

学習内容の構造が学習効果に及ぼす影響について

——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——

盛 政 貞 人* 中 山 義 弘**

Sadato MORIMASA and Yoshihiro NAKAYAMA : On the Results Produced on the Effectiveness in Learning by the Structure of the Contents of the Lesson

——The Results of the Experimental Lesson in the Mechanism of Transmission of Power in the Bicycle——

ABSTRACT : *Purpose* As one of the series of studies concerning the results produced on the effectiveness in learning by the structure of the contents of the lesson, the present research was conducted with the mechanism of transmission of power in the bicycle as the subjects. The experimental lessons were conducted in two major groups: One was the control group who learned the lesson mainly through the textbook (M+P) whose contents were composed of the Method (M) (=mechanism) and Purpose (P) (=function), and the other was the experimental group who learned the lesson, besides the study of the Method and Purpose, through the additional learning of another element, Ground (G) (=principle), which constitutes the three elements composing technology. This latter group was further divided into three subgroups as shown below. Thus the experimental and substantiative analyses were made of the difference in the results produced on the effectiveness in learning between the two groups.

Method As shown below, with the mechanism of the transmission of power in the bicycle as the subject, the four different types of experimental lessons were conducted at Junior High School attached to the Faculty of Education, Shimane University [M+P: the mainly-textbook-taught learning; G·M+P: the learning of the principle (the moment of rotation) before the mainly-textbook-taught learning; G+M+P: the principle-learning and the mainly-textbook-taught learning were in close connection; M+P·G: the learning of the principle after the mainly-textbook-taught learning].

Group	Structure of the contents of the lesson	Learner
-------	--	---------

* 島根大学教育学部技術科研究室

** 島根大学教育学部附属中学校

Control	(a)	M+P	23 boys of 2nd Year, Class I
Experimental	(b)	G·M+P	20 boys of 2nd Year, Class II
	(c)	G+M+P	22 boys of 2nd Year, Class III
	(d)	M+P·G	24 boys of 2nd Year, Class IV

No significant differences were noticed among the four groups in the differential in intelligence.

Results Compared with the students of the control group, those of the experimental groups (1) showed better results in their grasp and understanding of the contents of the lesson, based on the standpoint of the principle and (2) tended to show easiness of a general grasp and understanding of the contents of the lesson.

I 目 的

学習過程と評価、なかんずく、学習（あるいは教授）内容の構造が学習効果に及ぼす影響に関する一連の実験・実証的研究の1つとして、このたびの研究では、自転車の力の伝達のしくみを題材にとって、実験授業を行い、方法(M)(=機構)と目的(P)(=機能)とをその学習内容としている教科書(M+P)を主な教材として学習する場合(対照)と、それに、方法、目的とともに、筆者のいう「技術の成立の3要素」を構成するもう1つの要素である根拠(G)(=原理)を加えて学習する場合(実験群)との学習効果に及ぼす影響の差異を追究することを主たる目的とした。

因に、筆者は「技術」を「人間がある働きをなそうとする(目的)場合、一定の法則を考慮に入れて(根拠)、それにしたがって行なう方法(手段)をもてば、それを技術とよぶ」、したがって、技術は、教育の技術、政治の技術、といったように非常に広義にも用いられるが、普通には狭義に解釈して、生産に関するものに限定して用いられる場合が多い。また、技術は、その根拠となるものの差異によって、それが科学である場合の科学技術、経験である場合の経験技術とに分けて考えることができよう。」と定義し、「技術学」を「技術の成立の3要素——すなわち、目的・根拠・方法——、ならびに、それらの、相互関係を論じ、技術の合理的・効率的な操作(運用)、技術の創造(改善)、ならびに応用(転移)について究めんとする学問である。」と定義し、また、「技術学的指導」を「技術の成立の3要素である目的(機能)・方法(機構)・根拠(原理)、ならびに、それらの相互関係についての知識・理解を得させ、思考させ・実習させて、技術の合理的・能率的・経済的な、また、安全な操作(活用)、応用(転用)、創造(改良)などの能力・態度を養うことである。」と定義している。

II 方 法

実験授業の方法はつぎに示したとおりである。

A. 実験授業の場：島根大学教育学部附属中学校

B. 実験授業の担当者：中山義弘

C. 題材：自転車の力の伝導のしくみ

D. 実験授業の構成

表1に示したような4群の実験授業を構成・実施した〔M+P；主として教科書による学習，G・M+P；原理（回転モーメント）の学習の後，主として教科書による学習を行なう，G+M+P；原理の学習と，主として教科書による学習とを関連づけて行なう，M+P・G；主として教科書による学習をした後，原理の学習を行なう。〕。

表1. 実 験 授 業 の 構 成

群		学習内容の構造	学 習 者	知能偏差値	
				平均	S.D.
対 照	(a)	M+P	男子 2年1組 23名	60.17	9.421
実 験	(b)	G・M+P	〃 2組 20名	59.25	6.495
	(c)	G+M+P	〃 3組 22名	61.91	6.585
	(d)	M+P・G	〃 4組 24名	66.04	7.765

知能偏差値についての t の値は，(a)(b)間=0.666，(a)(c)間=0.357，(a)(d)間=2.113であって，各群間の知能偏差値に有意差のないことが認められた。

E. 学習記録

1. 対照ならびに実験の4群にわたって用いた教科書の内容は表2に示したとおりであり，

また，補助の資料とその説明は表3に示したとおりである。

表3. 変 速 装 置 の ギ ヤ 比

種 類	ギヤ		ギヤ比	速度比	駆動力比
	大ギヤ	フリーギヤ			
実 用 車	44	19	2.32		
ス ポー ツ 車	48	24	2.0	0.86	1.16
		20	2.4	1.03	0.97
		15	3.2	1.38	0.73

説明：大ギヤの歯数が一定であれば，小ギヤの歯数が少ないほどギヤ比が大きくなり，それにしたがって速度比も大となる。すなわち，速度が大となる。しかし，駆動力比は逆に小となる。すなわち，後輪をまわすためにいる力の大きさは大となる。

2. 実験群において加えた学習はつぎのとおりであった。

a. 実験：写真1に示した自転車の車輪を用い，その中心からの距離と，おもりの数を変えながら，回転モーメントのつりあいの関係を実験・観察させた(10分間)，(写真1参照)。

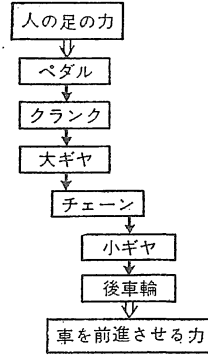
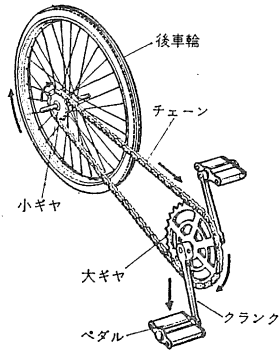
110

機

械

2. 機械の整備

111



9 図 自転車の動力伝達経路

2. 伝動のしくみ

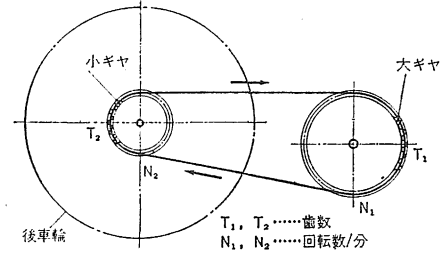
機械では、あたえられた動力や運動を 仕事をする部分へ伝えるために、いろいろなしくみが使われている。

9 図は、自転車の動力伝達経路を示したものである。

5 自転車では、動力をクランク軸から後車輪に伝えるとき、大ギヤと小ギヤの組み合わせによって、後車輪の回転数が大きくなるようにしてある。

大ギヤの歯数 (T_1) をギヤ比といい、ギヤ比が大きいほど小ギヤの歯数 (T_2) をギヤ比と大きいほど回転数のます割合も大きくなる。しかし、ギヤ比が大きい

* 裁縫ミシンの動力伝達経路は、138ページ資料参照。



10 図 ギヤ比と回転数

いま、大ギヤが N_1 回転するあいだに、小ギヤが N_2 回転するものとすれば、 $\frac{N_2}{N_1} = \frac{T_1}{T_2}$ (ギヤ比) となる。

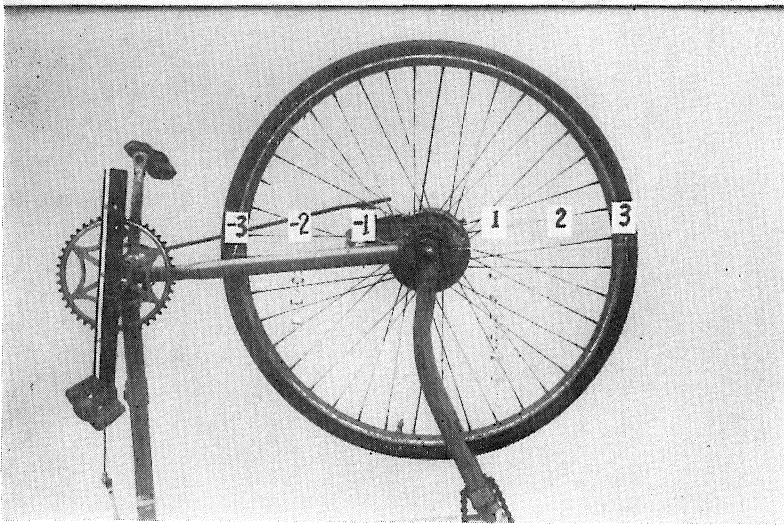
いほどペダルをふむのに大きな力がいり、逆に、ギヤ比が小さいほど小さな力ですむ。

ふつうの自転車では、ギヤ比が一定になっているため、発進やのぼり坂などでは、ペダルをふむのに大きな力が必要とするが、スポーツ車は、変速ギヤ^{*}を使って、平地では、ギヤ比を大きくしてはやく走行し、発進やのぼり坂では、ギヤ比を小さくしてらくに走行できるようにしてある。

問題 ふつうの自転車やスポーツ車について、大ギヤと小ギヤの歯数を調べ、ギヤ比を計算してみよう。

* 折りこみ表参照。

写真1. 自転車の車輪を用いての回転モーメントの実験装置



b. VTRによる学習：写真2に示したVTRセットの使用によって，上記の実験をVTRにとり，これを実験後に観察させた（10分間），（写真2参照）。

写真2. 学習に使ったVTRセット



c. 原理の説明：回転モーメントの説明を表4のとおりに板書して説明した(20分間)。

F. テストおよびアンケート調査の実施

1. テスト

a. 時期：実験授業が終わった1週間後に行なった。

b. 問題：Ⅲの結果の項で述べたい。

2. アンケート

a. 時期：実験授業の直後行なった(20分間)。

b. 質問事項：Ⅲの結果の項で述べたい。

Ⅲ 結果と考察

テスト結果の解析——研究者による評価——
アンケート調査による生徒の意識の解析——学
習者による評価——，授業者による観察・所見
——授業者による評価——などはつぎのとおり
であった。

A. テスト結果の解析——研究者による評価

実験授業が終わった1週間後に，2つの問題の
テストを行なった結果はつぎのようである。

1. 問題1の回答の解析

つぎの問題問

〔 題1：何故，ギヤ比が大きいほどペダルをふむのに大きい力がいり，逆に，
ギヤ比が小さいほど小さい力ですむのか答えて下さい。 〕

に対する回答は表5に示したとおりであった。

表4. 原理(回転モーメント)の説明

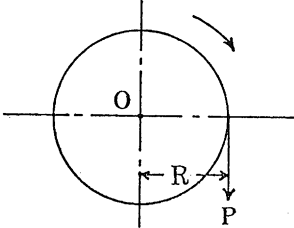
科学的根拠(原理) grounds(G)
<p>①回転モーメント：図のように力を加えて、O軸のまわりを回転させようとするはたらきを回転モーメントといい、この回転モーメント(M)はP(力の大きさ)にR(うでの長さ、すなわち、Pがはたらく方向にO軸から引いた垂線の長さ)をかけてえられる。</p> $M = P \times R$ <p>単位：グラムセンチメートル (gcm) キログラムメートル (kgm)</p>  <p>②自転車の場合、小ギヤは半径が大である程、小さい力で回すことができ、反対に半径が小であればある程、回すのに大きな力がある。</p>

表5. 学習内容の構造が学習効果に及ぼす影響について
 ——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——

{ 問題1.何故、ギヤ比が大きいほど、ペダルをふむのに大きい力がいり、逆 }
 { に、ギヤ比が小さいほど小さい力ですむのか。 }

回 答	学 習 内 容 の 構 造			
	対 照 群	実 験 群		
	M+P 23名	G・M+P 20	G+M+P 22	M+P・G 24
a. ギヤ比が大きいほど、小ギヤの半径が小さくなるので、大きい力がある。	—	1	—	—
b. ギヤ比が大きいほど、大ギヤの大きさが一定だと小ギヤは小さくなる。そして、小ギヤが小さいと、その中心からチェーンまでの距離が小となるので、大きい力がある。	—	—	1	—
c. 小ギヤの中心からチェーンまでの距離が小さいほど大きい力がある。したがって、ギヤ比が大きいほど、大きい力がある。	—	1	—	1
d. 「てんびん」でも中心からの距離に近いほど大きいおもりがいる。同様にして、大ギヤの大きさが一定ならば、ギヤ比が大きいほど小ギヤの中心からチェーンまでの距離が小さくなるので、大きい力がある。	—	1	—	—
e. 「りんじく(あるいはその原理)」と同じように、小ギヤの半径が小さいほど大きい力がある。だから、ギヤ比が大きいほど、大きい力がある。	—	3	—	—
f. ギヤ比が大きいほど、小ギヤの半径が小で、「しいそう」の例でわかるように、大きい力がある。	—	—	1	—
g. ギヤの半径と力との関係を図示。ただし、その半径が大きいほど大きい力があるとしたもの。	—	—	1	—
h. 「てんびん」にたとえて図示。ただし、ペダルと後輪の側との関係をとちがえているもの。	—	—	1	—
i. ギヤ比が大きいほど、大(あるいは、前の)ギヤが1回転する間の小(あるいは、後の)ギヤの回転数が多くなるので、大きい力がある。	9	4	2	5
j. ギヤ比が大きいほど、大ギヤが1回転する間の小ギヤの回転数が多くなる。そして、小ギヤが1回転するためには力は同じであるから、大きい力がある。	—	—	—	3
k. ギヤ比が大きいほど、大ギヤが1回転する間の小ギヤの回転数が多くなり、進む距離(あるいは、速度)が大きくなるので、大きい力がある。	3	1	2	—
l. ギヤ比が大きいほど、大ギヤの1回転する間の小ギヤの回転数が多くなり、進む距離が大きくなる。そして、後輪を1回まわすための仕事は同じであるから、大きい力がある。	1	—	—	—
m. ギヤ比が大きいほど、大ギヤが1回転する間の進む距離が大きくなるので、大きい力がある。	1	—	—	2
n. ギヤ比が大きいほど、大ギヤが1回転する間の後輪の回転数が多くなるので、大きい力がある。	—	—	1	—
o. ギヤ比が大きいほど、大ギヤが1回転する間の小ギヤの回転数が多くなり、それだけ仕事の量が大きくなるので、大きい力がある。	—	—	—	1
	18	10	11	16

回 答	学 習 内 容 の 構 造			
	対 照 群	実 験 群		
	M+P 23名	G・M+P 20	G+M+P 22	M+P・G 24
p. ギヤ比が大きいほど、ペダルが1回転する間の小ギヤの回転数が多くなるので、大きい力がある。	—	1	1	—
q. ギヤ比が大きいほど、ペダルが1回転する間の後輪の回転数が多くなるので、大きい力がある。	3	1	3	1
r. ギヤ比が大きいほど、ペダルを1回転する間の後輪の回転数が多くなる。そして、後輪を1回転させようとする力は回転数に反比例して小となるので、大きい力がある。	—	—	1	—
s. ギヤ比が大きいほど、ペダルを1回転する間の後輪回転の数が多くなり、進む距離が大きくなるので、大きい力がある。	—	—	—	1
t. ギヤ比が大きいほど、ペダルを1回転する間の進む距離が大きくなるので、大きい力がある。	—	2	—	1
u. ギヤ比が大きいほど、ペダルが1回転する間の小ギヤの回転数が多くなる。そして、小ギヤを1回転する仕事の量は同じであるから、大きい力がある。	—	—	1	1
v. ギヤ比が大きいほど、大（あるいは、前の）ギヤが1回転する間の小（あるいは、後の）ギヤの回転数が多くなり、多くの時間がかかり、チェーンもからみつくので、大きい力がある。	1	—	—	—
w. ギヤ比が大きいほど、大ギヤが1回転する間の小ギヤの回転数が多くなり、抵抗が大きくなるので、大きい力がある。	—	—	—	1
x. ギヤ比が大きいほど、小ギヤは速くまわるが、それをまわす力は弱い。また、抵抗が大きいので、大きい力がある。	—	1	—	—
y. ギヤ比が大きいほど、小ギヤを1回転させるために大きい力があるから。	—	1	1	—
z. 速さと力は反比例するので、ギヤ比が大きいほど、大きい力がある。	—	1	—	—
ア. ギヤ比が大きいほど、回転させるのに大きい負担がかかるから。	—	1	—	—
イ. ギヤ比が大きいほど、回転がなめらかに行なわれないので、大きい力がある。	—	—	—	1
ウ. ギヤ比が大きいほど、小ギヤを1回転するための大ギヤの回転数は少なくてすむので、力も小さくてすむ。	1	—	—	—
エ. ギヤ比の大小関係を、逆々としているもの。	—	—	—	1
オ. 問題とは逆の結論を答えているもの	—	—	—	1
カ. 答の意味がつかみにくいもの	3	1	5	4
キ. 回答なし	1	—	1	—

a. 回答 a～f は、「ギヤ比が大きいほど、小ギヤの半径あるいは小ギヤの中心からチェーンまでの距離が小さくなるので、ペダルをふむのに大きい力がある。」と、原理の回転モ

ーメントに関して正しい把握・理解をしているものといえよう。また、回答 g および h は、内容は逆であるが、ともに、回答 a～f と同様に、原理の回転モーメントの観点に立っての把握をしたものといえよう。そして、これら a～h の回答をしたものが、対照群の M+P では 0 であったのに対し、実験群の G・M+P では 6 例、G+M+P では 4 例（ただし、うち 2 例は誤答）、M+P・G では 1 例あった。すなわち、原理を加えて学習した実験群が、それを加えないで学習した対照群に比べて、原理（回転モーメント）の観点に立っての把握・理解が良い結果を得た。

そして、同じ実験群の中でも、原理(G)学習を、機構(M)学習より先に行なった群 (G・M+P) が、原理学習を機構学習の後に行なった群 (M+P・G) に比べて、原理の把握・理解がよかった。このような傾向は、これまで行なった多くの実験授業でも認められたことである。

b. 回答 i～x のように、「ギヤ比が大きいほど、大ギヤあるいはペダルが 1 回転する間の小ギヤあるいは後輪の回転数が多くなること。」に観点を置いたものが、対照群の M+P では 18 例、実験群の G・P+M では 10 例、G+M+P では 11 例、M+P・G では 16 例あった。すなわち、原理を加えないで学習した対照群では、それを加えて学習した実験群に比べて、いわば、機構的観点に立っての把握をした生徒が多かった。

そして、同じ実験群の中では、機構学習を原理学習より先に行なった群 (M+P・G) が、機構学習を原理学習の後に行なった群 (G・M+P) に比べて、機構的に把握した生徒が多かった。このような傾向は、これまでの多くの実験授業でも認められたことである。これとは反対に、原理学習を機構学習より先行させた場合には原理的に把握・理解する傾向があることは、1 において述べたところである。ここで、このような傾向を「初認の優勢傾向」と呼ぶこととして、今後、さらに注目・追究していくこととしたい。

2. 問題 2 の回答の解析

つぎの問題

〔問題 2：自転車の動力伝達経路を答えなさい。〕

に対する回答は表 6 に示したとおりであった。

表6. 学習内容の構造が学習効果に及ぼす影響について

——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——

〔問題2. 自転車の動力伝達経路を答えなさい。〕

回 答	学習内容の構造	対 照	実 験 群		
		M + P	G・M+P	G+M+P	M+P・G
		23 名	20	22	24
人 の 足 (まわす力)		14例 (60.9%)	9 (45.0)	13 (59.1)	16 (66.7)
ペ ダ ル		23 (100.0)	20 (100.0)	21 (95.5)	22 (91.7)
ク ラ ン ク		20 (87.0)	11 (55.0)	17 (77.3)	14 (58.3)
大 ギ ヤ		22 (95.7)	18 (90.0)	21 (95.5)	22 (91.7)
チ ェ ー ン		23 (100.0)	19 (95.0)	21 (95.5)	22 (91.7)
小 ギ ヤ		22 (95.7)	18 (90.0)	21 (95.5)	21 (87.5)
後 車 輪 (内を含む, タイヤと答えた例数)		23(6) (100.0)	18(6) (90.0)	20(6) (90.9)	23(7) (95.8)
進 む 力 (地 面)		8 (34.8)	7 (35.0)	4 (18.2)	11 (45.8)
合 計		155 〔6.74〕	120 〔6.00〕	138 〔6.27〕	151 〔6.29〕

注：() は例数/生徒数 (%), [] は合計例数/生徒数を示す。

この表は、大体教科書にあげられている経路どおりに回答した例数をまとめたもので、教科書にあげられていない経路、例えば、スポークなどについて回答したものはあげられていない。ここでは、教科書の記載どおりの把握についての各群の差異を知ろうとしたからである。

これによると、教科書どおりの自転車の動力の伝達経路、いわば、機構については、機構(M)と、機能(P)とを学習内容の構造とした対照群(M+P)が、それに原理(G)学習を加えた実験群に比べて、ペダル、クランク、大ギヤ、チェーン、小ギヤ、および後車輪などの多くにわたって回答例が多く、ひいては、生徒1人当たり平均回答例数(合計例数/生徒数)も6.74で、実験群のG・M+Pの6.00、G+M+Pの6.27、M+P・Gの6.29などに比べて、良い成績を得ている。

B. アンケート調査による生徒の意識の解析——学習者による評価——学習直後に、4種の質問事項についての生徒の意識を調査した結果はつぎのようであった。

1. 学習上の理解容易事項と、その理由——学習と平明意識——

技術の学習の各題材毎に、「わかりやすかったことと、その理由」に関しての学習者(生徒)の意識を知ることは、この教科の学習過程の改善上に役立つところが大きいであろうと思われる。

つぎの質問,

質問 1 : 自転車の力の伝導のしくみの学習でわかりやすかったことと、
その理由を書いて下さい。

に対する回答をまとめた結果は表7に示したとおりであった。

表7. 学習上の理解容易事項と、その理由

——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——

〔質問1. 自転車の力の伝導のしくみの学習でわかりやすかったことと、その理由〕

事 項	わ か り や す か っ た こ と				計
	例 数 (理 由)				
	対 照 群 M + P	実 験 群 G・M+P G+M+P M+P・G			
あ. 伝導のしくみ	9(a・3, h・3, q・3)	1	1(b・1)	1	12
い. 伝導のしくみとギヤ比の関係	3(b・1, p・1)				3
う. ギヤ比	10(b・2, h・1, j・2, r・3, t・2)	2(h・1, w・1)	2(b・1)	2(b・2)	16
え. ギヤ比の求め方				1	1
お. ギヤ比と回転比の関係	1(r・1)				1
か. ギヤ比と速度の関係		2(k・1)	1(a・1)	2	5
き. 伝導のしくみと、速く走るときや楽に走るとき力の関係	2(a・1, q・1)	6(g・2, i・2, n・2)	4(c・1, l・1, s・1, v・1)	1	13
く. 回転モーメントの説明		2(t・2)	6(d・1, i・1, f・1, s・1, u・1, x・1)	6(e・2, g・2, i・2)	14
け. 伝導のしくみと回転モーメントとの関係		1(w・1)	2(g・1, i・1)		3
こ. ギヤ比と回転モーメントとの関係		2(s・1, v・1)	6(a・1, e・1, i・1, n・1, o・1, y・1)	1	9
さ. ギヤ比の求め方と回転力との関係		1(e・1)	1(m・1)	2(e・2)	4
小 計	25	17	23	16	81
な し	2	1			3
回 答 な し			1		1
a. なし, 回答なしの生徒数の和	2	1	1	0	4
b. 学習生徒総数	23	22	22	24	91
c. わかりやすかったことをあげた生徒数 (b-a)	21	21	21	24	87
平明意識率 (c/b)	91.3%	95.5%	95.5%	100.0%	95.6%

理由（自転車の力の伝導のしくみの学習でわかりやすかったこと）

a. 経験をもっていたから……………6	}	日常経験があること……………14
b. 実際に自転車に乗ったり、見ているから……………7		
c. いつも自転車を分解、調整しているから……………1		
d. 実験されたから……………1	}	実験による学習……………10
e. 実験して、説明をされたから……………8		
f. 重りの実験がよかったから……………1		
g. 図によって説明されたから……………5	}	図示による学習……………10
h. 図による説明がよかったから……………5		
i. VTRで学習をしたから……………7		視覚機器による学習……………7
j. 説明が合理的であったから（合理性）……………2	}	説明のしかたがよいこと……………5
k. 順序よく説明をされたから（順序性）……………1		
l. 説明がていねいであったから……………1		
m. 熱心に説明されたから……………1	}	関連教科で学習していたこと……………5
n. 小学校の理科学習の応用であったから……………3		
o. 理科で学習したことの応用であったから……………1		
p. 数学で習っていたから……………1		
q. 教科書の説明でよかったから……………4		教科書による学習……………4
r. 数字を入れて考えてみたから……………4		数字による具体的な学習……………4
s. 教え方がよかったから……………3		教え方がよいこと……………3
t. 小学校でも学習していたから……………2	}	既習経験があること……………3
u. 小学校の時に、テレビ学習で習ったから……………1		
v. 前から少し知っていたから……………2		予備知識があること……………2
w. 実験後VTR学習でもう一度復習ができたから……………2		反履過程による学習……………2
x. 簡単だから……………1		学習内容の簡単……………1
y. 表を使って学習したから……………1		表示による学習……………1

a. 理解容易であった事項

「わかりやすかったこと」として、対照群では、ギヤ比（う、い）や伝導のしくみ（あ）などに多くの例数をあげ、実験群では、回転モーメントの説明（く）、ギヤ比と回転モーメントとの関係（こ）、伝導のしくみと、速く走るときや楽に走るときの力の関係（き）などに多くの例数をあげている。これによると、この学習において加えた原理（回転モーメント）の学習は、生徒によって把握・理解が容易に行なわれたものと認められる。

なお、この学習において、わかりやすかった事項をあげた生徒数の学習生徒総数に対する割合〔以下、これを平明（平易・明哲）意識率と呼ぶ〕は、対照群（M+P）が91.3%，実験群のG・M+PならびにG+M+Pがそれぞれ、95.5%，M+P・Gが100%であった。

b. 理解容易であった理由

「わかりやすかった理由」として、例数の多いものから述べると、日常経験があること（a～c）14例、実験による学習（d～f）10例、図示による学習（g, h）10例、視覚機器による学習（i）7例、説明のしかたがよいこと（j～m）5例、関連教科で学習していたこと

(n~p) 5例, 教科書による学習 (q) 4例, 数字による具体的な学習 (r) 4例, 数え方がよいこと (s) 3例, 既習経験があること (t~u) 3例, 予備知識があること (v) 2例, 反復過程による学習 (w) 2例, 学習内容の簡単 (x) 1例, 表示による学習 (g) 1例, などであった。

これらは, この学習において, 「わかりやすかったことの理由」であったばかりでなく, 一般に, 「学習過程を理解容易にするための原理」として認められる可能性をもつものであると思われる。

2. 学習上の理解困難事項と, その理由——学習と難解意識——

技術学習の各題材毎に, 「わかりにくかったことと, その理由」に関する学習者の意識を知ることが, この教科書の学習過程の改善上に役立つところが大きいであろうと思われる。

つぎの質問,

質問2: 自転車の力の伝導のしくみの学習でわかりにくかったことと, その理由を書いて下さい。

に対する回答をまとめた結果は表8に示したとおりであった。

表8. 学習上の理解困難事項と, その理由

——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——

〔質問2. 自転車の力の伝導のしくみの学習でわかりにくかったことと, その理由〕

事 項	わ か り に く か っ た こ と				計
	例 数 (理 由)				
	対 照 群 M + P	実 験 群 G・M+P G+M+P M+P・G			
あ. ギヤ比関係	3 (g・1, h・1)	1	5 (g・1, h・1, j・1)	4	13
い. $\frac{T_1}{T_2} = \frac{N_2}{N_1}$	1 (a・1)				1
う. ギヤ比が回転速度と関係していること	1 (u・1)				1
え. 速度比, 駆動力比などの言葉の意味やギヤ比と速度比と駆動力比との関係	13 (c・11, e・1, i・1)			1	14
お. 速度比の出し方			1	1 (m・1)	2
か. ギヤ比と力との関係	1 (q・1)		1 (k・1)		2
き. ギヤ比と駆動力比との関係	5 (b・3, r・1, e・1)				5
く. ギヤ比が大小に変化すると回転にいる力が変化すること	2 (i・1, l・1)		1 (t・1)		3
け. 大きいギヤは, 小さいギヤより小さい力でうごくこと	1 (d・1)		1		2
こ. ギヤ比とペダルの力との関係		1			1

わ かり に く か っ た こ と					計
事 項	例 数 (理 由)				
	対 照 群	実 験 群			
	M + P	Q・M+P	G+M+P	M+P・G	
さ. 回転速度と回転力が反比例する理由			1	1(f・1)	2
し. 回転モーメントの原理		2			2
す. 回転モーメントの計算公式				3	3
せ. 内そう変速のしくみ		1(P・1)	1		2
そ. 後輪のブレーキのしくみ		1			1
た. 全体にわかりにくかったこと	2(q・1, s・1)	1(n・1)	1	1(v・1)	5
小 計	29	7	12	11	59
な し		11	12	16	39
回 答 な し		1			1
a. なし, 回答なしの生徒数の和	0	12	12	16	40
b. 学習生徒総数	23	20	22	24	89
c. わかりにくかったことをあげた生徒数 (b-a)	23	8	10	8	49
難解意識率 (c/b)	100.0%	40.0%	45.5%	33.3%	55.1%

理由 (自転車の力の伝導のしくみの学習でわかりにくかったこと)

a. $\frac{T_1}{T_2} = \frac{N_2}{N_1}$ になる理由の説明が十分で なかったから.....	1	説明の不十分または欠如.....
b. ギヤ比と駆動力比の関係についての 説明が十分でなかったから.....	3	
c. 説明が十分でなく, 言葉の意味や 相互の関係がよくわからなかったから.....	11	
d. 駆動力比の意味を説明されなかったから.....	1	
e. 説明されなかったから.....	2	
f. 教科書の図と実物の関連説明が十分で なかったから.....	1	
g. ギヤ比と回転数との関係がわからなかったから	2	
h. ギヤ比と力との関係がわからなかったから.....	2	
i. ギヤ比と駆動力比の関係理解が混乱したから.....	2	
j. 回転の速さと回転力が反比例することの 理由がわからないから.....	1	
k. ギヤ比の公式の理論がわかりにくいから.....	1	理論の理解困難.....
l. 計算のしかたがわかりにくかったから.....	1	
m. なんとなくややこしかったから.....	1	学習内容の複雑.....
n. 図を使っての説明が十分でなかったから.....	1	図示による説明の不十分.....

o. 実物を使っての説明が少なかったから…………… 1	実物による学習の不十分…………… 1
p. 内部が観察できなかったから…………… 1	分解した状態を見なかったこと…………… 1
q. 体験していることとの関係が あやしくなったから…………… 1	体験と学習内容との不一致…………… 1
r. 教科書をよく読んでいなかったから…………… 1	自己の学習不十分…………… 1
s. やさしく考えていたことが ややこしくなったから…………… 1	学習内容の複雑または紛乱…………… 1
t. 説明をよく聞いていなかったから…………… 1	自己の学習態度の不良…………… 1
u. 興味がなかったから…………… 1	興味の欠如…………… 1
v. 学習中に友達がやかましく話しかけたから…………… 1	仲間の話しかけによる学習中断…………… 1

a. 理解困難であった事項

「わかりにくかったこと」として、対照群では、速度比、駆動力比などの言葉の意味やギヤ比と、速度比と駆動力比との関係(え)および、ギヤ比と駆動力比との関係(き)などに多くの例数をあげている。このことは、学習指導書から補助資料としてとって使用した「変速装置のギヤ比の表」(表3参照)に載せられている「速度比」および「駆動力比」の言葉に定義あるいは説明が与えられていないために、授業者も授業のなかで説明しなかったことによっている。実験群では、ギヤ比関係(あ)をあげているものがやや多い。

なお、この学習において、わかりにくかった事項をあげた生徒数の学習生徒総数に対する割合(以下、これを難解意識率と呼ぶ)は、対照群(M+P)が100%, 実験群のG・M+Pが40.0%, G+M+Pが45.5%, M+P・Gが33.3%であった。実験群に比べて、対照群の難解意識率が著しく高かった。

b. 理解困難であった理由

「わかりにくかった理由」として、例数の多いものから述べると、説明の不十分または欠如(a~f)19例、関係理解の困難または不能(g~j)7例、理論の理解困難(k, l)2例、学習内容の複雑(m), 図示による説明の不十分(m), 実物による学習の不十分(o), 分解した状態を見なかったこと(p), 体験と学習内容との不一致(q), 自己の学習不十分(r), 学習内容の複雑または紛乱(s), 自己の学習態度の不良(t), 興味の欠如(u), 仲間の話しかけによる学習中断(v)などの、それぞれ、1例ずつがあげられている。これらのうち、とくに、速度比や駆動力比についての言葉の説明を欠いたことが、対照群において、最も例数の多い「わかりにくかったことの原因」となっていることが注目される。そして、実験群においては、同じくそれらの言葉の説明を欠いているのかかわらず、回転モーメントの原理を学習したことによって、自転車の力の伝導のしくみについての学習の理解がえられ、難解の意識をもたなかったものと思われる。

3. 学習と操作意識

学習が操作(活用)に関する意識に及ぼす影響を知ることが、この教科の学習過程の改善上に役立つところが大きいであろうと思われる。

つぎの質問、

質問3：学んだことが、自転車をうまく使うことに役立つと思いますか。

に対する回答をまとめた結果は表9に示したとおりであった。

表9. 技術学習が操作に関する意識に及ぼす影響

——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——

〔質問3. 学んだことが、自転車をうまく使うことに役立つと思いますか。〕

意識	成績	例数				計
		対照群	実験群			
		M + P	G・M+P	G+M+P	M+P・G	
役立つ と 思 う	あ. 変速するときに役立つと思う	10	6	14	10	40
	い. 理論がはっきりしたので、よりうまく操作ができると思う	3	5	3		11
	う. 修理、運転するときに役立つと思う	1	1	3	2	7
	え. 少しは役立つと思う	2	1		3	6
	お. 理論がはっきりわかったから役立つと思う		1		1	2
	か. 回転力の理論がわかったので、変速操作が上手にできる		2			2
	き. 理論がわかったので、より速く、楽にのれると思う		1			1
	く. 今までに知らない知識を得たので役立つと思う				1	1
	け. 故障したときに役立つと思う	1				1
	こ. 自転車以外のものにも役立つと思う	1				1
	さ. 他の学習の参考になる	1				1
	小計		19	17	20	17
役立つ と思 わ ない	し. 知っていたので、これ以上役立つと思わない	3	2		1	6
	す. とくに役立つと思わない	1	1		2	4
	せ. 理論や計算問題を使うことは少ないから役立たない			1	2	3
	そ. 技術については役立つが、使う上ではあまり役立たない			1	1	2
	た. 実用車しかないので、別に役立たない				1	1

意 識 \ 成 績	例 数				計
	対 照 群	実 験 群			
	M + P	G・M+P	G+M+P	M+P・G	
a. 役立つと思わない生徒数の和	4	3	2	7	16
b. 学習生徒総数	23	20	22	24	89
c. 役立つと答えた生徒数 (b - a)	19	17	20	17	73
操作意識率 (c/b)	82.6%	85.0%	90.9%	70.8%	82.0%

これによると、役立つと思うと答えたもののうちでは、変速するときに役立つと思う (あ) 40例、理論がはっきりしたので、よううまく操作できると思う (い) 11例、修理、運転するときに役立つと思う (う) 7例などが例数の多いものであった。

役立つと思わないと答えたものでは、知っていたので、これ以上役立つとは思わない (し) 6例が例数の多いものであった。

なお、学習したことが、自転車をうまく使うことに役立つと答えた生徒数の、学習生徒総数に対する割合 (以下、これを操作意識率と呼ぶ) は、対照群 (M + P) が82.6%、実験群の G・M + Pが85.0%、G + M + Pが90.9%、M + P・Gが70.8%で、各群ともに、相当高い操作意識率を示した。

4. 学習と応用意識

学習が、応用 (転移) に関する意識に及ぼす影響を知ることは、この教科の学習過程の改善上に役立つところが大きであろうと思われる。

つぎの質問、

質問4：学んだことで、他のものに応用してみたいことがありますか。

に対する回答をまとめた結果は表10に示したとおりであった。

表10. 技術学習で得た知識・技術の応用に関する意識

——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成蹊——

〔質問4. 学んだことで、他のものに応用してみたいことがありますか。〕

事 項 \ 成 績	例 数 (理 由)				計
	対 照 群	実 験 群			
	M + P	G・M+P	G+M+P	M+P・G	
あ. おもちゃ類や模型(力と速度の変化)	14	4	8	3	29
い. 小さい力で大きい力を必要とする装置	1	3	1	1	6

事 項	成 績	例 数 (理 由)				計
		対 照 群	実 験 群			
		M + P	G・M+P	G+M+P	M+P・G	
う. 変速装置			2	2	1	5
え. 建物や大きいものを動かすためのベルトやギヤ			3		1	4
お. 人力回転ファーン			1	2		3
か. ゴーカードのエンジンから車輪までの伝導装置				2	1	3
き. 自家発電機				1	2	3
く. 動力機械		2				2
け. ベルトコンベア					2	2
こ. 自転車の改良				1		1
さ. 水陸両用の自転車				1		1
し. エンジン付小型自転車			1			1
す. 三輪車などに歯車を使い, 自転車と同じように走らす					1	1
せ. ペダル式ポート, ペダル式自動車			1			1
そ. 足動の舟や動くおもちゃ					1	1
た. エンジンスターター				1		1
ち. エレベーター				1		1
つ. 動く歩道					1	1
て. 人力のこぎり			1			1
と. 糸, ワイヤー巻機				1		1
な. 手まわしポンプ					1	1
に. バッティングマシンの速度調節				1		1
ぬ. 回転数を数字に表わす装置				1		1
ね. 蓄音機		1				1
の. ベルト車による力の変化				1		1
は. はかりなど					1	1
ひ. 生活技術の中に, 多く応用されている		1				1
小 計		19	16	24	16	75
わからない					3	3
なし		6	3	2	5	16
回答なし			1			1
a. わからない, なし, 回答なしの生徒数の和		6	4	2	8	20
b. 学習生徒総数		23	20	22	24	89
c. 応用してみたいと答えた生徒数		17	16	20	16	69
応用意識率 (c/b)		73.9%	80.0%	90.9%	66.7%	77.5%

これによると, おもちゃ類や模型(力と速度変化) (あ) 29例, 小さい力で大きい力を必要とする装置(い) 6例, 変速装置(う) 5例などが, 「学んだことを他のものに応用してみたこと」の例数の多いものであった。

自転車の力の伝導のしくみで学習したことを他のものに応用してみたいと答えた生徒数の,

学習生徒総数に対する割合（以下、これを応用意識率と呼ぶ）は、対照群（M+P）が73.9%、実験群のG・M+Pが80.0%、G+M+Pが90.9%、M+P・Gが66.7%で、各群ともに、相当高い応用意識率を示した。

5. 学習と創造意識

学習が創造（改良）に関する意識に及ぼす影響を知ることは、この教科の学習過程の改良上に役立つところが大きであろうと思われる。

つぎの質問、

質問5：自転車の力の伝導のしくみについて、もっと改良したらよいと思うことがありますか。

に対する回答をまとめた結果は表11に示したとおりであった。

表11. 技術の創造に関する意識 ——自転車の力の伝導のしくみの実験授業成績——
〔質問5. 自転車の伝導のしくみについて、もっと改良したらよいと思うこと。〕

意識	成績	例 数				計
		対 照 M + P	実 験 群			
			G・M+P	G+M+P	M+P・G	
あ. クランクと大ギヤを工夫して、もっと大きい力を出す				2	2	
い. クランクを長くして、もっと楽に走れるようにする			3		3	
う. 効率をよくし、もっとスピードがでるようにする	3	4	5	2	14	
え. 大ギヤの数をもっと多くし、スピードがでるようにする	4			1	5	
お. 歯車伝導にし、ギヤ比を多くし、スピードが出るようにする	1				1	
か. 大ギヤと小ギヤを小さくして、小型でギヤ比を多くなるようにする			1		1	
き. 部品をもっと軽くし、もっとスピードがでるようにする			3	1	4	
く. 変速が手まどるので、自由に、簡単にできるようにする	1				1	
け. 小ギヤの大きさを変えられるようにし、変速が簡単にできるようにする	1				1	
こ. 変速を多く、小型化する	1	1			2	
さ. スポーツ車で、自動的に変速ができるようにする	1	1	1	4	7	
し. クラッチを使って、無段階変速にする				1	1	
す. 完璧な構造であるが、歯車変速にし、ギヤボックスをつける		1			1	

意識	成績	例数			計
		対照	実験群		
		M + P	G・M+P	G+M+P	
せ. 変速レバーの目盛が合わないので、合う工夫をする			1		1
そ. 停止するときには、自動的に低速になるように工夫する		1			1
た. 大ギヤを自由に変えられるようにする				1	1
ち. 大ギヤを2重、3重にする	1				1
つ. 大ギヤをだ円形にする				1	1
て. チェーンがはずれるので、シャフト伝導にしたらよい	1		2	2	5
と. チェーンがはずれやすいので、はずれず切れないようにする	4	2	2	1	9
な. 変速の多いものは、チェーンがはずれやすいので工夫をする	1				1
に. まさつを少なくする	1	1		1	3
ぬ. 補助装置をつけて、後進もできるようにする	1			4	5
ね. もっと構造を簡単にし、性能のよいものにする		1	2		3
小計	21	12	20	21	74
その他(このままでよい、よく工夫されている)	1		3	1	5
なし	4	7	4	3	18
回答なし		3			3
a. その他、なし、回答なしの生徒数の和	5	10	7	4	26
b. 学習生徒総数	23	20	22	24	89
c. 改良したらよいと答えた生徒数 (b-c)	18	10	15	20	63
創造意識率 (c/b)	78.3%	50.0%	68.2%	83.3%	70.8%

これによると、効率をよくし、もっとスピードがでるようにする(う)14例をはじめ、もっとスピードがでるようにすること、スポーツ車で、自動的に変速できるようにする(さ)7例をはじめ変速に関すること、チェーンがはずれやすいので、はずれず切れないようにする(と)9例をはじめチェーンをはずれないようにすることなどが、「改良したらよいと思う」との例数が多いものであった。

なお、自転車の力の伝導のしくみについて、もっと改良したらよいと思うと答えた生徒数の、

学習生徒総数に対する割合（以下、これを創造意識率と呼ぶ）は、対照群（M+P）が78.3%、実験群のG・M+Pが50.0%、G+M+Pが68.2%、M+P・Gが83.3%で、可成り高い創造意識率を示した。

C. 授業の実施状況と、授業者による観察・所見——授業者による評価——

授業者 中山義弘

1. 授業の実施状況

a. 教科書：全国職業教育協会編，技術・家庭，男子用2，開隆堂出版株式会社

b. 教材・教具：「変速装置のギヤ比」の表（開隆堂：技術・家庭学習指導書），車輪を用いての回転モーメントの実験装置，VTR。

c. 配当時間：50分，その他，II.方法の項に記載

d. 学習者(生徒)：II.方法の項に記載。

e. 実験授業の時期と経過，生徒の出席状況

表12に示したとおりである。

表12. 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
対 照	(a)	2月5日	23名	2月12日	22名
	(b)	2月6日	20名	2月13日	20名
実 験	(c)	2月8日	22名	2月15日	21名
	(d)	2月9日	24名	2月16日	23名

2. 観 察

a. 授業に対する生徒の反応

(1) 予め，授業後に簡単なアンケートをとることを知らせたことと，「車輪を用いての回転モーメントの実験装置」による実験学習やVTRによる実験を再現しての学習（初めての経験）を行なったことなどによって，全生徒が深い関心や興味や，むしろ驚きをもって学習した。

(2) 生徒は全員が自転車を持っており，その構造や操作の仕方についてはよく知っているために非常に興味を示し，学習態度は全般によかった。

b. テキストに対する生徒の反応

(1) 自転車についてはあまりにも生活化しているため，軽い気持で学習していたものは，最初は何を書いてよいか困っていた。

(2) 自転車の力の伝導のしくみと原理について，新に考察する機会となり，真面目に解答した。

3. 所 見

a. このたびの実験授業についての所見

(1) 実験授業となると平素とは違った緊張感を持つものなので、生徒には実験授業であることを知らせなかったので、平素の授業と同じ状態の資料を得ることができたと思う。しかし、教師側は、常に意識しており、教案どおりの授業をしなければならないので、生徒の反応を無視して、型通りの授業になったように思う。

(2) 表における、速度比、駆動力比についての言葉の意味と、両者の比の関係について説明をしなかったので、学習を困難にしたように思う。

(3) 「車輪を用いての回転モーメントの実験装置」による実験学習において、車輪の左側と右側に吊した重りの変化が大ギヤと小ギヤとの関係にどのように関連するかについて、実験の目的を明らかにしないで生徒に考察させたために、学習効果が低かったように思う。

(4) 学習成果の評価は、普通には学期の中間や期末にまとめて、生徒の個々の評価をするために行なうことが多く、次の学習指導のためにあまり生かされないが、今回は、授業直後にアンケートをとったことにより、学習過程や指導法の良し悪しが手にとるように生徒の回答に現われ、授業の反省資料としてよい参考になった。

b. 今後の実験授業の企画・実施についての参考意見

(1) 実験授業の条件を同一にするためには、テープコーダー、VTRをもっと活用してみたい。

(2) これまでの実験授業では、教師の説明が大半を占め、教師中心の学習になりがちで、成績上位者には理解もよく、知識の定着もよかったが、今後の実験授業では、もう少し生徒に思考させ、発表や質問ができるように時間的配慮をすることが必要であると思う。

IV 摘 要

(1) 題材に自転車の力の伝導のしくみを取りあげ、その機構(M)と機能(P)とが内容となっている、主として、教科書による学習(M+P)を行なうものを対照群として、これに原理(G)の回転モーメントの学習を加えた3種の実験群(G・M+P:原理の学習後、主として教科書による学習を行なう、G+M+P:原理の学習と、主として教科書による学習とを関連づけて行なう、M+P・G:主として教科書による学習の後、原理の学習を行なう。)との実験授業成績を比較研究した。

(2) 原理学習を加えた実験群が、原理的観点に立っての把握・理解がよければかりでなく、一般的把握・理解も容易に行なわれる傾向がみられた。

(3) 同じ実験群の間では、原理学習を機構学習より先行させた群が原理の把握・理解がよくなる傾向があり、その反対に、機構学習を原理学習より先行させた群が機構の把握・理解がよくなる傾向が認められた。

(4) 指導書にある言葉の定義や説明のない資料は、教師もそれを十分に使いこなさないし、

生徒の理解も，却って，困難にするように思われる。

(5) 学習者（生徒）の題材に関しての，平明意識（理解容易な事項と，その理由），難解意識（理解困難な事項と，その理由），操作意識，応用意識，創造意識などを解析した。これらも，学習過程の改善上に役立つものと思われる。

附記：なお，この研究は文部省科学研究費（特定研究・科学教育）の補助をうけて行なったものの一部である。関係者各位のご厚意とご高配に対して深く感謝の意を表する次第である。