

中等教育教員養成課程技術専攻の学生に向けた機械工学の授業・実習の提案

Suggestion of Lecture and Practical Training for Mechanical Engineering of Technology

北村 一浩

愛知教育大学技術教育講座

Kitamura Kazuhiro

Department of Technology Education, Aichi University of Education

キーワード: 授業・実習の提案, 機械工学, エネルギー変換

Keywords: Suggestion of Lecture and Practical Training, Mechanical Engineering, Energy Conversion

1. はじめに

機械工学の専門分野は、中学校・技術科の「エネルギー変換（機械分野）」の内容と対応している。授業で生徒に教えるためには、より専門化した内容を大学で扱う必要がある。本論文では、機械工学の専門分野の中でも最も重要な材料力学、流体力学、熱力学、機械力学、機構学のそれぞれの分野について、授業・実習の提案を行うことを目的としている。

2. 全体授業計画

全体の授業計画を表1に示す。授業計画では、18回で授業・実習を行う。

表1 全体授業計画

時間	学 習 内 容
1	1. 材料力学 1. 1 荷重 1. 2 応力とひずみ 1. 3 ヤング率
2	1. 4 曲げ 1. 5 熱応力 1. 6 ねじり
3 実習(1)	I. 曲げ試験 (1)応力-ひずみ曲線 (2)ヤング率
4	1. 7 応力集中 1. 8 疲労 1. 9 座屈
5	2. 流体力学

	2. 1 流体の性質 2. 1. 1 流体の静的性質 2. 1. 2 流れの法則
6	2. 2 流体の動的性質 2. 3 層流と乱流 2. 4 流体抵抗
7	2. 5 流体機械 2. 5. 1 風車 2. 5. 2 水車
8 実習(2)	II. プロペラ型風車を用いた風力発電の実習
9 10	2. 5. 3 ポンプ 3. 熱力学 3. 1 熱と仕事 3. 2 状態方程式 3. 3 熱力学第一法則 3. 4 エネルギー保存則
11	3. 5 熱力学第二法則 3. 6 熱エンジン 3. 6. 1 ガソリンエンジン 3. 6. 2 ディーゼルエンジン 3. 6. 3 2サイクルガソリンエンジン
12	3. 6. 4 蒸気機関 3. 6. 5 蒸気タービン 3. 6. 6 ガスタービン 4. 機械力学 4. 1 力のつりあい 4. 1. 1 力の数式化

1 3	4. 1. 2 力のモーメント 4. 1. 3 偶力 4. 2 力の作用点
1 4	4. 3 剛体の動き 4. 3. 1 剛体の直線運動 4. 3. 2 剛体の回転運動 4. 3. 3 剛体に作用する力 4. 4 振動問題 4. 4. 1 振動波形 4. 4. 2 固有振動
1 5	5. 機構学 5. 1. 1 ボルトとナット 5. 1. 2 リベット 5. 1. 3 キー 5. 2 運動力を伝える要素 5. 2. 1 歯車 5. 2. 2 プーリーとベルト 5. 2. 3 摩擦車 5. 3 機械を動かす駆動源 5. 3. 1 モータ 5. 3. 2 エンジン 5. 4 動作を支援する要素 5. 4. 1 カム 5. 4. 2 てこクランク 5. 4. 3 平行クランク
1 6 実習(3)	III. 歯車
1 7 実習(4)	IV. プーリーとベルト
1 8 実習(5)	V. てこクランク

3. 各授業の内容について

各授業・実習の内容を以下に示す。

(1) 1 時間目

材料力学の分野の、以下の内容について扱う。
荷重、応力とひずみ、ヤング率について説明する。

(2) 2 時間目

材料の曲げ、熱応力、ねじりについて説明する。

(3) 3 時間目 (実習1)

材料の曲げ試験の実習を行う。

(4) 4 時間目

応力集中、疲労、座屈について説明する。

(5) 5 時間目

流体力学分野の以下の内容について扱う。流体の性質、流体の静力学、アルキメデスの原理について説明する。

(6) 6 時間目

流体の動力学、層流と乱流、流体抵抗について説明する。

(7) 7 時間目

流体機械、風車、水車について説明する。

(8) 8 時間目 (実習2)

プロペラ型風車を用いた風力発電の実習を行う。

(9) 9 時間目

ポンプについて説明する。

(10) 10 時間目

熱力学分野の以下の内容について扱う。熱と仕事、気体の状態方程式、熱力学の第一法則、エネルギー保存の法則について説明する。

(11) 11 時間目

熱力学の第二法則、熱機関、ガソリン機関、ディーゼル機関、2 サイクルガソリン機関について説明する。

(12) 12 時間目

蒸気機関、蒸気タービン、ガスタービンについて説明する。また、機械力学の分野の以下の内容について扱う。力のつりあい、力の表し方について説明する。

(13) 13 時間目

力のモーメント、偶力、点の運動について説明する。

(14) 14 時間目

剛体の運動、剛体の直線運動、剛体の回転運動、剛体に作用する力、振動問題、振動波形、固有振動数について説明する。

(15) 15 時間目

機構学分野の以下の内容について扱う。ボルトとナット、リベット、キー、歯車、プーリーとベルト、摩擦車、電気モータ、エンジン、カム、てこクランク、平行クランクについて説明する。

(16) 16時間目 (実習3)

歯車の実習を行う。

(17) 17時間目 (実習4)

プーリーとベルトの実習を行う。

(18) 18時間目 (実習5)

てこクランクの実習を行う。

4. 実習内容

(1) 実習1：材料の曲げ試験

材料力学は、機械や構造物を設計する目的で、材料が力を受けたときの変形と破壊を解析する学問である。本実習では、材料の曲げ試験を行う事で材料力学の重要な課題である「単純はりの変形」を実験的に実習するとともに、材料の種類や形状により曲げ特性が変化する事を実験的に理解させる事を目的としている。

理論：単純はりの曲げ応力 (σ)、曲げたわみ (ε) は、 $\sigma = 3/2 \times PL/(bd^2)$ 、 $\varepsilon = 6dy/L^2$ で表される。ここで、P は負荷、d は板厚、b は板幅、L は評点間距離、y はたわみ量を表している。これらの式を用いて、応力-ひずみ曲線を測定し、材料の機械的特性を明らかにする。

用意するもの：万能材料試験機、三点曲げ試験用治具、試験材料（板状の物）

実験手順

1. 万能材料試験機に三点曲げ試験用治具を取り付ける。



図1 材料試験機の概要

2. 治具に試料をセットする。

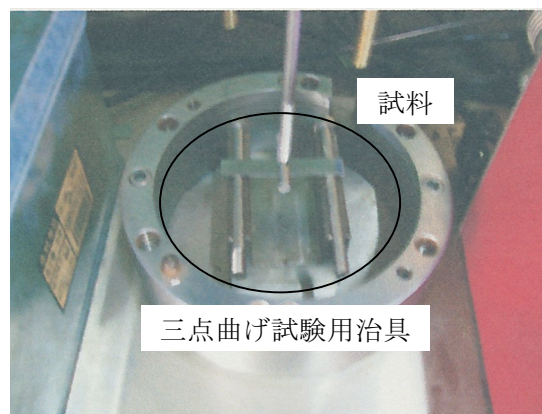


図2 試料と3点曲げ試験用治具

3. 荷重をかけながら、荷重とクロスヘッドの移動距離を測定する。

表2 荷重とクロスヘッド移動距離の記録

荷重(N)	クロスヘッド移動距離(mm)

4. 上記の式を用いて、実験データを応力とひずみに変換する。

表3 応力とひずみの記録

応力 (MPa)	ひずみ (%)

5. 変換したデータを用いて応力-ひずみ曲線を作成する。

(2) 実習2：プロペラ型風車を用いた風力発電の実習

流体力学の一分野として流体機械がある。流体機械は水車や水車、ポンプなどの事を言い、いろいろな場所に応用されている。特に風車は、近年の環境問題への対応から、風力発電用風車が多数建設され、身近な存在となっている。本実験では、小型のプロペラ型風車を用いて、風速と風車の回転数及び発電量を測定する事により、風力発電の基本的な内容を実験的に理解させる事を目的としている。

理論：プロペラ型風車の場合、一般に回転数は風速に比例し、発生電力は風速の3乗に比例する。本実習では、この理論を実験的に確認する。

用意するもの：プロペラ型風車、小型モータ(発電機)、送風機、風速計、回転数計、電圧計、電流計

実験手順

1. プロペラ型風車に、発電機となる小型モータを接続する。
2. 小型モータ(発電機)に電圧計と電流計を接続し、発電出力の測定準備をする。



図3 プロペラ型風車と測定装置

3. 非接触型回転数計をプロペラ近くにセットし、プロペラの回転数を測定する準備を行う。



図4 プロペラ型風車と発電機



図5 非接触型回転数測定装置

4. 風速計を設置し、送風機からの風速を測定できるように準備する。
5. 送風機でプロペラに風を送り、風速とプロペラの回転数、モータから発生する電流電圧を測定する。
6. 風速を変化させたとき、プロペラの回転数と風速は、比例関係になり、発電機から発生する電力は、風速の3乗に比例することを確認する。

表4 風速・回転数・出力の記録

風速 (m/s)	プロペラ回転数 (rpm)	発電出力(W)

(3) 実習3：歯車機構を用いた動力伝達の実習

動力伝達要素の例として、歯車機構がある。本実習では歯車を用いた動力伝達の実験を行い、動力伝達要素の内容を実験的に理解させる事を目的としている。

理論：歯車機構は、2つの軸が近い場合に最適な動力伝達要素であり、車の変速機や機械などのあらゆる所に応用されている。歯車の歯数を調整することにより、回転数やトルクを調整する事ができる。

用意するもの：段ボール、木の板、画鋸、カッターナイフ

実験手順

1. 段ボールに、歯車の型紙を貼り、カッターナイフで切り出す。

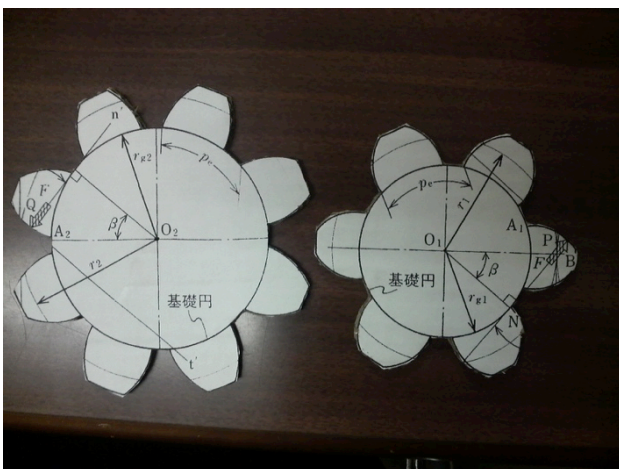


図6 ダンボールで作製した歯車

2. 切り出した段ボール製の歯車がかみ合うように、木の板の上に歯車を配置する。

3. 歯車の中心に画鋸を打ち、歯車を固定する。

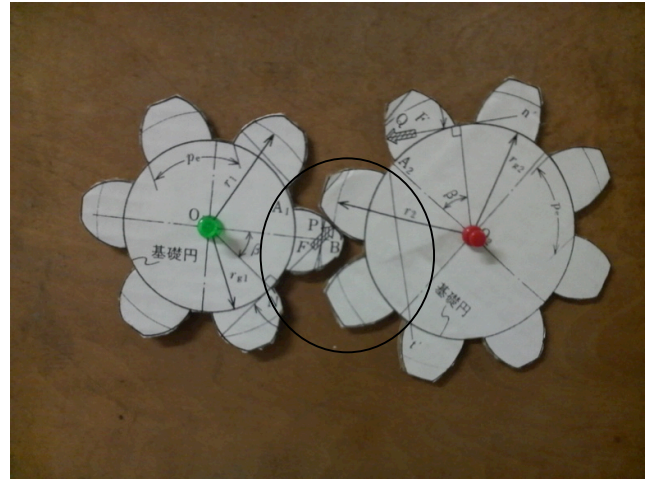


図7 木版に配置した歯車

4. 歯車を回し、動力が伝達される事を確認する。

5. 2つの歯車の歯の数の比に比例して、回転速度が変化する事を確認する。

(4) 実習4：プーリーとベルトを用いた動力伝達の実習

機構学の分野では、機械に用いられる要素についてあつかう。それらの要素には、要素やユニットを固定する要素、動力を伝える要素、機械を動かす要素、動きを変換する要素の4つがある。その中の「動力を伝える要素」の例として、ベルトとプーリーを用いた動力伝達の実習を行い、動力伝達要素の内容を実験的に理解させる事を目的としている。

理論：プーリーとベルトは、2つの軸が離れている場合に最適な動力伝達要素であり、車のエンジンやカセットデッキなどに応用されている。回転数は、プーリーの直径に反比例する。

用意するもの：プーリー、輪ゴム、小型モータ、電源、スイッチ

実験手順

1. プーリーとモータを組み立てる。

2. プーリーに輪ゴムをかける。

3. 小型モータに電源をつなぎ、回転させる。4. 輪ゴムとプーリーにより、モータの動力が伝達さ

れていることを確認する。

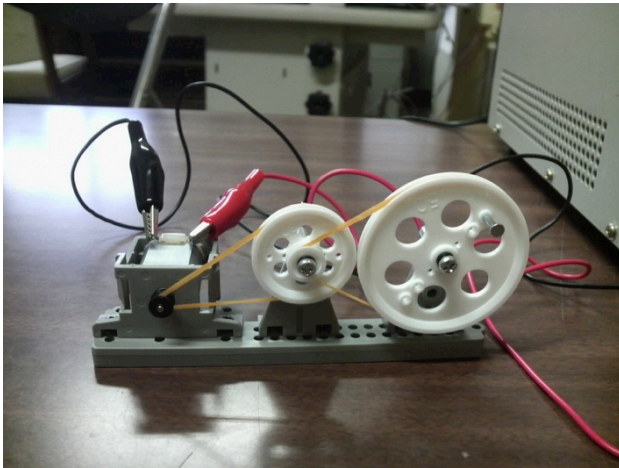


図8 プーリーとベルトの実習装置

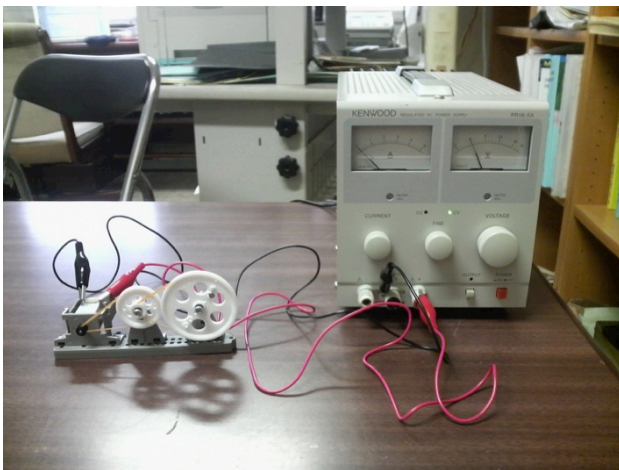


図9 電源を接続した実習装置

5. プーリーの直径に比例して回転速度が遅くなる事を、非接触回転数計で回転数を測定することで確認する。

(5) 実習5：てこクラック機構を用いた動力変換の実習

機構学で扱う機械要素の中で、動きを変換する要素の例として、4本の棒を組み合わせた「クラック機構」を用いた動力変換の実験を行い、動力変換要素の内容を実験的に理解させる事を目的としている。

理論：てこクラック機構は、回転運動を往復運動に変換する機構である。身近な応用例は、車のワイパーの駆動機構である。

用意するもの：ホワイトボード、マグネット2個、粘着テープ、ビス、ナット、プラスチック製の棒4本

実験手順：

1. 粘着テープを用いて、マグネットにビスを固定する。
2. ホワイトボード上にマグネットを配置する。
3. プラスチック製の棒にある適当な穴にビスを刺し、てこクラック機構を作る。



図10 てこクラック機構

4. てこクラック機構により、左側の部分を回転させると、右側の往復運動をする部分に動きが変換されていることを確認する。

5. 棒をビスで固定する位置を変えると、往復運動の速さや動く範囲が変わる事を確認する。

5. 評価

表5の評価基準にしたがって、該当する理解度を評価する。

表5 評価用チェックリスト

時間	評価基準	A	B	C	D
1	・さまざまな形態の荷重について理解できているか。				
	・応力とひずみについて理解できているか。				
	・ヤング率について理解できるか。				
2	・材料の曲げについて理解できているか。				
	・材料の熱応力について理解で				

	きているか。				
	・材料のねじりについて理解できているか。				
3 実習 (1)	・曲げ試験のジグについて理解できているか。				
	・変換式を使い、荷重計の読みを応力に変換することができるか。				
	・変換式を使い、材料の押し込み量をひずみに変換することができるか。				
4	・応力集中について理解できているか。				
	・材料の疲労について理解できているか。				
	・材料の座屈について理解できているか。				
5	・流体の性質について理解できているか。				
	・流体の静力学について理解できているか。				
	・アルキメデスの原理について理解できているか。				
6	・流体の動力学について理解できているか。				
	・層流と乱流について理解できているか。				
7	・流体機械について理解できているか。				
	・風車について理解できているか。				
	・水車について理解できているか。				
8 実習 (2)	・プロペラ風車の回転数が風速に比例することを理解できているか。				
	・発生電力が風速の3乗に比例しているかを理解できているか。				
9	・ポンプの、構造による違いが理解できているか。				

1 0	・熱と仕事について理解できているか。				
	・気体の状態方程式について理解できているか。				
	・熱力学の第一法則について理解できているか。				
	・エネルギー保存の法則について理解できているか。				
1 1	・熱力学の第二法則について理解できているか。				
	・熱機関について理解できているか。				
	・ガソリン機関について理解できているか。				
	・ディーゼル機関について理解できているか。				
	・2サイクルガソリン機関について理解できているか。				
1 2	・蒸気機関について理解できているか。				
	・蒸気タービンについて理解できているか。				
	・ガスタービンについて理解できているか。				
	・力のつりあいについて理解できているか。				
	・力の表し方について理解できているか。				
1 3	・力のモーメントについて理解できているか。				
	・偶力について理解できているか。				
	・点運動について理解できているか。				
1 4	・剛体の運動について理解できているか。				
	・剛体の直線運動について理解できているか。				
	・剛体の回転運動について理解できているか。				
	・剛体に作用する力について理				

	解できているか。				
	・振動問題について理解できているか。				
	・振動波形について理解できているか。				
	・固有振動数について理解できているか。				
1 5	・ボルトとナットについて理解できているか。				
	・リベットについて理解できているか。				
	・キーについて理解できているか。				
	・歯車について理解できているか。				
	・プーリーとベルトについて理解できているか。				
	・摩擦車について理解できているか。				
	・電気モータについて理解できているか。				
	・エンジンについて理解できているか。				
	・カムについて理解できているか。				
	・てこクランクについて理解できているか。				
	・平行クランクについて理解できているか。				
1 6 実習 (3)	・歯車で動力が伝達されることを理解できているか。				
1 7 実習 (4)	・プーリーとベルトで動力が伝達されることを理解できているか。				
1 8 実習 (5)	・てこクランク機構により、回転運動が往復運動に変換されることを理解できているか。				

A：よく理解している。

B：理解している。

C：あまり理解していない。

D：全く理解していない。

6. まとめ

本授業では、機械の専門科目における重要な内容をふまえ、機械の設計をしたり製作をしたりするための工学的な基礎的知識について扱った。この内容を本授業・実習の提案を現職の技術科教員に紹介し一部の実習を現場で実践した結果、学習効果があったという一定の裏付けが得られた。今後、この実践の効果について追跡調査を行う予定である。

(2015 年 10 月 4 日受理)