

差動機構を有する歯車装置の視聴覚教育について

玉越庸弘^{*1} 井藤良温^{*2} 中島守^{*3} 山路康貴^{*4}

＜概要＞自動車の動力伝達系には数多くの歯車装置が用いられている。各歯車装置の構造、作動を理解させる上で、特に終減速機は減速歯車機構と差動機構が一体で構成されているため、他の装置に比べてその仕組みが複雑となり、装置全体の挙動を把握させにくい。

そこで本報では、実機システムをカットモデル化するとともに、ビデオ教材化した。さらに学生の授業に供したところ大幅な理解度の向上が認められたので報告する。

＜キーワード＞教育情報一般、教材開発、視覚効果、授業分析

1. はじめに

自動車を学ぶ上で、重要な基礎項目の1つとして、動力伝達装置が挙げられる。この伝達装置についての授業は、第一年度の科目としておかれるため、入学してすぐの学生にとっては、歯車の知識¹⁾が不足しているの、解説図を見て直ちにその形状・作動を頭に浮かべるのが困難なことが多い。特に伝達系の最終部である終減速装置は、減速歯車機構と差動歯車機構が一体で構成されている²⁾ため、見掛け上の複雑さに惑わされ、従来その仕組みを明確に把握することができない。そこで、これらの動きは簡単な歯車挙動を組み合わせたものであることを理解させるため、実機システムをカットモデル化するとともに、各走行状態とその時の歯車挙動を一目瞭然に把握できるビデオ教材を作成した。さらにその教材にて授業実践し、その効果の分析を行なったので報告する。

2. 開発のねらい

終減速装置は減速歯車機構と差動歯車機構が一体で構成され、以下に示す役割を担っている³⁾。

- 1) プロペラ・シャフトからの動力を直角あるいはそれに近い角度に変えて、アクスル・シャフトに伝える。
- 2) 減速してトルクを増大させる。
- 3) 左右のホイールに回転差が生じる場合、自動的に回転差を与える。

終減速装置の基本構造⁴⁾は、図1のようにリング・ギヤと一体であるディファレンシャル・ケース内に、ディファレンシャル・ピニオンがピニオン・シャフトに組み合わされ、

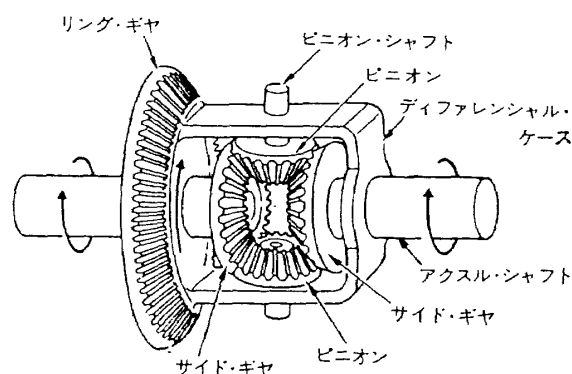
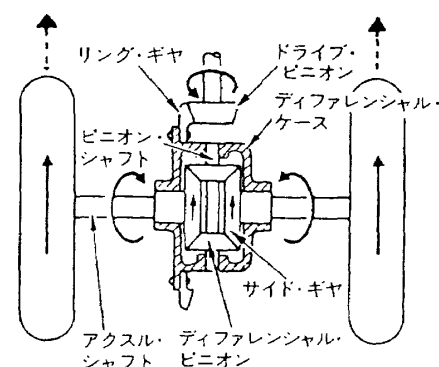
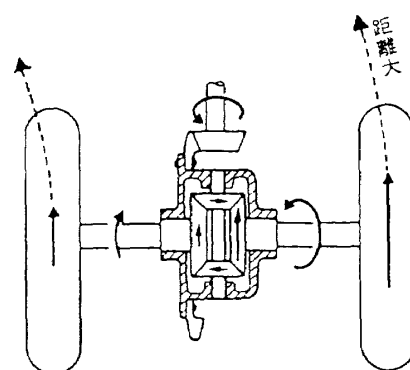


図1 終減速装置の基本構造



(a) 直進時



(b) 旋回時

図2 終減速装置の作用

*1 TAMAKOSHI Tunehiro : 愛知技術短期大学

*2 ITO Yoshiharu : 愛知技術短期大学

*2 NAKASHIMA Mamoru : 愛知技術短期大学

*4 YAMAJI Koki : 愛知技術短期大学

これにサイド・ギヤがかみ合っている。サイド・ギヤの中心部はスプラインになっており、駆動軸であるアクスル・シャフトと結合されている。図2-(a)に示した自動車は直進走行時においては、差動歯車機構は作用せず、リング・ギヤと左右のホイールは同じ速度で回転する。また(b)に示した旋回時においては、回転差が生じないと旋回内側のホイールがスリップを起こし、円滑な走行ができなくなるため、自動的に差動歯車機構が作用する。これら一連の作用において特に問題となる点は、ディファレンシャル・ピニオンがディファレンシャル・ケースとともに回転（公転）し、さらに旋回時にはピニオン・シャフト上で回転（自転）するため、見掛け上の複雑さに惑わされることである。従ってより具体的に歯車挙動を解り易くするため、実機システムをカットモデル化し、図3に示すような各歯車の色分けと基準点を設定した。この設定のねらいは、①一般に歯車機構においては、歯のなじみをよくし、特定の歯が常にかみ合うのを防止するため、歯数比は割り切れない数値をとっていること。②終減速比はドライブ・ピニオンとリング・ギヤの歯数によって決まること。③直進時には、ディファレンシャル・ピニオンが自転しないこと。④旋回時には、左右サイド・ギヤに回転差が生じること。などを理解させることにある。さらに、学生の積極的な学習活動を支援するため、図4に示すプロセスにて動力伝達系のビデオ教材化を図った。特に終減速装置の作用状態と車両走行状態を同時に把握できるように留意した。そのサンプル画面を図5に示す。

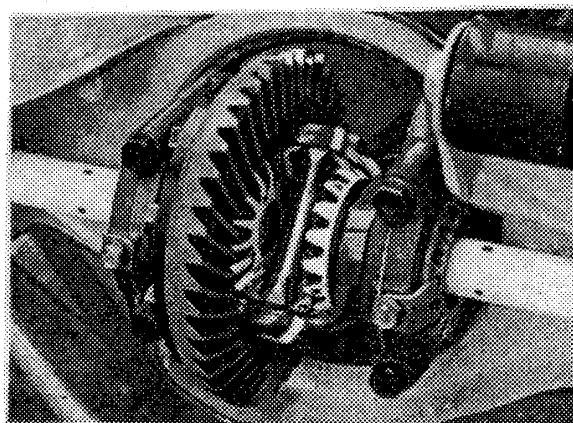


図3 カットモデル

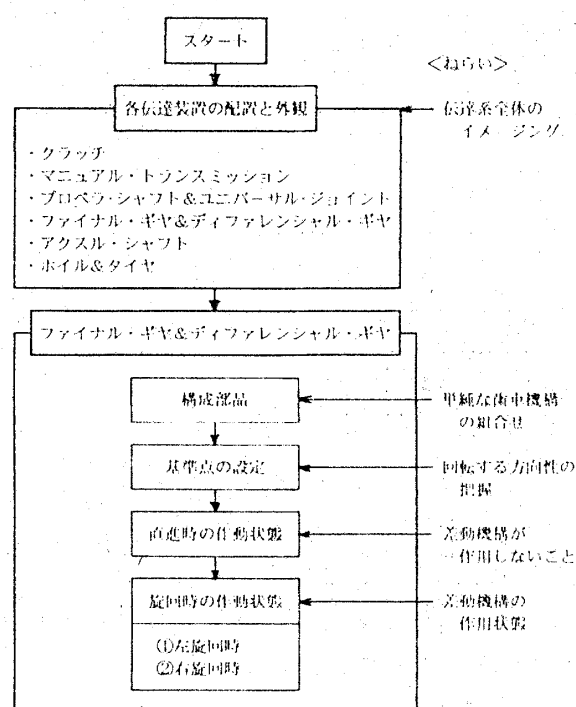


図4 ビデオ教材化のプロセス

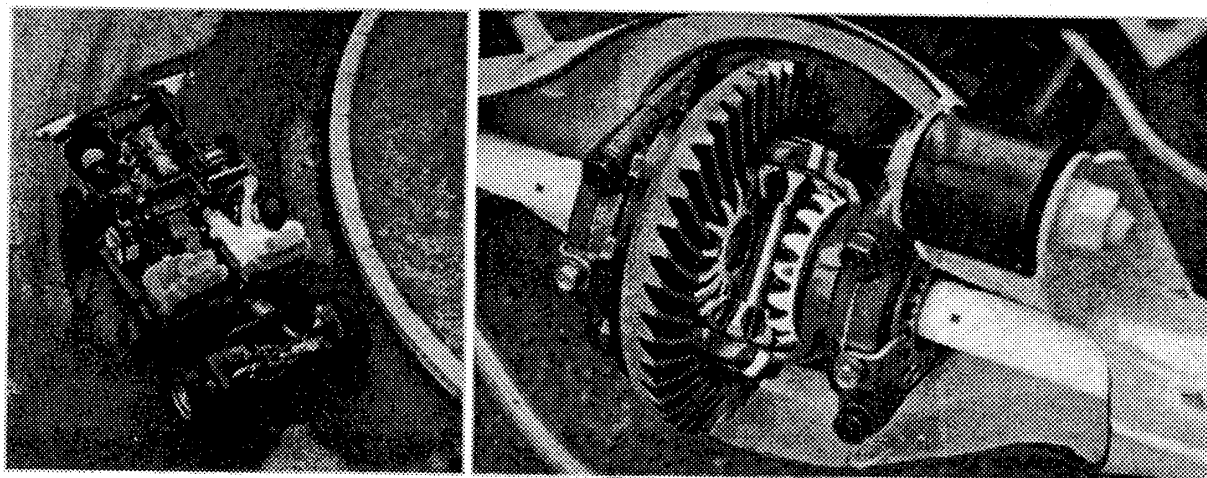


図5 サンプル画面

3. 実証授業

(1) 学習過程

本研究は、入学直後の自動車工業学科の一年生180名を対象に授業を構築した。構築

表1 学習過程

学習項目	ねらい
1 動力伝達装置導入	・実車にて各動力伝達装置の名称と配列 ・ビデオ教材にて全体のイメージング
2 マニュアル・トランスミッション導入	トランスミッションの必要性
3 マニュアル・トランスミッション分解	構成部品の名称と配列の理解
4 マニュアル・トランスミッション組立	各機構の仕組み及び動力伝達の理解
5 ファイナル・ギヤ及びディファレンシャル・ギヤ導入	・構成部品の名称と配列の理解 ・減速比の理解
6 ディファレンシャル・ギヤ分解	各機構の仕組みと動力伝達の理解
7 ディファレンシャル・ギヤ組立	・差動原理の理解 ・ビデオ教材にてイメージング
8 クラッチ及びプロペラ・シャフトまとめ	各名称と機構の理解

表2 アンケート様式

動力伝達装置についての調査

これはテストではありません。
自分の感じたままの番号を書いて下さい。

1	まったく知らない(わからない)
2	どちらかといえば知らない(わからない)
3	どちらかといえば知っている(わかる)
4	よく知っている(わかる)

* クラッチ機構を有するフロント・エンジン、リヤ・ドライブ形式の自動車用動力伝達装置についておたずねします。

[1] 次の各装置の名称を知っていますか。

- (1) クラッチ
- (2) マニュアル・トランスミッション
- (3) プロペラ・シャフト&ユニバーサル・ジョイント
- (4) ファイナル・ギヤ&ディファレンシャル・ギヤ
- (5) アクスル・シャフト
- (6) ホイル&タイヤ

[2] 次の各装置の役割を知っていますか

- (1) クラッチ
- (2) マニュアル・トランスミッション
- (3) プロペラ・シャフト&ユニバーサル・ジョイント
- (4) ファイナル・ギヤ&ディファレンシャル・ギヤ
- (5) アクスル・シャフト
- (6) ホイル&タイヤ

[3] クラッチについて

- (1) クラッチ本体の構造
- (2) クラッチ操作機構
- (3) エンジンからの動力伝達経路

[4] マニュアル・トランスミッションについて

- (1) トランスミッションの構造
- (2) シンクロメッシュ機構とその作用
- (3) シフト・レバーによる操作機構
- (4) 各シフト位置における動力伝達経路
- (5) 変速比と回転速度およびトルクの関係

[5] ファイナル・ギヤ&ディファレンシャル・ギヤについて

- (1) ファイナル・ギヤの構造
- (2) ディファレンシャル・ギヤの構造
- (3) 終減速比
- (4) 差動原理
- (5) 動力伝達経路

した学習過程は、表1に示すように、エンジンからの動力が各装置を経てタイヤに至るまでの一連の流れが学習できるものになっている。特に従来理解度の低い終減速装置に重点を置いた。

(2) 学習の追跡

学生が一連の学習過程をどのように把握できたかを、表2に示すアンケート様式に従って、授業導入時の事前調査とともに、学習過程終了時に同様式にて事後調査を行なった。

4. 結果および考察

アンケート結果は、「よく知っている(わかる)」「どちらかといえば知っている(わかる)」「どちらかといえば知らない(わからない)」「まったく知らない(わからない)」をそれぞれ4・3・2・1点の反応得点として集計した。それを平均したものを図6に示す。図中—△—は事前調査、—□—は事後調査の結果である。

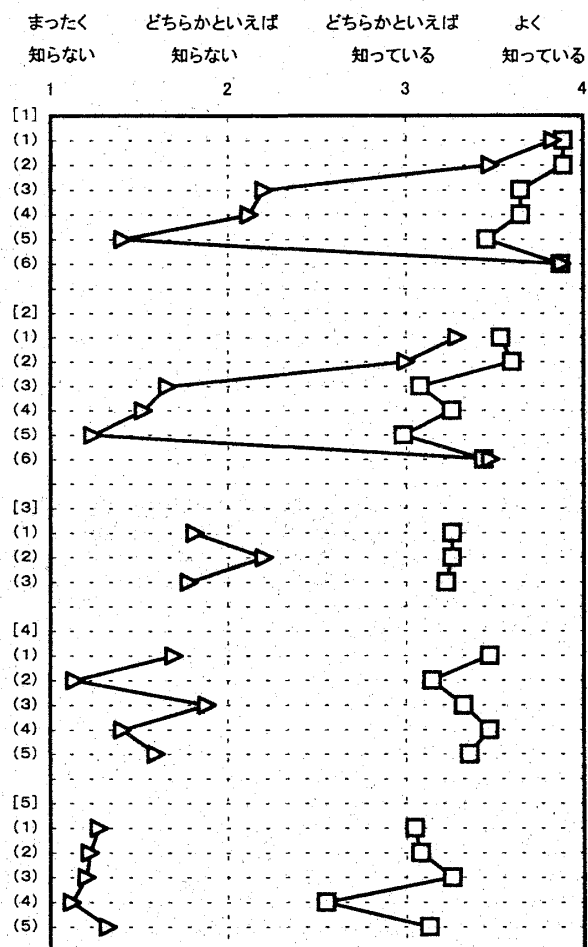


図6 反応得点の推移

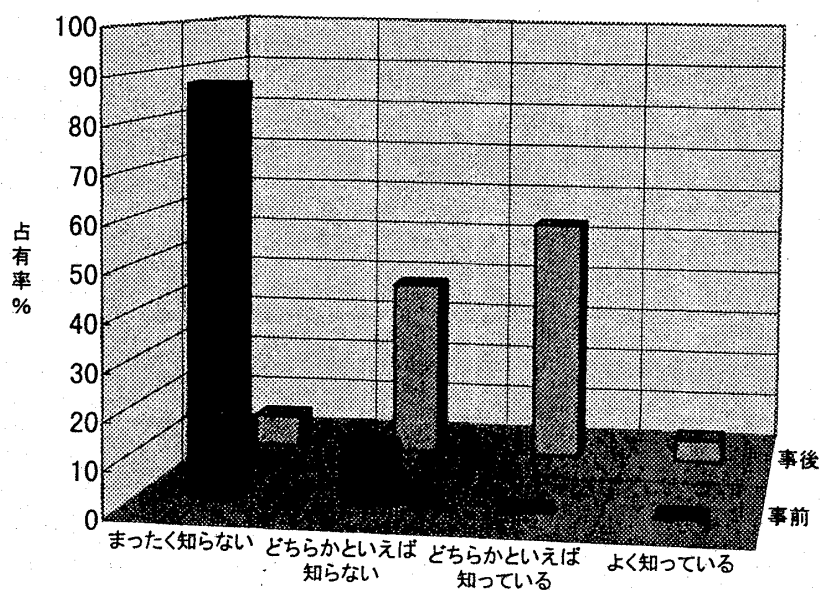


図7 意識状況変化

質問項目 [1], [2] の結果から名称と役割の理解度の向上傾向は、強い相関性のあることがうかがえる。このような顕著な理解度向上がみられた要因としては、表1で示したねらい—実車及びビデオ教材にて伝達系全体のイメージを把握させる—が生かされたものと考ええる。また [3], [4], [5] のより具体的な質問項目についても顕著な向上が認められる。これらの内 [3], [4] の項目は、構造及び機構が二次元的なものであるため、主として分解・組立を通して、各装置全体の挙動が把握されたものと考えられる。しかし、今回の教育過程で重点を置いた [5] 終減速装置において、項目 (1), (2), (3), (5) の理解度向上に比べ、(4) 差動原理の理解度向上は今一步であると言わざるを得ない。そこで学生の意識状況変化についての分析を行なった。その結果を図7に示す。事前、事後の分布傾向より「まったく知らない (わからない)」に占める割合が零にならないこと、また「よく知っている (わかる)」に占める割合が非常に少ないことから、平均反応得点としては高得点側へ推移しなかったものと考ええる。その要因としては差動原理は空間的想像力がより求められるため、今回学習支援をさせるべく開発したビデオ教材を授業に活用したにもかかわらず、イメージングを基に知識の組み立て、理論付けがスムーズに行なえなかったものと考ええる。しかし、「まったく知らない (わからない)」

に占める割合が大幅に減少した点、「どちらかといえば知っている (わかる)」の占有率が最大となった点から、現段階での教材開発の意図は充分とは言えないものの満足され、その有用性は認められたものと考ええる。

5. 改善点

終減速装置の持つ三次元的な挙動をさらに理解させるためには、今回観察軸は一つのみであったが、観察軸をディファレンシャル・ケースに置くなどの工夫が望まれる。さらに今後は、記述式アンケート調査などを行なって、問題点を洗い出す必要がある。

6. おわりに

簡単な歯車挙動の組み合わせであるが、見掛け上の複雑さに惑わされがちである終減速装置の仕組みを理解させ易い教材の開発を行なった。種々の改善点は含むものの、今回の開発教材は授業に有効に活用できたものと考ええる。

7. 参考文献

- 1) 森田 鈞：機構学，実教出版
- 2) 機械工学便覧(交通)，日本機械学会編
- 3) シャシの構造，全国自動車整備専門学校協会編，山海堂
- 4) 三級自動車シャシ，運輸省自動車局監修，日本自動車整備振興会連合会