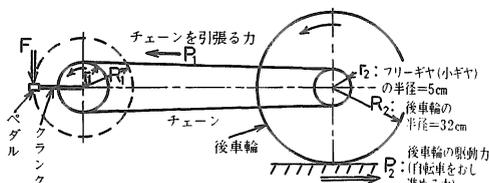
腕の長さ  $l$  (mm) を求めなさい。

式 (イ)  答 (ロ)  $l = \text{}$  (mm)

- (8) このように、スパナでボルト・ナットをしめつける時に、しめつけトルクの大きさには何が関係するか、主なものを2つ書きなさい。(イ)  (ロ)

問題4. 次の自転車についての問いに答えなさい。

- F: ペダルに加わる力 =  $4kg$
- $r_1$ : 大ギヤの半径 =  $10cm$
- $R_1$ : クランクの長さ =  $16cm$



- (1) 図中の数値などを使って、次の計算をしなさい。
  - (1) クランクの回転モーメント ( $M_1$ ) を計算して求めなさい。  $M_1 = \text{}$  (kg·cm)
  - (2) チェーンを引く力 ( $P_1$ ) はいくらになりますか。計算をして求めなさい。  $P_1 = \text{}$  (kg)
  - (3) 後車輪の回転モーメントはいくらになりますか。  $M_2' = \text{}$  (kg·cm)
- (2) 大ギヤの回転モーメントはいくらになりますか。  $M_1' = \text{}$  (kg·cm)
- (3) フリーギヤの回転モーメント ( $M_2$ ) を計算して求めなさい。  $M_2 = \text{}$  (kg·cm)
- (4) 後車輪の駆動力 (自転車をおし進める力) ( $P_2$ ) はいくらになりますか。  $P_2 = \text{}$  (kg)

上の図中の記号を使って、ペダルを踏む力と後車輪の駆動力(自転車をおし進める力)との関係式を次の順で求めようと思う。  
の中に適当な記号を入れて式を完成しなさい。  
 クランクの回転モーメント  $M_1 = \text{}$  .....①, 大ギヤの回転モーメント  $M_1' = \text{}$  .....②, 式①, ②からチェーンを引く力  $P_1 = \text{}$  .....③, フリーギヤ(小ギヤ)の回転モーメント  $M_2 = \text{}$  .....④, 後車輪の回転モーメント  $M_2' = \text{}$  .....⑤, 従って, 式③, ④, ⑤から後車輪の駆動力  $P_2 = \text{}$  .....⑥となる。

また、大ギヤの歯数( $z_1$ ) =  $\frac{r_1}{r_2}$  とすれば、式⑥は  $P_2 = \frac{z_2}{z_1} \times \text{} \times F$  .....⑦とも書ける。

- (イ) 式⑦を参考にして次の問いに答えなさい。
  - (1) クランクの長さ、後車輪の半径およびペダルを踏む力 (F) を同じにしておいて、フリーギヤの歯数を少なくして、ギヤ比を大きくすると、後車輪の駆動力  $P_2$  はどうなりますか。 答
  - (2) 上の式⑦のどの部分からそのことがいえますか。 答

質問1. 回転モーメント(トルク)の学習でわかりやすかったことと、その理由を具体的にかいて下さい。

〔わかりやすかったこと〕

〔その理由〕

質問2. 回転モーメント(トルク)の学習でわかりにくかったことと、その理由を具体的にかいて下さい。

〔わかりにくかったこと〕

〔その理由〕

#### IV 結果および考察

先の調査にかかげた問題に対する生徒の回答の結果は、表7～表10に示したとおりである。

各群での正・誤答数は、各問題についての小問(アイテム)の正・誤答数を集計したものである。なお、正・誤答数に対する百分率は、群内の総度数(小問題項目×生徒数)を基準値にして計算されている。さらに、各問題について、第1回目と第2回目の、それぞれのテストの結果から、群間の成績の差、および第1回目と第2回目との成績の差を、 $\chi^2$ 検定した。

##### 4.1 問題1の回答の解析(表7参照)

表7 問題1の全問題項目の総正誤答数 ( ) 内%

	対照群	実験群Ⅰ	実験群Ⅱ	実験群Ⅲ	計
正 答	81(74) 84(76)	83(79) 85(81)	84(76) 89(81)	84(76) 84(76)	332(76) 342(79)
不完全答	1( 1) 0( 0)	3( 3) 0( 0)	1( 1) 0( 0)	4( 4) 0( 0)	9( 2) 0( 0)
誤無答	28(25) 26(24)	19(18) 20(19)	25(23) 21(19)	22(20) 26(24)	94(22) 93(21)
計	110	105	110	110	435

備考；

1. 上段は第1回目の、下段は第2回目のテストの成績である。
2. 第1回目のテストの結果から、群間の成績には $\chi^2=4.7850 < \chi^2_{0.05}(6)=12.5916$ で、5%水準で有意差が認められない。
3. 第2回目のテストの結果から、群間の成績には $\chi^2=1.4355 < \chi^2_{0.05}(6)=12.5916$ で、5%水準で有意差が認められない。
4. 第1回目と第2回目とのテストの成績の間には、全ての群で5%水準で有意差が認められない。

表7より、第1回目、第2回目の何れの場合についても、テストの結果から、群間の成績に明確な差が認められない。

また第1回目と第2回目とのテストの成績の間にも全ての群で有意差が認められない。

従って、実験要因の相異が成績に影響を与えなかったと言ってよからう。

この問題1に関する内容については、既に学習経験をもっており、ここでは、導入的に扱って、知識の定着度を調べたものである。結果から、知識の定着が一応認められる。しかし、小問題ごとの解答状況を分析してみると、小問(2)、(3)の正答率が低く、対照群では、それぞれ

55%、実験群Ⅰで76%と57%、実験群Ⅱでともに55%、実験群Ⅲで64%と59%であった。

このことから、輪軸の原理については理解できているものの、文字式を使った場合の、2つの異なる変数を「比の関係式」で表わしたり、「分数式」に変形する問題に、多くの生徒がつまづいていることがわかる。

先にも述べたように、実はこの「つまづき」が後の学習の上での支障となるのである。

##### 4.2 問題2の回答の解析(表8参照)

表8より、第1回目、第2回目の何れの場合についても、テストの結果から、群間の成績に明確な差が認められていない。

表8 問題2の全問題項目の総正誤答数 ( ) 内%

	対照群	実験群Ⅰ	実験群Ⅱ	実験群Ⅲ	計
正 答	77(88) 79(90)	76(90) 80(95)	76(86) 77(88)	70(80) 78(89)	299(86) 314(90)
誤無答	11(12) 9(10)	8(10) 4( 5)	12(14) 11(13)	18(20) 10(11)	49(14) 34(10)
計	88	84	88	88	348

備考；

1. 上段は第1回目の、下段は第2回目のテストの成績である。
2. 第1回目のテストの結果から、群間の成績には $\chi^2=1.8358 < \chi^2_{0.05}(3)=7.81473$ で、5%水準で有意差が認められない。
3. 第2回目のテストの結果から、群間の成績には $\chi^2=3.4099 < \chi^2_{0.05}(3)=7.81473$ で、5%水準で有意差が認められない。
4. 第1回目と第2回目とのテストの成績の間には、全ての群で5%水準で有意差が認められない。

また第1回目と第2回目とのテストの成績についても全ての群で、両者の間に有意差が認められない。

従って、ここでも、実験要因が学習効果に影響したとは言えなかった。

この問題に関する内容についても、既に学習されてきており、そのためにここでは、輪軸・てこの原理を応用した教材の学習へと発展させるための導入として扱われたこと、そしてまた、知識の定着度を確認することを目的とした点では、問題1の場合と同様である。

しかしその結果は、問題2において優れた結果を示した。このことは、問題1の場合には、文字の式による「原理の一般化」、「式の変形」であったのに対して、問題2では、具体的な数値を使った「式の計算」であった

こと、などの理由によるものと考えた方がよからう。

また、各アイテム間での正答率にもバラツキがなく、全体に高い正答率を示している。

このようにテストの成績および条件効果の結果をみると、既にある程度の学習経験がなされ、しかも知識の定着に一定の安定が見られる教材の学習場面では、学習指導法の相異が再認効果にそれ程明確な影響を与えなかったことを示しているといえよう。

4.3 問題3の回答の解析 (表9参照)

この問題は、輪軸・てこなどの原理の具体的な応用場面での比較的単純な問題の解決、処理能力について調査したものとと言える。

表9-1 問題3の全問題項目の総正誤答数 ( )内%

	対照群	実験群Ⅰ	実験群Ⅱ	実験群Ⅲ	計
正答	218(76) 211(74)	204(75) 211(77)	210(73) 216(76)	220(77) 234(82)	852(75) 872(77)
不完全答	11(4) 15(5)	22(8) 14(5)	11(4) 12(4)	4(1) 9(3)	48(4) 50(4)
誤無答	57(20) 60(21)	47(17) 48(18)	65(23) 58(20)	62(22) 43(15)	231(21) 209(19)
計	286	273	286	286	1131

備考:

1. 上段は第1回目の、下段は第2回目のテストの成績である。
2. 第1回目のテストの結果から、群間の成績には  $\chi^2=17.6436 > \chi^2_{0.01}(6)=16.8119$  で、1%水準で有意差が認められる。
3. 第2回目のテストの結果から、群間の成績には  $\chi^2=6.6729 < \chi^2_{0.05}(6)=12.5916$  で、5%水準で有意差が認められない。
4. 第1回目と第2回目とのテストの成績の間には全ての群で5%水準で有意差が認められない。

表9-2 第1回目のテストの成績における各群間相互の正答頻度比の差の有意性検定結果

実験条件	対照群	実験群Ⅰ	実験群Ⅱ	実験群Ⅲ
対照群		4.793	0.674	3.486
実験群Ⅰ			*	**
実験群Ⅱ				14.835
				3.570

\*は $p < 0.05$  \*\*は $p < 0.01$ を示す。

表9-1により、第1回目のテストの結果から、群間の成績に有意差が認められた。そこで、各群間相互の成績のそれぞれに対して、同様に  $\chi^2$  検定をおこなったところ、表9-2に示す結果を得た。

これらの結果から、第1回目のテストの成績に関して、実験群Ⅰと実験群Ⅱおよび実験群Ⅲとの間の成績に有意差が認められたが、他の群間の差は明確でなかった。すなわち、〈理論学習→生徒実験〉の学習指導法による場合が〈理論学習→教師実験〉による場合よりも正

答率が高く、また〈理論学習→教師実験〉の学習指導法による場合が〈理論学習→生徒実験〉による場合よりも良い成績を示しており、学習に効果的であったと見ることができよう。しかし、第2回目のテストの結果からは、全体としては、群間の成績に有意差が認められず、また第1回目と第2回目とのテストの成績間においても、いくらか成績はよくなっているものの、全ての群で有意差が認められない。従って、これらの結果から、学習指導法の相異が再認・知識の定着度に対して明確な効果をもったとは言えないだろう。

今、問題3に関連する学習事項に対する理解の難易度を、小問題ごとの解答状況から分析してみる。まず、4群にわたって正答率の低かった小問は、(1)のドライバーの握り部でのねじりモーメントの計算、(7)のスパナによるしめつけトルクを一定にしておいて、トルクの大きさに関係する2つの要素を変化させた場合の取り扱いの問題である。いま一つは、このドライバーでのねじりモーメントの大きさに関係する要素について答える(5)の問題で、要素の一つである握り部の大きさ、(直径・半径)つまり回転の中心から力の作用点までの垂直距離についての回答の成績が悪かった。これを、同じくスパナ(柄の有効長さ)に関して答える小問題(8)での正答率と比較すると、この問題に関しては、最も正答率が高い結果を得ている。

このような結果から、理解度の低かった問題について、全般的に言えることは、ドライバーの場合のねじりモーメントと握り部に加える力(接線力)、あるいは先端部に生じるモーメントと先端部でボルト・ナットに加わる力との関係、またスパナの場合のしめつけトルクと柄に加える力(手力)など、力のモーメント(トルク)と力とが生徒には混同して扱われていた、ということである。今一つには、スパナ、ドライバーのいずれの場合にも、実験装置によって、腕の長さ(スパナの柄の有効長さ)や握り部の大きさが測定でき、トルクを理論的に計算で求めることが出来た反面、小ネジやボルト・ナット部分でのモーメントあるいは力の計測が出来ないために、力比などが実験的に検証し得なかったこと等の理由にもよるだろう。

従って、この種の教材の学習では、理論式と実際場面での具体的な事象との対応が、十分に理解されるようにして、原理面から応用面へと抵抗なく発展的に思考できるように、障害が出来る限り除去されるような指導が必要となろう。

4.4 問題4の回答の解析 (表10, 図表1, 図1参照)

この問題は、「自転車の伝動のしくみ」に関連する学習事項を評価の対象にしており、この教材を輪軸の原理が具体的に応用された機構としてみると同時に、原理の

組合せ機構、つまり、先に「目的」のところで述べられたように、2軸間での回転力比（駆動力比）を扱った教材として位置づけることができる。またこの教材は、さきの問題3に関連する内容でみられた場合に比べて、やや複雑な要素から組み立っていると見えるだろう。この教材も、本実験授業で初めて学習される内容である。

表10-1 問題4の全問題項目の総正誤答数  
( )内%

	対照群	実験群Ⅰ	実験群Ⅱ	実験群Ⅲ	計
正 答	134(41) 173(52)	166(53) 192(61)	146(44) 194(59)	138(42) 188(57)	584(45) 747(57)
不完全答	3( 1) 6( 2)	3( 1) 2( 1)	4( 1) 1( )	1( ) 5( 2)	11( 1) 14( 1)
誤無答	193(58) 151(46)	146(46) 121(38)	180(55) 135(41)	191(58) 137(42)	710(54) 544(42)
計	330	315	330	330	1305

備考；

1. 上段は第1回目の、下段は第2回目のテストの成績である。
2. 第1回目のテストの結果から、群間の成績には  $\chi^2 = 13.7025 > \chi^2_{0.05}(6) = 12.5916$  で、5%水準で有意差が認められる。
3. 第2回目のテストの結果から、群間の成績には  $\chi^2 = 9.1350 < \chi^2_{0.05}(6) = 12.5916$  で、5%水準で有意差が認められない。
4. 第1回目と第2回目とのテストの成績の間には対照群、実験群Ⅰおよび実験群Ⅱの各群で1%水準で有意差が認められるが、実験群Ⅰでは5%水準で有意差が認められない。

表10-2 第1回目のテストの成績における各群間相互の正答頻度比の差の有意性検定結果

実験条件	対照群	実験群Ⅰ	実験群Ⅱ	実験群Ⅲ
対照群		** 9.586	1.110	1.069
実験群Ⅰ			4.625	** 9.244
実験群Ⅱ				2.351

\*\*は  $p < 0.01$  を示す。

この問題に対する回答状況は表10-1に示す通りである。表10-1により、第1回目のテストの結果から、群間の成績に有意差が認められた。そこで、各群間相互の成績のそれぞれに対して、同様の  $\chi^2$  検定をおこなった。その結果を示したものが表10-2である。

これらの結果から、第1回目のテストの成績に関して、実験群Ⅰと対照群および実験群Ⅲとの間の成績に有意差が認められたが、他の群間に明確な相異を認めることができない。すなわち、〈理論学習⇨生徒実験〉の学習指導法による場合が〈生徒実験⇨理論学習〉による場合よりも正答率が高く、また〈理論学習⇨生徒実験〉の学習指導法による場合が〈理論学習⇨教師実験〉による場合よりも良い成績を示しており、これらはともに学習に効果的であったと見ることができよう。

この結果に見る限りでは、「自転車の伝動のしくみ」

等にみられるような、輪軸・てこなどの原理が比較的複雑に応用された新しい問題場面で分析的、論理的に思考して、相互の関係を理解し、問題を解決してゆく場合には〈理論学習⇨生徒実験〉による指導法が学習を効果的にすると見えるだろう。つまり、学習者の主体的な活動を構想する実験学習では、機構の理論、原理・法則などの基礎的事項についての既有的理解・知識によって、まず課題を把握し、問題意識をもつことが学習を成立させる上で重要であることを示唆しているといえよう。

一方、第2回目のテストの結果からは、全体としては、群間の成績に有意差が認められず、問題3の場合にみられた傾向とよく類似している。また、第1回目と第2回目とのテストの成績に関しては、実験群Ⅰで差が認められないが、他の3群では有意差が認められ、第2回目のテストの成績がより優れたといえよう。この原因については、①その後に学習や生活経験が加えられたこと、②本実験で学習されたことが、日常生活場面での具体的な事象と意識的に融合されたことなど、諸々の要因が考えられようが、今、一つだけについて言うならば、「学習時においては、学習内容が理論的に複雑で、理解が困難であった」が、「上記②の理由によって第2回目のテスト時には、学習した内容がよく理解されていたように思えた」ということが、生徒に対する意識調査で明らかにされた。しかし、この問題4に関するテストの結果は、かならずしも充分とは言えない。

確かに、本実験の場合のような教材内容と学習形態による学習経験は、技術科では今までにあまり多くなされていなかったように思える。そこで、問題に対する難易の傾向、類型を簡単に分析してみることにする。

問題4の15の問題項目(アイテム)についての、第2回目の解答状況をスケーログラムで表わしたものが図表1である。

更に、図表1に基づいて、各群における問題項目ごとの正答率をダイヤグラムで表わしたものが図1である。

図表1、図1から明らかのように、問題項目の正答率の順位に、多少の入れ替わりが見られるものの、4群にわたって、問題項目間の難易度の傾向に類似性がみられる。これを回答内容から少しく分析してみると、(f)の問題のように、具体的な数値を使った「計算問題」での成績に比べて、ここでも記号(ことに、添字の扱いに抵抗が感じられる)を使った「文字の式」で処理する能力が特に低いことが指摘される。式の変形や置き換え、対応など、数式の計算能力とともに、基礎的な原理・知識の他への適用能力など、分析的、総合的あるいは論理的、科学的に思考する能力・態度が、今少し不足していたように思える。

これは単に、技術科のしかも回転モーメントの教材の

図表1 問題4のスケーログラム

a 対照群 (正答率=52.4%)

N	小問題(アイテム)													得点		
	(1)	(7)	(2)	(3)	(10)	(4)	(9)	(5)	(6)	(12)	(13)	(15)	(11)		(14)	(8)
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15
21	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	14
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	13
18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	13
19	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	13
16	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	X	△	11
17	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	X	11
2	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	○	X	X	X	10
5	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	X	X	X	10
15	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	X	X	○	○	10
11	○	○	X	○	○	○	○	X	○	○	X	X	X	X	X	8
9	○	○	X	○	X	○	X	X	△	○	○	△	X	X	X	7
7	○	X	○	○	○	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	6
3	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3
8	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	3
10	○	○	○	○	X	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	3
23	○	○	X	X	X	X	X	X	X	△	○	X	○	X	X	3
13	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	2
22	△	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2
12	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
A	19	18	15	14	14	13	13	12	12	9	9	9	6	6	4	173

c 実験群II (正答率=58.8%)

N	小問題(アイテム)													得点		
	(1)	(7)	(2)	(3)	(10)	(4)	(9)	(5)	(6)	(14)	(12)	(15)	(13)		(11)	(8)
12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15
21	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	14
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	14
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	14
9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	14
17	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	14
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	13
13	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	13
16	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	X	X	12
15	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	X	○	X	X	11
10	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	X	X	○	X	○	10
14	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	9
19	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	6
22	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	○	5
4	○	○	X	X	○	X	X	X	X	○	X	○	○	○	○	4
11	○	○	X	○	△	X	○	○	○	X	X	○	X	X	X	4
23	○	○	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4
1	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
A	19	19	16	16	14	13	13	13	12	11	11	11	10	9	7	194

b 実験群I (正答率=61.0%)

N	小問題(アイテム)													得点		
	(1)	(7)	(4)	(10)	(2)	(3)	(9)	(5)	(6)	(12)	(14)	(15)	(8)		(11)	(13)
14	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15
18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	14
22	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	14
5	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	13
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	○	○	13
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	13
9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	13
12	○	○	○	○	○	X	○	○	○	X	○	○	○	○	○	13
11	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	X	X	X	X	X	11
13	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	11
7	○	○	○	X	○	○	○	X	X	○	X	X	○	X	○	9
19	○	○	○	○	○	○	○	○	X	△	X	X	X	X	X	9
21	○	○	○	○	○	○	X	○	X	○	X	○	X	X	X	9
1	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	○	X	○	X	X	7
3	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	3
16	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	3
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	2
15	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	2
20	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2
17	○	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	X	X	X	1
A	20	18	15	15	14	14	13	12	12	12	11	8	8	8	8	192

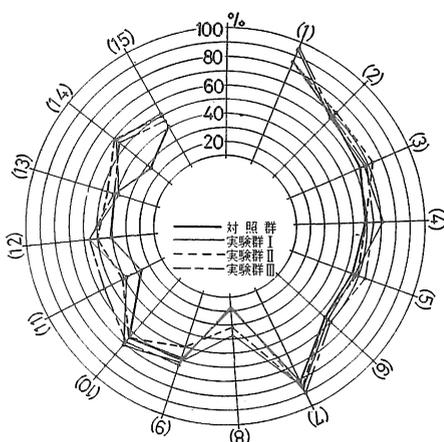
d 実験群III (正答率=57.0%)

N	小問題(アイテム)													得点			
	(1)	(7)	(10)	(9)	(2)	(3)	(4)	(5)	(14)	(6)	(12)	(15)	(11)		(13)	(8)	
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15	
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15	
15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15	
17	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	14	
19	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	14	
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	14	
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	X	13
13	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	X	X	13
12	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	X	X	12
14	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	△	○	○	○	X	X	11
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	X	X	X	X	X	10
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	○	X	○	X	9
6	○	○	X	○	X	○	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	6
8	○	○	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5
7	○	○	X	○	X	X	○	X	○	X	○	X	X	X	X	X	4
9	○	○	○	○	X	X	X	○	○	X	○	X	○	○	○	○	4
4	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3
11	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3
18	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	3
21	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3
16	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	2
22	△	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
A	21	20	15	14	13	13	13	12	12	12	11	10	10	10	9	6	188

N=生徒番号    A=正答数    ○=正答  
 △=不完全答    ×=誤答    空欄=無答

(注) 生徒番号は2学年時の番号である。

図1 問題4での各小問題の正答率



学習のみでの問題ではなく、今後の課題として、あらゆる面から総合的に検討されるべき重要なことである。

また身近な反省点としては、これには、授業者が初めての学級で授業したために、学級の雰囲気や生徒個々の能力などの把握が充分でなかったことなども考えられるだろう。いま一つは、学習内容が量的に多い割に、配当時間が少なかった為に、学習が徹底しなかったことなども考慮されねばならないことであろう。

以下に、本実験授業を通じての観察・所見、並びに今後に残された課題を2、3あげておく。

(1) 生徒実験を取り入れた2つの群では、実験題目ごとに、各班が順次消化してゆく方法をとった為に、班による進度の差が生じ、全体の実験計画に幾分支障をきたした。

今後は、使用する教具台数を増す必要があるように感じられた。

(2) 使用した教具に対して、高い興味・関心が示され、教具の使用が、学習の過程で理解をしやすいものに助けとなったことも、充分に考えられよう。(アンケート調査の結果にも見られる)

(3) 今回の実験授業のように、実験学習を取り入れた授業では、生徒の応用能力、実証的な態度を養う上からも、生徒が自由に思考し、主体的に学習できるように、時間的な配慮をする必要があるだろう。

## V 摘 要

回転モーメント(トルク)の教材について、学習の内容と指導方法を述べ、またその内容に基づいて、学習過程の相異と学習効果との関係を検討する目的で実験授業を行った。実験要因として、各種の実験装置を使って、

実験・計測を行う生徒実験の後に理論学習を行う場合(対照群)と、理論学習を先行させて、後に生徒実験を行う場合(実験群I)と教師実験を行う場合(実験群II)、および理論学習と教師実験を実験項目ごとにスモールステップで交互に行う場合(実験群III)の4群が設定された。実験授業成績の比較検討された結果について要点のみ示す。

1° 既にある程度の学習経験があり、しかも知識の定着が見られる教材の学習場面では、学習指導法の相異と学習効果の差との間に明確な差がみられなかった。

2° 原理・法則の比較的単純な応用場面での問題の解決の際に、理解を助ける上で、学習指導法の相異による影響がみられた。しかし、学習指導法の相異が再認・知識の定着度に対して、明確な効果をもつとは言えなかった。

3° 原理・法則が比較的複雑に应用された新しい問題場面で、問題を解決してゆく場合に、<理論学習⇒生徒実験>による学習指導法が学習を効果的にする傾向がみられた。しかし、一定期間後の測定で、指導法の相異と知識の定着度との間に明確な差がみられなかった。

4° 学習後の比較的近い時期でのテスト結果と、一定の期間後でのそれとの間に、特定の指導法に差がみられ、一定期間後での結果がより優れる傾向がみられた。

5° 実験授業を通しての、学習指導の方法、学習内容に関して若干の問題が指摘された。

最後に、この研究のためにご協力下さった中学校、実験装置の製作および調査に際し、ご協力をいただいた、児山治正教諭(松江ろう学校勤務、当時研究室の4回生)、並びに各位に対し深く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 大国博昭：「技術科の教授＝学習内容に関する研究(I)―ねじとその関連教材について―」日本産業技術教育学会誌 15号, 73 (昭48)
- 2) 同上：「機構の教材について」日本産業技術教育学会誌 16号, 81 (昭49)
- 3) 同上：「リンク機構(装置)教材の実験授業成績」日本産業技術教育学会誌 17号, 112 (昭50)
- 4) 同上：「回転力の伝達機構(装置)の教材と実験授業成績」日本産業技術教育学会誌 18号(掲載予定), (昭51)
- 5) 禿 宗男ほか：中学校新理科1分野1指導書 大日本図書株式会社, 184 (昭47)

その他の主な文献

- ・群馬県教育研究所連盟編：教育研究入門 東洋館出版社, (昭49)